

ДНІПРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ ІМЕНІ АКАДЕМІКА В. ЛАЗАРЯНА
МІНІСТЕРСТВА ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ДНІПРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ ІМЕНІ АКАДЕМІКА В. ЛАЗАРЯНА
МІНІСТЕРСТВА ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

КЛИМЕНКО ІВАН ВІКТОРОВИЧ

УДК: 519.85:656.2(043.3)

ДИСЕРТАЦІЯ

**МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ ОЦІНКИ, ПРОГНОЗУВАННЯ ТА
УПРАВЛІННЯ ДІЯЛЬНІСТЮ ПІДПРИЄМСТВ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ В УМОВАХ
НЕВИЗНАЧЕНОСТІ**

08.00.11 – математичні методи, моделі та інформаційні технології в економіці

05 – соціальні та поведінкові науки

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата економічних наук

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



(підпис)

I.V. Клименко

(ініціали та прізвище здобувача)

Науковий керівник: **Скалозуб Владислав Васильович** доктор технічних наук,
професор

Дніпро – 2021

АНОТАЦІЯ

Клименко І.В. Моделі та методи оцінки, прогнозування та управління діяльністю підприємств залізничного транспорту в умовах невизначеності. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата економічних наук за спеціальністю 08.00.11 – «Математичні методи, моделі та інформаційні технології в економіці» (Галузь знань 05 – соціальні та поведінкові науки). – Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна Міністерства освіти і науки України, Дніпро, 2021.

Дисертаційну роботу присвячено розробленню теоретико-методичних положень та практичних рекомендацій щодо моделей та методів оцінки, прогнозування та управління діяльністю підприємств залізничного транспорту в умовах невизначеності.

Сучасна виробнича діяльність характеризується високим рівнем складності її складових: систем, структур, процесів та ін. Залізничний транспорт – складна структурована система, для успішної роботи якої необхідна узгодженість дій для кожної її складової. Тому ефективність роботи залізниці в цілому залежить від якості планування роботи кожного окремого підрозділу в досить складних недетермінованих умовах функціонування транспортної галузі.

Цілком природно, що складність економічних та технологічних процесів, яка безперервно зростає, ставить більш високі вимоги до управління системами в умовах збурення зовнішнього середовища. В теперішніх умовах найбільш продуктивним напрямком у розробці ефективних управлінських рішень є застосування апарату економіко-математичних методів і моделей в поєднанні з методами нелінійної динаміки, що реалізуються за допомогою новітніх інформаційних технологій.

Існуючий процес планування вантажних перевезень не відповідає сучасним потребам ринку залізничних перевезень. Ефективність роботи будь-якого підприємства залежить від вміння правильно розпоряджатись наявними та запозиченими ресурсами (матеріальними, трудовими, фінансовими та ін.).

Найбільш обмеженим фактором виробництва на залізниці виступає рухомий склад.

Функціонування підприємств залізничного транспорту відбувається за умов великої кількості учасників перевезень, що в свою чергу ставить завдання ефективного планування та управління перевізним процесом в умовах неповноти і невизначеності даних. Разом з цим переважна кількість класичних моделей і методів планування не в повній мірі відповідає зазначеним вище сучасним вимогам, потребує їх розвитку та удосконалення. Актуальність завдань оперативного моніторингу, аналізу та ефективного планування технологіко-економічних процесів перевезень, експлуатації тощо є незмінною для залізниць України. Їх реалізація дозволить підвищити конкурентоздатність залізниць, забезпечить зростання економічної ефективності роботи підприємств транспорту за рахунок зменшення порожнього пробігу вагонів, маневрової роботи на станціях, оптимізувати використання робочого парку вагонів та локомотивів за умов критичної зношеності рухомого складу залізниці, дозволить зменшити витрати в процесі експлуатації та ін.

Всебічний аналіз станів та ефективне управління процесами транспорту з залученням тільки класичних методів вирішення складних задач математичного моделювання неможливо. Розподіленість та складність процесів поїздоутворення, технологій здійснення процесів вантажних перевезень, функціонування транспортної інфраструктури та її об'єктів (залізничні вузли, станції, транспортні коридори і т.д.) а також відповідних їх економічних процесів, призводять до виникнення подій і ситуацій з принципово недетермінованими параметрами.

Перелічені а також інші фактори обумовлюють причини відсутності загальних математичних моделей для багаточисельних процесів залізниці по розрахунку економіко-технологічних показників.

У дисертаційній роботі виконано аналіз і розвиток моделей та методів прогнозування параметрів технологіко-економічних процесів підприємств транспорту. У зв'язку зі складністю і недетермінованістю численних процесів

залізничного транспорту. одним із основних способів їх опису є представлення даних у вигляді упорядкованих по етапах та інтервалах значень деяких основних вимірюваних характеристик – формування часових рядів. Прикладами таких часових рядів для залізниці є параметри вагонопотоків різних категорій на полігонах і станціях, оцінки витрат різних видів ресурсів за періодами, параметри вантажопотоків, послідовності подій процесів експлуатації та ін. Моделі і методи аналізу та прогнозування станів і параметрів складних систем на основі часових рядів отримали визнання і широке поширення, знаходять нові області застосування і форми реалізації.

Разом з тим часові ряди процесів залізничного транспорту, а також вимоги до подання результатів їх аналізу, мають певну і важливу специфіку, яка відрізняє їх від аналізу часових рядів природних процесів, (сонячної та атмосферної активності, кардіологічних, діяльності мозку і т. п.). Зазначимо тут основні з них: по-перше, часові ряди є «короткими»; по-друге, вимога результативності, тобто практичної «придатності» процедур для реалізації достовірного виробничо-технічного прогнозування і планування основних показників діяльності, обумовлених часовими рядами.

Для дослідження загальних властивостей часових рядів використані методи фрактального аналізу, обчислення показника Херста. Його значення дозволяють встановити категорію, класифікувати процеси часових рядів на персистентні (трендостійкі), антиперсистентні (злам тенденції, повернення), виявити випадковий характер процесу.

Подальші дослідження процесів на основі часових рядів дозволили побудувати спеціалізовані процедури із подальшого аналізу властивостей таких часових рядів шляхом узагальнення послідовних рівнів, що дозволяє провести класифікацію відповідних недетермінованих процесів. За результатами застосування процедури та визначення класу часових рядів встановлюються об'ємні показники, що характеризує можливості достовірної побудови тренду процесу часових рядів.

Дисертація присвячена вирішенню актуальної науково-прикладної задачі - розвитку і вдосконаленню економіко-математичних моделей, методів аналізу, прогнозування та оцінки процесів, представлених недетермінованими часовими послідовностями, з урахуванням умов невизначеності за для підвищення ефективності та якості процесів планування діяльності підприємств залізничного транспорту в умовах невизначеності шляхом розвитку відповідних теоретико-методичних підходів та створення удосконалених засобів інформаційних технологій їх реалізації. Отримане шляхом розвитку технологій і автоматизованих засобів удосконалення теоретичних «механізмів», а також процедур щодо управління виробничо-господарською діяльністю підприємств залізничного транспорту України, дає змогу для підвищення рівня планування (оперативного), моніторингу та діагностування на основі більш повного використання інформаційних ресурсів.

В дисертаційній роботі вперше запропонована концепція оцінки та прогнозування діяльності підприємств залізничного транспорту України при невизначеності на базі використання сукупності моделей: хаотичної динаміки, розширеного логістичного відображення, оптимальної черговості обслуговування груп об'єктів парку технічних систем залізничного транспорту, індивідуальних інформаційних моделей процесів експлуатації об'єктів парку технічних систем середовища автоматизованої системи керування, уніфікованій моделі діагностування та прогнозування станів нечітких процесів залізничного транспорту з декількома видами невизначеності в середовищі автоматизованої системи керування та на удосконаленому методі Т. Демарка, що дає змогу ефективно прогнозувати діяльність підприємств залізничного транспорту України та застосовувати комплекси автоматизованих систем керування для підтримки процедур прийняття рішень.

Удосконалено методологічні положення та теоретико-методичний підхід до класифікації технолого-економічних процесів, представлених антиперсистентними часовими рядами спостережень, та розроблено процедуру класифікації упорядкованих даних, що дозволяє виявити додаткові ознаки

зазначених процесів, за рахунок чого підвищити достовірність і точність результатів прогнозування. Також запропоновано теоретико-методичний підхід до формування економіко-математичної моделі інформаційної технології із забезпечення оптимального планування процесів обслуговування комплексів об'єктів парку технічних систем з урахуванням стохастичних факторів, що дозволяє мінімізувати очікувані додаткові витрати за період планування та відрізняється груповим обліком черговості обслуговування об'єктів парку, а також застосуванням процедури класифікації даних моніторингу процесів.

В дисертації отримали удосконалення теоретичний апарат і процедура методу нечіткого логічного виведення, що призначена для вирішення завдань діагностування станів економічних процесів і систем, а також формування інформаційного забезпечення технології аналітичних серверів середовища автоматизованих систем керування залізничного транспорту.

Запропоновано удосконалення теоретико-методичного підходу до формування логістичних моделей для аналізу та управління технологіко-економічними процесами на основі даних спостережень, яка узагальнює структуру логістичного відображення, що дозволяє розширити склад керуючих параметрів моделей об'єктів функціонування. Зокрема, у дисертації запропоновано моделі розширеного логістичного відображення та удосконалений метод Т. Демарка для оперативного прогнозування поведінки параметрів технологічних та економічних процесів залізничного транспорту, наведена інтерпретація факторів впливу на параметри моделі. Окрім того, запропоновано вдосконалення теоретичного апарату до багатокритеріального планування розподілу робіт в умовах кооперації та конкуренції декількох виконавців.

В дисертації отримали розвиток інформаційні технології платформи аналітичних серверів автоматизованих систем керування підприємствами залізничного транспорту за рахунок удосконалення структури та складу індивідуальних моделей процесів експлуатації парків технічних систем, що забезпечує можливість підвищення якості та точності оцінки і прогнозування

параметрів техніко-економічних процесів експлуатації парків технічних систем з урахуванням умов невизначеності. Удосконалене інформаційне забезпечення автоматизованих систем керування залізничного транспорту України на основі формування уніфікованих процедур прийняття рішень, які забезпечують вирішення завдань діагностування станів виробничо-господарських процесів з недетермінованими та нечіткими характеристиками. Пропоновані засоби відрізняються методом логічного виводу, спеціалізованим для завдань діагностування, а також процедурою класифікації часових рядів даних, що характеризують виробничо-господарські процеси залізничного транспорту.

Результати роботи використані при створенні програмних засобів автоматизованих систем управління вантажними перевезеннями Укрзалізниці, в науково-дослідницьких темах Дніпровського національного університету залізничного транспорту ім. академіка В. Лазаряна, а також впроваджені у навчальний процес при підготовці магістрів за спеціальностями «Інженерія програмного забезпечення» та «Комп'ютерна інженерія».

Практичне значення результатів також підтверджується авторськими свідоцтвами на твір:

- «Процедури оперативного прогнозування недетермінованих і антиперсистентних технологіко-економічних процесів залізничного транспорту», №62171;
- «Удосконалений метод та інформаційна технологія дистанційного керування експлуатацією парку залізничних стрілочних електродвигунів за параметрами поточного та прогнозованого стану з використанням процедур класифікації антиперсистентних процесів», №86555.

Ключові слова: підприємства залізничного транспорту, економіко-математичні моделі, умови невизначеності, класифікація недетермінованих процесів, прогнозування, нечітке діагностування, логістичне відображення, фрактальний аналіз, індивідуальні інформаційні моделі, оптимальне планування обслуговування.

SUMMARY

Klymenko I. V. Models and methods of evaluation, forecasting and management of activity of railway transport enterprises in under uncertainty. – Qualification research thesis on the rights of manuscript.

Thesis for obtaining a PhD degree in Economic Sciences by specialty 08.00.11 – Mathematical methods, models and information technologies in the economy. – Dnipro National University of Railway Transport named after academician V. Lazaryan, Ministry of Education and Science of Ukraine, Dnipro, 2021.

The dissertation is devoted to the decision of the actual scientific and applied task on increase of economic efficiency and quality of processes of planning and management of activity of the enterprises of railway transport in the conditions of uncertainty by generalization and development of new theoretical and methodical approaches, and also creation of the improved economic and mathematical models of processes and means of information technologies. implementation.

Modern production activity is characterized by a high level of complexity of its components: systems, structures, processes, etc. Railway transport is a complex structured system, for the successful operation of which it is necessary to coordinate actions for each of its components. Therefore, the efficiency of the railway as a whole depends on the quality of planning the work of each individual unit in a very complex non-deterministic conditions of the transport industry.

It is natural that the complexity of economic and technological processes, which is constantly growing, places higher demands on the management of systems in conditions of environmental disturbance. In the current environment, the most productive direction in the development of effective management decisions is the use of economic and mathematical methods and models in combination with methods of nonlinear dynamics, implemented using the latest information technologies.

The existing freight planning process does not meet the current needs of the rail market. The efficiency of any enterprise depends on the ability to properly dispose of available and borrowed resources (material, labor, financial, etc.). The most limited factor of production on the railway is rolling stock.

The operation of railway transport enterprises takes place under the conditions of a large number of transport participants, which in turn sets the task of effective planning and management of the transport process in conditions of incompleteness and uncertainty of data. At the same time, the vast majority of classical models and planning methods do not fully meet the above modern requirements, they need to be developed and improved. The urgency of the tasks of operational monitoring, analysis and effective planning of technological and economic processes of transportation, operation, etc. is unchanged for the railways of Ukraine. Their implementation will increase the competitiveness of railways, increase the economic efficiency of transport enterprises by reducing the empty mileage of cars, shunting work at stations, optimize the use of the fleet of cars and locomotives under conditions of critical wear of railway rolling stock, reduce operating costs.

Comprehensive analysis of states and effective management of transport processes with the involvement of only classical methods of solving complex problems of mathematical modeling is impossible. Distribution and complexity of train formation processes, technologies of freight transportation processes, functioning of transport infrastructure and its objects (railway junctions, stations, transport corridors, etc.) as well as their corresponding economic processes, lead to events and situations with fundamentally indeterminate parameters.

The listed and also other factors cause the reasons of absence of the general mathematical models for numerous processes of the railway on calculation of economic and technological indicators.

In the dissertation work the analysis and development of models and methods of forecasting of parameters of technological and economic processes of the transport enterprises is executed. Due to the complexity and indeterminacy of numerous processes of railway transport. one of the main ways to describe them is to present the data in the form of ordered by stages and intervals of values of some basic measurable characteristics - the formation of time series (TS). Examples of such TS for the railway are the parameters of wagon flows of different categories at landfills and stations, estimates of the costs of different types of resources by periods, the

parameters of freight flows, the sequence of events of operational processes, and others. Models and methods of analysis and forecasting of states and parameters of complex systems based on the TS have been recognized and widespread, find new areas of application and forms of implementation.

However, the TS of railway transport processes, as well as the requirements for presenting the results of their analysis, have a certain and important specificity that distinguishes them from the analysis of TS of natural processes (solar and atmospheric activity, cardiac, brain activity, etc.). Here are the main ones: first, TS are «short»; secondly, the requirement of effectiveness, ie practical «suitability» of procedures for the implementation of reliable production and technical forecasting and planning of key performance indicators due to TS.

To study the general properties of TS used methods of fractal analysis, calculation of the Hirst index. Its values allow to establish a category, to classify the processes of TS into persistent (trend-resistant), anti-persistent (breaking the trend, return), to identify the random nature of the process.

Further studies of processes based on time series allowed us to build specialized procedures for further analysis of the properties of such time series by generalizing successive levels, which allows the classification of the corresponding non-deterministic processes. Based on the results of applying the procedure and determining the class of time series, volumetric indicators will be established, which characterizes the possibilities of reliable construction of the trend of the time series process.

The dissertation is devoted to the solution of the actual scientific and applied problem – development and improvement of economic and mathematical models, methods of analysis, forecasting and planning of the processes presented by indeterminate time sequences, taking into account conditions of uncertainty for increase of efficiency and quality of processes. development of appropriate theoretical and methodological approaches and creation of improved means of information technologies for their implementation. Obtained through the development of technologies and automated tools to improve theoretical

«mechanisms», as well as procedures for managing production and economic activities of railway transport enterprises of Ukraine, allows to increase the level of planning (operational), monitoring and diagnosis based on fuller use of information resources.

The dissertation for the first time proposes methodological provisions and theoretical and methodological approach to the classification of technological and economic processes represented by anti-persistent time series of observations, and developed a procedure for classifying ordered data, which allows to identify additional features of these processes. Also the theoretical and methodical approach to formation of economic and mathematical model of information technology on maintenance of optimum planning of processes of service of complexes of objects of park of technical systems taking into account stochastic factors that allows to minimize expected additional expenses for the planning period and differs in group accounting of service sequence park, as well as the application of the procedure for classification of process monitoring data.

In the dissertation the theoretical apparatus and procedure of the fuzzy inference method are improved, which is designed to solve problems of diagnosing the state of economic processes and systems, as well as the formation of information support technology of analytical servers of automated control systems of railway transport (ACS RT).

It is proposed to improve the theoretical and methodological approach to the formation of logistics models for analysis and management of technological and economic processes based on observational data, which summarizes the structure of logistics mapping, which allows to expand the control parameters of models of operating objects. In particular, the dissertation proposes a model of extended logistic mapping for operational forecasting of the behavior of the parameters of technological and economic processes of railway transport, the interpretation of the factors influencing the parameters of the model. In addition, it is proposed to improve the theoretical apparatus to multi-criteria planning of the division of labor in terms of cooperation and competition of several performers.

In the dissertation the information technologies of the platform of analytical servers of ACS RT were developed due to improvement of structure and structure of individual models of processes of operation of parks of technical systems that provides an opportunity of increase of quality and accuracy of estimation and forecasting of parameters of technical and economic processes. Improved information support of the ASC of the railway transport of Ukraine on the basis of the formation of unified decision-making procedures in the ASM, which provide solutions to the problems of diagnosing the state of production and economic processes with non-deterministic and fuzzy characteristics. The proposed tools differ in the method of inference, specialized for diagnostic tasks, as well as the procedure for classifying time series of data that characterize the production and economic processes of railway transport. The results of the work were used in the creation of software for automated freight management systems of Ukrzaliznytsia, in research topics of the Dniprovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan.

Keywords: railway transport enterprises, economic-mathematical models, conditions of uncertainty, classification of nondeterministic processes, forecasting, fuzzy diagnosis, logistic display, fractal analysis, individual information models, optimal service planning.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

- *статті у фахових та закордонних виданнях:*

1. Клименко И.В. Адаптація метода Т. Демарка для прогнозування векторних інтервальних часових рядів. *Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. Сер.: Економічні науки. (Google Scholar, Index Copernicus).* 2011. Вип. 37. С. 274-276. – (0,15 друк. арк.).
2. Скалозуб В.В., Клименко, І.В. Дослідження методу прогнозування економічних часових рядів на основі узагальненого логістичного відображення. *Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. Сер.: Економічні науки. (Google Scholar, Index Copernicus).* 2011. Вип. 38. С. 291-295

– (0,4 друк. арк., *особисто автору* – 0,3 друк. арк., побудова прогнозу на основі моделі логістичного відображення).

3. Скалозуб В.В., Клименко, И.В. О применении расширенного логистического отображения для анализа и прогнозирования параметров процессов железнодорожного транспорта. *Економіка: реалії часу. (Google Scholar, Index Copernicus)*. 2012. №3-4(4-5). С.57- 62 – (0,28 друк. арк., *особисто автору* – 0,1 друк. арк., дослідження впливу константи α на показник Херста).

4. Скалозуб, В.В., Клименко, И.В. Интерпретация и прогнозирование представленных временными рядами процессов на основе расширенного логистического отображения. *Бізнес-інформ. (Google Scholar, Index Copernicus)*. 2013. № 10. С. 92-97 – (0,35 друк. арк., *особисто автору* – 0,25 друк. арк., побудова прогнозу на основі моделі розширеного логістичного відображення).

5. Скалозуб В.В., Белозеров В.Е., Клименко, И.В., Белый Б.Б. Моделирование и прогнозирование процессов на основе обобщенного логистического отображения. *Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту. Сер.: Економічні науки. (Google Scholar, Index Copernicus)*. 2013, № 6 (48). С. 99 – 109. – (0,93 друк. арк., *особисто автору* – 0,26 друк. арк., побудова оперативного прогнозу на основі моделі узагальненого логістичного відображення).

6. Скалозуб В.В., Клименко И.В. Оценка и прогнозирование параметров временных рядов вагонопотоков на основе специализированной процедуры фрактального анализа. *Наук. вісн. Херсон. держ. ун-ту. Сер.: Економічні науки. (Google Scholar, Index Copernicus)*. 2016. Вип. 20, ч. 2. С. 189 – 192.– (0,44 друк. арк., *особисто автору* – 0,21 друк. арк., запропонована процедура класифікації антиперсистентних часових рядів).

7. Скалозуб В.В., Клименко И.В. Развитие процедур анализа та прогнозування недетермінованих технолого-економічних процесів на основі показників хаотичної динаміки. *Економіка: реалії часу. (Google Scholar, Index*

Copernicus). 2016. № 4 (26). С. 149 – 154. – (0,39 друк. арк., особисто автору – 0,11 друк. арк., класифікації антиперсистентних часових рядів).

8. Скалозуб В.В., Клименко И.В. Метод планирования недетерминированных процессов эксплуатации парка железнодорожных технических систем. *Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту. Сер.: Економічні науки. (Google Scholar, Index Copernicus)*. 2018. № 5 (77). С. 7 – 18. – (1,01 друк. арк., особисто автору – 0,61 друк. арк., формування та застосування індивідуальних моделей груп парків технічних систем).

9. Скалозуб В.В., Жуковицкий И.В., Клименко И.В., Заец А.П. Создание интеллектуальных систем поддержки принятия решений в единой автоматизированной системе управления грузовыми железнодорожными перевозками Украины. *Системні технології : регіон. міжвуз. зб. наук. пр. (Index Copernicus)*. 2018. № 3 (116). С. 153 – 162. – (0,46 друк. арк., особисто автору – 0,19 друк. арк., аналіз часових рядів на основі показника Херста, оперативне антиперсистентних часових рядів).

10. Жуковицкий И.В. Скалозуб В.В. Устенко А.Б. Клименко И.В. Формирование интеллектуальных информационных технологий железнодорожного транспорта на основе моделей аналитических серверов и онтологических систем. *Інформаційні керуючі системи на транспорті. (Google Scholar, Index Copernicus)*. №6. 2018. С. 3-11. (0,25 друк. арк., особисто автору – 0,11 друк. арк., система моделей багатокритеріального планування).

- **статті у наукових фахових виданнях України:**

11. Скалозуб В.В., Клименко И.В., Осовик В.Н., Чередниченко М.С. Задачи интеллектуализации автоматизированных систем управления вагонными парками укргализныци Intelligent Transportation Systems. *Коммуникационные и информационные технологии для обеспечения безопасности и эффективности транспортных потоков: европейско-российско-украинская магистерская и докторская программы по интеллектуальным транспортным системам 517374-TEMPUS-1-2011-1-RU-*

TEMPUS-JPCR. 2013. Вип.11. С. 51-61. (0,67 друк. арк., *особисто автору* – 0,17 друк. арк., використання методів хаотичної динаміки для оперативного прогнозування).

- ***наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:***

12. Клименко И.В. К вопросу анализа и оперативного прогнозирования свойств вагонопотоков методом Т. Демарка. *Проблеми економіки транспорту* : тези доп. IX Міжнар. наук. конф., м. Дніпропетровськ, 22-23 квітня 2010р. Дніпропетровськ 2010. С.186-187. (0,05 друк. арк.).

13. Клименко И.В. Оперативное прогнозирование экономических показателей процессов грузовых железнодорожных перевозок. *Сучасні інформаційні технології на транспорті в промисловості та освіті* : тези доп. Міжнародної науково-практичної конференції, м. Дніпропетровськ, 12-14 травня 2010р. Дніпропетровськ, 2010. С.49-50. (0,15 друк. арк.).

14. Клименко И.В. К вопросу автоматизации анализа и оперативного прогнозирования параметров грузовых железнодорожных перевозок. *Проблемы экономики и управления на железнодорожном транспорте* : материалы V Международной научно-практической конференции, (24-26 ноября 2010 г., г. Яремче). Днепропетровск, 2010. С.170-172. (0,11 друк. арк.)

15. Клименко И.В., Скалзуб В.В. Интерпретация и прогнозирование представленных временными рядами процессов на основе расширенного логистического отображения. *Сучасні проблеми моделювання соціально-економічних систем* : матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції, м. Харків, 9-10 квітня 2012р. Харків. 2012. С.193-195. (0,11 друк. арк.).

16. Клименко И.В. Информационные технологии прогнозирования параметров экономических процессов железнодорожного транспорта на основе расширенного логистического отображения. *Сучасні інформаційні технології на транспорті в промисловості та освіті* : тези доп. Міжнародної науково-практичної конференції, м. Дніпропетровськ, 5-6 квітня 2012р. Дніпропетровськ. 2012. С. 72-73. (0,08 друк. арк.).

17. Клименко И.В. О применении метода обобщенного логистического отображения для интерпретации и прогнозирования параметров экономических процессов железнодорожного транспорта. *Проблеми економіки транспорту* : тези доп. X Міжнародної наукової конференції, м. Дніпропетровськ, 26-27 квітня 2012р. Дніпропетровськ 2012. С. 162. (0,07 друк. арк.).

18. Клименко И.В. О совершенствовании методов оперативного прогнозирования и интерпретации параметров процессов железнодорожного транспорта. *Проблеми економіки транспорту* : тези доп. XI Міжнародної наукової конференції, м. Дніпропетровськ, 25-26 квітня 2013р. Дніпропетровськ 2013. С. 162-164. (0,09 друк. арк.).

19. Клименко И.В. О применении расширенного логистического отображения для анализа и оперативного планирования качественных и количественных характеристик процессов железнодорожного транспорта *Проблеми економіки транспорту* : тези доп. XII Міжнародної наукової конференції, м. Дніпропетровськ, 24-25 квітня 2014р. Дніпропетровськ 2014. С. 205. (0,07 друк. арк.).

20. Клименко И.В. Интерпретация и прогнозирование технологических процессов на основе расширенного логистического отображения. *Актуальні проблеми модернізації економіки та фінансової системи України* : матер. Міжнародної науково-практ. конф., м. Черкаси, 28-29 листопада 2014р. Черкаси. 2014. С. 298-300. (0,08 друк. арк.).

21. Клименко И.В. Применение процедуры агрегирования для анализа и оперативного прогнозирования недетерминированных временных рядов технологических процессов железнодорожного транспорта. *Проблеми економіки транспорту* : тези доп. XIII Міжнародної науково-практичної конференції, м. Дніпропетровськ, 23-24 квітня 2015р. Дніпропетровськ 2015. С. 167-168. (0,11 друк. арк.).

- **авторські свідоцтва:**

22. Авторське свідоцтво на твір №62171 «Процедури оперативного прогнозування недетермінованих і антиперсистентних технологічно-економічних процесів залізничного транспорту».

23. Авторське свідоцтво на твір №86555 «Удосконалений метод та інформаційна технологія дистанційного керування експлуатацією парку залізничних стрілочних електродвигунів за параметрами поточного та прогнозованого стану з використанням процедур класифікації антиперсистентних процесів».

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	20
ВСТУП	21
РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ ВИРОБНИЧО-ГОСПОДАРСЬКОЮ ДІЯЛЬНІСТЮ ПІДПРИЄМСТВ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ	29
1.1. Сутність автоматизованого управління виробничо-господарською діяльністю підприємств залізничного транспорту при невизначеності	30
1.2. Моделі, методи та інформаційні технології автоматизованих систем управління технологічно-економічними процесами залізничного транспорту	44
1.3. Дослідження властивостей і оцінка параметрів недетермінованих процесів промислових та підприємств залізничного транспорту	53
1.4. Концептуальні підходи до розвитку інформаційних технологій управління процесами виробничо-господарської діяльності підприємств в умовах невизначеності	74
Висновки до розділу 1	82
РОЗДІЛ 2 ДОСЛІДЖЕННЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ВИРОБНИЧО- ГОСПОДАРСЬКИХ ПРОЦЕСІВ ПІДПРИЄМСТВ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ З УРАХУВАННЯМ УМОВ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ.....	85
2.1. Джерела і форми невизначеності характеристик виробничо-господарських процесів.....	90
2.2. Дослідження властивостей та процедура класифікації недетермінованих процесів на основі показників хаотичної динаміки.....	95
2.3. Удосконалення теоретико-методичних підходів до оперативного прогнозування показників виробничо-господарської діяльності підприємств на основі методу Т.Демарка	113
2.4. Розвиток методичних підходів і моделей до діагностування параметрів технологічно-економічних процесів при невизначеності параметрів.....	119
Висновки по розділу 2.....	130

РОЗДІЛ 3	ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ МОДЕЛЕЙ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ	132
3.1.	Моделі логістичного відображення для недетермінованих процесів.....	132
3.2.	Моделювання процесів діяльності підприємств залізниць на основі розширеного логістичного відображення.....	136
3.3.	Інформаційні технології аналізу і оптимального планування недетермінованих технолого-економічних процесів управління підприємствами.....	146
3.3.1.	Формування індивідуальних логістичних моделей процесів експлуатації парків технічних систем.....	148
3.3.2.	Уніфіковані нечіткі процедури інтелектуальної інформаційної технології діагностування та прогнозування характеристик виробничих процесів у середовищі АСУ ЗТ	154
3.3.3.	Економіко-технологічна модель інформаційної технології планування черговості обслуговування парків технічних систем.....	156
3.4.	Підвищення економічної ефективності виробничо-господарської діяльності підприємств на основі розвитку інформаційних технологій	169
3.4.1.	Моделі багатокритеріального планування розподілу робіт в умовах кооперації та конкуренції.....	171
3.4.2.	Оцінка економічної ефективності ІТ при невизначеності вихідних даних.....	172
	Висновки до розділу 3.....	174
	ВИСНОВКИ.....	177
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	180
	ДОДАТКИ.....	197

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АнС – аналітичний сервер

АнС-Д – аналітичний сервер для завдань діагностування

АРМ – автоматизоване робоче місце

АСК ВП УЗ-Є – єдина автоматизована система керування вантажними перевезеннями Укрзалізниці

АСУ – автоматизована система управління

АЧР – антиперсистентний часовий ряд

ГІС – географічна інформаційна система

ЕД – електричний двигун

ГЕД – група електричних двигунів

ЗТУ – залізничний транспорт України

ІМ – інтелектуальна індивідуальна модель

ІМЕД – індивідуальна модель електричного двигуна

ІС – інформаційна система

ІТ – інформаційна технологія

ІТС – інтелектуальна транспортна система

КМП – конструктивно-продукційне моделювання

МОПЧО – модель оптимального планування черговості обслуговування

НМП – нечіткого математичного програмування

ОнС – онтологічна система

ПКР – процедура класифікації часового ряду

ПУРАЧР – процедури узагальнення рівнів антиперсистентного часового ряду

РЛВ – розширене логістичне відображення

СППР – системи підтримки прийняття рішень

СхД – сховище даних

ТС – технічна система

ЧР – часовий ряд

УЗ – Укрзалізниця

УН – умови невизначеності

ВСТУП

Актуальність теми. Залізничний транспорт України (ЗТУ) є базовою самостійною галуззю народного господарства України, яка займає важливе місце в економіці країни, сприяє розвитку продуктивних сил і соціальної сфери, зміцнює міжрегіональні зв'язки тощо. Сучасний ЗТУ – це надскладна структурована ієрархічна система, виробнича діяльність якої характеризується значним числом технологічних та господарчих процесів з високим ступенем складності та широким застосуванням засобів автоматизованих систем керування (АСК). Ефективність функціонування ЗТУ залежить від якості технологічних та інших процесів, методик планування та узгодженості роботи всіх його окремих підприємств.

Визначенню властивостей господарських, технологічних, експлуатаційних та відповідних економічних процесів підприємств у тому числі ЗТУ присвячені дослідження Аксьонова І.М., Бараша Ю.С., Босова А.А., Бутько Т.В., Гненного О.М., Ломотька Д.В., Марценюк Л.В., Мацюка В.І., Міщенко М.І., Ейтутіса Г.Д., Пшінька О.М., Рекуна І.І., Тартаковського Е.Д., Диканя В.Л., Зіненко О.Л., Козаченка Д.М., Осовика В.М., Прохорченка А.В., Чередниченка М.С., та багатьох інших вчених. В них, зокрема, відзначається наявність значного числа недетермінованих, стохастичних і невизначених складових процесів функціонування ЗТУ.

Дослідженням проблем економіко-математичного моделювання, розвитку та створенню уніфікованих засобів АСК присвячені дослідження Вітлинського В.В., Скалозуба В.В., Рамазанова С.К., Порохні В.М., Суслова О.П., Черняка О.І., Благуна І.С., Максишко Н.К., Соколовської З.М., Захарченка П.В., Соловйова В.М., Клебанової Т.М., Удачиної К.О., Каткової Т.С., Кишакевич Б.Ю., Ковальчука К.Ф., інших вчених.

Дослідження джерел та закономірностей впливу множини зовнішніх та внутрішніх факторів на параметри підприємств ЗТУ дозволили встановити, що стохастична і нечітка невизначеність є важливою характерною ознакою

процесів і систем залізничного транспорту. Зокрема показано, що разом з недетермінованістю процесів (НДП) ватажних перевезень існуюча зараз на ЗТУ організація технологій ремонту (вагонів, локомотивів ін.) не враховує їх імовірнісний характер, що призводить до збільшення простоїв, додаткових економічних втрат та зниження ефективності діяльності в цілому.

Разом з тим, переважна більшість базових АСК на підприємствах ЗТУ є інформаційними або інформаційно-аналітичними, але не містять достатньо повних технологічних та економіко-математичних моделей складних процесів ЗТУ при невизначеності, засобів інтелектуального аналізу накопичених і поточних даних АСК ЗТУ.

Вибір теми дисертації, її мета та завдання зумовлені тим, що недостатньо дослідженими залишаються питання економіко-математичного моделювання, прогнозування та управління діяльністю підприємств ЗТУ в умовах невизначеності, а також розвитку та створенню удосконалених економіко-математичних моделей та засобів інформаційних технологій НДП АСК ЗТУ.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертація виконувалася в рамках науково-дослідних робіт кафедри «Комп'ютерних інформаційних технологій» Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна за темами: «Розробка методів аналізу і оптимального планування потоків у транспортних мережах з урахуванням індивідуальних властивостей засобів перевезень, статистичних і нечітких вихідних даних» (номер держреєстрації 0107U005242); «Підвищення конкурентоспроможності залізничного транспорту на основі уніфікованих інтелектуальних технологій процесів перевезень та експлуатації парків технічних систем» (номер держреєстрації 0117U004392); та відповідно до Стратегічного плану розвитку залізничного транспорту на період до 2020 року (затверджено наказом Міністерства інфраструктури України від 21 грудня 2015 р. № 547). Внесок здобувача полягає в розвитку методів аналізу та класифікації динамічних процесів,

представлених антиперсистентними часовими рядами (АЧР), а також у розробці нечітких багатокритеріальних моделей планування розподілу компонентів парку транспортних систем між ремонтними базами з урахуванням спеціалізації та кооперації виконавців.

Мета та завдання дослідження. Метою дисертаційної роботи є удосконалення теоретико-методичного забезпечення моделювання процесів оцінок, прогнозування та управління підприємствами залізничного транспорту в умовах невизначеності.

Досягнення зазначеної мети спирається на вирішення наступних завдань:

- визначити можливості і застосувати методи та характеристики хаотичної динаміки до аналізу і прогнозування НДП діяльності підприємств залізничного транспорту за умов збурень зовнішнього середовища;

- розробити концепцію оцінки, прогнозування та економіко-математичного моделювання процесів діяльності підприємств залізничного транспорту України в умовах невизначеності, з урахуванням вимог АСК ЗТУ;

- провести класифікацію НДП, представлених АЧР, розробити рекомендації щодо практичного застосування результатів класифікації;

- запропонувати методи уніфікованого діагностування та планування економічних процесів технологічної експлуатації парку технічних систем в умовах невизначеності;

- розробити моделі уніфікованого нечіткого діагностування параметрів економічних НДП ЗТУ, а також процесів з неоднорідними умовами невизначеності;

- удосконалити метод планування та прогнозування показників виробничих НДП на основі методу Т. Демарка;

- розвинути та обґрунтувати економіко-математичну модель логістичного відображення, для аналізу, оцінки та прогнозування параметрів виробничо-господарчих НДП ЗТУ;

- розвинути інформаційну підсистему планування завданням із визначення черговості обслуговування об'єктів парку залізничних технічних систем за економічними критеріями автоматизованої системи управління (АСУ);

- удосконалити нечітку багатокритеріальну модель планування розподілу робіт між декількома виконавцями ремонтів основних фондів ЗТУ за умов їх кооперації та конкуренції.

Об'єктом дослідження є процеси оцінки, прогнозування та управління діяльністю підприємств залізничного транспорту.

Предметом дослідження є сукупність моделей, методів та інформаційних технологій оцінки, прогнозування та управління підприємствами залізничного транспорту в умовах невизначеності.

Методи дослідження. Для вирішення поставлених у роботі завдань використовувались загальнонаукові методи, фундаментальні положення зарубіжної та вітчизняної науки та прийоми: системний підхід – до вивчення технологіко-економічних процесів (ТЕП) підприємств ЗТУ дозволив дослідити особливості методів моделювання, прогнозування та управління в умовах невизначеності (підрозділи 1.3, 2.1); хаотичної динаміки та нечіткого управління – при розробці уніфікованої моделі діагностування та прогнозування станів нечітких процесів в середовищі АСК ЗТУ (підрозділи 2.2, 3.3.1); теорії прийняття рішень – для розробки індивідуальних інформаційних моделей процесів експлуатації та моделі визначення оптимальної черговості груп об'єктів парку технічних систем ЗТУ (підрозділ 3.3); логіко-аналітичного аналізу – для розроблення концепції планування, прогнозування та економіко-математичного моделювання процесів діяльності підприємств ЗТУ в умовах невизначеності (розділ 1); графічного аналізу – для наочного подання статистичного матеріалу та схематичного зображення теоретичних і практичних положень дисертації (підрозділ 2.1 та 2.3); абстрактно-логічного аналізу – для узагальнення, формулювання висновків і рекомендацій.

Інформаційною базою дослідження стали законодавчі та нормативні акти, звітні дані АТ «Укрзалізниця», результати наукових досліджень, матеріали науково-практичних конференцій, публікації зарубіжних і вітчизняних авторів та інші джерела.

Наукова новизна одержаних результатів.

вперше:

– запропонована концепція оцінки та прогнозування діяльності підприємств ЗТУ в умовах невизначеності на базі використання сукупності моделей: хаотичної динаміки, розширеного логістичного відображення, оптимальної черговості обслуговування груп об'єктів парку технічних систем ЗТУ, індивідуальних інформаційних моделей процесів експлуатації об'єктів парку технічних систем середовища АСК, уніфікованій моделі діагностування та прогнозування станів нечітких процесів ЗТУ з декількома видами невизначеності в середовищі АСК та на удосконаленому методі Т. Демарка, що дає змогу ефективно прогнозувати діяльність підприємств ЗТУ та застосовувати комплекси АСК для підтримки процедур прийняття рішень.

удосконалено:

– науково-методичний підхід до класифікації ТЕП, представлених АЧР спостережень, що відрізняється процедурою класифікації упорядкованих даних та дозволяє виявити додаткові ознаки зазначених процесів, за рахунок чого підвищити достовірність і точність результатів прогнозування;

– теоретико-методичний підхід до формування економіко-математичної моделі інформаційної технології із забезпечення оптимального планування процесів обслуговування комплексів об'єктів парку технічних систем з урахуванням стохастичних факторів, що дозволяє, на відміну від існуючих, мінімізувати очікувані додаткові витрати за період планування та відрізняється груповим обліком черговості обслуговування об'єктів парку, а також застосуванням процедури класифікації даних моніторингу процесів експлуатації;

– метод нечіткого логічного виведення, призначений для вирішення завдань діагностування нечітких станів та, на відміну від існуючих, відрізняється обліком станів з декількома видами невизначеності економічних процесів і систем, що дає можливість формування інформаційного забезпечення платформи аналітичних серверів середовища АСК ЗТУ;

– метод Т. Демарка, призначений для прогнозування показників виробничих НДП, що відрізняється від існуючих процедурою, яка забезпечує можливість отримувати оцінки точності прогнозу для визначеної області очікуваних значень.

набули подальшого розвитку:

– економіко-математична модель, яка узагальнює структуру логістичного відображення та призначена для аналізу і управління економічними процесами на основі даних спостережень, що дозволяє розширити склад керуючих параметрів моделей об'єктів функціонування, а також нечітку багатокритеріальну модель із розподілу робіт між декількома виконавцями ремонтів основних фондів ЗТУ за умов їх кооперації, а також при конкуренції за обсяги роботи, яка забезпечує оптимальне планування завдань з нечіткими вихідними даними;

– інформаційне забезпечення АСК ЗТУ, що на відміну від відомих, сформоване на основі уніфікованих процедур прийняття рішень у середовищі аналітичних серверів АСК, які забезпечують уніфіковане вирішення завдань діагностування станів виробничо-господарських процесів з нечіткими характеристиками, а також з неоднорідними умовами невизначеності, та відрізняються методом логічного виводу, спеціалізованим для завдань діагностування, а також процедурою класифікації часових рядів (ЧР) даних, що характеризують виробничо-господарські процеси ЗТУ.

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що обґрунтовані в дисертації теоретико-методичні підходи та практичні рекомендації можуть бути використані для підвищення технологічної та економічної ефективності автоматизованого управління НДП ЗТУ за рахунок

удосконалення математичних моделей і методів аналізу НДП щодо підвищення якості інформаційного забезпечення АСК ЗТУ, а також удосконалення процедур аналізу станів, діагностування, прогнозування та оптимального планування.

Положення дисертаційного дослідження використано в практичній діяльності зокрема: при створенні прототипів програмних засобів платформи аналітичних серверів автоматизованих систем АСК ВП УЗ-Є управління вантажними перевезеннями Укрзалізниці (авторське свідоцтво на твір № 86555 від 06.03.2019 // Скалозуб В.В., Клименко І.В. «Удосконалений метод та інформаційна технологія дистанційного керування експлуатацією парку залізничних стрілочних електродвигунів за параметрами поточного та прогнозованого стану з використанням процедур класифікації антиперсистентних процесів»); в навчальному процесі для підготовки магістрів за спеціальностями «Інженерія програмного забезпечення», «Комп'ютерна інженерія» та «Кібербезпека» при викладанні дисциплін: «Розробка експертних та інтелектуальних систем», «Інфраструктура, телематика та інформаційні технології ІТС» та при виконанні дипломних магістерських робіт в Дніпровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна (акт використання результатів від 09.09.2020 р.); авторське свідоцтво на твір 62171/2015 «Процедури оперативного прогнозування недетермінованих і антиперсистентних технологіко-економічних процесів залізничного транспорту».

Особистий внесок здобувача. Дисертація є самостійним завершеним науковим дослідженням. Визначені та обґрунтовані в дисертації наукові положення, висновки та пропозиції, одержані практичні результати є особистим внеском здобувача. З наукових праць, опублікованих у співавторстві, у дисертаційній роботі використано лише ті ідеї та положення, які отримані автором особисто.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи доповідалися, обговорювалися та були схвалені на 10 міжнародних наукових та науково-практичних конференціях, зокрема: «Проблеми економіки транспорту» (2010, 2012-2015 р.р., м. Дніпро); «Сучасні інформаційні технології на транспорті, у промисловості та освіті» (2010, 2012 р.р., м. Дніпро); «Проблеми економіки та управління на залізничному транспорті» (2010 р., м. Яремче); «Сучасні проблеми моделювання соціально-економічних систем» (2012 р., Харків); «Актуальні проблеми модернізації економіки та фінансової системи України» (2014 р., м. Черкаси).

Публікації. За темою дисертації опубліковано 21 наукову працю, серед яких 10 статей у наукових фахових виданнях, що входять до міжнародних наукометричних баз, 1 – у наукових фахових виданнях, 10 матеріалів і тез доповідей на науково-практичних конференціях), 2 авторських свідоцтва на твір. Загальний обсяг наукових праць становить 6,25 ум. друк. арк., з яких особисто здобувачеві належить 3,38 ум. друк. арк.

Обсяг та структура та роботи. Дисертація складається з анотації, вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи становить 210 сторінок, у т.ч., основний текст займає 178 сторінок (7 ум. друк. арк.). Матеріали дисертації проілюстровано 73 рисунками, 1 таблицею та містять 8 додатків (16 сторінок). Список використаних джерел налічує 157 найменування і викладений на 16 сторінках.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ ВИРОБНИЧО-ГОСПОДАРСЬКОЮ ДІЯЛЬНІСТЮ ПІДПРИЄМСТВ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

Функціонування залізничного транспорту значною мірою впливає на соціально-економічний стан суспільства, його подальший розвиток. Залізнична галузь України володіє певними перевагами перед іншими видами транспорту, оскільки за низкою напрямів своєї роботи вона має кращі фінансово-економічні, енергетичні, та екологічні показники, забезпечує понад 80% вантажних і майже 50% пасажирських перевезень, здійснюваних усіма видами транспорту [1]. У цілому на тепер стан та розвиток економіки України відповідають засадам інформаційної економіки [2, 3]. Інформаційній економіці притаманні цілий ряд тенденцій що не були наявними для постіндустріальної економіки – обробка інформації та виробництво знань стає провідним напрямом діяльності [3]. Людський капітал стає лідируючою сферою накопичення та використання капіталовкладень на основі використання інформаційних ресурсів, що немає обмежень в силу форми свого існування та різноманітних способів використання [3]. В інформаційній економіці зростання виробництва суттєво визначають інформаційні ресурси різних категорій [3].

Формування, розвиток та всебічне застосування інформаційних систем (ІС) стає стандартом для організації та діяльності сучасних підприємств. Зазначені тенденції у повній мірі відповідають завданням розвитку технологій, методів і засобів автоматизації технолого-економічних процесів підприємств залізничного транспорту України. Вирішенню комплексних завдань щодо удосконалення інформаційних систем управління виробничо-господарською діяльністю підприємств залізничного транспорту України в умовах невизначеності присвячена представлена дисертація.

1.1. Сутність автоматизованого управління виробничо-господарською діяльністю підприємств залізничного транспорту при невизначеності

Сучасний стан економічного розвитку України характеризується недосконалістю використання сучасних існуючих методів управління підприємствами в динамічних ринкових умовах. Це в певній мірі зумовлює несталість діяльності вітчизняних підприємств, нераціональність використання матеріальних і трудових ресурсів в управлінні економічними об'єктами, відсутність прибутку від господарсько-фінансової діяльності, а значить зменшення надходжень до державного бюджету [4, 5, 6, 7, 8]. Однією із можливих умов подолання кризового бар'єру і утримання своїх конкурентоспроможних позицій для підприємств України, у тому числі підприємств залізничного транспорту (ЗТУ), виступає використання нестандартних рішень щодо управління економічною діяльністю в умовах ринку. Збитки, які можуть зазнавати управлінці внаслідок раніше використаних стандартних рішень, визначають необхідність пошуку більш глибоких досліджень, а також необхідність приймати певне нестандартне рішення на основі існуючих фактів, причому за короткий проміжок часу. Крім того актуальною проблемою, яка виникає в моделюванні трансформаційних економічних процесів, є невизначеність доступних даних та відповідної інформації [9, 10]. Через зазначене з'явилась потреба в появі інформаційних систем, які б могли самостійно (автоматично) здійснювати обробку даних і виділяти нові дані на основі певної уже існуючої інформаційної бази. На тепер саме використання систем та методів штучного інтелекту дозволяє виділити серед даних «приховані закономірності» – раніше невідомі, нетривіальні, практично корисні знання, які значно спрощують прийняття рішень у різних сферах людської діяльності [2].

Аналіз етапів розвитку систем і методів автоматизації процесів управління макро-мікро економічними об'єктами свідчить про наявність

успішного впровадження в практику автоматизації лише чітко регламентованих операцій, але за умови функціонування контрольованих об'єктів у трансформаційному середовищі з великим рівнем невизначеності інформації, цього недостатньо [11].

В останні роки серед управлінців часто виникає потреба автоматизації вирішення різного роду інтелектуальних завдань, неповністю формалізованих, які містять нечіткі характеристики тощо. Ретельні дослідження економічних завдань, які вирішуються існуючими інформаційними системами (ІС), та підходів і методологій щодо їх розв'язання, свідчать про необхідність переходу від автоматизації неінтелектуальних процесів у сфері управління до використання інтелектуальних механізмів, здатних самостійно навчатися на отриманому досвіді [11].

Кожна з стадій управління містить у собі потенціальну необхідність використання механізмів інтелектуального аналізу даних, що дозволить перейти на якісно новий рівень управління [2]. У дисертації вирішуються певні завдання із удосконалення засобів інформаційного забезпечення автоматизованих технологій і систем ЗТУ, які базуються на розробці сукупності інтелектуальних процедур. Визначимо та дослідимо можливі ситуації при яких використання моделей та методів штучного інтелекту в управлінні економічними об'єктами гарантує підвищення ефективності управлінських дій порівняно зі стандартними автоматизованими неінтелектуальними підходами [2].

У завданнях планування діяльності економічних об'єктів важливою сферою використання інтелектуального аналізу даних є виявлення класів (кластерів) планів окремого типу на основі існуючого досвіду, оцінка їх привабливості та можливості виконання в існуючих умовах. Саме використання методів класифікації («найближчого сусіда», Баєйсовська класифікація, метод опорних векторів), кластеризації (концентрація об'єктів, методи ґрид-структури, розподіл даних), асоціації та послідовності (методи AIS, Apriori) [12, 13, 14, 15], яким притаманні методи штучного інтелекту DataMining та ін. [16, 17],

дозволяють сформувати класи досліджуваних об'єктів і надати вагомим аргументи щодо доцільності їх використання в аналізованих умовах. Також в результаті інтелектуальної обробки даних здійснюється аналіз таких системних характеристик плавнів як: надійність, стійкість, маневреність, інерційність, еластичність та адаптивність що дозволяє оперувати не єдиним рішенням а множиною рішень, що задовольняють поставленими умовами [2].

Найбільш ємною щодо можливості використання моделей і методів штучного інтелекту є стадія оцінки ефективності управління макро-мікроекономічними об'єктами [18, 19, 20, 21, 22]. По перше, це пов'язано зі складністю визначення критерію (критеріїв) оцінки процесу, стану або явища та труднощами формування адекватних моделей оцінки. По друге, важливою складовою ризик-менеджменту є оцінка ризикових операцій, що є складним для формалізації завданням. Використання інтелектуальних механізмів аналізу даних на цьому етапі дозволить: - уникнути суб'єктивності оцінок які виникають при застосуванні експертних методів оцінювання; - отримати кількісні, вимірювані рішення завдань які важко формалізуються [2]

Наступним чинником являється використання процедур прогнозування в моделюванні сценаріїв функціонування економічних об'єктів визначає зв'язок зі стадією планування діяльності, стадією оптимізації процесу управління, стадією ухвалення рішень а також за допомогою зворотного зв'язку, стадією економічного аналізу [11]. Головним позитивним наслідком використання методів штучного інтелекту в прогнозуванні економічних процесів є можливість виявлення часових шаблонів, що значно знижує час прийняття управлінських рішень у шаблонних ситуаціях [11].

Відзначимо суттєві недоліки існуючих оптимізаційних моделей економічних процесів [11, 23]: – складність та неоднозначність визначення факторів, що впливають на результати функціонування макро-мікроекономічного об'єкта; - значне варіювання статистичних коефіцієнтів формул залежно від наявних зовнішніх умов та від часового інтервалу їх використання. Авторами [11, 23] зазначається, що ключова стадія в управлінні

макро-мікроекономічними об'єктами – «прийняття рішень» при автоматизації потребує використання лише інтелектуальних підходів. При цьому в цих дослідженнях запропоновано інструментарій вирішення економічних завдань, функціонування якого дає нові нестандартні рішення з управління макро-мікроекономічними об'єктами у наявних умовах. Подальший розвиток даного напрямку повинен спиратися на весь існуючий арсенал методів штучного інтелекту [11, 24].

Безумовно, що дефіцит інформації про поведінку економічної системи значно знижує ефективність управління. До причин такої невизначеності об'єктивно відносять наступні особливості економічної системи [9]:

- інертність - значний проміжок часу між впливом та його наслідками;
- нелінійність – зміна пропорцій між витратами та результатами економічної системи в часі та просторі;
- конфліктність – невідповідність та протиріччя між локальними цілями активних елементів (людей) та глобальною економічною системою;
- асиметричність – розподіл інформації між суб'єктами економічної діяльності (ефекти комерційної таємниці, агресивної реклами, тощо);
- хвилеподібний характер поведінки – чергування стадій росту, стабілізації та спаду в розвитку економічної системи;
- хаотичність ринкового середовища – неупорядкований та неконтрольований вплив зовнішнього середовища на економічну систему.
- Невизначеність поведінки економічної

Невизначеність як фундаментальна характеристика забезпеченості процесу управління економічною системою інформацією, а також знаннями про поведінку системи [25], є наслідком відомого в економічній теорії протиріччя між необмеженими потребами великої кількості суб'єктів господарювання та обмеженою доступністю для них матеріально-енергетичних та інформаційно-інтелектуальних ресурсів системи [9]. При цьому визначається що багатогранність видів невизначеності поведінки економічної системи передбачає різноманітність механізмів її формального опису [9].

Застосування інформаційних технологій (ІТ) на основі автоматизованих систем керування процесами (АСК) є важливою властивістю і провідною відзнакою підприємств ЗТУ. На основі застосування систем АСК вирішуються практично всі завдання аналізу, моделювання процесів, здійснюється оперативне керування функціонуванням галузі. Також АСК широко застосовуються для зменшення впливу різноманітних умов невизначеності на виробничо-господарчі, економіко- та техніко-технологічні процеси ЗТУ. Питанням застосування та розвитку систем АСК приділяється значна увага у наукових і практичних дослідженнях. При цьому також розкриваються причини та джерела умов невизначеності певних технологіко-економічних та інших процесів ЗТУ.

Розглянемо дослідження, присвячені прикладам реалізації завдань ефективного функціонування залізничного транспорту, які реалізуються АСК з урахуванням певних категорій невизначеності. Завдання із визначення попиту на транспортні послуги є одним із базових для маркетингових досліджень щодо організації пасажирських залізничних перевезень. При організації таких перевезень та наданні супутніх ним послуг виконують специфічні функції багато підприємств, дія яких спрямована на задоволення потреб населення у перевезеннях. У дослідженнях [26, 27, 28], відзначається, що використовувані для прогнозування пасажиропотоку методологічні підходи часто призводять до порушення ринкової рівноваги попиту і пропозицій на перевезення. При цьому виникають суперечності що зумовлюють суттєву невизначеність процесів організації залізничних перевезень. Автори наведених досліджень вважають їх причиною неповноту інформаційного забезпечення процесів прогнозування попиту, обмеженість відповідних ІТ.

В роботах [29, 30, 31] відзначається, що сучасні вимоги ринку перевезень потребують підвищення точності доставки пасажирів і вантажів на великі відстані, що в умовах існуючої експлуатаційної роботи ЗТУ потребує покращення якості та гнучкості планування перевезень. Для забезпечення цього було запропоновано утворити рентабельну операційну модель руху

поїздопотоків за розкладом, з урахуванням невизначеності можливих об'ємів перевезень. Для вирішення цього завдання було сформовано автоматизовану технологію складання нормативного графіку руху з подальшою інтеграцією до системи підтримки прийняття рішень (СППР) ЗТУ.

Методи оцінки ефективності роботи у міжнародному сполученні рухомого складу залізниць на прикордонних переходах, які на основі даних АСК дозволяють оцінювати показники вантажних перевезень за окремими маршрутами, запропоновані у статтях [32, 33, 34]. При цьому також розвинуто методи оцінки недетермінованої величини простоїв вагонів на прикордонних станціях, які дозволяють отримати достовірну техніко-економічну оцінку перевезень вантажів територією України.

Сучасні моделі та засоби автоматизованого управління екологічною безпекою на залізницях України в умовах невизначеності при зростанні транспортування нафтопродуктів, а також ймовірнісних оцінках виникнення аварій, розроблено у [35, 36, 37]. В них визначені концепції та методи управління екологічними ризиками та було розроблено екоінформаційну систему ЗТУ, з метою накопичення, обробки та візуалізації даних моніторингу та прийняття рішень щодо мінімізації негативних наслідків можливих аварій.

Серед ключових завдань щодо забезпечення конкурентоспроможності промислових підприємств ЗТУ за умов реалізації інноваційно-технологічних перетворень у роботах [38, 39], розроблено пропозиції щодо створення інтегрованого інформаційного середовища промислових підприємств залізничного транспорту, а також щодо формування інтегрованої системи управління якістю їх продукції в межах інноваційно-орієнтованого промислово-логістичного кластеру.

Проблемам дослідження джерел та закономірностей впливу множини зовнішніх та внутрішніх факторів, а також оцінок наявних параметрів підприємств ЗТУ, на технічну та технологічну безвідмовність їх функціонування присвячені дослідження [40, 41, 42]. В них залізнична транспортна система представлена як цілісна «.. складна і велика система, яка є

сукупністю інфраструктурних, технологічних і організаційних системних елементів та множин зв'язків між ними, *характеризується стохастичною природою* динамічних процесів та множиною функцій. Що регламентуються нормативними та правовими вимогами і обмежуються наявними ресурсами». То ж недетермінованість, стохастична невизначеність вважається характерною ознакою процесів і систем залізничного транспорту. Також зазначається що сучасна наука та практика не володіє ефективними моделями оцінки безвідмовного функціонування залізничних станцій, вузлів, напрямків та всієї мережі в цілому. Залишаються не вирішеними питання щодо встановлення та дослідження причин формування технологічних відмов залізничного транспорту загального користування на всіх рівнях структур ЗТУ. Як захід було запропоноване і вирішене завдання з розробки математичних моделей безвідмовного або з контрольованою надійністю) функціонування залізничного напрямку в умовах дії низки небезпечних факторів, призначені для дослідження оцінок часу руху. Впливу збурень ін. Результатом моделювання являється пропозиція щодо удосконалення автоматизованих систем планування та управління залізничними перевезеннями.

Проблеми технічного забезпечення перевізних та експлуатаційних процесів ЗТУ, а саме ремонту рухомого складу, суттєво впливають на технологіко-економічні оцінки параметрів його функціонування. У роботах [43, 44] встановлено, що існуюча зараз на ЗТУ організація технологій ремонту (вагонів, локомотивів ін.) не враховує імовірнісний характер, зокрема вагоноремонтного виробництва. Цей фактор технологій призводить до непродуктивного простою обладнання та виконавців робіт, не виконання планів ремонту вагонів, що впливає на перевізний процес. При цьому тут причиною виникнення умов невизначеності являється протиріччя між індустріальними методами ремонту та ймовірнісними характеристиками ремонтного процесу. Що призводить до збільшення простоїв вагонів у ремонті. В якості заходів щодо зменшення впливу випадкових чинників на ремонт вагонів запропоновано реконструювати ремонтну базу, а також автоматизувати

вагоноремонтні процеси шляхом розробки алгоритмів та створення комп'ютерних імітаційних моделей ремонтних процесів при різних структурних варіантах гнучких виробничих потоків.

Навіть уже наведені вище дослідження демонструють широкий спектр та певні причини існування умов невизначеності, та їх невід'ємність від існуючих виробних та технологічних процесів ЗТУ. Одночасно вони дають змогу оцінити надзвичайно важливу роль сучасних комп'ютерних автоматизованих технологій, СППР та АСК, що забезпечують стабільну та ефективну реалізацію залізничних технолого-економічних процесів в умовах неоднорідної невизначеності як зовнішнього середовища, так і характеристик параметрів виробничо-господарських процесів. Саме вирішенню завдань щодо удосконалення, а також розвитку інформаційних технологій і АСК залізниць, на основі технологічного і економіко-математичного моделювання процесів за умов неповноти та невизначеності вихідних даних присвячена дана робота.

Завдання управління за умов розвитку (ІТ, АСК ін.) при моделюванні відносять до слабо-формалізованих [45]. Складовим таких завдань може бути притаманне таке: умови моделювання визначені не повністю, формулювання завдання містить суперечності, зв'язки – не всі задані у аналітичному вигляді, залежності представлені розпливчатими відображеннями, обмеження – не достатньо визначені, інформація про об'єкт – еволюціонує, оцінка рішення виконується за системою не узгоджених критеріїв, рішення не єдине та не стійке ін. Наявність хоча б однієї із наведених властивостей завдання приводить завдання до слабо-формалізованих. Головною причиною існування таких завдань являється високий ступінь не невизначеності об'єкту дослідження або спостереження. Тобто наведені вище завдання автоматизації для процесів ЗТУ мають ознаки слабо-формалізованих.

В даний час розвиток різноманітних додатків інтелектуальних інформаційних технологій (ІІТ) характеризується все зростаючим застосуванням онтологій і онтологічних систем (ОнС) [46, 47]. Онтологічні технології використовують в складних для формалізації, слабо-структурованих

областях діяльності або бізнесу, при обробці, класифікації та інтерпретації наростаючих обсягів даних і ін. [48, 49, 50]. Онтології в явному вигляді широко використовуються як джерела даних для багатьох комп'ютерних систем, витягнення знань із наборів даних, інформаційного пошуку, проектування систем і ін. Перевага онтології полягає в забезпеченні ефективної інтелектуальної обробки складної і різноманітної інформації, а також у можливості багаторазово використовуватися в новому оточенні [46, 47].

В різноманітних напрямках діяльності все більш широкий розвиток і застосування отримують прикладні предметні онтології (ПО) та ОнС [49, 51]. При цьому постійно розширюється коло вирішуваних задач та програмних засобів, які використовують ОнС. Онтологічні системи забезпечують ефективне функціонування різноманітних ІТ переважно в складних, слабо-структурованих та інших наукоємних областях знань та діяльності. Парадигма формування знання-орієнтованого суспільства [47] передбачає істотну переробку сучасних інформаційних ресурсів, систем і ІТ. Під онтологією розуміється система понять, представлена набором сутностей, пов'язаних різними відношеннями, які характеризують певну область знань і використовуються для формальної специфікації [52]. Суттєвою складовою онтології є набір аксіом, що забезпечують подання додаткових знань, які не охоплюють ієрархії понять і ін. [47, 49, 52]. В даний час актуальними є питання застосування предметних онтологій конкретних галузей знань для підтримки складних і наукоємних ІТ: оцінки концептуальних моделей даних [50], побудови онтологій предметної області на основі моделі нечіткого виведення, а також вирішена задача використання неточних знань, отриманих з минулих дослідів ін. [53]. У більшості робіт переважаючим напрямом досліджень є створення, удосконалення і застосування прикладних онтологій в різних сферах ІТ.

Як зазначається у [54], серед актуальних завдань із розвитку та інтелектуалізації засобів АСК ЗТУ важливе місце займає напрям, який визначає можливості та технології вдосконалення процесів експлуатації АСК за рахунок створення спеціалізованого прикладного онтологічного забезпечення. В цих

дослідженнях було запропоновано використання універсальних моделей конструктивно-продукційного моделювання (КПМ) [54]. Зазначимо, що автоматизована система АСК ВП УЗ-Є реалізує функції інформаційної та керуючої підтримки численних технологій і процесів залізничної галузі [47]. Принципи побудови, склад і структуру АСК ВП УЗ-Є, а також система її інформаційних і технологічних моделей, є фундаментом для створення комплексних інтелектуальних систем залізничного транспорту України, у тому числі онтологічної підтримки, рис. 1.2, рис. 1.3.

В [55] виконані дослідження із розробки методології щодо онтологічного забезпечення процесів конструктивно-продукційного моделювання (КПМ) для структурно складних інформаційних технологій. В цілому процеси конструювання досить поширені, виникають на різних етапах розробки інформаційних технологій (ІТ), мають достатньо високу подібність. Серед них – формування архітектур програмних систем, концептуальне моделювання предметної області ОнС, розробка структур баз даних та інформаційного забезпечення [50] та ін. Численність форм і поширеність, цільова подібність, складність і фактори невизначеності завдань конструювання в сфері ІТ роблять актуальними дослідження, спрямовані на інтелектуальну і технологічну підтримку процесів конструювання. При цьому онтологічне забезпечення (ontological support) конструювання в багатьох додатках стає сполучною ланкою різноманітних ІТ. Саме це являється важливим для інтеграції багатьох АСК ЗТУ.

Прикладні ОнС грають кілька ролей в задачах представлення знань, представляють таксономічні та інші властивості при концептуалізації, а також можуть реалізувати функції спеціалізованих баз знань. В останньому варіанті онтологічна підтримка ІТ поширюється і на формування моделей понять (окремих концептів, зв'язків, засобів створення екземплярів ін.), на використання спеціалізованих процедур виведення. Такі ознаки мають багато прикладних онтологій для математично і логічно складних додатків ІТ (нечітке управління, багатокритерійний аналіз ін.). Зазначені особливості прикладних

онтологій ІТ були використані при формування системи моделей онтології КПМ (ОКПМ). В [47] констатується, що «досі не існує загальноприйнятої методології створення онтологій і залишається відкритим питання появи конструктивної теорії розробки формальних онтологій».

Побудова моделей і методів ОКПМ отримана шляхом розширення відносин і відображень, а також за рахунок створення нових структур породження, доповнення класів сигнатур новими відносинами із конструювання. При цьому отримала розвиток модель єдиної, універсальної та такої що налаштовується на різні предметні області онтологічної конструктивної структури (ОКС). ОКС враховує вимоги щодо поданням процесів розширення предметної області, а також уніфікації знань. Для завдань КПМ створені методи і засоби моделювання процесів концептуалізації об'єктів що розвиваються, побудовано конструктивну обчислення класу відображень погоджування, а також методи конструювання онтологічних об'єктів вищого порядку. Для онтологічної підтримки процесів КПМ в умовах розширення предметних областей вдосконалені методи виведення в моделі конструктивної структури ОКПМ, запропоновані процедури змістовної, структурної та пов'язаної виводимості, а також багаторівневі методи виведення.

Наведені приклади реалізації діючих в даний час у автоматизованій системі АСК ВП УЗ-Є процедур створення нових додатків, з використанням запропонованих засобів КПМ. Приклади демонструють достатність розроблених моделей і засобів ОКПМ щодо реалізації діючих процедур розвитку і супроводу складних залізничних АСУ.

При створенні інтелектуальних засобів ОКПМ врахована потенційна складність і невизначеність прикладних областей застосування методології КПМ. У зв'язку з цим в процедурах онтології головна увага була приділена універсальності моделі понять. Загальною метою засобів ОКПМ є забезпечення формування концептів для структурно складних областей моделювання.

В роботах [50] зазначається, що в теперішній момент часу в світі все більше часу приділяється глобальним проблемам транспорту пов'язаним з

необхідністю підвищення його безпеки, ефективності та мобільності, зменшення впливу транспорту на навколишнє середовище та ряду інших. При цьому першочергову увагу приділяють створенню, використанню та розвитку інтелектуальних транспортних систем (ІТС) [55, 56], що інтегрують в себе комплекси досягнень в області телекомунікацій, інформаційних технологій, методів інтелектуальних систем (ІС), супутникових технологій позиціювання, географічних інформаційних систем (ГІС). В цілому розробка ІТС відповідає тенденціям розвитку інформатизації суспільства, підвищення рівня інтелектуальності систем управління.

ІТС – це великий комплекс сервісних послуг, що надаються користувачам з метою зручності використання та досягнення максимальної пропускної спроможності дорожньої мережі. Набір цих послуг може формуватися і розширюватися в залежності від поставленої мети, в рамках, що визначаються національною Концепцією і стандартами ІТС. Великі масштаби транспортної системи України і множина ІТС-технологій призводять до того що процес їх реалізації не може охопити всі підсистеми та елементи одночасно. Звідси виходять принципи поетапного розвитку і модульності створення ІТС [56]. В тому числі і ЗТУ, ІТС-ЗТ.

Світова практика показує що впровадження ІТС дозволяє знизити кількість дорожньо-транспортних пригод до 50%, збільшити пропускну спроможність доріг на 25-30%, знизити витрати пального на 20%, витрати часу в дорозі на 30%, підвищити зайнятість населення на 5% [55, 56].

Для ІТС характерна наявність елементів автоматичного:

- збору даних про умови перевезення;
- моделювання процесів;
- порівняння з шаблонними нормативами;
- розпізнавання нештатних ситуацій або можливостей їх виникнення, реалізація прогнозного управління;
- планування процесів перевезень, та ін. [55].

На ЗТУ можливості удосконалення технологічно-економічних процесів пов'язують з розвитком АСК, в першу чергу, з єдиною автоматизованою системою управління вантажними перевезеннями Укрзалізниці – АСК ВП УЗ-Є [57], яка в свою чергу є однією з найбільш потужних і сучасних для ЗТУ. Ця АСУ реалізує функції інформаційної та управляючої підтримки чисельних технологій та процесів залізничної галузі [55, 57]. В рамках розробки та постійного приросту цього масштабного проекту створенні технологічні, математичні та програмно-апаратні рішення, які забезпечують надійний фундамент для переходу до інформаційно-управляючим, прогнозним та інтелектуальним технологіям.

В системі АСК ВП УЗ-Є реалізований весь спектр задач управління та супроводу перевезень (оперативне управління процесом перевезень, управління вантажними перевезеннями, управління пасажирськими перевезеннями, управління ремонтами та технічним обслуговуванням рухомого складу, управління роботою прикордонного району, система статистики об'ємних показників доходів від перевезення вантажів, аналіз виробничо-господарської діяльності та ін.). Інтегрований та уніфікований характер побудови та функціонування всіх підсистем АСК ВП УЗ-Є, що забезпечує можливість її територіального розширення та функціонального розвитку, одні з ключових принципів автоматизованої системи. Для забезпечення цих можливостей сьогодні та в майбутньому в АСК ВП УЗ-Є передбачені та розвинуті спеціальні процедури розвитку систем. На рис.1.1 [57] представлена схема процедур по створенню в середовищі АСК ВП УЗ-Є нових автоматизованих робочих місць(АРМ).

Таким же чином реалізуються задачі модернізації і створення нових програм. Розроблені в дисертації методичні підходи, математичні моделі оптимального планування процесів експлуатації і ремонтів, методи та процедури діагностування станів систем та ін., а також їх відповідні інформаційні моделі, в подальшому плануються до введення в склад АСК використовуючи платформу аналітичних серверів [55, 57, 51].

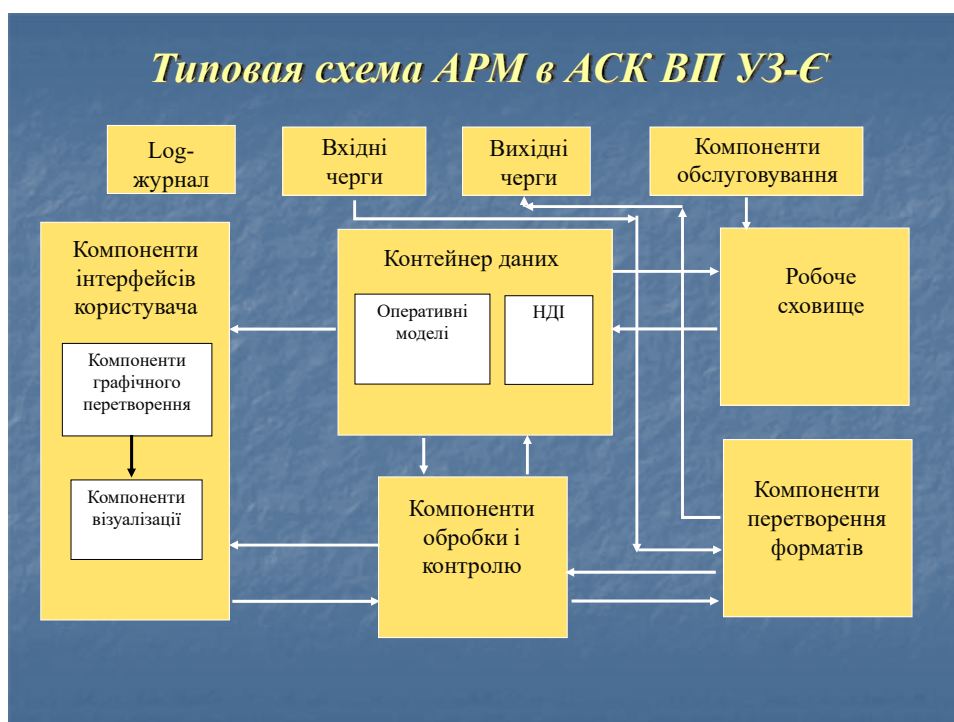


Рис. 1.1. Схема процедур формування АРМ в АСК ВП УЗ-Є

Цілісність, функціональна повнота, можливість розширення АСК ВП УЗ-Є, високі експлуатаційні властивості та надійність відкривають нові можливості для її використання в якості ІТС-ЗТУ.

В якості однієї з першочергових задач формування ІТС –ЗТУ на базі АСК ВП УЗ-Є виступають задачі забезпечення уніфікованого аналітичного сервісу процесів управління, задачі автоматичного перетворення баз та сховищ даних до бази знань, що обслуговують потреби диспетчерського та управлінського персоналу ЗТ та ін.

АСК ВП УЗ-Є ґрунтується на інтегрованій базі даних, яка дозволяє мати в якості інформаційного об'єкту майже кожен фізичну сутність, що існує на залізниці. При чому, при здійсненні певних уособлених технологічних операцій з об'єктом зберігається його останній стан, враховуючи всі параметри. Так для підсистем АСК супутникової навігації (ССН), наприклад, створена власна інформаційна модель, в якій зберігаються дані від трекерів. Період зберігання повної телеметрії 30 діб. В подальшому діють алгоритми архівування даних. На основі таких даних можуть бути реалізовані численні інтелектуальні процеси оперативного управління та планування на різних рівнях.

Розвиток сучасних інформаційних технологій (ІТ) і систем ЗТУ має чітко визначену тенденцію направлену на створення та впровадження методів та засобів інтелектуальних систем.

1.2. Моделі, методи та інформаційні технології автоматизованих систем управління технологічно-економічними процесами залізничного транспорту

Розглянемо основні напрямки та завдання щодо розвитку АСК ЗТУ на прикладі автоматизованої система АСК ВП УЗ-Є, що на тепер є однією з найбільш потужних і сучасних АСУ залізничного транспорту ПАТ «Українська залізниця» (далі ПАТ УЗ). Вона реалізує функції інформаційної та керуючої підтримки численних технологій і процесів залізничної галузі [58]. Принципи побудови, склад і структуру АСК ВП УЗ-Є, а також система її інформаційних і технологічних моделей, є фундаментом для створення комплексних інтелектуальних систем залізничного транспорту України.

В інформаційні структури АСК ВП УЗ-Є можуть бути «вписані» практично всі технологічні процеси роботи вантажного залізничного транспорту, а також інші технології експлуатації об'єктів УЗ, включаючи завдання створення інтелектуальних систем транспорту [56, 59]. Система автоматизує завдання, які раніше вирішувалися різними окремими системами на різноманітних технологічних і технічних базах. При цьому реалізується широке коло питань інформатизації перевізного процесу, починаючи від місячного планування, оформлення перевізних документів, перевезення вантажів до аналізу результатів перевезень. В системі АСК ВП УЗ-Є в режимі «технологічного реального часу» виконуються процедури подвійного моделювання процесів і технологій роботи транспорту, експлуатації, економіки, а також їх інформаційного забезпечення.

Набір інформаційно-аналітичних моделей об'єктів і процесів, пов'язаних з виконанням залізничних перевезень, включає необхідні моделі подій для всіх

складових транспортного процесу, такі як локомотивна модель, контейнерна, вагонна і поїзна моделі, моделі відправок та маршрутів слідування, моделі роботи локомотивних бригад і прикордонних станцій.

Загальна ієрархічна структура системи інформаційного забезпечення процесів прийняття рішень (ППР) і управління в АСК ВП УЗ-Є наступна (рис. 1.2.)

Найвищий рівень забезпечує процеси керування ефективністю, який спирається на рівень аналітичних рішень, отриманих на основі рівня сховищ даних (СхД). В свою чергу рівень СхД базується на рівні процесів управління ресурсами, що використовує результати функціонування рівня технологічних систем залізничного транспорту [55]. Ієрархія організаційної структури забезпечує ефективність процедур аналізу та управління на різних технологічних рівнях ПАТ УЗ.



Рис. 1.2. Структура інформаційного забезпечення процесів прийняття рішень в АСК ВП УЗ-Є

Для реалізації зазначеної на рис. 1.2, моделі інформаційного забезпечення розроблено технологічну і технічну структуру систем автоматизації (рис. 1.3).



Рис. 1.3. Схема технологій інформаційної підтримки процесів ППР.

На рисунку вказані завдання що вирішуються на різних рівнях, зв'язки між ними, окремі технології інформаційної підтримки. В системі АСК ВП УЗ-Є реалізований весь спектр завдань управління перевезеннями: - оперативне управління перевізним процесом; - управління вантажними перевезеннями; - управління пасажирськими перевезеннями; - управління ремонтами і технічним обслуговуванням рухомого складу; - аналіз виробничо-фінансової діяльності тощо. Надзвичайно висока масштабність, численність і висока складність технологій і систем залізничного транспорту, вимоги щодо їх безперервного вдосконалення і розвитку, тенденції щодо переходу до інтелектуальних технологій управління і ін. роблять актуальними питання ефективного супроводу АСК ВП УЗ-Є, застосування для цього моделей і методів управління на основі використання знань. Одними з основних напрямків досліджень і розробок в цій галузі є прикладні онтологічні системи, а також спеціалізовані технології з уніфікованого управління АСК ЗТУ на основі створення платформи аналітичних сервісів.

У якості сучасних засобів розвитку АСУ залізничного транспорту України можуть бути використані конструктивно-продукційні моделі онтологічної підтримки. На теперішньому одному із перших етапів формування

онтологічного забезпечення АСУ ЗТУ (ОАСУ УЗ) необхідно дослідити можливість використання певного базового інструментарію розробки та супроводу, зокрема, системи методів конструктивно-продукційного моделювання (КПМ). Методологія та засоби онтологічної підтримки процесів КПМ представлені в [55, 60]. В них вирішені нові завдання із створення прикладної онтології КПМ (ОКПМ). Серед завдань відзначимо наступні: - виявлення і вивчення властивостей структур понять, концептів і основних системо-утворюючих відношень при КПМ; - формулювання вимог до властивостей методології КПМ, а також до спеціалізованих моделей і методів прикладної ОКПМ; - розробка єдиної, універсальної, такої що розвивається та налаштовується на предметні області інформатизації моделі онтологічної конструктивної структури (ОКС); - розробка моделі та процедур, які забезпечують в рамках КПМ можливості створення відношень, структура яких наперед не відома, в тому числі рекурсивних відношень; - включення в ОКПМ засобів, які дозволяють формувати і супроводжувати концептуальні моделі, відмінні від таксономії; - урахування факторів невизначеності при виборі структури концептуальних понять предметних областей і їх ознак.

Методологічному забезпеченню сучасного економіко-математичного прогнозування притаманні загальні риси [61, 60]. Практично всі прогнозні моделі в тій чи іншій мірі використовують процедури екстраполяції минулих тенденцій у відношенні як загальнонаціональних так і приватних показників виробництва, народонаселення, технічного прогресу. Спільна риса економічних та емпіричних прогнозів – прагнення на основі окремих, часткових показників скласти загальну картину майбутнього економічного росту [62].

Серед факторів, що характеризують динаміку ринку та впливають на неї, існує достатня кількість даних нечислової природи, значення яких відомі тільки з певною долею впевненості [63]. Можна виділити різні типи невизначеності, із яких для фінансового аналізу важливі наступні:

- пов'язані з незнанням або неточним знанням деяких факторів чи процесів, що впливають на розвиток ситуації;

- пов’язані з математичною не співмірністю численних оцінок величин, що характеризують динаміку системи;
- пов’язані з нелінійністю та наявністю у системи декількох складових рівноваги або атракторів;
- пов’язані з недоліком або неадекватністю понятійного апарату та неможливістю ототожнення фактів.

З метою визначення переваги що дають запропоновані далі методи аналізу та прогнозування, необхідно вказати на три проблеми, які виникають при створенні систем аналізу фінансових ринків та при розробці прогнозних моделей [64, 65, 66]. Перша – це визначення необхідних і достатніх параметрів для оцінки стану ринку, а також цільових функцій, тобто вибір критеріїв ефективності дій. Формалізація поведінки системи, яка складається із різномірних компонентів, потребує використання єдиної метрики для їх використання. Друга – це проблема розмірності. Бажання врахувати в моделі як можна більше показників та критеріїв оцінки може привести до нереалізованих на практиці об’ємам обчислювальної складності. Третя проблема виникає через певні ознаки надсистемності, коли принципово неможливо виявити прояви надсистемного відображення засобами, що входять до складу систем що взаємодіють.

Методи прогнозування мають цільову спрямованість. Наприклад, для покращення якості прогнозування курсів цінних паперів на фондовому ринку використовують методи теорії хаосу, клітинних автоматів та нечітких множин, а не класичні підходи [65, 67, 68, 61], [67]. Також завоювали визнання і нейромережні технології. Практика використання показала їх ефективність в завданнях прогнозування, виявлення залежностей, ситуаційного управління на фінансових ринках [66, 69].

Все більше застосування при аналізі часових рядів, особливо при наявності в них детермінованих процесів, знаходить методи теорії хаосу, або нелінійної динаміки [60, 62, 70, 68]. Стосовно до транспортної галузі, на основі теорії хаосу вперше був розроблений принципово новий підхід до аналізу

процесів залізничного транспорту. Цей підхід базується на положенні про те, що залізничний транспорт являє собою складу нелінійну систему, а характер групової взаємодії учасників породжує хаотичну динаміку її процесів в наслідок нерегулярності, спорадичності та невизначеності об'єму транспортних послуг та, як наслідок, виникнення квазістохастичних часових інтервалів [10, 23, 60, 66, 71].

В умовах збільшення вимог щодо отримання ефективного прибутку на ринку транспортних послуг стають актуальними питання планування та оперативного прогнозування для прийняття доцільних управлінських рішень. Прийняття рішень (ПР) у багатьох випадках можна привести до завдання вибору із множини варіантів [2, 25, 72]. А саме, відповідно до теоретико-ігрової концепції ПР представляє собою вибір найкращої з альтернатив із множини наявних.

ПР базується не тільки на кількісних характеристиках, але й на факторах, що не завжди мають кількісні характеристики. Предметом теорія ПР виступає дослідження законів перетворення інформації стану системи і середовища в кількісні складові інформації управління, що притаманні різним органам управління і управляючим об'єктам [71].

Основними поняттями (категоріями) теорії прийняття рішень виступають [71]: система управління (СУ); об'єкт управління; орган управління та прийняття рішень; середовище; стан об'єкту та середовища; рішення; процес прийняття рішення; невизначеність; оціночний функціонал; ситуація прийняття рішень; інформаційна ситуація; джерело інформації; критерій прийняття рішень та ін.

Якість процесу ПР знаходиться в прямій залежності від повноти врахування всіх вагомих факторів, що впливають на наслідки їх результатів. Часто ці фактори носять чисто суб'єктивний характер, що притаманне як особі що приймає рішення, так і будь-якому процесу ПР.

Невизначеність в прийнятті рішень обумовлена недостатньою надійністю та кількістю інформації, на основі якої орган ПР здійснює вибір варіанту

рішення. Не претендуючи на повноту, можна вказати наступні найбільш часто зустрічаючи види невизначеності [73, 9, 10]:

- принципова невизначеність (наприклад, в відомих ситуаціях квантовій механіці);
- невизначеність що генерована загальною кількістю об'єктів чи елементів, які включені до ситуації (наприклад, при числі елементів більш ніж 10^9);
- невизначеність викликана недостатністю інформації та її достовірністю в силу технічних, соціальні чи інші причин;
- невизначеність що породжена надто великою або недоступною платою за достовірність;
- невизначеність породжена органом прийняття рішень в силу нестачі його досвіду й знань факторів, що впливають на рішення;
- невизначеність пов'язана з обмеженнями в ситуації прийняття рішень (обмеження в часі та елементам простору параметрів, що характеризують фактори прийняття рішень);
- невизначеність що викликана поведінкою середовища чи суперника що впливає на процес прийняття рішення.

Тобто в процесах ПР є ряд ситуацій або умов, що в тій чи іншій мірі мають певну ознаку невизначеності. З метою отримання рішення вони потребують для свого опису такого математичного апарату, який апріорі включає в себе існування або появу невизначеності. Для виокремлення умов ПР уведені у інформаційні ситуації [23]: Для органу управління в момент ПР під інформаційною ситуацією розуміють певну ступінь градації характеристик невизначеності щодо вибору станів середовища зі заданої множини станів, Відзначимо класи інформаційних ситуацій що характеризують поведінку середовища в процесі ПР при виборі своїх станів із множини заданих.

I_1 - ІнС, що характеризується заданим розподілом апіорних ймовірностей на елементах множини станів;

I_2 – ІнС що характеризується заданим розподілом ймовірностей з невідомими параметрами;

I_3 - характеризується заданими системами лінійних відношень порядків на компонентах апіорного розподілу станів середовища;

I_4 - характеризується не відомим розподілом ймовірностей на елементах множини;

I_5 - характеризується антагоністичними інтересами середовища в процесі прийнятті рішення;

I_6 - характеризується «проміжним» між I_1 та I_5 випадках вибору середовищем своїх станів;

I_7 - характеризується нечіткою множиною станів середовища.

Відмічені ІнС в деякому розумінні можливо рахувати глобальними характеристиками рівнів невизначеності станів середовища. При дослідженні критеріїв прийняття рішень використовуються різноманітні градації невизначеності для кожної ІнС.

При формуванні критеріїв ПР застосовуються кілька основних підходів. При аксіоматичному підході для аналізу критеріїв ПР виділяють найбільш прийнятні аксіоми (постулатів), які дозволяють органу управління дослідити існуючу проблему прийняття рішень в умовах невизначеності в сенсі формалізації критерія ПР. Прийняттю рішень з урахуванням класів інформаційної ситуації сприяє встановленню системи аксіом вибору певного критерія [10].

Невизначеність завжди супроводжує реальні процеси ПР, має різноманітну природу та різні форми прояву. Найбільш суттєвим джерелом невизначеності в ППР є відсутність інформації в повному обсязі, що необхідна для порівняння, оцінки рішень та ефективного вибору. Іншим не менш значним джерелом невизначеності виступає неузгодженість, розбіжність, суперечливість суджень осіб що приймають рішення [59, 74, 75]. Невизначеність першого типу «принципово» можливо зняти шляхом отримання додаткової інформації бідь-яким з доступних способів. Розбіжності тверджень щодо ПР другого типу зняти

неможливо. При цьому необхідно вводити в процедури ПР додаткові моделі, наприклад, теорію групових рішень [76, 77].

У багатьох дослідженнях під задачею ПР в умовах невизначеності розуміють наступну, яка відповідає сучасній теорії ігор: є множина рішень (X), а також множина можливих станів (θ) або стратегій «активно протидіючого супротивника». В обох випадках – це неконтрольовані фактори. Змістовно наявність невизначеності виражається через співвідношення домінування:

$$R(\theta_j) = \{(x, y) \mid \varphi(x; \theta_j) \geq \varphi(y; \theta_j)\}$$

та групового домінування:

$$R(\theta) = \bigcap_{j=1}^m R(\theta_j),$$

а також їм відповідає:

$$X_{\Pi}[R(\theta)] = X_{\Pi}(\theta),$$

що містить більш ніж одне незрівняне одне з одним ефективне рішення.

При тому органом управління не вдасться вибрати серед ефективних рішень одне або декілька рівноцінних альтернатив без додаткової інформації чи будь-яких обґрунтованих логічних припущень. Таким чином, невизначеність в задачах ППР викликана неможливістю обґрунтування рішення в силу системи переваг в області ефективних рішень [10, 71]. Зняти невизначеність означає сформулювати правило, що дозволяє порівняти та оцінити рішення в X_{Π} , на основі додаткової інформації або логічних припущень (принципів). До таких методів «зняття» невизначеності відносять методи Вальда, Севіджа, Гурвіца та інші [78, 79, 80, 81].

Дослідження в галузі ПР при невизначеності обумовленні необхідністю впровадження в практику роботи спеціалістів методів наукового управління, які ґрунтуються на формалізації процедур прийняття управлінських рішень, а також на використанні нових інформаційних систем та технологій. Вагомими складовими таких технологій є логістичне відображення, фрактальний аналіз та методи нелінійної динаміки, що дозволяють в на перший погляд випадкових процесах виявити певну структуру та порядок, а також надати змістовності параметрам, що впливають на той чи інший процес. Те, що хаотичні моделі

дають достатньо добре наближення для фінансових часових рядів [3, 23, 45], говорить про можливість застосування їх до більш складних часових рядів – різноманітних технологічних та економічних процесів залізничного транспорту. Зазначене являється вагомим додатковим аргументом на користь застосування для прогнозування технолого-економічних процесів 3Т спеціалізованих методів нелінійної динаміки [66, 70]. Розвиток досліджень цього напрямку проведено у дисертації.

1.3. Дослідження властивостей і оцінка параметрів недетермінованих процесів промислових та підприємств залізничного транспорту

Високий рівень забезпечення транспортними послугами має дуже важливе значення для нормального функціонування та розвитку економіки держави. Організація вантажних перевезень потребує певних знань природи залізничних перевезень, стану та закономірностей зміни вантажопотоків. Вантажні залізничні перевезення складають біля 80 % приведеної продукції і є головним джерелом отримання прибутку [34, 82]. До економічних показників вантажних перевезень відносять:

- об'єм перевезення вантажів і вантажообіг;
- нерівномірність вантажних перевезень (у часі, об'ємах та напрямках);
- дальність перевезення вантажів.

Нерівномірність перевезень суттєво ускладнює роботу підприємств транспорту, тим самим змушує створювати резерви виробничих запасів, що використовуються в періоди високої інтенсивності перевезень. Для створення резервів розраховують показники пропускної та провізної спроможності виходячи з обсягу транспортної роботи в найбільш завантажений період (вантажонапруженому напрямку).

До основних факторів, що викликають нерівномірність вантажних перевезень відносять:

- неузгодженість та незбалансованість виробництва та споживання продукції;

- різне географічне розміщення виробництва та споживання;

- сезонність роботи деяких видів транспорту.

Натомість, збалансоване функціонування транспорту з іншими галузями економіки, сприяє пом'якшенню нерівномірності перевезень шляхом синхронізації збуту, постачання і транспортування продукції, або надання знижки на перевезення вантажів за напрямом з меншим вантажопотоком.

До факторів, що впливають на обсяг перевезень та вантажообіг [58]:

- виробництво промислової та сільськогосподарської продукції;

- розташування держави у міжнародній системі господарських зв'язків;

- регіональне розміщення продуктивних сил і характер міжрайонних господарських зв'язків;

- спеціалізація виробництва;

- система постачання та збуту продукції;

- ступінь розвитку змішаних перевезень за участю різних видів транспорту;

- розподіл вантажопотоків за видами транспорту тощо.

Розглянемо питання щодо факторів невизначеності параметрів у діяльності підприємств. Питанням щодо урахування факторів збурень та впливу різноманітних умов невизначеності зовнішнього середовища на техніко-технологічні, економічні, інформаційні та інші процеси діяльності та розвитку підприємств приділяється велика увага у науковій літературі, а також у практичній сфері [78, 63, 83, 73]. При цьому розглядається широкий спектр досліджуваних завдань, підходів до визначення моделей та методів щодо аналізу, планування та прогнозування параметрів економічних та інших процесів, які забезпечують можливості покращення результатів діяльності підприємств, у тому числі залізничного транспорту (ЗТ). Багатогранність проблематики невизначеності для завдань моделювання процесів залізничного транспорту обумовлена існуванням різних категорій величин, за допомогою

яких оцінюються відповідні показники існуючих умов. Відзначимо, наприклад, такі категорії як стохастичні, нечіткі, інтервальні, нечіткостатистичні та інші показники багатократної невизначеності [80, 71, 9]. Для кожного із класів показників необхідно використовувати окремі методичні підходи до моделювання із формалізації умов і даних. обчислювальні процедури, застосовувати певні процедури інтерпретації результатів тощо. На тепер при оцінюванні факторів або умов невизначеності (УН) процесів на залізничному транспорті використовують окремо методи математичної статистики (моделі ризику) [23, 83, 84], теорії нечітких множин [74, 85, 15, 86, 87], інтервального аналізу [88, 89]. Застосування зазначених моделей ґрунтується на накопиченні та певному обробленні первинних даних про транспортні, економічні та інші процеси ЗТ. Автоматизовані системи ЗТ України, в першу чергу Єдина Автоматизована Система Вантажних перевезень Українських Залізниць (АСК ВП УЗ-Є) впродовж багаторічного періоду часу отримують та зберігають значні масиви зазначених даних, які можливо використовувати для оцінки умов виникнення та характеристики різноманітних недетермінованих процесів. В дисертаційному дослідженні для визначення параметрів невизначеності процесів ЗТ нами використана саме такі первинні джерела даних.

Виокремимо актуальні для нас напрямки досліджень, які присвячені урахуванню умов невизначеності в завданнях аналізу, прогнозування та планування технолого-економічних процесів ЗТ України. Актуальні проблеми розвитку АТ «Укрзалізниця», а також підходи до інтенсифікації управління економічною поведінкою за умов невизначеності параметрів при сучасних умовах господарювання, досліджено в статті [33]. Результати дослідження показали, що в умовах економічної кризи та високого рівня впливу факторів внутрішнього та зовнішнього середовища на діяльність підприємств суттєво ускладнюється процес і необхідні засоби щодо формування та прийняття ефективних управлінських рішень, яке стає все більше складним. Відзначається важливість задачі щодо отримання та ефективного

використання повної, точної та своєчасної інформації про стан діяльності підприємства. Інформаційні проблеми такого рівня вирішуються за рахунок формування нових підходів та засобів і забезпечують інтенсифікацію процесів управління економічною поведінкою з метою формування перспектив розвитку підприємств. Серед головних чинників конкурентної переваги сучасних підприємств указується використання різноманітних інтелектуальних ресурсів, у тому числі при автоматизації процесів технологічного та економічного управління.

Принципи ефективного управління залізничним транспортом у системі національного господарства досліджено в [90]. Відзначається що перед залізничним транспортом України постає питання скорішої інтеграції до світової транспортної системи через мережу міжнародних транспортних коридорів. Особливості організації перевезень у цій мережі висувають до залізничного транспорту України низку завдань із забезпечення безперервності, надійності та терміновості виконання перевезень з мінімальними витратами транспортування. Це обумовлює використання принципів конкурентної боротьби та логістики в забезпеченні ефективності управління залізничним транспортом з обов'язковим залученням інших видів транспорту до виконання перевізного процесу. Перспективи подальших досліджень цієї проблеми слід спрямувати на побудову механізмів партнерської взаємодії між залізничним та іншими видами транспорту при його інтеграції до мережі міжнародних транспортних коридорів і світової транспортної системи з метою забезпечення синергетичної ефективності управлінської діяльності у транспортному комплексі України.

В цілому для забезпечення багатьох із наведених складових необхідно підвищити ефективність систем автоматизованого управління (АСУ), використовуючи методи та засоби інтелектуальних систем. Саме ці питання досліджені в нашій дисертації.

В роботі [91] виконана оцінка взаємодії української та світової транспортних систем, що спирається на використання низки загальнонаукових

методів. При цьому відзначається особлива роль методу економіко-математичного моделювання. Для побудови відповідної економетричної моделі автором було обрано сім змінних: експорт залізничних послуг; імпорт залізничних послуг; інвестиції в основний капітал залізниці; середня відстань перевезення вантажів; середня швидкість перевезення вантажів; середня вага вантажу; рентабельність залізниці. За допомогою цієї моделі було встановлено наступне – низька швидкість перевезення вантажів зменшує середню відстань, скорочує обсяг експортних послуг Укрзалізниці, а збільшення навантаження на рухомий склад зумовлює потребу в імпорті. В дослідженні указується на статичну структуру створеної економетричної моделі, а також передбачається її удосконалення з метою урахування недетермінізму процесів ЗТ.

Метою статті [84] є висвітлення можливості управляти ризиками, що виникають в галузі міського електричного транспорту, за допомогою економічних методів. Завдання дослідження ризику на міському електротранспорті сформульовано як встановлення рівня ризику, зумовленого експлуатацією об'єкта підвищеної небезпеки (рухомого складу). Для управління ризиком виконується зіставлення рівня ризику з прийнятним, при цьому приймається рішення щодо можливих засобів для його зниження. Для оцінки ризику (імовірності) виникнення аварій (зокрема сходів) для кожної ініціюючої аварію події на потенційному джерелі аварії виконується оцінка імовірності її реалізації протягом одного року.

Одним із сучасних методів аналізу широкого кола недетермінованих процесів у складних системах являється фрактальний аналіз [92, 93]. Питанням дослідження та використання фрактальних властивостей певних процесів ЗТ на тепер присвячено досить мале число статей, серед яких відзначимо Разом з тим питанням аналізу валютного ринку за допомогою моніторингу показника Херста присвячена стаття [93]. При цьому в рамках гіпотези фрактального ринку проведено аналіз поведінки валютних котирувань на валютному ринку за допомогою визначення динамічних змін у часі показника Херста, як одного з інструментів фрактального аналізу,

Здійснено розрахунки показника Херста за скоригованими формулами R/S-аналізу. Проведено зіставлення результатів за часовий проміжок 2008–2014 рр., що дозволяє порівняти значення показника на валютних ринках різних країн у різних економічних умовах. Визначається що показник Херста валютних пар при стабільній економічній ситуації має тенденцію до збереження свого середнього значення. Цей показник є індикатором подій, що прямо або опосередковано впливають на економіку через курс її національної валюти. Застосування методу «рухомого вікна» дозволило змодельовати динаміку показника Херста для валютних пар USD/JPY, GBP/JPY, EUR/USD, GBP/USD та встановити певні закономірності поведінки рядів котирувань. Тобто цей показник демонструє відповідну реакцію на економічні, виробничі та природні збурення. Такі властивості показника Херста були використані в представлений дисертаційній роботі

В статті [83] запропоновано підхід до вирішення одного із актуальних завдань сфери інформаційної безпеки, ризик-менеджменту та ін. – прогнозування ризику реалізації загроз. Сформовано перелік конкретних заходів та дій щодо вирішення поставленого завдання на основі моделей теорії хаосу. Зокрема досліджено можливість практичного застосування теорії хаосу в задачах інформаційної безпеки (ІБ) для ризик-менеджменту ІБ, а також у системі менеджменту інформаційної безпеки. Метою завдань було підвищення ефективності та оптимізація режимів роботи систем захисту інформації та прогнозування векторів розвитку чинників дестабілізації, які мають невизначений характер тощо. В роботі умови хаосу розглянуті не лише як ознака нестійкості структури (логічної, фізичної, економічної), але і як передумова певного порядку (узгодженого функціонування). Зазначається, що не всі методи та засоби (стрес-тестування, прогнозування кризових ситуацій в економіці, умовний VaR, нейронні мережі, теорія глобального ризик-фактору) [94], які застосовуються для систем із стабільним розвитком подій, можуть застосовуватися за умов нестабільності (невизначеності впливу).

Встановлено, що існує певний клас процесів «динамічного хаосу», які формально описуються динамічними системами, але їх поведінка може бути передбачена лише на досить невеликий проміжок часу. Така модель поведінки виникає тому що у процедурі прогнозування не можуть бути враховані всі необхідні фактори. Теоретично причина хаотичної поведінки щодо розвитку чинників дестабілізації полягає у невизначеності та відмінності початкових умов. Як висновок авторами стверджується, що теорія хаосу є перспективним інструментом у галузі інформаційної безпеки сфери ризик-менеджменту, за допомогою якої можуть бути розроблені управлінські підходи для аналізу систем менеджменту безпеки, оцінювання ризиків, прогнозування впливів чинників дестабілізації, а також управління ризиками в цілому.

Моделювання процесів розподілу витрат в нечітких умовах виконано в роботі [95]. В ній визначається що справедливий розподіл спільних витрат (або спільного прибутку) серед агентів є центральною темою теорії кооперативних ігор із трансферабельною корисністю. Окреслена також простіша проблема розподілу одного виду благ за певним профілем заявок (що відображає індивідуальні потреби чи вимоги) як завдання аксіоматичного аналізу. Така модель розподілу в літературі називається проблемою банкрутства [96]. В роботі наведено алгоритми пошуку оптимальних розподілів, що враховують нечіткість середовища. Показані результати застосування алгоритмів та порівняно їх із стандартним розподілом за подушним та рівневим податком. Кінцевий вибір алгоритму розподілу здійснюється особою, що приймає рішення. Приведені в статті узагальнення моделей розподілу враховують базові аксіоми для багатьох методів розподілу – монотонність, симетричність, рівне ставлення до рівних. а також нечітке узагальнення N-ядра.

Разом з тим залишилися поза межами дослідження важливі питання передумов формування і адекватності моделей. А саме – стосовно того, яким властивостям необхідно задовільнити щоб певний технологічний процес інтерпретувати як процес з нечіткими умовами середовища. Також при цьому

не обговорюються питання щодо наявності та придатності для нечіткого моделювання вихідних даних. Наприклад, для формування нечітких моделей процесів розподілу (обсягів робіт або витрат) середовища ЗТ можливо використання даних відповідних АСУ.

Питання із використання спеціального математичного та інструментального апарату нечіткої математики до процесів прийняття управлінських рішень (ПУР) вирішуються у статті [72]. Зазначається що сучасний стан розвитку соціальних, економічних, виробничих систем відрізняється значною складністю, динамізмом та нестабільністю. При цьому процес ПУР будь-якому рівні передбачає розв'язання великої кількості слабо структурованих та неструктурованих задач. Автори пропонують в умовах неповноти та за потреби оперативності ПУР відстежувати динаміку процесів, як в нечітких умовах та прогнозувати загальні тенденції розвитку економічних процесів. Для реалізації широкого кола завдань ПУР перспективним є розробка та прикладне використання нечітких експертних систем (ЕС) на основі FuzzyCLIPS. Разом з тим промислове використання ЕС, особливо в сфері економіки, поки що є незначним. На тепер розробка засобів ПУР з використанням нечіткої парадигми для галузі економіки представляє значний практичний інтерес.

Розвитку моделей і методів математичної теорії прийняття рішень в умовах невизначеності присвячена стаття [74]. В ній проведено аналіз розвитку зазначеної теорії, проведено аналіз переваги та недоліки теорії нечітких множин. При цьому обґрунтована наявність динамічних моделей, у рамках яких або протягом використання яких доцільно передбачати можливість зміни виду функцій приналежності нечітких множин, за допомогою яких в умовах невизначеності описуються деякі знання чи явища. У підсумку – запропоновано поняття динамічної нечіткої множини, використання якого доцільно у таких динамічних моделях.

В статті [97]. розглянуто інтервальні нечіткі моделі типу-2 в задачах ідентифікації об'єктів з багатьма входами та виходами. До такої структури

об'єктів можна віднести досить широке коло технологічних та економічних систем залізничного транспорту. При цьому запропоновано математичну модель у вигляді «нечіткого логічного поради́ка», що дозволить підвищити якість ідентифікації та діагностики складних об'єктів з багатьма входами та виходами в технічних системах. Указується на те, що нечіткі моделі є основою для побудови універсальних апроксиматорів [98, 85, 99, 100]. В залежності від ступеня нечіткості нечітких множин, що враховується при побудові моделі, розрізняють нечіткі моделі типу-1, загальні моделі типу-2 та інтервальні типу-2. Нечіткі моделі типу-1 будуються на основі нечітких множин з чіткими значеннями степенів належності. Такі моделі дають на виході лише чітке (точкове) значення. Інтервальні нечіткі моделі типу-2 будуються на основі нечітких множин з інтервальними значеннями степенів належності. Ці моделі дають на виході точкові та інтервальні значення. Такі моделі достатньо ефективно ураховують різні види невизначеностей. Також вони потребують суттєво менше обчислювальних затрат, ніж загальні нечіткі моделі типу-2 [85, 101, 102, 103]. Тому авторами статті запропоновано для розв'язання задачі ідентифікації об'єктів з багатьма входами та виходами обчислювальні структури, що будуються на основі інтервальних нечітких моделей типу-2. Також відмічається що до теперішнього часу для технічних систем вирішення питань діагностики в нештатних режимах залишається відкритим та маловивченим.

Як результат, в роботі було запропоновано генетичний алгоритм навчання інтервальної нечіткої моделі типу-2 з багатьма входами та виходами, який використовує чотири схеми схрещування (одноточкове, багатоточкове, зважене середнє та зважене середнє арифметичне) і дві схеми мутації – рівномірна та гаусова.

Огляд конкретних процесів функціонування підприємств ЗТ у середовищах із невизначеними параметрами різних категорій, подібних до наведених вище, можливо продовжити. Разом з цим необхідно досліджувати питання щодо існуючих на тепер можливостей середовища АСК УЗ стосовно

накопичення та відображення даних реальних недетермінованих процесів ЗТ. Також необхідно виконати формування нових процедур АСК для відбору та оброблення первинних даних процесів ЗТ, потрібних для достовірного моделювання та інтерпретації результатів.

Відзначені нами властивості нерівномірності та умови невизначеності середовища організації та виконання залізничних перевезень суттєво впливають на ключові функції управління – прогнозування та планування.

Головною рисою плану являється визначеність і конкретність завдань та їх характеристик. Функції планування суттєво ускладнюються в умовах невизначеності. При цьому велике значення приділяється удосконаленням функціям прогнозування. Розглянемо необхідні нам складові планування і прогнозування докладніше. [71, 86]. Планування передбачає виконання наступних етапів: постановка цілей та задач; побудова програми дій; виявлення потреби та джерел отримання необхідних ресурсів; доведення планів до безпосередніх виконавців [23]



Рис. 1.4. Принципи планування

Основою для складання планів виступають принципи, серед яких основними для залізничного транспорту виступають наступні:

- цільова спрямованість – господарсько-економічна, виробничо-технологічна, науково-технічна, екологічна, соціальна;

- наукова обґрунтованість планів – при складанні планів враховуються новітні досягнення науки і техніки.

- адекватність – застосування однакових систем показників і методик розрахунку для забезпечення порівнянності результатів і узгодженості процесу планування;

- безперервність – взаємоузгодженість довго-, середньо- та короткострокових планів; своєчасність коригування перспективних і поточних орієнтирів у разі зміни зовнішніх і внутрішніх умов господарювання;

- оптимальність – розробка найбільш ефективних планів досягнення поставлених цілей;

- системність – охоплення всіх сфер діяльності підприємства, враховуючи можливі тенденції та зворотні зв'язки;

- збалансованість – узгодженість взаємозалежних розділів і показників плану, досягнення необхідного та достатнього рівня відповідності;

Планування на транспорті представляє собою розрахунки системи показників транспортного плану і прийнятті рішень щодо господарсько-економічної діяльності у визначений період. Серед зазначених вище принципів планування відзначимо наукову обґрунтованість, розвиток методів забезпечення якої виконується в дисертації.

В зв'язку з переходом до ринкових відносин часто замість планування роботи транспорту здійснюється планування та прогнозування його фінансово-економічної діяльності. Впроваджується стратегічне планування з використанням імітаційного моделювання і розробкою оптимістичного, песимістичного та базового (середнього) варіантів плану-прогнозу.

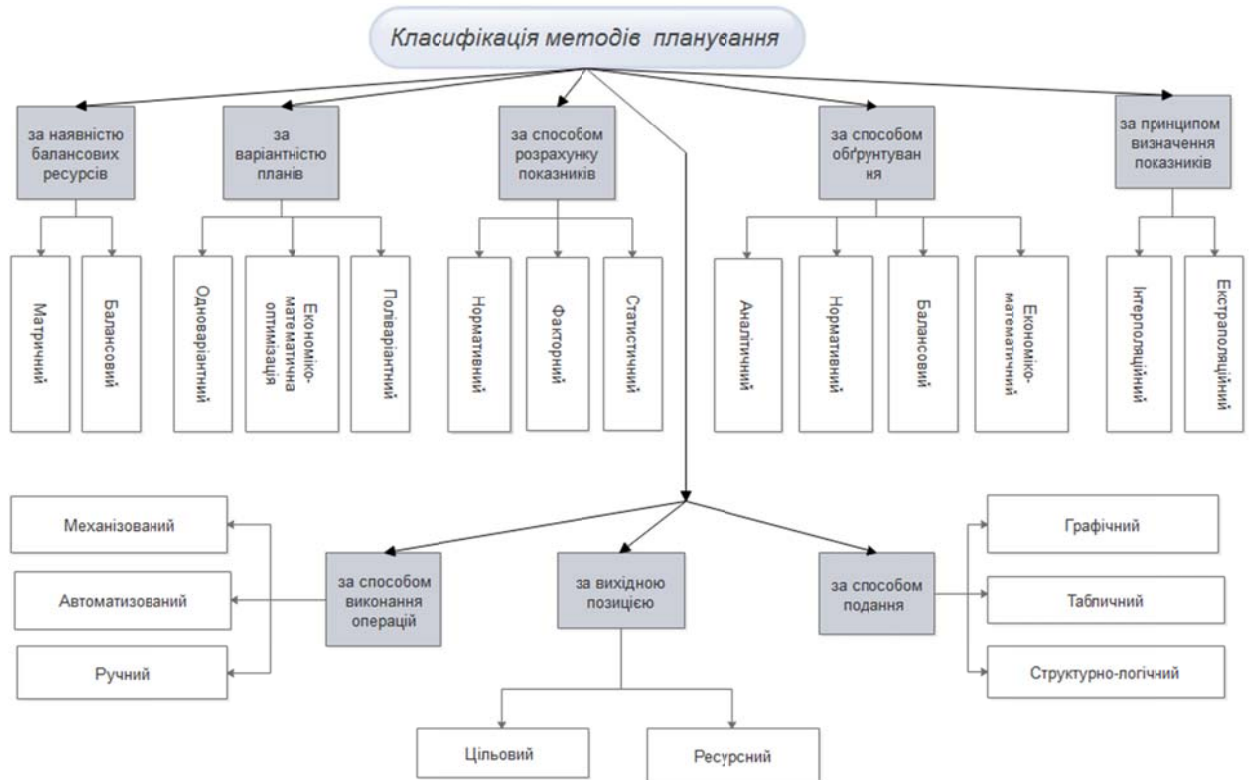


Рис. 1.5 Класифікація методів планування

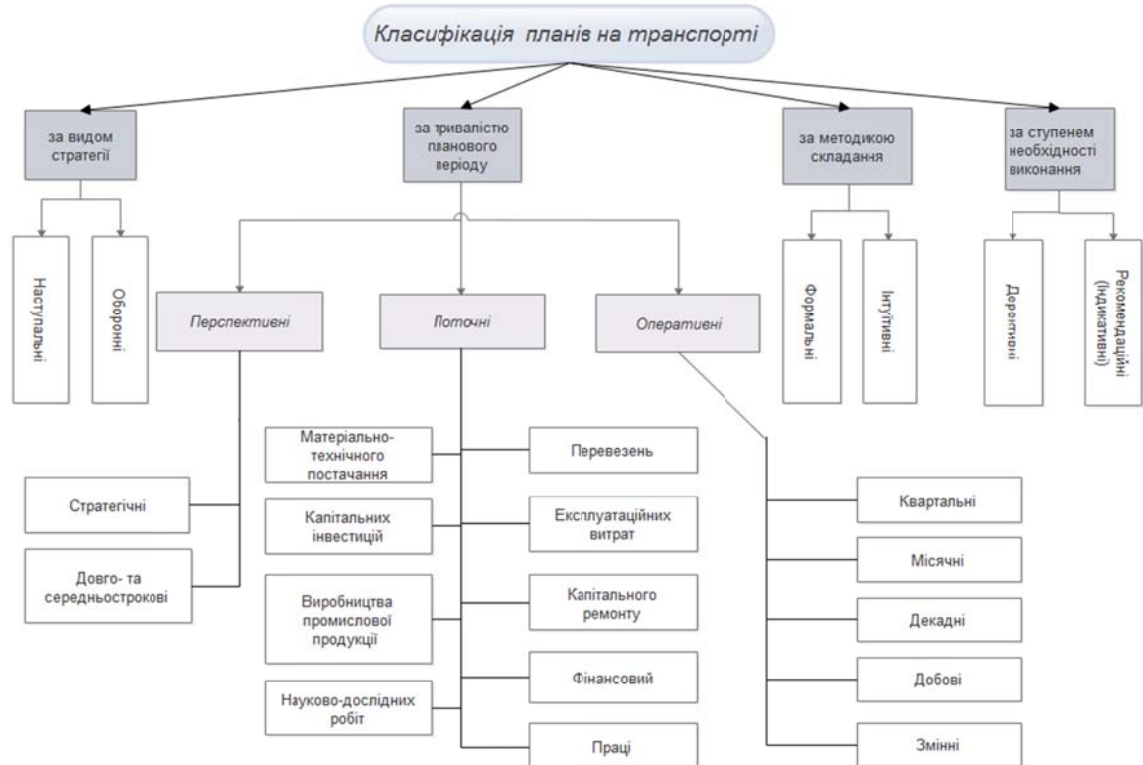


Рис. 1.6. Класифікація планів на транспорті

Функції прогнозування як передбачення очікуваних параметрів стану внутрішнього і зовнішнього середовища, оцінок виробничих показників тощо, базуються на накопичених попередньо даних, наукових методах їх моделювання та інтерпретації, а також на інтуїції. Прогнозування являє процес обґрунтування оцінок кількісних та якісних змін розвитку на певний попередній період [66, 65]. На тепер нараховується понад 200 різних методів прогнозування, з яких на практиці використовується основних 15-20 методів [65].

Існує декілька класифікацій методів прогнозування. Однією з найбільш важливих класифікаційних ознак методів прогнозування є ступінь формалізації, що досить повно охоплює прогностичні методи. Другою класифікаційною ознакою можна назвати загальний принцип дії методів прогнозування, третім - спосіб одержання прогнозованої інформації. У більшості класифікаційних схем методи прогнозування розділяються на три основні класи: екстраполяції, експертних оцінок, моделювання. При такому поділі методам екстраполяції протиставляються як самостійний клас методи моделювання. Побудова моделей має на меті розкрити закономірність розвитку досліджуваного об'єкта чи процесу на деякій ретроспективній ділянці. Якщо модель побудована правильно й адекватно відбиває зв'язки і властивості реального об'єкта або процесу, вона може бути основою для екстраполяції – перенесення деяких висновків про поведінку моделі на об'єкт дослідження. Застосування екстраполяції в прогнозуванні завжди припускає використання певних моделей. Узагальнена класифікація методів прогнозування приведена на рис. 1.7.

Методи за ознакою «інформаційна підстава» поділяються на три класи: фактографічні, комбіновані, експертні. Фактографічні – базуються на фактичній інформації про об'єкт прогнозування і його минулий розвиток. В експертних методах використовується інформація, яку надають фахівці-експерти в процесі систематизованих процедур виявлення й узагальнення їх думок. Комбіновані - методи зі змішаною інформаційною основою. У свою чергу, класи експертних і фактографічних методів поділяються на підкласи за методами обробки

інформації. Експертні – методи, засновані на думках експертів у даній галузі знань з наступною обробкою отриманих результатів з метою виявлення основних критеріїв і тенденцій, властивих об'єкту. Експертні методи поділяються на два підкласи: прямі експертні оцінки та експертні оцінки зі зворотним зв'язком. Прямі експертні оцінки будуються за принципом одержання і обробки незалежної узагальненої думки колективу експертів (чи одного з них) при відсутності впливу на кожного експерта думок іншого експерта і всього колективу. Експертні оцінки зі зворотним зв'язком реалізують принцип зворотного зв'язку на основі впливу на оцінку експертної групи (одного експерта) думок, що отримані раніше від цієї групи.

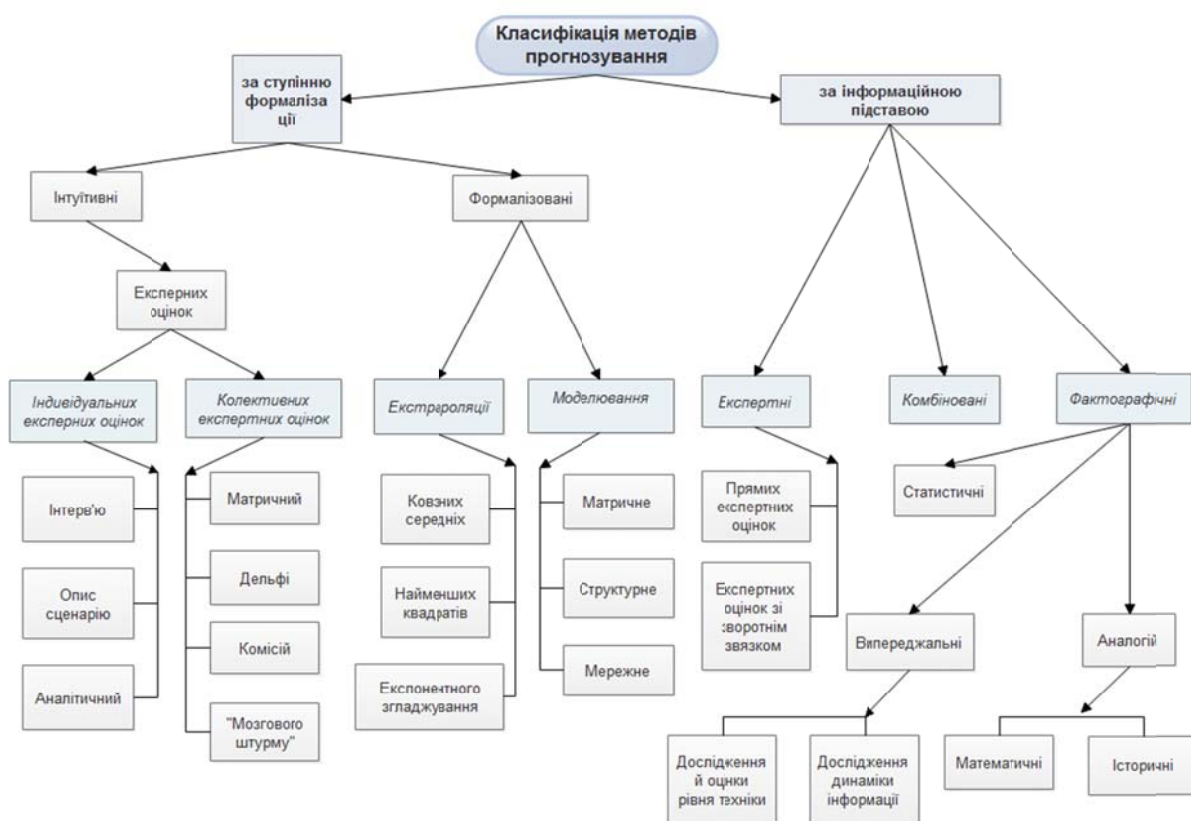


Рис. 1.7. Класифікація методів прогнозування

Фактографічні методи ділять на підкласи: аналогій, випереджальні, статистичні методи. Методи аналогій спрямовані на виявлення подібності в закономірностях розвитку різних процесів. До них відносяться методи

математичних та історичних аналогій. Методи математичних аналогій як аналог для об'єкта прогнозування використовують об'єкти іншої фізичної природи, інших галузей науки, що мають математичний опис процесу розвитку, який збігається з об'єктом прогнозування. Методи історичних аналогій як аналог використовують процеси однакової природи, що передують у часі розвитку об'єкта прогнозування.

Випереджальні методи прогнозування засновані на певних принципах спеціальної обробки науково-технічної інформації, що враховують її властивість випереджати прогрес науки і техніки. До них відносяться методи дослідження динаміки науково-технічної інформації, які використовують побудову динамічних рядів на базі різних видів такої інформації, аналізу і прогнозування на цій основі розвитку відповідного об'єкта (наприклад, огибающий метод). До випереджального методу можна віднести також методи дослідження й оцінки рівня техніки, засновані на використанні спеціальних методів аналізу кількісної і якісної науково-технічної інформації для визначення характеристик рівня якості існуючої і проекрованої техніки. Статистичні методи являють собою сукупність методів обробки кількісної інформації про об'єкт прогнозування, об'єднаної за принципом виявлення математичних закономірностей змін, що містяться в ній, характеристик даного об'єкта з метою одержання прогнозних моделей.

За ступенем формалізації методи економічного прогнозування розділяють на інтуїтивні і формалізовані. Інтуїтивні методи прогнозування використовуються в тих випадках, коли неможливо врахувати вплив багатьох факторів через значну складність об'єкта прогнозування. У цьому випадку використовуються оцінки експертів.

У групу формалізованих методів входять дві підгрупи: екстраполяції і моделювання. До першої підгрупи відносяться методи: найменших квадратів, експонентного згладжування та ковзних середніх. До другої групи відповідно: структурне моделювання, мережне моделювання та матричне моделювання.

Розглянуті класи інтуїтивних і формалізованих методів подібні за своїм складом до експертних і «фактографічних» методів. Фактографічні методи засновані на фактично наявній інформації про об'єкт прогнозування і його минулий розвиток, експертні базуються на інформації, отриманій з оцінок фахівців-експертів. Особливе місце в класифікації методів економічного прогнозування мають так звані комбіновані методи, що поєднують кілька інших методів. Наприклад, поєднання фактографічної і експертної інформації.

Суттєво що незважаючи на велику кількість існуючих методів прогнозування жоден з них не може бути універсальним. Кожна із груп методів може давати як позитивні так і негативні результати за різних умов використання (вихідних даних).

Головним показником методів прогнозування є точність прогнозу, як різниці між прогнозним і фактичним значенням досліджуваної змінної [67, 65, 104]. Прикладом може бути порівняння двох методів екстраполяції (метод Вінтерса та ARIMA) для побудови середньострокового та короткострокового прогнозів на основі статистичних даних спостережень [102, 65]. В обох випадках точність прогнозу складає для середньострокового прогнозу 80-84%, для короткострокового – 83-90%. Незважаючи на високу точність прогнозу, зазначенні методи не враховують сторонніх факторів (тенденції, соціальні настрої, економічну ситуацію в країні, місті, і т.д.). Але якщо скористатися іншими методами прогнозування (наприклад, нейроні мережі, експертний підхід), то отриманий прогноз уже враховував сторонні фактори, що тим чи іншим чином впливають на розвиток процесу.

Розрізняють також програмний та організаційний аспекти прогнозування [65]. Програмний аспект полягає у визначенні можливих шляхів досягнення бажаних і необхідних результатів, очікуваної в часі реалізації кожного з можливих варіантів і ступеня вірогідності успішного досягнення результату за тим чи іншим варіантом. Організаційна складова прогнозу містить у собі комплекс організаційно-технічних заходів, що забезпечують досягнення визначеного результату за тим чи іншим варіантом. В організаційному аспекті

виходять із представлення про наявні економічні ресурси і накопичений науковий потенціал.

Між прогнозом і планом існують розбіжності. Головна з них полягає в тому, що план має директивний, а прогноз – імовірнісний характер. Прогнозування та планування характеризують різні ступені розвитку економіки, взаємопов'язані але відмінні форми передбачення її майбутніх станів. Прогнозування відрізняється від планування функціональним призначенням. Планування спрямоване на прийняття та практичне здійснення управлінських рішень; мета прогнозування – створити наукові передумови для їх прийняття, що включає науковий аналіз тенденцій та варіантне передбачення майбутнього розвитку суспільного виробництва з урахуванням оцінки можливих наслідків прийнятих рішень; обґрунтування напрямів соціально-економічного та науково-технічного розвитку. Завдання економічного прогнозування, з одного боку, – з'ясувати перспективи близького та майбутнього розвитку економіки, керуючись процесами, що склалися в реальній дійсності; з іншого боку, – сприяти розробці оптимальних поточних і перспективних планів, спираючись на розроблений прогноз і оцінку прийнятого рішення з урахуванням його наслідків у прогнозованому періоді. Економічне прогнозування базується на дослідженні закономірностей економічних процесів розширеного відтворення [66, 104]. Також відмінність прогнозування від планування полягає в тому, що воно, будучи складовою частиною планування, існує самостійно – існують економічні процеси, які не завжди піддаються плануванню, але є об'єктами прогнозування.

До найбільш поширених раніше методів прогнозування обсягів робіт на ЗТ, формування вагонопотоків за нормативами технологічних процесів, графіків руху поїздів ін., відноситься ситуаційно-евристичний метод прогнозування. Метод був впроваджений в змінно-добове планування вантажопотоку по станції, а потім для чотириденного прогнозування основних показників роботи залізниць [58, 105]

В останні роки широкого використання для оперативного планування роботи залізниці набули такі методи прогнозування: моделювання на основі середньостатистичного або технологічного часу (норми) виконання операції та ймовірнісний підхід на основі порівняння варіантів. Комбінація декількох методів прогнозування стали використовуватися в задачах автоматизованих систем оперативного планування [62, 65].

В зарубіжних системах ЗТ зараз найбільша увага приділяється функціям управління, планування та інформаційно-довідкового обслуговування, а функціям контролю, обліку і відстеженню приділяється менше уваги. Це пов'язано з тим, що системи ЗТ більш розвинених країни уже пройшли етап розвитку цих функцій, і зараз ці функції реалізовані в максимально повному обсязі [31, 42, 38, 57]. Разом з тим в завданнях оперативного планування і управління на ЗТ пряме копіювання закордонних досліджень для залізниць України не можливе. Таке твердження викликане великою протяжністю та розвиненістю мережі, широкою географією розміщення пунктів зародження вантажопотоків (нерівномірне розміщення продуктивних сил по території країни), наявністю великої кількості міжнародних транзитних коридорів (Європа-Азія), багаторазовими переформування поїздів та високим ступенем зношеності основних фондів (понад 80%) [58, 105].

Розглянемо питання щодо можливості дослідження процесів та явищ ЗТ на основі їх представлення у вигляді часових рядів (ЧР), як послідовностей значень заданих ознак процесів (статистичного показника), впорядкованих у хронологічному порядку [60, 66, 65]. Велика актуальність завдань формування та представлення технологічно-економічних процесів у вигляді ЧР зумовлена тим, що більшість діючих АСУ ЗТУ, в першу чергу система АСК ВП УЗ-Є, утворюють первинні дані, які являються певною формою ЧР [58, 32, 53]. Первинні дані про процеси ЗТУ у вигляді ЧР, отриманих із баз даних АСК ВП УЗ-Є, використані у дисертації. Особливістю представлення інформації про процес або явище за допомогою ЧР є те що кожен рівень (значення) ЧР відповідає певному моменту часу. В залежності від кількості значень

показників, які відповідають кожному моменту часу, ЧР можуть класифікуватися за рівнями. Наприклад, ЧР що репрезентує коливання котирувань валютних пар містить в собі 4 значення показника (рис. 1.8). Такі ЧР називають багатовимірними.

Переважна більшість ЧР, що описують технолого-економічні процеси, є одновимірними, характеризують їх лише одним значенням. Дослідження побудовані на основі ЧР спираються лише на значеннях показнику (параметр, властивість), який характеризує цей ряд. Через це відзначається бурхливий розвиток методів їх дослідження та аналізу [45, 65].

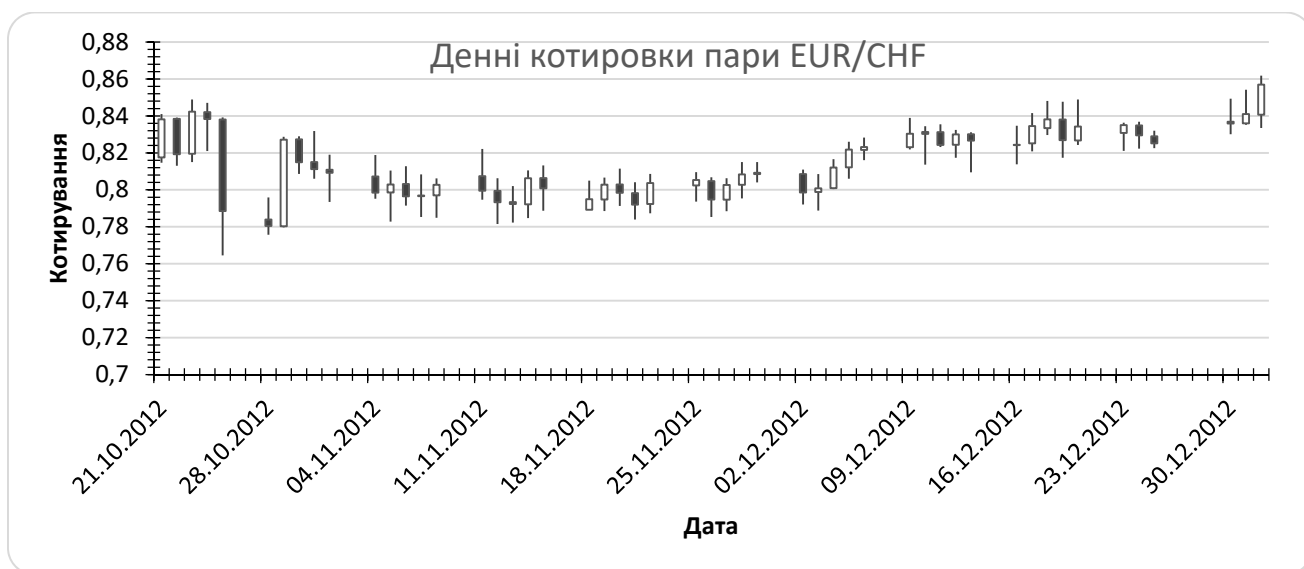


Рис. 1.8. Приклад багатомірного часового ряду.

Відповідно рис. 1.9 розрізняють наступні види ЧР повні (періоди часу між рівнями ряду рівні), неповні (періоди часу між рівнями ряду нерівні), одновимірні (характеризують зміну тільки одного явища/показника), багатомірні (характеризують зміну декількох явищ/показників), інтервальні (рівні ряду характеризують величину явища/показника за певні періоди часу - година, день, місяць, та ін.), моментні (рівні ряду характеризують величину явища/показника за певні моменти часу – початок тижня, місяця, кварталу та ін.), персистентні (або як такі що мають «пам'ять», ряд, що збереже свою поточну тенденцію в

найближчому майбутньому), антиперсистентні (ряд, що змінить свою поточну тенденцію в найближчому майбутньому).

Відзначимо що існує також класифікація недетермінованих процесів, представлених ЧР, яка використовує величини константи Херста (H) [67, 61, 106, 107]. А саме, при $H > 0,5$ процес є трендостійким, при $H = 0,5$ процес повністю хаотичний, при $H < 0,5$ процес антиперсистентний. Стосовно антиперсистентних процесів встановлюється що вони мають властивість щодо переміни тенденції. Інші властивості для таких ЧР не визначаються, а значить і не використовуються при аналізі та прогнозуванні. У дисертації визначені можливості із класифікації та прогнозування антиперсистентних ЧР, отриманих для процесів ЗТ України.

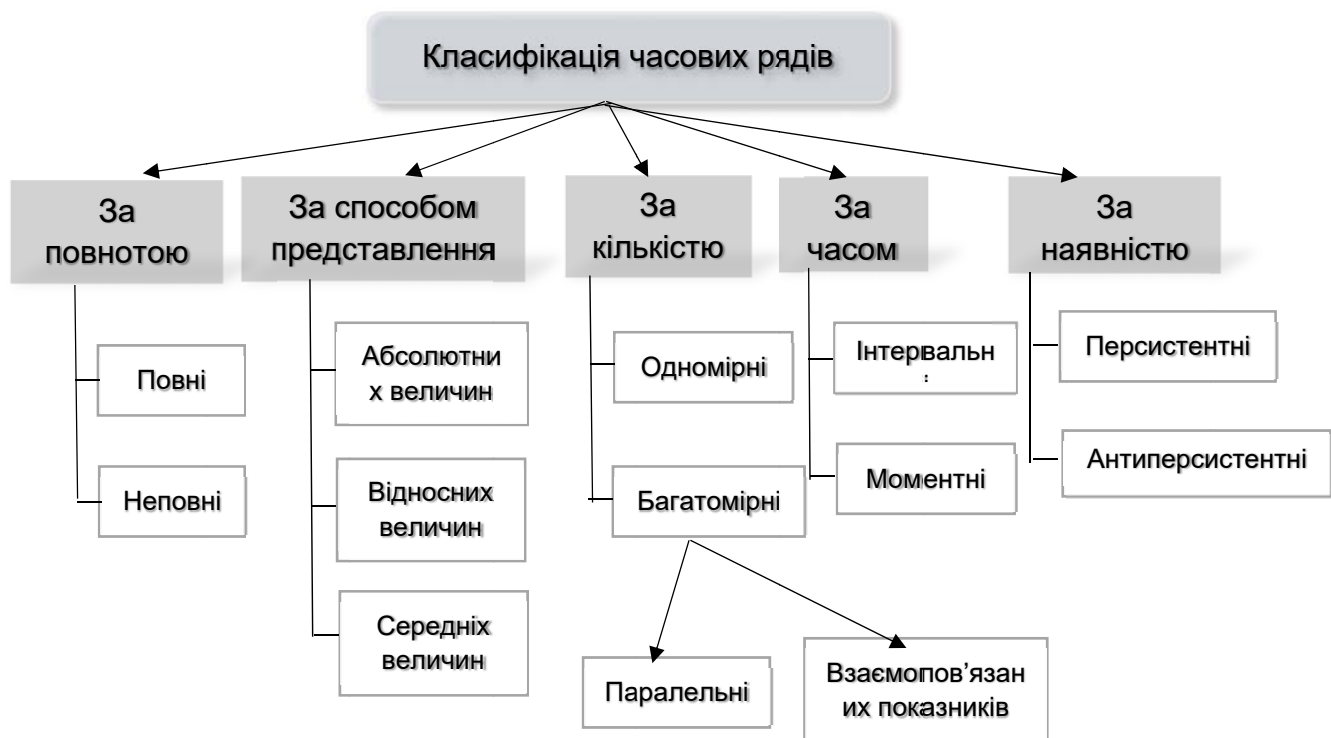


Рис. 1.9. Класифікація процесів представлених часовими рядами

Суттєво що ЧР аналізуються за даними спостережень без додаткової інформації, без аналізу впливу зовнішніх сил. Такий аналіз є неповним, але досить часто його достатньо для побудови достовірних моделей процесів. В роботах [23, 71, 66, 65] зазначається, що всі ЧР можуть бути придатні для

побудови прогнозу у відповідності до підходів теорії математичної статистики. Такі висновки витікають з необхідності існування для більшості статистичних методів гіпотези щодо деякої закономірності (тренд, сезонність, циклічність), або відповідності ЧР нормальному закону розподілу. Зазначені вимоги до ЧР повинні чітко виконуватися, в іншому випадку існує висока доля ймовірності отримати хибний результат.

В природі та у технологіях існує велика кількість ЧР, рівні яких не розподілені за гауссовським законом розподілу. Залізничний транспорт не є виключенням [33, 53, 40]. Геральд Херст [106] досліджуючи природу розливу Нілу, з'ясував що динаміка розливів Нілу не підпорядковується гіпотезі випадковості та незалежності рівнів ЧР. Його подальші дослідження привели до появи R/S-аналізу ЧР [107, 106, 93]. Вагомий внесок в дослідження природи ЧР та розвиток теорії R/S-аналізу зробив Бенуа Мандельброт. На основі досліджень статистичних даних фінансових бірж він з'ясував, що деякі ЧР не є випадковими, а їх динаміка не випадкова, а підпорядковується деякому степеневому закону та мають довготривалу пам'ять. В подальших своїх дослідженнях Б. Мандельброт заснував теорію фракталів та довів фрактальну природу ЧР фінансових ринків [107, 108, 93]. Як показали дослідження, ЧР багатьох фінансово-економічних показників (валютних курсів, курсів акцій) мають фрактальну структуру [93, 108], і для їх дослідження можна використовувати апарат фрактального аналізу, зокрема R/S аналіз, який базується на обчисленні статистики Херста, що є мірою випадковості часового ряду. У статтях [109, 110] вперше було встановлено, що існують технологічно-економічні процеси ЗТ, які представляються антиперсистентними часовими рядами. Питання аналізу, класифікації та прогнозування таких процесів досліджуються у дисертації.

Як показано в роботах [111, 66, 69], розвиток соціально-економічних, господарських, як і інших складних систем, відбувається через процеси самоорганізації, що містять періодичні зміни фаз руйнування старих і виникнення нових структур (за рахунок дії позитивних зворотних зв'язків), а

також їх закріплення та підтримання у порівняно стійкому стані (за рахунок негативних зворотних зв'язків). До основних математичних методів їх дослідження в синергетиці належить теорія динамічних систем, яка ґрунтується на якісній теорії диференціальних рівнянь. Зазначимо деякі з сучасних напрямків досліджень у рамках синергетика та нелінійної динаміки, які ураховують недетермінованість процесів: - Розробка методів описування істотно нерівноважних процесів на основі статистичної фізики. У межах цього напрямку створюються кінетичні моделі, визначаються параметри, необхідні для шуканого опису, виявляються кореляції, масштабні флуктуації, установлюються закономірності переходу до стану рівноваги [69, 60] Дослідження якісного поведіння розв'язків нелінійних диференціальних рівнянь, що визначають далекі від рівноваги стани залежно від зміни вхідних параметрів. Цей напрямок дістав назву теорії катастроф. За її допомогою описуються якісні перебудови загальної структури систем – катастрофи, а також визначаються межі стійкості та зміни структури станів [112, 69, 62]

Наведені вище моделі і методи показують широкий спектр досліджень, спрямованих на відображення, аналіз та прогнозування процесів складної недетермінованої природи, в тому числі для технолого-економічних процесів ЗТ.

1.4. Концептуальні підходи до розвитку інформаційних технологій управління процесами виробничо-господарської діяльності підприємств в умовах невизначеності

Зупинимося на питаннях щодо створення концепції і формування засад методології спрямованих на вирішення комплексних завдань із аналізу, прогнозування та планування технолого-економічних процесів в умовах невизначеності. При цьому також визначимо засоби середовища АСУ ЗТУ, які необхідно розробити, для забезпечення економіко-математичного моделювання, діагностування та прогнозування характеристик процесів ЗТ на

основі даних що накопичуються в АСК. Для характеристики подальших напрямків дослідження реальних недетермінованих процесів ЗТ необхідно урахувати методи та засоби діючих в Україні АСК ЗТ стосовно отримання та оброблення первинних даних, потрібних для достовірного моделювання та інтерпретації результатів. Для застосування певних моделей описання умов невизначеності необхідно мати відповідну інформаційну та теоретичну базу. У нашому дослідженні для аналізу та прогнозування технолого-економічних процесів прогнозування вагонопотоків (ВП), представлених у вигляді часових рядів (ЧР), використовуються методи хаотичної динаміки та фрактального аналізу, зокрема оцінювання показника Херста [106, 107]. При цьому в першу чергу визначаються класи процесів, з урахуванням чого застосовуються відомі моделі та процедури прогнозування відповідно роботам [65, 61, 60]. Такий попередній аналіз властивостей ВП, проведений вперше, дозволив встановити існування антиперсистентних процесів на ЗТ. В дисертації виконано розвиток методів класифікації, аналізу та прогнозування недетермінованих антиперсистентних процесів.

Зупинимось на іншому важливому завданні щодо формалізації умов невизначеності процесів ЗТ, спрямованому на створення та використання різноманітних інтелектуальних ресурсів для підвищення ефективності процедур аналізу станів об'єктів та управління ними. Уніфіковані інтелектуальні засоби процедур діагностування та планування необхідні для оперування за умов обмеженої інформації, збурення та невизначеності, у тому числі при автоматизації процесів технологічного та економічного управління об'єктами ЗТ. В дисертації отримали розвиток нечіткі уніфіковані моделі діагностування, призначені для формування інформаційного середовища аналітичних серверів системи АСК ВП УЗ-Є. Поряд з уніфікованістю відмінність запропонованих процедур діагностування також полягає в можливості оперувати даними багатократною невизначеності (одночасне урахування показниками різних типів), а не лише нечіткими характеристиками. Включення в подальшому до інформаційного забезпечення АСУ ЗТ зазначених

вище процедур аналізу даних різноманітних процесів, представлених у формі відповідній структурам ЧР, а також інтелектуальних процедур діагностування станів недетермінованих процесів, дозволить спростити процедури аналізу станів складних систем та підвищити якість результатів ПУР на різних рівнях управління.

Широкі можливості моделювання недетермінованих процесів ЗТ забезпечують процедури із застосуванням розширеного логістичного відображення (РЛО) [113, 114, 115], які узагальнюють методи досліджень [61, 116]. В роботах [117, 109] були досліджені їх теоретичні властивості стосовно представлення стохастичних та збурених ЧР процесів ЗТ. Розвиток процедур РЛО отримано в подальших розробках дисертації.

Проблематиці щодо формування концептуальних та методологічних засад організації автоматизованого інтелектуального управління для окремих базових технологічно-економічних процесів ЗТ присвячені роботи [55, 118, 51, 53]. Зокрема розглядаються завдання із автоматизації управління процесами експлуатації парків технічних систем (ПТС) ЗТУ. Незважаючи на різноманітність ПТС (вагонів, локомотивів, електричних двигунів ін.) була визначена множина формалізованих технологічних та інформаційних завдань, реалізація яких забезпечить створення і функціонування інтелектуальних систем управління ПТС. В них були досліджено критерії та основні завдання автоматизованої експлуатації ПТС на основі параметрів поточних та прогнозованих станів. При цьому загальні процедури управління ПТС були зазначені формалізованими постановками завдань, відповідними математичними моделями їх аналізу, а також діагностування, оптимального планування, прогнозування тощо. Узагальнення концептуальних засад цього напрямку досліджень та розробок, виконані в дисертації, дозволяє отримати подальший розвиток інформаційних технологій управління процесами виробничо-господарської діяльності підприємств в умовах невизначеності.

Дамо характеристику основних властивостей ПТС як об'єкту управління, а також викликаних ними вимоги до моделей і методів реалізації відповідних

завдань керування технологічно-економічними процесами, відповідно роботам [56, 57, 75]. В них показано, що реалізація багаторівневих моделей автоматизованого інтелектуального управління процесами експлуатації ПТС потребує розробки нової або удосконаленої системи математичних та інформаційних моделей аналізу, прогнозування та планування технічних і технологічних процесів, урахування умов невизначеності щодо станів систем та елементів, умов та даних, а також цілей функціонування засобів автоматизації. Серед властивостей об'єкту управління указані і невизначеність цілей, багатокритеріальність, що, як відомо, приводить до необхідності застосування процедур системного аналізу [44, 55, 60, 75], для формування адекватної вимогам «моделі цілі».

У роботах [50, 55] для реалізації управління технологічно-економічними процесами ПТС з урахуванням інформаційних властивостей завдань, розроблені певні математичні моделі та методи: багатокритеріальна модель управління процесами експлуатації ПТС при залежних ресурсах, двоетапна модель управління процесами експлуатації з урахуванням умов ризику, нечіткий двоетапний метод управління процесами експлуатації парків, який враховує наявні дані про процеси технічної експлуатації парків технічних систем (ТС).

Також пропонується для організації автоматизованого управління процесами експлуатації парків ТС використовувати індивідуальні інтелектуальні моделі (ІМ) об'єктів парків. Як загальний висновок щодо напрямків подальших досліджень зазначимо, що ефективна реалізація багаторівневих моделей автоматизованого управління технологічно-економічними процесами експлуатації ПТС потребує також створення загальносистемних та універсальних інтелектуальних процедур (аналітичних серверів [51]) аналізу та прогнозування параметрів технологічних процесів в умовах збуреного зовнішнього середовища.

При формуванні концептуального підходу до вирішення комплексу завдань із оцінювання характеристик, технологічно-економічного моделювання

процесів, а також подальшого розвитку автоматизації управління діяльністю підприємств ЗТУ в умовах невизначеності, вважається найбільш ефективним сценарний підхід. Цей підхід будується на основі уніфікованих процедур діагностування, класифікації, прогнозування та планування при статистичних та нечітких параметрах технологіко-економічних процесів ЗТУ, які можуть враховувати можливості застосування різних моделей виходячи з існуючих інформаційних баз та поставлених задач (рис. 1.1). Суттєво що передбачений наведеною концепцією комплекс методів і моделей автоматизації управління діяльністю підприємств при невизначеності включає процедури діагностування, класифікації, прогнозування, планування та управління, що враховують недетермінованість технологіко-економічних процесів ЗТУ. Вони надають можливість мінімізувати експлуатаційні витрати, які потрібні для реалізації управління відповідними процесами ЗТ.

Представлена концепція (додаток 3), побудована на основі розвитку методичного підходу до формування процедур оцінки станів і моделювання процесів діяльності підприємств за умов багатократної невизначеності, а також уніфікації засобів автоматизації оцінювання та моделювання процесів діяльності в середовищі АСК ЗТУ. Практична реалізація концепції дає змогу ефективно прогнозувати та планувати діяльність підприємств ЗТУ та застосовувати комплекси АСК для підтримки процедур прийняття рішень.

Відповідно до додатку 3 запропонована у роботі концепція складається з теоретико-концептуальних засад автоматизації управління діяльністю підприємств ЗТУ, передбачає розробку концептуальних засад щодо оцінювання та технологіко-економічного моделювання діяльності підприємств при невизначеності, створення методологічних основ та методичних підходів до оцінювання характеристик та моделювання процесів, формування спеціалізованих моделей та методів із оцінювання характеристик, прогнозування та планування діяльності підприємств в умовах невизначеності, а також розробку конкретних сценаріїв та процедур прийняття рішень при автоматизованому управлінні АСК за умов невизначеності.

Складові кожного із рівнів концепції узагальнено показані на рис. 1.20 полягають у наступному. Теоретико-концептуальні засади поєднують теоретико-концептуальні підходи до дослідження та моделювання факторів невизначеності у діяльності підприємств ЗТУ, виконання завдань із аналізу моделей і методів щодо оцінки впливу факторів невизначеності, дослідження властивостей діючих систем автоматизованого керування технологіко-економічними процесами підприємств ЗТУ, нарешті – остаточне формування концепції оцінювання параметрів та моделювання процесів діяльності підприємств ЗТУ в умовах невизначеності шляхом розвитку засобів автоматизованого керування.

Розробка концептуальних засад до оцінювання полягає у розвитку аналітичного підходу щодо визначення властивостей контрольованих технологіко-економічних процесів, формуванні концептуальних підходів до оцінки станів і моделювання процесів діяльності підприємств за умов нечіткості та багатократної невизначеності даних, розвитку концепції із уніфікації засобів оцінювання та моделювання процесів діяльності в середовищі АСК ЗТУ в умовах невизначеності даних.

При цьому методологічні основи та методичні підходи до оцінювання характеристик складаються з методологічних аспектів оцінки властивостей та класифікації недетермінованих антиперсистентних процесів, розробки теоретичних засад та методичних підходів до моделювання недетермінованих процесів діяльності підприємств ЗТУ на основі даних АСК у вигляді часових рядів, методичного підходу щодо визначення оптимальної черговості обслуговування та розподілу робіт між виконавцями в завданнях управління парками технічних систем при невизначеності.

В свою чергу, до моделей та методів із оцінювання характеристик, прогнозування та планування діяльності підприємств в умовах невизначеності відносяться методи класифікації, оцінювання параметрів та планування антиперсистентних процесів ЗТУ, моделювання та прогнозування процесів на основі розширеного логістичного відображення та удосконаленого методу Т.

Демарка, уніфікована модель діагностування та прогнозування станів нечітких процесів ЗТУ в середовищі АСК ЗТУ, моделі визначення оптимальної черговості обслуговування груп об'єктів парків технічних систем ЗТ з нечітким розподілення робіт між виконавцями при кооперації та конкуренції, індивідуальні інформаційні моделі процесів експлуатації об'єктів парків технічних систем середовища АСК.

Розробка конкретних сценаріїв та процедур прийняття рішень при автоматизованому управлінні АСК за умов невизначеності полягає у класифікація недетермінованих процесів, визначення достовірних оцінок параметрів, діагностуванні в середовищі АСК нечітких параметрів технологіко-економічних процесів ЗТУ, моделювання недетермінованих технологіко-економічних процесів ЗТУ.

Наголосимо на те, що одне із центральних місць в інтегрованій моделі займає уніфікована модель діагностування та прогнозування станів нечітких процесів ЗТУ в середовищі АСК ЗТУ, яка побудована на основі методу нечітких множин та враховує дані моніторингу для оперативного планування обслуговування парків ТС з подальшим формування індивідуальних груп моделей та визначення оптимальної черговості обслуговування парків ТС.

Для прогнозування параметрів недетермінованих технологіко-економічних процесів підприємств ЗТУ та подальшого розвитку АСУ планування в роботі застосовується методичний підхід щодо моделювання недетермінованих процесів діяльності підприємств ЗТУ на основі даних АСК у вигляді ЧР. Відповідно до нього передбачається вирішення завдань класифікації, діагностування уніфікованими засобами АСК та визначення достовірних оцінок параметрів ЧР недетермінованих процесів ЗТУ. Практичне використання такого методичного підходу дає можливість оперативно планувати виробничо-господарську діяльність підприємств ЗТУ в умовах невизначеності, оперативно приймати управлінські рішення для зменшення експлуатаційних витрат на процеси експлуатації ПТС, що дозволить підвищувати рівень ефективності

виконання обслуговування за рахунок застосування моделі конкуренції виконавців робіт.

Представимо результати застосування пропонованих концептуальних засад рис. 1 до створення у дисертації удосконаленої інформаційно-аналітичної моделі автоматизованого оптимального технолого-економічного управління експлуатацією ПТС, яка складається із реалізації таких завдань [50, 51]:

1. Утворити групи технічних систем (ГТС) парку, формування індивідуальних моделей процесів експлуатації технічних систем (ТС), інтелектуальних індивідуальних моделей (ІМ) для ГТС, а також загальної технолого-економічної моделі експлуатації парку.

2. Забезпечення засобів щодо автоматичного вимірювання параметрів поточного стану ТС, моніторинг, аналіз оцінок та діагностування поточних станів.

3. Оцінка параметрів і станів інфраструктури, класифікація інтелектуальних ІМ окремих ТС, а також ГТС. прогнозування характеристик станів об'єктів парку.

4. Формування оптимального плану, як вибору послідовності обслуговування груп ГТС або окремих ТС,

5. Реалізація управління етапу виконання та обліку в інформаційних моделях результатів робіт з експлуатації ПТС.

6. Корекція індивідуальних моделей ТС, ГТС, а також парку в цілому.

Відзначимо, що для реалізації такої побудови інформаційно-аналітичної моделі технолого-економічного управління експлуатацією ПТС в дисертації виявилось необхідним ввести нову категорію моделей об'єктів парку - ГТС, моделі групових властивостей ТС.

Особливості реалізації наведеної процедури управління парками ТС полягає в такому. При заданих множинах ГТС, що одночасно включаються в план обслуговування, виникає завдання оцінки характеристик ГТС, представлених часовими рядами (ЧР), на основі властивостей окремих ТС. З урахуванням вимог забезпечення надійності транспортних систем параметри

ГТС визначаються на основі функцій $\max/\min$. Оскільки на різних етапах обслуговування реалізація функцій розрахунку групових властивостей ГТС може бути на різних одиницях ТС, то поведінка ЧР групових властивостей може мати складний недетермінований характер [53]. Часові ряди, які представляють зміни групових властивостей, можуть бути досить складними, в тому числі антиперсистентними, як і послідовності значень рівнів процесів, представлених ЧР окремих ТС. Автоматизоване оптимальне планування процесів експлуатації ПТС потребує дослідження та прогнозування характеристик недетермінованих ЧР, які формуються в моделях ІМ парку ТС. Вирішення указаних завдань виконане у розділі 2.

Висновки до розділу 1

Питання щодо розвитку концептуальних засад, удосконалення теоретико-методичних підходів, розробки спеціалізованих засобів щодо моделювання та прогнозування параметрів автоматизованих процесів технологічно-економічного управління діяльністю підприємств залізничного транспорту України в умовах невизначеності, а також створення удосконалених засобів інформаційних технологій їх реалізації, були і залишаються актуальними, що дають змогу твердити представлені у розділі матеріали досліджень. При цьому були розглянуті наступні напрямки досліджень: - особливості та сутність автоматизованого управління виробничо-господарською діяльністю підприємств залізничного транспорту при невизначеності; - методи та інформаційні технології автоматизованих систем управління технологічно-економічними процесами; - дослідження параметрів недетермінованих процесів промислових та підприємств залізничного транспорту.

Аналіз свідчить про існування широкого спектру зовнішніх та внутрішніх умов функціонування ЗТУ, які призводять до недетермінованої та невизначеної поведінки деяких технологічних та економічних об'єктів або процесів.

Незважаючи на високий рівень розвитку автоматизованих систем управління ЗТУ, які контролюють і накопичують первинні дані, охоплюють та забезпечують функціонування всіх сфер діяльності залізничних підприємств, переважна більшість АСУ являються інформаційними. Функції керування багаторівневими процесами ЗТ в них реалізовані не достатньо, що є значним недоліком за умов невизначеності параметрів процесів. Через вище зазначене актуальними завданнями щодо розвитку автоматизованих інформаційних технологій ЗТУ, у тому числі економічного спрямування, являється створення інтелектуальних засобів підтримки процесів управління, використовуючи накопичувані в АСУ дані про виробничо-господарські процеси. У дисертації вирішуються певні завдання (аналізу, планування, діагностування за умов невизначеності ін..) із удосконалення засобів інформаційного забезпечення автоматизованих технологій і систем ЗТУ, які базуються на розробці сукупності інтелектуальних процедур. Передбачається можливість удосконалення такими процедурами системи аналітичних серверів системи АСК ВП УЗ-Є.

В розділі вперше розроблені концептуальні підходи до оцінювання характеристик та розвитку інформаційних технологій управління процесами виробничо-господарської діяльності підприємств залізничного транспорту в умовах невизначеності. В рамках концепції визначено засоби інтелектуального середовища АСУ ЗТУ, які необхідно розробити, для забезпечення економіко-математичного моделювання, діагностування та прогнозування характеристик процесів ЗТ на основі даних що накопичуються в АСК.

З метою забезпечення засад формування ІТС ЗТУ на базі АСК ВП УЗ-Є в якості одного з першочергових завдань визначене створення уніфікованого аналітичного сервісу процесів управління технологіко-економічними процесами ЗТ. Розробка теоретико-методичних засад, а також математичних моделей для засобів уніфікації аналітичних процедур АСУ ЗТ, являється актуальним завданням досліджень, які сприяють підвищенню рівня планування при

невизначеності та диспетчерського управління. Відзначені вище завдання досліджень виконані у дисертації

Результати досліджень, отриманих у розділі, опубліковані у роботах [51, 57, 119].

РОЗДІЛ 2

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ВИРОБНИЧО- ГОСПОДАРСЬКИХ ПРОЦЕСІВ ПІДПРИЄМСТВ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ З УРАХУВАННЯМ УМОВ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

Існуючий процес планування вантажних перевезень не відповідає сучасним потребам ринку залізничних перевезень. Ефективність роботи будь-якого підприємства залежить від вміння правильно розпоряджатись наявними та запозиченими ресурсами (матеріальними, трудовими, фінансовими та ін.). Найбільш обмеженим фактором виробництва на залізниці виступає рухомий склад. Його наявність в певному місці, в певній кількості і в певний час дозволить:

- задовольнити потреби замовника в перевезенні вантажу залізницею;
- надати роботу працівникам залізниці (станцій слідування вантажу, дирекцій);
- отримати дохід від надання додаткових транспортних послуг.

Існуючий підхід до планування перевезень вантажів є пережитком планової економіки і не може бути ефективним в умовах ринку. Застарілі методи командної економіки не здатні гнучко реагувати на зміни в ринкових умовах.

Підтвердженням тому є існуючі Правила планування перевезень вантажів залізницею (Наказ Мінтрансу №873). У відповідності до яких перевезення вантажів залізницею здійснюються на договірних засадах на основі місячного планування перевезень. Основою місячного планування перевезень є поточні або довгострокові договори про організацію перевезення та замовлення відправників або експедиторів. Для цього в місцеве Управління залізниці замовник (вантажовідправник, експедитор) не пізніше ніж за 14 днів до початку місяця, в якому планується перевезення, повинен подати заявку (місячне замовлення) для отримання необхідної кількості вагонів або контейнерів. Така заявка подається у трьох примірниках, кожний з яких

підписується керівником підприємства і його підпис затверджується печаткою, за формою розгорнутого плану перевезень вантажів за встановленою номенклатурою, з розподілом по видах вантажів, станціях відправлення і залізницях призначення, а по вантажах, що відвантажуватимуться у межах залізниці відправлення – з розподілом по станціях призначення. При цьому обсяги перевезень розраховуються в тонах і вагонах або тільки у вагонах.

Після розробки місцевою залізницею місячного плану перевезення вантажів та доведення його до відома вантажовідправника він повинен подати декадне замовлення на надання вагонів у розрізі днів декади і напрямків перевезення (не пізніше ніж за 3 дні до початку декади).

На основі отриманого (не пізніше ніж за 1 день до початку декади) повідомлення місцевої станції залізниці про кількість виділених вагонів у розрізі вантажів і залізниць або станцій призначення вантажовідправник повинен забезпечити підготовку вантажу до відправки.

Важливу роль в організації перевезення відіграє спосіб перевезення вантажів, який визначається низкою ознак, що базуються на класифікації залізничних перевезень. Швидкість перевезення вантажу вибирає і вказує в залізничній накладній вантажовідправник.

Технологічний процес перевезення вантажів залізницею включає такі технологічні операції:

- подача вагонів під завантаження;
- пред'явлення вантажу до відправки;
- завантажування вантажу у вагон;
- безпосередньо перевезення і супровід вантажу в дорозі;
- операції з прибуття вантажів.

Загальний нормативний термін доставки вантажу включає час на операції з відвантаження та прибуття вантажу, час на додаткові операції (за потреби) вантажів і час на безпосереднє перевезення вантажу до станції призначення і розраховується за формулою:

$$T_{\text{заг}} = T_{\text{в+п}} + T_{\text{дод}} + \frac{S}{N_n}$$

де $T_{\text{заг}}$ – загальний нормативний час доставки вантажу, діб;

$T_{\text{в.п}}$ – час на виконання операцій з відправлення та прибуття вантажу, діб (при будь-якому виді відправлення на дані операції виділяється 1 доба);

$T_{\text{дод}}$ – час на виконання додаткових операцій з вантажами, діб;

S – відстань перевезення, км;

N_n – норма пробігу вагона за добу, км.

Рахунок терміну доставки вантажу проводиться з 24 години дня приймання його до перевезення. Дата приймання вантажу до перевезення і дата завершення терміну доставки мають бути вказані у вантажній квитанції.

Підвищення ефективності та якості роботи залізниць у великій мірі залежить від рівня планування та організації їх експлуатаційної діяльності. У плані експлуатаційної роботи встановлюються обсяг роботи рухомого складу і якісні показники його використання, а також величина потрібних парків локомотивів і вагонів. Тому планування експлуатаційної роботи часто називають плануванням роботи рухомого складу. Робота рухомого складу планується з таким розрахунком, щоб план перевезень вантажів і пасажирів виконувався повністю, високопродуктивно та з мінімальними витратами.

У вантажному русі план роботи рухомого складу розробляється на основі схем вантажних потоків по відрізках або дороги. Порядок розробки плану перевезень виглядає наступним чином:

1. Встановлюються норми навантаження вагонів за окремими родами вантажів і показники навантаження, вивантаження, прийому та здачі вантажів. Густота перевезень у тонах перераховується на вагони і визначається пробіг завантажених вагонів;

2. Складається баланс порожніх вагонів по станціях і ділянках. Пункти вивантаження вантажів і надлишку порожніх вагонів прикріплюються до пунктів вантаження вантажів і нестачі порожніх вагонів з урахуванням

структури вагонного парку. Будується схема порожніх вагонопотоків і визначається порожній, а потім і загальний пробіг вагонів;

3. Розраховуються тонно-кілометри бруто по ділянках. На основі наявних довжин приймально-відправних станційних колій та прийнятих вагових норм поїздів встановлюються пробіги і густота їх руху по ділянках;

4. Визначається лінійний пробіг локомотивів виходячи з прийнятого числа пар поїздів по ділянках, а також розміщення ділянок підштовхування і подвійної тяги;

5. Встановлюється число спеціальних маневрових локомотивів та їх пробіг на основі планового обсягу переробки вагонів на окремих станціях (з урахуванням маневрової роботи на проміжних станціях);

6. Розраховується робочий парк вагонів і локомотивів виходячи з даних про пробігах рухомого складу по ділянках і даних про роботу депо і станцій. Виміру розробки окремих частин плану розраховуються зведені показники, що характеризують якість роботи відділень або ділянок залізниці.

Робота рухомого складу планується у фізичних вагонах. Обсяг роботи визначається в середньому за добу. Оскільки планування обсягу проводиться у вагонах проводиться перерахунок вантажопотоків у вагонопотоки. Перерахунок виконується за допомогою показника статичного навантаження. Статичне навантаження визначається окремо по кожному масовому вантажу і кожної планованої групі вантажів. При цьому враховуються типи вагонів, в яких може перевозитися даний вантаж (криті, платформи, цистерни тощо), питома вага кожного типу вагонів у перевезенні вантажу і технічна норма завантаження кожного типу вагонів при перевезенні цього вантажу [58]

Відповідно до концепції (підрозділ 1.4) і поставлених завдань дослідження на рис. 2.1., представлена модель реалізації, етапи дослідження та теоретико-методологічна база моделювання концепції розвитку інформаційних технологій управління процесами виробничо-господарської діяльності залізничних підприємств з урахуванням умов невизначеності.

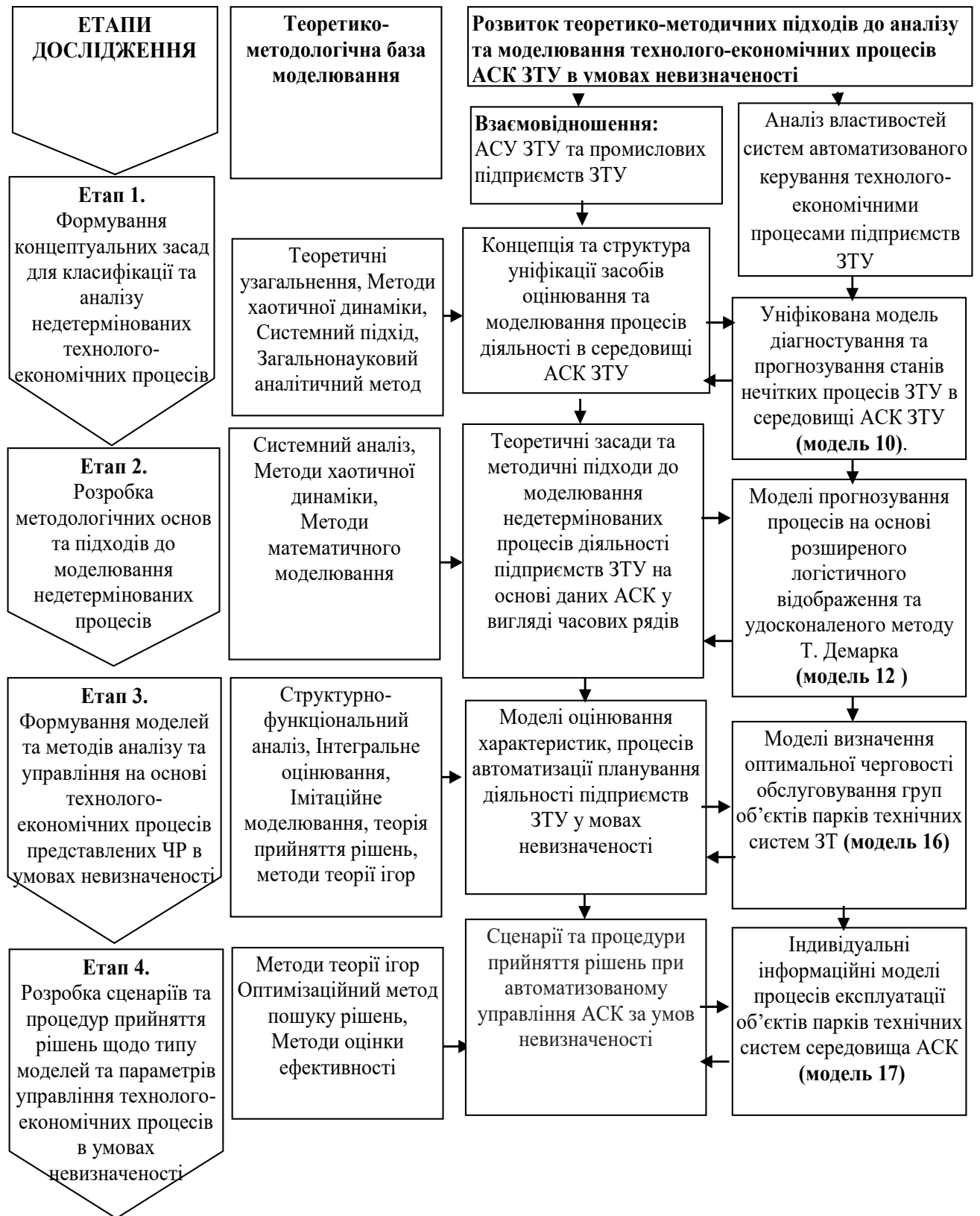


Рис. 2.1. Модель Концепція оцінки, прогнозування та економіко-математичного моделювання процесів діяльності підприємств залізничного транспорту України в умовах невизначеності

Загалом модель складається з чотирьох основних етапів послідовною реалізацією яких досягаються завдання дослідження.

2.1. Джерела і форми невизначеності характеристик виробничо-господарських процесів

Процес перевезення вантажів будь-яким видом транспорту представляє собою нерівномірний у часі та об'ємі технологічний процес (рис. 2.2, 2.3).

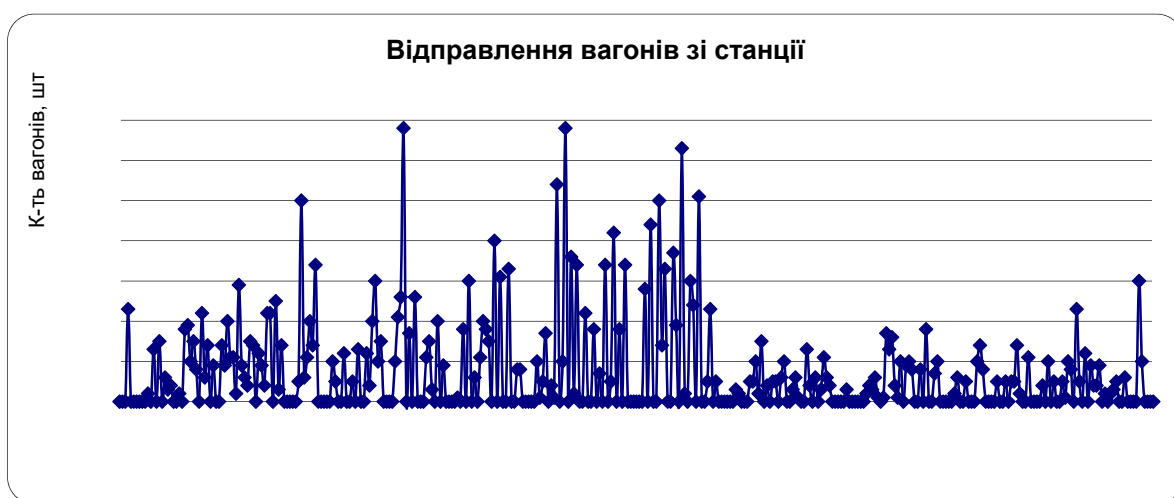


Рис. 2.2. Динаміка відправлення вагонів зі станції протягом календарного року



Рис. 2.3. Динаміка перевезень зерна

Різноманітні і численні процеси різної природи і походження знаходять своє відображення у формі недетермінованих, випадкових, нечітких та ін. ЧР [23, 75, 67, 120]. Дослідженням природи, властивостей ВР, а також моделям і методам їх аналізу і прогнозування присвячені численні роботи [2, 10, 11, 23, 24, 25]. Навіть при наявності достатньої кількості статистичних даних, застосування стандартних статистичних методів аналізу ЧР не дає можливості побудувати адекватну та достовірну модель.

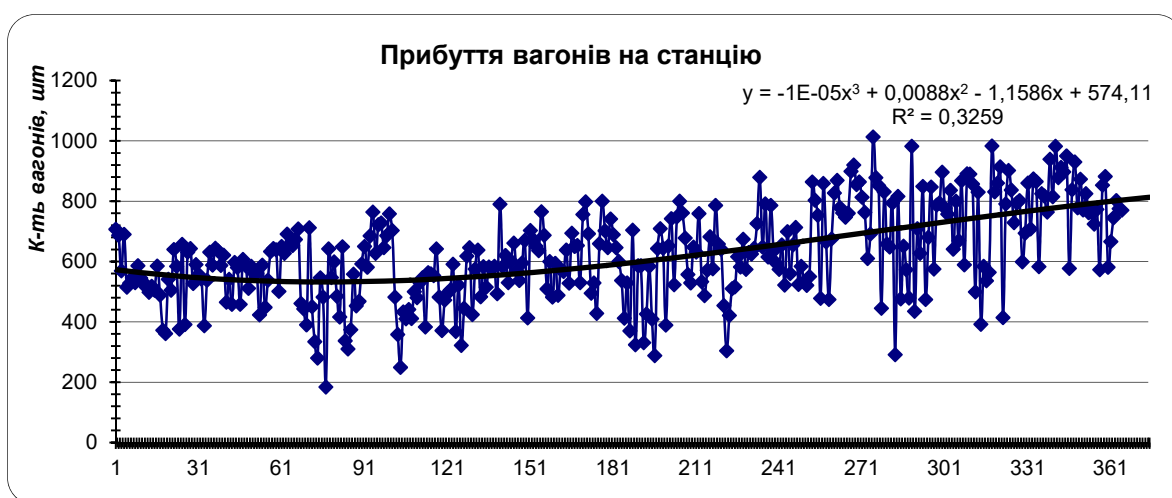


Рис. 2.4. Трендова лінія ЧР прибуття вагонів на станцію

В останні роки особлива увага приділяється методам хаотичної динаміки, фрактального аналізу [106, 62]. На основі цих методів виконані дослідження широкого кола фінансово-економічних, природних і технологічних процесів в складних системах [106, 92]. Дослідження властивостей ВР деяких процесів перевезення та обслуговування вагонопотоків залізничного транспорту методами фрактального аналізу дозволили класифікувати їх як антиперсистентні. Застосування до таких процесів відомих методик оцінки властивостей, аналізу та планування параметрів призводить до суттєвих додаткових витрат. У той же час відзначається відсутність загальновизнаних і прийнятних для практики методів і процедур, необхідних для аналізу і прогнозування антиперсистентних ЧР. Зазначені вище фактори і стали джерелом і предметом подальшого дослідження.

Усесторонній аналіз станів та ефективне управління такою системою з залученням тільки класичних методів вирішення складних задач математичного моделювання неможливо. В даний час удосконалення управління комплексу залізничного транспорту пов'язується з використанням нових методів опису та аналізу процесів, впровадження інтелектуальних систем, які поряд із загальноприйнятими точними математичними моделями використовують представлення в різноманітних формах дані та знання, що накопичуються в процесі діяльності [9].

Розподіленість та складність процесів поїздоутворення, технологій здійснення процесів вантажних перевезень, функціонування транспортної інфраструктури та її об'єктів (залізничні вузли, станції, транспортні коридори і т.д.) призводять до виникнення подій і ситуацій з принципово недетермінованими параметрами.

Перелічені а також інші фактори обумовлюють причини відсутності загальних математичних моделей для багаточисельних процесів залізниці по розрахунку економіко-технологічних показників. В тому числі відкидає можливість роботи залізничного транспорту повністю в автоматичному режимі [1, 3, 9].

У зв'язку зі складністю і недетермінованістю численних процесів залізничного транспорту, одним із основних способів їх опису є представлення даних у вигляді упорядкованих по етапах та інтервалах значень деяких основних вимірюваних характеристик - формування часових рядів (ЧР). Прикладами таких ЧР для залізниці є параметри вагонопотоків різних категорій на полігонах і станціях, оцінки витрат різних видів ресурсів за періодами, параметри вантажопотоків, послідовності подій процесів експлуатації та ін. Моделі і методи аналізу та прогнозування станів і параметрів складних систем на основі ВР отримали визнання і широке поширення, знаходять нові області застосування і форми реалізації [27, 28]. Разом з тим ЧР процесів залізничного транспорту, а також вимоги до подання результатів їх аналізу, мають певну і важливу специфіку, яка відрізняє їх від аналізу ЧР природних процесів,

наприклад, сонячної та атмосферної активності, кардіологічних, діяльності мозку і т. п. [29]. Зазначимо тут основні з них: по-перше, ЧР є «короткими»; по-друге, вимога результативності, тобто практичної «придатності» процедур для реалізації достовірного виробничо-технічного прогнозування і планування основних показників діяльності, обумовлених ЧР. Основна увага приділяється процесам діяльності залізничного транспорту, представленим антиперсистентними ЧР вантажних вагонопотоків (ЧР-В).



Рис. 2.5. Динаміка перевезень зерна (в вагонах) по станції

Представлені ЧР мають складну хаотичну структуру, яка відображатиме особливості технолого-економічних процесів залізничних перевезень. Виявлення загальних властивостей і оцінка параметрів таких ЧР-В дає можливість обґрунтованого планування процесів як організації, так і виконання залізничних перевезень, прогнозування оцінок кількісних характеристик показників витрат на переробку вагонопотоків та ін.

Виконані дослідження ЧР-В, що характеризують вагонопотік на деяких залізничних полігонах, показали, що частина з них мають антиперсистентний характер. Розроблені методи аналізу таких ЧР-В не дозволяє отримати прийнятні для потреб практики методики аналізу, планування і управління. Зокрема, розрахувати достовірні оцінки очікуваних обсягів переробки вагонів

на черговому етапі, а також встановити значення пов'язаних з цим витрат різних типів ресурсів.

Дослідження вагонопотоку проводилось на прикладі статистичних спостережень відправлення та прибуття вагонів на станцію за 2011 – 2014рр. За основу було взято дані щоденного вагонопотоку прибуття/відправлення вагонів по певній станції.

На основі показників щоденного руху вагонів по станції, досить важко побудувати оперативний, а тим паче довгостроковий прогноз вагонопотоку.

Разом з тим дослідження ЧР-В характеризують перевезення зерна (ЧР-З) залізничним транспортом, показали, що в більшості ці процеси є персистентними. Для їх аналізу і прогнозування досить застосування відомих економіко-математичних методів і процедур аналізу і моделювання.

Численні процеси залізничного транспорту можуть бути представлені і досліджені як ЧР. Встановлено методами фрактального аналізу, що деякі ВР-В є антиперсистентними, за обсягом даних ЧР є «короткими». Представлена спеціалізована процедура аналізу таких ЧР-В, заснована на класифікації щодо узагальнення послідовних рівнів. За результатами застосований цієї процедури встановлюється клас ЧР-В, на основі чого встановлюється об'ємний показник, що характеризує можливості побудови тренду процесу ЧР. Як приклади ЧР-В використано параметри вагонопотоків, сформованих для перевезення зерна в порти України.

Для аналізу властивостей вагонопотоків в якості вихідних даних використані ЧР спостережень виду рис. 2.2.-2.5, що характеризують кількість вагонів, що відправляються на добу (ЧР-В). Представлені ЧР мають складну хаотичну структуру, яка відображатиме особливості технолого-економічних процесів залізничних перевезень. Виявлення загальних властивостей і оцінка параметрів таких ВР-В дає можливість обґрунтованого планування процесів як організації, так і виконання залізничних перевезень, прогнозування оцінок кількісних характеристик показників витрат на переробку вагонопотоків і т.д.

2.2. Дослідження властивостей та процедура класифікації недетермінованих процесів на основі показників хаотичної динаміки

Для дослідження загальних властивостей ЧР-В використані методи фрактального аналізу, обчислення показника Херста [106, 107, 108, 93]. Його значення дозволяють встановити категорію, класифікувати процеси ЧР на персистентні (трендостійкі), антиперсистентні (злам тенденції, повернення), виявити випадковий характер процесу.

$$H = \frac{\log(R/S)}{\log(a * N)} \quad (2.1)$$

де: H – показник Херста;

S – середнє квадратичне відхилення ряду спостережень;

R – розмах накопиченого відхилення;

N – число періодів спостережень;

a – задана константа.

В [107] було показано, що для «коротких» ЧР (відповідають реальним процесам реалізації залізничних перевезень) краще використовувати величину константи $a = \pi / 2$. Таке значення параметра дозволяє з більшою вірогідністю оцінювати властивості ЧР і стверджувати, коли ЧР має пам'ять ($H > 0,5$).

Для аналізу та подальшого дослідження технолого-економічних процесів, що описують ЧР, для яких показник Херста перебуває в області так званого «білого шуму» ($H = [0,4; 0,5]$), запропоновано використати процедуру агрегування рівнів ЧР.

Агрегування – об'єднання, укрупнення економічних показників (інформації) за певними ознаками [65, 69].

В подальшому дослідженні запропонована спеціалізована процедура аналізу ЧР, що дозволяє, по-перше, диференціювати антиперсистентні ЧР, віднести їх до деяких різних класів (що розрізняються числом об'єднаних поряд

стоячих рівнів, довжинами інтервалів достовірного планування), по-друге, виконувати процедури прогнозування значень сумарних об'ємних показників модифікованого ряду за встановлений інтервал (період узагальнення даних). Таким чином, в рамках запропонованої процедури відкривається можливість кількісного аналізу зазначених антиперсистентних ЧР-В, але лише на виявленому при класифікації інтервалі.

Разом з цим для практики інтерпретації та планування процесів, поданих ЧР, бажано встановити їх деякі додаткові характеристики, що дають можливість також диференціювати ЧР між собою, встановлювати узагальнені кількісні показники. Отримання подальших рекомендацій із аналізу та планування антиперсистентних ЧР (АЧР) з використанням запропонованої процедури узагальнення рівнів та перетворення вихідного ЧР (ПУРАЧР), з подальшим дослідженням його властивостей на основі моделі (2.1).

На основі процедури ПУРАЧР вирішуються такі ключові питання.

1. Класифікація антиперсистентних ЧР.
2. Кількісна інтерпретація результатів класифікації стосовно можливості прогнозування оцінок параметрів, аналізу та планування досліджуваних процесів.

Далі пропонується наступна процедура побудови класифікації ЧР (ПКР) шляхом їх перетворення, узагальнення і вирівнювання розташованих поруч рівнів (рис. 2.6).

Суть процедури класифікації (рис. 2.6) полягає в визначенні значення показника Херста для обраного ЧР. Якщо значення показника Херста ($H > 0,5$) – ЧР відноситься до класу 0. В іншому випадку виконується ПУАРАЧ.

На основі вихідного ЧР формується серія $ЧР_i(k)$ нових, $k = 2, 3, 4, 5 \dots$. У серії $ЧР_i(k)$ параметр k вказує кількість послідовно розташованих рівнів ряду, які використовуються для побудови одного чергового рівня перетвореного ряду (як середнього значення рівнів k) на етапі аналізу i . Тобто « i » означає номер етапу процедури ПКР по утворенню та дослідженню перетворених $ЧР_i(k)$ на основі моделі (2.1). На наступному ($i + 1$) і подальших етапах процедура ПКР

застосовується до нових, утвореним на попередніх етапах $ЧР_i(k)$. Побудова серій $ЧР_i(k)$ припиняється, якщо для деякого значення k відповідний $ЧР_i(k)$ стане персистентним відповідно (2.1). В якості іншої, але подібної умови закінчення процедури ПКР, служить виконання вимоги на етапі i : $H(ЧР_i(k)) > H^* \cdot (2.1)$. При виконанні умови зупинки серії $ЧР_i(k)$ для декількох узагальнених рівнів k , будемо вважати, що $ЧР$ відноситься до класу з меншим k . Особливості реалізації умови закінчення процедури ПКР обговорюються нижче.

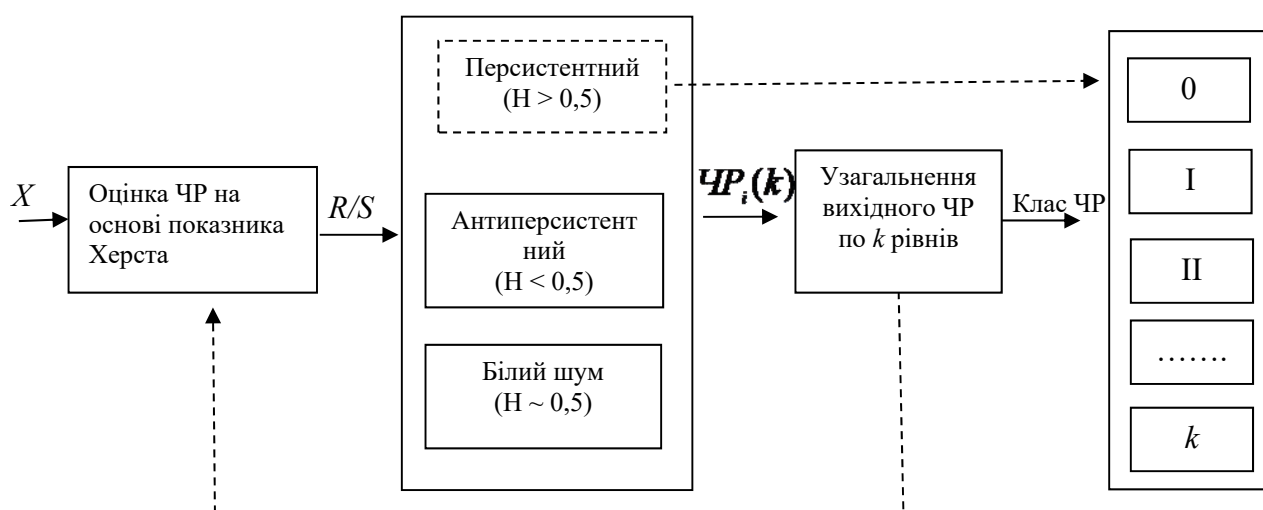


Рис. 2.6. Схема оцінки та класифікації $ЧР$ на основі процедури ПУРАЧР

До отриманих на етапі k модифікованим рядах далі застосовуємо методи кореляційно-регресійного аналізу [67, 65] будуюмо регресійну модель утвореного $ЧР$. Мірою вірогідності кожної з побудованої є коефіцієнт детермінації (R^2). Чим він вищий, тим більше достовірна обрана модель регресії.

Розглянемо приклади застосування процедури ПКР до деяких $ЧР$ -В. На рис. 2.7-2.8, представлені моделі регресії для модифікованих $ЧР$ -В, утворених шляхом агрегації 7-ми ($k = 7$) і 8-ми ($k = 8$) рівнів вихідного.

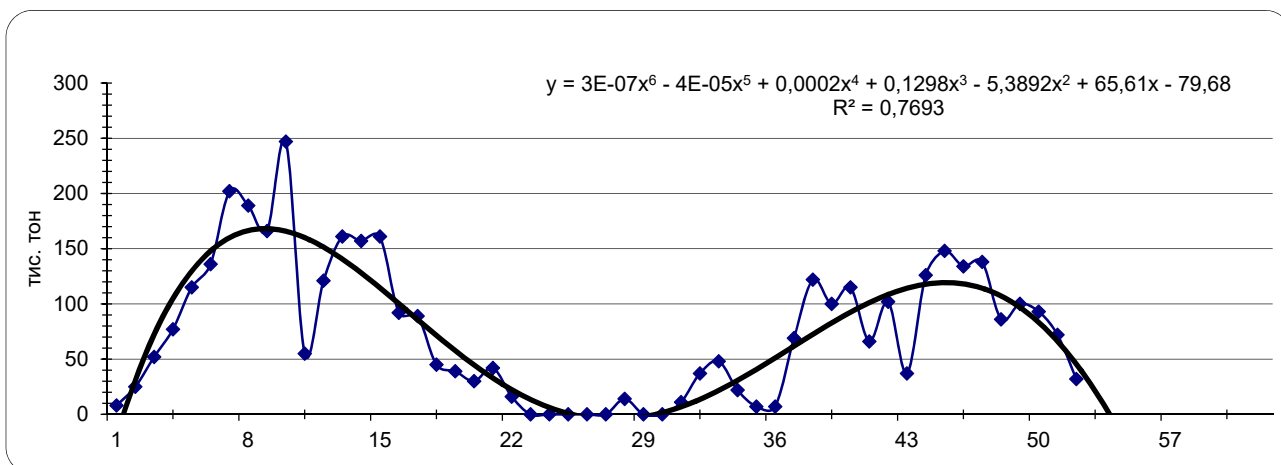


Рис. 2.7. Модель регресії для ВР ($k=7$)

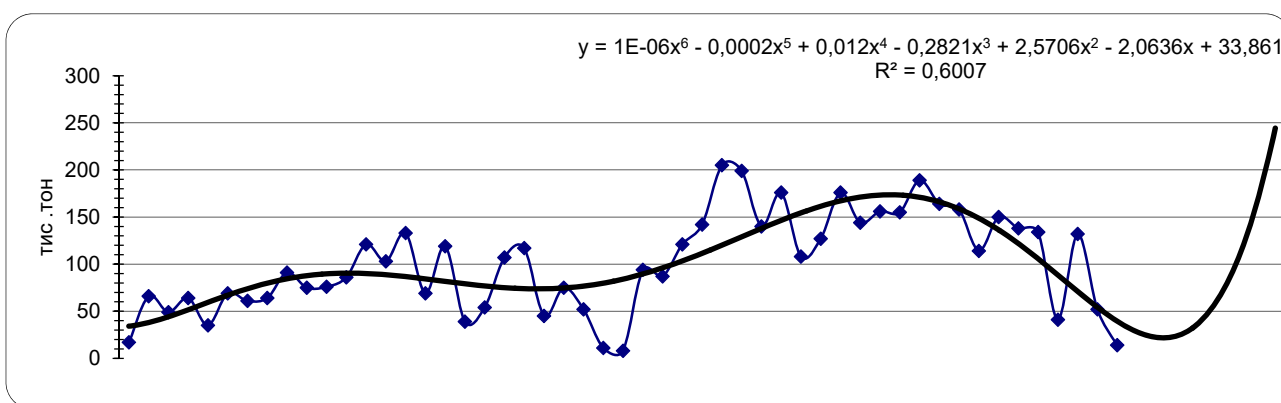


Рис. 2.8. Модель регресії для ВР ($k=8$)

Розрахунки показують, що для більшості таких вже персистентних ВР-В можна побудувати достовірну регресійну модель для побудови оперативного плану роботи станції на проміжок часу, який відповідає кількості « k » агрегованих рівнів початкового ЧР.

Окрім визначення персистентності чи антиперсистентності ЧР, показник Херста надає можливість оцінити середню довжину циклу – інтервал протягом якого ЧР зберігає пам'ять про початкові умови. Більш того, якщо $0 < H < 1$, і не дорівнює 0,5 то ЧР є фракталом, а реальний процес або явище, що характеризує такий ЧР має фрактальну природу. Фрактальна розмірність кривої дорівнює 1,0, а фрактальна розмірність геометричної площини рівна 2,0. Фрактальна розмірність (D) обчислюється по формулі [108]:

$$D = 2 - H \quad (2.2)$$

Ще однією фрактальною характеристикою ЧР може виступати фрактальна розмірність простору ймовірностей, $1 \leq A \leq 2$, обчислюється за формулою[5]:

$$A = 1/H \quad (2.3)$$

Варто відзначити, що навіть незначна зміна величини A суттєво змінює характеристики ЧР.

Розглянемо наведені питання докладно, використовуючи конкретні ЧР, отримані у сфері реалізації вантажних залізничних перевезень. На рис. 2.1, представлений процес формування вагонопотоку на залізничній станції що характеризується ЧР.

Представимо інші результати використання процедури ПКР на модельному ряді, а потім на досліджуваному ЧР-В залізниці вагонопотоків.

При цьому в якості правила класифікації, поділу рядів між собою, використано найпростіше - менше число етапів усереднення «k», необхідних для перетворення вихідного ряду спостережень в персистентний, $H(k) > 0,5$. На рис. 2.9., представлений вихідний модельний часовий ряд, фрагмент антиперсистентного ЧР вагонопотоків по станції.

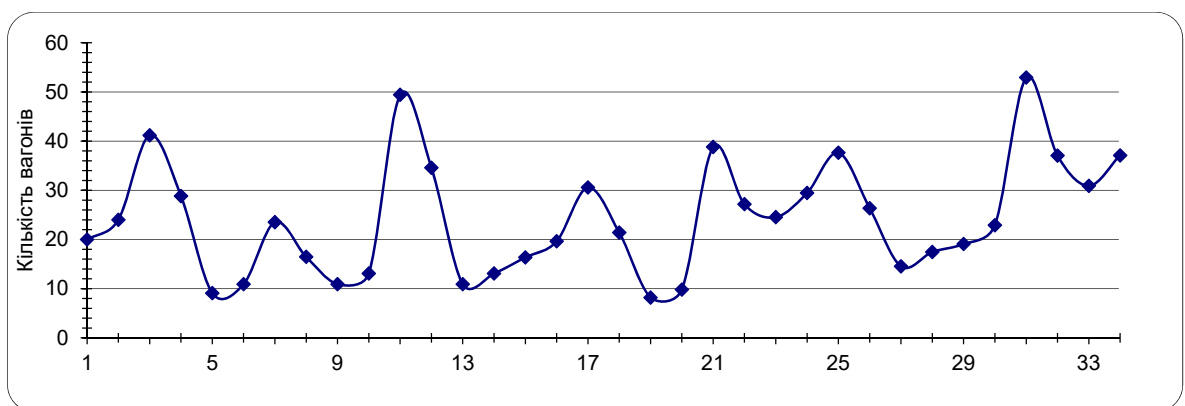


Рис. 2.9. Модельний ряд даних, $H=0,348$

На рис. 2.10-2.11., наведені модифіковані ЧР для різних класів k . Встановлено, що ряд рис. 2.9., відноситься до класу $k = 3$.

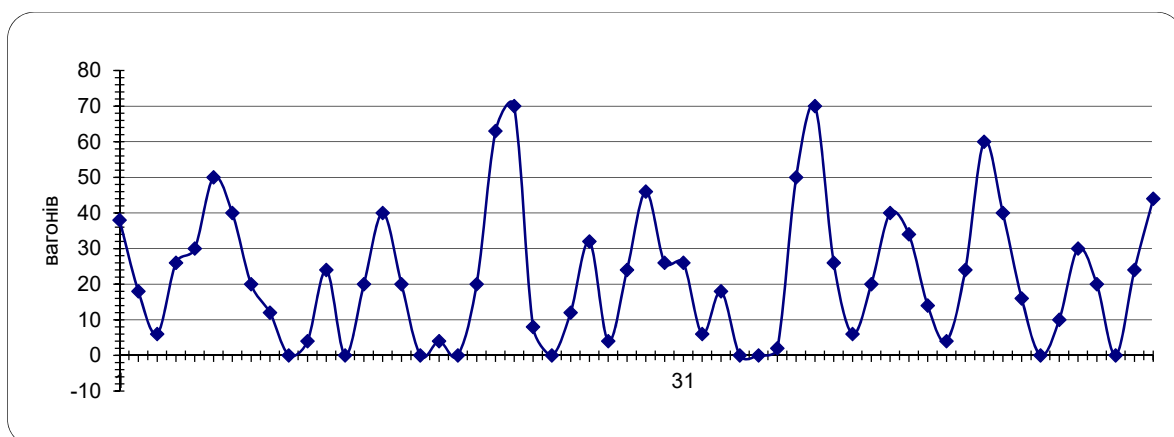


Рис. 2.10. ЧР класу 2, $ЧР_2(2)$, $H=0,422$

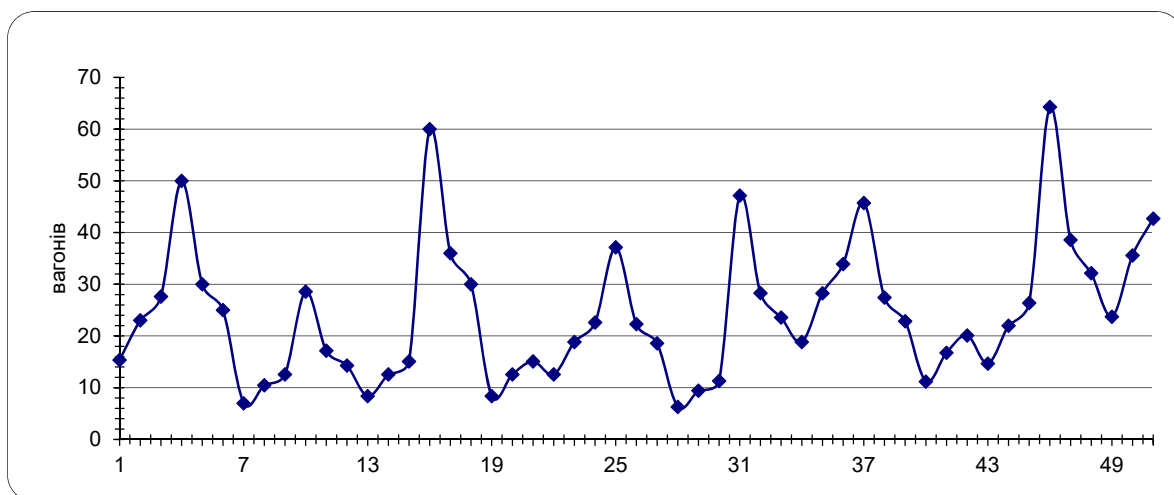


Рис. 2.11. ЧР класу 3, $ЧР_1(3)$, $H=0,563$

Спроба віднести його до класу $k = 5$, рис. 2.12., видається менш успішною, враховуючи значення константи H (2.1). З прикладу ясно, що ЧР рис. 2.9., не відноситься до класу $k = 2$, оскільки показник Херста рис. 2.10., і після другої ітерації залишається $H(k=2) < 0,5$.

На рис. 2.13, представлені параметри процесу дослідження ЧР рис. 2.12 на основі моделі оцінки (2.1).

Представимо результати застосування процедури узагальнення ПКР для аналізу деяких антиперсистентних ЧР-В, які характеризують перевезення зерна (рис. 2.14 -2.15).

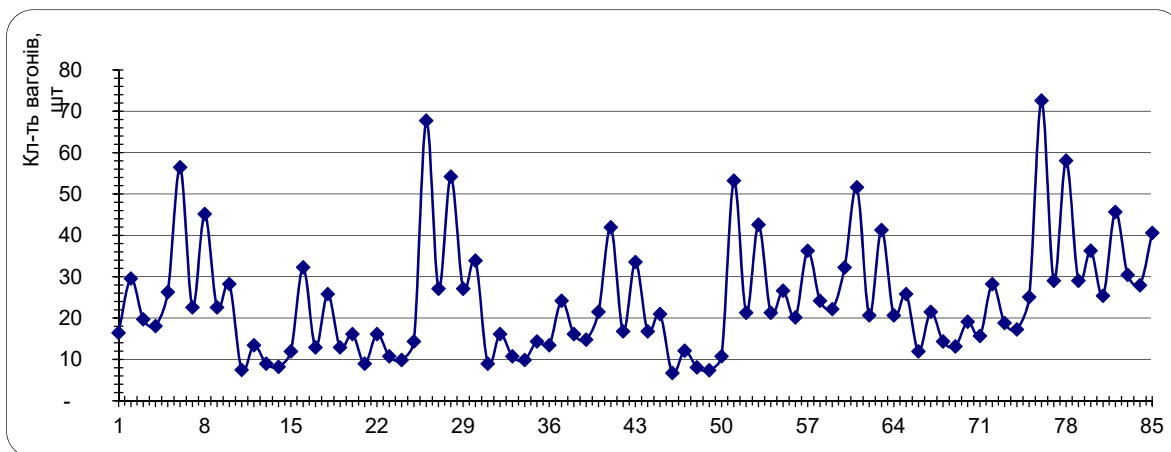


Рис. 2.12. ЧР після застосування процедури, $ЧР_1(5)$, $H=0,5125$

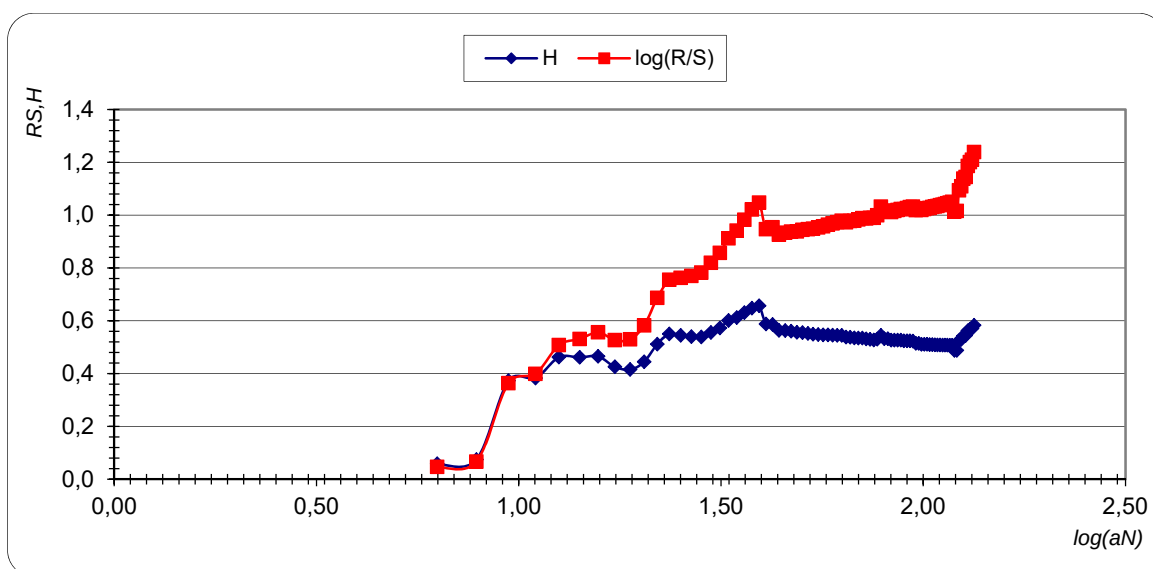


Рис. 2.13. Динаміка змін показників H , R/S , $ЧР_1(5)$



Рис. 2.14. Динаміка об'ємів перевезень зерна по станції протягом місяця

Проведений аналіз дозволив встановити, що представлений ЧР відноситься до 5-го класу (рис. 2.14).

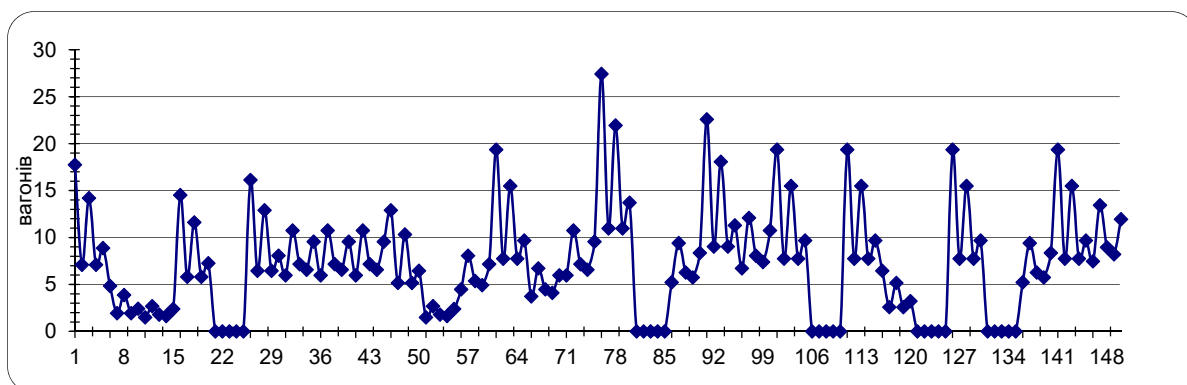


Рис. 2.15. ЧР₁(5), $H=0,587$

При застосуванні ПУРАЧР до ЧР реальних технолого-економічних процесів залізничного транспорту були виявлені наступні класи ЧР

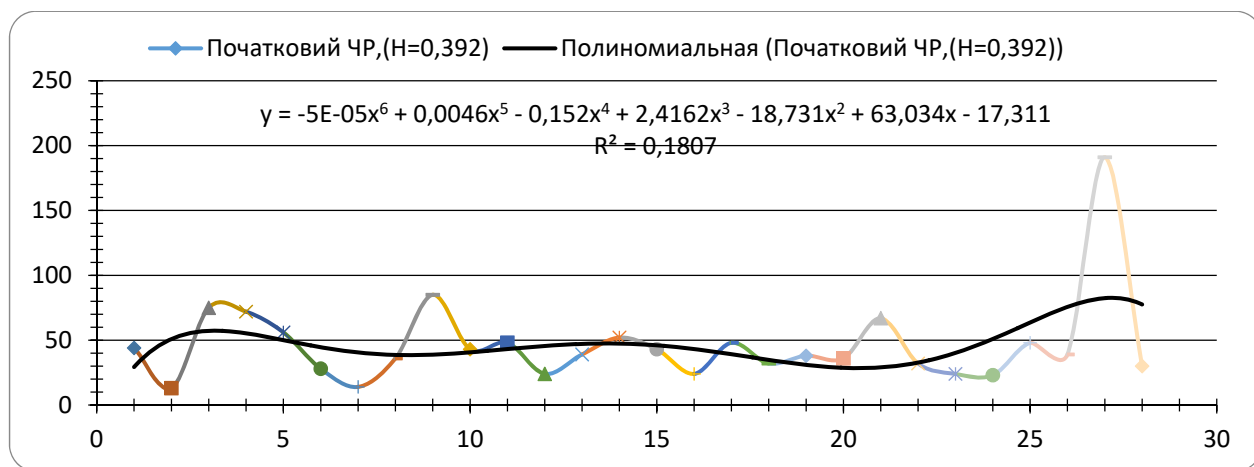


Рис. 2.16. ЧР та лінія тренду перевезень зерна по станції та лінія тренду, $H=0,392$

Розрахунок абсолютних, відносних похибок прогнозу, а також рівень його достовірності для ЧР₁(5) (рис. 2.17) наведено в додатку А, для ЧР₁(7) (рис. 2.19) – додатку Б.

Таким чином, у дослідженні виявлено, що часові ряди запропонованих серій ЧР_i(k) по-різному переходять до категорії персистентних, тобто

узагальнення їх по k рівням дозволяє виділити відповідні окремі «класи АЧР». Ця властивість являється підставою для інтерпретації та прогнозування кількісних характеристик вихідних АЧР. Зрозуміло, що до отриманих $ЧР_i(k)$ у подальшому можливо застосовувати моделі і методи аналізу і прогнозування на основі побудови трендів [65, 61].

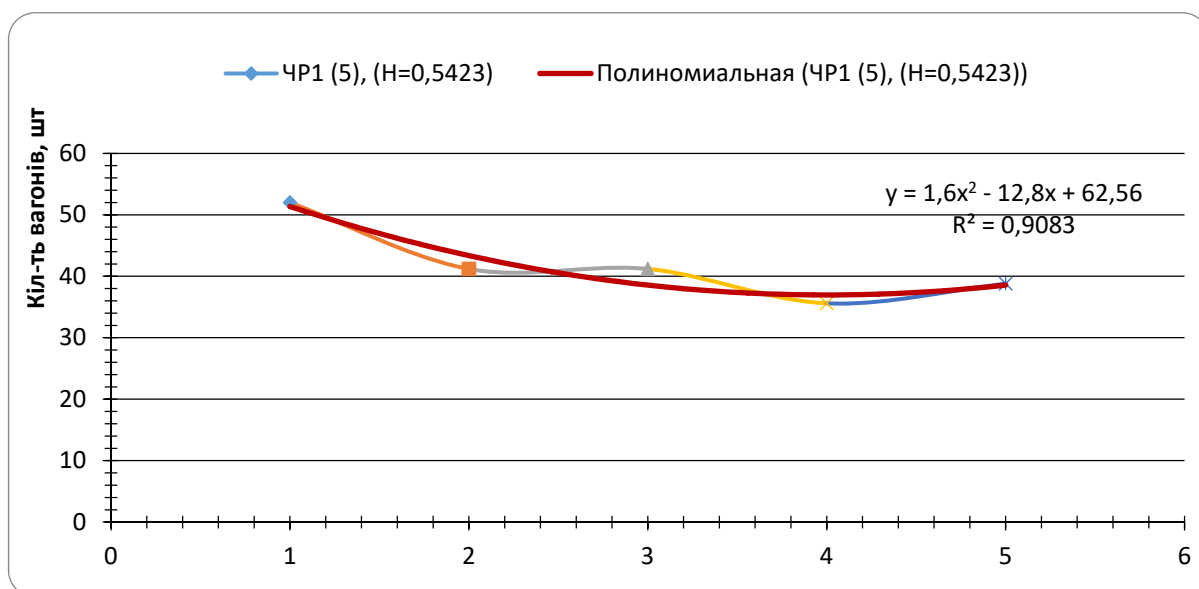


Рис. 2.17. $ЧР_1(5)$, $H=0,5423$

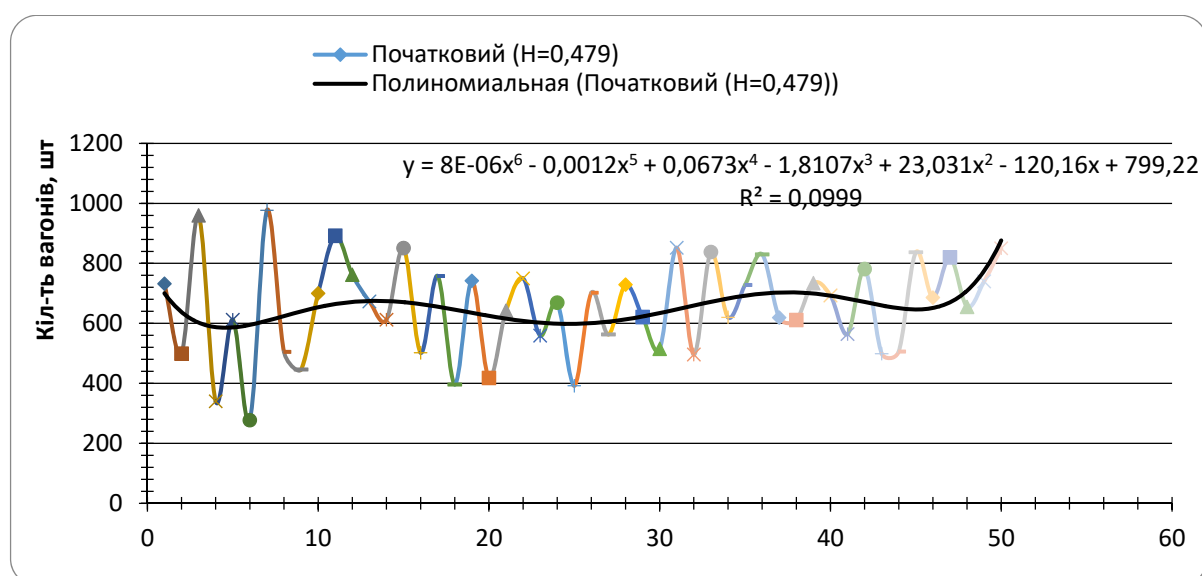


Рис. 2.18. ЧР та лінія тренду вагонопотоку по станції та лінія тренду, $H=0,479$

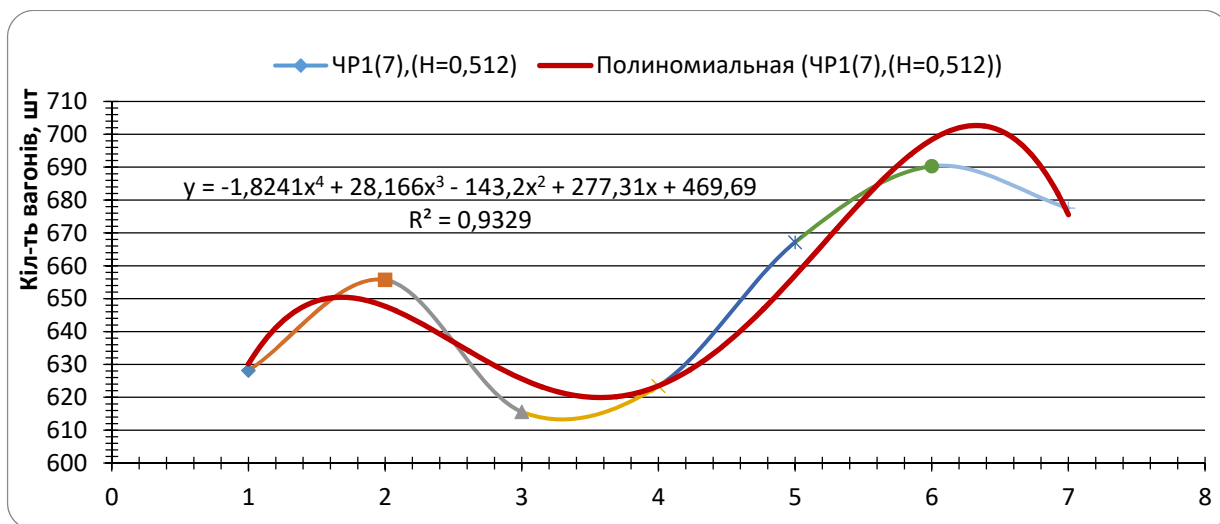


Рис. 2.19. ЧР₁(7), $H=0,512$

Отримані при цьому числові результати дозволяють достовірно прогнозувати показники процесів на інтервал, що відповідає класу узагальнення k (середня абсолютна похибка прогнозу у відсотках ($MAPE$) для ЧР₁(5) та ЧР₁(7) 3,66% та 0,88% відповідно).

Умови, особливості середовища функціонування та специфіка перевізного процесу суттєво впливають на фінансово-технологічні процеси залізничного транспорту. В свою чергу, ці особливості знаходять своє відображення в ЧР, що їх характеризують. Проте не завжди можна виявити та обґрунтувати ті чи інші закономірності, «стрибки» та ін., що притаманні певним ЧР не беручи до уваги природу процесу, що описує ЧР. Наприклад, на рис. 2.20-2.21 зображений ЧР перевезення зернових по станції.



Рис. 2.20. Перевезення зерна по станції за I півріччя



Рис. 2.21. Перевезення зерна по станції за II півріччя

При детальному дослідженні ЧР, з'ясувалося наступне: ЧР є персистентними ($H=0,602$ та $H=0,709$) (рис. 2.22-2.23), а отже придатні до застосування стандартних статистичних методів.

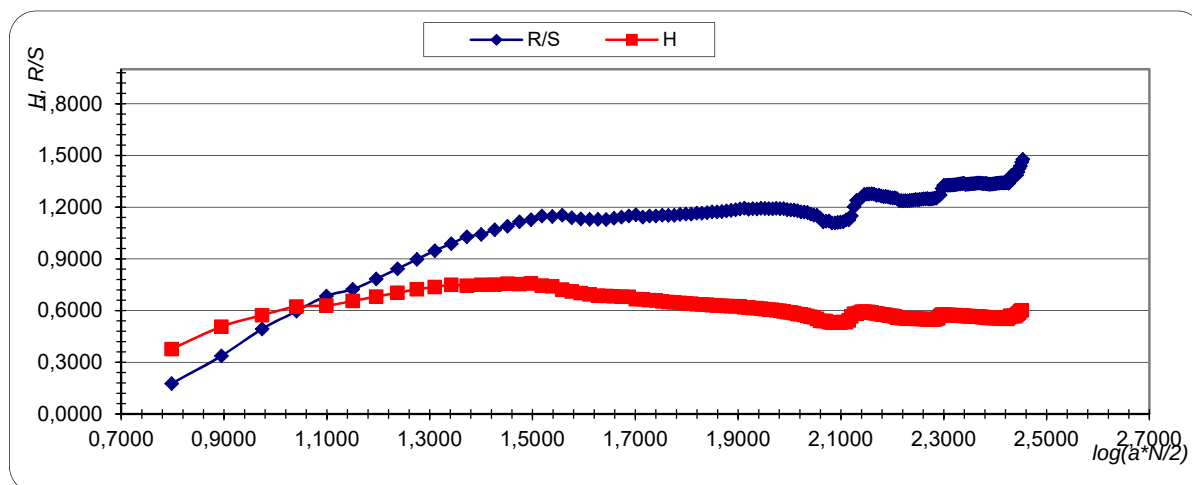


Рис. 2.22. Динаміка змін показників H , R/S , ЧР за I півріччя

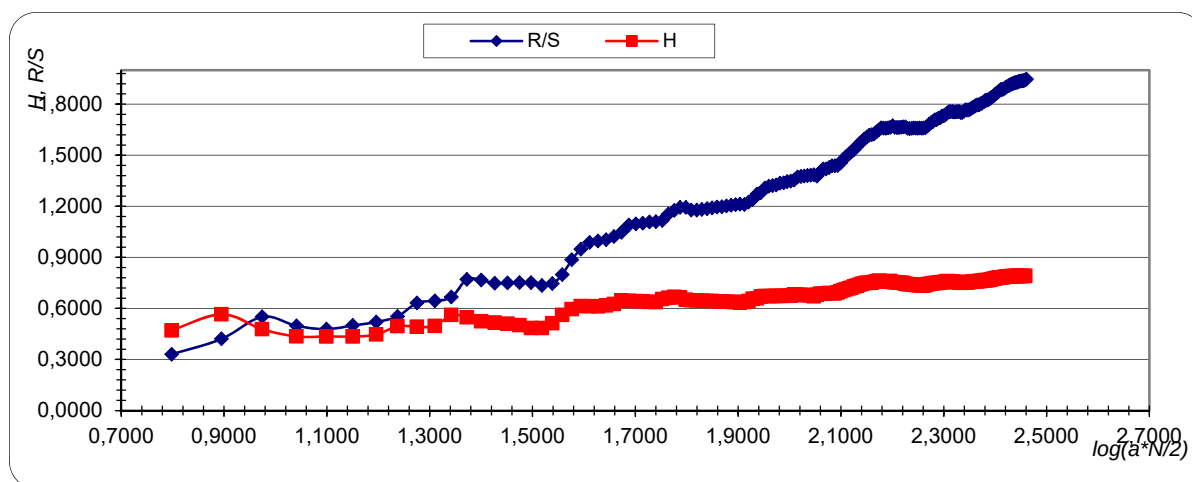


Рис. 2.23. Динаміка змін показників H , R/S , за II півріччя

Застосувавши процедуру агрегації рівнів ЧР та побудувавши тренд, було встановлено, що найбільш достовірним (найбільше значення R^2) виявився тренд для ЧР отриманого агрегацією 7-ми рівнів початкового ЧР (рис. 2.24).

Чому саме ЧР агрегацією з кроком $n=7$ має найбільший показник достовірності R^2 ? Це вдалося з'ясувати, проаналізувавши місячні дані та побудувати їх графік з накопиченням об'ємів (рис. 2.25-2.27).

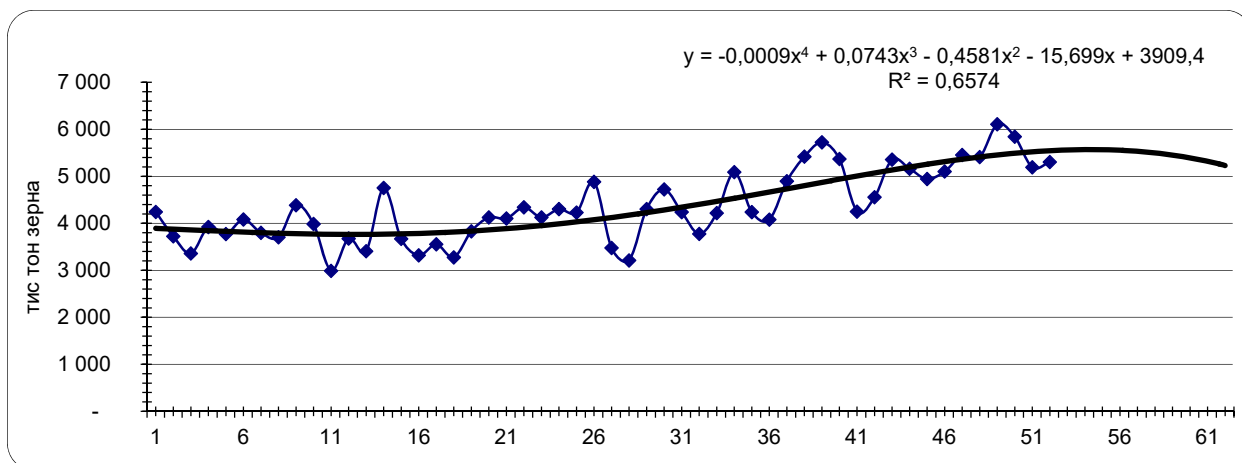


Рис. 2.24. ЧР утворений шляхом агрегації з кроком, $n=7$

Виявляється, зростання та спадання об'ємів перевезень в розрізі місяців синхронні, тобто в певні дні кожного з місяців можна спостерігати зменшення об'ємів перевезень, а в інші – навпаки збільшення. Більш того, цикл синхронізації складає 6-7 днів.

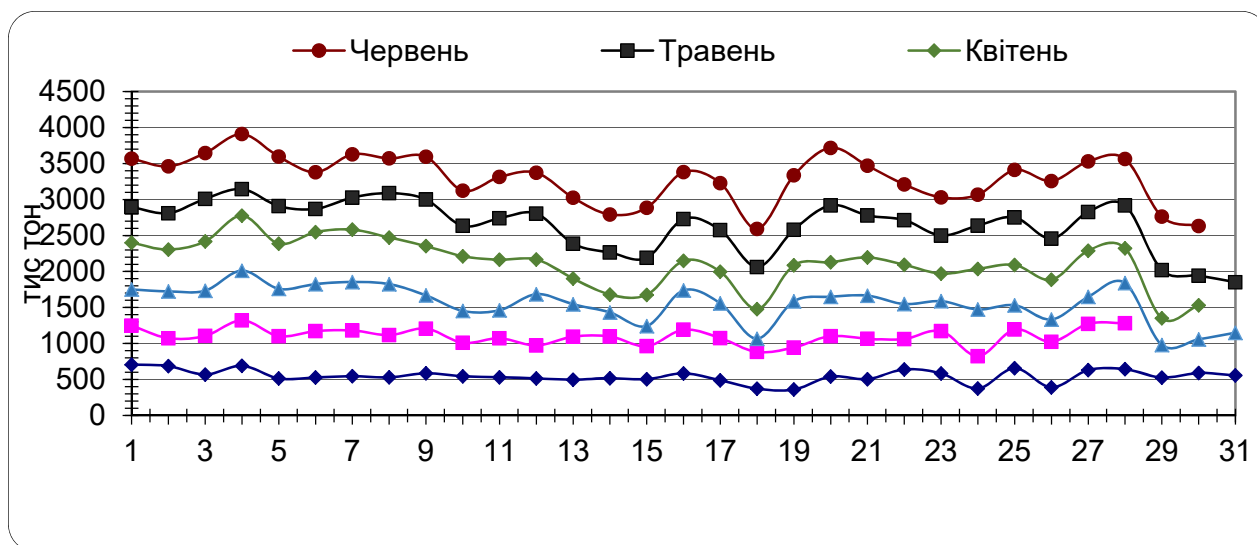


Рис. 2.25. Накопичення об'ємів перевезень зерна за 6 місяців

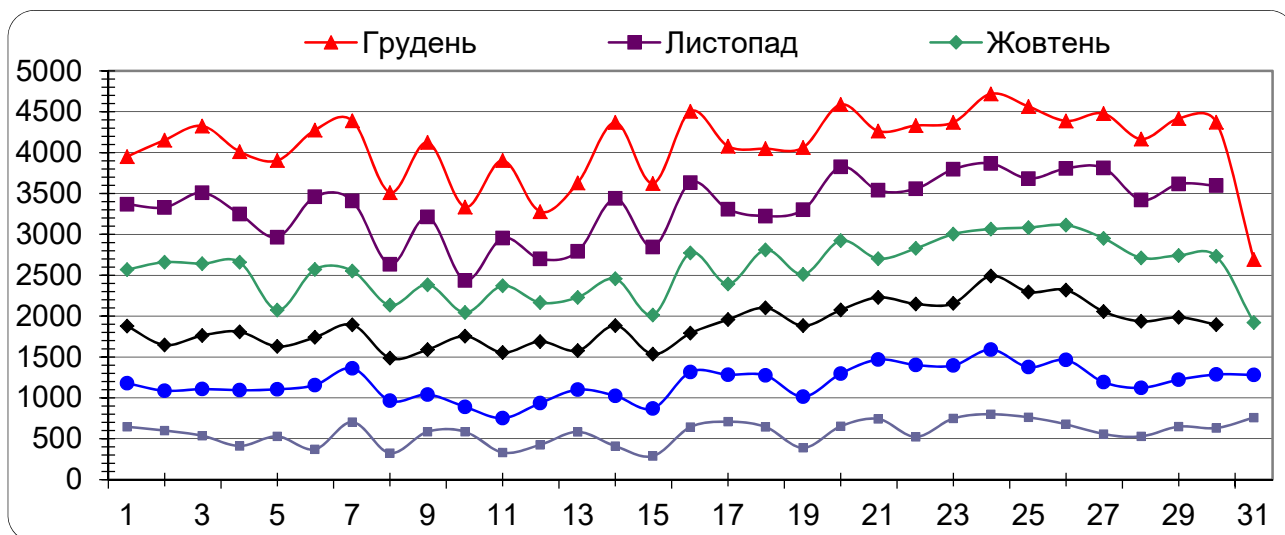


Рис. 2.26. Накопичення об'ємів перевезень зерна за 3 місяців

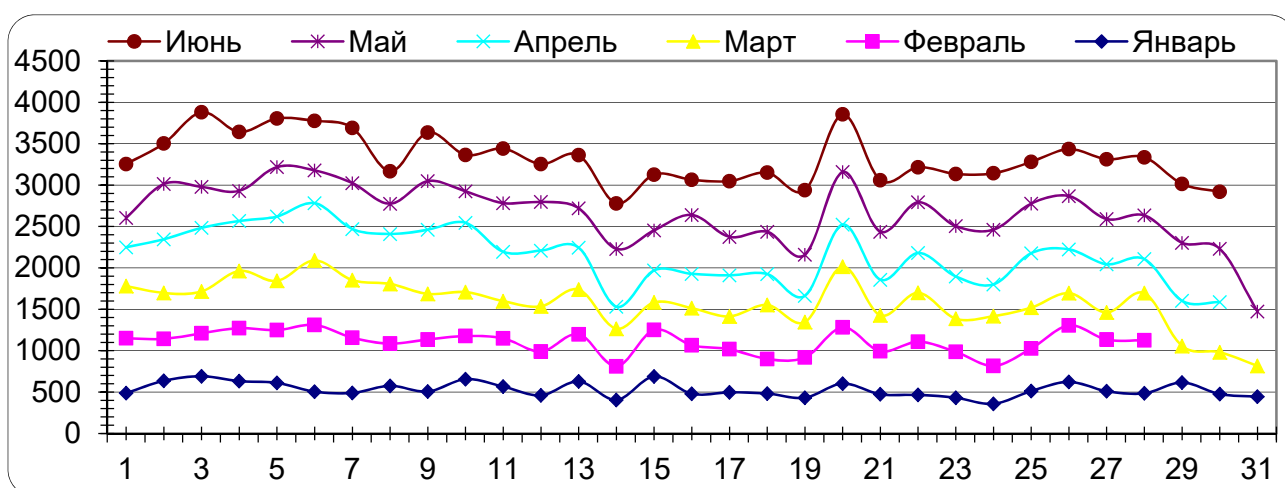


Рис. 2.27. Накопичення об'ємів перевезень зерна за 6 місяців

При подальшому дослідженні подібних процесів та їх ЧР, вдалося встановити, що станції перевезення, з їх розміщенням на логістичних та транспортних маршрутах, характеризуються тижневими циклами роботи. А значить процесам, що формуються під їх впливом, також притаманні цикли з періодом в один тиждень.

Запропонована вище процедура класифікації ЧР (описана вище) дає можливість побудувати більш обґрунтований та достовірний прогноз на основі новоутвореного ЧР з визначенням його класу ($k = \overline{1, m}$). Але в загальному випадку отриманні на основі агрегованого ряду дані не можуть бути використанні безпосередньо, наприклад для оперативного планування. Навіть

коли досліджуваний ЧР класифікований як $k = 2$, на практиці використання такого прогнозу для побудови оперативних планів викликає певні заперечення, тому бажано мати оцінки рівнів для всіх періодів, а не лише групові дані. Використання таких прогнозів для ЧР класу $k > 2$ ще більше ускладнюється.

В зв'язку з цим представимо новий методичний підхід для знаходження прогнозних рівнів всередині класифікованого ЧР. Для цього, на прикладі ЧР $k = 2$, визначимо складові для кожного його рівня (для $k = 2$ – їх відповідно Δ_1, Δ_2).

Для цього побудуємо похідні ний ЧР(k_2) (шляхом агрегації початкових рівнів), починаючи з 2-го рівня. Таким чином, ЧР₁(k_2) (Y_1) та ЧР₂(k_2) (Y_2) будуть зміщені один від одного на 1 рівень. В результаті, кожен рівень початкового ЧР починаючи з другого буде включений в кожен з похідних ЧР.

Далі за співвідношенням, вирахуємо Δ_1 та Δ_2 :

$$\begin{aligned} Y_1(1) &= \Delta_1 + \Delta_2 \\ Y_2(1) &= \Delta_2 + \Delta_3 \end{aligned} \tag{2.4}$$

Оскільки Δ_1 є складовим ЧР₁(k_2), визначаємо значення Δ_2 , а на наступному етапі знайдений параметр Δ_2 стане при нагоді для визначення Δ_3 і тд. Таким чином поетапно визначаючи кожен наступний на основі попередніх значень, зможемо визначити всю внутрішню інтервальну послідовність рівнів.

Для наочності побудуємо прогноз отриманого ЧР та порівняємо його з прогнозом початкового антиперсистентного ЧР (рис. 2.28).

Суттєвість запропонованої процедури щодо використання зміщених послідовностей продемонстровано на рис. 2.28, де агреговані ряди мають однаковий клас, але різні характеристики достовірності утворених трендових моделей (R^2).

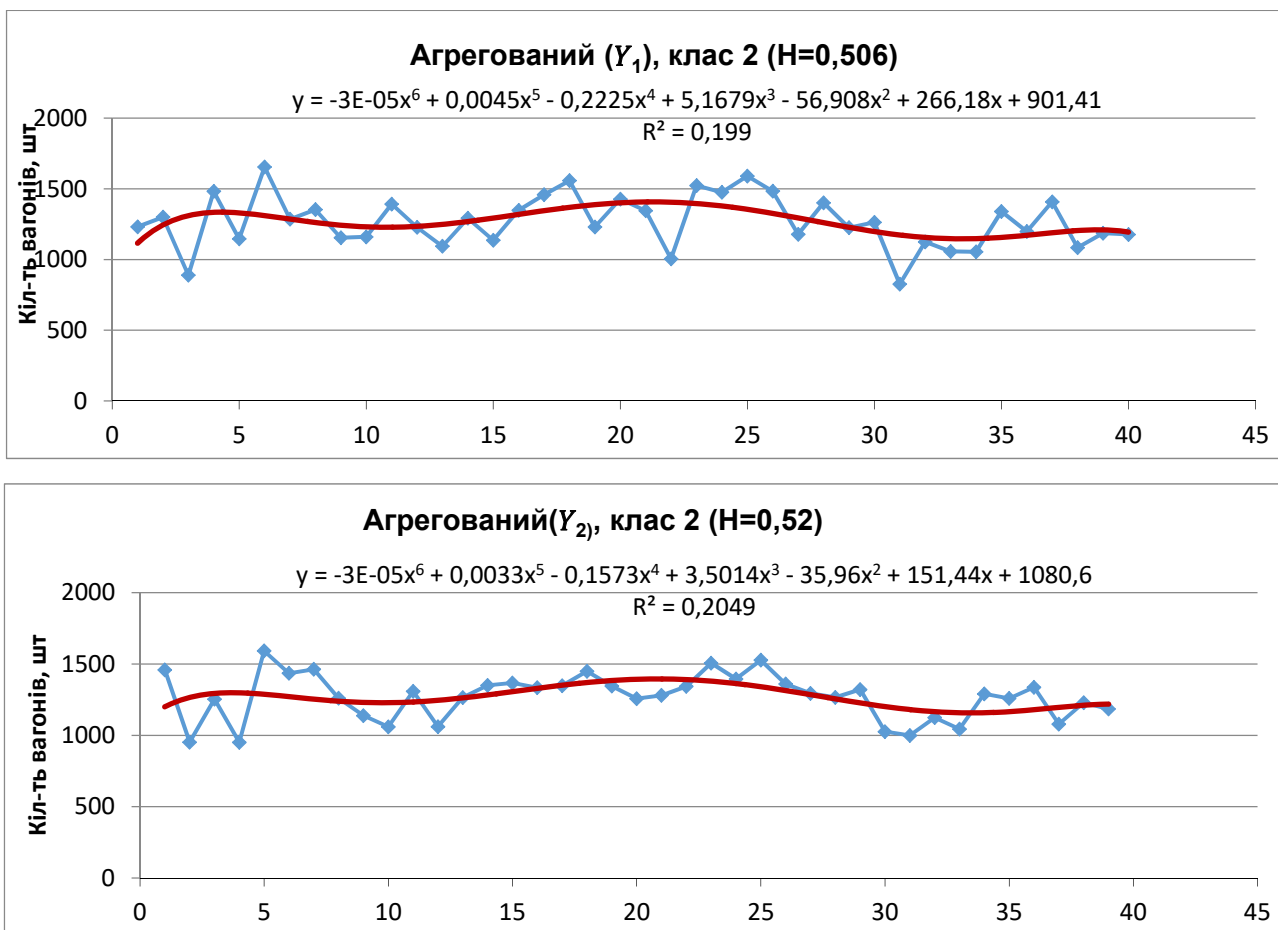


Рис. 2.28. Прогноз для , $\text{ЧР}_1(k_2)$ (Y_1) та $\text{ЧР}_2(k_2)$ (Y_2)

Провівши оцінки точності та достовірності отриманої моделі прогнозу та порівнявши її моделлю прогнозу для початкового ЧР, варто зазначити, що модель побудована на основі агрегованого ЧР має суттєві переваги стосовно точності (додаток Д) та достовірності(R^2) (рис. 2.29).

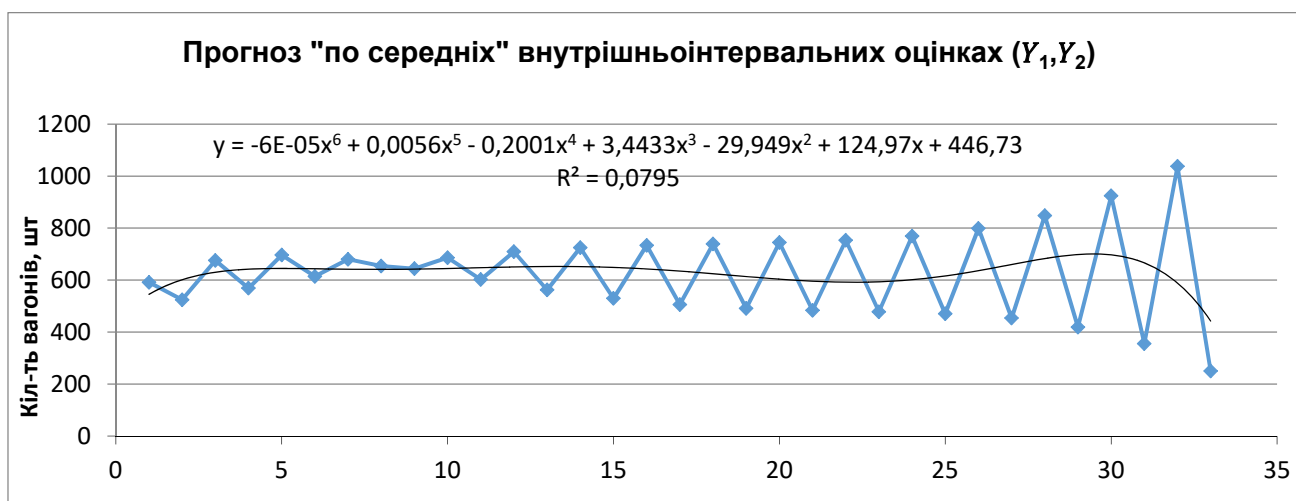


Рис. 2.29. Прогноз на основі внутрішньо інтервальних даних отриманих на основі (2.4)

Таким чином, можна застосовувати наведений методичний підхід до оцінювання та уточнення внутрішніх рівнів ЧР з визначеним класом на основі (2.4) для ЧР з класами $k > 2$, використовуючи наступну систему залежностей записану для визначення одного (першого) рівня:

Наступні рівні агрегованих ЧР формуються послідовно, відповідно членам (2.5), з визначенням їх середніх оцінок.

$$\left\{ \begin{array}{l} Y_1(1) = \sum_{i=1}^k \Delta_i \\ Y_2(1) = \sum_{i=2}^{k+1} \Delta_i \\ \dots \dots \dots \\ Y_k(1) = \sum_{i=k}^{k+k} \Delta_i \end{array} \right. \quad (2.5)$$

Таким чином, за допомогою такої «уточнюючої» процедури, отримаємо можливість щоби надати додаткову (уточнюючу) інформацію щодо оцінок внутрішніх рівнів прогнозованих показників для агрегованих ЧР визначеного класу. Тобто процедура уточнення, використовуючи число трендів « k » для зміщених (агрегованих) ЧР, дозволяє отримати прогнозні значення для інтервальних рівнів ($k = \overline{2,7}$), причому в середині самого інтервалу визначеного класу ЧР. Рівняння (2.5) представляють один із варіантів формування зв'язаної системи похідних агрегованих ЧР, за допомогою якої визначаються оцінки внутрішніх рівнів прогнозованих показників. При формуванні інших подібних за призначенням зв'язаних систем похідних ЧР суттєво, щоб однакові рівні первинного ЧР використовувалися для формування членів кількох похідних агрегованих ЧР. Кожному виду формування таких систем необхідно розробити окрему процедуру розрахунку оцінок внутрішніх рівнів досліджуваних показників.

Порівняльний аналіз уточнення рівнів ЧР в середині інтервалу (рис.2.30) за моделлю (2.5) та «по-середньому» (розрахунки приведені в додатку Д) показує, що абсолютна похибка прогнозу у відсотках ($MAPE$) для прогнозу по ЧР отриманого за (2.5) 16,43%, а для ЧР «по-середньому» – 14,79%. В той же час $MAPE$ для початкового ЧР складає 20,09%. Запропоновані методи уточнення рівнів ЧР визначеного класу («по-середньому», (2.5)) в цілому наглядно демонструють переваги їх використання, в порівнянні з точністю прогнозу для початкового ЧР. Різниця між самими методами досить незначна, враховуючи те що прогнозні моделі мають низький рівень достовірності (R^2 менше 0,2 в обох випадках).

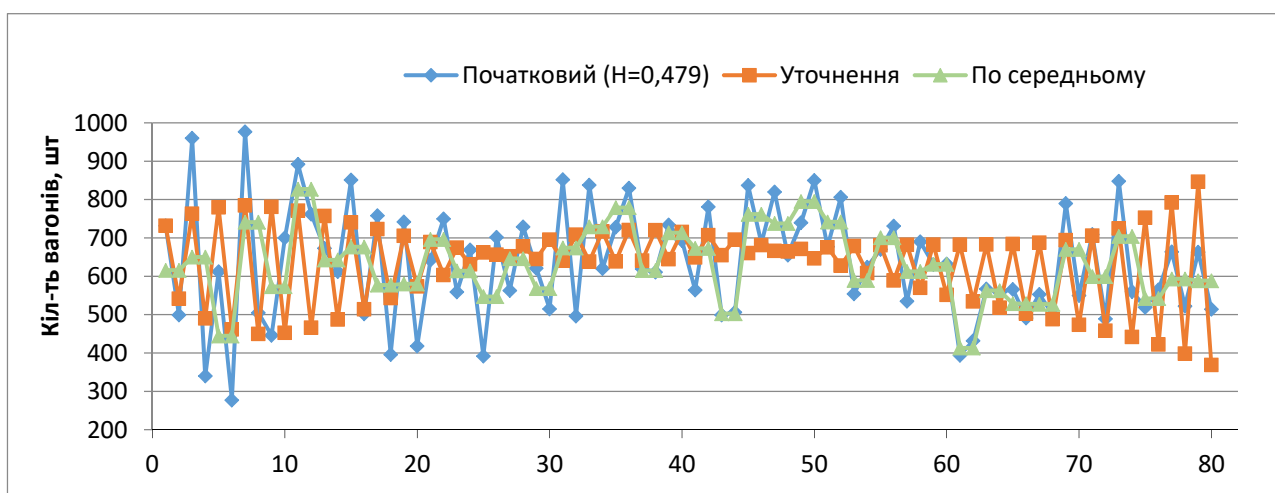


Рис. 2.30. Порівняльний прогноз початкового ЧР та ЧР з визначеним класом та внутрішньо-інтервальними оцінками (агреговані та усередненні)

Запропонована спеціалізована процедура ПКР аналізу послідовностей величин як ЧР, що дозволяє, по-перше, диференціювати антиперсистентні ЧР, віднести їх до деяких різних класів (що розрізняються числом об'єднаних поруч стоячих рівнів, довжинами інтервалів достовірного планування), по-друге, виконувати процедури прогнозування значень сумарних об'ємних показників модифікованого ряду за встановлений інтервал (період узагальнення даних). В рамках процедури ПКР відкривається можливість кількісного аналізу антиперсистентних ЧР, але лише на виявленому при класифікації інтервалі.

Дослідження АЧР стосовно процедур узагальнення їх рівнів, реалізованих у ПУРАЧР, показали їх неоднорідність, що дає можливість проводити класифікацію таких послідовностей. Визначені при цьому класи АЧР являються підставою для формування моделей трендів та інтерпретації узагальнених рівнів. На підставі наведеного можна сформулювати деякий принцип невизначеності хаотичного ряду, який встановлює можливість достовірного аналізу та прогнозування значень показників лише для певного інтервалу k , величина якого обумовлена властивостями АЧР. Наведені результати, докладно подані кроки узагальнення, використовуючи конкретні ЧР, отримані у сфері реалізації вантажних залізничних перевезень, дають підстави для планування відповідних чинників утворення вагонопотоків.

За результатами аналізу згідно (2.1) властивостей модифікованих ЧР необхідно відзначити, що при збільшенні інтервалу узагальнення k вихідний антиперсистентний ЧР систематично переводиться в персистентний (рис. 2.9 – 2.11). Це свідчить про збереження «власних властивостей» досліджуваного ЧР (наявність механізмів породження недетермінованих процесів в силу процесів поїздо-утворення), які проявляються при певних умовах. На рис. 2.10 – 2.11 демонструється не тривіальність змісту процедури осереднення інтервалів (рівнів ряду): ряд класу $k = 3$ (рис. 2.9) все ж в меншій мірі відповідає класу $k = 5$, (рис. 2.11).

У загальному випадку, мабуть, складно встановити приналежність деякого ЧР до певного класу k з необхідною для практики точністю. Для $ЧР_1(5)$ (рис. 2.17) середня абсолютна похибка прогнозу у відсотках ($MAPE$) складає 3,16%, для $ЧР_1(7)$, $MAPE=0,88\%$.

Якщо в результаті застосування ПКР, ЧР можна віднести до декількох класів одночасно, ЧР слід віднести до найменшого класу.

Для знаходження прогнозних рівнів всередині класифікованого ЧР запропоновано методичний підхід, що дозволяє визначати (уточнювати) рівні класифікованого ЧР на основі системи залежностей (2.5). Якщо за процедурою осереднення $ЧР_i(k)$ отримати показник $H(ЧР_i(k)) > H^*$ за встановлене число

кроків не вдається, тоді вважається що до ЧР не застосовуються висновки щодо існування «інтервальної» пам'яті і можливостей прогнозування «інтервальних обсягів» відповідних ЧР показників.

Разом з тим збіжність процедури узагальнення рівнів забезпечується, оскільки для неї в межах виконується осереднення по всіх рівнях ряду. При цьому значення інтервального показника заздалегідь фіксоване – воно дорівнює середньому для ряду, або сумі рівнів ЧР.

У розділі запропоновано теоретико-методичний підхід та математичну модель, що забезпечують можливість прогнозування оцінок величин досліджуваних показників у середині інтервалів невизначеності антиперсистентних ЧР, що надає можливості планування показників відповідних недетермінованих виробничо-господарських процесів. Проведені розрахунки показують, що середня абсолютна похибка прогнозу у відсотках (*MAPE*) для прогнозу по ЧР отриманого за (2.5) 16,43%, а для ЧР «посередньому» – 14,79%. В той же час *MAPE* для початкового ЧР складає 20,09%. Запропоновані методи уточнення рівнів ЧР визначеного класу («посередньому», (2.5)) в цілому наочно демонструють переваги їх використання, в порівнянні з точністю прогнозу для початкового ЧР.

В процесі розробки процедури класифікації АЧР було встановлено, що ПУРАЧР може бути застосована і для випадкових (нестационарних) ЧР за Херстом. Що значно розширює сферу застосування вище згаданої процедури до ЧР технолого-економічних процесів залізничного транспорту.

2.3. Удосконалення теоретико-методичних підходів до оперативного прогнозування показників виробничо-господарської діяльності підприємств на основі методу Т.Демарка

Томас Демарк відомий американський аналітик, трейдер та фінансовий консультант, один з основоположників технічного аналізу, автор понад 20 технічних індикаторів та численних стратегій на біржі [64].

Т. Демарк намагався знайти компроміс між технічним та фундаментальним аналізами. Визнаючи, що довготривалі тенденції на ринку визначаються фундаментальними факторами, він наполягав, що моменти входу та виходу з ринку визначаються саме на основі технічного аналізу.

Теорія Т. Демарка ґрунтується на розробленій ним аксіомі: в основі будь-якого тренду лежать дві критичні точки, через які можна провести пряму. Тренд будується не зліва направо, а навпаки, в зворотному напрямі. Точки, через які проходить ця пряма Т. Демарк назвав TD-точки, а лінії, відповідно, TD-лінії.

Для побудови ліній тренду, необхідно з права на ліво послідовно визначити дві TD-точки і провести через них лінію тренду. В основу методу прогнозування Т. Демарка покладена методика побудови TD-ліній, на основі перевірки істинності критичних точок (TD-точки):

- опорний ціновий максимум повинен бути вище ціни закриття за два бари до його реєстрації;
- опорний ціновий мінімум повинен бути нижче ціни закриття за два бари до його реєстрації;
- для опорного цінового мінімуму ціна закриття наступного бару повинна бути вищою розрахункового значення швидкості підйому TD-лінії;
- для опорного цінового максимуму ціна закриття наступного бару повинна бути нижчою розрахункового значення швидкості падіння TD-лінії.

Опорним ціновим **максимумом** називається бар, з максимальною ціною, вищою, ніж максимуми сусідніх барів.

Опорним ціновим **мінімумом** називається бар, з мінімальною ціною, нижчою, ніж мінімуми сусідніх барів

Т. Демарк досліджував закономірності та поведінку часових рядів на фінансових ринках і рекомендував використовувати лише TD-лінії першого порядку для розрахунку оперативного прогнозу.

В біржових часових рядах кожен окремий бар (період) має чотири характеристики:

- ціна відкриття(Π_0);
- ціна закриття(Π_3);
- максимальна ціна за період(Π_{max});
- мінімальна ціна за період(Π_{min}).

Побудова прогнозу на наступний період зводилась Т. Демарком до наступного:

1. Якщо $\Pi_3 < \Pi_0$, то прогноз розраховувався так:

$$\frac{\Pi_{max} + 2 * \Pi_{min} + \Pi_3}{2} = X;$$

$$Y_{max} = X - \Pi_{min};$$

$$Y_{min} = X - \Pi_{max}.$$

2. Якщо $\Pi_3 > \Pi_0$, то прогноз розраховувався так:

$$\frac{2 * \Pi_{max} + \Pi_{min} + \Pi_3}{2} = X;$$

$$Y_{max} = X - \Pi_{min};$$

$$Y_{min} = X - \Pi_{max}.$$

3. Якщо $\Pi_3 = \Pi_0$, то прогноз розраховувався так:

$$\frac{\Pi_{max} + \Pi_{min} + 2 * \Pi_3}{2} = X;$$

$$Y_{max} = X - \Pi_{min};$$

$$Y_{min} = X - \Pi_{max}.$$

У випадку, якщо ціна наступного періоду не потрапляла до прогнозного коридору, то прогнозний коридор коректувався у відповідну сторону. Приклад побудованого прогнозу наведений на рис. 2.31.

Для побудови оперативного прогнозу вагонопотоку було запропоновано використати метод Т. Демарка [64]. Специфіка методу не дозволяє безпосередньо застосувати його для прогнозування параметрів вагонопотоків, оскільки кожен окремий інтервал ЧР вагонопотоку має одну характеристику – кількість вагонів.

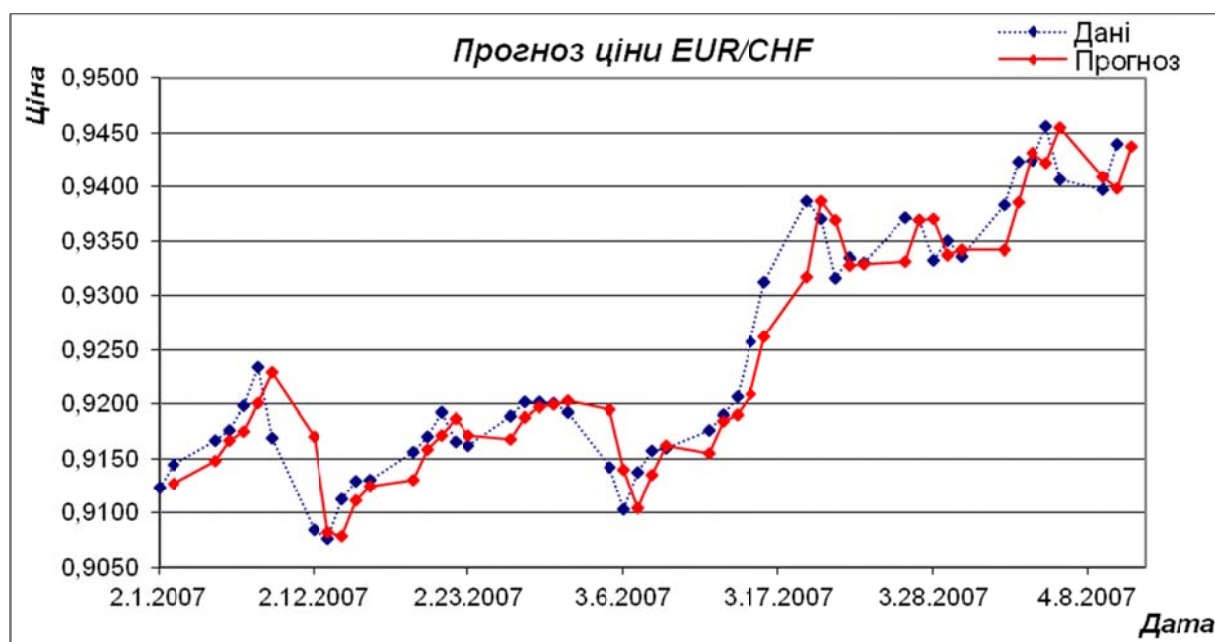


Рис. 2.31. Прогноз ціни валютної пари за методом Т. Демарка

В зв'язку з цим було прийнято рішення використати кожний інтервал ЧР як окрему характеристику ряду. Виходячи з цього, методика Т. Демарка була адаптована для побудови оперативного прогнозу вагонопотоку:

$$X = \frac{(\min\{\text{Знач2}, \text{Знач1}\} + \max\{\text{Знач2}, \text{Знач1}\} + 2 * \text{Знач}_{\text{сред}})}{2}$$

$$Y = \frac{(X - \max\{\text{Знач2}, \text{Знач1}\}) + (X - \min\{\text{Знач2}, \text{Знач1}\})}{2} \quad (2.6)$$

де: Y – прогнозне значення; $\text{Знач1}, \text{Знач2}$ - попередні значення ряду; $\text{Знач}_{\text{сред}}$ - середнє арифметичне Знач1 та Знач2 ; $\max\{\text{Знач2}, \text{Знач1}\}$ - максимум із двох значень; $\min\{\text{Знач2}, \text{Знач1}\}$ - мінімум із двох значень.

Головним питанням, яке необхідно було вирішити, це яку кількість попередніх значень ряду необхідно використовувати для побудови прогнозу 2, 3, 4 чи більше?

В результаті проведеного аналізу, встановлено, що взаємозв'язок між сусідніми елементами ЧР значима, тобто, попереднє значення значною мірою

впливає на наступне. Але при віддалені на один елемент від поточного, цей вплив значно зменшується.

Таким чином, необхідно використовувати лише два попередніх рівня ряду для побудови оперативного прогнозу, а подальше збільшення кількості рівнів часового ряду для прогнозування є неефективним. На рис. 2.32-2.33, поданий оперативний прогноз вагонопотоку з використанням адаптованого метода Т. Демарка.

Основним слабким місцем цього методу, була точність прогнозу. Для оцінки точності прогнозу, побудованого цим методом, скористаємося методом «бутстреп» [65]. Одним із призначень методу «бутстреп» є збільшення кількості даних для аналізу. Для цього, наприклад, з ЧР виключаємо одне значення. Таким чином, отримуємо «новий» ЧР, який зберігає всі характеристики початкового ряду. Існують також інші процедури розмноження вибірок відповідно до методу «бутстреп». Процес можна повторювати багаторазово, при цьому після кожного створення «нового» ЧР необхідно повертати виключенні значення назад:

$$\begin{aligned} & x_2, x_3, \dots, x_{k-1}, x_k, x_{k+1}, \dots, x_{n-1}, x_n; \\ & x_1, x_3, \dots, x_{k-1}, x_k, x_{k+1}, \dots, x_{n-1}, x_n; \\ & x_1, x_2, x_4, \dots, x_{k-1}, x_k, x_{k+1}, \dots, x_{n-1}, x_n. \end{aligned}$$

Таким чином, збільшив кількість подібних вибірок і побудувавши прогноз по кожній із них, можна провести оцінку точності адаптованого методу.

Прогнози по кожній вибірці усереднили. Для прогнозу, який представлений на рис. 2.32, кількість вибірок отриманих за допомогою «бутстреп» дорівнює 5, при цьому відносна похибка прогнозу по (2.6) склала $e(\hat{Y}) = 8,77\%$.



Рис. 2.32. Оперативний прогноз за адаптованим методом Т. Демарка

Експериментально було встановлено, що при збільшенні кількості вибірок, отриманих за допомогою «бутстреп», точність прогнозу значно не зростає. Наприклад, для вищеприведеного ряду відносна похибка прогнозу при 25 вибірках склала $e(Y) = 8,74\%$.



Рис. 2.33. Оперативний прогноз вагонопотока з використанням «бутстреп»

Також було встановлено, що за допомогою адаптованого методу Т. Демарка можна прогнозувати інші показники. Наприклад, на рис. 2.34, наведений ЧР простою вагонів на станції в грошовому вираженні.



Рис. 2.34. Простій вагонів на станції, тис грн.

В результаті встановлено, що більшість показників роботи підприємств залізничного транспорту представлені векторними інтервальними ЧР. Для складання оперативного прогнозу цих показників можна використовувати адаптований метод Т. Демарка, який в комбінації з методом «бутстреп», надає можливість не тільки побудувати прогноз, але й оцінити його точність.

2.4. Розвиток методичних підходів і моделей до діагностування параметрів технолого-економічних процесів при невизначеності параметрів

В підрозділі досліджено можливості створення компонентів уніфікованих інтелектуальних автоматизованих систем залізничного транспорту на основі платформи аналітичних серверів. Для цього удосконалено процедуру методу нечіткого логічного виведення, виконано формалізацію та реалізацію уніфікованих завдань діагностування характеристик виробничих процесів з

нечіткими параметрами, а також в умовах неоднорідної невизначеності вихідних даних.

В інформаційні структури автоматизованих систем УЗ, зокрема єдиної системи автоматизованої системи керування вантажними перевезеннями – АСК ВП УЗ-Є, можуть бути вбудовані практично всі технологічні та економічні процеси роботи вантажного залізничного транспорту, а також інші технології експлуатації об'єктів УЗ [50, 54, 121]. Система автоматизує завдання, які раніше попередньо вирішувалися окремими АСУ на різноманітних технологічних і технічних базах. В роботі [122] були запропоновані принципи створення платформи аналітичних серверів у складі АСК ВП УЗ-Є, як певних уніфікованих компонентів систем підтримки прийняття рішень. Також в ній були представлені приклади реалізації окремих завдань та процедур прийняття рішень на основі моделей АнС. З метою подальшого розвитку цієї інформаційно-аналітичної платформи УЗ розглянемо особливості та методи формування інформаційних технологій платформи для створення або удосконалення уніфікованих базових функцій АнС.

У розділі 1 були приведені приклади базових завдань та функцій АнС в окремій частині стосовно управління експлуатацією парків ТС. Серед них одним із головних є завдання діагностування параметрів індивідуальних інтелектуальних моделей, отриманих шляхом застосування (дистанційного) моніторингу. Разом з цим процедури діагностування параметрів або станів складних систем і процесів входять до багатьох завдань управління, тому їх уніфікована аналітична підтримка є важливою, вона підвищує якість і ефективність управлінських рішень в цілому. Змістовно завдання діагностування (та інформаційні технології щодо забезпечення) полягають у тому, щоб на основі використання результатів вимірів набору контрольованих параметрів об'єкта $X = \{(x_i), \quad i = 1, 2, \dots, m)\}$ визначити його стан щодо діагностування із множини можливих $Y = \{(y_k), \quad k = 1, 2, \dots, l)\}$. При цьому для забезпечення повноти завдання діагностування до числа можливих необхідно включити всі стани – як справні, так і не справні.

Побудова процедур АнС для завдань діагностування (АнС-Д) суттєво залежить від характеристик даних (X, Y) , їх обсягів, точності, узгодженості, достовірності та ін.

Визначимо наступне завдання щодо формування уніфікованих процедур діагностування для досить поширеного в умовах виробничих процесів випадку, коли параметри (X, Y) є або моделюються нечіткими величинами. При цьому структура та функціонування АнС-Д суттєво залежить від моделей відображення умов і методів отримання результатів – логічного висновку [73, 118]. Для забезпечення потрібного високого ступеня узагальнення завдання та достатньої простоти застосування такого сервісу використаємо результати роботи [118] щодо побудови нечітких експертних систем діагностування станів об'єкта.

Методи і процедури діагностування станів систем і процесів становлять значну і важливу складову багатьох технологічних і економічних систем управління різних галузей [54, 123, 68]. У роботах [68, 124] досліджені моделі, методи і технології сучасних автоматизованих систем ЗТ України, в тому числі діагностування станів електродвигунів (ЕД) стрілочних переводів. Процеси експлуатації парків ЕД [24, 37, 39], певним чином досліджені у нашій дисертаційній роботі.

У розділі нами вирішуються завдання щодо математичного моделювання процедур діагностування параметрів складних економічних, технологічних, інформаційних та інших процесів у транспортних системах у випадках, коли одночасно існує одна або разом кілька різних видів невизначеності в оцінках їх характеристик. Тобто має місце випадок багаторазової невизначеності параметрів моделі керованої системи: випадковість, неточність, нечіткість, інтервальні оцінки значень, їх комбінації [11]. У більшості випадків [2, 3, 23], моделювання процедур діагностування здійснюється на основі однорідних по виду невизначеності величин або шляхом переходу до відповідних типів моделей. При таких перетвореннях неминуча втрата або спотворення вихідної інформації. В [11] розроблено метод і процедури нечітко-статистичного

управління (НСУ), орієнтовані на вирішення розрахункових завдань – прогнозування величин тощо. Вони забезпечують об'єднання в рамках класичної моделі нечіткого управління [2, 23, 30] як апіорної нечіткою, так і накопичуваної статистичної інформації. Наприклад, результати спектрального аналізу струмів електричних двигунів можна вважати стохастичними, а дані представлені електромеханіками є нечіткими. Далі в розділі виконано удосконалення методів і засобів НСУ щодо спеціалізованих завдань діагностування для ІТ платформи аналітичних серверів АСУ ЗТ, коли одночасно мають місце кілька різних видів невизначеності: випадковість, неточність, нечіткість, їх комбінації.

На рис. 2.35 графічно представлено зміст процедури НСУ для двох умовних правил, в яких права частина є лінійною функцією відносно вхідних змінних (X). На рисунку показано, що кожна змінна моделі має дві форми невизначеності – описується за допомогою функцій належності до нечітких множин (зверху над віссю), а також у вигляді гістограм. На основі одночасного використання цих моделей змінних (X) оцінюються ступені активності правил для вхідних параметрів.

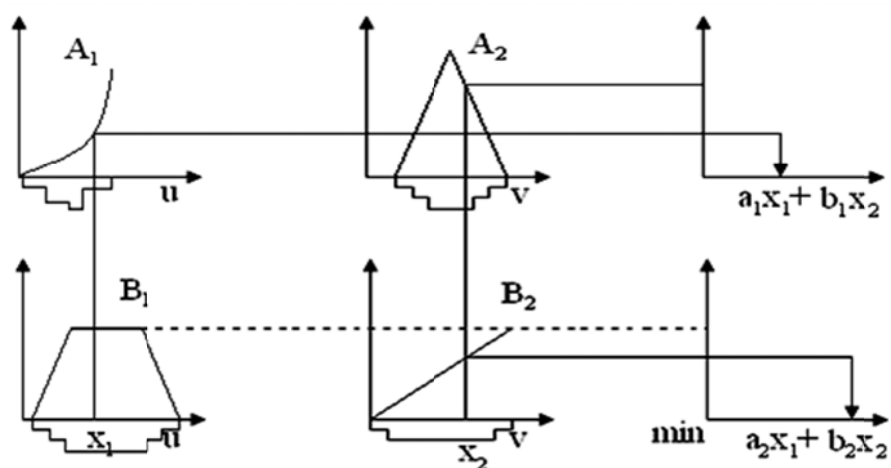


Рис. 2.35 Схема нечітко-статистичного управління типу Такагі-Сугено

Для застосування схеми методу нечіткого управління Такагі-Сугено (Т-С) при невизначеності різних видів в [11] запропоновані інтегровані показники –

індекси достовірності $d(x)$, як середні геометричні нормованих оцінок окремих компонентів:

$$d(x) = [d_{D_1N}(\bar{x}_1) \cdot d_{D_2N}(\bar{x}_2) \cdot \dots \cdot d_{D_nN}(\bar{x}_n)]^{1/n} \quad (2.7)$$

У (2.7) $d(x)$ являє узагальнену оцінку ступеня достовірності n -мірного вектору вхідних змінних (X), правил Т-С моделі, тобто правил виду (2.8). Окремі компоненти (X) приймають значення із множин $[0, 1]$. Цей індекс (2.7) в подальшому використовується в методі Т-С, подібно до ступеня належності для нечітких величин [2, 10, 23, 30].

В моделі Т-С управління [11, 23] використовується база правил вигляду:

$$\begin{aligned} R^{(1)} : & I F(x_1 is D_1^1 AND x_2 is D_2^1 AND \dots x_n is D_n^1) THEN y_1 = f^{(1)}(x_1, x_2, \dots, x_n) \\ R^{(N)} : & I F(x_1 is D_1^N AND x_2 is D_2^N AND \dots x_n is D_n^N) THEN y_N \\ & = f^{(N)}(x_1, x_2, \dots, x_n) \end{aligned} \quad (2.8)$$

де R^k - окремі правила; D_s - узагальнені форми оцінки умов невизначених (нечітко-статистичних [11] або інших) множин (2.7), які можуть бути різні для окремих правил. В правій частині правил (2.8) вказані результуючі функції, які в більшості реалізацій являються лінійними відповідно змінних $X = \{(x_i), i = 1, 2, \dots, m)\}$. Для визначення результату, величини параметру управління, необхідно за оцінками сигналів X_j розрахувати значення $\bar{y}_1 = f^{(1)}(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n)$ відповідно (2.8), встановити «вагу» (активність, достовірність умов, ступеня виконання) кожного з правил відповідно (2.9), узагальнити оцінки всіх правил з урахуванням їх достовірності, наприклад за (2.10):

$$W^1 = \left\{ \begin{array}{c} \min\{d_{D_1^1}(\bar{x}_1), d_{D_2^1}(\bar{x}_2), \dots, d_{D_n^1}(\bar{x}_n)\} \\ OR \\ d_{D_1^1}(\bar{x}_1) \cdot d_{D_2^1}(\bar{x}_2) \cdot \dots \cdot d_{D_n^1}(\bar{x}_n) = \prod_j d_{D_j^1}(\bar{x}_j) \end{array} \right\} \quad (2.9)$$

$$\bar{y} = \frac{\sum_{k=1}^N w^k \bar{y}_k}{\sum_{k=1}^N w^k} \quad (2.10)$$

У (2.9) відповідно методу Т-С управління «ступінь активності» правил розраховується методами Мамдані або Ларсена [2, 10] для показників (2.7). Величина показника (2.10) узагальнює компроміс, результати окремих правил (2.8), на основі принципу абсолютної поступки [6]. Компроміс (2.10) у цілому являється прийнятним для лінійних систем.

В [11] також розроблена мультиплікативна модель компромісу правил (2.8), яка забезпечує формування управління з аксіоматично встановленим набором властивостей рішень, а також сформоване модифіковане багаторазово невизначене за (2.7) управління типу Такагі-Сугено, яке реалізує задання оцінювання або прогнозування величин результуючих параметрів $Y = \{(y_k), k = 1, 2, \dots, l\}$. В цих дослідженнях завдання із діагностування можливих станів систем, як окремої специфічної форми нечіткого і багатократно невизначеного управління, не розглядалося.

Розглядається формування моделі завдання діагностування та створюється уніфікована процедура платформи АнС-Д, яка узагальнює результати щодо методу логічного виведення для нечіткого діагностування [118]. Процедура складається із наступних стандартних етапів:

- формування наборів контрольованих параметрів (X) і діагностованих станів (Y), які в подальшому представляють терм-множини лінгвістичної змінної РЕЗУЛЬТАТИ;

- формування функцій належності параметрів (X) терм-множинам значень (Y) змінної результати:

$$(\mu_1(x_i), \mu_2(x_i), \dots, \mu_l(x_i)), \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (2.11)$$

- визначення (наприклад за методом аналітичних ієрархій [125]) для кожної терм-множини $y_k \in (Y)$ вагових коефіцієнтів важливості параметрів (X):

$$W^{(k)} = (w_{1k}, w_{2k}, \dots, w_{mk}), \quad k = 1, 2, \dots, L; \quad \sum_j w_{jk} = 1 \quad (2.12)$$

– отримати значення контрольованого набору параметрів, (X) виконати розрахунок набору значень функцій належності для кожної терм-множини значень (Y) змінної РЕЗУЛЬТАТИ:

$$(\mu_1(x_{i*}), \mu_2(x_{i*}), \dots, \mu_l(x_{i*})), \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (2.13)$$

– розрахувати значення результуючих показників терм-множин (можливих станів) з урахуванням вагових коефіцієнтів $W^{(k)}$, $k = 1, 2, \dots, l$;

$$V^{(k)} = \sum_i w_{ik} \times \mu_{ik}(x_{i*}), \quad k = 1, 2, \dots, l. \quad (2.14)$$

Величини $\{V^{(k)}\}_l$ представляють зважені оцінки ступенів належності вхідного набору (X) до відповідних терм-множин змінної РЕЗУЛЬТАТИ, максимальна з яких визначає підсумок діагностування:

$$V^{(\text{rez})} = \max_k (V^{(k)}(Y)) \quad (2.15)$$

Модель (2.14) – (2.15) представляє собою певну форму методу Такагі-Сугено [63], де показники активності окремих правил (2.14) являють собою результати застосування функціональних перетворень вихідних даних, як правил логічного виведення, замість найбільш часто використовуваної лінійної функції змінних (X) . Величина (2.11) представляє певний спосіб узагальнення результатів окремих правил (2.12). Виходячи з моделі оцінки висновку (2.10), база знань процедур діагностування складається із наступних правил:

$$v^{(k)} = \frac{V^{(k)}}{\sum_{(k)} V^{(k)}} \quad (2.16)$$

в яких функції $f_i^{(k)}(x_i)$ являються функціями приналежності (2.11), тобто:

$$f_i^{(k)}(x_i) = M_i^{(k)}(x_i) \quad (2.17)$$

На основі значень (2.12), (2.13) можуть бути сформовані різноманітні показники, які визначають відносні порівняльні оцінки результатів (2.14), наприклад, нормований відсоток тощо. В роботі [34] такі показники визначають порівняльну достовірність окремих терм-множин (Y) а саме:

$$v^{(k)} = \frac{V^{(k)}}{\sum_{(k)} V^{(k)}} \quad (2.18)$$

Зауважимо, що показники (2.18) і подібні ним в нашому випадку отримані на основі інтегрованих оцінок індексів достовірності $d(x)$ (2.7). При цьому, суттєво, що у загальному випадку величини (2.6) можуть бути сформовані за показниками різних категорій невизначеності компонентів вхідного вектору (X). Вони дозволяють встановити лише взаємо відносні або порівняльні оцінки наявності діагностованих станів змінної результати (Y). Такий висновок пояснюється тим, що різним категоріям невизначеності даних притаманні специфічні процедури інтерпретації результатів. Наприклад, формування стандартних наборів показників за допомогою статистичних процедур.

При порівнянні нормованих оцінок показників (2.12) з встановленими рівнями або між собою можливо діагностувати декілька станів (Y) системи. Наприклад, до групи діагностованих станів можна віднести ті, оцінки яких (2.18) близькі за певною встановленою мірою. Якщо стани (Y) визначають можливі види відмов ЕД, тоді очікуваними являються такі типи термів (2.16), значення яких відрізняються від максимального на встановлений відсоток.

Засобами моделі нечіткого діагностування (2.9) – (2.13) також вирішуються завдання із визначення очікуваних термінів виникнення певних недетермінованих подій, наприклад, щодо параметрів процесів експлуатації ЕД, які для прикладу були наведенні вище. В цьому разі в якості

діагностованої множини (Y) використовуються терми лінгвістичної змінної ПЕРІОД («До 3-х місяців», «До 6-х місяців» тощо), а також відповідні набори контрольованих вихідних змінних (X). Результати розрахунків за (2.12) – (2.13) дозволяють отримати найбільш достовірні за умов існуючої інформації оцінки періодів до очікуваних подій.

Сервісне забезпечення зазначених кроків із реалізації запропонованої моделі нечіткого прогнозування, інтерпретовані в залежності від конкретного прикладного застосування, визначає специфічну складову процедур АнС-Д.

Покажемо приклад застосування запропонованого методичного підходу щодо використання процедури (2.9) – (2.13) для реалізації завдання діагностування станів об'єктів парку ТС що певним чином відповідає значенням економічних показників процесів експлуатації. Відзначимо що в роботах [126] було вирішене завдання з оптимального управління організаційно-технічними процесами експлуатації парків стрілочних електричних двигунів (ЕД). При цьому були ураховані умови невизначеності, які можливо представити у формі нечітких величин [68, 75]. Завдання автоматизації процесів експлуатації було вирішене на основі створення інтелектуальної ІТ контролю парку на основі оцінок поточного стану ЕД. При цьому створення засоби діагностування засновані на аналізі даних моніторингу параметрів частотного спектру робочого струму двигуна, а отримання спектральних характеристик струму ЕД реалізовано за допомогою швидкого перетворення Фур'є [126, 127]. Для кожного електродвигуна у системі супроводу процесів експлуатації формується індивідуальна інформаційна модель (ІМ), в якій накопичуються і зберігаються поточні характеристики ЕД, а також характеристики справного стану двигуна. При їх зіставленні під час діагностування отримують оцінки достовірності виявлених несправностей ЕД. Ці отримані оцінки далі зберігаються в ІМ ЕД. Для процедур діагностування була застосована нечітка експертна система типу Мамдані-Заде [68, 75], розроблена для діагностування станів ЕД в [126].

Зазначена вище удосконалена процедура діагностування станів контрольованих систем [126] може бути реалізована на основі створюваної інформаційно-аналітичної платформи АнС-Д таким чином. З використанням програмного інструментарію АпС у якості контрольованих параметрів (X) обираються величини інтенсивності частот у системі заданих діапазонів. Також у якості терм-множин (Y) змінної РЕЗУЛЬТАТИ – визначаються можливі види відмов («обрив секцій якоря», «круговий вогонь» тощо), які обумовлені розподілом інтенсивності спектру за діапазонами. Функції належності (2.9) обираються у найпростішому, наприклад, трикутному вигляді [68], що визначають можливі величини інтенсивності у окремих діапазонах частот. Вагові коефіцієнти (2.10) дорівнюють 1 для потрібних і 0 – для непотрібних змінних $y_k \in (Y)$ діапазонів частот, встановлених у роботі [31, 33]. При цьому процедури (2.11) – (2.13) (рис. 2.32) дозволяють вирішити завдання із діагностування поточних станів ЕД – встановити тип та відносну достовірність найбільше очікуваної відмови (Y). Наведені в цьому розділі результати дозволяють створити уніфікований модуль інформаційно-аналітичної платформи АнС-Д, призначений для реалізації завдань діагностування та прогнозування станів на основі індексів достовірності, використовуючи метод управління Такагі-Сугено. Загальна структура цього модуля приведена на рис. 2.36. Змістовно окремі блоки рис. 2.36 відповідають окремим складовим процедури діагностування (2.11) – (2.18). Їх засобами формуються моделі недетермінованих змінних бази правил діагностування. При цьому також виконується оцінка достовірності даних за моделями вхідних величин, які в загальному випадку та на відміну від багатьох існуючих процедур діагностування, можуть бути різних типів невизначеності. Для визначення результату реалізується процедура діагностування станів $\{Y\}$ за модифікованою Т-С моделлю, наведеною в розділі раніше.

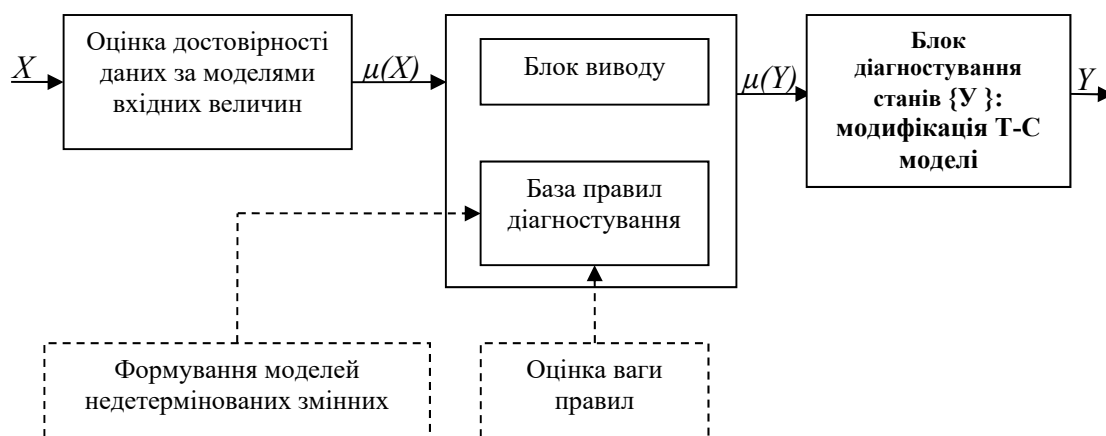


Рис. 2.36 Уніфікований модуль управління Такагі-Сугено для завдань діагностування на основі індексів достовірності

При застосуванні зазначеного теоретико-методичного підходу та створеного модуля АнС-Д для конкретних процесів (технологічних, економічних, експлуатаційних, ін.) середовища АСУ залізничного транспорту, відбувається настроювання, з урахуванням особливості наборів вихідних даних. Наприклад, для процесів експлуатації стрілочних електричних двигунів (ЕД) вхідні дані представляють набори параметрів «подібних» електродвигунів, отриманих на основі аналізу Баз даних всього парку ЕД (БДПЕД). В роботі [126] для розрахунку їх діагностованих станів, а також прогнозних значень терміну до небезпечної події використовується процедура багатовимірної лінійної екстраполяції (БЛЕ). Множина даних для БЛЕ формується на основі відібраної множини «подібних» електродвигунів.

У випадку відсутності серед даних БДПЕД подібних до стану досліджуваного ЕД, використовуються особисті дані цього ЕД на двох попередніх етапах вимірювання $(t-2)$, $(t-1)$. У разі визначення нечітких періодів до небезпечних або інших заданих контрольованих подій наведеними засобами діагностування, процедура оцінки таких термінів спрощується. При вирішенні таких завдань на основі «подібних» елементів системи (наприклад, ЕД) встановлюються оцінки достовірності даних за моделями вхідних величин, окремих правил бази діагностування, а потім виконується діагностування відповідно (2.14) – (2.15). У інформаційному та програмному забезпеченні

середовища АНС-Д можуть бути реалізовані різноманітні форми методики визначення «подібних» систем, що дозволить налаштовуватися на конкретні потреби та можливості користувачів.

Висновки по розділу 2

Створення засад інтелектуальних систем управління, формування різноманітних засобів телематичного управління являється одним із пріоритетних завдань, спрямованих на підвищення технологічної і економічної ефективності залізничних перевезень в Україні. У розділі були досліджені сучасні теоретико-методичні підходи та напрями розробки уніфікованих засобів інтелектуальної підтримки інформаційних технологій АСУ УЗ. А саме – досліджені завдання щодо можливостей формування компонентів спеціалізованих інтелектуальних АСУ на основі платформи аналітичних серверів. При цьому визначені певні базові функції аналітичних серверів АСУ УЗ, а також методики їх створення, виходячи із існуючого рівня розвитку інформатизації залізничного транспорту України.

У розділі запропонована узагальнена процедура діагностування характеристик виробничих процесів з нечіткими параметрами, а також процесів з неоднорідними умовами невизначеності. Процедура виведення призначена для підтримки розв'язання завдань діагностування в середовищі АСУ УЗ, вона показує приклад формалізації та реалізації типових завдань процесів автоматизованого управління на основі платформи аналітичних серверів.

Наукова новизна розділу полягає в удосконаленні процедур методу нечіткого логічного виведення, спеціалізованих для вирішення завдань діагностування станів економічних процесів і систем. При цьому також отримало подальшого розвитку інформаційне забезпечення АСУ ЗТ за рахунок формування уніфікованих процедур прийняття рішень у середовищі АСУ, які забезпечують вирішення завдань діагностування станів виробничо-

господарських процесів з нечіткими, а також неоднорідними умовами невизначеності.

У розділі вперше запропонований теоретико-методичний підхід до аналізу, класифікації та прогнозування процесів з властивостями антиперсистентних ЧР, який містить дві окремі складові. По перше, прогнози рекомендується робити на основі побудованих персистентних ЧР визначеного класу. По-друге, процедура уточнення дозволяє визначити оцінки прогнозних рівнів в середині інтервалів класифікації, встановлених процедурою агрегування ЧР. Отримані оцінки точності та ефективності прогнозованих показників, які свідчать про доцільність застосування отриманих результатів для планування та управління процесами класу АЧР. Відзначається що в багатьох випадках показником ефективності прогнозу може бути середній відсоток покращення результатів прогнозування.

У розділі вирішено завдання щодо математичного моделювання процедур діагностування параметрів складних економічних, технологічних, інформаційних та інших процесів у транспортних системах у випадках багаторазової невизначеності параметрів моделі. Удосконалено методи і засоби НСУ щодо спеціалізованих завдань діагностування для ІТ платформи аналітичних серверів АСУ ЗТ, коли одночасно мають місце кілька різних видів невизначеності: випадковість, неточність, нечіткість, їх комбінації. Приведена удосконалена процедура діагностування станів контрольованих систем, що реалізована на основі створюваної інформаційно-аналітичної платформи АнС-Д.

Результати досліджень, отримані у розділі 2, опубліковані у роботах [128, 51, 110]

РОЗДІЛ 3

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ МОДЕЛЕЙ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

Один із теоретичних підходів до моделювання складних процесів, у тому числі економічної сфери, полягає у спробі інтерпретувати хаотичні або складні недетерміновані явища в термінах детермінованих систем, серед яких широко використовуються дискретні відображення [60, 69, 61]. Зокрема, логістичне відображення та його різноманітні модифікації завдяки їхнім універсальним властивостям і здатності описувати процеси з доволі складною динамікою широко використовуються в побудові моделей економічної динаміки на макро- і мікрорівні.

В даний час численні технологічні, експлуатаційні, відповідні їм економічні, а також інші процеси, пов'язані з функціонуванням залізничного транспорту України (ЗТ), недостатньо формалізовані, характеризуються високим рівнем складності, часто не мають замкнутого математичного опису. Зазначимо, що однією з актуальних і важливих завдань організації економічно ефективної роботи залізничного транспорту є оперативне планування і прогнозування діяльності як окремих підприємств, так і всієї галузі [117]. Разом з тим вирішення задач оперативного прогнозування транспортних процесів ускладнюється умовами невизначеності, нерегулярністю, хаотичною природою багатьох процесів залізничного транспорту, які можуть бути представлені ЧР [65, 60, 61].

3.1. Моделі логістичного відображення для недетермінованих процесів

У зв'язку з зазначеними властивостями процесів функціонування ЗТ актуальними є задачі їх адекватного моделювання, а також прогнозування

характеристик технологічних, економічних, експлуатаційних та інших процесів ЗТ. До таких завдань відносять і завдання отримання оцінок рівнів розрахункових показників при різних зовнішніх впливах. Ці завдання виникають на різних рівнях управління, прийняття рішень, а їх достовірне рішення забезпечує ефективне функціонування як окремих підрозділів (підсистем), так і всього транспортного комплексу (досліджуваної системи) в цілому. Розглянемо одне з найпоширеніших і одночасно простим є класичне логістичне відображення [69, 116]:

$$x_{n+1} = \lambda x_n (N - x_n) \quad (3.1)$$

яке в біології використовується для аналізу зростання чисельності популяції, а також можна застосовувати під час дослідження динаміки зростання малих підприємств [69, 61]. За певних умов у такій системі виникає множина біфуркацій подвійного періоду, а при великих n у системі виникає хаос.

В моделі адаптації фірми в ринкових умовах її стратегію можна описати логістичним рівнянням [62]:

$$x_{t+1} = \lambda(x_t - L)x_n(1 - x_t/H) + x_t \quad (3.2)$$

де x_t – рівень доходу фірми в момент часу t ; λ – параметр, що залежить від тривалості виробничого циклу та характеризує певний спосіб виробництва; L – рівень прибутку, необхідний для того, щоб обсяги продажу в майбутньому забезпечили нормальний рівень прибутку; H – максимальний рівень прибутку. Можна показати, що рівняння (3.2) зводиться до класичного логістичного відображення, і тому при деяких значеннях параметрів ця модель описує хаотичну поведінку економічної системи.

Зрозуміло, що для побудови адекватних моделей економічної динаміки часто доводиться застосовувати складніші моделі, наприклад багатовимірні

відображення, системи нелінійних диференціальних рівнянь [67, 120, 62, 116, 112]. Зокрема, у монографії [61] розглядаються властивості узагальненого логістичного відображення, що задається рекурентним співвідношенням і наведено приклади його використання в моделюванні економічної динаміки.

$$x_{n+1} = \lambda x_n^\alpha (1 - x_n^\beta), x_n \in [0; 1) \quad (3.3)$$

Розглянуті приклади показують, що процеси, які описуються навіть простими нелінійними моделями, при деяких значеннях параметрів мають хаотичне поведіння, яке здається випадковим і може помилково пояснюватися дією неврахованих або випадкових факторів. Але в детермінованих нелінійних моделях хаос породжується саме нелінійністю. З цього випливає, що при побудови моделей економічної динаміки введення теоретично обґрунтованих нелінійних залежностей поряд із використанням випадкових змінних дає змогу успішно пояснювати різноманітні економічні флуктуації, а також моделювати відповідні.

Для визначення постійних складових ЧР (тренду, сезонності та циклів) використовують показник Херста [106, 108].

На рис. 3.1., 3.2., зображені зміни значень показника Херста в залежності від величини константи α та числа періодів спостережень.

Технологічні, експлуатаційні та економічні процеси ЗТ досить сильно пов'язані між собою, і визначення властивостей одних дозволяє мати досить певні відомості щодо характеристик інших, яким вони відповідають. В результаті досліджень було встановлено, що процеси накопичення вагонів на залізничних станціях в більшості випадків є антиперсистентними, в той же час процеси, пов'язані з рухом поїздів – персистентними. Також встановлено, що з ростом числа рівнів спостережень ЧР оцінки їх показників Херста наближаються до $H=0,5$, а поведінка процесу стає випадковою та непередбачуваною.

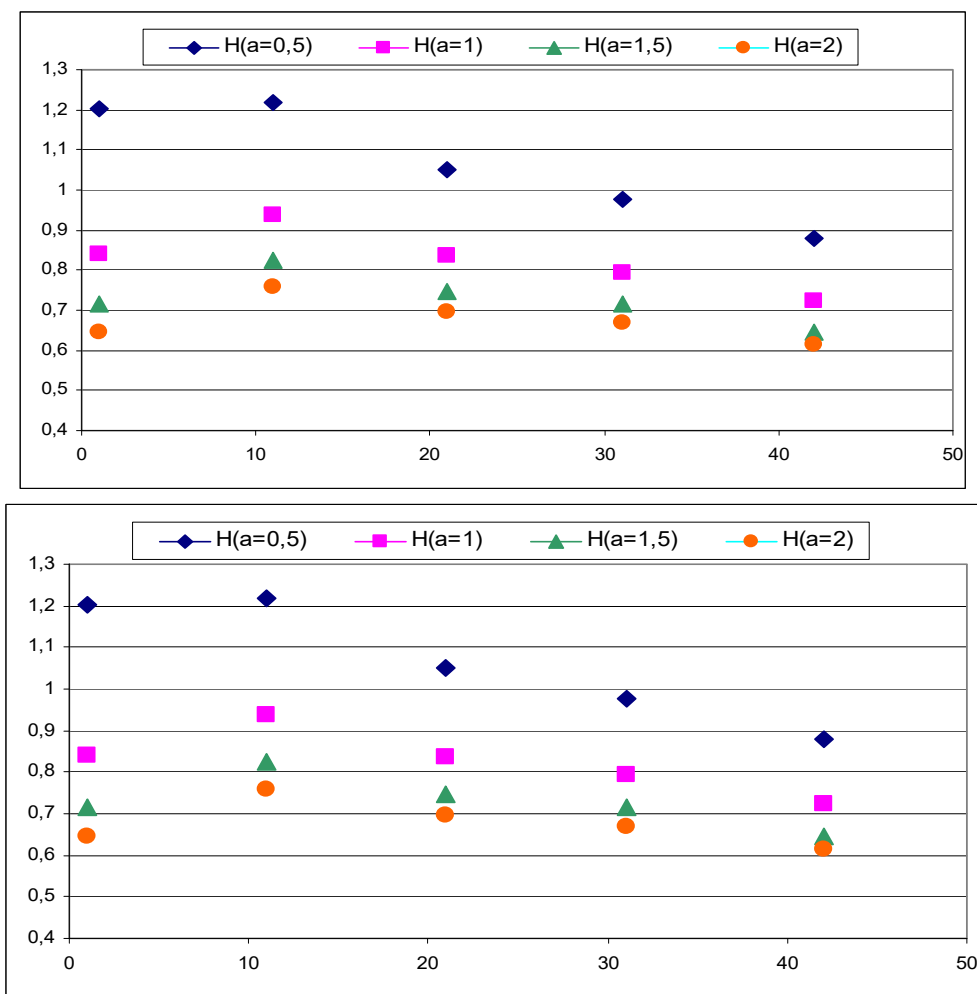


Рис. 3.1. Графік залежності (2.1) від величини a та числа періодів спостережень

Показник (2.1) дозволяє встановити, чи являється даний ЧР персистентним або антиперсистентним [106]. У відповідності [106], на практиці аналіз та прогнозування антиперсистентних ЧР не представляється можливим, їх поведінка та значення рівнів непередбачуване, а зі зростанням числа періодів спостережень стає хаотичним [107]. Теоретичні та методичні підходи до проведення подальшого аналізу таких процесів розроблені у дисертаційному дослідженні, розділ 2.

Розглянемо питання вибору параметрів. В матеріалах [107] наведені результати досліджень відносно значень константи a , та шляхом обчислювальних експериментів показано, що зі збільшенням значення константи a рівняння (2.1), значення показника Херста зменшується. В розрахунках пропонується прийняти

значення константи a рівним 1,5708. Таке значення було використано в наших дослідженнях.

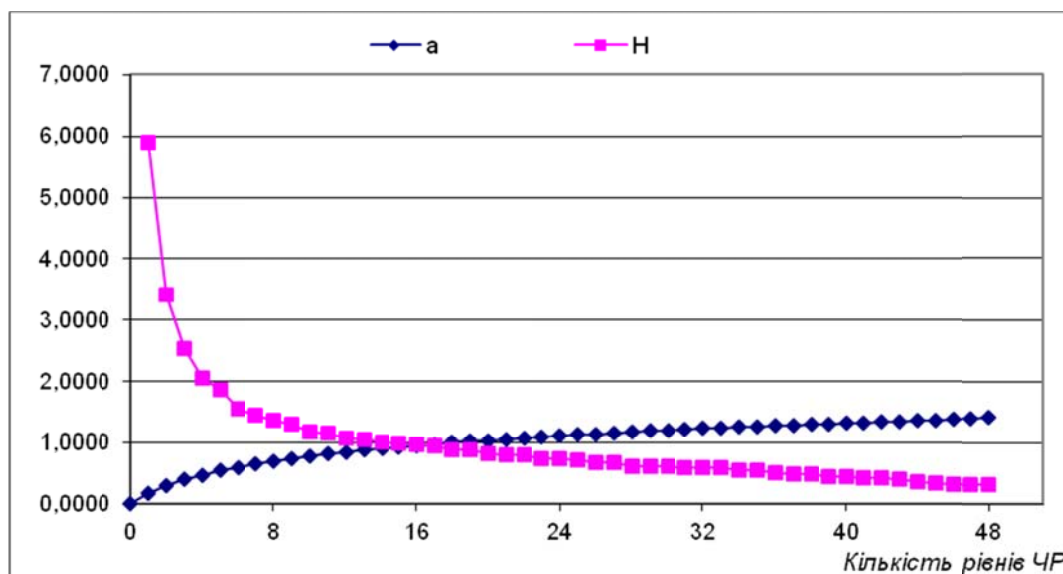


Рис. 3.2. Графік залежності величини a та показника Херста від числа періодів спостережень

3.2. Моделювання процесів діяльності підприємств залізниць на основі розширеного логістичного відображення

Для підвищення ефективності управління залізничними підприємствами значний інтерес представляють питання інтерпретації та прогнозування рівнів ЧР, сформованих по даним моніторингу технологічно-економічних процесів залізничного транспорту. Для цього нами запропонована розширена модель логістичного відображення (РЛВ) виду:

$$x_{n+1} = \prod_k \lambda_k x_n^{\alpha_k} * \prod_j [\mu_j (1 - x_n)^{\beta_j}] \quad (3.5)$$

яка безпосередньо узагальнює результат [3].

Для інтерпретації ЧР спостережень над процесом, а далі прогнозу значень показника x_n – кількісна міра ряду – необхідно встановити змістовний сенс факторів, що впливають, інтегральний ефект яких і надається через значення величин ЧР:

$$x_0, x_1, x_2, x_3, \dots \quad (3.6)$$

Для інтерпретації (3.6) в термінах (3.5) приймається, що коефіцієнти (3.5) відображають вплив різних управляючих характеристик на досліджуваний процес, наприклад:

$$\begin{aligned} (\lambda_1; \alpha_1) & - \text{вплив фактору 1,} \\ (\lambda_2; \alpha_2) & - \text{вплив фактору 2, } \dots, \\ (\mu_1; \beta_1) & - \text{фактор } (k + 1); \\ (\mu_2; \beta_2) & - \text{фактор } (k + 2), \dots \end{aligned} \quad (3.7)$$

Значення рівнів ряду (3.6) використовуються для ідентифікації (оцінок) значень параметрів (3.4). При цьому значення (3.6) визначаються при послідовному розгляді рівнів (3.3), вважаючи їх отриманими на основі рівняння (3.5). Ще не визначенні значення параметрів моделі (3.5), (3.6) – відкидаються (приймають значення (0;1) – визначаються потрібним чином).

Опишемо процедуру оцінки (3.7) в вигляді структури послідовності розв’язуваних рівнянь. Із системи:

$$\begin{cases} x_1 = \lambda_1 x_0^{\alpha_1} \\ x_2 = \lambda_1 x_1^{\alpha_1} \end{cases} \quad (3.8)$$

знаходять значення параметрів (λ_1, α_1) . Враховуючи, що рівні x_3, x_4 , та інші в послідовності (3.6) отримані по (3.5) з урахуванням (λ_1, α_1) , формують нову систему рівнянь для визначення (λ_2, α_2) :

$$\begin{cases} x_3 = \lambda_1 x_2^{\alpha_1} * \lambda_2 x_2^{\alpha_2} \\ x_4 = \lambda_1 x_3^{\alpha_1} * \lambda_2 x_3^{\alpha_2} \end{cases} \quad (3.9)$$

із якої розраховують значення (λ_2, α_2) . Наступні нові параметри компонентів моделі (4.5) оцінюються, виходячи із уже відомих значень її параметрів (λ_1, α_1) ; (λ_2, α_2) і так далі, використовуючи ту ж саму методику.

Відзначимо, що значення параметрів (μ_1, β_1) та подальші в (3.5) отримуються на основі рівнянь типу (3.7), (3.8), або шляхом міркувань, як в роботі [116]: задаючи деяке значення рівня ЧР розраховують наступний параметр моделі. Далі по моделі (3.5) з відомими параметрами (3.6) будуються прогнози наступних етапів (3.6).

Для підвищення точності прогнозу після ідентифікації всіх параметрів моделі (3.5) можлива корекція значень її параметрів за рахунок розрахунку нового набору значень (3.7), виходячи із інших рівнів (3.6), з наступними оцінками значень параметрів по методу експоненціального згладжування:

$$\alpha_{i+1} = \alpha_i d + (1 - d) \alpha_{i-1} \quad (3.10)$$

де d – визначається по МНК на основі декількох наборів (3.6) моделей (3.5).

На рис. 3.3, представлені результати прогнозування ЧР вагонопотоку на основі моделі (3.5) з наступними розрахованими параметрами:

$$\begin{aligned} \alpha &= -0,9741; \\ \lambda_1 &= 0,3798; \\ \beta &= -0,8609; \\ \lambda_2 &= 0,4231. \end{aligned} \quad (3.11)$$

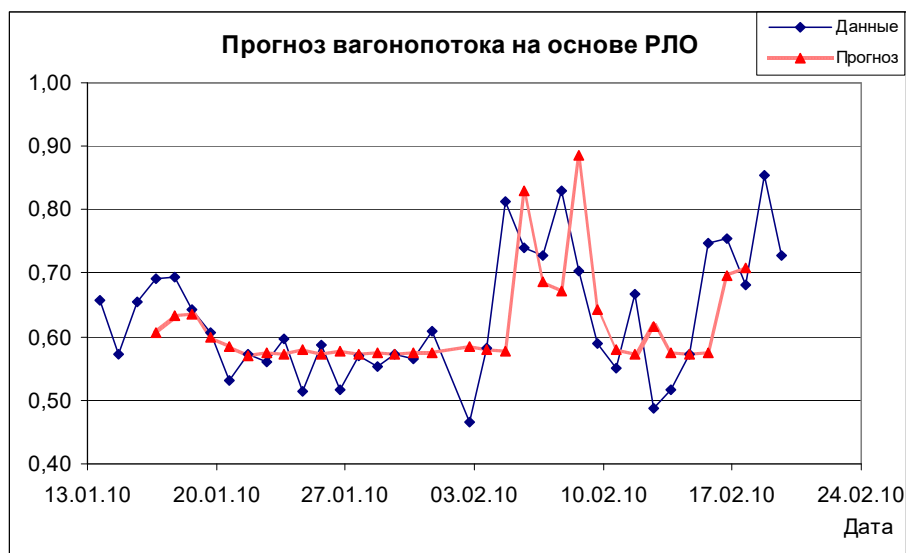


Рис. 3.3 Оперативний прогноз вагонопотоку на основі моделі (3.5)

Передбачається, що виникнення «помилки» в оцінках рівнів ЧР пов'язано, наприклад, із неповнотою системи факторів (3.6).

Стає очевидним, що результати прогнозу по моделі (3.5) з параметрами (3.11) подані в таблиці (додаток В), мають високий рівень достовірності, з урахуванням особливостей досліджуваного ЧР. Рис. 3.3, та дані табл. в достатній мірі відображають характер процесів, що досліджуються – пропуск вагонопотоків по залізничним напрямом, а на основі значень параметрів моделі (3.11) можна дати інтерпретацію рівням зовнішніх впливів або ж впливів умов, при яких сформовані вагонопотоки (рис. 3.3).

Отримані результати показують можливості застосування моделі РЛО для прогнозування поведінки параметрів технологічних та економічних процесів.

Наприклад, на рис. 3.4, за допомогою моделі (3.5), побудовано прогноз курсу валютної пари EUR/AUD, (середнє абсолютне відхилення прогнозу у відсотках, $MAPE=5,23\%$), результати розрахунків наведено в додатку Г.

Метою аналізу є оцінка впливу значень і співвідношення цих параметрів на форми ітераційних процесів, відповідних дискретним відображенням виду (3.5), їх граничні властивості, а також встановлення можливості оцінки залежності (хоча б на якісному рівні) загальної форми і структури відображення від значень параметрів (3.5).

Практично така інтерпретація дозволяє встановлювати зв'язок між коефіцієнтами і відповідними зовнішніми факторами, які впливають на розглянуті процеси.

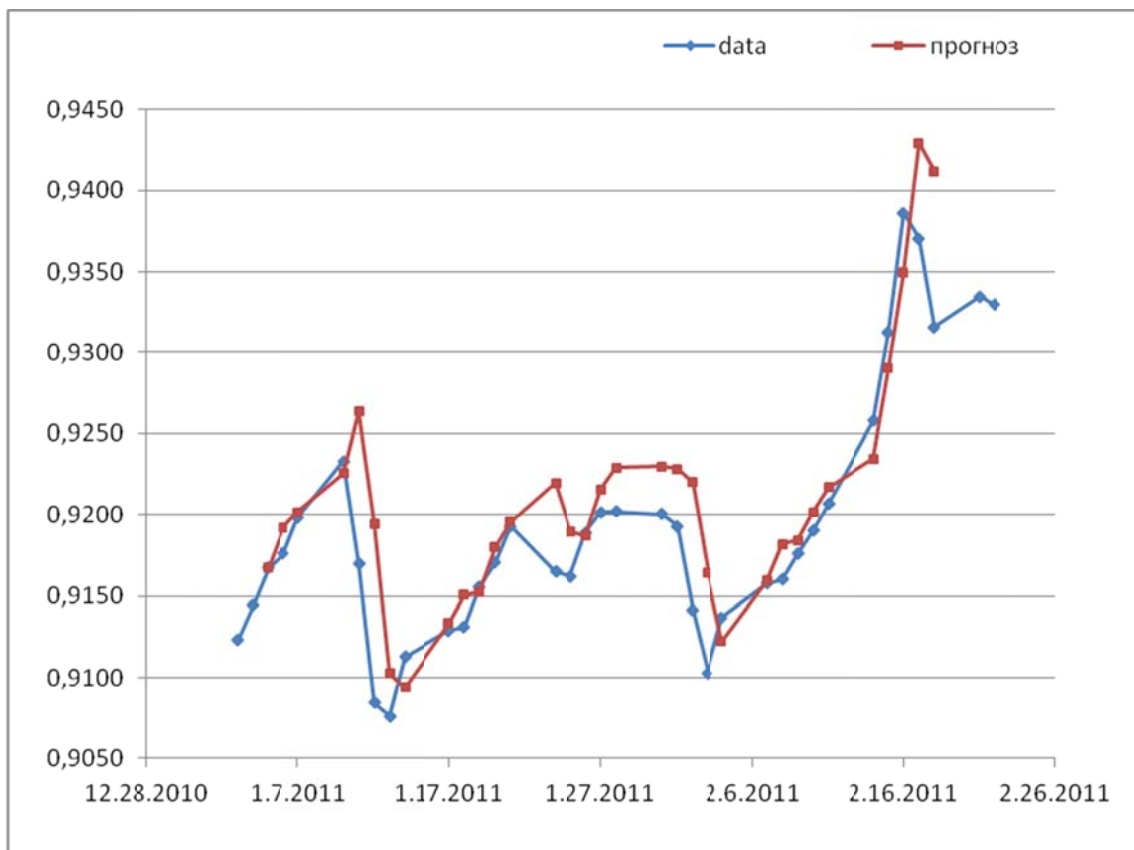


Рис. 3.4. Прогноз курсу валютної пари EUR/AUD

Тоді вибір значень («призначення» коефіцієнтів) моделі (3.5) можна вважати процедурою завдання «впливу» на динамічні процеси складної структури.

Для вирішення завдання із використання теоретико-методичного підходу щодо застосування моделі виду (3.5) для оперативного прогнозування рівнів динамічних процесів, представлених на рис. 3.1-3.2, розглянемо в першу чергу не граничні властивості хаотичної динаміки дискретних відображень, а процеси ітерацій, що породжують складні поведінки, які залежать від параметрів моделі. Такі процеси, наприклад, можуть утворювати певні цикли із невизначених збурень та ін. В основі формування оперативного прогнозу лежить гіпотеза, згідно з якою вважаємо, якщо початковій (найближчий

прилеглий) ділянці послідовності значень вимірювань задовольняє модель (3.5) для встановлених величин параметрів процесу, тоді і наступні прогнозні значення рівнів досліджуваного ряду будуть також відповідати моделі у формі (3.5).

Проведемо дослідження придатності моделей розширеного логістичного відображення для завдань аналізу та планування параметрів вагонопотоків. Для цього розглянемо кілька прикладів щодо різних представлень процесів для дискретного узагальненого логістичного відображення при варіаціях величин параметрів моделі.

1. Стандартне відображення при $\mu = 1, \alpha = 1, \beta = 1$ (рис. 3.5)

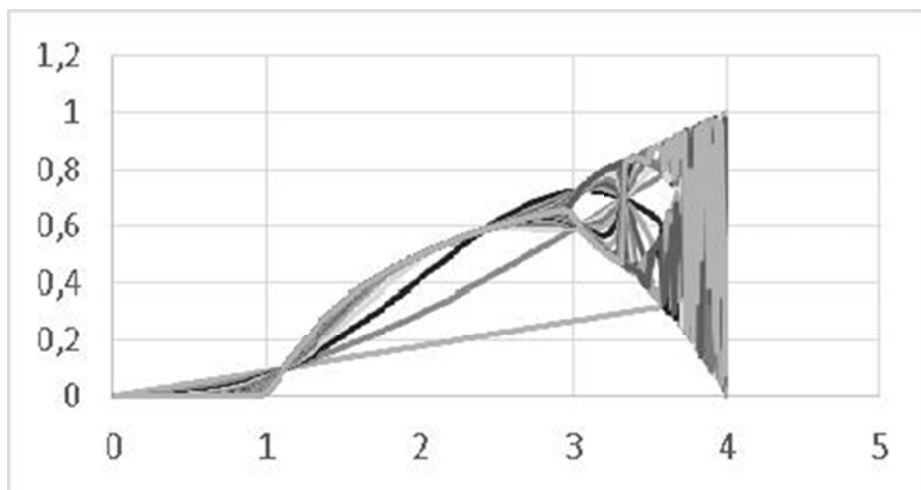


Рис. 3.5. Графік відображення при $\mu = 1, \alpha = 1, \beta = 1$

2. Відображення при $\mu = 1, \alpha = 0,5, \beta = 1$ (рис. 3.6).

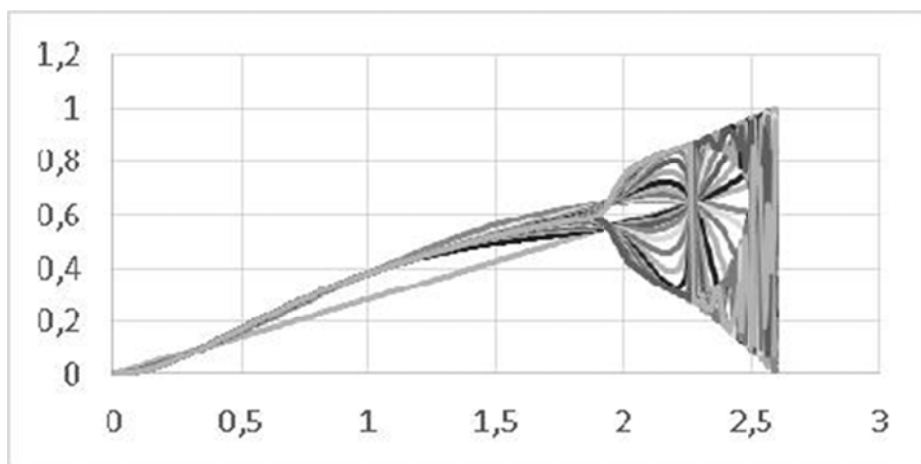


Рис. 3.6. Графік відображення при $\mu = 1, \alpha = 0,5, \beta = 1$

3. Відображення при $\mu = 1, \alpha = 1, \beta = 2$ (рис. 3.7).

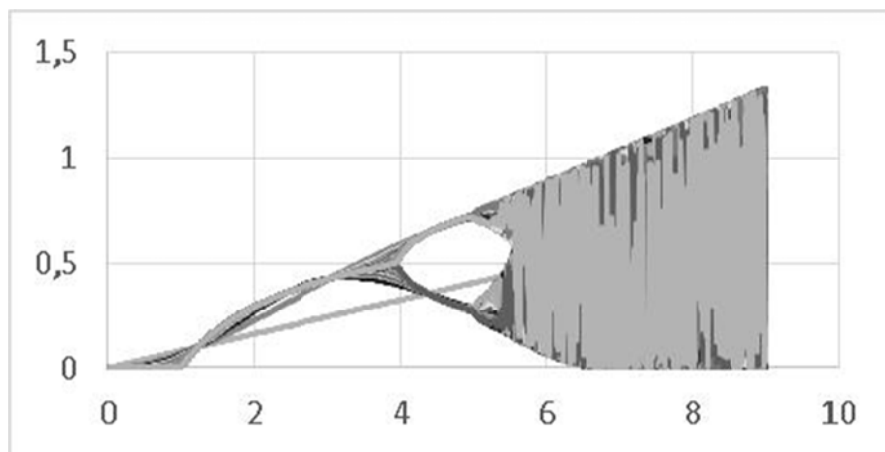


Рис. 3.7. Графік відображення при $\mu = 1, \alpha = 1, \beta = 2$

4. Відображення при $\mu = 1, \alpha = 0,5, \beta = 2$ (рис. 3.8).

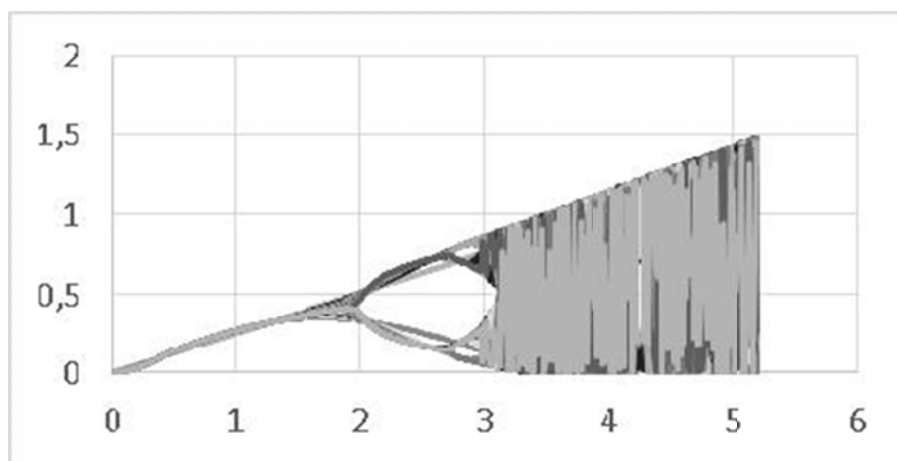


Рис. 3.8. Графік відображення при $\mu = 1, \alpha = 0,5, \beta = 2$

5. Відображення при $\mu = 2, \alpha = 1, \beta = 1$ (рис. 3.9).

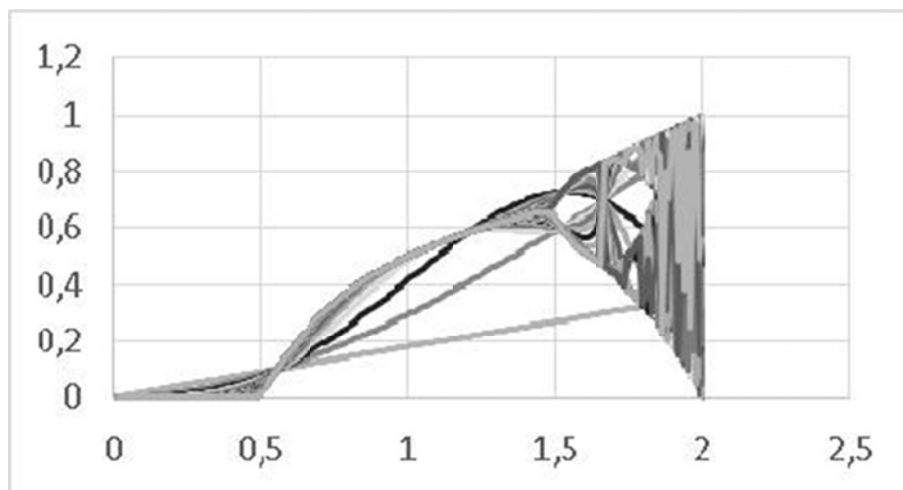


Рис. 3.9. Графік відображення при $\mu = 2, \alpha = 1, \beta = 1$

Зміна функції відображення перших ітерацій при різних α приведено на рис. 3.10, 3.11.

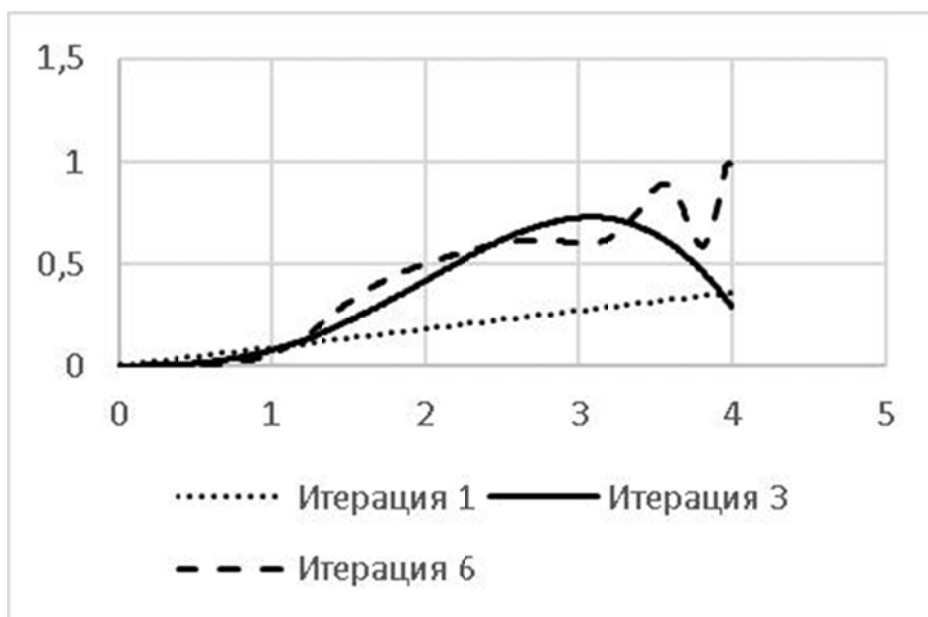


Рис. 3.10. Стандартне логістичне відображення, $\alpha = 1$

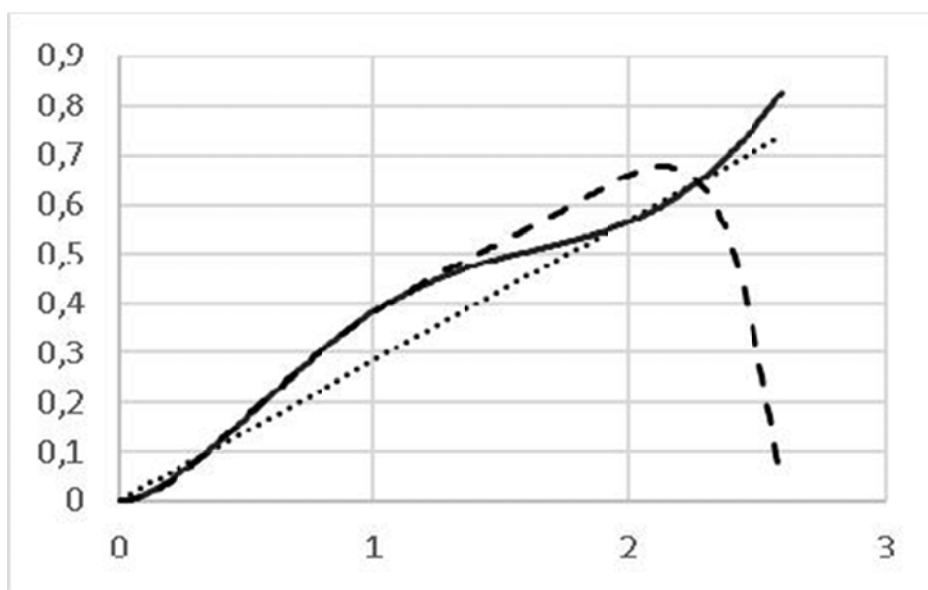


Рис. 3.11. Відображення (3.2) при , $\alpha = 0.5$

Рис. 3.9 показує, що в порівнянні зі стандартним відображенням ($\mu = 1$, $\alpha = 1$, $\beta = 1$) при зменшенні коефіцієнта ступеня α ітерації розташовані більш щільно і йдуть практично уздовж першої ітерації. Це призводить до того, що значення функції (3.5) раніше доходять до межі відображення; точки початку хаотичного процесу розташовані далі одна від одної.

Зміна функції відображення перших 6 ітерацій при зміні β наведено на рис. 3.12.

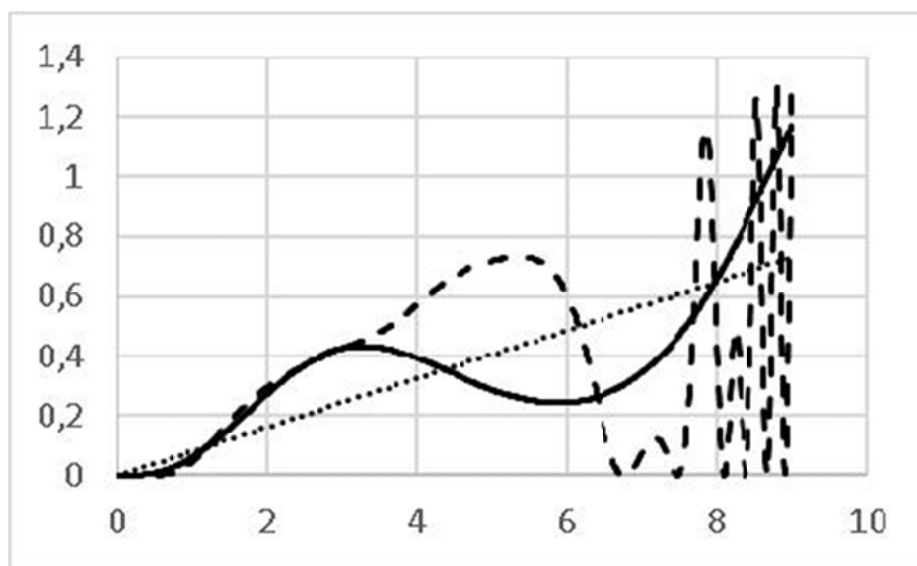


Рис. 3.12. РЛО при $\beta = 2$

Рис. 3.12, показує, що при збільшенні коефіцієнта β ітерації розташовані менш щільно між собою, але все одно йдуть уздовж першої ітерації. Це дозволяє точкам кожної ітерації в хаотичному відображенні розташовуватися більш щільно і збільшити межу відображення функції. В цілому ж за рахунок вибору кількох значень параметрів (3.2) можливо наближено представити складні динамічні процеси.

Таким чином, вище наведено як за рахунок вибору параметрів моделей РЛВ можливо відобразити досить складні властивості різноманітних технологіко-економічних процесів залізничних перевезень, в тому числі за умов впливів зовнішніх збурень. Змістовно методичний підхід щодо визначення оцінок параметрів моделей РЛВ дозволяє вирішувати декілька видів завдань аналізу, планування і прогнозування відповідних виробничо-господарських процесів. При цьому застосовується наступне трактування параметрів математичних моделей процесів. А саме, кожному параметру моделі приписується деяка зовнішня кількісна характеристика (фактори). Наприклад, як це встановлено для завдань прогнозування числа абітурієнтів в залежності від інтенсивності

заходів вступної компанії [116], або для вагонопотоків (3.11). Тобто різним параметрам моделі відповідає різна система заходів. Первинні дані про процеси містять відомі рівні показників інтенсивності окремих заходів (факторів впливу), що має представлення у параметрах ряду спостережень. Після формування математичної моделі досліджуваного процесу, як параметрів формули РЛВ, визначається співставлення параметрі моделі та інтенсивності заходів (величин діючих або можливих впливів, рівнів ресурсів).

Представимо зазначений методичний підхід докладно на числовому прикладі на основі вже побудованої моделі (3.8):

$$x_{n+1} = -0,9741x_n^{0,3798} * 0,4331(1 - x_n)^{-0,8609}$$

$\lambda_1 x_n^\alpha$ – фактор, отриманий з (3.7), описує обсяг вагонопотоку по станції за попередній період (в даному випадку попередню добу).

$\lambda_2(1 - x_n)^\beta$ – управляючий фактор, результат розв’язку (3.8), характеризує підвищення ефективності виконання експлуатаційної та маневрової робіт на станції.

Виходячи з вищезазначеного, об’єм вагонопотоку по станції наступної доби залежить від кількості вагонів, що були опрацьовані за попередню добу та рівня ефективності роботи персоналу станції. За умови відсутності управляючої складової ($\lambda_2 = 1, \beta = 0$):

$$x_{n+1} \text{ без управління} = \lambda_1 x_n^\alpha$$

У випадку, коли є необхідність підвищити пропускну здатність станції до x_{n+1} бажане вагонів/за добу, необхідно використати управляючий фактор таким чином, щоб:

$$x_{n+1} \text{ з управління} = x_{n+1} \text{ бажане} \cdot$$

Відповідно теоретико-методичного підходу, що використовує пропоновану модель розширена логістичного відображення (3.5), на підставі побудованої вище зазначеним чином моделі можливо вирішення завдання планування рівнів досліджуваних процесів у такий спосіб.

1. Визначається необхідний чисельний рівень вихідного параметру досліджуваного процесу.
2. На основі розв'язання утвореного рівняння розраховуються відповідні параметри моделі.
3. Значення цих параметрів і визначають необхідний (запланований) обсяг відповідного ресурсу (іншого показника впливу).

3.3. Інформаційні технології аналізу і оптимального планування недетермінованих технолого-економічних процесів управління підприємствами

У розділі для конкретності викладання приводиться дослідження моделей та інформаційних технологій, які призначені для ефективної реалізації завдань із технолого-економічного планування процесів експлуатації «парку» технічних систем (ТС). Загалом змістовно завдання управління процесами експлуатації парку ТС полягає в наступному [53]. Розглядається множина ТС однакового (подібного) призначення, а також процеси їх експлуатації. Технічний стан об'єкта на даному етапі експлуатації визначається за сигналами, що знімається з нього, причому без виключення систем з процесів експлуатації. Також відомі ресурси (фінансові, технічні, матеріальні, трудові та ін.), необхідні або ж виділені для експлуатації парку об'єктів у встановленому періоді. Вирішується завдання автоматизації процесів експлуатації парку об'єктів на основі створення інтелектуальної інформаційної технології та системи планування управління процесами експлуатації парку ТС по поточному стану. При цьому потрібно визначити

параметри стану компонентів системи (моніторинг технічного стану), а також забезпечити раннє виявлення можливих прихованих несправностей.

Результатом моніторингу та діагностування є оцінка приналежності об'єкта до класу справного або до заданих несправних класів станів. Також на основі даних моніторингу об'єктів потрібно отримати прогноз можливих змін станів елементів ТС (перехід до певного несправного стану), а також встановити економічно обґрунтовану черговість контролю і відновлення елементів (компонентів), з урахуванням вимог до безпеки транспортної системи та обмежених ресурсів процесів експлуатації. При цьому необхідно розподілити роботи з об'єктами (обслуговування, ремонти ін.), ТС, між можливими виконавцями, враховуючи умови невизначеності представлені у формі нечіткості [10, 11], що виникають при прогнозі параметрів стану, оцінок зовнішніх факторів тощо.

При управлінні парком ТС потрібно на основі використання ІТ забезпечити вирішення певного набору комплексних завдань. Серед них виділимо наступні: визначити параметри стану ТС або компонентів систем (моніторинг і діагностування технічного стану). Наступна особливість вирішуваних питань економіко-математичного планування процесів експлуатації парків електричних двигунів (ЕД) полягає у постановках завдань планування послідовностей обслуговування (оглядів, діагностування, ремонтів) елементів з урахуванням їх поточного стану (значень набору параметрів). Це повинно суттєво вплинути на показники надійності, а також оцінки технологічної та економічної ефективності експлуатації парку ЕД. На показники ефективності виконання робіт впливає спеціалізація виконавчих систем або технологій. Питання розподілу робіт між виконавцями за умов неповної інформації є важливими при плануванні процесів експлуатації парків ТС. Формалізацію цього завдання також представлено у поточному розділі. Нарешті, як підсумок результатів розробок необхідно розробити методику з оцінки економічної ефективності комплексу завдань щодо створення засобів автоматизації для планування і управління парками ЕД в умовах

невизначеності. Представимо моделі та методи реалізації цих завдань докладно.

3.3.1. Формування індивідуальних логістичних моделей процесів експлуатації парків технічних систем

Інформаційна технологія діагностування, планування та управління парком базується на формуванні індивідуальних моделей процесів експлуатації ЕД, побудованих за даними аналізу частотного спектру робочого струму ЕД [126]. Автоматизована система дистанційного моніторингу проводить вимірювання характеристик двигуна, що знаходиться під впливом номінальних, робочих значень напруги, струму тощо. На основі порівняльного аналізу поточного струму ЕД та двигунів з еталонними несправностями моделі діагностування можуть настроюватися для виявлення нових видів несправностей. У цілому можливості та ефективність ІТ планування експлуатації парку ЕД повністю залежать від складу та структури індивідуальних моделей процесів експлуатації окремих об'єктів та визначених груп об'єктів парку ЕД.

В попередніх роботах індивідуальні інтелектуальні моделі (ІМ) призначалися для контролю технічних характеристик окремих ТС, без зв'язків із процедурами управління парками, а також без урахування економічних складових процесів та умов невизначеності. У цьому розділі виконано удосконалення індивідуальних моделей з урахуванням зазначених вимог.

У роботі [126] завдання з автоматизації керування процесом експлуатації парку ЕД з контрольованими поточними станами було вирішене за рахунок формування дворівневої нейронно-мережевої моделі (карти Кохонена [129]). Модель із керування експлуатацією парку двигунів (МП) об'єднує ІМ зміни станів ЕД. Для вирішення задачі за експлуатаційними даними (спектри струмів ЕД) була побудована МП можливих станів електродвигунів у формі карти Кохонена. При навчанні мережі

використовувалися окремі ЕД з наступними контрольованими станами: І (справний); КЗО (коротке замикання обмотки); КЗПК (коротке замикання пластин колектору); ОСЯ (обрив секції якоря); КВК (круговий вогонь по колектору). При аналізі нових даних, або нових ЕД, при класифікації попадання параметрів деякого об'єкту в певну зону карти Кохонена відповідає інформації про його очікувані властивості. За рахунок чого можна досить достовірно прогнозувати поведінку інших об'єктів, що дозволяє підвищити надійність інфраструктури і стійкість залізничних перевезень у цілому, а також визначити потрібні фінансові та інші ресурси.

Технологія і процедури формування, а також завдання щодо використання індивідуальних моделей процесів експлуатації ЕД, приведені в [126] мають деякі обмеження. Головним із них являється їх «загальність» та орієнтація на визначення технічних оцінок станів ЕД, відсутність економічних показників процесів, а також спеціалізації складових ІМ щодо особливостей завдань процесів експлуатації, застосування для моделей діагностування і планування. Ці обмеження також відзначаються на універсальності, функціональності та ефективності платформи аналітичних серверів АНС.

Індивідуальна модель процесу експлуатації ЕД містить сукупності спектрів на різних етапах (t) життєвого циклу ЕД – $\{Sp_k(t)\}$, множини можливих видів несправності, встановлених шляхом діагностування спектрів робочого струму, разом з оцінками ступеня їх достовірності, а також еталона – спектру справного ЕД $Sp_k(0)$ [54]. Така інформація ІМ являється досить об'ємною, дозволяє вирішувати різноманітні завдання але має наступні обмеження:

1) кроки окремих етапів(t) в упорядкованих наборах спектрів $\{Sp_k(t)\}$ можуть бути різним, що суттєво ускладнює процедури аналізу станів і прогнозування значень параметрів;

2) не враховуються дані про технічні огляди ЕД електромеханіком, які мають в певній мірі суб'єктивних характер, потребують представлення та опрацювання, наприклад, у вигляді нечітких величин [75, 74] але мають

першочергове значення для практики та достовірності процесів експлуатації парків ЕД;

3) не враховується структура подання завдань діагностування, прогнозування ін. щодо їх уніфікованих моделей платформи АНС;

4) відсутність моделей групових властивостей встановлених множин ЕД, на основі яких планується черговість обслуговування парків ЕД.

Необхідно окремо відзначити нову уведену нами до аналізу «модель групових властивостей» ТС парку, яка застосовується для вирішення завдань планування процесів управління парками. Утворення цих моделей відповідає існуючим вимогам практики реалізації нормативних процедур експлуатації парків ЕД [130, 131] в яких обслуговування окремих ТС не виконується, а лише їх певна сукупність (елементи локальної інфраструктури ділянки тощо).

Виходячи з потреб ефективної уніфікованої автоматизації завдань планування експлуатації парку ЕД на платформі АНС, пропонується багаторівнева система побудови удосконалених ІМ, утворена за функціональним принципом. В моделі ІМ зберігається частина спектрів етапів життєвого циклу ЕД $\{Sp_k(t)\}$, розпочинаючи із встановленого моменту (t_0^k) , k – обліковий номер двигуна. До базового рівня системи моделей відносяться дані, отримані при обслуговуванні пристроїв електромеханіком, які представляють сукупність результатів вимірювань параметрів ЕД, представлену відповідним чином, як нечітких величин.

Для економічно обґрунтованого планування процесів експлуатації парку ЕД на етапі (t) необхідно контролювати параметри процесів розвитку станів несправності, а також формувати оцінки періоду (L) можливого виникнення несправностей різних видів на кроці $(t + L)$. Така інформація може бути певним чином отримана на основі кластеризації та представлення даних спектрів $\{Sp_k(t)\}$ у формі карт Кохонена [17]. Карта ознак Кохонена це двовимірне графічне відображення узагальнених даних про стани електродвигунів парку ЕД. Вона являє наступний рівень системи індивідуальних моделей парку ЕД етапу (t) . Верхній рівень ІМД

представляють моделі, які забезпечують прогноз оцінок періодів (L) до можливого виникнення конкретних типів відмов ЕД через несправності.

В роботі запропоновано застосування іншого теоретико-методичного підходу до прогнозування оцінок періодів (L) до виникнення конкретних типів відмов ЕД – на основі уніфікованої процедури нечіткого діагностування (3.3) – (3.7), розд. 3.3. При цьому в ІМ електродвигунів використовуються терми лінгвістичної змінної період до типової відмови («До T_1 місяців», «До T_2 місяців» тощо). За результатами нечіткого діагностування (3.6) – (3.7) визначаються очікувані періоди до експлуатаційних подій (конкретних типів відмов), а також оцінки їх достовірності. Ці величини використовуються при плануванні послідовностей обслуговування груп ЕД. В ІМ зберігаються нечіткі оцінки термінів до ПЕРІОД ДО ТИПОВОЇ ВІДМОВИ, які змінюються за даними моніторингу спектру робочого току ЕД.

На основі даних ІМ окремих електродвигунів формуються характеристики групових моделей процесів експлуатації парків ТС, наприклад, за рахунок застосування функцій $\max$ / $\min$ до показників елементів групи.

Таким чином сформована система інтелектуальних індивідуальних моделей забезпечує ефективну експлуатацію парку електродвигунів.

Упорядковану систему окремих індивідуальних моделей процесів експлуатації кожного ЕД парку на рис. 3.13 представлено у вигляді ієрархії. Окремі рівні моделей сформовані за функціональним принципом, відповідають загальним вимогам щодо призначення ЕД та процесам експлуатації парку ТС. На рисунку складові індивідуальних моделей експлуатації ЕД визначають наступне.

На рівні **ІМ0** рис. 3.13 до попередньої сукупності моделей системи автоматизації відповідно [132], додані моделі функціональної спеціалізації стосовно контролю властивостей встановлених груп електродвигунів. У цілому перший рівень ІМ забезпечує даними процедури визначення поточного стану всіх компонентів парку ЕД. Для цього використовуються вимірювання

та спектральний аналіз робочого струму, а також дані технічного обслуговування контрольованих ЕД відповідно діючої методики УЗ [131]. Моделі рівня (ІМ1) представляють певні процедури методики [130]: - перевірка один раз в чотири тижні стрілочних ЕД постійного струму на стрілках у маршрутах приймання та відправлення поїздів, або один раз в квартал ЕД на інших стрілках; - вимір один раз на два роки напруги на електродвигуні при нормальному переводі стрілки і при роботі на фрикцію;- перевірка один раз на рік опору ізоляції обмоток від корпусу ін. На рівні (ІМ1) рис. 3.13 визначаються оцінка «показників станів» як окремих електродвигунів, так і груп заданих ЕД.

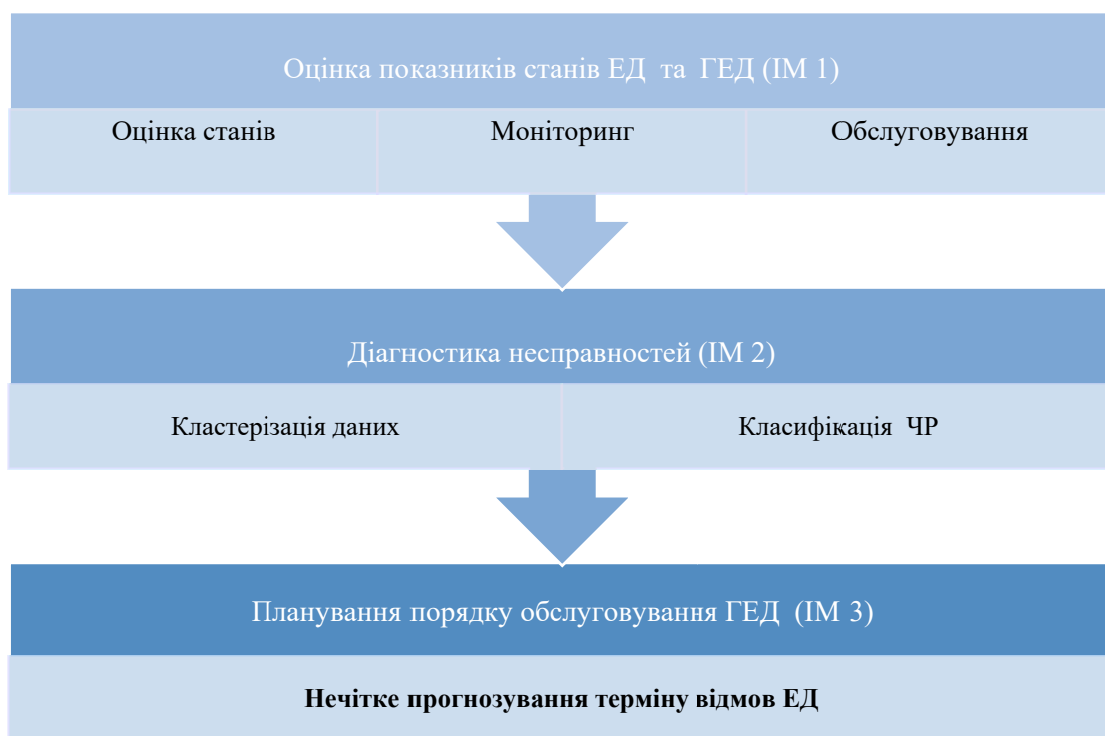


Рис. 3.13. Структура інтелектуальних індивідуальних моделей процесів експлуатації парку електродвигунів та груп двигунів

Призначення моделей рівня (2) рис. 3.13 у визначені шляхом діагностування накопичених даних про спектри робочого струму ЕД несправностей, які вже виникли в пристроях або поки що приховані, але мають тенденцію до розвитку на наступних етапах роботи парку ТС. Для

цього застосовуються процедури кластеризації і подальшої класифікації даних про спектри $\{Sp_k(t)\}$. Така інформація також узагальнюється для груп ЕД. Виявлені на при цьому безпосередні чи потенційні несправності аналізують моделями прогнозування і планування процесів експлуатації, рівень (3) рис. 3.13. Оцінки параметрів моделей об'єктів парку ЕД рівня (3) на основі процедур прогнозування використовуються в подальшому для вирішення багатокритеріальних економіко-математичних завдань щодо визначення черговості діагностування та ремонтів груп ЕД або окремих тощо.

Вкажемо особливість деяких процедур прогнозування (рівень 3, рис. 3.13), які зв'язані з моделями накопичення даних про процеси експлуатації ЕД виду:

$$(\{Sp_k(t)\}, Sp_k(t_0), (t_0^k), (t \geq t_0^k)), k = 1, 2, \dots, N_e. \quad (3.12)$$

де спектр ЕД номер k на етапі (t_0) , який прийнято за еталон для подальших етапів процесів експлуатації, N_e — кількість ЕД в парку. В роботах [126] через нерегулярність інтервалів у послідовностях спектрів $\{Sp_k(t)\}$ для прогнозування параметрів і наступних станів була застосована інтелектуальна процедура пошуку подібних ЕД у парку. В подальшому значення параметрів цих ЕД були використані для екстраполяційних процедур прогнозування [65]. При цьому фактично в якості ІМ деякого ЕД на кроці (t) виступає набір значень спектрів інших ЕД парку з подібними видами несправностей і характеристиками спектру. Відбираються такі ЕД парку, для яких вже відомі характеристики спектрів наступних етапів. Ця інформація використовувалась для процедури лінійної екстраполяції.

В наших дослідженнях для прогнозування очікуваних станів ЕД та груп ЕД використовується нечітка процедура діагностування, розд. 2.3. В моделях рис. 3.13 накопичується інформація, яка необхідна для формування нечітких процедур прогнозування параметрів процесів експлуатації ЕД, що розглянуто у наступних розділах.

3.3.2. Уніфіковані нечіткі процедури інтелектуальної інформаційної технології діагностування та прогнозування характеристик виробничих процесів у середовищі АСУ ЗТ

Ієрархічна структура організації підрозділів залізниць та управління вимагає також створення відповідної ієрархії аналітичних функцій підтримки, АНС. Розглянемо питання щодо розвитку ІТ із аналітичної та онтологічної підтримки складних автоматизованих систем керування вантажними перевезеннями УЗ.

Аналітичні сервери системи АСК ВП УЗ-Є [51]. повинні забезпечувати реалізацію певного набору базових прикладних функцій, які необхідні для підтримки рішень персоналу щодо управління вантажними перевезеннями (УВП) та в інших сферах. Базові функції АНС мають включати такі процедури: одержання та аналітична обробка даних, прогнозування показників динаміки процесу перевезень та інших процесів ЗТ, підтримка формування та реалізації завдань із оптимізації певних управлінських рішень, оцінка очікуваних наслідків застосованого управління. Розглянемо засади і методики створення відповідних функціональних підсистем аналітичних серверів АСК ВП УЗ-Є.

Аналітична обробка даних про залізничні процеси в АНС має стати основою багатьох процедур підтримки рішень персоналу з УВП та інших, побудованих на аналізі поточної управлінської ситуації та наявних статистичних показниках ефективності. На сьогодні переважна більшість відповідної оперативної і статистичної інформації накопичується в базах і сховищах даних АСК ВП УЗ-Є, але система не має достатньо розвинених сучасних засобів надання такої інформації користувачам. Одна із складових сучасних систем підтримки рішень (ПР) полягає в можливості для користувачів обирати необхідні «ракурси» аналізу даних, використовувати арсенал стандартних статистичних процедур (інтерполяція, статистичне прогнозування тощо), а також широку палітру засобів відображення даних у вигляді графіків та діаграм. Нині для цього широко використовується комплексна технологія

OLAP (Online Analyzing Processing), яка використовує спеціальні структури даних – гіперкуби [133]. Разом з тим склад та організація даних в базах АСК ВП УЗ-Є суттєво обмежують безпосереднє використання підходів OLAP. Наприклад, аналіз УВП виконується з застосуванням значної кількості (декілька десятків) показників, що пов'язані між собою. При цьому облікові дані розміщені насамперед в статистичній базі АСК ВП УЗ-Є, яка має досить жорстку структуру. При створенні АНС необхідно зосередитись на розробці спеціалізованого механізму аналітичної обробки даних АСК ВП УЗ-Є, який відповідає принципам технології OLAP (гнучкий вибір об'єкту аналізу, використання стандартизованого набору статистичних процедур, засобів відображення залежностей тощо). На наступних етапах формування АНС необхідно забезпечити функції дослідження даних методами Data Mining [122].

Прогнозування показників динаміки процесу перевезень та інших процесів ЗТ є важливою інтелектуальною складовою функцій управління. Для забезпечення уніфікації процедур прогнозування засобами АНС необхідно визначити їх математичний базис. Виходячи з існуючих технологій отримання і організації даних в АСУ УЗ, а також потреб процесів управління, виділимо наступні загальні засади реалізації завдань прогнозування. По-перше, методи математичного прогнозування на основі формування і аналізу часових рядів, які відображають динаміку зміни характеристик ТЕП [121, 126, 123, 65]. По-друге, методи та технологій імітаційного моделювання, які базуються на відтворенні логіки розвитку ТЕП в конкретних умовах [65]. По-третє, експертні методи оцінювання станів або тенденцій зміни параметрів ТЕП, що спираються на досвід та інтуїцію експертів, враховують неформалізовані або приховані залежності тощо [134]. Четверте, застосування методів інтелектуальних систем, зокрема, нечіткого моделювання та управління, а також методів штучних нейронних мереж (ШНМ), які застосовуються для автоматичного формування і адаптації моделей розвитку процесів на основі накопичених і оперативних даних [68, 75].

Підтримка процесів прийняття, уніфікація та оптимізація управлінських рішень – комплексне завдання створення платформи АнС в середовищі АСУ УЗ. Подібність процедур широкого кола різних за змістом завдань управління – головна передумова запровадження технологій АнС. Зрозуміло що при вирішенні конкретних завдань оптимізації на різних рівнях управління необхідно використовувати різноманітні математичні моделі та методи, склад яких буде поступово доповнюватись [73]. Разом з цим у середовищі АнС доцільно застосовувати загальні принципи, уніфіковані процедури і типові інструменти для реалізації таких оптимізаційних завдань. Засоби середовища АнС щодо забезпечення реалізації завдань оптимізації управлінських рішень мають відповідати таким загальним вимогам [124]: провідна роль користувача (інформаційно-дорадчий режим), інтерактивність, онлайновість, апробація наслідків управління, оцінки експлуатаційних показників процесів (імітаційні моделі, аналогічні варіанти ін.).

3.3.3. Економіко-технологічна модель інформаційної технології планування черговості обслуговування парків технічних систем

В даний час однієї з пріоритетних завдань на залізничному транспорті України є всебічне зменшення експлуатаційних витрат і підвищення ефективності процесів автоматизованої експлуатації парків технічних систем (ТС) [56, 121, 46]. В якості об'єктів дослідження і аналізу нами були розглянуті парки електродвигунів (ЕД) постійного струму, які використовуються в залізничних стрілочних переводах (СП) – високо відповідальних системах управління процесами перевезень. Кількість цих систем становить кілька десятків тисяч. Тільки в Південно-Західному філіалі їх налічується близько 6000. Мета роботи полягає в удосконаленні методу оптимального планування процесів експлуатації парку (МОПЕД), а також в розвитку відповідних систем автоматизованого дистанційного моніторингу та діагностування поточного і прогнозованого стану об'єктів парку ЕД. Як зазначалося, планування процесів

експлуатації парку ЕД тут полягає у розрахунку такої оптимальної послідовності обслуговування групових об'єктів парку (ГЕД), яка забезпечує мінімальні загальні витрати на його експлуатацію, за умови дотримання вимог щодо стійкості і надійності процесів залізничних перевезень. Особливістю процедур аналізу та прогнозування параметрів стану є обслуговування груп ТЗ (ГЕД), а також застосування методу класифікації часових послідовностей [135, 110], що представляють оцінки різноманітних параметрів процесів експлуатації ЕД.

На залізницях України процеси експлуатації ЕД на тепер здійснюються на основі планово-попереджувального методу (ППМ), згідно з яким [131] процедури оцінки поточного стану передбачають виключення ЕД з реальних процесів для організації комплексу робіт з контролю елементів ТС, по вимірюванню значень їх параметрів. Відзначається [130, 126] що вилучення ЕД з процесів експлуатації вимагає істотних додаткових часових фінансових, матеріальних та інших витрат, а головне - може впливати на фактичні оцінки значень параметрів станів досліджуваних ТС.

За технологією ППМ експлуатації стрілочних переводів і їх ЕД встановлюється їх періодичне обстеження по складаному графіку [130, 131, 136]. До недоліків існуючої технології обслуговування СП відносяться значні витрати часу, виконання операцій в ручному режимі, істотна роль людського фактору при визначенні стану пристроїв та ін. Разом з цим відсутній безперервний контроль параметрів СП, що унеможливорює своєчасне виявлення і ліквідацію несправностей. В умовах впровадження високошвидкісного руху поїздів актуальність завдання підвищення ефективності автоматизованого обслуговування парків СП і ЕД зростає.

Розглянемо актуальне для ЗТУ завдання щодо удосконалення а також формування нових сучасних інформаційних технологій із автоматизації оптимального за технологічно-економічними критеріями планування процесів експлуатації парку ЕД стрілочних переводів по поточному та прогнозованим станам. На тепер розвиток автоматизованих систем управління експлуатацією

парків ТЗ, в тому числі стрілочних ЕД, відбувається на основі застосування сучасних інформаційних технологій (ІТ) і методів штучного інтелекту [130, 126, 137]. В рамках цього напрямку розробляються нові вирішення задачі по організації і інтеграції даних моніторингу, діагностування, а також з узагальнення результатів експлуатації парку ЕД і планування. Встановлено, що підвищення результативності цих методів і відповідних технологій їх реалізації з урахуванням оцінок характеристик поточного стану можливо на основі використання засобів інтелектуальних систем: моделей кластеризації, методів штучних нейронних мереж, експертних систем [126, 138].

У роботах [126, 139, 132] запропонована технологія експлуатації ЕД постійного струму залізничних СП, яка не вимагає вилучення двигуна зі СП. Вона дозволяє виконувати безперервну дистанційну діагностику ЕД, усуває багато недоліків ППМ обслуговування стрілок електричної централізації. Ця технологія дозволяє підвищити точність вимірювання параметрів, скоротити час перевірки стану стрілок електричної централізації, знизити вимоги до кваліфікації обслуговуючого персоналу і зменшити термін його перебування в зонах підвищеної небезпеки на залізничних шляхах, автоматизувати процеси діагностування ЕД і ін. Перехід до автоматизованої експлуатації парків ЕД є економічно вигідним, дозволяє підвищити надійність стрілочних електричних привидів, навіть з урахуванням відмов, які проявляються тільки при роботі стрілочного переводу. Такий висновок повною мірою відповідає світовим тенденціям щодо впровадження систем дистанційного діагностування та створення автоматизованих робочих місць (АРМ) [130, 139, 110].

Як приклади застосування засобів сучасних автоматизованих систем дистанційного діагностування парків ЕД (АСУД) на рис. 3.14, рис. 3.15 представлені спектральні характеристики струмів ЕД залізничних СП моделей МСП-0,25, які відповідають їх різним несправностей. Види несправностей ЕД визначалися експертом по методиці [130, 126, 132] На спектрограмах по осі абсцис відкладено час, по осі ординат - частота гармонік спектра.

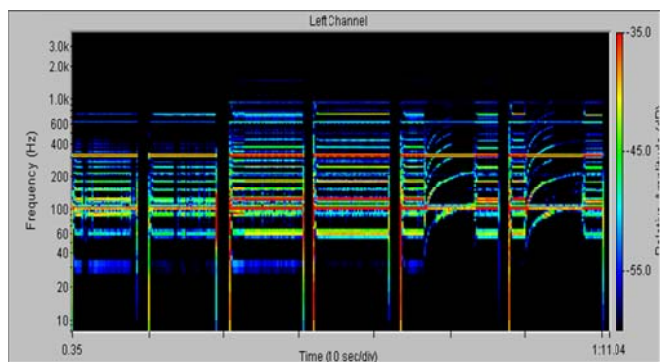


Рис. 3.14. Спектрограма двигуна моделі МСП-0,25: два обриви якоря то коротке замикання пластин колектору

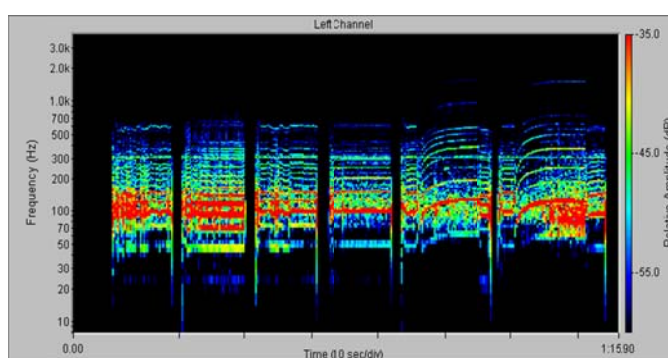


Рис. 3.15. Спектрограма двигуна МСП-0,25: чотири місця обриву секцій якоря

Відзначимо, що сукупність несправностей рис. 3.14, рис. 3.15 виявлена тільки за допомогою розрахунків на основі аналізу спектрів струмів, а не статичними методами вимірювань (омметра, трансформатора, імпульсний ін.).

Інтелектуальна автоматизована система (АСЕД) здійснює управління процесами дистанційного діагностування, а також вирішує окремі завдання експлуатації парків ЕД [130, 126, 136] У АСЕД виконуються вимірювання характеристик двигунів, які знаходяться під впливом номінальних, робочих значень напруги, струмів, магнітних полів, центробіжних сил та ін. АСЕД базується на аналізі частотного спектра робочого струму двигуна, реалізованого за допомогою швидкого перетворення Фур'є [130, 126] Для кожного ЕД в індивідуальних моделях (ІМЕД) зберігають характеристики справного стану, які використовують для розрахунку оцінки достовірності

виявлених несправностей, під час діагностики. Розпізнавання можливих несправностей ЕД виконується нейронними мережами Кохонена [140]. Аналіз взаємного розташування кластерів на топологічній карті Кохонена дозволяє виявляти подібності або відмінності між різними видами несправностей (обрив секції якоря, круговий вогонь і ін.). Вхідний шар мережі Кохонена складається з 256 елементів, на кожен з яких подаються величини інтенсивності гармонік перетворення Фур'є струму ЕД. Вихідний шар мережі представляють собою топологічну карту. В результаті експериментів кращу здатність до кластеризації показала топологічна карта розмірністю 3 на 5 елементів [126, 137]. На основі поточного та прогнозованого технічного стану кожного ЕД в подальшому визначають черговості їх обслуговування.

В [126] для реалізації безпосередніх процедур управління парком ЕД з урахуванням їх технічного стану розроблена дворівнева система математичних моделей, верхній рівень якої представляє головні контрольовані властивості парку в цілому, а також забезпечує визначення оцінок параметрів поточного стану. На нижньому рівні формуються індивідуальні ІМЕД, що представляють еволюцію станів ЕД. Розвитком цих досліджень є наступне: - удосконалення індивідуальних моделей процесів експлуатації як окремих ЕД, так і побудова моделей певних груп ЕД (ГЕД); - формування загальної економіко-технологічної моделі ГЕД, для розрахунку послідовності обслуговування заданих груп ТЗ ГЕД; - застосування удосконаленого методу прогнозування показників процесів експлуатації ГЕД за рахунок процедури класифікації послідовностей даних моніторингу ІМЕД.

Розглянемо теоретико-методичний підхід до оптимального планування процесів експлуатації парку ТС як завдань вибору черговості обслуговування наборів їх визначених груп. Постановка такого завдання базується на таких вимогах і визначається наступним чином. Вважається заданою та автоматизовано контролюється певна множина (парк) складних техніко-технологічних об'єктів однакового призначення (зокрема ЕД). Також вважаються відомими за рахунок застосування інформаційних технологій (ІТ)

необхідні дані щодо процесів експлуатації ТС. Відповідно до технології функціонування та методикою обслуговування транспортних засобів (ТЗ) парку розділені на групи (ГЕД), елементи яких при плануванні розглядаються спільно. Об'єкти парку характеризуються наборами властивостей, значення яких вказують на їх деякий «поточний» стан, що відбиває хід і можності подальшої експлуатації кожного з ТЗ. Технічний стан об'єкта на даному етапі експлуатації визначається по «сигналам», що знімається з нього, причому дистанційно, без виключення з процесів експлуатації. Дані про параметри поточного стану, відповідним чином обробляються, аналізуються і узагальнюються, а також накопичуються в системі АСЕД. Вважаються відомими ресурси (технічні, матеріальні, трудові та ін.), необхідні або виділені для експлуатації парку об'єктів. Ставиться завдання із забезпечення встановленої надійності функціонування ТС, як основи реалізації сукупності залізничних транспортних технологій парку ТЗ. Також потрібно забезпечити підвищення ефективності процесів експлуатації парку об'єктів, що виконується на основі формування інтелектуальної автоматизованої технології та системи оптимального управління за поточним та прогнозованим станами. При цьому потрібно безперервно визначати поточний технічний стан компонентів парку ТЗ. Результатами моніторингу ТЗ є оцінки параметрів поточного стану. Ця інформація фіксується в індивідуальних моделях процесів експлуатації технічних систем (наприклад, ЕД) у вигляді часових рядів (ЧР) [135, 110, 106].

При виявленні несправних станів об'єкта необхідно визначити вид несправності і отримати оцінку достовірності показників. На основі даних моніторингу об'єктів і попередніх даних про процеси експлуатації, представлених в детермінованих термінах або з урахуванням характеристик невизначеності технологічних або експлуатаційних процесів, необхідно спрогнозувати можливі зміни технічного стану елементів системи, а також встановити раціональну черговість діагностики та обслуговування об'єктів парку ТЗ з урахуванням вимог безпеки транспортної системи та обмежених ресурсів процесів експлуатації.

Для вирішення завдання щодо визначення раціональної черговості обслуговування об'єктів парку ТС (також ЕД), як частини планування процесів експлуатації, застосовуються спеціалізовані економіко-математичні моделі і методи оптимального планування, розглянуті нижче. Завдання експлуатації парків полягає у визначенні послідовності обслуговування (діагностування, оглядів ЕД, ремонтів ін.) ТЗ або їх елементів, а також груп ГЕД, з урахуванням наближених оцінок їх поточного і прогнозованого стану, які забезпечують мінімальні загальні експлуатаційні витрати.

Для реалізації запропонованого теоретико-методичного підходу представимо завдання формування ІТ для автоматизованого оптимального управління експлуатацією парків ТЗ (ЕД), розвиваючи методику робіт [126, 137, 132], як послідовність реалізації наступних завдань:

1. Створення груп ЕД парку, формування індивідуальних моделей процесів експлуатації стрілочних ЕД, ІМ для ГЕД, загальної технологіко-економічної моделі експлуатації парку.
2. Дистанційне вимірювання, моніторинг, спектральний аналіз робочих струмів, діагностування поточних станів ЕД.
3. Оцінка параметрів і станів інфраструктури, класифікація ІМ окремих ЕД, а також їх ГЕД. прогнозування характеристик станів об'єктів парку.
4. Формування оптимального плану як вибору послідовності обслуговування ГЕД
5. Реалізація управління етапу Т, виконання і облік в інформаційних моделях результатів робіт з експлуатації парку ЕД.
6. Корекція індивідуальних моделей ЕД, ГЕД, а також парку в цілому.

Для реалізації зазначеної постановки задачі оптимального планування необхідно було ввести нову категорію моделей об'єктів парку - ГЕД, моделі групових властивостей ЕД (стрілочні переводи станції, її ділянок тощо). Формування та облік групових властивостей об'єктів парку виконаний за допомогою спеціалізованих процедур ІС АСЕД.

При заданих множинах груп ЕД, що одночасно включаються до плану обслуговування, виникає завдання по оцінці характеристик ГЕД, представлених ЧР, на основі властивостей окремих ЕД груп. З урахуванням вимог забезпечення надійності транспортних систем параметри ГЕД визначаються на основі функцій $\max / \min$. Оскільки на різних етапах обслуговування реалізація функцій розрахунку групових властивостей ГЕД може бути на різних двигунах, то поведінка ЧР групових властивостей може мати складний зовні навіть недетермінований характер. Ряди рівнів групових властивостей можуть бути у тому числі антиперсистентними [135, 110], як і послідовності значень рівнів ЧР окремих ЕД.

Розглянемо питання моделювання, прогнозування та планування процесів експлуатації парків ЕД, представлених в індивідуальних моделях ІМЕД недетермінованими ЧР. Для цього необхідно урахувати результати дослідження стохастичних часових рядів технологічно-економічних і експлуатаційних процесів залізничного транспорту. Врахуємо що дані про процеси експлуатації залізничного транспорту, які накопичуються в базах АСУ ЗТ, ми можемо вважати за ЧР: вони впорядковані по етапах технологічного контролю значення заданих показників. Накопичені оцінки показників як правило мають складну динамічну структуру і відображають властивості технологічних, експлуатаційних, фінансових та інших процесів залізничного транспорту. У роботах [139, 135, 110] було досліджено можливості застосування нових методів аналізу ЧР, що представляють властивості вагонопотоків, на основі показника Херста (XV) [106]. XV оцінює стохастичність ряду, наявність в ньому довготривалої «пам'яті», використовуючи процедуру R/S-аналізу. Значення XV дозволяє класифікувати процеси на персистентні (трендостійкі $H > 0,5$), антиперсистентні (злам тенденції, $H < 0,5$), випадкові (H близько 0).

У роботах [135, 110] були досліджені властивості ЧР, що характеризують кількість вагонів, відправлених по станціях за добу. Було з'ясовано, що показник Херста цих ЧР часто знаходиться в інтервалі $[0,3; 0,5]$, тобто відомості про попередні властивості і поведінці ЧР не зберігаються. Це

свідчить про значні проблеми прогнозування складність достовірного планування технологічних процесів та процесів експлуатації залізничних ТС, а також їх парків.

Для подальшого дослідження процесів, що описуються ЧР в області «білого шуму» ($H = [0,4, 0,5]$), нами була розроблена процедура усереднення рівнів ЧР, а також запропонована процедура ПКР - класифікації ЧР (рис. 3.16).

Згідно ПКР на основі вихідного ЧР формується серія нових ЧР: $ЧР_i(k)$, $k = 2, 3, \dots$. Тут параметр k вказує кількість послідовно розташованих рівнів ряду, які використовуються для побудови чергового рівня перетвореного ряду (як середнього значення рівнів k) на i -му етапі процедури ПКР. Потім знову утворений $ЧР_i(k)$ досліджуються на основі моделі (1). Побудова $ЧР_i(k)$ закінчується, якщо для деякого k відповідний $ЧР_i(k)$ стане персистентним по (4.12), або ж на i -му етапі ПКР виконуватися вимоги: $H(ЧР_i(k)) > H^*$, H^* - задано. До отриманих на k -му етапі модифікованим рядах $ЧР_i(k)$ далі застосовуються стандартні статистичні методи моделювання і прогнозування.



Рис. 3.16. Параметри ЧР вагонопотоку при $k=3$ діб, $H=0.71$.

На рис. 3.16 наведено приклад ЧР (3) вагонопотоку на станції, отриманий при агрегації за 3 доби (ЧР третього класу), Його показник Херста (3.12) дорівнює $H = 0,71$, але був $H = 0,18$. Таким чином для ЧР(3) типу рис. 3.16 на

практиці можливо прогнозування оцінок показників (витрати, кількості вагонів і ін.) «з кроком 3».

Процедура ПКР усереднення рівнів дозволяє диференціювати процеси, представлені ЧР, встановлюючи мінімальні діапазони узагальнення рівнів «к» при яких можливо більш обґрунтоване формування моделей прогнозування. На рис. 3.17, наведені приклади ЧР різних класів, виявлених на основі ПКР. Зазначимо також, що з використанням процедури розрахунку внутрішніх оцінок для сформованих узагальнених рядів, запропонованих у розд. 2.2 (рис. 2.1-2.5), можливе уточнення та подальша деталізація результатів моделювання вихідних ЧР.

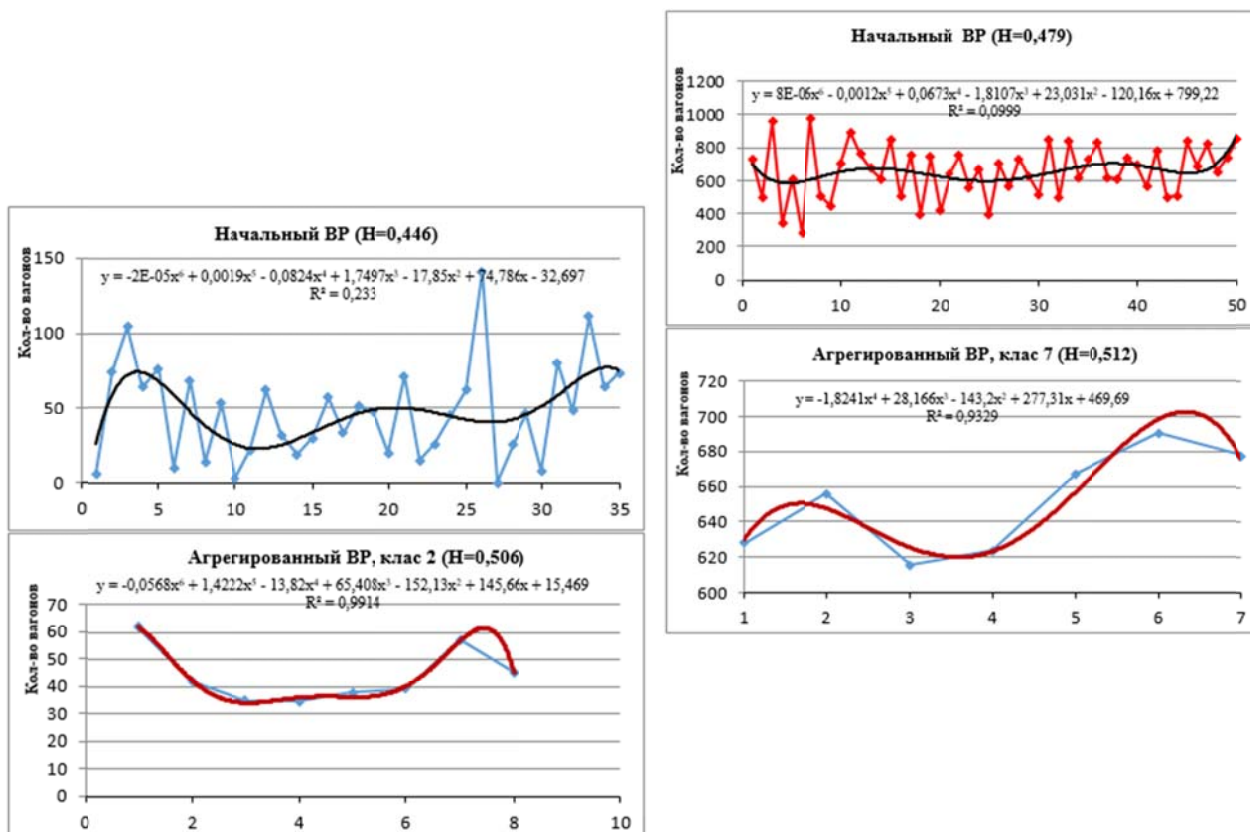


Рис. 3.17. Приклади процесів 2-го та 7-го класів відповідно

На рис. 3.17, вказані вихідні та відповідні перетворені ЧР, а також дані значення їх показників Херста (2.1) і коефіцієнти детермінації моделей [140, 106]

Однією з характерних властивостей методу та ІТ експлуатації парку ТЗ, який розробляється, є застосування процедури ПКР для класифікації ЧР процесів експлуатації, що формуються в ІМЕД і ГЕД (етап 3, класифікація ЧР).

По-друге, формальна та інформаційна сутність наведеного процесу виконання функцій діагностування, придатна для контролю багатьох технологіко-економічних і автоматизованих виробничих процесів, полягає в такому. Автоматизована система з класифікації (прогнозування) станів досліджуваних процесів використовує індивідуальні моделі (ІМ) окремих елементів контролю. Для ІМ цих елементів визначені можливі стани (класи умов функціонування) і ознаки (у тому числі нечіткі та ін.), що їм відповідають. Способи та технологія формування ознак може бути досить довільною. Так, для ЕД такими ознаками являються спектральні характеристики струму. Далі, моделі ІМ містять набір цільових значень ознак, що використовують для порівняльних оцінок з поточними вимірюваними величинами. В рамках інформаційної технології діагностування виконується певне встановлене порівняння поточних та цільових значень ознак ІМ, з подальшою її модифікацією, яка відповідає розвитку процесів функціонування.

Структура запропонованої нами системи ІМ процесів експлуатації парку ЕД (моніторинг, діагностування, прогнозування, ремонти) має вигляд ієрархії (рис. 3.13). Рівні моделей сформовані за функціональним призначенням.

Рівень ІМ 1 забезпечує даними процедури визначення поточного стану парку ЕД. Моделі рівня ІМ 2 використовуються для процедур кластеризації даних спектрів, а також класифікації ЧР, що отримується при моніторингу. Для визначення класу ЧР застосовується процедура ПКР. Дані про спектрах струму ЕД дають можливість встановити існуючі, або ж приховані несправності контрольованих пристроїв, які можуть виникнути на наступних етапах експлуатації ЕД, а також оцінити очікуваний термін до їх прояву.

На основі ІМЕД формуються ІДГ_к (моделі обслуговування груп ЕД при експлуатації). Загальна оцінка властивостей ІДГ_к отримується на основі функцій $\max / \min$, що застосовується до показників кожного ЕД групи. У набір

властивостей $ID\Gamma_k$ входять наступні показники: витрати на нормативне обслуговування (BH_k), додаткові технологічні витрати при виході двигунів з ладу (DB_k), нормативне число перемикачів стрілок за встановлений період (NT_k). За NT_k обчислюють аналогі ймовірності, для розрахунку показника можливих загальних витрат. Також для $ID\Gamma_k$ на основі показника Херста обчислюються властивості групового ЧР, його клас (процедура ПКР). У разі необхідності виконується класифікація перетвореного по ПКР ряду, що дозволяє уточнити моделі прогнозування процесів експлуатації для ГЕД та ЕД.

Модель оптимального планування черговості обслуговування (МОПЧО) ГЕД реалізується наступним чином. Вважаються заданими період планування T і максимальний ресурс на обслуговування (максимально можлива к-ть ЕД, яку можна обслужити за період T) - $ED(T)$. Для кожної $IMGEД_k$ на основі її $ЧР_k$ визначають кількість можливих відмов за період T - $n(T)$, а також їх види. Крім того, встановлюються ГЕД, які підлягають плановому обслуговуванню згідно нормативів (ПНО) [130] - $ГЕД_H(T)$ і кількість ЕД в них - $n_H(T)$. Таким чином, сумарна кількість ЕД в кожній групі, які підлягають ремонту:

$$n_{ГЕД_k}(T) = n(T) + n_H(T)$$

При цьому якщо, $n(T) = 0$ то ГЕД підлягає тільки нормативному обслуговуванню. В цьому випадку форматується множина $G(T)$:

$$G(T) = \{ГЕД_k(T)\}, \forall n_{ГЕД_k} > 0$$

Якщо кількість $ГЕД_H(T)$ в плановому періоді, які підлягають обслуговуванню,

$n_{ГЕД_k}(T) > 0, \forall k = \overline{1, ED(T)}$ не перевищує 12, достатнім буде використати перебір всіх можливих варіантів перестановки ГЕД. При великому

$n_{ГЕД_k}(T) > 14$ - вибір оптимальної перестановки може здійснюється з використанням пошукової оптимізації - генетичних алгоритмів [75, 111, 99].

Для формування моделі розрахунку черговості обслуговування ГЕД розроблений спеціалізований показник ефективності планування. Показник відповідає оцінками очікуваних додаткових витрат (ОДВ) за період планування T . Черговість обслуговування ГЕД, при якій ці витрати мінімальні, є оптимальною. Величина ОДВ розраховується так:

– за моделлю $IDГ_k$ вибираються $ДВ_k$ і NT_k , на основі яких обчислюють оцінки ймовірностей подій відмов в групі $P(NT_k)$;

– для ЕД, що входять до $IDГ_k$ за моделями $IMEД$ визначаються загальні додаткові витрати на ремонт ЕД $ДВ_{рем}$, які можуть вийти з ладу в період планування (з урахуванням можливого прогнозованого типу відмови)

$ВН_k$ - нормативні витрати на ремонт ЕД.

$$ДВ_{рем} = \sum_n В_{вид\ рем} * n_{ЕД}$$

Значення $ОДВ_k$ дорівнює:

$$ОДВ_k = (ОДВ_k * P(NT_k)) + ДВ_{k\ рем} + ВН_k$$

МОПЧО ГЕД має вигляд:

$$\sum_{k=1}^n ОДВ_k \rightarrow \min \quad 3.13$$

Умовою відбору ГЕД в множину $G(T)$ здійснюється з урахуванням (3.13).

При розрахунку $ОДВ_k$ встановлювався період планування, за яким обчислювалися $ОДВ_k$. У той же час в процесі експлуатації можливі події, які вимагають оперативної корекції плану. Ці події призводять до появи нових

груп IDG_k , в яких в період планування можуть статися відмови (за результатами діагностики струмів ЕД). Прийняття рішень щодо таких груп ЕД - завдання оперативного планування експлуатації парку ЕД.

ЧР спектрів струмів можуть рекомендувати кілька видів можливих несправностей одночасно, але з різними часом їх можливого прояву. Виходячи з цих даних, проводиться розрахунок оцінок надійності транспортної системи, за якими і вибирається група ЕД для першочергового обслуговування.

Таким чином, отримали розвиток метод і інформаційні технології дистанційного моніторингу та оптимального планування процесів експлуатації парків залізничних технічних систем. Наукова новизна цих результатів визначається наступним: вперше запропонована модель оптимального планування, як вибору послідовності обслуговування груп об'єктів парку ЕД. Удосконалено індивідуальні моделі експлуатації ЕД і ГЕД, які відрізняються додатковою інформацією за класифікацією даних моніторингу ЕД, що дозволяє уточнити оцінки поточних і прогнозованих станів, з урахуванням випадкових чинників.

Отримані результати забезпечують нові можливості групового оптимального планування обслуговування парку ЕД за критерієм мінімуму очікуваних витрат. При цьому процедура класифікації даних моніторингу також дозволяє підвищити достовірність результатів прогнозування антиперсистентних часових рядів, а значить і обґрунтованість планів по черговості обслуговування об'єктів парку ЕД.

3.4. Підвищення економічної ефективності виробничо-господарської діяльності підприємств на основі розвитку інформаційних технологій

Планування ремонтів (діагностування, обслуговування та ін.) об'єктів парку ЕД, з урахуванням розподілу робіт на основі спеціалізації виконавців, виконаємо за допомогою модифікованої відкритої моделі транспортної задачі про «цілерозподілення» [141] з обмеженими пропускними можливостями.

Відмінна особливість розробленої моделі полягає в тому, що в ній коефіцієнти матриці питомих вартостей заздалегідь не можуть бути точно обчислені, а представлено нечіткими величинами. Економіко-математична модель планування зазначених робіт, представлена у формі нечіткого програмування (НМП) [20, 141] має наступний вигляд:

$$R(X) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \hat{C}_{ij} X_{ij} \rightarrow \max_{\{X_{ij}\}} \quad 3.14$$

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} \leq N_i, (j = \overline{1, n}) \quad \sum_{j=1}^n X_{ij} \leq \hat{d}_i^{(t)}, (i = \overline{1, m}) \quad 3.15$$

$$X_{ij} \leq \hat{d}_{ij}, (i = \overline{1, m})(j = \overline{1, n}); \quad X_{ij} \geq 0, (i = \overline{1, m}) \quad 3.16$$

В (3.13) – (3.15) позначено: X_{ij} – число заявок (ЕД) типу «і», які обслуговує спеціалізована система типу «j»; $\hat{C}_{ij}$ – матриця нечітких оцінок питомої ефективності обслуговування; $\hat{d}_i^{(t)}$ – нечітке число заявок типу «і» в період «t». Бінарна операція «+» в моделі (3.14) - (3.16) із знаходження максимуму на заданій нечіткої області позначає додавання нечітких множин.

Вирішення зазначеної задачі зводиться до вирішення низки завдань лінійного програмування, шляхом введення дискретних α -рівнів для нечітких величин [142, 143]. При цьому нечіткі обмеження приймають інтервальний вигляд. Для приведення (3.14) - (3.16) до виду звичайної задачі лінійного програмування (ЛП) тепер достатньо записати нерівності окремо по лівому і правому краях інтервалів, з урахуванням знаків нерівності [142]. При цьому кількість обмежень збільшується в два рази, а отримане завдання можна вирішити симплексним методом [126, 87].

Перебравши всілякі значення α , отримують функцію приналежності нечіткого рішення задачі (3.14) - (3.16). На основі такого нечіткого

представлення далі методами нечіткого управління розраховується детерміноване рішення (3.14) - (3.16).

3.4.1. Моделі багатокритеріального планування розподілу робіт в умовах кооперації та конкуренції

Виходячи із наявних ресурсів для обслуговування парків ТС на основі МООЧО, передбачається можливість застосування моделей кооперації та конкуренції.

Модель кооперації має місце до застосування в умовах коли витрати на обслуговування парку ТС виходять на другі ролі. Тобто, головним критерієм вибору виступає час на виконання робіт з обслуговування, а не їх сукупна вартість. Доцільність використання даної моделі в першу чергу, гуртується на тому що кількість виконавців (ремонтних бригад, уособлених підрядників т.п.) понад 2 одиниці а також те що їх сумісне використання не впливає на інших учасників.

$$P(X) = \left(\frac{F_j(X) - F_j^*}{F_j^*} \right) \rightarrow \max_{\{X_{ij}\}} \quad 3.17$$

$$F_j(X) = \sum_{i=1}^m \hat{C}_{ij} X_{ij} \quad 3.18$$

де F_j^* – наперед визначенні достатні рівні показників $F_j(X)$

Цільова функція буде спрямована на отримання максимуму виконаних робіт (огляд, поточний чи капітальний ремонт) при визначених часових витратах.

Модель конкуренції передбачає мінімізації витрат за рахунок чесної конкуренції між виконавцями. Доцільність застосування цієї моделі виходить з чисто економічних міркувань - зменшення експлуатаційних витрат в умовах

коли загальний об'єм робіт та час на їх виконання сумісні та не передбачають будь-яких понад нормованих робіт.

3.4.2. Оцінка економічної ефективності ІТ при невизначеності вихідних даних

У випадку, якщо ж в результаті проведених розрахунків, ЕД віднесено до класу непершої черговості пошкоджується (виходить з ладу), це призводить до негайного його обслуговування(ремонту). Тим самим потрібно внести корективи щодо самого плану черговості обслуговування (провести повторний розрахунок черговості обслуговування самої групи) а також провести повторний аналіз його спектрограми на предмет помилок, неточностей, і тп.

Звісно все це, в першу чергу, призводить до прямих надлишкових матеріальних та часових витрат. По-друге, непрямі витрати що пов'язані з затримками в переміщенні вантажів за маршрутом, зміна маршруту, та інше.

Отже завчасне виявлення та усунення можливих несправностей призводить до значної економії як фінансових так і трудових ресурсів.

За даними УЗ, кількість стрілочних переводів на 2019 складає близько 49 тис, 5-7% зних потребують щорічного оновлення. За минулий 2019 рік УЗ провела реконструкцію 190 комплектів стрілочних переводів, капітальний ремонт 103 комплектів та середній ремонт 810 комплектів стрілочних переводів [144].

У відповідності до [145], витрати часу на діагностування та ремонт поточного стану одного ЕД (при застосуванні процедур автоматизованого моніторингу [126]) скорочується майже вдвічі та 3,5-4,5 рази відповідно (табл. 3.1) [145]. При цьому експлуатаційні витрати на перевірку поточного стану ЕД (основний фонд та нарахування заробітної плати, витрати на матеріали, запасні частини, електроенергію, амортизаційні відрахування) зменшуються в 2,5 рази.

Витрати часу та електроенергії для стендів

Параметр	Стенд для перевірки стану електродвигунів ремонтного цеху	Автоматизований стенд для перевірки двигунів
Час перевірки одного двигуна, хв.	125	64,45
Час ремонту одного двигуна, хв.	125-240	40-50
Потужність енергоспоживання, Вт	300	610

В [145] зазначено що середня кількість ЕД стрілочних переводів дистанції складає 1500 шт, а на їх перевірку потрібно витрати 625 годин в рік (при відсутності пошкоджень та/або несправностей). Застосування автоматизованого вимірювального комплексу дозволяє зменшити кількість до 250 годин/рік. На основі приведених даних, визначимо економічний ефект від впровадження МОПЧО ЕД стрілочних переводів.

В [146] зазначено що нових ЕД стрілочних приводів на станціях Придніпровської залізниці – 23,9 %, ЕД що знаходяться в передвідмовному стані – 15,3 %, ЕД що знаходяться в критичному стані – 43,1 % і потребують заміни або капітального ремонту.

Як зазначається [126] система діагностування спроможна за рік виявити близько 10 – 12 несправних ЕД на кожні 100 що експлуатуються, а вартість ремонту ЕД поточного або капітального в 4 та 6 разів менша ніж вартість нового ЕД (від 8000 до 12 000 грн) відповідно.

Нехай, вартість ремонту ЕД що не були включенні до плану ремонту але потребували його визначається як додаткові витрати на обслуговування ЕД і складаються з витрат часу на перевірку та усунення несправності ЕД. Нормативні витрати часу на обслуговування ЕД складає 180-240 хв. Величина заробітної плати елетромеханіка складає порядку 8000 грн. Отже, в середньому, витрати електромеханіка на обслуговування 1 ЕД складають:

$$\frac{8000}{\frac{8 \cdot 60}{210} \cdot 24} = 145,83 \text{ грн/од}$$

[119]Витрати на обслуговування 150 шт несправних ЕД будуть складати:

$$\text{ВитратиОбсл} = 150 \cdot 3000 = 450\,000 \text{ грн}$$

Таким чином, вчасно виявлені ЕД з несправностями та проведення поточного або капітального їх ремонту, призведе до експлуатаційних витрати в розмірі:

$$\text{Експлуатаційні Витрати на обсл} = 450\,000 + 150 \cdot 145,83 = 471\,874,5 \text{ грн}$$

Економія що можна досягти за рахунок зменшення кількості заміни ЕД від впровадження та застосування МОПЧО складає:

$$\text{Ефф} = 150 \cdot 10000 - 471\,874,5 = 1\,028\,125,5 \text{ грн}$$

Також варто зазначити, що застосування МОПЧО дозволить звести до мінімуму втручання (діагностика, монтаж/демонтаж) в роботу справних ЕД та відмінити процедури регулярного обслуговування ЕД за терміном служби, що також суттєво зменшить експлуатаційні витрати.

Застосування МОПЧО дозволить практично повністю виключити вище зазначені трати, ефективне планування роботи з експлуатаційної роботи дозволить підвищити ефективність роботи слюсарів та електромеханіків, оскільки вони будуть витрачати час лише для усунення справжніх (реальних) несправностей.

Висновки до розділу 3

Через високу складність та недостатню формалізованість численних технологічних, експлуатаційних та відповідних економічних процесів ЗТУ вони не завжди мають повне математичне представлення. Їх результати відображаються у базах та сховищах даних багатьох АСУ ЗТУ у вигляді упорядкованих послідовностей повідомлень, які утворюють часові ряди. При цьому використання таких даних для вирішення задач аналізу та оперативного прогнозування ускладнюється умовами невизначеності, нерегулярністю, хаотичною природою процесів залізничного транспорту.

В розділі представлено результати досліджень призначених для удосконалення існуючих засобів інформаційних технологій ЗТУ, які забезпечують вирішення завдань із аналізу та прогнозування діяльності підприємств ЗТ в умовах недетермінованості та невизначеності. Для вирішення завдань щодо розвитку інтелектуальних інформаційних технологій діагностування та прогнозування характеристик виробничих процесів у середовищі АСУ ЗТ виконано формування індивідуальних інформаційних і логістичних моделей, що супроводжують процеси експлуатації парків технічних систем, а також були розроблені уніфіковані інтелектуальної нечіткі процедури діагностування та прогнозування для середовища аналітичних серверів АСУ.

Основні наукові і практичні результати розділу складаються з удосконалення теоретико-методичних підходів до формування економіко-математичної моделі інформаційної технології із забезпечення оптимального планування процесів обслуговування комплексів об'єктів парку технічних систем з урахуванням стохастичних факторів. Їх застосування відрізняється груповим обліком черговості обслуговування об'єктів парку, а також застосуванням процедури класифікації даних моніторингу процесів експлуатації, що дає можливість мінімізувати очікувані додаткові витрати за встановлений період планування.

Для уніфікованого моделювання широкого кола процесів ЗТ, представлених часовими рядами, розроблено теоретико-методичний підхід, який використовує модель розширеного логістичного відображення (РЛВ), запропоновану в дисертації. Економіко-математична модель РЛВ призначена для аналізу та управління економічними процесами на основі даних спостережень. Вона узагальнює структуру логістичного відображення та дозволяє розширити склад керуючих параметрів технолого-економічних моделей об'єктів функціонування.

Для ефективного вирішення завдань з нечіткими вихідними даними щодо розподілу робіт між декількома виконавців за умов їх кооперації, а також при

конкуренції за обсяги роботи, розроблена багатокритеріальна модель оптимального планування.

В розділі отримало розвиток інформаційне забезпечення АСУ ЗТУ шляхом формування уніфікованих процедур прийняття рішень у середовищі АСУ, які забезпечують вирішення завдань діагностування станів виробничо-господарських процесів з нечіткими характеристиками, а також неоднорідними умовами невизначеності. Розроблені засоби мають відмінність запропонованим методом логічного виводу, спеціалізованим для завдань діагностування за нечітких умов, а також при неоднорідних характеристиках умов невизначеності.

Проведені у розділі розрахунки оцінок очікуваної економічної ефективності підтверджують доцільність запропонованих теоретичних підходів та розроблених моделей планування процесів господарської діяльності підприємств в умовах невизначеності.

Результати досліджень, отриманих у розділі 3, опубліковані у роботах [114, 115, 113, 117, 135, 110, 109, 139, 57]

ВИСНОВКИ

У дисертації виконано теоретичне узагальнення, запропоновано нову концепцію та здійснено розвиток теоретико-методичних підходів щодо розвитку економіко-математичного моделювання процесів автоматизованого управління діяльністю підприємств ЗТУ в умовах невизначеності. При цьому сформульовано наступні висновки теоретичного та науково-практичного характеру:

1. В результаті аналізу НДП ЗТУ визначені можливості та запропонований теоретико-методичний підхід до класифікації ТЕП, представлених АЧР, а також розроблено процедуру класифікації упорядкованих даних, що дозволяє виявити додаткові ознаки зазначених процесів, за рахунок чого підвищити достовірність і точність результатів прогнозування. Розрахована середня точність прогнозування на основі моделей класифікації становила 5-10%.

2. Розроблено концепцію оцінки, прогнозування та ЕММ процесів діяльності підприємств ЗТУ в умовах невизначеності, у тому числі представлених АЧР спостережень щодо зміни контрольованих показників, а також сформовано процедури класифікації досліджуваних процесів. Вирішені завдання щодо класифікації НДП, розроблені процедури та рекомендації щодо практичного застосування результатів класифікації.

3. Розроблено теоретико-методичний підхід, спрямований на удосконалення методів та уніфікацію інформаційних технологій автоматизованого діагностування та планування ТЕП експлуатації парку залізничних технічних систем в умовах неоднорідної невизначеності, який відрізняється від відомих удосконаленим інформаційним забезпеченням та індивідуальними моделями що забезпечують обслуговування заданих груп об'єктів.

4. Визначені потреби, можливості АСК ЗТУ та розроблено уніфіковану модель діагностування та прогнозування станів нечітких, а також процесів ЗТУ

з неоднорідними умовами невизначеності. Запропоновано процедури до розвитку та удосконалення інформаційної платформи аналітичних серверів середовища АСК залізничного транспорту України.

5. Для підвищення ефективності процесів автоматизованого планування ТЕП удосконалена інформаційна підсистема визначення черговості обслуговування елементів парку залізничних технічних систем за оцінками їх поточних та прогнозованих станів, що забезпечується шляхом розробки економіко-математичної моделі оптимального планування черговості обслуговування.

6. Розвинуто теоретико-методичний підхід до планування виробничо-господарських процесів ЗТУ в умовах невизначеності за рахунок удосконалення багатокритеріальної моделі планування розподілу робіт між декількома виконавців за умов їх кооперації та конкуренції, а також за нечітких характеристиках вихідних даних.

7. На підставі дослідження потреб та аналізу АСК ЗТУ щодо реалізації завдань із планування та прогнозування показників виробничих НДП розроблено теоретико-методичний підхід та удосконалено метод Т. Демарка. При цьому також забезпечується вирішення завдання із оцінки точності прогнозу для визначеної на основі розрахунків області очікуваних значень.

8. Для забезпечення уніфікації методів та процедур аналізу НДП запропоновано теоретико-методичний підхід та сформовано універсальну удосконалену економіко-математичну логістичну модель процесів у формі розширеного логістичного відображення. Запропоновані процедури дозволяють виконувати аналіз та планування величин параметрів, які впливають на досліджувані процеси, що додатково дозволяє ефективно обирати склад значимих керуючих параметрів моделей об'єктів функціонування.

9. Встановлені придатність, забезпечення точності та ефективності запропонованих теоретико-методичних підходів, математичних та інформаційних моделей та технологій, щодо вирішення завдань планування та прогнозування параметрів недетермінованих ТЕП ЗТУ. Економічний ефект

запропонованих методів та моделей прогнозування та планування отримується за рахунок уніфікації відповідних завдань у середовищі інформаційної технології аналітичних серверів, а також шляхом підвищення якості та ефективності використання накопичених та прогнозованих даних. При цьому забезпечується можливість підвищення точності оцінок і прогнозування параметрів ТЕП ЗТУ з урахуванням умов невизначеності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] І. І. Рекун, *Методологічні засади розвитку систем економічної безпеки підприємств залізничного транспорту*, Дніпропетровськ, 2016, р. 38.
- [2] В. М. Порохня, Ю. О. Колісник и В. В. Бирський, «Інформаційні технології підтримки прийняття інтелектуальних рішень в управлінні економічними об'єктами,» *Современные проблемы моделирования социально-экономических систем*, pp. 205-216, 2009.
- [3] А. И. Пушкарь, «Моделирование управляемого развития экономических систем,» *Современные проблемы моделирование социально-экономических систем*, pp. 50-64, 2009.
- [4] С. Кулицький, «Економіка України у 2019 р.: загрози, ризики, прогнози [Електронний ресурс],» Центр досліджень соціальних комунікацій національної бібліотеки України імені В. І. Вернадського, 2019.
- [5] О. В. Мостіпака, «Сучасні тенденції розвитку національної економіки України,» *Соціально-економічні проблеми сучасного періоду України*, т. Вип. 6., pp. 34-41, 2018.
- [6] Я. А. Максименко, «Розвиток національної економіки під впливом загальносвітових тенденцій,» *Бізнес Інформ*, т. №3, pp. 26-31, 2019.
- [7] G. R. Laba and K. Khodzinska, «Macroeconomic preconditions for the development of the economy of Ukraine in the process of eurointegration,» in *Проблеми та перспективи розвитку економіки України в умовах євроінтеграції*, Львів, 2019.
- [8] Л. Б. Возна та М. І. Дмитрів, «Стан і тенденції розвитку малого та середнього бізнесу в Україні,» в *Проблеми та перспективи розвитку економіки України в умовах євроінтеграції*, Львів, 2019.
- [9] К. Ф. Ковальчук, «Моделирование неопределенности поведения сложных экономических систем,» *Современные проблемы моделирования*

социально-экономических систем, pp. 38-49, 2009.

- [10] Р. И. Трухаев, Модели принятия решений в условиях неопределенности, Москва: Наука, 1981.
- [11] В. М. Порохня, «Теория относительности экономического роста,» *Современные проблемы моделирования социально-экономических систем*, pp. 65-77, 2009.
- [12] Г. Пятницкая, «Классификация кластеров в системе информационного обеспечения стратегии кластеризации,» *Маркетинг і менеджмент інновацій*, т. №4, pp. 187-208, 2015.
- [13] С. Говорухін, «Кластеризація об'єктів із нечітко заданими значеннями характеристик,» *Искусственный интеллект*, т. №4, pp. 567-576, 2008.
- [14] Ю. Стадник, «Застосування методу кластерного аналізу у плануванні кредитних операцій комерційного банку,» *Науковий вісник Херсонського державного університету*, т. Частина 4, № №13, pp. 170-173, 2015.
- [15] М. М. Корабльов, *Гібридні методи і моделі обробки нечіткої інформації на основі штучних імунних систем : автореф. дис. д-ра техн. наук : 05.13.23 «Системи та засоби штучного інтелекту»*, Харків: Харк. нац. ун-т радіоелектроніки, 2012, р. 38.
- [16] О. Марченко та Т. Россада, Актуальні проблеми Data Mining: Навчальний посібник для студентів факультету комп'ютерних, Київ, 2017, р. 150.
- [17] Д. Ланде, І. Субач та Ю. Бояринова, Основи теорії і практики інтелектуального аналізу даних у сфері кібербезпеки: навчальний посібник, Київ: ІСЗЗІ КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018, р. 297.
- [18] В. Бурдаєв, Системи навчання з елементами штучного інтелекту. Монографія., Харків: Вид. ХНЕУ, 2009, р. 400.
- [19] Я. Глинський та В. Рязьська, Штучний інтелект. Інтелектуальні роботи, Львів: Деол, 2002, р. 168.
- [20] А. Матвійчук, Штучний інтелект в економіці: нейронні мережі., нечітка

логіка: монографія, К.: КНЕУ, 2011, р. 439.

- [21] Л. С. Ямпольський, Б. П. Ткач та О. І. Лісовиченко, Системи штучного інтелекту в плануванні, моделюванні та управлінні: підруч. для студ. вищ. навч. закл, К.: ДП «Вид. дім «Персонал», 2011, р. 532.
- [22] В. Вітлінський, «Штучний інтелект у системі прийняття управлінських рішень,» *Нейро-нечіткі технології моделювання в економіці*, № №1, pp. 97-118, 2012.
- [23] В. В. Витлінський, «Моделирование экономического риска в динамике,» *Современные проблемы моделирования социально-экономических систем*, pp. 195-204, 2009.
- [24] А. И. Пушкар, Ю. Е. Жуков и А. А. Пилипенко, Стратегические группы предприятий: концепция, методология, управление. Научное издание. (Монография), Харьков: «Кроссрод», 2006.
- [25] G. J. Kril, «Architecture of System Problem Solving,» *Plenum Press*, 1985.
- [26] В. В. Вертель, *Маркетингове дослідження незадоволеного попиту на пасажирські перевезення залізницями: автореф. дис. канд. екон. наук: 08.00.04*, Київ, 2013, р. 21.
- [27] В. Вертель, «Балансування комплексу показників оцінювання незадоволеного попиту на пасажирські перевезення,» *Наука й економіка*, pp. 126-132, 2012.
- [28] В. В. Вертель та О. В. Бакалінський, «Бенчмаркінг впровадження перспективних інформаційних технологій у пасажирському комплексі залізниць,» *Вісник Національного університету «Львівська Політехніка»: Менеджмент та підприємництво в Україні: етапи становлення і проблеми розвитку*, pp. 188-194, 2012.
- [29] Г. Прохорченко, *Формування автоматизованої технології складання нормативного графіка руху поїздів на залізничному напрямку: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.22.01*, Харків, 2018, р. 21.

- [30] Т. В. Бутько та Г. О. Прохорченко, «Формування процедури автоматизованої побудови графіку руху поїздів на основі алгоритму штучних бджолиних колоній», *«Транспортні системи та технології перевезень»*, pp. 10-15, 2015.
- [31] T. Butko, A. Prokhorchenko and T. Golovko, «Development of the method for modeling the propagation of delaya in noncyclic train scheduling on the railroads with mixed traffic,» *Eastern-European Journal of enterprise Technologies*, pp. 30-39, 2018.
- [32] Ю. М. Германюк, *Удосконалення методів оцінки роботи залізничного транспорту при виконанні транзитних перевезень вантажів у міжнародному сполученні : автореф дис. канд. техн. наук: 05.22.20*, Дніпро, 2017.
- [33] D. Kozachenko, R. Vernigora, V. Balanov, N. Berezovy, L. Yelnikova та Y. Germanyuk, «Eveluation of the transition to the organization of freight trains traffic be the schedule,» т. 11, № 1, pp. 41-48, 2016.
- [34] Д. М. Козаченко та Ю. М. Германюк, «Математична модель для дослідження перевезення вантажів у міжнародному сполученні,» *Збірник наукових праць ДНУЗТ «Транспортні системи та технології перевезень»*, pp. 28-32, 2013.
- [35] Ю. В. Зеленько, *Розвиток методологічних основ ресурсозберігаючих екологічно чистих технологій при експлуатації залізничного транспорту : автореф. дис. докт. техн. наук: 05.22.20*, Дніропетровськ, 2015.
- [36] Y. Zelenko, S. Myamlin and M. Sandovskiy, Scientific foundation of management of the environmental safety of oil product turover in railway transport, Москва: Издательство Литограф, 2014, p. 332.
- [37] Ю. В. Зеленько, «Анализ технологий рационального использования нефтесодержащих отходов на железнодорожном транспорте,» *Вісник Днепропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна*, pp. 131-135, 2010.

- [38] О. В. Дикань, *Теоретико-методологічні аспекти забезпечення конкурентоспроможності промислових підприємств залізничного транспорту : автореф. дис. докт. екон. наук: 08.00.04*, Дніпро, 2016.
- [39] О. В. Дикань, «Інформаційно-комунікаційні технології формування інтегрованого середовища забезпечення конкурентоспроможності промислових підприємств регіону,» в *Приоритети розвитку національної економіки в контексті євроінтеграційних та глобальних викликів*, Харків, ХНУБА, 2016, pp. 279-291.
- [40] В. І. Мацюк, *Розвиток наукових основ організації залізничних транспортних процесів та систем: автореф. дис. докт. техн. наук: 05.22.01*, Харків, 2018.
- [41] В. І. Мацюк, «Дослідження повної та систематичної технологічних відмовзалізничних станцій,» *Збірник наукових праць Державного економіко-технологічного університету транспорту. Серія: Транспортні системи і технології*, т. Вип. №30, pp. 226-236, 2017.
- [42] V. A. Matsiuk, «A study of the technological reliability of railway stations by an example of transit trains processing,» *Eastern-European Journal of enterprise Technologies: Control Processes*, vol. 1, pp. 12-17, 2017.
- [43] В. В. Мямлін, *Розвиток наукових основ створення гнучких потокових технологій ремонту рухомого складу: автореф. дис. докт. техн. наук: 05.22.20.*, Харків, 2016.
- [44] В. В. Мямлін, «Исследование функционирования различных структурных вариантов гибких потоков для ремонта вагонов при помощи имитационного моделирования,» *Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна*, т. №3(51), pp. 124-135, 2014.
- [45] Ю. Г. Лысенко, В. Н. Тymoхин, Р. А. Руденский, А. И. Пушкарь, Л. Н. Сергеева и И. С. Благун, *Проблемы управления экономическими системами*, Донецк: Юго-Восток, 2007, p. 227.

- [46] V. Skalozub, V. Illman та S. V., «Ontological support formation for constructive-synthesing modeling of information systems development processes [Text] / V. Skalozub,,» *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, т. 5/54 (95) , 2018.
- [47] N. Guarino, «Formal ontology and information system,» *Proceedings of FOIS*, vol. 98, pp. 81-97, 1998.
- [48] P. Alexopoulos, M. Wallace, K. Kafentzis and D. Askounis, «Utilizing Imprecise Knowledge in Ontology-based CBR Systems by Means of Fuzzy Algebra,» *International Journal of Fuzzy Systems*, vol. 12, pp. 1-15, 2010.
- [49] T. Breitsprecher, M. Codescu, C. Jucovschi, M. Kohlhase, L. Schröder та S. Wartzack, «Towards Ontological Support for Principle Solutions,» *Mechanical Engineering. InFOIS*, т. 5, pp. 427-432, 2014.
- [50] В. В. Скалозуб, С. Ю. Цейтлин та М. С. Чередниченко, «Интеллектуальные информационные технологии и системы железнодорожного транспорта,» в *Системные технологии моделирования сложных систем: Монография*, Днепр, НМетАУ-ИБК «Системные технологии», 2016, pp. 560-589.
- [51] И. В. Жуковицкий , В. В. Скалозуб, А. Б. Устенко та И. В. Клименко, «Формирование интеллектуальных информационных технологий железнодорожного транспорта на основе моделей аналитических серверов и онтологических систем,» *Інформаційні керуючі системи на транспорті*, т. №6, pp. 3-11, 2018.
- [52] P. Grabusts, A. Borisov та I. Aleksejeva, «Ontology-Based Classification System Development Methodology,» *Information Technology and Management Science*, т. 18, pp. 129-134, 2015.
- [53] І. Жуковицький, В. Скалозуб та А. Устенко, Інтелектуальні засоби управління парками технічних систем залізничного транспорту. Монографія, Дніпро: ПФ «Стандарт – Сервіс», 2018, р. 190.
- [54] В. В. Скалозуб, В. І. Шинкаренко, С. Ю. Цейтлін та М. С. Чередниченко,

- «Моделі онтологічної підтримки автоматизованих систем керування залізничними вантажними перевезеннями в Україні», *Системні технології: Регіональний міжвузівський збірник наукових праць*, т. Вип.№5(112), pp. 158-165, 2017.
- [55] В. В. Скалозуб та В. М. Ильман, Прикладной системный анализ интеллектуальных систем транспорта, Днепропетровск: Изд-во Днепропетр. нац. ун-та ж.-д. трансп. им. акад. В. Лазаряна, 2013, р. 214.
- [56] В. В. Скалозуб, В. П. Соловьев, И. В. Жуковецкий та К. В. Гончаров, Интеллектуальные транспортные системы железнодорожного транспорта (Основы инновационных технологий), Днепропетровск: Днепропетр. нац. ун-та ж.-д. трансп. им. акад. В. Лазаряна, 2, 2013, р. 208.
- [57] «Intelligent Transport Systems (ITS): an area to be strengthened in the Transport sector. [Электронный ресурс]».
- [58] Ю. С. Бараш, Управління залізничним транспортом України: [монографія], 2-ге перероб. і доп ред., Дніпропетровськ: Видавництво Дніпропетровськ. Нац. ун-ту зал. тр-ту, 2006, р. 264.
- [59] В. В. Скалозуб, «Метод и информационные технологии нечетко-статистического управления», *Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць*, т. Випуск 1 (50), pp. 120-127, 2008.
- [60] Л. Н. Сергеева, Нелинейная экономика: модели и методы: Монография, Ю. Г. Лысенко, Ред., Запорожье: «Полиграф», 2003, р. 218.
- [61] Н. Максишко, Моделювання економіки методами дискретної нелінійної динаміки. Монографія, В. О. Перепелиця, Ред., Запоріжжя: Поліграф, 2009, р. 416.
- [62] В. Тимохин, Методология моделирования экономической динамики, Донецк: ООО «Юго-Восток Лтд», 2007, р. 269с.
- [63] О. Вертелева, «Математичне моделювання економічних процесів в умовах парадигмальних зрушень», *Інвестиції: практика та досвід*, № №12, pp.

48-56, 2019.

- [64] Т. Демарк, Технический анализ - новая наука, М.: Диаграмма, 1997, р. 280.
- [65] В. Геєць, Т. Клебанова, О. Черняк, В. Іванов, Н. Дубровіна та А. Ставицький, Моделі і методи соціально-економічного прогнозування: підручник, Харків: ВД ІНЖЕК, 2005, р. 396.
- [66] Н. К. Максишко та В. А. Перепелица., Анализ и прогнозирование эволюции экономических систем, Запорожье: Полиграф, 2006, р. 248.
- [67] Б. Безручко и Д. Смирнов, Математическое моделирование и хаотические временные ряды, Саратов: Гос. УНЦ «Колледж», 2005, р. 320с..
- [68] Д. Рутковская, М. Пилиньский и Л. Рутковский, Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы, 2-е ред., Москва: Горячая линия – Телеком, 2013, р. 384.
- [69] О. Шарапов, В. Д. Дербенцев та Д. Є. Семьонов, Економічна кібернетика: навч. посібник, К.: КНЕУ, 2004, р. 231.
- [70] Л. Сергеева, Моделирование поведения экономических систем методами нелинейной динамики (теории хаоса), Запорожье: ЗГУ, 2002, р. 227.
- [71] В. Е. Жуковин, Многокритериальные модели принятия решений с неопределенностью, Тбилиси: Мецниереба, 1983, р. 104.
- [72] З. М. Соколовська та Я. Н. В. , «Використання експертних систем у ході прийняття рішень у нечіткому середовищі,» *Бізнес Інформ*, т. №3, pp. 38-42, 2012.
- [73] Т. Каткова, *Моделі і методи оцінки, прогнозування та управління стратегічною діяльністю підприємства в умовах невизначеності: автореф. дисер. докт.техн. наук: 05.13.03*, Харків: ХПІ, 2018, р. 33.
- [74] А. А. Адаменко, «Динамічні нечіткі множини,» *Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних сил*, т. №1, pp. 90-93, 2010.
- [75] А. Пегат, Нечеткое моделирование и управление, Москва: БИНОМ.

Лаборатория знаний, 2009, р. 798.

- [76] О. І. Воронов, «Ігрові технології прийняття управлінських рішень у системі підготовки державних службовців,» *Теорія та практика державного управління і місцевого самоврядування*, т. №1, 2016.
- [77] Р. Кветний, Н. Кузьміна та., «Розподіленна система підтримки прийняття групових рішень,» *Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія*, т. №47, № 1, pp. 4-13, 2020.
- [78] О. Федорчак, «Критерії вибору оптимального державно-управлінського рішення в умовах невизначеності,» *Ефективність державного управління*, № №32, pp. 236-246, 2012.
- [79] О. Мулеса, В. Снийок та С. Герзанич, «Метод нечіткої класифікації на основі послідовного аналізу вальда,» *Automation of technological and business processes*, т. №11, pp. 35-42, 2020.
- [80] Д. Кабаченко, «Прийняття управлінських рішень в умовах невизначеності та ризику,» *Економічний вісник*, т. №2, pp. 107-115, 2017.
- [81] О. Половцев, «Державне управління регіональним розвитком в умовах невизначеності: аналіз підходів до прийняття рішень,» *Теорія та практика державного управління місцевого самоврядування*, т. №2, 2013.
- [82] І. Рекун, Трансформація системи економічної безпеки підприємств залізничного транспорту: монографія, Дніпропетровськ: Колор-принт, 2015, р. 358.
- [83] О. Гарасим, Ю. Гарасим, П. Гаранюк та І. Гаранюк, «Застосування теорії хаосу в ризик-менеджменті інформаційної безпеки,» *Комп'ютерні технології друкарства*, т. №29, pp. 99-111, 2013.
- [84] О. Ю. Палант, «Економічне управління ризиком технічних збоїв у трамвайному русі,» *Бізнес Інформ*, pp. 79-84, 2016.
- [85] Ю. Зайченко, Нечеткие модели и методы в интеллектуальных системах, К.: Издат. дом «Слово», 2008, р. 344.

- [86] А. Пегат, Нечеткое моделирование и управление, М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009.
- [87] Г. Яхьяева, Нечеткие множества и нейронные сети, М.: Интернет-Университет Информационных технологий; Лаборатория знаний, БИНИМ, 2008, р. 316.
- [88] М. П. Дивак, Задачі математичного моделювання статичних систем з інтервальними даними, Тернопіль: Видавництво ТНЕУ, 2011, р. 216.
- [89] А. Слободяник, Л. Коваль, В. Гомолінський, І. Криворучко та А. Клапоущак, «Основи інтервального аналізу для апроксимації даних в оптоелектроніці,» *Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: технічні науки*, т. 30(69) Ч.1, № №2, pp. 196-203, 2019.
- [90] Б. Я. Остапюк, «Принципи ефективного управління залізничним транспортом у системі національного господарства в умовах глобалізації,» т. № 10, pp. 192-197, 2014.
- [91] К. В. Остапчук, «Використання економетричної моделі при аналізі взаємозв'язку української та світової транспортних систем (на прикладі залізничного транспорту),» *Бізнес Інформ*, pp. 206 - 213, 2014.
- [92] Л. В. Кириченко, А. К. Барановский и Ю. Ю. Кобицкая, «Рекуррентный анализ самоподобных и мультифрактальных временных рядов,» *Information Content and Proccessing: International Journal*, т. 3, № №1, pp. 16-37, 2016.
- [93] Т. В. Кравець та Т. О. Гапоненко, «Фрактальний аналіз валютного ринку за допомогою моніторингу показника Херста,» *Бізнес Інформ*, т. №11, pp. 125-131, 2015.
- [94] D. William, «Principles and Applications of Chaotic Systems,» *Communications of the ACM*, vol. 38, no. 11, November 1995.
- [95] О. Ф. Волошин та В. О. Лавер, «Нечіткі методи розподілу витрат,» *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Кібернетика*, т. 12, pp. 12-17, 2012.

- [96] H. Moulin, «Axiomatic Cost and Surplis-Sharing,» *Working Papers 2001–06*, 2001.
- [97] Н. Р. Кондратенко, О. В. Чеборака та О. А. Ткачук, «Інтервальні нечіткі моделі типу-2 в задачах ідентифікації об'єктів з багатьма входами та виходами,» *Системи обробки інформації*, т. №3, pp. 48-52, 2011.
- [98] Q. Liang and J. Mendel, «Interval Type-2 fuzzy logic systems: theory and design,» *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, vol. 8, pp. 535-550, 2000.
- [99] Н. Кондратенко та С. Куземко, «Генетичне настроювання нечіткої моделі в задачі діагностики гіпотиреозу,» *Вісник ВПІ*, т. №6, p. 278–283, 2003.
- [100] Н. Кондратенко, О. Чеборака та Т. О. , «Інтервальні нечіткі моделі типу-2 в задачах ідентифікації об'єктів з багатьма входами та виходами,» *Системи обробки інформації*, т. № 3(93), pp. 48-52, 2011.
- [101] J. Mendel and R. John, «Interval Type-2 Fuzzy logic systems made simple,» *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, vol. 14, p. 808–821, 2006.
- [102] H. Saima, J. Jaafar, S. Belhaouari and T. Jillani, «ARIMA based Interval Type-2 Model for Forecasting,» *International Journal of Computer Applications*, vol. 28, pp. 17-21, 2011.
- [103] M. Khanesar, E. Kayacan, M. Teshnehlal and O. Kaynak, «Extended Kalman Filter Based Learning Algorithm for Type-2 Fuzzy Logic Systems and its Experimental Evaluation,» *IEEE Transactions on Industrial Electronic*, vol. 59, pp. 4443 - 4455, 2012.
- [104] В. Иванов, Анализ временных рядов и прогнозирование экономических показателей, Харьков: ХНУ, 1999, p. 230.
- [105] К. О. Ейтутіс Г.Д., Економіка залізниці: історія, сьогодення, перспективи розвитку: [монографія], Ніжин: ТОВ «Аспект-Поліграф», 2014, p. 269.
- [106] Э. Петерс, Фрактальный анализ финансовых рынков. Применение теории хаоса в инвестициях и экономике, М.: Интернет-трейдинг, 2004, p. 304.
- [107] Н. Э., «Расчет показателя Херста с целью выявления трендовости

- (персистентности) финансовых рынков [Электронный ресурс],» 2010.
- [108] С. Кузнецов и О. Гладковский, «Фрактальный анализ котировок ВТБ,» Сибирская Академия Государственной службы, Новосибирск, 2010.
- [109] В. В. Скалозуб та І. В. Клименко, «Метод планирования недетерминированных процессов эксплуатации парка железнодорожных технических систем,» *Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту*, т. №5(77), pp. 7-18, 2018.
- [110] В. Скалозуб та К. І.В., « Розвиток процедур аналізу та прогнозування недетермінованих технологічно-економічних процесів на основі показників хаотичної динаміки,» *Економіка: реалії часу*, т. № 4 (26), р. 82 – 90., 2016.
- [111] Н. А. Кизим, В. А. Зинченко и В. В. Узунов, «Конгнитивное моделирование слабоструктурированных систем,» *Современные проблемы моделирования социально-экономических систем: Монография*, pp. 24-36, 2009.
- [112] Н. Максишко, *Аналіз та прогнозування розвитку економічних систем методами дискретної нелінійної динаміки : автореф. дис. докт. екон. наук : 08.00.11*, Київ, 2010, р. 34.
- [113] В. В. Скалозуб та І. В. Клименко, «Интерпретация и прогнозирование представленных временными рядами процессов на основе расширенного логистического отображения,» *Бізнес-інформ*, т. № 10, pp. 92-97, 2013.
- [114] В. В. Скалозуб та І. В. Клименко, «Дослідження методу прогнозування економічних часових рядів на основі узагальненого логістичного відображення,» *Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна*, т. Випуск 38, pp. 291-295., 2011.
- [115] В. В. Скалозуб та І. В. Клименко, «О применении расширенного логистического отображения для анализа и прогнозирования параметров процессов железнодорожного транспорта,» *Економіка: реалії часу*, Томи %1 з %2№3-4(4-5), pp. 57-62, 2012.

- [116] Т. Ю. Огаренко и Л. Н. Сергеева, «Моделирование динамики спроса на услуги высших учебных заведений на основании обобщенного логистического отображения,» *Бизнес Информ : научный информационный журнал*, т. № 4., pp. 97-100, 2010.
- [117] В. В. Скалозуб, В. Белозеров, И. В. Клименко та Б. Н. Белый, «Моделирование и прогнозирование процессов на основе обобщенного логистического отображения,» *Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту*, т. №6(48), pp. 99-109, 2013.
- [118] П. А. Козлов и О. В. Осокин, «Построение автоматизированных аналитических систем на железнодорожном транспорте,» *Управление большими системами: Сборник трудов Института проблем управления*, Т. %1 из %2Вып. №12-13, р. 78, 2006.
- [119] А. Босов и В. Ильман, «Структурная сложность систем,» *Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. Адак. В. Лязаряна*, т. Вип. 40, pp. 173-179, 2012.
- [120] И. В. Жуковицкий, В. В. Скалозуб и И. В. Клименко, «Создание интеллектуальных ситем поддержки принятия решений в единой автоматизированной системе управления грузовыми железнодорожными перевозками Украины,» *Системный технологии: Региональный межвузовский сборник научных работ*, т. Вып. №3(116), pp. 153-162, 2018.
- [121] И. В. Жуковицкий и В. В. Скалозуб, «Проблемы унификации аналитических процедур в единой автоматизированной системе управления грузовыми железнодорожными перевозками Украины,» *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*, т. №4, pp. 86-90, 2011.
- [122] Н. Б. Паклин и В. И. Орешков, *Бизнес-аналитика: от данных к знаниям*, СПб.: Питер, 2009, р. 624.

- [123] И. В. Жуковичский, А. Б. Устенко и О. Л. Зиненко, «Метод интерактивной динамической оптимизации распределения локомотивов для работы в поездах на основе оценки рисков», *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*, т. №4, pp. 86-91, 2006.
- [124] Т. Саати и А. Кернес, Метод анализа иерархий, М.: Мир, 1991, р. 352с..
- [125] В. В. Скалозуб, О. М. Шве́ц та В. Н. Осовик, «Методы интеллектуальных транспортных систем в задачах управления парками объектов железнодорожного транспорта по текущему состоянию», *Питання прикладної математики і математичного моделювання: збірник наукових праць ДНУ ім. О. Гончара*, pp. 229-242, 2014.
- [126] Э. С. Айфичер и Б. Джервис, Цифровая обработка сигналов: практический подход, 2-е издание ред., М.: Вильямс, 2008.
- [127] І. Клименко, «Адаптація метода Т. Демарка для прогнозування векторних інтервальних часових рядів», *Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна.*, т. Випуск 37, pp. 274-276, 2011.
- [128] Т. Кохонен, Самоорганизующиеся карты, Москва: БИНИМ, 2009, р. 655.
- [129] А. П. Разгонов, А. Б. Руденко, В. В. Скалозуб та О. М. Шве́ц, «Автоматизация процессов диагностики электродвигателей стрелочных переводов в условиях эксплуатации», *Залізничний транспорт України*, т. № 6, pp. 20-22, 2009.
- [130] *Інструкція з технічного обслуговування пристроїв сигналізації, централізації та блокування: ЦШ 0060*, К.: Укрзалізниця, 2009, р. 111.
- [131] В. В. Скалозуб, В. Осовик та І. Клименко, «Економіко-технологічні моделі аналізу і управління експлуатацією парків електричних двигунів залізничних стрілочних переводів», *Проблеми економіки транспорту*, т. №9, 2015.
- [132] С. В. Тарасов и С. д. п. Базы, СУБД для программиста. Базы данных изнутри, М.: СОЛОН-Пресс, 2015, р. 320.

- [133] Д. Джарратано и Г. Райли, Экспертные системы, М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2007, р. 1152.
- [134] В. Скалозуб та И. Клименко, «Оценка и прогнозирование параметров временных рядов вагонопотоков на основе специализированной процедуры фрактального анализа,» *Наук. Вісник Херсонського держ. ун-ту, серія Економічні науки*, т. Вип. 20. Частина 2, pp. 189-192, 2016.
- [135] С. Ю. Буряк, В. Гаврилюк, О. Гололобова та М. Ковригин, «Дистанционное диагностирование состояния стрелочных переводов по временной характеристике и спектральному составу токовой кривой,» *Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна*, т. 2(56), pp. 39-57, 2015.
- [136] В. Скалозуб та В. Осовик, «Индивидуальные интеллектуальные модели для эксплуатации парка однородных железнодорожных технических систем на основе параметров текущего состояния,» *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*, т. №6, pp. 8-12, 2014.
- [137] A. Piegat, «Nonregular nonlinear sector modeling,» *Applied Mathematics and Computer Science*, Vols. vol. 8, No 3, p. 101 – 123, 1998.
- [138] В. Скалозуб, И. Жуковичкий, И. Клименко та А. Заец, «Создание интеллектуальных систем поддержки принятия решений в единой автоматизированной системе управления грузовыми железнодорожными перевозками Украины,» *Системні технології : регіон. міжвуз. зб. наук. пр.*, т. № 3 (116), p. 153–162., 2018.
- [139] T. Kohonen, Self-Organizing Maps, Springer-Verlag, 2001, p. 501.
- [140] О. М. Пшінько та В. В. Скалозуб, «Нечіткі економіко-математичні моделі планування процесів експлуатації класів виробничо-технічних систем,» *Збірник наукових праць Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. Проблеми економіки транспорту*, pp. 94-102, 2016.

- [141] Л. Рутковский, Методы и технологии искусственного интеллекта, М.: Горячая линия - Телеком, 2010, р. 520.
- [142] Д. Дилипс та А. Гарсиа-Диаз, Методы анализа сетей, М.: Мир, 1984, р. 496.
- [143] І. Рекун, «Моделі реформування залізничного транспорту в контексті економічної безпеки,» *Інституціональний вектор економічного розвитку: зб-ник наукових праць МІДМУ «КПУ»,* pp. 50-62, 2014.
- [144] С. Буряк, *Удосконалення технології обслуговування централізованих стрілок з електроприводом змінного струму в умовах експлуатації: автореф. дис. канд техн. наук: 05.22.20, Дніпро, 2015.*
- [145] Т. Середюк, «Мониторинг и эксплуатационная диагностика двигателей постоянного тока с последовательным возбуждением,» *Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил,* т. 4(49), pp. 134-141, 2016.
- [146] А. И. Черняк, «Экономико-математические модели и методы исследования рынков,» *Современные проблемы моделирования социально-экономических систем,* pp. 103-113, 2009.
- [147] І. Рекун, «Стратегічні напрямки розвитку залізничної галузі України,» *Економіка та держава: міжнародний науково-практичний журнал,* pp. 35-37, 2016.
- [148] И. Рекун, «Модель проектирования экономической безопасности предприятия,» pp. 11-121, 2015.
- [149] З. К. Авдеева, С. В. Коврига, Д. И. Макаренко и В. И. Максимов, «Конгнитивный подход в управлении,» *Contol Science №3,* pp. 2-8, 2007.
- [150] B. Gonen, X. Fang, E. El-Sheikh, S. Bagui, N. Wilde and A. Zimmermann, «Ontological support for the evolution of future services oriented architectures,» *Transactions on Machine Learning and Artificial Intelligence,* vol. 2(6), pp. 77-90, 2015.

- [151] V. Skalozub, V. Illman and V. Shynkarenko, «Development of ontological support of constructive-synthesizing modeling of information systems,» *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, vol. 6/4 (90), pp. 58-69, 2017.
- [152] В. М. Проценко, «Актуальні проблеми розвитку АТ «Укрзалізниця» та підходи до інтенсифікації управління економічною поведінкою,» *Бізнес Інформ*, т. №4, р. 206–213, 2020.
- [153] А. Матвійчук, Штучний інтелект в економіці: нейронні мережі., нечітка логіка: Монографія, К.: КНЕУ, 2011, р. 439.
- [154] В. И. Бобровский, Функциональное моделирование работы железнодорожных станций : монография / В. И. Бобровский, Д. Н. Козаченко, Р. В. Вернигора, В. В. Малашкин. – Днепропетровск, 2015. – 269 с.
- [155] О. В. Горбова, Удосконалення методів техніко-експлуатаційної оцінки роботи залізничних станцій : дис. ... канд. техн. наук: 05.22.01 / Горбова Олександра Вікторівна. – Днепро : ДНУЗТ, 2016. – 167 с.
- [156] Д. Н. Козаченко, Объектно-ориентированная модель функционирования железнодорожных станций / Д. Н. Козаченко // Наука та прогрес транспорту. – 2013. – № 4 (46). – С. 47-55. – doi: 10.15802/stp2013/16570.
- [157] В. М. Мірошніченко, Інформаційна технологія імітаційного моделювання систем залізничного транспорту в середовищі Anylogic / В. М. Мірошніченко, Є. В. Недзельський // Проблеми економіки та управління на залізничному транспорті : Зб. матеріалів міжнадр. наук.-практ. конференції. – Київ : ДЕТуТ, 2014.

ДОДАТКИ

Додаток А

Дослідження точності прогнозу, розрахунок абсолютних та відносних похибок
почакового та агрегованного ЧР₁(5) (рис.2.17)

Початковий	Клас 5	Тренд		Абсолютна похибка		Відносна похибка	
		Початковий	Клас 5	Початковий	Клас 5	Початковий	Клас 5
44	52	29,26	51,36	14,74	0,64	33%	1,23%
13	41	50,87	43,36	37,87	2,16	291%	5,24%
75	41	57,22	38,56	17,78	2,64	24%	6,41%
72	36	55,36	36,96	16,64	1,36	23%	3,82%
56	39	50,20	38,56	5,80	0,24	10%	0,62%
28		44,92		16,92		60%	
14		41,34		27,34		195%	
36		40,30		4,30		12%	
85		41,98		43,02		51%	
43		46,13		3,13		7%	
48		52,40		4,40		9%	
24		60,48		36,48		152%	
39		70,32		31,32		80%	
52		82,22		30,22		58%	
43		96,99		53,99		126%	
24		115,97		91,97		383%	
48		141,07		93,07		194%	
32		174,79		142,79		446%	
38		220,13		182,13		479%	
36		280,57		244,57		679%	
67		359,91		292,91		437%	
32		462,13		430,13		1344%	
24		591,23		567,23		2363%	
23		750,97		727,97		3165%	
48		944,63		896,63		1868%	
39		1174,74		1135,74		2912%	
191		1442,69		1251,69		655%	
30		1748,43		1718,43		5728%	
H=0,392	H=0,5423						
					MAPE	778,15%	3,46%

Додаток Б

Дослідження точності прогнозу, розрахунок абсолютних та відносних похибок
почакового та агрегованного ЧР₁(7) (рис.2.19)

Початковий	Клас 7	Тренд		Абсолютна похибка		Відносна похибка	
		Початковий	Клас 7	Початковий	Клас 7	Початковий	Клас 7
732	628	700,35	630,142	31,65	2,00	4,3%	0,32%
499	656	637,58	647,652	138,58	8,06	27,8%	1,23%
960	616	602,30	625,55	357,70	9,98	37,3%	1,62%
340	623	587,22	623,384	247,22	0,04	72,7%	0,01%
612	667	586,30	656,928	25,70	10,22	4,2%	1,53%
277	690	594,53	698,172	317,53	7,89	114,6%	1,14%
977	678	607,91	675,334	369,09	2,24	37,8%	0,33%
505		623,28		118,28		23,4%	
446		638,24		192,24		43,1%	
700		651,02		48,98		7,0%	
892		660,42		231,58		26,0%	
762		665,70		96,30		12,6%	
673		666,49		6,51		1,0%	
612		662,74		50,74		8,3%	
851		654,62		196,38		23,1%	
502		642,47		140,47		28,0%	
758		626,73		131,27		17,3%	
396		607,88		211,88		53,5%	
742		586,43		155,57		21,0%	
418		562,82		144,82		34,6%	
642		537,42		104,58		16,3%	
750		510,48		239,52		31,9%	
559		482,13		76,87		13,8%	
669		452,32		216,68		32,4%	
392		420,85		28,85		7,4%	
702		387,31		314,69		44,8%	
563		351,15		211,85		37,6%	
729		311,59		417,41		57,3%	
621		267,71		353,29		56,9%	
515		218,42		296,58		57,6%	
852		162,50		689,50		80,9%	

Продовження додатку Б

852		162,50		689,50		80,9%	
496		98,61		397,39		80,1%	
838		25,33		812,67		97,0%	
620		-58,80		678,80		109,5%	
728		-155,23		883,23		121,3%	
830		-265,38		1095,38		132,0%	
619		-390,55		1009,55		163,1%	
611		-531,88		1142,88		187,1%	
734		-690,29		1424,29		194,0%	
693		-866,38		1559,38		225,0%	
564		-1060,38		1624,38		288,0%	
781		-1272,04		2053,04		262,9%	
499		-1500,59		1999,59		400,7%	
506		-1744,57		2250,57		444,8%	
837		-2001,80		2838,80		339,2%	
686		-2269,25		2955,25		430,8%	
820		-2542,88		3362,88		410,1%	
655		-2817,61		3472,61		530,2%	
740		-3087,13		3827,13		517,2%	
850		-3343,78		4193,78		493,4%	
H=0,479	H=0,512						
					MAPE	12921%	0,883%

Додаток В

Дослідження результатів точності прогнозування по моделі (3.5) з параметрами (3.11)

Дата	Значення	Прогноз	Похибка
13.01.2010	0,6573		
14.01.2010	0,5715		
15.01.2010	0,6549		
16.01.2010	0,6925	0,6064	12,43%
17.01.2010	0,6933	0,6343	8,51%
18.01.2010	0,6427	0,6350	1,20%
19.01.2010	0,6059	0,5994	1,07%
20.01.2010	0,5308	0,5835	9,92%
21.01.2010	0,5727	0,5712	0,26%
22.01.2010	0,5609	0,5750	2,51%
23.01.2010	0,5976	0,5731	4,10%
24.01.2010	0,5130	0,5809	13,22%
25.01.2010	0,5862	0,5719	2,44%
26.01.2010	0,5170	0,5778	11,76%
27.01.2010	0,5696	0,5716	0,36%
28.01.2010	0,5530	0,5744	3,88%
29.01.2010	0,5719	0,5723	0,06%
30.01.2010	0,5656	0,5748	1,63%
31.01.2010	0,6083	0,5738	5,67%
02.02.2010	0,4652	0,5843	25,60%
03.02.2010	0,5810	0,5803	0,12%
04.02.2010	0,8119	0,5766	28,98%
05.02.2010	0,7391	0,8292	12,19%
06.02.2010	0,7285	0,6858	5,86%
07.02.2010	0,8300	0,6720	19,04%
08.02.2010	0,7028	0,8857	26,04%
09.02.2010	0,5897	0,6438	9,17%
10.02.2010	0,5514	0,5787	4,95%
11.02.2010	0,6684	0,5721	14,40%
12.02.2010	0,4870	0,6152	26,34%
13.02.2010	0,5166	0,5753	11,36%
14.02.2010	0,5719	0,5716	0,05%
15.02.2010	0,7470	0,5748	23,05%
16.02.2010	0,7549	0,6970	7,68%
17.02.2010	0,6810	0,7090	4,10%
18.02.2010	0,8538		9,31%

Додаток Г

Дослідження результатів точності прогнозування курсу валютної пари по моделі (3.5)

Дата	Дані	Прогноз «без	Прогноз «з	Похибка «з	Похибка, «без
03.01.2011	0,9123				
04.01.2011	0,9144				
05.01.2011	0,9167	0,9167			4,57%
06.01.2011	0,9176	0,9192	0,9201	4,00%	4,10%
07.01.2011	0,9198	0,9202	0,6483	31,75%	3,13%
10.01.2011	0,9233	0,9225	0,2643	72,15%	2,78%
11.01.2011	0,9170	0,9264	0,0596	93,77%	3,05%
12.01.2011	0,9085	0,9195	0,8412	12,47%	4,33%
13.01.2011	0,9076	0,9103	21,2581	2090,20%	6,22%
14.01.2011	0,9113	0,9094	28,6178	2823,76%	7,09%
17.01.2011	0,9129	0,9133	7,5231	671,13%	6,38%
18.01.2011	0,9131	0,9151	4,0768	317,81%	6,22%
19.01.2011	0,9156	0,9153	3,8139	289,44%	6,54%
20.01.2011	0,9171	0,9180	1,4497	47,62%	6,52%
21.01.2011	0,9193	0,9196	0,8082	18,30%	7,04%
24.01.2011	0,9165	0,9220	0,3281	66,74%	6,55%
25.01.2011	0,9162	0,9190	1,0062	2,64%	6,25%
26.01.2011	0,9189	0,9187	1,1221	14,47%	6,28%
27.01.2011	0,9202	0,9216	0,3826	61,07%	6,24%
28.01.2011	0,9202	0,9229	0,2286	76,65%	5,74%
31.01.2011	0,9201	0,9230	0,2239	77,06%	5,43%
01.02.2011	0,9193	0,9228	0,2383	75,74%	6,06%
02.02.2011	0,9142	0,9220	0,3248	66,96%	6,21%
04.02.2011	0,9137	0,9122	10,9073	1010,65%	7,11%
07.02.2011	0,9158	0,9159	3,0026	204,60%	7,08%
08.02.2011	0,9160	0,9182	1,3401	35,23%	7,34%
09.02.2011	0,9176	0,9184	1,2264	22,89%	7,97%
10.02.2011	0,9190	0,9201	0,6548	34,42%	7,85%
11.02.2011	0,9207	0,9217	0,3673	63,27%	7,83%
15.02.2011	0,9313	0,9290	0,0203	97,96%	6,40%
16.02.2011	0,9386	0,9350	0,0016	99,84%	5,56%
17.02.2011	0,9370	0,9429	0,0000	100,00%	4,21%
18.02.2011	0,9316	0,9412	0,0001	99,99%	4,17%
21.02.2011	0,9335	0,9353	0,0014	99,86%	4,81%
23.02.2011	0,9372	0,9368	0,0007	99,93%	3,83%
24.02.2011	0,9369	0,9414	0,0001	99,99%	3,02%
25.02.2011	0,9333	0,9410	0,0001	99,99%	3,04%

Продовження додатку Г

28.02.2011	0,9350	0,9371	0,0006	99,94%	3,52%
01.03.2011	0,9336	0,9390	0,0002	99,97%	3,54%
03.03.2011	0,9423	0,9427	0,0000	100,00%	3,78%
04.03.2011	0,9424	0,9470	0,0000	100,00%	3,85%
07.03.2011	0,9457	0,9470	0,0000	100,00%	3,66%
08.03.2011	0,9407	0,9506	0,0000	100,00%	3,52%
09.03.2011	0,9398	0,9452	0,0000	100,00%	3,92%
10.03.2011	0,9440	0,9442	0,0000	100,00%	3,51%
11.03.2011	0,9427	0,9488	0,0000	100,00%	2,99%
				221,71%	5,23%

Додаток Д

Дослідження точності прогнозів, розрахунок абсолютних та відносних похибок почакового та внутрішньоінтервальних ЧР (за моделлю (2.5) «по-середньому») (рис.2.30)

Початковий	Y1(k=2)	Y2(k=2)	Тренд (Прогноз)			Абсолютна похибка		Відносна похибка		Внутрішньоінтервальні прогнози		
			Початковий	Y1	Y2	Початковий	Y1(k=2)	Початковий	Y1(k=2)	За моделлю	Середнє	
732	1231		660.85			71.15	42.71	9.7%	3.47%	732.00	0.00%	615.50
499	1300	1459	651.49	1273.71	1304.86	152.49	46.41	30.6%	3.57%	541.71	8.56%	615.50
960	889	952	643.44	1253.59	1270.13	316.56	351.97	33.0%	39.59%	763.15	20.51%	650.00
340	1482	1254	636.62	1240.97	1246.06	296.62	247.23	87.2%	16.68%	490.44	44.25%	650.00
612	1146	951	630.94	1234.77	1231.17	18.94	87.95	3.1%	7.67%	779.69	27.40%	444.50
277	1654	1592	626.33	1233.95	1224.07	349.33	416.44	126.1%	25.18%	461.28	66.53%	444.50
977	1285	1435	622.70	1237.56	1223.46	354.30	40.31	36.3%	3.14%	784.78	19.67%	741.00
505	1353	1463	619.98	1244.69	1228.11	114.98	98.50	22.8%	7.28%	449.99	10.89%	741.00
446	1154	1260	618.10	1254.50	1236.89	172.10	112.20	38.6%	9.72%	781.18	75.15%	573.00
700	1160	1138	616.99	1266.20	1248.75	83.01	119.09	11.9%	10.27%	452.77	35.32%	573.00
892	1392	1060	616.58	1279.09	1262.71	275.42	99.49	30.9%	7.15%	771.29	13.53%	827.00
762	1228	1309	616.80	1292.51	1277.89	145.20	77.86	19.1%	6.34%	466.27	38.81%	827.00
673	1094	1061	617.58	1305.86	1293.49	55.42	224.62	8.2%	20.53%	757.19	12.51%	642.50
612	1292	1265	618.87	1318.62	1308.78	6.87	38.32	1.1%	2.97%	487.50	20.34%	642.50
851	1136	1350	620.61	1330.32	1323.15	230.39	204.56	27.1%	18.01%	740.61	12.97%	676.50
502	1348	1367	622.73	1340.56	1336.03	120.73	1.00	24.0%	0.07%	513.89	2.37%	676.50
758	1458	1334	625.18	1349.00	1346.96	132.82	102.66	17.5%	7.04%	723.00	4.62%	577.00
396	1558	1348	627.91	1355.34	1355.56	231.91	198.61	58.6%	12.75%	543.20	37.17%	577.00
742	1230	1449	630.86	1359.39	1361.53	111.14	130.98	15.0%	10.65%	705.55	4.91%	580.00
418	1427	1345	633.99	1360.98	1364.66	215.99	66.98	51.7%	4.69%	573.54	37.21%	580.00
642	1345	1257	637.25	1360.02	1364.82	4.75	11.48	0.7%	0.85%	689.17	7.35%	696.00
750	1005	1280	640.59	1356.48	1361.96	109.41	345.39	14.6%	34.37%	603.34	19.56%	696.00
559	1523	1343	643.97	1350.39	1356.13	84.97	181.14	15.2%	11.89%	674.55	20.67%	614.00

669	1475	1506	647.35	1341.86	1347.43	21.65	143.98	3.2%	9.76%	631.31	5.63%	614.00	8.22%
392	1590	1395	650.69	1331.02	1336.09	258.69	271.89	66.0%	17.10%	662.18	68.92%	547.00	39.54%
702	1483	1527	653.96	1318.11	1322.39	48.04	179.59	6.8%	12.11%	656.44	6.49%	547.00	22.08%
563	1178	1360	657.11	1303.41	1306.70	94.11	109.26	16.7%	9.27%	652.34	15.87%	646.00	14.74%
729	1401	1294	660.13	1287.26	1289.49	68.87	130.94	9.4%	9.35%	677.98	7.00%	646.00	11.39%
621	1225	1266	662.97	1270.06	1271.29	41.97	27.30	6.8%	2.23%	645.17	3.89%	568.00	8.53%
515	1263	1321	665.61	1252.30	1252.73	150.61	28.51	29.2%	2.26%	695.39	35.03%	568.00	10.29%
852	826	1026	668.03	1234.49	1234.53	183.97	391.23	21.6%	47.36%	640.63	24.81%	674.00	20.89%
496	1125	999	670.19	1217.23	1217.47	174.19	76.19	35.1%	6.77%	708.36	42.82%	674.00	35.89%
838	1057	1124	672.09	1201.19	1202.44	165.91	130.07	19.8%	12.31%	638.60	23.80%	729.00	13.01%
620	1054	1044	673.70	1187.07	1190.40	53.70	121.66	8.7%	11.54%	716.75	15.60%	729.00	17.58%
728	1340	1291	675.00	1175.66	1182.39	53.00	172.20	7.3%	12.85%	638.81	12.25%	779.00	7.01%
830	1198	1259	675.97	1167.80	1179.55	154.03	33.60	18.6%	2.80%	720.58	13.18%	779.00	6.14%
619	1408	1337	676.62	1164.40	1183.08	57.62	241.57	9.3%	17.16%	640.95	3.55%	615.00	0.65%
611	1084	1079	676.92	1166.43	1194.29	65.92	90.92	10.8%	8.39%	720.03	17.84%	615.00	0.65%
734	1186	1229	676.86	1174.92	1214.57	57.14	4.96	7.8%	0.42%	644.63	12.18%	713.50	2.79%
693	1177	1185	676.45	1190.96	1245.37	16.55	38.70	2.4%	3.29%	715.39	3.23%	713.50	2.96%
564			675.67	1215.70		111.67		19.8%		649.43	15.15%	672.50	19.24%
781			674.53			106.47		13.6%		707.05	9.47%	672.50	13.89%
499			673.02			174.02		34.9%		654.91	31.24%	502.50	0.70%
506			671.15			165.15		32.6%		695.48	37.45%	502.50	0.69%
837			668.92			168.08		20.1%		660.64	21.07%	761.50	9.02%
686			666.34			19.66		2.9%		681.21	0.70%	761.50	11.01%
820			663.42			156.58		19.1%		666.22	18.75%	737.50	10.06%
655			660.16			5.16		0.8%		664.80	1.50%	737.50	12.60%
740			656.59			83.41		11.3%		671.29	9.29%	795.00	7.43%
850			652.71			197.29		23.2%		646.82	23.90%	795.00	6.47%
677			648.55			28.45		4.2%		675.56	0.21%	741.50	9.53%
806			644.12			161.88		20.1%		627.85	22.10%	741.50	8.00%
554			639.45			85.45		15.4%		678.85	22.54%	589.00	6.32%

624									10.55		1.7%		608.41	2.50%	589.00	5.61%
670									40.53		6.0%		681.08	1.65%	700.50	4.55%
731									106.79		14.6%		588.98	19.43%	700.50	4.17%
535									83.83		15.7%		682.31	27.53%	612.50	14.49%
690									76.66		11.1%		569.99	17.39%	612.50	11.23%
631									23.22		3.7%		682.74	8.20%	631.50	0.08%
632									29.81		4.7%		551.75	12.70%	631.50	0.08%
394									202.61		51.4%		682.78	73.29%	413.00	4.82%
432									159.08		36.8%		534.45	23.72%	413.00	4.40%
567									18.64		3.3%		683.02	20.46%	562.50	0.79%
558									22.34		4.0%		518.17	7.14%	562.50	0.81%
566									9.23		1.6%		684.28	20.90%	528.50	6.63%
491									79.36		16.2%		502.79	2.40%	528.50	7.64%
553									12.77		2.3%		687.61	24.34%	527.00	4.70%
501									60.52		12.1%		488.05	2.58%	527.00	5.19%
790									232.32		29.4%		694.34	12.11%	670.00	15.19%
550									4.29		0.8%		473.46	13.92%	670.00	21.82%
709									157.58		22.2%		706.08	0.41%	599.00	15.51%
489									60.13		12.3%		458.32	6.27%	599.00	22.49%
848									300.51		35.4%		724.76	14.53%	704.00	16.98%
560									13.44		2.4%		441.67	21.13%	704.00	25.71%
519									27.42		5.3%		752.62	45.01%	542.00	4.43%
565									17.87		3.2%		422.29	25.26%	542.00	4.07%
664									115.24		17.4%		792.27	19.32%	593.00	10.69%
522									29.40		5.6%		398.68	23.62%	593.00	13.60%
663									107.87		16.3%		846.68	27.70%	588.50	11.24%
514									46.01		9.0%		369.02	28.21%	588.50	14.49%
H=0,488											MAPE	20.09%		16.43%	92.49	14.79%
									41.97				105.37			

Додаток Е
Авторські свідоцтва на твір

УКРАЇНА

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ УКРАЇНИ

СВІДОЦТВО
про реєстрацію авторського права на твір

№ 62171

Літературний письмовий твір наукового характеру "Процедури оперативного прогнозування недетермінованих і антиперсистентних технологіко-економічних процесів залізничного транспорту"

(вид, назва твору)

Автор(и) Клименко Іван Вікторович
(повне ім'я, псевдонім (за наявності))

Дата реєстрації 20.10.2015

Голова Державної служби інтелектуальної власності України
А.Г. Жарінова
А.Г. Жарінова

Державна служба інтелектуальної власності України
Ідентифікаційний код 3752559
М.П. Інгіні

УКРАЇНА



СВІДОЦТВО
про реєстрацію авторського права на твір

№ 86555

Літературний письмовий твір наукового характеру "Удосконалений метод та інформаційна технологія дистанційного керування експлуатацією парку залізничних стрілочних електродвигунів за параметрами поточного та прогнозованого стану з використанням процедур класифікації антиперсистентних процесів"

(вид, назва твору)

Автор(и) Скалозуб Владислав Васильович, Клименко Іван Вікторович

(повне ім'я, псевдонім (за наявності))

Дата реєстрації 06.03.2019

Державний секретар Міністерства економічного розвитку і торгівлі України О. Ю. Перевезенцев



Додаток Ж

Відомості про апробацію результатів дисертації

Перший проректор Дніпровського
національного університету залізничного
транспорту імені академіка В. Лазаряна


Б. С. Боднар
«09» _____ 2020 р.

АКТ

Про використання результатів дисертації Клименка Івана Вікторовича
«Моделі та методи оцінки, прогнозування та управління діяльністю підприємств
залізничного транспорту в умовах невизначеності»

м. Дніпро

«__» _____ 2020 р.

Цей акт складений про те, що у навчальному процесі Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна при підготовці магістрів за спеціальностями 121 «Інженерія програмного забезпечення» та 123 «Комп'ютерна інженерія» і 125 «Кібербезпека» використовуються наукові та практичні результати, що отримані в дисертації Клименка І.В., а саме:

1. Вперше запропонований теоретико-методичний підхід до класифікації технологіко-економічних процесів, представлених антиперсистентними часовими рядами спостережень, та розроблені процедури класифікації упорядкованих даних, що дозволяє підвищити достовірність і точність результатів прогнозування. Удосконалити моделі уніфікованого нечіткого діагностування параметрів недетермінованих технологіко-економічних процесів, а також процесів з неоднорідними умовами невизначеності, призначених для формування інформаційної платформи аналітичних серверів середовища автоматизованих систем керування залізничного транспорту України.

2. Результати дисертації використовуються в лекційних курсах «Розробка експертних та інтелектуальних систем» спеціальності «Інженерія програмного забезпечення» та «Інфраструктура, телематика та інформаційні технології ІТС» спеціальностей «Комп'ютерна інженерія» і «Кібербезпека», а також при виконанні дипломних магістерських робіт.

Декан факультету
«Комп'ютерні технології і системи»
д.т.н., професор



В. В. Скалозуб

Завідувач кафедри
«Електронні обчислювальні машини»,
д.т.н., професор



І. В. Жуковицький

Завідувач кафедри
«Комп'ютерні інформаційні технології»
д.т.н., професор



В.І. Шинкаренко

Додаток 3

Концепція оцінки, прогнозування та економіко-математичного моделювання процесів діяльності підприємств залізничного транспорту України в умовах невизначеності

Теоретико-концептуальні засади оцінювання характеристик, технологіко-економічного моделювання процесів та розвитку автоматизації управління діяльністю підприємств залізничного транспорту України в умовах невизначеності

Теоретико-концептуальні підходи до дослідження та моделювання факторів невизначеності у діяльності підприємств ЗТУ

Аналіз моделей і методів оцінки та впливу факторів невизначеності в умовах діяльності підприємств ЗТУ

Аналіз властивостей систем автоматизованого керування технологіко-економічними процесами підприємств ЗТУ

Формування концепції оцінювання параметрів та моделювання процесів діяльності підприємств ЗТУ в умовах невизначеності шляхом розвитку засобів автоматизованого керування

Розробка концептуальних засад до оцінювання та технологіко-економічного моделювання діяльності підприємств ЗТУ при невизначеності

Концепція розвитку аналітичного підходу щодо визначення властивостей контрольованих технологіко-економічних процесів

Концептуальні підходи до оцінки станів і моделювання процесів діяльності підприємств за умов нечіткості та багаторазової невизначеності даних

Концепція уніфікації засобів оцінювання та моделювання процесів діяльності в середовищі АСК ЗТУ в умовах невизначеності даних

Методологічні основи та методичні підходи до оцінювання характеристик та моделювання процесів ЗТУ в умовах невизначеності

Методологічні аспекти оцінки властивостей та класифікації недетермінованих антиперсистентних процесів

Розробка теоретичних засад та методичних підходів до моделювання недетермінованих процесів діяльності підприємств ЗТУ на основі даних АСК у вигляді часових рядів

Методичний підхід щодо визначення оптимальної черговості обслуговування та розподілу робіт між виконавцями в завданнях управління парками технічних систем при невизначеності

Моделі та методи оцінювання характеристик, прогнозування та планування діяльності підприємств ЗТУ при невизначеності

Методи класифікації, оцінювання параметрів та планування антиперсистентних процесів ЗТУ

Моделювання та прогнозування процесів на основі розширеного логістичного відображення та удосконаленого методу Т. Демарка

Уніфікована модель діагностування та прогнозування станів нечітких процесів ЗТУ в середовищі АСК ЗТУ

Моделі визначення оптимальної черговості обслуговування груп об'єктів парків технічних систем ЗТ, нечітке розподілення робіт між виконавцями при кооперації та конкуренції.

Індивідуальні інформаційні моделі процесів експлуатації об'єктів парків технічних систем середовища АСК

Сценарії та процедури прийняття рішень при автоматизованому управлінні АСК за умов невизначеності

Класифікація недетермінованих процесів, визначення достовірних оцінок параметрів

Діагностування у АСК нечітких параметрів технологіко-економічних процесів ЗТУ

Моделювання недетермінованих технологіко-економічних процесів ЗТУ