

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

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ШЕСТАК ЯРОСЛАВ ІВАНОВИЧ

УДК 004.94:378.4

**ДИСЕРТАЦІЯ
ТЕХНОЛОГІЯ МОДЕЛЮВАННЯ
ІНФОРМАЦІЙНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ЗВО**

122 – Комп'ютерні науки

(шифр і назва спеціальності)

Інформаційні технології

(галузь знань)

Подається на здобуття наукового ступеня доктор філософії

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

_____ Ярослав ШЕСТАК

Науковий керівник Криворучко Олена Володимирівна, доктор технічних наук,
професор

Київ-2024

АНОТАЦІЯ

Шестак Я. І. Технологія моделювання інформаційної інфраструктури ЗВО. – Кваліфікаційна наукова робота на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії в галузі знань «Інформаційні технології» за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки». Державний торговельно-економічний університет, Київ, 2024.

Дисертація є комплексним дослідженням: аналізу та реалізації технології моделювання інформаційної інфраструктури закладу вищої освіти, шляхом визначення концепції гармонізаційного відкритого цифрового освітнього простору та побудови математичної моделі інформаційної інфраструктури закладу вищої освіти з інтелектуальною складовою, яка представлена як функція, що залежить від її структурних компонентів та їх складових в основу якого покладено інтелектуальну компоненту інформаційної інфраструктури, а також проектуванні та деталізації кожного кроку структурованої моделі, що включає опис функціоналу та характеристик інформаційних впливів на компоненти системи моделі «Інформаційної інфраструктури ЗВО (ТО-ВЕ)», яка реалізована на основі інтелектуального центру взаємодії інформаційних компонентів інфраструктури закладу вищої освіти, та її практичної реалізації.

Актуальність теми дослідження полягає у нівелюванні складності інформаційних інфраструктур закладів вищої освіти, неузгодженості інформаційних систем шляхом побудови структурованої ієрархічної інформаційної інфраструктури закладу вищої освіти за моделями, з врахуванням нейромережових алгоритмів, які нададуть можливість оптимізувати взаємодію всіх компонентів інформаційної інфраструктури, їх вплив на розвиток та застосування інтелектуального блоку, який прискорить обробку великих обсягів даних та буде впливати на безпеку інформаційної системи, інформаційні канали, потоки інформації, комп'ютерне обладнання, програмне забезпечення, систему кібербезпеки.

Інформаційною базою дослідження стали нормативні матеріали, наукові праці вітчизняних та закордонних вчених, емпіричні результати власних

досліджень моделей інформаційної інфраструктури закладів вищої освіти (Національного транспортного університету, Державного податкового університету, Державного торговельно-економічного університету).

Методологічна основа дисертаційного дослідження полягає в теоретичних та методологічних основах системного та процесного підходів, загальнонаукових принципах, фундаментальних процесах технології моделювання щодо інформаційної інфраструктури закладу вищої освіти як об'єкта дослідження.

Методи дослідження. В дисертаційному дослідженні використані методи теоретичного та емпіричного досліджень, серед яких можна вирізнити аналіз, синтез, аналогію, порівняння, формалізацію, тощо; аналіз структур; моделювання графічне (декомпозиція, проєктування) та математичне (метод аналізу ієрархій, метод розбиття графів, алгоритм Кернінгана-Ліна, інтеграція, оптимізація, тощо).

Теоретичною основою дисертаційного дослідження є модель інформаційної інфраструктури закладу вищої освіти з модулем інтелектуальної компоненти.

Об'єктом дослідження є процеси побудови моделей інформаційної інфраструктури закладів вищої освіти та встановлення оптимізованих взаємозв'язків між структурними компонентами.

Предметом дослідження технології моделювання інформаційної інфраструктури, з врахуванням інтелектуальної складової.

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

Вперше:

- розроблено модель інформаційної інфраструктури закладу вищої освіти з інтелектуальною компонентою та проведено декомпозицію інтелектуального центру взаємодії складових інформаційної інфраструктури закладу вищої освіти, яка представляє собою ієрархічну структуру та допомагає виявляти і усувати проблеми функціонування системи протягом її життєвого циклу, передбачаючи спрощення

інформаційних інфраструктур закладів вищої освіти і усунення неузгодженостей шляхом побудови структурованої інформаційної системи на основі включення нейромережових алгоритмів, які оптимізують взаємодію компонентів, покращують обробку даних і забезпечують безпеку, управління інформаційними потоками, комп'ютерним обладнанням та програмним забезпеченням.;

- імплементовано інтелектуальну компоненту до інформаційної інфраструктури ЗВО, що керується нейромережними алгоритмами, які направлені на гармонізацію освітнього процесу та освітньої діяльності.
- запропоновано математичну модель інформаційної інфраструктури закладу вищої освіти з інтелектуальною складовою, яка представлена як функція, що залежить від її структурних компонентів та їх складових, в основу моделі покладено інтелектуальну складову інформаційної інфраструктури, що визначена як оператор інтелектуального перетворення, який характеризує структуру та роботу інформаційної інфраструктури на основі вектора стану системи управління інфраструктурою, вектора управління процесами у інфраструктурі, вектора зовнішнього середовища, яке впливає на функціонування закладу вищої освіти, вектора сигналів мети функціонування інфраструктури закладу вищої освіти та вектора параметрів об'єкту управління.

Удосконалено:

- поняття «Інформаційної інфраструктури ЗВО», яке на відміну від поняття «Інформаційна інфраструктура суб'єкта господарської діяльності», враховує специфіку галузі економіки освіти, проаналізовані та класифіковані структурні компоненти, що визначають інформаційної інфраструктури ЗВО
- модель програмно-апаратної топології інтелектуального центру взаємодії компонентів інформаційної інфраструктури, через представлення способу розміщення компонентів пристроїв, а саме сервера нейромережі, що включає в себе компонент Дата центр та Центр навчання нейронної мережі.

Набули подальшого розвитку:

- Концепція гармонізаційного відкритого цифрового простору ЗВО як комплекс вимог до інформаційної інфраструктура ЗВО, дотримання яких дозволяє оптимізувати процеси підтримки прийняття рішень; забезпечує побудову, модернізацію та подальший розвиток всіх складових інформаційної інфраструктури;
- алгоритм запуску системи інтелектуального центру взаємодії компонентів інформаційної інфраструктури, в якому, на відміну від існуючих, запропоновано використання нейромережових алгоритмів та створення центру навчання нейромережі.

Практична значимість наукових результатів полягає в:

- розробці проєкту моделі системи інформаційної інфраструктури ЗВО (ТО-ВЕ), яка реалізована на основі єдиного гармонізаційного відкритого цифрового простору ЗВО, та реалізована у вигляді концептуальної контекстної моделі;
- розробці та впровадженні проєкту моделі «Інтелектуального центру взаємодії інформаційних компонентів інфраструктури ЗВО», на основі її декомпозиції;
- розробці системи інформаційного, апаратно-програмного захисту, яка створена на основі Концепції єдиного гармонійного відкритого цифрового простору ЗВО та нормативно-правової бази, як складової «Захисту компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО»;
- проєктуванні архітектури інтелектуального центру взаємодії компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО:
 - структурна схема діаграми розгортання – модель програмно-апаратної топології інтелектуального центру взаємодії компонентів інформаційної інфраструктури;
 - діаграма активності – алгоритм запуску системи інтелектуального центру взаємодії компонентів інформаційної інфраструктури.

Пропозиції щодо удосконалення інформаційної інфраструктури закладів вищої освіти з використанням інтелектуальної складової апробовані та впровадженні у:

1. Національному транспортному університеті – внесено зміни у інформаційних потоках інфраструктури, застосована низка безпекових заходів для покращення швидкодії інформаційних систем, була оптимізована структура та адаптовані типи, кількісні та якісні параметри потоків інформації у базах даних. Відповідно, інформація і ресурси інформаційної інфраструктури ЗВО за рахунок моделювання будуть максимально ефективно використані, стало видно реальну потребу у збільшенні ресурсів систем та прогнозувати витрати на утримання систем (довідка про впровадження результатів дисертаційного дослідження від 26.06.2024 № 1102 / 01).

2. Держаному торговельно-економічному університеті – модель системи інформаційної інфраструктури ТО-ВЕ, проєкт та архітектуру програмно-апаратної топології інтелектуального центру взаємодії компонентів інформаційної інфраструктури (довідка про впровадження результатів дисертаційного дослідження від 28.06.2024 № 1326 / 27).

3. Ужгородському національному університеті – проведено реструктуризацію інформаційної інфраструктури ЗВО, оптимізовано потоки інформації та трансформація інформаційних систем з використанням моделі з інтелектуальним центром та сервера штучного інтелекту. Використана модель ТО-ВЕ – дала можливість більш ефективно використовувати інформаційні ресурси університету, проводити аналіз великих обсягів даних, узгоджувати та трансформувати цифрову інформацію, направляти прийняття рішень та будувати прогнози розвитку інформаційних систем (довідка про впровадження результатів дисертаційного дослідження 27.06.2024 № 132 / 24).

4. Національному університеті «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» – апробовано та впроваджено модель «інтелектуального центру взаємодії інформаційних компонентів інфраструктури закладу вищої освіти» (довідка про впровадження результатів дисертаційного дослідження від 09.07.2024 № 06-103 / 257).

5. Київському національному університеті будівництва та архітектури – впровадили та застосували сервер з використанням елементів штучного інтелекту, побудовано резервні комунікації для підвищення стійкості інформаційних систем університету. Завдяки запропонованій моделі інформаційної інфраструктури ЗВО прогнозується розвиток та модернізація інформаційної системи, дає можливість прогнозувати витрати на побудову, модернізацію та оновлення апаратної, програмної частини та комунікацій відповідно вимог захищеного кіберпростору (довідка про впровадження результатів дисертаційного дослідження від 09.07.2024 № 14-1.9 / 588).

Дисертаційна робота виконувалась відповідно до планів науково-дослідних робіт Державного торговельно-економічного університету в рамках ініціативних тем:

- «Проектування інформаційних технологій освітнього середовища» (номер державної реєстрації №0121U100278);
- «Моделювання інформаційно-аналітичної системи контролю якості процесу виробництва продукції» (номер державної реєстрації № 0121109155).

Результати дисертаційного дослідження використано у освітньому процесі Державного торговельно-економічного університету при викладанні дисциплін «Комп'ютерні мережі», «Захист комп'ютерних мереж», «Бази даних», «Хмарні та Grid технології», «Основи кібербезпеки» та в розробці методичного забезпечення освітнього процесу.

Ключові слова: інформаційна інфраструктура, інформаційна система, інформаційна технологія, інтелектуальна система, нейромережеві алгоритми, декомпозиція, бази даних, модель, моделювання, зважені коефіцієнти, архітектура, система управління якістю, система підтримки прийняття рішень, заклад вищої освіти, стандарт.

SUMMARY

Shestak Ya. I. Modeling Technology of HEI Information Infrastructure. – Qualifying scientific work on manuscript rights.

Dissertation research for the degree of Doctor of Philosophy in the field of knowledge «Information Technologies», Speciality 122 «Computer Science». The State University of Trade and Economics, Kyiv, 2024

The dissertation research is a comprehensive study of an analysis and implementation of the modelling technology for the higher education institution (HEI) information infrastructure, through the definition of the harmonised open digital educational space concept and the construction of a mathematical model of the HEI information infrastructure with an intellectual component, which is presented as a function dependent on its structural components and their elements, based on the information infrastructure intellectual component; it also involves the design and detailing of each step of the structured model, which includes a description of the functionality and characteristics of the informational influences on the components of the system of the «Information Infrastructure of Higher Education Institution (TO-BE)» model, implemented on the basis of an intellectual centre of the information components interaction of the higher education institution infrastructure, and its practical implementation.

The relevance of the research topic lies in levelling the complexity of information infrastructures of higher education institutions, the inconsistency of information systems by building a structured hierarchical information infrastructure of higher education institutions according to models, taking into account neural network algorithms, which will provide an opportunity to optimise the interaction of all information infrastructure components, their impact on the development and application of the intellectual block, which will accelerate the processing of large volumes of data and will affect the security of the information system, information channels, information flows, computer equipment, software, cyber security system.

The information base of the dissertation includes regulatory materials, scientific works of domestic and foreign scientists, empirical results of own research of HEI information infrastructure models (the National Transport University, the State Tax University, the State University of Trade and Economics).

The methodological basis of the dissertation lies in the theoretical and methodological foundations of system and process approaches, general scientific principles, fundamental processes of modelling technology regarding the higher education institution information infrastructure as the object of research..

Research methods. The dissertation research uses methods of theoretical and empirical research, among which are the following: analysis, synthesis, analogy, comparison, formalization, etc.; structural analysis; graphical modelling (decomposition, design) and mathematical modelling (hierarchy analysis method, graph partitioning method, the Kernighan–Lin algorithm, integration, optimization, etc.).

The theoretical basis of the dissertation research is a model of the higher education institution information infrastructure with an intellectual component module.

The object of the research is the construction process of higher education institutions information infrastructure models and establishment of optimized interconnections between structural components.

The subject of the research is information infrastructure modelling technology, taking into account the intellectual component.

Scientific novelty of the obtained results. The following scientific results have been obtained in the dissertation research:

For the first time:

- a model of the higher education institution information infrastructure with an intellectual component has been developed, and a decomposition of the intellectual centre for interaction of the components of the higher education institution information infrastructure has been conducted, which represents a hierarchical structure that helps identify and eliminate issues in the system's functioning throughout its life cycle, anticipating the simplification of higher

education institution information infrastructure and the elimination of inconsistencies by building a structured information system based on the inclusion of neural network algorithms that optimize the interaction of components, improve data processing, and ensure security, management of information flows, computer hardware, and software;

- an intellectual component has been implemented to the higher educational institution information infrastructure, which is controlled by neural network algorithms aimed at harmonising the educational process and educational activities;
- a mathematical model of the higher education institution information infrastructure with an intellectual component has been proposed; this model is presented as a function that depends on its structural components and their elements; the foundation of the model is the information infrastructure intellectual component, defined as an operator of intellectual transformation, which characterizes the structure and operation of the information infrastructure based on the vector of the infrastructure management system state, the vector of process control within the infrastructure, the vector of the external environment that affects the functioning of the higher education institution, the vector of goal signals for the functioning of the higher education institution infrastructure, and the vector of managing object parameters.

Improved:

- the concept of «Information infrastructure of HEI», which, unlike the concept of «Information infrastructure of an economic entity», considers the specifics of the field of education economy; besides, structural components that determine the HEI information infrastructure have been analysed and classified;
- a model of the software-hardware topology of the intellectual centre of information infrastructure components interaction via representation of the method of placing the device components, namely the neural network server, which includes the Data Centre component and the Neural Network Training Centre.

Acquired further development:

- the concept of the harmonised open digital space of HEI as a set of requirements for the information infrastructure of HEI, the compliance with which allows optimizing decision-making support processes; it ensures the construction, modernization and further development of all information infrastructure components;
- the algorithm for launching the system of the intellectual centre of information infrastructure components interaction, in which, unlike the existing ones, the use of neural network algorithms and the creation of a neural network training centre are proposed.

The practical significance of the scientific results is:

- the development of the project model of the HEI information infrastructure system (TO-BE), which is implemented on the basis of a single harmonised open digital space of the HEI, and in the form of a conceptual context model;
- the development and implementation of the model of the «Intelligent centre of the HEI infrastructure information components interaction» based on its decomposition;
- the development of information, hardware and software security system, which has been created on the basis of the Concept of a single harmonised open digital space of the HEI and the legal framework, as a component of the «Security of HEI Information Infrastructure Components»;
- the designing of the architecture of the intellectual centre of the HEI information infrastructure components interaction:
 - the structural scheme of the deployment diagram – a model of the software and hardware topology of the intellectual centre of the HEI information infrastructure components interaction;
 - the activity diagram – the algorithm for starting the system of the intellectual centre of the HEI information infrastructure components interaction.

The proposals for improving the HEI information infrastructure with the use of an intellectual component have been tested and implemented in:

1. The National Transport University – changes have been made in the information flows of the infrastructure, a number of security measures have been applied to improve the speed of information systems, the structure has been optimized and the types, quantitative and qualitative parameters of information flows in the databases have been adapted. Accordingly, the information and resources of the HEI information infrastructure will be used as efficiently as possible through modelling; the real need for increasing system resources and forecasting the system maintenance costs has become apparent (the certificate on the implementation of the results of the dissertation research dated 26.06.2024 No. 1102 / 01).

2. The State University of Trade and Economics – the model of the TO-BE information infrastructure system, the project and architecture of the software and hardware topology of the intellectual centre of the information infrastructure components interaction have been implemented (certificate on the implementation of the results of the dissertation research dated 28.06.2024 No. 1326 / 27).

3. The Uzhhorod National University – the HEI information infrastructure has been restructured; information flows have been optimized and information systems have been transformed using a model with an intellectual centre and an artificial intelligence server. The applied TO-BE model has made it possible to use the information resources of the university more effectively, to analyse large volumes of data, to coordinate and transform digital information, to guide decision-making and to forecast the development of information systems (the certificate on the implementation of the results of the dissertation research dated 27.06.2024 No. 132 / 24).

4. The National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic» – the model of the «intellectual centre of the HEI infrastructure information components interaction» has been tested and implemented (the certificate on the implementation of the results of the dissertation research dated 09.07.2024 No. 06-103 / 257).

5. The Kyiv National University of Construction and Architecture – a server using artificial intelligence elements has been implemented and applied; backup

communications to increase the stability of the university's information systems have been built. Due to the proposed model of the HEI information infrastructure, the development and modernization of the information system is predicted, making it possible to forecast the costs of building, modernizing and updating the hardware, software and communications in accordance with the requirements of the protected cyberspace (the certificate on the implementation of the results of the dissertation research dated 09.07.2024 No. 14-1.9 / 588).

The dissertation research was carried out in accordance with the plans of research work of the State University of Trade and Economics within the framework of initiative topics:

- «Design of information technologies of the educational environment» (state registration number 0121U100278);
- «Modelling of an Information-Analytical Quality Control System for Production Processes» (state registration number 0121109155).

The results of the dissertation research have been incorporated into the educational process of the State University of Trade and Economics in teaching the disciplines «Computer Networks», «Computer Network Security», «Databases», «Cloud and Grid Technologies», «Fundamentals of Cybersecurity» and in the development of methodological support for the educational process.

Keywords: information infrastructure, information system, information technology, intelligent system, neural network algorithm, decomposition, database, model, modeling, weighted coefficient, architecture, quality management system, decision support system, higher education institution, standard.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. Smart City Technology Investment Solution Support System Accounting Multifactories / V. Lakhno et al. Software Engineering Perspectives in Intelligent Systems. Cham, 2020. P. 1–11. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-63322-6_1. Scopus Indexed. *(Особистий внесок здобувача: запропоновано модель системи підтримки прийняття рішень).*
2. Білявська Ю.В., Микитенко Н.В, Шестак Я.І. Кібербезпека та захист інформації під час пандемії COVID-19. Міжнародний науково-практичний журнал «Товари і ринки». 2021. Т. 37, № 7. С. 34–46. URL: [https://doi.org/10.31617/tr.knute.2021\(37\)03](https://doi.org/10.31617/tr.knute.2021(37)03) *(Особистий внесок здобувача: сформовано модель й обгрунтовано рекомендації з дотримання кібербезпеки).*
3. EXPERIMENTAL STUDIES OF THE FEATURES OF USING WAF TO PROTECT INTERNAL SERVICES IN THE ZERO TRUST STRUCTURE / V. LAKHNO et al. Journal of Theoretical and Applied Information Technology. 2022. Vol. 100, no. 03. P. 705–721. URL: <https://www.jatit.org/volumes/Vol100No3/11Vol100No3.pdf>. Scopus Indexed. *(Особистий внесок здобувача: запропоновано рішення для захисту мережевого периметра).*
4. Білявська Ю.В., Шестак Я.І. Кібербезпека та кібергігієна: нова ера цифрових технологій. Міжнародний науково-практичний журнал «Товари і ринки». 2022. Т. 43, № 3. С. 47–59. URL: [https://doi.org/10.31617/2.2022\(43\)04](https://doi.org/10.31617/2.2022(43)04) *(внесено зміни в політику кеібербезпеки).*
5. Шестак Я.І. Моделювання єдиного інформаційного простору закладу вищої освіти. Управління розвитком складних систем. 2022. №. 49. С. 81–89. URL: <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2022.49.81-89>.
6. Devising a comprehensive method to manage digital competencies / Y. Shestack et al. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2023. Vol. 3, no. 13

- (123). P. 86–97. URL: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.281933>. Scopus Indexed. *(Особистий внесок здобувача: розроблено методикау визначення рівня знань та володіння цифровими компетенціями персоналу)*.
7. Modeling of Structural Changes in the Employment as the Direction of Economic Security Risk Management / L. Plich et al. Cybersecurity Providing in Information and Telecommunication Systems 2023. 2023. P. 46–55. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-3421/paper5.pdf>. Scopus Indexed. *(Особистий внесок здобувача: опис та ідентифікація змінних для побудови моделей)*.
 8. Шестак Я. І. CASE-технології в проектуванні інформаційної інфраструктури закладу вищої освіти. Управління розвитком складних систем. 2023. № 55. С. 141–157. URL: <https://urss.knuba.edu.ua/files/zbirnyk-55/141-157.pdf>.
 9. Шестак Я., Чубаєвський В. Моделювання інформаційної інфраструктури ЗВО. Електронне фахове наукове видання «Кібербезпека: освіта, наука, техніка». 2023. Т. 1, № 21. С. 121–135. URL: <https://doi.org/10.28925/2663-4023.2023.21.121135> *(Особистий внесок здобувача: виведено визначення інформаційної інфраструктури ЗВО)*.
 - 10.Цензура М., Гайдук О., Шестак Я. Етапи імплементації інформаційної інфраструктури управління закладом вищої освіти. Управління розвитком технологій : тези доп. восьмої міжнар. науково-практ. конф., м. Київ, 26–27 берез. 2021 р. Київ, 2021. С. 83–84. URL: https://www.knuba.edu.ua/wp-content/uploads/2022/10/8_IT_Міжнародна_конференція_Тези_21.pdf *(Особистий внесок здобувача: розглянуті етапи імплементації та складові інформаційної інфраструктури)*.
 - 11.Моделювання інформаційної системи підприємства / О. В. Криворучко та ін. Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем : матеріали тез доп. XI Міжнар. науково-практ. конф., м. Чернігів, 26–27 трав. 2021 р. Чернігів, 2021. С. 190. URL: <https://drive.google.com/file/d/1NnRKAaoqZQUCurDMuE5TXRfNyPYDyZX4/view> *(Особистий внесок здобувача: використано імітаційне моделювання для визначення властивостей системи)*.

12.Криворучко О., Шестак Я., Захаров Р. Моделювання системи інформаційної інфраструктури діяльності закладу вищої освіти. Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем : матеріали тез доп. XIII Міжнар. науково-практ. конф., м. Чернігів, 25–26 трав. 2023 р. Чернігів, 2023. С. 289–290. URL: <https://conference-chernihiv-polytechnik.com/wp-content/uploads/2023/06/Tezy-2023-Part-2.pdf> (*Особистий внесок здобувача: моделювання інформаційної інфраструктури методом розбиття графів*).

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

13.Шестак Я. Методи забезпечення інформаційної безпеки репозитарію КНТЕУ. Безпека соціально-економічних процесів в кіберпросторі : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф., м. Київ, 27 берез. 2019 р. Київ, 2019. С. 241–243. URL: <https://knote.edu.ua/file/NjY4NQ==/250dafc576ffd3c6a92546eebacc834d.pdf>.

14.Краснощок В., Шестак Я. Типи індексів в популярних СУБД. Прикладні системи та технології в інформаційному суспільстві : зб. тез доп. і наук. повідомл. учасників V Міжнар. науково-практ. конф., м. Київ, 30 верес. 2021 р. Київ, 2021. С. 118–123. URL: https://aistis.knu.ua/wp-content/uploads/2021/10/AISTIS_2021.pdf (*Особистий внесок здобувача: проведено аналіз найпоширеніших індексів баз даних*).

15.Шестак Я. Кібергігієна у інформаційному просторі в умовах воєнного стану. Інформаційна безпека та комп'ютерні технології : Матеріали V Міжнар. науково-практ. конф., м. Кропивницький, 19–20 трав. 2022 р. Кропивницький, 2022. С. 5–6. URL: <https://kbpz.kntu.kr.ua/file/content/6625/2022-v-mizhnarodna-naukovo-praktychna-konferentsiia-informatsiina-bezpeka-ta-komp-yuterni-tekhnologiii.pdf>.

16.Шестак Я.І., Недашківський Д.П. Криптовалюта та вплив її на світове господарство. Менеджмент XXI століття: глобалізаційні виклики: матеріали VI Міжнар. науково-практ. конф., м. Полтава, 19 трав. 2022 р. Полтава, 2022.

C. 334–337. URL:

<https://www.pdau.edu.ua/sites/default/files/node/2908/zbirnykmenedzhmenthhi-stolittyaglobalizaciynivyklyky2.pdf> (*Особистий внесок здобувача: використання технології блокчейн щодо напрямків аналізу криптовалют запропонованим кількісним аналізом*).

17. Десятко А., Шестак Я., Захаров Р. Моделювання конкурентоспроможності здобувачів освіти ІТ-галузі закладів вищої освіти. Розподілені програмні системи і технології : тези доп. III-ї міжнар. науково-практ. конф., м. Київ, 28 листоп. 2022 р. Київ, 2022. С. 32–34. URL: https://www.knuba.edu.ua/wp-content/uploads/2022/12/2022_ТЕЗИ_РПСТ.pdf (*Особистий внесок здобувача: побудова єдиного інформаційного простору ЗВО*).
18. Шестак Я. Концепція єдиного гармонізаційного відкритого цифрового простору ЗВО. Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення матеріали Міжнар. наук. інтернетконференції, м. м. Тернопіль, Україна – м. Переворськ, Польща, 3–4 квіт. 2023 р. 2023. С. 45–47. URL: http://www.konferenciaonline.org.ua/data/downloads/file_1693298553.pdf.
19. Краснощок В., Шестак Я. Технології проектування сховищ даних в бізнесі. Прикладні системи та технології в інформаційному суспільстві : зб. тез доп. і наук. повідомл. учасників VII Міжнар. науково-практ. конф., м. Київ, 29 верес. 2023 р. Київ, 2023. С. 151–157. URL: https://aistis.knu.ua/wp-content/uploads/2023/09/AISTIS_2023.pdf (*Особистий внесок здобувача: описано властивості бази даних для проектування сховищ даних*).

Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації

20. Костюк Ю., Шестак Я. Транспортний рівень моделі ISO/OSI в комп'ютерних мережах. Міжнародний науково-практичний журнал «Товари і ринки». 2021. Т. 40, № 4. С. 49–58. URL: [https://doi.org/10.31617/tr.knute.2021\(40\)05](https://doi.org/10.31617/tr.knute.2021(40)05) (*Особистий внесок здобувача:*

визначено різницю між протоколами NCP і UDP та порівняно операції протоколів транспортного рівня).

21. Kryvoruchko O., Desyatko A., Shestak Y. Cybersecurity as a Part of Business. Безпека ресурсів інформаційних систем : зб. тез I Міжнар. науково-практ. конф., м. Чернігів, 16–17 квіт. 2020 р. Чернігів, 2020. С. 12–14. URL: <https://stu.cn.ua/wp-content/uploads/2021/04/bris-t.pdf> (*Особистий внесок здобувача: інтеграція спеціального програмного забезпечення спрямовані на запобігання кібератак*).
22. Шестак Я.І., Голуб. К.В. Підприємства майбутнього в контексті імплементації моделі бірюзових практик. Проблеми обліково-аналітичного забезпечення управління підприємницькою діяльністю : матеріали III міжнар. науково-практ. конф., м. Полтава, 21 квіт. 2021 р. Полтава, 2021. С. 845–848. URL: <https://drive.google.com/file/d/1z8dl8CCFXnr3F8skmT3aObpbpS-oE-Y0/view?pli=1> (*Особистий внесок здобувача: реалізація моделі бірюзових підприємств*).
23. Криворучко О., Шестак Я., Захаров Р. Моніторинг метрик якості програмного коду. Глобалізаційні виклики розвитку національних економік : тези доп. II Міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ, 19 жовт. 2021 р. Київ, 2021. С. 272–274. URL: <https://doi.org/10.31617/k.knute.2021-10-19> (*Особистий внесок здобувача: описано якість програмного забезпечення*).
24. Десятко А., Шестак Я., Чернишова Д. : Інформаційна безпека процесів обміну інформацією в період воєнних дій. Управління розвитком технологій : матеріали дев'ятої міжнар. науково-практ. конф., м. Київ, 28 берез. 2022 р. Київ, 2022. С. 63–64. URL: <https://www.knuba.edu.ua/wp-content/uploads/2022/10/УРТ-2022.pdf> (*Особистий внесок здобувача: впровадження інструментів для асиметричного захисту у кіберпросторі*).
25. Краснощок В., Шестак Я. Перспективи розвитку розподілених баз даних в Україні. Прикладні системи та технології в інформаційному суспільстві : зб. тез доп. і наук. повідомл. учасників VI Міжнар. науково-практ. конф., м. Київ, 30 верес. 2022 р. Київ, 2022. С. 133–137. URL: <https://aistis.knu.ua/wp->

content/uploads/2022/10/AISTIS-2022.pdf (*Особистий внесок здобувача: запропоновано застосування розподілених систем керування базами даних*).

26. Савон О., Шестак Я. Сучасні тенденції використання інформаційних технологій для дистанційного навчання у середніх навчальних закладах. Modern problems of science, education and society : Proceedings of V International Scientific and Practical Conference, м. Київ, 17–19 лип. 2023 р. Київ, 2023. С. 183–186. URL: <https://sci-conf.com.ua/wp-content/uploads/2023/07/MODERN-PROBLEMS-OF-SCIENCE-EDUCATION-AND-SOCIETY-17-19.07.2023.pdf> (*Особистий внесок здобувача: аналіз навчальних платформ дистанційного навчання*).

ЗМІСТ

ВСТУП	21
СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ ТА ПОЗНАЧЕНЬ	30
РОЗДІЛ 1. ТЕХНОЛОГІЯ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ВИМОГИ ДО ІНФОРМАЦІЙНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ЗВО	32
1.1. Технологія моделювання інформаційної інфраструктури	32
1.2. Теоретико-методологічні підходи до формування поняття інформаційної інфраструктури ЗВО	51
1.3 Аналіз функціонування інформаційної інфраструктури закладу вищої освіти у моделі AS-IS	70
1.1. Інформаційна інфраструктура як основа єдиного гармонізаційного відкритого цифрового простору ЗВО	88
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1	100
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 1	102
РОЗДІЛ 2. ПОБУДОВА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ТЕХНОЛОГІЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ЗВО	120
2.1. Математичні методи та моделі в роботі інформаційної інфраструктури ЗВО	120
2.2. Проєктування та моделювання складових інформаційної інфраструктури ЗВО	130
2.3 Графічне моделювання інформаційної інфраструктури на прикладі університету.	149
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2	167
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 2	169
РОЗДІЛ 3. ПРОЦЕСИ МОДЕЛЮВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ЗВО (ТО-ВЕ)	175
3.1. Проєктування моделей системи інформаційної інфраструктури ЗВО (ТО-ВЕ)	176
3.2. Перша декомпозиція моделі інформаційної інфраструктури ЗВО (ТО-ВЕ)	182
3.3. Друга декомпозиція моделі інформаційної інфраструктури ЗВО (ТО-ВЕ).....	193
3.4. Проєктування архітектури інтелектуального центру взаємодії компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО	230
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3	239
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 3	241
ВИСНОВКИ	246
ДОДАТКИ	250

ВСТУП

Актуальність теми. Актуальність теми полягає у вирішенні проблеми складності інформаційних інфраструктур закладів вищої освіти, що виникає через неузгодженість між різними інформаційними системами. Сучасні освітні заклади часто стикаються з труднощами в управлінні і інтеграції різних технологічних рішень, що ускладнює ефективну взаємодію між компонентами інформаційних систем.

Для подолання цих проблем необхідно побудувати структуровану ієрархічну інформаційну інфраструктуру, яка відповідатиме сучасним вимогам і забезпечить ефективну взаємодію між усіма її складовими. Це передбачає розробку моделей інформаційних систем з урахуванням нейромережевих алгоритмів, які можуть оптимізувати процеси обробки і аналізу даних.

Впровадження нейромережевих алгоритмів дозволяє створити інтелектуальний блок, що здатний значно прискорити обробку великих обсягів даних. Цей блок також сприятиме покращенню безпеки інформаційних систем, оптимізації інформаційних каналів і потоків даних, а також забезпеченню ефективного управління комп'ютерним обладнанням і програмним забезпеченням.

Таким чином, структурована ієрархічна інформаційна інфраструктура з інтегрованими нейромережевими технологіями забезпечить більш ефективне функціонування закладів вищої освіти, підвищить рівень безпеки і дозволить краще управляти інформаційними потоками та ресурсами.

Теоретико-методологічні основи

-наукових та галузеві підходи до визначення моделювання відображено в працях науковці: А. Денніс, Д. Тегарден, Б. Віксом, К. Дж. Дейт, П. П.-С. Чен, Г. Буч, П. Крухтен, А. Кокберн, Г. Буч, Віль М.П. ван дер Алст, К. ван Хі, А. М. Лоу, В. Д. Кельтон іт.

-питань стратегічного підходу до формування інформаційної інфраструктури в Україні та за кордоном частково розкрили в працях науковці за напрямками:

- впровадження та використання технологій та систем захисту у ЗВО (А. Андрощук, В. Афанасьєв, В. Чубаєвський, Л. Гайдук, В. Грига, С. Іванова, О. Дубач, О. Косенко, М. Шишкіна, Ю. Носенко, Л. Забродська, В. Кремень, Б. Одягайло, П. Орлов, Л. Фішман, С. Лондар, О. Бринюк, С. Дворецька, О. Шпак, В. Лужецький, О. Білик та ін.);

- використання комп'ютерних технологій, електронного діловодства та забезпечення інформаційної інфраструктури в освітньому процесі (В. Биков, Н. Морзе, С. Цюцюра, О. Садовой, С. Шаров, В. Левада, В. Завгородній, К. Ялова, К. Яшина, О. Глазунова, О. Соколюк, А. Яцишин, М. Головань, Р. Гуревич, М. Андрос, Н. Бойко, С. Ясинська, І. Захарова, С. Касьян, Л. Кондратова, С. Подлесний, О. Костіков, О. Мілаш, Л. Петренко, Є. Полат, І. Роберт, В. Супрун, Ю. Рамський та ін.);

- цифровізації та впровадження технологій управління освітнім процесом (В. Биков, В. Токар, О. Спирін, М. Жалдак, О. Криворучко, А. Десятко, В. Лахно, М. Цюцюра, М. Шишкіна, С. Бондарева, Л. Глоба, В. Кирилков, С. Литвинова, Л. Калініна, Т. Габай, Т. Тимченко, Н. Іващенко, Л. Калініна, Г. Китайгородська, П. Корчемний, Ю. Машбіц, С. Мазур, А. Литвинчук, Л. Сухарева, М. Перфілова, В. Сідак та ін.).

Метою дисертаційної роботи розробка моделі інформаційної інфраструктури ЗВО шляхом введення інтелектуальної компоненти.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі **завдання**:

1. Дослідити поняття та структурні підходи до побудови інформаційної інфраструктура закладу вищої освіти., яке враховує специфіку галузі освіти. Провести аналіз та класифікацію структурних компонентів, що визначають інформаційну інфраструктуру закладу вищої освіти.
2. Обґрунтувати концепцію гармонізаційного відкритого цифрового простору закладу вищої освіти як комплексу вимог до інформаційної інфраструктури.
3. Розробити модель інформаційної інфраструктури закладу вищої освіти, що включає інтелектуальну компоненту. Провести

декомпозицію інтелектуального центру взаємодії складових інформаційної інфраструктури.

4. Запропонувати математичну модель інформаційної інфраструктури закладу вищої освіти з інтелектуальною складовою.
5. Розробити модель програмно-апаратної топології інтелектуального центру взаємодії компонентів інформаційної інфраструктури.
6. Розробити алгоритм запуску системи інтелектуального центру взаємодії компонентів інформаційної інфраструктури.

Об'єкт дослідження – процеси побудови моделей інформаційної інфраструктури закладів вищої освіти та встановлення взаємозв'язків між структурними компонентами.

Предмет дослідження – технології моделювання інформаційної інфраструктури, з врахуванням інтелектуальної складової.

Інформаційна база дослідження - нормативні матеріали, наукові праці вітчизняних та закордонних вчених, емпіричні результати власних досліджень моделей інформаційної інфраструктури закладів вищої освіти (Національного транспортного університету, Державного податкового університету, Державного торговельно-економічного університету).

Методологічна основа дисертаційного дослідження - теоретичні та методологічні основи системного та процесного підходів, загальнонаукових принципах, фундаментальних процесах технології моделювання щодо інформаційної інфраструктури закладу вищої освіти як об'єкта дослідження.

Методи дослідження. В дисертаційній роботі використані методи теоретичного та емпіричного досліджень, серед яких можна вирізнити аналіз, синтез, аналогію, порівняння, формалізацію, тощо; аналіз структур; моделювання графічне (декомпозиція, проектування) та математичне (метод аналізу ієрархій, метод розбиття графів, алгоритм Кернінгана-Ліна, ітерація, оптимізація, тощо)

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

вперше

- розроблено модель інформаційної інфраструктури закладу вищої освіти з інтелектуальною компонентою та проведено декомпозицію інтелектуального центру взаємодії складових інформаційної інфраструктури закладу вищої освіти, яка представляє собою ієрархічну структуру та допомагає виявляти і усувати проблеми функціонування системи протягом її життєвого циклу, передбачаючи спрощення інформаційних інфраструктур закладів вищої освіти і усунення неузгодженостей шляхом побудови структурованої інформаційної системи на основі включення нейромережових алгоритмів, які оптимізують взаємодію компонентів, покращують обробку даних і забезпечують безпеку, управління інформаційними потоками, комп'ютерним обладнанням та програмним забезпеченням;
- імплементовано інтелектуальну компоненту до інформаційної інфраструктури ЗВО, що керується нейромережними алгоритмами, які направлені на гармонізацію освітнього процесу та освітньої діяльності.
- запропоновано математичну модель інформаційної інфраструктури закладу вищої освіти з інтелектуальною складовою, яка представлена як функція, що залежить від її структурних компонентів та їх складових, в основу моделі покладено інтелектуальну складову інформаційної інфраструктури, що визначена як оператор інтелектуального перетворення, який характеризує структуру та роботу інформаційної інфраструктури на основі вектора стану системи управління інфраструктурою, вектора управління процесами у інфраструктурі, вектора зовнішнього середовища, яке впливає на функціонування закладу вищої освіти, вектора сигналів мети функціонування інфраструктури закладу вищої освіти та вектора параметрів об'єкту управління;

удосконалено

- поняття «Інформаційної інфраструктури ЗВО», яке на відміну від поняття «Інформаційна інфраструктура суб'єкта господарської

діяльності», враховує специфіку галузі економіки освіти, проаналізовані та класифіковані структурні компоненти, що визначають інформаційної інфраструктури ЗВО

- модель програмно-апаратної топології інтелектуального центру взаємодії компонентів інформаційної інфраструктури, шляхом представлення способу розміщення компонентів пристроїв, а саме сервера нейромережі, що включає в себе компонент «Дата центр» та «Центр навчання нейронної мережі».

набуло подальшого розвитку

- Концепція гармонізаційного відкритого цифрового простору ЗВО як комплекс вимог до інформаційної інфраструктура ЗВО, дотримання яких дозволяє оптимізувати процеси підтримки прийняття рішень; забезпечує побудову, модернізацію та подальший розвиток всіх складових інформаційної інфраструктури;
- алгоритм запуску системи інтелектуального центру взаємодії компонентів інформаційної інфраструктури, в якому, на відміну від існуючих, запропоновано використання нейромережових алгоритмів та створення центру навчання нейромережі.

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

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана відповідно до плану науково-дослідних робіт Державного торговельно-економічного університету. НДР № 0123U103237 «Інформаційна технологія економічної діагностики суб'єкта господарювання», виконавцем якої є здобувач, а її результати включають наукові дослідження зазначеної теми. Особистий внесок автора полягає в розробці математичної моделі інформаційної інфраструктури суб'єкта господарської діяльності та агрегації поняття «інформаційна інфраструктура суб'єкта господарської діяльності»

Практична значення отриманих наукових результатів полягає в:

- розробці проєкту моделі системи інформаційної інфраструктури ЗВО (ТО-ВЕ), яка реалізована на основі єдиного гармонізаційного відкритого цифрового простору ЗВО, та реалізована у вигляді концептуальної контекстної моделі;

- розробці та впровадженні проєкту моделі «Інтелектуального центру взаємодії інформаційних компонентів інфраструктури ЗВО», на основі її декомпозиції;

- розробці системи інформаційного, апаратно-програмного захисту, яка створена на основі Концепції єдиного гармонійного відкритого цифрового простору ЗВО та нормативно-правової бази, як складової «Захисту компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО»;

- проєктуванні архітектури інтелектуального центру взаємодії компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО:

- структурна схема діаграми розгортання – модель програмно-апаратної топології інтелектуального центру взаємодії компонентів інформаційної інфраструктури;
- діаграма активності - алгоритм запуску системи інтелектуального центру взаємодії компонентів інформаційної інфраструктури

Пропозиції щодо удосконалення інформаційної інфраструктури закладів вищої освіти з використанням інтелектуальної складової апробовані та впровадженні:

1. Національний транспортний університет – внесено зміни у інформаційних потоках інфраструктури , застосована низка безпекових заходів для покращення швидкодії інформаційних систем, була оптимізована структура та адаптовані типи, кількісні та якісні параметри потоків інформації у базах даних. Відповідно, інформація і ресурси інформаційної інфраструктури ЗВО за рахунок моделювання будуть максимально ефективно використані, стало видно реальну потребу у збільшенні ресурсів ситем та прогнозувати витрати на утримання систем (довідка про впровадження результатів дисертаційного дослідження від 26.06.2024 № 1102 / 01).

2. Держаний торговельно-економічний університет – модель системи інформаційної інфраструктури NO-BE, проєкт та архітектуру програмно-апаратної топології інтелектуального центру взаємодії компонентів інформаційної інфраструктури (довідка про впровадження результатів дисертаційного дослідження від 28.06.2024 № 1326 / 27).

3. Ужгородський національний університет – проведено реструктуризацію інформаційної інфраструктури ЗВО, оптимізовано потоки інформації та трансформація інформаційних систем з використанням моделі з інтелектуальним центром та сервера штучного інтелекту. Використана модель ТО-ВЕ – дала можливість більш ефективно використовувати інформаційні ресурси університету, проводити аналіз великих обсягів даних, узгоджувати та трансформувати цифрову інформацію, направляти прийняття рішень та будувати прогнози розвитку інформаційних систем (довідка про впровадження результатів дисертаційного дослідження 27.06.2024 № 132 / 24).

4. Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» – апробовано та впроваджено модель «інтелектуального центру взаємодії інформаційних компонентів інфраструктури закладу вищої освіти» (довідка про впровадження результатів дисертаційного дослідження від 09.07.2024 № 06-103 / 257).

5. Київський національний університет будівництва та архітектури – впровадили та застосували сервер з використанням штучного елементів інтелекту, побудовано резервні комунікації для підвищення стійкості інформаційних систем університету. Завдяки запропонованій моделі інформаційної інфраструктури ЗВО прогнозується розвиток та модернізація інформаційної системи, дає можливість прогнозувати витрати на побудову, модернізацію та оновлення апаратної, програмної частини та комунікацій відповідно вимог захищеного кіберпростору (довідка про впровадження результатів дисертаційного дослідження від 09.07.2024 № 14-1.9 / 588).

Дисертаційна робота виконувалась відповідно до планів науково-дослідних робіт Державного торговельно-економічного університету в рамках ініціативних тем:

- «Проектування інформаційних технологій освітнього середовища» (номер державної реєстрації №0121U100278);
- «Моделювання інформаційно-аналітичної системи контролю якості процесу виробництва продукції» (номер державної реєстрації № 0121109155).

Результати дисертаційного дослідження використано у освітньому процесі Державного торговельно-економічного університету при викладанні дисциплін «Комп'ютерні мережі», «Захист комп'ютерних мереж», «Бази даних», «Хмарні та Grid технології», «Основи кібербезпеки» та в розробці методичного забезпечення освітнього процесу.

Публікації. Наукові результати та висновки дисертаційного дослідження підтверджуються публікаціями у наукових виданнях та їх апробацією на науково-практичних конференціях. Опубліковано 26 праць, з них: 3 статті опубліковано у фахових виданнях України категорії «Б», 4 статті проіндексовані в міжнародній науково-метричній базі Scopus та 16 тез доповідей на всеукраїнських і міжнародних наукових конференціях, 3 статті апробаційного характеру опубліковано в фахових журналах за напрямом «економіка».

Апробація результатів дослідження. Матеріали дисертаційного дослідження обговорювалися на всеукраїнських і міжнародних наукових конференціях. Зокрема: Всеукраїнській науково-практичній конференції Безпека соціально-економічних процесів в кіберпросторі : матеріали., м. Київ, 27 берез. 2019 р.; V Міжнародній науково-практичній конференції «Прикладні системи та технології в інформаційному суспільстві», м. Київ, 30 верес. 2021 р., V Міжнародній науково-практичній конференції «Кібергігієна у інформаційному просторі в умовах воєнного стану» м. Кропивницький, 19–20 трав. 2022 р.; VI Міжнародній науково-практичній конференції «Менеджмент XXI століття: глобалізаційні виклики», м. Полтава, 19 трав. 2022 р.; III Міжнародній науково-практичній конференції «Розподілені програмні системи і технології», м. Київ, 28 листоп. 2022 р. Київ; Міжнародної наукової інтернет-конференції «Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні

аспекти становлення», м. Тернопіль, Україна – м. Переворськ, Польща, 3–4 квіт. 2023 р.; VII Міжнародній науково-практичній конференції «Прикладні системи та технології в інформаційному суспільстві», м. Київ, 29 верес. 2023 р.

Обсяг та структура роботи. Дисертація складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Дисертаційна робота має 40 рисунків, 25 таблиць, 5 додатків. Список використаних джерел містить 193 найменування. Загальний обсяг роботи складає 228 сторінок, обсяг основного тексту – 170 сторінок.

СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ ТА ПОЗНАЧЕНЬ

АНС – автоматизована навчальна система

АС – автоматизована система

АС Б – автоматизована система бібліо-теки

АС БО – автоматизована система забезпечення бухгалтерського обліку

АС е-Д – автоматизована система е-діловодства

АС КОП – автоматизована система керування освітнім процесом

АС ОК – автоматизована система обліку кадрів

АСЗДВО – автоматизована система обліку здобувачів вищої освіти

БД – база даних

ДПУ – Державний податковий університет

ДТЕУ – Державний торговельно-економічний університет

ЕЗ – економічний захист

ЕКМ – електронна комунікаційна мережа

ЕОМ – електронно-обчислювальна машина

ЄДЕБО – єдина державна база з питань освіти

ЕЦП – електронний цифровий підпис

ЗВО – заклад вищої освіти

ЗД НПБ та Д – загальнодержавні нормативно-правові бази та документи

ЗК – засіби комунікації

ІІ – інформаційна інфраструктура

ІМО – інформаційне та мультимедійне обладнання

ІнС – інтелектуальна система

ІОР – інформаційно-освітній ресурс

ІР – інформаційний ресурс

ІС – інформаційна система

ІтаМ Об – інформаційне та мультимедійне обладнання

К – користувачі, учасники освітньої/діяльності

КЕП – контрольований цифровий підпис

КмК – комунікаційний канали

М ПЗ – мережеве програмне забезпечення ()

МАІ – метод аналізу ієрархій

МУ – механізми управління

НПБ – нормативно-правові бази

НТУ – Національний транспортний університет

ОНП – освітньо-науковий простір

ОргЗ – організаційні методи та засоби захисту

ПД ВК – правові документи внутрішнього використання

ПЗ – програмного забезпечення

ПП – програмні продукти

ПрЗ – програмний захист

РР – розподіл ресурсів

СГД – суб'єкт господарської діяльності

СМЗІР – системи та механізми захисту інформаційних ресурсів

ТЗ – технічний захист

УЕП – удосконалений електронний підпис

ХмО – хмарні обчислення

AS-IS – модель «як є»

HEI – higher education institution

KL – Алгоритм Кернінгана-Ліна

TO-BE – модель «як має бути»

РОЗДІЛ 1.

ТЕХНОЛОГІЯ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ВИМОГИ ДО ІНФОРМАЦІЙНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ЗВО

1.1. Технологія моделювання інформаційної інфраструктури

Цифровізація людства, всіх процесів становлення людини, особистості, удосконалення та набуття професійних якостей та багато інших супроводжуваних процесів визначають роль і місце кожного у Smart-місті, цифровій державі чи часткою цифрової планети. Однак не зважаючи на стрімке застосування інформаційних технологій, Інтернету, веб-ресурсів, та впроваджених інформаційних систем, які адаптовані та взаємодіють між собою, для полегшення всіх процесів, розвитку технологій і втручання у всі сфери життя людини, необхідно аналізувати і удосконалювати інформаційні системи, комунікаційні канали та інтерфейси між ними. Таким чином, інформаційні технології розвиваються відносно потреб споживачів та перманентно трансформуються використовуючи сучасні розробки та нововведення, засоби комунікації та безперечно керуються нормами права для узгодження конфліктів чи непорозумінь.

Вивчаючи цю доволі складну систему взаємозв'язків, каналів передачі, масивів інформації, застосунків, інтерфейсів, що пов'язують всі дані елементи, було визначено їх як інформаційну інфраструктуру, яка дає можливість описати всі процеси, охарактеризувати об'єкти, визначити зв'язки та оцінити важливість певної інформації, її вплив на розвиток структури цифрової держави в цілому, Smart-міста чи окремого підприємства, закладу освіти, державної установи, установ оборонного типу та інші.

В даній дисертаційній роботі досліджується інформаційна інфраструктура закладу вищої освіти (ЗВО), як структура, що дає змогу описати всі важливі об'єкти, взаємозв'язки, канали передачі даних, засоби комунікації, нормативну документацію, засоби взаємодії з іншими зовнішніми

інфраструктурами, з можливістю побудови кібернетичного захисту. Для більш вагомого і зрозумілого уявлення про неї будемо моделювати інформаційну інфраструктуру ЗВО для визначення стану системи, траєкторії розвитку, прогнозування та впливу впровадження новітніх комп'ютерних засобів, застосунків тощо.

Зазначимо, що моделювання інформаційної інфраструктури ЗВО має ряд переваг. По-перше, моделювання інформаційної інфраструктури ЗВО дозволяє зрозуміти, які процеси та взаємодії відбуваються між елементами системи, як вона працює та які існують потенційні проблеми тощо. По-друге, моделювання передбачає проведення експериментів з різноманітними варіантами розбудови інформаційної інфраструктури та оцінку ефективності перед фізичним впровадженням. По-третє, моделювання уможливорює забезпечення безперервності та ефективності роботи інформаційної інфраструктури ЗВО, оскільки є можливість попередньо дослідити взаємодію та сумісність різних систем та платформ. Також зможемо за допомогою моделі виконати прогнозування змін, трансформацій, передбачити критичні для інформаційної інфраструктури періоди, елементи впливу та підготувати систему до безперешкодного подолання таких негативних наслідків. Саме за допомогою моделей можна прогнозувати зміни та формувати ряд пропозицій, щодо їх оптимізації, впливу чи упередження змін. Науковці всього світу, не тільки вітчизняні, робили спроби аналізу частин інформаційної інфраструктури, але не досліджували систему цілому.

Основні принципи моделювання [84, с. 17-19]:

Перший принцип наголошує, що на вибір моделей впливає сутність проблеми та формування мети її вирішення. Варто зазначити, що правильно зіставлені моделі явищ, процесів здатні допомогти висвітлити та зрозуміти комплексні проблеми; в той час, як не технічно зіставлені моделі можуть зсунути фокус на хибні та нерелевантні питання.

Другий принцип передбачає, кожна модель може бути представлена з різним ступенем точності з відповідним ступенем деталізації. Також, різні рівні точності можуть використовуватися для різних цілей. Наприклад, для швидкого

прийняття рішень можна використовувати менш точні моделі, а для детального аналізу та оптимізації – більш точні. Отже, другий принцип допомагає забезпечити гнучкість та адаптивність моделювання до потреб користувача та конкретної ситуації.

Третій принцип зазначає, що найкращі моделі повинні мати чіткий зв'язок з реальністю, оскільки, якщо цей зв'язок буде слабким, рішення прийняті на основі такої моделі не зможуть вирішувати широкий спектр ймовірних проблем [84, с. 18].

Четвертий принцип стверджує, що одна модель не може повністю відображати складну систему і для кожної нетривіальної системи найкраще підходити через невеликий набір майже незалежних моделей. Це означає, що використання однієї моделі для аналізу складної системи може призвести до недостатнього розуміння її поведінки та можливих наслідків. Замість цього, краще використовувати комбінацію різних моделей, які доповнюють одна одну та дозволяють отримати більш повне та точне уявлення про систему. Це дозволяє зменшити ризик помилок та забезпечити більш точні результати прийняття рішень.

П'ятий принцип зазначає, що моделі є наближеними за своєю природою, і точність результатів моделювання повинна бути збалансована зі складністю моделі. Відповідно, аби охопити всі важливі властивості, модель має бути детальною, але не надто складною, щоб зробити існуюче рішення максимально простим. Компроміс між цими двома вимогами часто досягається шляхом проб і помилок, гарантуючи, що модель точно відображає реальну систему [96, с. 75-76].

Шостий принцип полягає у використанні блочної структури для створення складних моделей, що допомагатиме створювати складні моделі, розбиваючи їх на етапи та режими роботи [96, с. 76]. Кожен блок має свою функцію та може бути використаний в різних моделях. Такий підхід дозволяє знизити складність моделі та забезпечити її більшу надійність та стабільність. Крім того, використання готових блоків дозволяє використовувати накопичений досвід та знання при розробці нових моделей. Блочна структура

також допомагає визначити етапи та режими роботи моделі, що сприяє більш ефективному управлінню процесом моделювання та забезпечує більш точну оцінку результатів.

Так Томашевський В.М. визначає моделювання як структуровану методологію створення і підтвердження зображення системи, об'єкту, явища або процесу [68, с. 335], виділивши найбільш застосовувані види моделювання: комп'ютерне, математичне, імітаційне та статистичне [68, с. 25]. Додатково, автор виділив основні принципи моделювання, зокрема: інформаційна достатність, доцільність, здійсненність, множинність моделей, агрегація та параметризація. До того ж, автор запропонував уніфіковану схему моделювання систем (рис. 1.1.).

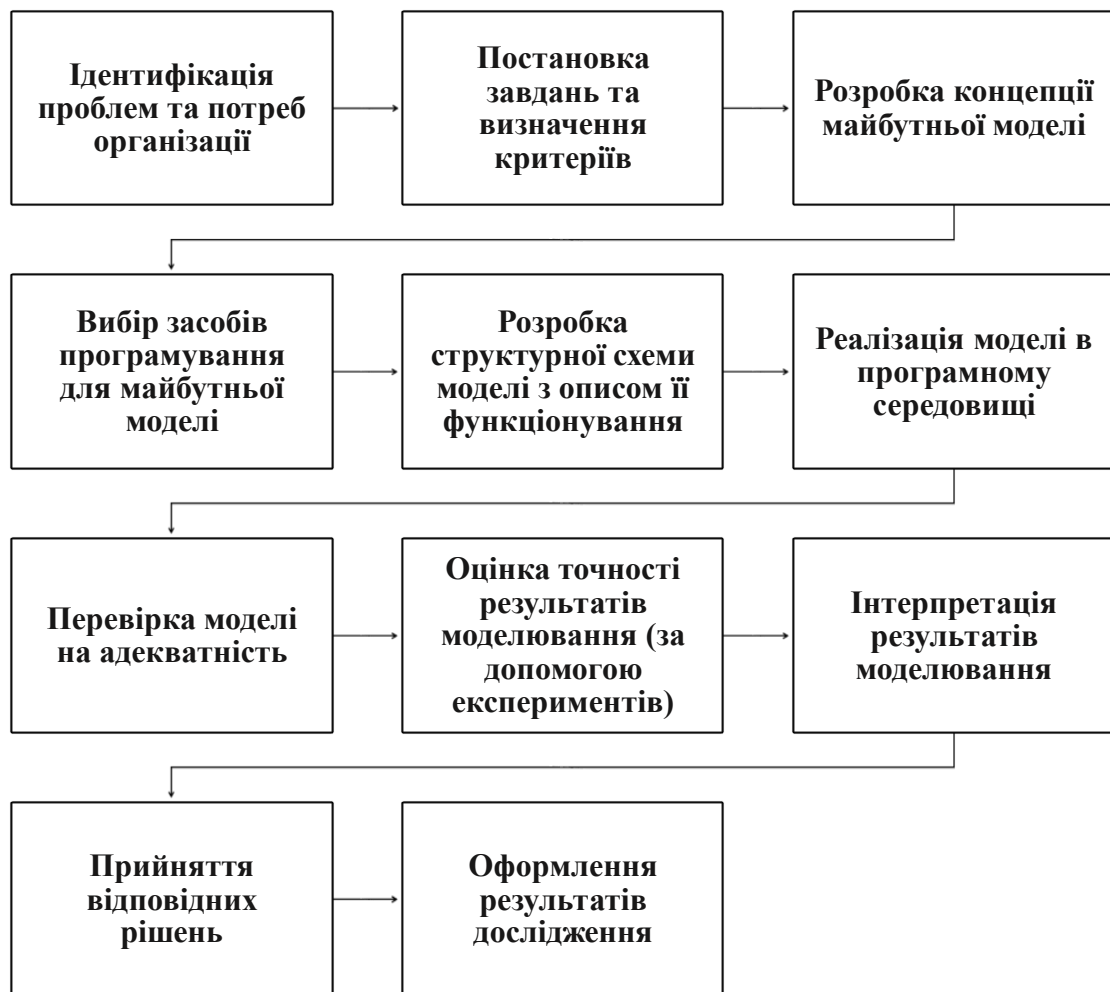


Рисунок 1.1. Узагальнений алгоритм побудови та реалізації моделі

Джерело: складено за [28, с. 41-44]

Додатково до визначення Томашевського, в таблиці 1.1 наведено наукові та галузеві підходи до визначення сутності моделювання в залежності від об'єкту моделювання.

Таблиця 1.1

Наукові та галузеві підходи до визначення моделювання

Автор	Об'єкт	Визначення
1	2	3
А. Денніс, Д. Тегарден, Б. Віксом	інформаційна система (дані, процеси та взаємодія)	Моделювання інформаційних систем – це процес створення структурованих представлень інформації, даних, процесів і взаємодій всередині організації для полегшення розуміння, проектування та вдосконалення
К. Дж. Дейт	дані всередині організації (структури даних і зв'язки)	Моделювання даних передбачає створення абстрактних представлень структур даних і взаємозв'язків всередині організації для підтримки проектування баз даних і керування ними
П. П.-С. Чен	сутності, атрибути та зв'язки в системі БД	Моделювання сутностей і зв'язків – це техніка, яка використовується в інформаційних системах для представлення сутностей, атрибутів і зв'язків у графічному форматі, допомагаючи при проектуванні бази даних
Г. Буч	архітектура, проекти та взаємодії в системі ПЗ	Уніфікована мова моделювання – це стандартизована мова моделювання, яка використовується в інформаційних системах для представлення архітектур ПЗ, дизайну та взаємодії
П. Крухтен	структура та компоненти високого рівня	Архітектурне моделювання зосереджується на створенні високорівневих представлень структури та компонентів інформаційної системи для керування розробкою програмного забезпечення та інтеграцією системи
А. Кокберн	функціональні вимоги до ІС	Моделювання варіантів використання – це техніка для визначення, візуалізації та документування функціональних вимог інформаційної системи з точки зору кінцевих користувачів
Г. Буч	об'єкти та класи програмної системи	Об'єктно-орієнтоване моделювання передбачає представлення програмних систем за допомогою об'єктів і класів з

1	2	3
		акцентом на повторному використанні та модульному дизайні
Віль М.П. ван дер Алст, К. ван Хі	послідовність кроків, завдань та дій	Моделювання робочого процесу – це створення візуальних представлень кроків, завдань і дій у бізнес-процесі для оптимізації та автоматизації операцій
А. М. Лоу, В. Д. Кельтон	поведінка ІС	Імітаційне моделювання використовує комп'ютерні моделі для повторення та вивчення поведінки інформаційних систем за різних сценаріїв та умов

Джерело: складено автором за [75, 84-91]

Прус А. [97, с. 58-59] наводить чотири групи основних компетенцій, необхідних для цілеспрямованого та якісного виконання моделювання, зокрема:

Перша група зосереджена на розумінні проблеми та створенні моделі, заснованої на реальності, включаючи припущення, розпізнавання змінних, побудову взаємозв'язків і пошук релевантної інформації, а також розрізняючи нерелевантну та релевантну інформацію.

Друга група зосереджена на створенні математичної моделі з реальної моделі, включаючи математизацію відповідних величин та їхніх співвідношень, спрощення їх, якщо необхідно, вибір відповідної нотації та графічне представлення ситуації, а також використання евристичних стратегій, таких як поділ проблеми на компоненти, встановлення зв'язків, перефразування проблеми, перегляд її в різних формах і зміна значень або даних.

Третя група зосереджена на інтерпретації математичних результатів у реальних ситуаціях, включаючи нематематичні контексти, узагальнюючи рішення та переглядаючи рішення задач.

Четверта група компетенцій передбачає критичну перевірку та рефлексію знайдених рішень, перегляд частин моделі, якщо вони не відповідають ситуації, а також розгляд альтернативних рішень і постановку під сумнів моделі.

Обод І. І. [96, с. 26] наводить узагальнений варіант класифікації видів моделювання систем (рис. 1.2.):

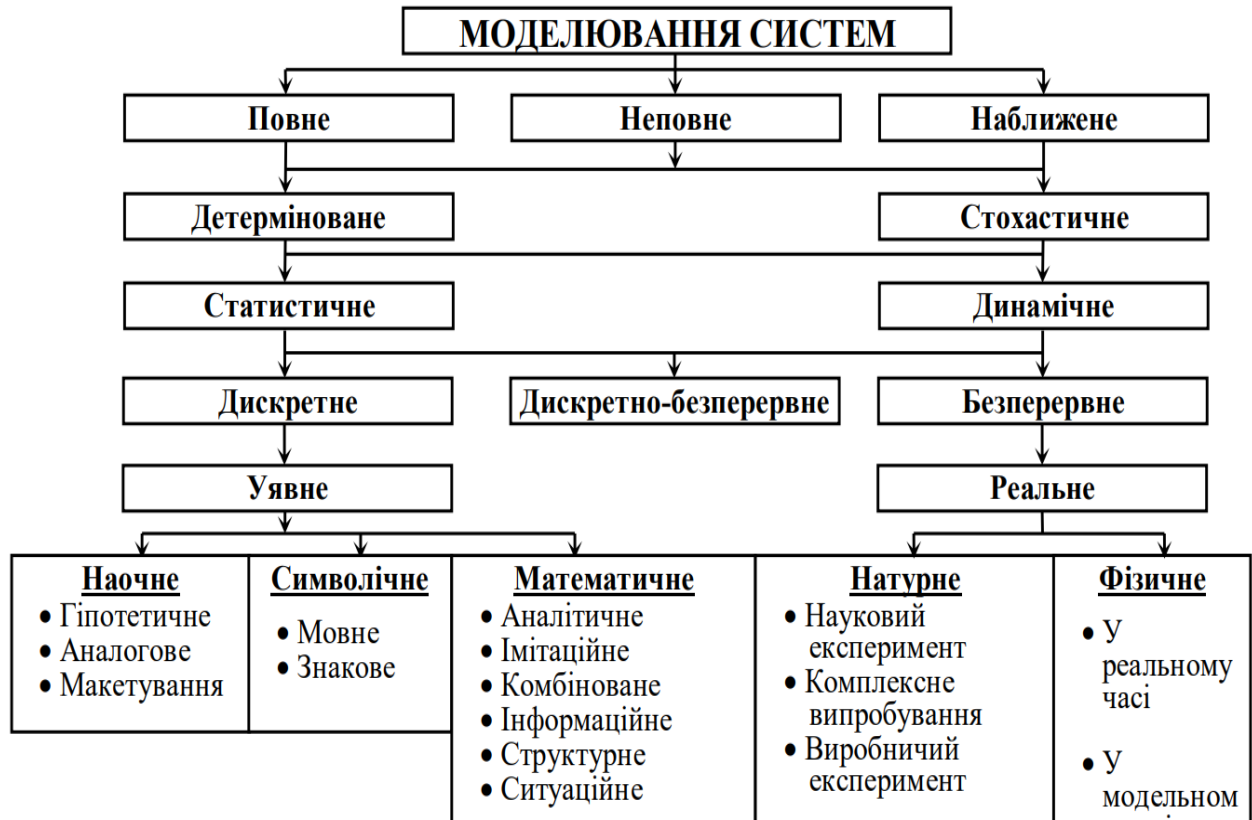


Рисунок 1.2. Класифікація видів моделювання систем

Джерело: [96, с. 26]

Павленко П.М. [69, с. 26] зазначає, що відповідно до характеру досліджуваних явищ та процесів у технічній системі, всі види моделювання можна поділити на: 1 група – детерміноване та стохастичне моделювання, 2 група – статичне та динамічне моделювання, 3 група – дискретне, безперервне та дискретно-безперервне моделювання.

Математичне моделювання передбачає використання математичних співвідношень, рівнянь, нерівностей для опису основних закономірностей, властивих об'єкту дослідження [70]. Матвійчук В.А. та ін. [71, с. 13-15] виділяють наступні характерні риси математичних моделей: наближення опису досліджуваного об'єкту (явища, системи і т. д.); компроміс між простотою моделі та повнотою опису об'єкту (передбачає урахування тільки основних факторів впливу на досліджуваний об'єкт); обмеженість застосування для вирішення тільки поставленого завдання; відмінність математичної моделі від

закону. Додатково, автори пропонують уніфікований алгоритм проведення математичного моделювання об'єктів [71, с. 21-25]:

- 1) збір інформації про основні складові процесу роботи досліджуваного об'єкта, враховуючи їхні взаємозв'язки, взаємодії та основні фактори впливу;
- 2) формулювання мети та завдання для майбутньої моделі;
- 3) розробка концептуальної моделі, що передбачає схематичне зображення досліджуваних процесів, розбивку об'єкту на системи та підсистеми, виділення залежних та незалежних факторів та ін.;
- 4) відображення взаємозв'язків окремих елементів у вигляді формул, запис логічних відносин у вигляді нерівностей, апроксимація експериментальних даних для зручності обчислення на комп'ютері;
- 5) розробка алгоритму та програми розрахунків фахівцем-програмістом з використанням відповідної мови або математичного пакету;
- 6) залучення фахівця, який володіє інформацією стосовно фізичних властивостей модельованого об'єкта, до процесу налагодження та корекції помилок в моделі;
- 7) перевірка моделі на відповідність реальному об'єкту з врахуванням правильності та точності його опису;
- 8) коригування моделі, що може передбачати виключення найбільш грубих допущень та додавання нових змінних впливу на досліджуваний об'єкт;
- 9) планування, підготовка та проведення комп'ютерного експерименту на змодельованому об'єкті;
- 10) вибір форми інтерпретації результатів комп'ютерного експерименту (графіки, таблиці, діаграми тощо) з подальшим аналізом та висновком щодо характеристик об'єкта, а також розробкою рекомендацій.

Лінійні та нелінійні моделі визначаються наявністю лінійних операторів у математичній моделі. Нелінійність навіть у простих системах часто асоціюється з хаосом і незворотністю. Вивчення нелінійних систем і моделей може бути складним завданням, і лінеаризація є поширеним підходом, але це може бути проблематичним для вивчення таких аспектів, як незворотність.

Відповідно лінійні моделі варто використовувати для представлення фізичних або логічних топологій мереж інформаційної інфраструктури ЗВО (маршрутизатори, комутатори, сервери) при оцінюванні затримок мережі, зміни пропускної здатності або потоків трафіку для оптимізації навантаження та максимізації продуктивності інформаційної інфраструктури. Нелінійні моделі, в свою чергу, можуть бути корисними для прогнозів несправностей, ідентифікації аномалій та аналізу даних, перевантаження ІІ тощо, оскільки враховують фактори зовнішнього середовища, зношення обладнання та різноманітні моделі трафіку.

Стосовно динамічної моделі, вона враховує залежні від часу зміни стану системи, тоді як статична (або стаціонарна) модель обчислює систему в стані рівноваги, а отже, є незмінною в часі. Вона використовується для цілей прогнозування продуктивності системи за різних умов, оптимізації процесів, моделювання сценаріїв і розуміння еволюції системи та реакції на зміну вхідних даних і параметрів.

У контексті інформаційної інфраструктури ЗВО динамічні моделі можуть включати такі елементи, як зростання та адаптацію інформаційної системи до різних сценаріїв, що дозволить адміністраторам досліджувати вплив змін у технології або поведінці користувачів з часом, допомагаючи їм приймати обґрунтовані рішення щодо оновлення системи, планування потужностей і розподілу ресурсів.

Статичні моделі підходять для аналізу статичних властивостей, таких як структура, топологія або початкові умови. Статичні моделі часто використовуються в таких завданнях, як проєктування системи, архітектура, топологія мережі та моделювання даних, надаючи знімок конфігурації системи.

У контексті інформаційної інфраструктури ЗВО статичні моделі можуть включати діаграми або інші візуальні представлення, які ілюструють організацію апаратного та програмного забезпечення, мереж і зберігання даних. До основних прикладів статичних моделей можемо віднести наступні:

1) діаграми класів (зображують класи, атрибути та зв'язки між класами в системі) [98-100];

2) моделі «сутність – зв’язок» (використовуються для моделювання сутностей у системі баз даних та зв’язків між ними) [101-103];

3) діаграми потоків даних (представляють потік даних у системі, ілюструючи, як дані переміщуються між процесами, сховищами даних і зовнішніми сутностями) [104-108];

4) діаграми прецедентів (ілюструють взаємодію між користувачами та системою, показуючи різні варіанти використання та залучених суб’єктів) [109-110];

5) діаграми компонентів (ображують високорівневі компоненти системи та їх взаємозв’язки, допомагаючи візуалізувати архітектуру) [111-112];

6) діаграми розгортання (показують фізичне розташування апаратних компонентів у розподіленій системі, таких як сервери, бази даних і комунікаційні пристрої) [113-114];

7) діаграми пакетів (організують і представляють структуру системи в термінах пакетів та їх залежностей) [116-119];

8) діаграми станів (моделюють різні стани, в яких може перебувати система або об’єкт, а також переходи між цими станами) [120-121];

9) діаграми послідовності (ілюструють взаємодію між об’єктами або компонентами в часі, показуючи порядок обміну повідомленнями) [122-125];

10) діаграми мережі (відображають структуру і з’єднання всередині комп’ютерної мережі, включаючи маршрутизатори, комутатори та інші мережеві компоненти) [126-128];

11) архітектурні діаграми (надають огляд всієї структури системи та її компонентів) [129];

12) моделі даних (визначають структуру та організацію даних у базі даних, включаючи таблиці, поля та зв’язки) [130].

Статичне моделювання інформаційної інфраструктури університету включає такі специфічні методи, як ERD, DFD та UML, та загалом складається з кроків, зображених на рис. 1.3.

Детерміноване моделювання інформаційної інфраструктури ЗВО є створенням математичних або обчислювальних моделей, які передбачають

поведінку інформаційних систем ЗВО (наприклад, баз даних, мереж, серверів, ПЗ та ін. технологічних ресурсів) з акцентом на детерміновані, передбачувані результати. У цьому контексті термін «детермінований» означає, що модель передбачає точні причинно-наслідкові зв'язки між різними елементами інформаційної інфраструктури, а результати повністю визначаються початковими умовами і заданими параметрами. Детерміновані моделі часто використовуються, коли передбачається, що модельована система слідує точним, передбачуваним моделям без притаманної їй випадковості [94, с. 17].

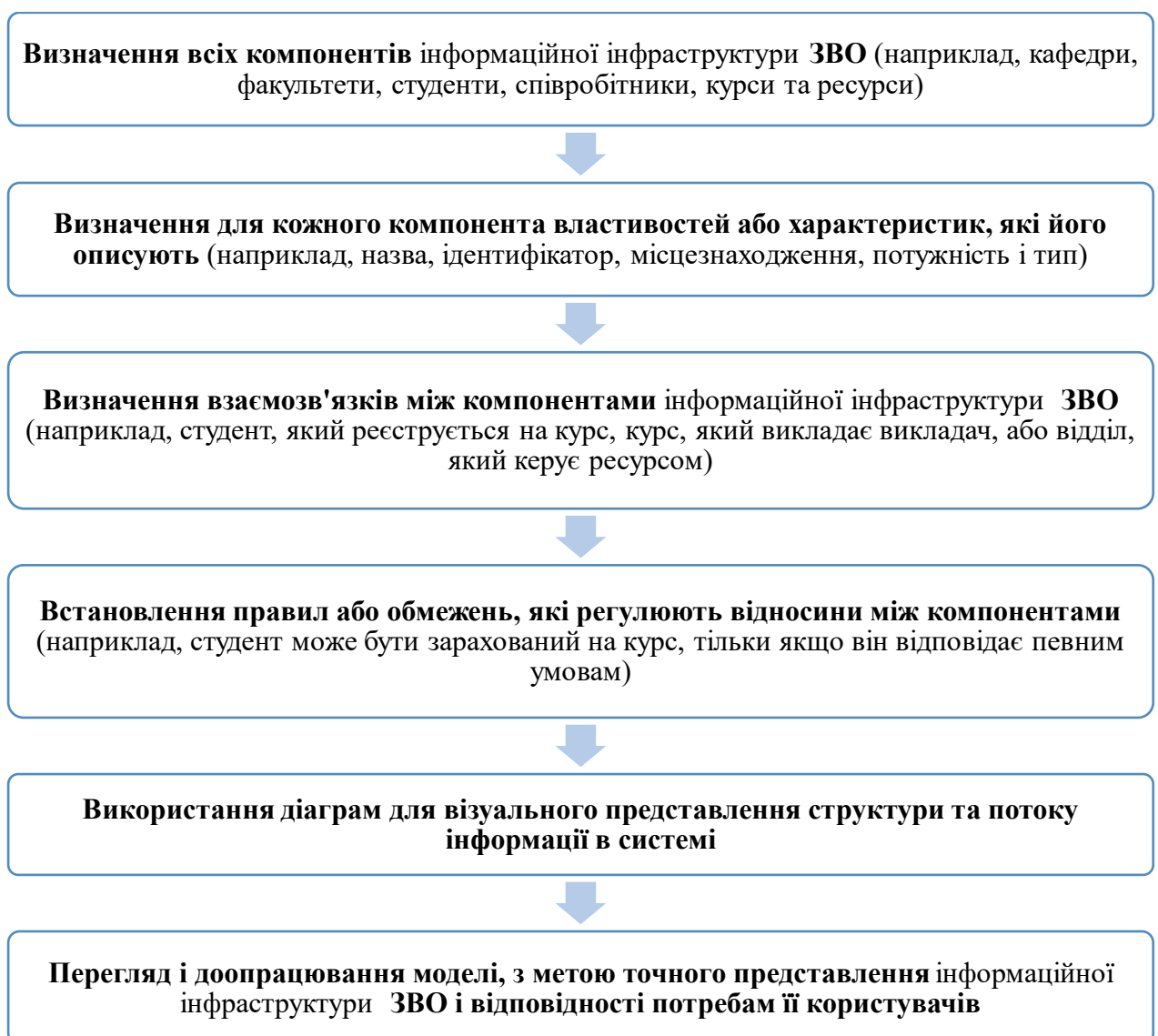


Рисунок 1.3. Узагальнений алгоритм побудови статичної моделі інформаційної інфраструктури ЗВО

Джерело: узагальнено автором за [94, 101-103, 130]

Додатково, детерміновані моделі особливо корисні при вивченні систем, де причинно-наслідкові зв'язки добре зрозумілі і де варіативність результатів може бути точно передбачена на основі заданих початкових умов і параметрів.

Стохастичне моделювання інформаційної інфраструктури ЗВО передбачає включення елементів випадковості та невизначеності в математичні або обчислювальні моделі для імітації та аналізу поведінки інформаційних систем. Цей підхід передбачає моделювання різних компонентів і процесів у системі як випадкових величин з використанням теорії ймовірностей для імітації поведінки інформаційної системи в часі [94, с. 17].

У контексті інформаційної інфраструктури закладу вищої освіти (ІІ ЗВО) стохастичні моделі можуть враховувати невизначеності, пов'язані зі структурою мережевого трафіку, збоями обладнання, програмними збоями або іншими непередбачуваними подіями, які можуть вплинути на продуктивність і надійність систем. Відповідно, враховуючи ці стохастичні елементи, модель може допомогти адміністраторам оцінити надійність інформаційних систем, виявити потенційні вразливості та прийняти більш обґрунтовані рішення щодо управління ризиками та дизайну системи.

Зазначимо, що основними перевагами математичного моделювання інформаційної інфраструктури є можливість зробити точний аналіз ризиків та прогнозувати можливі наслідки прийняття різних рішень. Проте, математичні моделі зазвичай ґрунтуються на спрощених припущеннях та апроксимаціях, що може призводити до втрати точності під час реалізації проєкту. Кветний Р. Н. та ін. [71, с. 13] виділяють наступні кроки при створенні математичних моделей:

- 1) дослідження об'єкта та постановка технічного завдання з розробки моделі;
- 2) постановка концептуальної (основні питання та гіпотези щодо особливості та поведінки об'єкта) та математичної (математичні співвідношення, які описують поведінку та характеристики об'єкта) задачі до майбутньої моделі;
- 3) аналіз та перевірка моделі на коректність;

4) вибір та обґрунтування аналітичних та ін. методів для вирішення поставлених задач;

5) перевірка адекватності моделі;

6) практичне використання розробленої моделі.

Комп'ютерне моделювання дає можливість візуалізувати поведінки досліджуваного об'єкта з використанням комп'ютерної програми та алгоритмічних описів, які характеризують властивості системи, включаючи їхню зміну із часом. Комп'ютерне моделювання є корисним інструментом для математичного моделювання багатьох природних систем у фізиці (обчислювальна фізика), астрофізиці, кліматології, хімії, біології та виробництві, а також людських систем в економіці, психології, соціальних науках, охороні здоров'я та інженерії.

Приклади типів комп'ютерного моделювання в науці є похідними та виводяться з основного математичного опису:

1) числове моделювання диференціальних рівнянь, які неможливо розв'язати аналітично та теорії, які включають безперервні системи (явища у фізичній космології, динаміка рідини, механіка суцільного середовища та хімічна кінетика);

2) стохастичне моделювання, яке зазвичай використовується для дискретних систем, де події відбуваються ймовірно, і які не можна описати безпосередньо за допомогою диференціальних рівнянь;

3) багаточасткове моделювання реакції наноматеріалів у різних масштабах на прикладену силу з метою моделювання їхніх термопружних і термодинамічних властивостей.

Існують чотири основних підходи до комп'ютерного моделювання: метод подвійного планування, сканування активностей, взаємодії процесів та трьохфазний підхід (табл. 1.2).

Методичні підходи до комп'ютерного моделювання

<i>Назва методу</i>	<i>Сутність методу</i>
<i>1</i>	<i>2</i>
Метод подійного планування (з англ. «Event-scheduling»)	Ідентифікувати сутності та їхні атрибути → Визначити атрибути системи → Визначити, що викликає зміну стану системи → Написати програму для виконання для кожної події.
Метод сканування активностей (з англ. «Activity-scanning»)	Створення моделі концентрується на діяльності моделі та тих умовах, які дозволяють випробувати → При кожному переході годинника вперед перевіряються умови для кожної дії, і, якщо умови відповідають дійсності, починається відповідна ітерація
Метод взаємодії процесів (з англ. «Process-interaction»)	Базові моделі керують процесами (життєві цикли сутностей, які складаються з різноманітних подій і дій) → Імітаційна модель визначається в термінах сутностей або об'єктів та їх життєвого циклу, коли вони проходять через систему, вимагаючи ресурсів і стоячи в черзі, щоб очікувати ресурси (деякі дії можуть вимагати використання одного або кількох ресурсів, потужності яких обмежені) → Процеси взаємодіють, наприклад, один процес має чекати в черзі, тому що потрібний йому ресурс зайнятий іншим процесом.
Трьохфазний підхід (з англ. «Three-phase approach»)	Два типи діяльності (В-діяльність: діяльність, яка має відбутися; С-діяльність: діяльність або події, які залежать від певних умов); → Дії В-типу можна запланувати заздалегідь, як і в підході планування подій (змінний час наперед; FEL містить лише події В-типу); → Сканування, щоб дізнатися, чи можуть розпочатися будь-які дії типу С або відбуваються події типу С, відбувається лише наприкінці кожного випередження часу, після завершення всіх подій типу В.

Джерело: складено автором за [72]

Зокрема, до основних переваг комп'ютерного моделювання можна віднести: по-перше, швидкість та ефективність визначення оптимальних параметрів інформаційної інфраструктури; по-друге, можливість виявляти помилки та недоліки в проєкті інформаційної інфраструктури до його реалізації; по-третє, зменшення витрат на проєктування та розробку інформаційної інфраструктури; по-четверте, можливість провести аналіз ризиків та оцінити можливі негативні наслідки для інформаційної інфраструктури; по-п'яте, можливість оптимізації ресурсів та покращення безпеки інформаційної інфраструктури.

Проте, комп'ютерне моделювання має ряд недоліків: по-перше, обмеженість відповідно до використовуваного програмного забезпечення (ПЗ);

по-друге, потреба в кваліфікованому персоналі; по-третє, потреба в точних даних про інформаційну інфраструктуру; по-четверте, не врахування людського фактору на інформаційну інфраструктуру; по-п'яте, збільшення витрат на використання високоякісного ПЗ.

Стандарт ДСТУ ISO/IEC 2382:2017 Інформаційні технології. Словник термінів (ISO/IEC 2382:2015, IDT) [74] надає узагальнену дефініцію імітаційного моделювання як відображення поведінкових характеристик фізичних чи абстрактних систем завдяки використанню систем опрацювання даних. До того ж, імітаційне моделювання передбачає застосування низки методів алгоритмічних описів процесів в досліджуваному об'єкті з подальшим проведенням на електронно-обчислювальних машинах (ЕОМ) обчислювальних експериментів з використанням математичних моделей [73, с. 17]. Варто зазначити, що в науковій та професійній спільнотах існують певні розбіжності в баченні прикладного інструментарію реалізації імітаційного моделювання, а саме: частина авторів [69] вбачає в імітаційному моделюванні застосування суто алгоритмічних методів, а друга [76] стверджує, що найпоширенішим методом імітаційного моделювання є статистичне моделювання з використанням комп'ютера для отримання статистичних даних про процеси, які відбуваються в системі, що моделюється, та їх подальшої обробки методами математичної статистики.

Імітаційне моделювання дозволяє охарактеризувати складні системи зі значною деталізацією, уникаючи обмежень щодо відображення в моделі залежностей між відібраними параметрами. Тим не менш, сама побудова імітаційних моделей з подальшим тестуванням ймовірних сценаріїв може бути витратною по часу та ресурсам. До того ж, для імітаційного моделювання характерна складність визначення точності створеної моделі та її адекватності досліджуваним процесам [73, с. 18].

Крім того, імітаційне моделювання передбачає моделювання випадкових величин, а саме: моделювання простої події; моделювання повної групи несумісних подій; моделювання дискретної випадкової величини; моделювання

випадкових величин з рівномірним розподілом; моделювання випадкових величин з нормальним законом розподілу.

Моделювання повної групи несумісних подій передбачає аналіз всіх можливих взаємно виключних подій, які можуть відбутися в певній ситуації. В свою чергу, моделювання повної групи несумісних подій використовується для дослідження та оцінки імовірності кожної події та визначення їхньої взаємної несумісності (тобто, ці події не можуть відбутися одночасно) (рис. 1.4.).

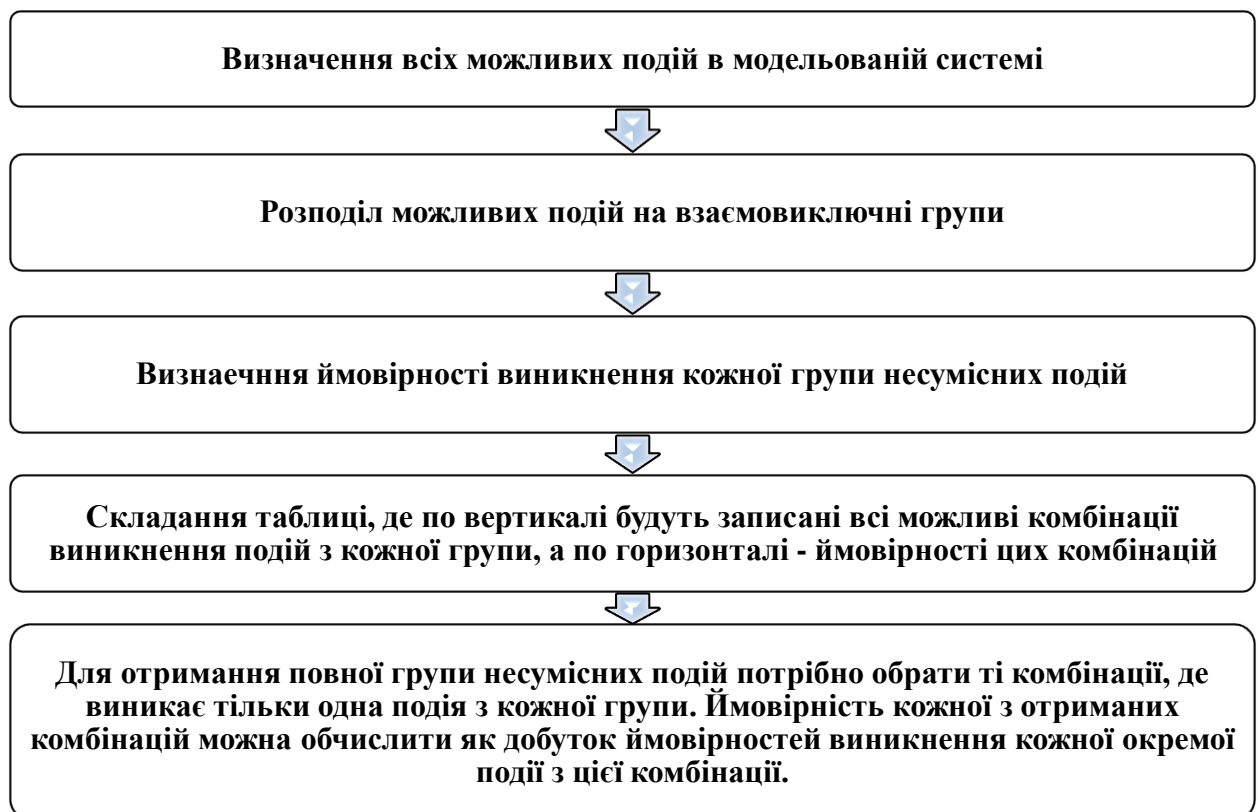


Рисунок 1.4. Узагальнений алгоритм імітаційного моделювання повної групи несумісних подій

Джерело: [73, 48]

Моделювання дискретної випадкової величини є аналізом імовірностей, пов'язаних із випадковими подіями, які приймають обмежений набір окремих значень. Наголосимо, при моделюванні дискретної випадкової величини важливо дотримуватися правил та критеріїв ймовірності та забезпечувати

достатню кількість спроб для отримання достовірних результатів (на основі середнього значення з використанням статистичних методів) (рис. 1.5.).

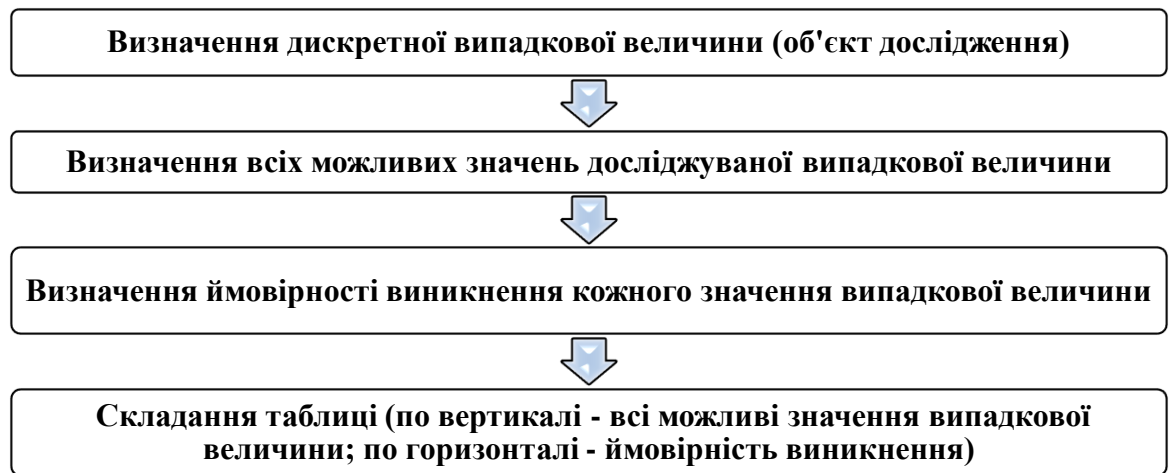


Рисунок 1.5. Узагальнений алгоритм імітаційного моделювання дискретної випадкової величини

Джерело: [76]

Варто зазначити, що важливою складовою моделювання інформаційної інфраструктури ЗВО є відповідність до норм вимог, рекомендацій вітчизняних і міжнародних стандартів. Дотримання стандартів допомагає забезпечувати сумісність та інтегрованість різних систем та технологій в інформаційній інфраструктурі. Відповідність стандартам гарантує достатній рівень надійності та продуктивності інформаційної інфраструктури, забезпечуючи ефективну взаємодію з сторонніми організаціями, управління та координацію інформаційних процесів. Стандартизовані рішення та моделі впровадження інформаційної інфраструктури дозволяють раціонально планувати бюджет проєкту.

Для моделювання структури інформаційної інфраструктури ЗВО необхідно використовувати різні технології, засоби та методи уніфікації даних, які використовуються інтелектуальними системами. Використання інтелектуальних систем є складовою у вирішенні задач з керування освітнім процесом. Інтелектуальні системи, які використовують штучний інтелект дають змогу обробляти великі банки даних, аналізувати, відбирати та

трансформувати інформацію для зручності її використання. Елементи штучного інтелекту дозволяють організувати бази знань, які постійно удосконалюються та проходять самонавчання. Використання інформаційних систем разом з базою знань дозволить збирати, структурувати та накопичувати цифрову інформацію, яку можна використовувати для керування освітнім процесом, для аналізу результатів навчання, фінансово-економічної діяльності та інших потреб ЗВО.

Процес інтеграції ЗВО України до міжнародної спільноти науковців потребує багато інформаційних ресурсів та суміжних платформ для роботи, тому вітчизняні користувачі використовують спільні бази знань, що значно спрощує їм роботу. Для навчання здобувачів вищої освіти також використовуються світові бази знань, все це дозволяє розширити можливості набуття нових компетенцій.

Немає єдиних стандартів для структурування інформації в інформаційному просторі ЗВО – у кожного закладу є своя специфіка роботи, установлені правила, регламентовані процедури, тому для функціонування інформаційних систем використовуються допоміжні процедури, інтерфейси, запити та засоби комунікації. Зокрема засоби комунікації вже вийшли на рівень контрольованого доступу до інформаційних ресурсів, адаптують інформацію та передають у межах інфраструктури між підсистемами з дотриманням безпекових процедур. Так наразі важливим місцем у надійності роботи інформаційних систем є стійкість до кібератак, стійкість до зламу чи спробі руйнування системи. Для побудови таких систем потрібно чітко обрати і застосувати організаційні заходи безпеки, а потім побудувати безпечні канали зв'язку та дотримуватися встановлених протоколів та процедур. Всі учасники системи мають проходити автентифікацію чи навіть подвійну ідентифікацію особи для надання доступу до всіх встановлених ресурсів, а саме використання методів подвійної автентифікації засобами СМС чи мобільних додатків, електронних ключів, ЕЦП, УЕП, КЕП та біометричних даних.

Для підвищення стійкості інформаційної інфраструктури ЗВО можна використовувати протоколи шифрування AES-256, SSL/TLS, завдяки яким

підвищується стійкість інформаційних систем до кібератак. Інтернет простір є небезпечним і не можна входити і користуватися ресурсами без дотримання безпекових правил, тому важливим є побудова системи кіберзахисту та постійний моніторинг стану всіх інформаційних систем, перевірка на вразливість, та оновлення і застосування протоколів захисту, а також рекомендація та регулярна зміна паролів, генерація стійких паролів, повідомлення користувачів, адміністраторів про враження чи наміри зламу систем, блокування потенційно небезпечних користувачів та розбір інцидентів, вражень систем, та аналіз наслідків втручання. Для виявлення всіх перерахованих вище засобів, інструментів та систем слід використовувати процедури штучного інтелекту, щоб проводити глибокий аналіз, моделювання прототипів кібернападів та прогнозування наслідків за допомогою нейромережі.

Так, використовуючи базу знань можна аналізувати, фільтрувати, генерувати, підбирати та надавати варіанти для розвитку інформаційних систем забезпечуючи роботу всієї інформаційної інфраструктури ЗВО. А задані параметри системи можна контролювати відхилення від прогнозованих результатів роботи всієї інформаційної інфраструктури ЗВО. Тому вважаємо, що застосуванням нейронних мереж в управлінні освітнім процесом позитивно вплине на розвиток ЗВО, його трансформацію, можливості до впровадження нових напрямів та охоплення більшої кількості здобувачів вищої освіти, надання їм максимально ресурсів системи у залежності від потреби.

Таким чином інтелектуальна система, система підтримки прийняття рішень, яка використовує базу знань та нейромережу, допомагає в аутентифікації всіх можливих користувачів системи, дозволить автоматично адаптувати затребувану інформацію до зовнішніх систем та інформаційних інфраструктур SmartCity та цифрової держави. Це дозволить працювати як у межах міста, держави, так і далеко за її межами. Цілі системи зможуть співпрацювати між собою, зможуть адаптуватися до міжнародних стандартів і нададуть можливість роботи з міжнародною науковою спільнотою у науковому кіберпросторі. Зможемо будувати безпечні підсистеми для випробувань, для

проведення наукових досліджень тощо. Всі вищезазначені фактори впливають на розвиток інформаційної інфраструктури ЗВО.

1.2. Теоретико-методологічні підходи до формування поняття інформаційної інфраструктури ЗВО

Впродовж багатьох років інформаційні технології та інформаційні системи входили у повсякденне життя людей. Інформаційна інфраструктура ЗВО в процесі цифровізації освіти, бізнесу, державних установ, установ спеціального призначення постійно оновлювалася, модернізувалася, удосконалювалася та трансформувалася відповідно до їх потреб і виконуваних задач. В наш час немає жодного процесу, який не був би охоплений інформаційними системами, які розвиваються паралельно з розвитком апаратного забезпечення та інформаційних технологій. Так дедалі більше інформації користувачі можуть отримати не виходячи з дому, ефективно і швидко вирішувати багато питань стосовно освіти, вибору курсів, закладів тощо.

Інформаційна інфраструктура ЗВО дає можливість підключатися, брати, формувати та надавати інформацію за запитами глобальної інфраструктури Smart-міста, цифрової держави, що полегшує роботу самих систем, зменшує ризики надання недостовірної, некоректної, неактуальної чи неправдивої інформації (фейків). Недостовірна інформація суттєво може негативно вплинути на імідж ЗВО.

Споживачами цифрової інформації ЗВО наразі є інформаційні системи Smart-міста, зовнішні інфраструктури: підрозділи міністерств, електронні платформи для проведення тендерів, системи для звітування, єдина державна електронна база з питань освіти, система для учнів закладів середньої освіти, які обирають напрям та спеціальність для навчання у ЗВО, здобувачі вищої та стейкхолдери. Здобувачі вищої освіти отримують всю необхідну інформацію у процесі навчання: підтвердження наукових досягнень, рівень знань, плани проведення наукових заходів, участь у заходах та результати їх проведення,

отримання відповідної кваліфікації у процесі навчання, можливість працевлаштування та реалізації своїх прав. Стейкхолдери також отримують доступ до ресурсів, освітніх програм, беруть участь у дискусіях, розробці, погодженні запропонованих навчально-методичних матеріалів, силабусів, програм, робочих програм тощо для набуття компетентностей здобувачів вищої освіти та підтвердження набутих знань і умінь дипломом, відомствами чи сертифікатами відповідних органів чи іншими документами. Тому від структурованої, правильно побудованої інформаційної інфраструктури ЗВО залежить ефективне функціонування закладу, його місце у інформаційному та кіберпросторі міста, наукового осередку, країни та світу та рейтингах закладів вищої освіти, його місце, позиції та конкурентні переваги на світовому рівні.

Для позиціонування ЗВО як світової наукової ланки необхідно: розвивати його інформаційну інфраструктуру, відповідно до потреб суспільства та згідно з досягненнями штатних науковців ЗВО та залучених з інших вітчизняних та зарубіжних ЗВО; демонструвати, пропонувати власні розробки, курси; займатися науковими розробками спільно із фахівцями інших ЗВО та наукових інституцій. Постійно необхідно розвивати і підтримувати всі зовнішні зв'язки з впливовими інформаційними інфраструктурами регіонального, державного, наукового та світового сектору. Тому інформаційна інфраструктура дуже важлива для всіх ЗВО, навчальних закладів, державних органів і комерційних установ. Інфраструктура ЗВО має надавати інформацію, з її подальшою верифікацією, без персоніфікованого керування окремими особами, що в свою чергу підтвердить прозорість системи та унеможливить вплив корупційних складових на її процеси. Тобто в інформаційній інфраструктурі ЗВО має бути застосована система збереження конфіденційності інформації та захисту персональної інформації із забезпеченням прозорості та відкритості. Головне має бути організована та застосована система кіберзахисту, що наразі, в період воєнного стану в Україні є критично важливим елементом ІІ ЗВО.

Розвиток Smart-міста та цифрової держави не можливий без процесів цифровізації всіх ділових, державних, цивільних та інших процесів в установах, а саме всіх етапів навчання, соціалізації та розвитку особистості на всіх етапах

її становлення. Також її розвиток залежить від розвитку інфраструктури міста, регіону та всієї держави, всіх сфер обслуговування, наскільки є можливим у цифровому просторі відобразити всі відкриті і закриті системи інфраструктури. Від розвитку інфраструктури залежить обізнаність людей у недоліках і перевагах цифрових інформаційних систем та їх місце у розвитку регіону держави. Інформаційна інфраструктура ЗВО залежить від всіх ланок міської, регіональної та державної інфраструктури, оскільки не може існувати окремо, розвиватися чи впливати на будь які процеси. Тому інформаційна інфраструктура ЗВО має багатогранну структуру з великою кількістю зв'язків із зовнішніми інформаційними системами інформаційних структур цифрового міста, держави. Наша держава постійно розвивається і тому збільшуються сфери надання цифрових послуг у державному секторі, бізнес секторі тощо.

Застосування бази знань у інформаційній інфраструктурі ЗВО надає позитивні зрушення через глибокий аналіз всіх процесів управління якістю освіти. Так використання інтелектуальних систем у вирішенні задач з керування освітнім процесом, надає можливість охоплення всіх інформаційних систем, аналіз та надання рекомендації чи пропозицій з керування всіма процесами у ЗВО, накопичення, подальше оброблення та структурування масивів цифрової інформації з різних інформаційних систем, надання пропозицій стосовно побудови кібернетичного захисту інформаційних систем та інформаційної інфраструктури ЗВО, надання прогнозів стосовно траєкторії розвитку ЗВО, напрямів затребуваних спеціальностей, коригування навчальних планів відповідно до потреб стейкхолдерів тощо. Для цього необхідно сформувати базу знань, яка постійно через нейронні мережі буде навчатися, удосконалюватися та видавати необхідну інформацію залежно від потреб внутрішніх та зовнішніх запитів користувачів системи. База знань дозволить оптимізувати керування освітнім процесом, виявляти недоліки інформаційних систем та інформувати відповідальних фахівців для їх усунення, коригувати параметри, трансформувати баз даних, канали зв'язку, та виявляти потребу в модифікації системи кібернетичного захисту інформаційної інфраструктури ЗВО. Нейронна мережа з алгоритмами дозволяє скоротити терміни переформатування

цифрової інформації, перетворювати та концентрувати всю важливу для ЗВО інформацію, організувати архівування та подальше накопичення для аналізу, трансформації та прогнозування.

Моделювання інформаційної інфраструктури ЗВО є складним процесом, який можна поділити на окремі довготривалі етапи (зокрема, підготовчий, аналітичний, планувальний та результативний), що охоплюють всі підрозділи, комунікації, канали передачі цифрової інформації, інформаційні системи керування, бази даних, нормативну документацію, протоколи передачі, системи кібернетичної безпеки інформації.

Перший етап – підготовчий, під час якого: визначаються та налагоджуються взаємовідносини вищого рівня управління у подальшому використанні для стратегічного розвитку ЗВО; та визначаються об'єкти та суб'єкти інфраструктури ЗВО, структурні підрозділи, філії та заклад загалом, оскільки всі інформаційні системи університету перебувають у постійних змінах, трансформаціях і модифікаціях. То ж на цьому етапі формується стратегія розвитку ЗВО з врахуванням організаційних, ресурсних та компетентних можливостей ЗВО та всіх факторів цифрового зовнішнього середовища (інфраструктури).

Другим етапом є аналіз внутрішнього та зовнішнього середовища та накопичення стратегічно важливої інформації. Важливою складовою даного етапу є аналіз діяльності університету в минулому, виявлення темпів досягнення стратегічних цілей, особливостей управління університетом на всіх етапах його розвитку та виявлення позитивного й негативного досвіду для подальшого формування прогнозів на майбутнє. Внутрішнє середовище розглядається як єдиний інформаційний простір ЗВО, у якому задіяні всі інформаційні системи та зв'язки між ними. На даному етапі необхідно: визначити ступінь складності зовнішнього середовища, у якому функціонує ЗВО, зокрема через аналіз конкурентного середовища університету, що дозволяє з'ясувати темпи зростання університетів-конкурентів; виявити ступінь інтенсивності конкурентної боротьби між ЗВО, виявляти загрози появи нових конкурентів; вивчити особливості критеріїв рейтингу та позиції основних

університетів-конкурентів; визначати ключові фактори успіху, які повинні забезпечити конкурентоспроможність університету.

Третім етапом є планувальня, що передбачає розроблення перспективних планів стратегії розвитку ЗВО, визначення стратегічних завдань, напрямів та методів досягнення стратегічних цілей. Кількість шляхів залежить від складності досягнення стратегічних цілей. Так вибудовується стратегія всебічного розвитку, модернізації освіти у ЗВО, методик навчання та максимального використання всіх ресурсів інформаційної інфраструктури ЗВО. Розробка та впровадження новітніх технологій, інтеграція інформаційних систем з іншими більш сучасними внутрішніми та зовнішніми інформаційними інфраструктурами.

І четвертий, результативний етап є завершальним, у якому розкрито зміст етапів технології моделювання інформаційної інфраструктури закладу вищої освіти, та містить повний аналіз ефективності управління ЗВО, ухвалення й оприлюднення документу, який засвідчує стратегічний розвиток університету й має представляти способи переведення університету на новий якісний стан, тобто стратегію розвитку вишу, на прикладі Державного торговельно-економічного університету [141].

Управління сучасним закладом вищої освіти є частково або повністю автоматизованим за допомогою різних інформаційних систем. Всі процеси цифровізовані та використовують різні системи інформаційної інфраструктури, де відображаються і охоплюються всі процеси надання освітніх послуг, а саме: реєстрація абітурієнтів/вступників, повний електронний супровід вступної кампанії ЗВО, реєстрація наказів, а за ними здобувачів вищої освіти (молодших бакалаврів, бакалаврів, магістрів, PhD, денної, вечірньої та заочної форм навчання) ЗВО у єдиній державній базі з питань освіти (ЄДЕБО), єдиній базі іноземних студентів, супровід освітнього процесу (від вступу до вручення диплому), ведення наукової роботи ЗВО, інформаційна підтримка навчально-методичної роботи та навчально-виховної роботи зі здобувачами вищої освіти, проведення самого навчання у різних формах, ведення всієї фінансово-економічної діяльності закладу, висвітлення всіх заходів ЗВО, робота з

випускниками, стейкхолдерами / роботодавцями, з вітчизняними та зарубіжними науковими осередками, ведення постійного моніторингу потреб і пропозицій фахівців на ринку праці. Всі вище викладені процеси цифровізовані, але багато з них існують у різних площинах операційних систем, неспоріднених за структурою баз даних, з певним рівнем захисту, можливістю ведення моніторингу та контролю цифрових даних, ступенем автоматизації вводу даних тощо. Для повного аналізу та охоплення всіх процесів варто змодельовати інформаційну інфраструктуру, яка забезпечить роботу ЗВО у єдиному інформаційному цифровому просторі, що буде реалізовано на основі інтелектуальних систем, ядром яких виступить сервер нейромережі.

Аналізуючи наукові праці присвячені питанням стратегічного підходу до формування інформаційної інфраструктури в Україні та за кордоном, було виявлено те, що жоден науковець не визначив загальний підхід до опису функціональних характеристик загальної побудови інформаційної інфраструктури ЗВО, тобто частково описувались процеси, ресурси, інформаційні системи, організаційна структура та потоки інформації. Науковці по різному підходили до розкриття сутності досліджуваних систем, наприклад з точки зору:

- впровадження та використання технологій та систем захисту у ЗВО (А. Андрощук, В. Афанасьєв, В. Чубаєвський, Л. Гайдук, В. Грига, С. Іванова, О. Дубач, О. Косенко, М. Шишкіна, Ю. Носенко, Л. Забродська, В. Кремень, Б. Одягайло, П. Орлов, Л. Фішман, С. Лондар, О. Бринюк, С. Дворецька, О. Шпак, В. Лужецький, О. Білик та ін.);

- використання комп'ютерних технологій, електронного діловодства та забезпечення інформаційної інфраструктури в освітньому процесі (В. Биков, Н. Морзе, С. Цюцюра, О. Садовой, С. Шаров, В. Левада, В. Завгородній, К. Ялова, К. Яшина, О. Глазунова, О. Соколюк, А. Яцишин, М. Головань, Р. Гуревич, М. Андрос, Н. Бойко, С. Ясинська, І. Захарова, С. Касьян, Л. Кондратова, С. Подлесний, О. Костіков, О. Мілаш, Л. Петренко, Є. Полат, І. Роберт, В. Супрун, Ю. Рамський та ін.);

• цифровізації та впровадження технологій управління освітнім процесом (В. Биков, В. Токар, О. Спірін, М. Жалдак, О. Криворучко, А. Десятко, В. Лахно, М. Цюцюра, М. Шишкіна, С. Бондарева, Л. Глоба, В. Кирилков, С. Литвинова, Л. Калініна, Т. Габай, Т. Тимченко, Н. Іващенко, Л. Калініна, Г. Китайгородська, П. Корчемний, Ю. Машбіц, С. Мазур, А. Литвинчук, Л. Сухарева, М. Перфілова, В. Сідак та ін.).

Левада В.Р., Шаров С.В. давали визначення інтегрованим розподіленій інформаційній системі забезпечення освітнього процесу. Учасники освітнього процесу взаємодіють через єдину інформаційну інфраструктуру університету, яка базується на локальній інформаційно-обчислювальній мережі, що має швидкісний вихід в Інтернет. Основне наповнення єдиного освітнього інформаційного середовища відбувається через інтерактивні засоби підтримки навчального процесу, за допомогою яких він організовується [66].

Пінчук О.П. у своїх дослідженнях пропонує створення технологічної інфраструктури закладів, зокрема на основі хмарних технологій

У наукових виданнях Шишкіна М.П., Носенко Ю.Г. обґрунтовано принципи, методи і підходи до формування хмаро орієнтованого навчально-наукового середовища, що охоплюють принципи відкритої освіти, а також специфічні принципи, характерні саме для хмаро орієнтованих систем, зокрема: адаптивності; персоніфікації постачання сервісів; уніфікації інфраструктури; повномасштабної інтерактивності; гнучкості й масштабованості; консолідації даних і ресурсів; стандартизації та сумісності; безпеки і надійності; інноваційності [52]

В. Ю. Биков, О. М. Спірін, М.П. Шишкіна описували питання змін базових характеристик формування інформаційно-технологічної інфраструктури освітньо-наукового середовища завдяки засобам і сервісам хмарних обчислень. Політики внутрішнього опрацювання інформаційних об'єктів (що стосуються суб'єктів корпоративної інфраструктури) охоплюють: адміністрування; внутрішні корпоративні системи захисту середовища Інтернет-доступу; службові бази даних; планування і прогнозування процесів розвитку ІКТ архітектури й інфраструктури та ін. В основі функціонування

інфраструктур лежать хмарні сервіси – сервіси, що забезпечують користувачеві мережний доступ до масштабованого і гнучко-організованого пулу розподілених фізичних або віртуальних ресурсів, що постачаються в режимі самообслуговування і адміністрування за потребою (наприклад, програмне забезпечення, простір для зберігання даних, обчислювальні потужності та ін.) [64].

О. Садовой, В. Завгородній, К. Ялова, К. Яшина наголошували, що інформація є основним ресурсом ЗВО, який дозволяє вибудовувати його цілі і завдання, координувати діяльність всіх підрозділів, вживати своєчасні правильні обґрунтовані рішення для досягнення єдиних стратегічних завдань розвитку. Застосування сучасних розвинених ІТ дозволяє своєчасно надавати інформаційні ресурси, які зберігаються як у локальних (у самому ЗВО), так і глобальних комп'ютерних мережах, збирати інформацію про навчальні процеси, відстежувати успішність кожного студента на всіх етапах та постійно контролювати якість викладання. Але на основі такої розвинутої інформаційної інфраструктури не забезпечуються ефективні комунікації між суб'єктами системи в процесі вироблення та прийняття управлінських рішень, тобто не підтримується взаємозв'язок функцій організаційного управління (планування, організація та контроль) [50].

С. Подлесний, О. Костіков, Б. Боровінський під електронним університетом розуміють сукупність рішень, що дозволяють побудувати єдину ІТ-інфраструктуру сучасного ЗВО, автоматизувати складові навчального процесу, наукової діяльності, адміністративно-господарського управління, забезпечити ефективну взаємодію та обробку зовнішніх і внутрішніх потоків інформації [53].

У своїх працях Т. Тимченко зазначав: навчальні заклади потребують цілісної теорії та методики фахової підготовки викладачів, розвитку інформаційної інфраструктури, коли не вистачає комп'ютерних класів та лекційних аудиторій, оснащених мультимедійною технікою, повільно впроваджуються дистанційне навчання, комп'ютерно орієнтовані методи та засоби навчання, що має значний вплив на якість роботи вчителів [56].

Л. Глоба, В. Кирилков для побудови порталу ЄІС ЗВО використовували технологію Web-сервісів. Методи структуризації та класифікації інформаційних ресурсів для представлення їх в Інтернет-середовищі розглянуто в роботах [2, 5, 6]. При розробці системної інфраструктури Єдиного інформаційного середовища для підтримки процесів збору, збереження, обробки та передачі даних необхідно врахувати наявність таких складових частин єдиного інформаційного середовища: портал, який використовується як єдина точка входу; єдину сервісну шину для об'єднання усіх сервісів збереження, обробки та представлення інформаційних ресурсів антарктичних досліджень; бази метаданих та онтологій, які задають структури для представлення реальних даних та зв'язків між ними, дозволяють не тільки цілісно подати усю необхідну інформацію про навчальну і наукову діяльність, але й забезпечити їх семантичну зв'язаність; бази актуальних даних наукових досліджень, технічної документації, моніторингу стану обладнання, збереження та аналізу статистичних даних; програмні засоби для збереження, резервного копіювання та відновлення інформаційних ресурсів; сховища архівних ресурсів для тривалого збереження застарілих даних; засоби та технології інтерактивної взаємодії [52].

В. Співачук, М. Іконнікова описували, освітні технології, які використовують засоби інформаційно-обчислювальної техніки, утворюють технологічну інфраструктуру навчального закладу. Критичні освітні технології забезпечують створення на основі інфраструктури корпоративних телекомунікаційних мереж освітніх установ розподілених баз освітніх технологій, які завдяки цій інфраструктурі можуть використовуватись у будь-якому місці освітнього простору, у тому числі й у процесі реалізації дистанційної освіти [62].

Т. Сорочан у своїх дослідженнях охарактеризував інфраструктуру навчального закладу як сукупність матеріальних об'єктів у навчальному закладі, які забезпечують якісну реалізацію соціальних та освітніх функцій, створюють комфортні умови для перебування та діяльності всіх учасників навчально-виховного процесу [55].

Н. Іванькова зазначила, що при проектуванні хмаро-орієнтованого навчально-наукового середовища університету з метою організації навчального процесу у реальному режимі часу за існуючим розкладом або мінімально адаптованим до дистанційної форми навчання необхідно змоделювати хмарне середовище за існуючою організаційною структурою. В якості хмарної платформи для розгортання віртуальної інфраструктури університету (віртуальних організаційних структур) у ЗДМУ було обрано платформу MS Office 365 [61].

Л. Лазебник, В. Войтенко охарактеризували інформаційну інфраструктуру як сукупність різноманітних інформаційних (автоматизованих) систем, інформаційних ресурсів, телекомунікаційних мереж і каналів передачі даних, засобів комунікацій та управління інформаційними потоками, а також організаційно-технічних структур та механізмів, що забезпечують їх функціонування. Інформаційна інфраструктура – сукупність організаційних структур і систем, які забезпечують функціонування та розвиток інформаційного простору, засобів інформаційної взаємодії та доступу користувачів до інформаційних ресурсів [62].

А. Черноус окреслював, що виникнення поняття інформаційних ресурсів безпосередньо пов'язано із зростаючою залежністю від рівня розвитку та ефективності використання засобів обробки та передачі інформації. При цьому інформаційний ресурс виступає як компонент інформаційної інфраструктури, що поєднує в собі дані, засіб їх зберігання, взаємозв'язок між інформаційними елементами, відомості про процеси надходження, зберігання та обробки інформації тощо [64].

Р. Ус у своїх працях рекомендував до функціональних елементів ІТ-інфраструктури відносити апаратне забезпечення, інформаційні системи, бази і сховища даних, комп'ютерні мережі, комутований і некомутований телефонний, мобільний та радіозв'язок, web-ресурс тощо [67].

Більш вдалим було визначення Жук О.С, Нітченко К.В.: інформаційна інфраструктура – система, окремий компонент загальної інфраструктури об'єкта, яка сприяє якісному управлінню розвитком окремого об'єкта, включає

в себе механізми створення, передачі, обробки, збереження та використання інформації різної природи, що формується та передається за допомогою програмного забезпечення, технічних засобів, правил та законів [47].

Аналізуючи нормативно-правову базу України, наукові праці вчених можна виокремити наступні визначення інформаційної інфраструктури:

1) Сукупність різноманітних інформаційних (автоматизованих) систем, інформаційних ресурсів, телекомунікаційних мереж і каналів передачі даних, засобів комунікацій і управління інформаційними потоками, а також організаційно-технічних структур, механізмів, що забезпечують їх функціонування [28].

2) Технологічний фундамент, на якому побудовані процеси формування та забезпечення належного функціонування інформаційного суспільства [29].

3) Сукупність людей, процесів, процедур, інструментів, засобів і технологій, яка підтримує створення, використання, передавання, зберігання і знищення інформації [29].

4) Сукупність територіально розподілених інформаційних та інформаційно-телекомунікаційних систем, телекомунікаційних мереж, мереж поштового зв'язку, організаційних структур, нормативно-правових механізмів, що забезпечують її ефективне функціонування та управління нею [31].

5) Розподілена, еволюційна, відкрита, стандартизована і гетерогенна конструйована база [32].

6) Сукупність чинників, а саме: надання інформаційних послуг; наявність надійного програмного забезпечення; виробництво обчислювальної техніки [33].

7) Сукупність програмно-технічних засобів, інформаційних комунікацій, інших механізмів управління інформаційними ресурсами, напрацьованих суспільною практикою, організаційних систем збереження і використання наявних обсягів інформації, а також інститутів продукування нової інформації в інтересах суспільного розвитку, засобів нормативного забезпечення інформаційної діяльності, захисту вітчизняних інформаційних ресурсів від усіх видів загроз та негативних впливів [34].

Агрегуючи вище зазначені визначення можна сформулювати поняття інформаційної інфраструктури суб'єкта господарської діяльності наступним чином:

Інформаційна інфраструктура суб'єкта господарської діяльності – це комплексна сукупність різноманітних інформаційних систем та/або автоматизованих систем, інформаційних ресурсів, електронних комунікаційних мереж, засобів комунікації, механізмів управління і нормативно-правових баз, що забезпечують створення, зберігання, передавання, обробку і використання інформації, а також захист інформаційних ресурсів від загроз і негативних впливів на суб'єкти господарської діяльності.

Також потрібно відзначити, що інформаційна інфраструктура включає в себе людей, процеси, процедури, інструменти, технології, а також організаційні структури і механізми, необхідні для підтримки функціонування і розвитку суб'єкта господарювання.

Інформаційна інфраструктура може бути розподіленим, еволюційним, відкритим, стандартизованим і гетерогенним набором ресурсів, який включає постачання інформаційних послуг, наявність надійного програмного забезпечення, виробництво обчислювальної техніки, організаційні системи збереження і використання інформації.

Виходячи з вище запропонованого визначення інформаційної інфраструктури відзначимо, що воно в загальному відповідає будь-якому суб'єкту господарювання. Але при проєктуванні та моделюванні інформаційної інфраструктури суб'єкта господарської діяльності як галузі економіки, потрібно враховувати його специфіку. Відповідно, кількість структурних компонентів може змінюватися.

Проведемо аналіз можливостей проєктування та моделювання інформаційної інфраструктури суб'єкта господарювання надавача освітніх послуг як галузі економіки, а саме закладів вищої освіти (ЗВО).

Враховуючи специфіку галузі економіки в сфері освіти та тематику даного дослідження, було проведено аналіз нормативно-правової бази [28, 29, 35, 37-41] та наукових праць [44-54] з метою формування поняття

«інформаційна інфраструктура закладу вищої освіти» та принципів проєктування і моделювання інформаційної інфраструктури ЗВО.

На основі проведеного аналізу відзначимо:

- в вище зазначеній нормативно-правовій базі не визначено поняття «інформаційна інфраструктура ЗВО»
- в працях вчених відсутній єдиний підхід до питання проєктування та моделювання інформаційної інфраструктури ЗВО, не визначено саме поняття «інформаційна інфраструктура ЗВО», але було розглянуто детально деякі компоненти інформаційної інфраструктури ЗВО (інформаційні системи ЗВО, системи комунікацій, системи керування освітнім процесом та ін.).

Отже, запропонуємо визначення інформаційної інфраструктури ЗВО, враховуючи визначення інформаційної інфраструктури, специфіку галузі економіки освіти, проаналізовані в таблиці 1.3 структурні компоненти ІІ ЗВО та їх складові:

Інформаційна інфраструктура закладу вищої освіти - це комплексна сукупність інформаційних систем ЗВО/автоматизованих спеціалізованих систем, інформаційних освітніх ресурсів, електронних комунікаційних мереж та засобів е-комунікації, механізмів управління ЗВО, засобів інформаційного та кіберзахисту, нормативно-правової бази, що направлені на гармонізацію освітнього процесу та освітньої діяльності закладу вищої освіти.

Інформаційна інфраструктура ЗВО – це сукупність технологій, комп'ютерного та мультимедійного обладнання, телефонії, комунікацій, дротової, бездротової та супутникової мережі, серверного обладнання, засоби введення та накопичення інформації, системи розподілу ресурсів, системи безпеки інформації, системи обробки запитів, системи керування ЗВО, хмарні та туманні технології, системи ідентифікації, системи зв'язку з зовнішніми системами(SMART-засоби), департамент обслуговування інформаційної інфраструктури ЗВО, відеоконференцсистеми, системи відеоспостереження, систем контролю доступу, електронна бібліотека, електронне діловодство, та набір організаційних структур, які об'єднують, структурують та упорядковують всі потоки інформації.

Отже, інформаційна інфраструктура ЗВО – це поєднання апаратного, програмного високо технологічного комп'ютерного та мультимедійного обладнання, яке пов'язане між собою, засобами комунікацій, з використанням сучасних інформаційних систем та технологій, використання систем керування потоками інформації та контролю доступу до ресурсів систем, а також систем кіберзахисту.

Вимоги до інформаційної інфраструктури ЗВО можуть включати наступні елементи:

- організація безпеки інформації, а саме захист від несанкціонованого доступу, кібератак та витоку даних з інформаційних систем інформаційної інфраструктури ЗВО;
- надійність інформаційної інфраструктури, тобто побудова безперебійної роботи систем, забезпечення та мінімізація ризиків відмов інформаційних систем та баз даних;
- забезпечення ефективної швидкості доступу до даних інформаційної інфраструктури ЗВО та обробки інформації у інформаційних системах та базах даних;
- масштабованість інформаційних систем у інформаційній інфраструктурі ЗВО може забезпечувати функціонування, масштабуватися відповідно до поставлених задач для їх виконання при зростанні обсягів даних та навантаження на інформаційні системи в цілому;
- сумісність систем з різними компонентами інформаційної інфраструктури ЗВО та встановленим програмним забезпеченням;
- забезпечення максимальної продуктивності інформаційної інфраструктури ЗВО;
- відповідність інформаційної інфраструктури у розрізі дотримання вимог законодавства, регулятивних норм та внутрішніх політик ЗВО.

Інформаційна інфраструктура ЗВО має низку вимог, яких необхідно дотримуватися та виконувати з метою забезпечення побудови, модернізації та її підтримки (засоби інформаційних систем, канали комунікації, система

кібернетичної безпеки, системи контролю та управління). До вимог, в першу чергу, відносимо стабільність роботи інформаційних (автоматизованих) систем, забезпечення повного доступу до інформаційних ресурсів, конфігурування телекомунікаційних мереж і каналів передачі даних (передбачають масштабування, розвиток та автономну роботу). Особливі вимоги до засобів комунікації, управління інформаційними потоками, які мають забезпечувати надійну роботу всієї інформаційної інфраструктури ЗВО.

Вимоги щодо організаційно-технічної структури, механізмів, що забезпечують функціонування інфраструктури [28].

Обізнаність фахівців, всі процеси, процедури, інструменти, засоби і технології, що підтримують створення, використання, передавання, зберігання і знищення персоніфікованої інформації мають відповідати стандартам та критеріям відбору інформації [30].

Всі територіально розподілені інформаційні та інформаційно-телекомунікаційні системи, комунікаційні мережі, мережі поштового зв'язку, які мають забезпечити роботу інфраструктури, стабільно та у повній мірі надавати ресурси у нормативно-правовому полі, відповідних механізмів, що забезпечують її ефективне функціонування та управління нею [31].

Забезпечення продукування інформації та нової інформації в інтересах суспільного розвитку, засобів нормативного забезпечення інформаційної інфраструктури ЗВО.

Повинна забезпечуватися прозорість і керованість всієї інформаційної інфраструктури. Всі інформаційні системи мають мати великий ступінь надійності та має бути реалізована безпечність баз даних, інформації, програмного забезпечення для роботи всіх її користувачів, забезпечення надійним зв'язком для доступу до ресурсів, визначених адміністрацією ЗВО.

Інформаційна інфраструктура ЗВО – це багатокomпонентна система, яка характеризується стійкістю та багатовимірністю, у якій використовуються комп'ютерна техніка, мультимедійне обладнання, комунікаційне обладнання та мережа, системи кіберзахисту, бази даних, бази знань, технології, клієнти (користувачі системи), адміністратори та фахівці з підтримки працездатності

системи. Інформаційна інфраструктура ЗВО не монолітна, тобто має можливість удосконалення окремих компонент без впливу на працездатність інших компонент, має можливість постійного удосконалення, трансформації, розширення та адаптації завдань для покращення ефективності управління ЗВО. Складові інформаційної інфраструктури ЗВО зазначені на рис. 1.6.

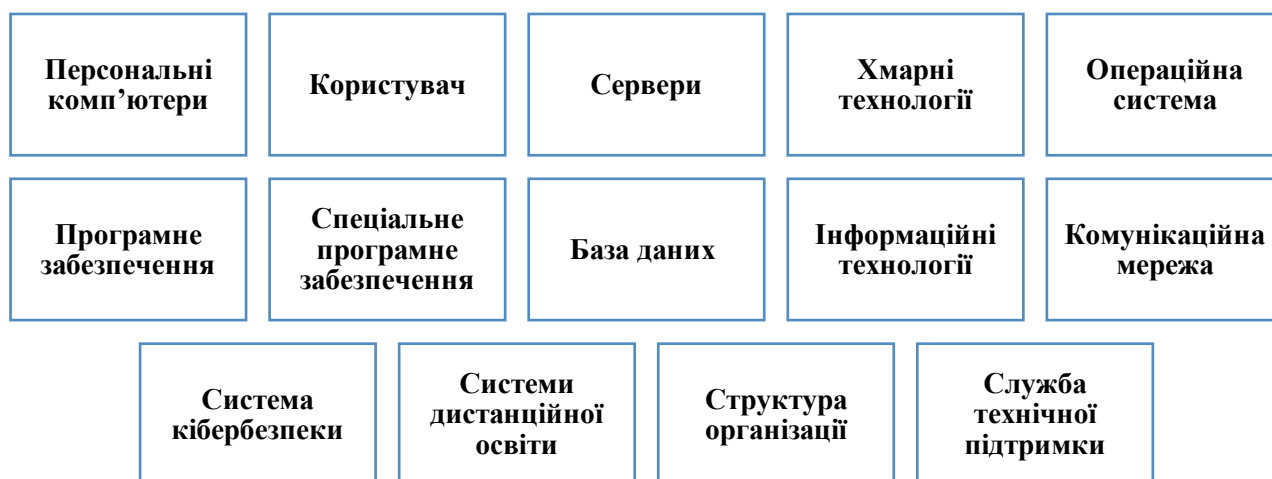


Рисунок 1.6. Складові інформаційної інфраструктури ЗВО.

Джерело: побудовано автором

Важливими складовими є персональні комп'ютери, які за своїми задачами мають відповідати потребам користувача, їх ресурсів має бути достатньо для виконання поставлених задач виконавцю. Основні характеристики апаратної частини сучасного комп'ютера: процесор CPU Intel Core – I3-I7 (2-8 ядра) або аналог AMD Ryzen 3-5 / оперативна пам'ять RAM DDR 4 8-16 Гб / вінчестер HDD SSD 128-1000 Гб / відеокарта Nvidia або AMD 1-4 Гб. Другою компонентною можна назвати хмарні технології, які доступні з ПК, мобільних пристроїв та інших гаджетів. Операційні системи розвиваються та використовуються користувачами відповідно політики закладу освіти – це може бути Windows, Linux, Mac OS, Chrome OS та інші. Ще важливою компонентною є система комунікації, а це розгалужена мережа та пристрої/засоби комунікації.

Наступною компонентою можна назвати комп'ютерне програмне забезпечення та браузері (MS Office, Photoshop, Corel Draw, Google Chrome, Opera, Firefox та ін.), які використовуються для виконання певних задач, створення інформації та її передачі.

Важливою компонентою – є спеціальне програмне забезпечення (ПЗ), автоматизовані інформаційні системи, які комплексно вирішують певні задачі та забезпечують керування освітнім процесом.

Наступною і важливою компонентою інформаційної інфраструктури ЗВО – є інформаційні технології, які використовуються в освітньому процесі.

Одною з важливих компонент – є комунікаційна мережа (дротова, бездротова, супутникова), комунікаційне обладнання та мережеве програмне забезпечення для надійного внутрішнього зв'язку, доступу до зовнішніх систем, передачі пакетів інформації, реалізації доступу до інформації, баз даних, автоматизованих систем та інших ресурсів інформаційної інфраструктури ЗВО.

Системи дистанційної освіти – мають важливу роль у освітньому процесі, використовуються для ефективного дистанційного навчання, пов'язаного з пандемією, воєнним станом, а також навчання окремих курсів, чи окремих дисциплін, без потреби в очному режимі, де місцезнаходження здобувача не є важливим, він може бути територіально в іншій області, за кордоном чи на іншому континенті.

Складовою інформаційної інфраструктури ЗВО – є структура організації, упорядкована в ієрархічному порядку сукупність служб, відділів, підрозділів і окремих посадових осіб для побудови ефективного керування ЗВО від якої залежить вся ієрархія роботи інформаційної інфраструктури ЗВО

Головним елементом інформаційної інфраструктури ЗВО – є сам користувач – людина, яка має мати певні навички, уміння та досвід для самостійного користування системи чи керування нею, одержання необхідних ресурсів в залежності від наданих відповідних прав.

Важлива роль відділу підтримки полягає у постійному супроводі інформаційної інфраструктури ЗВО, налагодженню технологічних процесів,

налаштування доступу до ресурсів, реєстрацію користувачів, налагодження комп'ютерної техніки, налагодження комунікацій та Інтернету. Важливим є технічна підтримка інформаційної інфраструктури ЗВО, модернізації, уніфікації, оптимізації, реєстрації користувачів та надавачів прав доступу до ресурсів, налаштування робочого місця користувача, сервера чи хмарного ресурсу.

База даних (БД) (з англ. «database») є важливим елементом інформаційної інфраструктури ЗВО, у якій накопичується база знань, досвід та структурована електронна інформація про всі події, заходи, успішність, фінансову діяльність, здобутки, тощо. База даних – сукупність даних, організованих відповідно до концепції, яка описує характеристику цих даних і взаємозв'язки між їх елементами; ця сукупність підтримує щонайменше одну з областей застосування (за стандартом ISO/IEC 2382:2015[74]). В загальному випадку база даних містить схеми, таблиці, подання, збережені процедури та інші об'єкти. Дані у базі організовують відповідно до моделі організації даних. Таким чином, сучасна база даних, крім самих даних, містить їх опис та може містити засоби для їх обробки. Вона може розміщуватися як на ресурсах інформаційної системи так і у хмарному середовищі.

Хмарні технології (з англ. «cloud technology») – це парадигма, що передбачає віддалену обробку та зберігання даних. Ця технологія надає користувачам мережі Інтернет, доступ до комп'ютерних ресурсів сервера і використання програмного забезпечення як онлайн-сервіса. Тобто якщо є підключення до Інтернету то можна виконувати складні обчислення, опрацьовувати дані, використовуючи потужності віддаленого сервера.

Операційна система (ОС) (з англ. «operating system» (OS)) – це базовий комплекс програм, що виконує керування апаратною складовою комп'ютера або віртуальної машини; забезпечує керування обчислювальним процесом і організовує взаємодію з користувачем. Операційна система звичайно складається з ядра операційної системи та базового набору прикладних програм.

Програмне забезпечення (програмні засоби) (з англ. «software» – ПЗ) — сукупність програм системи оброблення інформації та програмних документів, необхідних для експлуатації цих програм [28]. Це набір інструкцій, які розповідають комп'ютеру, як працювати [29, 30], на відміну від апаратного забезпечення, з якого побудована система, фактично виконує роботу в інформаційних системах.

Спеціальне програмне забезпечення – це програмне забезпечення, яке дозволяє виконувати певну роботу, обчислення та передачу даних в залежності від поставлених завдань:

- ERP (Enterprise Resources Planning) – система планування ресурсів підприємства;
- CRM (Customer Relationship Management) – система управління взаємовідносинами з клієнтами;
- SCM (Supply Chain Management) – система управління логістичним ланцюгом;
- PLM (Product Lifecycle Management) – система управління життєвим циклом продукту;
- SRM (Supplier Relationship Management) – система управління взаємовідносинами з постачальниками;
- BI (Business Intelligence) – інтелектуальні системи підтримки стратегічного менеджменту.

Інформаційні технології (information and communication technologies, ICT) – це система методів, процесів та способів використання обчислювальної техніки і систем зв'язку для створення, збору, передачі, пошуку, оброблення та поширення інформації з метою ефективної організації діяльності людей.

Комунікаційна мережа – визначена законом «Про електронні комунікації» від 16.12.2020 р. № 1089-IX. та врегульовує всі дії, підключення Інтернет та інших телекомунікаційних послуг.

Наразі важливою та обов'язковою є система кібербезпеки, яка забезпечує надійно роботу всієї інфраструктури, всіх внутрішніх та зовнішніх учасників (клієнтів) інформаційної інфраструктури ЗВО, захищає від внутрішніх та

зовнішніх кіберзагроз, атак та втручань у її роботу. Система кібербезпеки – це комплекс заходів, який убезпечує від кіберзагроз, кібератак, виявляє зовнішні та внутрішні скомпроментування систем, чи їх вразливостей та регулюється Указом Президента України від 26 серпня 2021 року № 447/2021 «Про Стратегію кібербезпеки України».

1.3 Аналіз функціонування інформаційної інфраструктури закладу вищої освіти у моделі AS-IS

Особливості університету як об'єкта моделювання інформаційної інфраструктури ЗВО пов'язано з багатопрофільним характером діяльності закладу освіти, різноманітністю форм та методів освітнього процесу, просторовою розподіленістю інфраструктури (філії, представництва), різноманіттям джерел фінансування, наявністю розвиненої структури допоміжних підрозділів та служб, необхідністю адаптації до ринку освітніх послуг, що змінюється, потребою аналізу ринку праці, відсутністю загальноприйнятої формалізації ділових процесів, необхідністю електронної взаємодії з вищими організаціями, частою зміною статусу співробітників і студентів. Дещо полегшує проблему те, що ЗВО представляє собою стабільну, ієрархічну за функціями управління систему, що має всі необхідні умови життєдіяльності і діє на принципах централізованого управління (останнє означає, що в управлінні завданнями інформатизації може активно використовуватися адміністративний ресурс).

Середовище моделювання – це комплекс апаратних, програмних та інформаційних засобів, які забезпечують користувачеві підтримку на всіх етапах розроблення моделей різної структури та ієрархії систем, з метою візуалізації й аналізу результатів моделювання. До перспективних та розповсюджених середовищ моделювання належить Case-технологія ERwin. Дане середовище має ієрархічну структуру, що допомагає у розробці моделей навчальних систем методом «зверху вниз».

При моделюванні ієрархічної системи побудова загальної цілі містить ієрархічну структуру, що реалізується через виконання підцілей (окремих операцій) різноманітних рангів. Основна умова процесу моделювання системи інформаційної інфраструктури ЗВО є адекватність відображення цілей та задач ієрархічним графом Case-технології.

Основою Case-технології ERwin є методологія моделювання за допомогою графічних блоків в стандарті IDEF0 для опису наявних процесів / компонентів, присутніх у модельованій системі.

Розглянемо, яким чином на даний момент побудована система інформаційної інфраструктури ЗВО.

До інформаційної інфраструктури ЗВО входить освітньо-науковий простір, який відбиває основні характеристики та процеси взаємодії освітнього процесу та освітньої діяльності. В результаті функціональної діяльності система формує автоматизацію процесів управління освітньо-науковими та інформаційними ресурсами, які надходять з управлінської структури закладу освіти та/або інформаційної інфраструктури факультетів/інститутів ЗВО та використовуються для проведення освітнього процесу й управління освітньою діяльністю, а також застосовуються для рішення професійних задач учасниками освітньо-наукового простору. На діяльність системи опосередковано впливають (керують) механізми управління ЗВО, які в свою чергу керуються наявними нормативними документами, регламентуючими освітню діяльність закладу вищої освіти. Сам процес функціонування інформаційної інфраструктури ЗВО у свою чергу відбувається за наявності відповідних інформаційних ресурсів ЗВО (матеріально-технічної бази: робочих станцій, операційних систем, пакетів прикладних програм, які допомагають при вирішенні професійних задач, хмарних застосунків, комунікаційного обладнання та різного роду мереж) та учасників освітньо-наукового простору. Під учасниками освітньо-наукового простору розуміється вища управлінська ланка менеджменту закладу освіти, професорсько-викладацький склад, слухачі й інші працівники закладу вищої освіти, які забезпечують освітню діяльність вищої школи.

Контекстна модель інформаційної інфраструктури ЗВО зображена на рис.1.7).

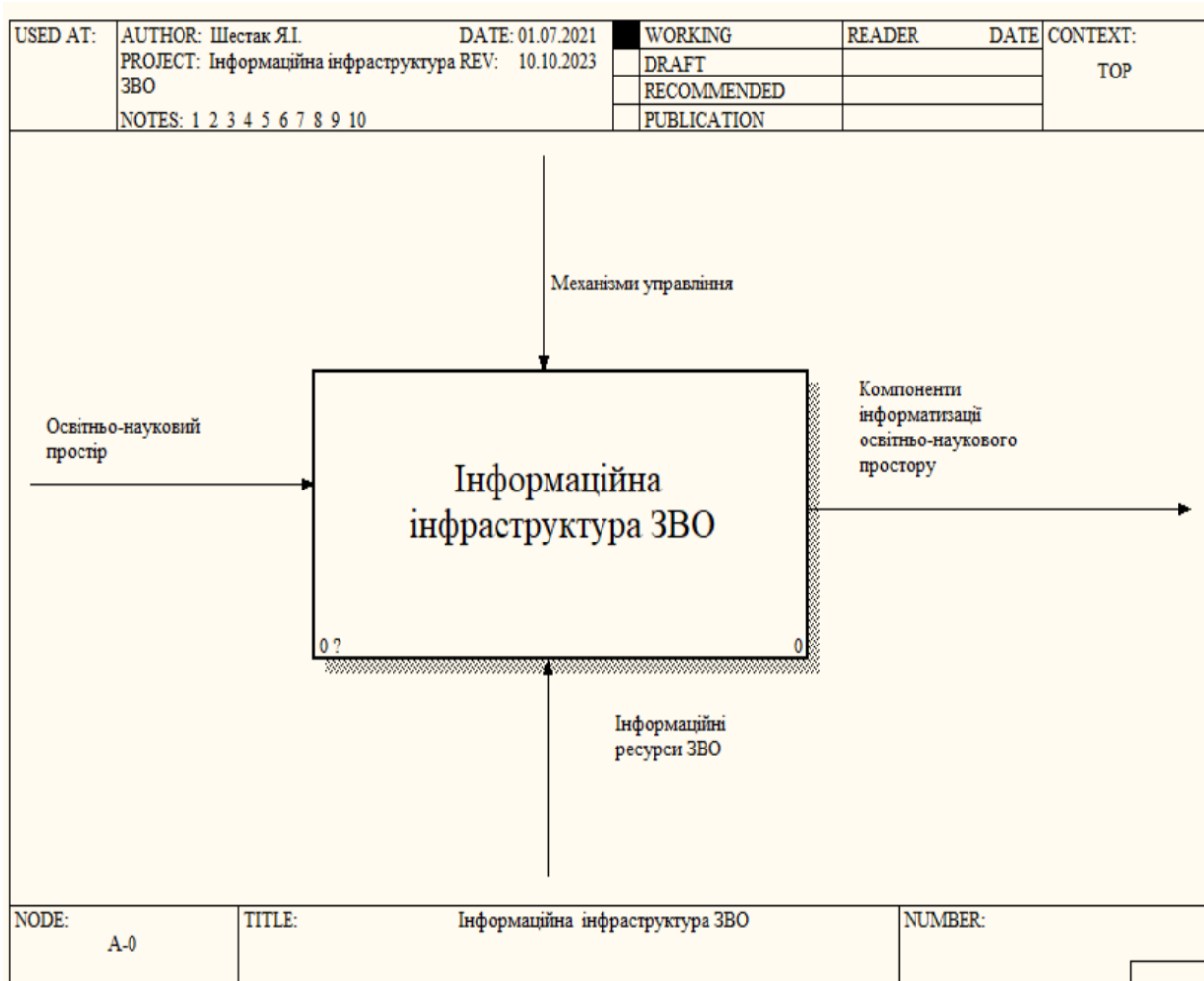


Рисунок 1.7. Контекстна модель «Інформаційної інфраструктури ЗВО (AS-IS)»

Джерело: побудовано автором засобом Case-технології ERwin (знімок з екрану)

На інформаційну інфраструктуру ЗВО впливають стрілки входу, виходу, керування, механізму (стрілки взаємодії системи з зовнішнім світом, їх назви та властивості наведені у табл.1.3).

**Характеристики стрілок до контекстної моделі інформаційної структури
ЗВО (AS-IS)**

Назва	Характеристика	Тип
1	2	3
Освітньо-науковий простір	Інтегроване середовище освітньої діяльності з освітнім процесом, яке включає в себе навчальні, дослідницькі, культурні та інформаційні ресурси, спрямовані на забезпечення розвитку та підтримку освіти. Це простір взаємодії всіх учасників освітнього процесу у спільному навчальному та науковому середовищі.	Input
Механізми управління	Нормативно-правові документи (Закони України), які регламентують освітню діяльність вищого закладу освіти Про освіту [1] Про вищу освіту [2] Про інформацію [3] Деякі питання електронної взаємодії державних електронних інформаційних ресурсів [5] Положення про Національний реєстр електронних інформаційних ресурсів [6] Про електронний цифровий підпис [6] Про електронні документи та електронний документообіг [7] Про Концепцію Національної програми інформатизації [18] Мінцифра [17]	Control
Інформаційні ресурси ЗВО	До складу інформаційних ресурсів ЗВО входять Програмно-технічні компоненти та учасники освітньо-наукового простору. Програмно-технічні компоненти: всі наявні ліцензійні операційні системи; операційні системи з відкритим ключем; програмне забезпечення професійного та прикладного призначення; хмарні застосунки; робочі станції приєднані до локальної мережі; комунікаційне обладнання та кабельна мережа; бездротова мережа; сервери спеціального призначення. Учасники освітньо-наукового простору: ректорат, декани, директори інститутів, завідувачі кафедр, професорсько-викладацький склад, здобувачі вищої освіти, керівники підрозділів, начальники відділів, співробітники	Mechanism

1	2	3
	підрозділів / відділів, обслуговуючий персонал.	
Компоненти інформатизації освітнього простору	Освітньо-наукові інформаційні ресурси, які використовуються для рішення професійних задач підрозділами / відділами ЗВО	Output

Джерело: побудовано автором

Етап моделювання включає процес розбиття контекстної моделі на підсистеми, які є компонентами системи, крупнішими порівняно з елементом, і детальнішими, ніж система загалом. Декомпозиція концептуальної моделі інформаційної інфраструктури ЗВО (AS-IS) визначена моделями першої декомпозиції, утворивши при цьому нижній рівень до складу якого входять такі функціональні елементи (рис.1.8):

- «Інформаційна інфраструктура менеджменту (ректорату) ЗВО»;
- «Інформаційна інфраструктура факультетів/інститутів ЗВО»;
- «Інформаційна інфраструктура підрозділів/відділів/кафедр ЗВО».

Модель першого рівня декомпозиції розробленої контекстної моделі, подано на рис. 1.8., відповідні компоненти моделі (назви та характеристики) наведено у табл. 1.4.

Аналізуючи утворену модель першої декомпозиції системи інформаційної інфраструктури ЗВО (AS-IS) можна прослідкувати такі недоліки: інформаційні потоки структурних підрозділів акумулюються в них самих, але відсутні структуровані інформаційні потоки між усіма учасниками освітньо-наукового простору (ОНП). В наслідок чого, сформовані компоненти інформатизації освітньо-наукового простору не об'єднанні між собою в єдину інформаційну площину, що в свою чергу погіршує якість та логістику інформаційних потоків між структурними підрозділами закладу освіти, знижуючи ефективність процесу управління освітнім процесом та освітньою діяльністю ЗВО, як в цілому по закладу, так і в середині структурних елементів інформаційної інфраструктури закладу вищої освіти.

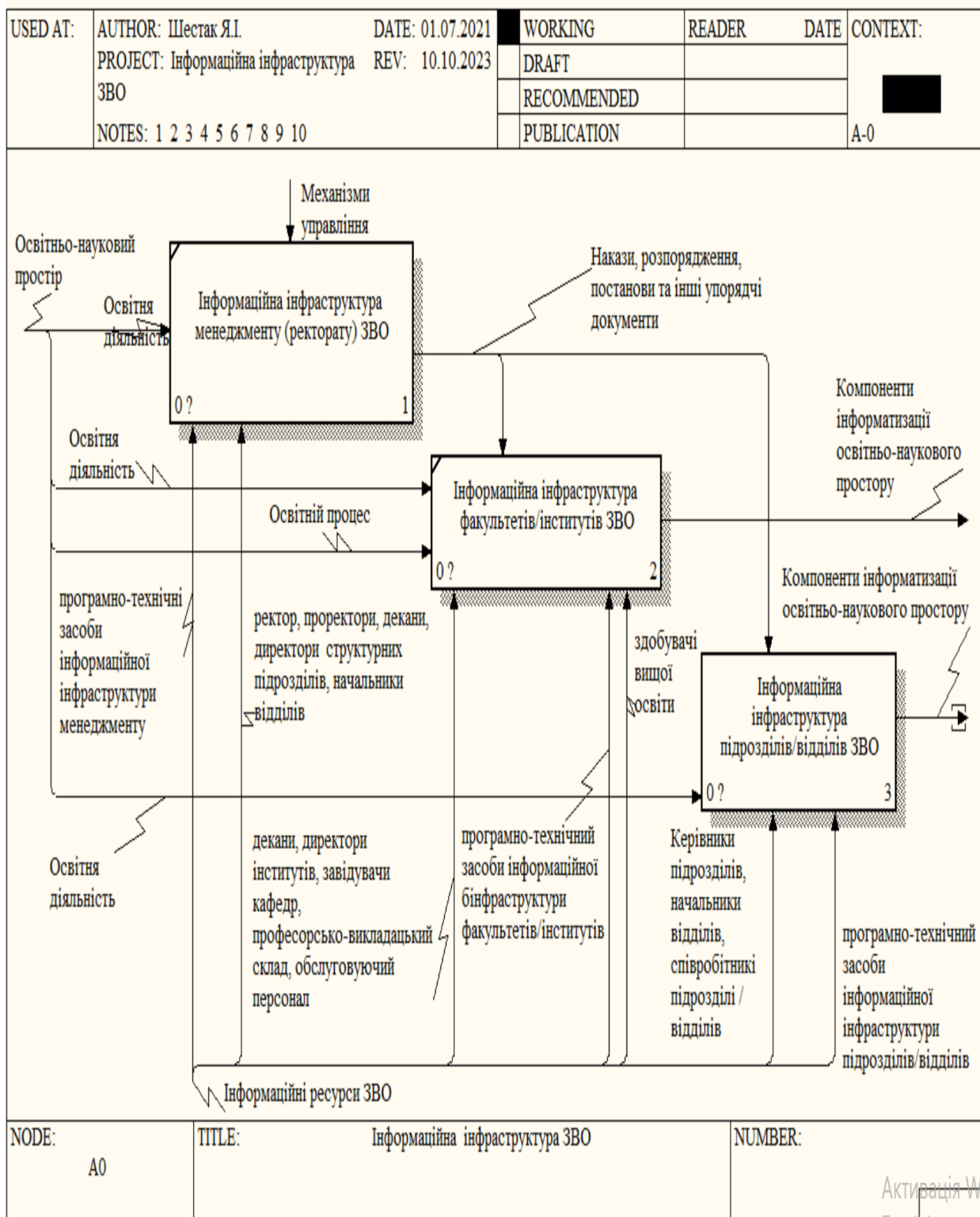


Рисунок 1.8. Перша декомпозиція інформаційної інфраструктури ЗВО (AS-IS)»

Джерело: побудовано автором засобом Case-технології ERwin (знімок з екрану)

Компоненти першої декомпозиції моделі «Інформаційної інфраструктури ЗВО (AS-IS)»

Назва	Характеристика
1	2
Інформаційна інфраструктура менеджменту (ректорату) ЗВО	Управлінська структура ЗВО, яка на основі нормативно-правової бази, програмно-технічного пулу та менеджерів вищої ланки ЗВО здійснює загальне керівництво освітнім закладом, в якій акумулюються інформаційні потоки направлені на процеси прийняття управлінських рішень.
Інформаційна інфраструктура факультетів/інститутів ЗВО	Інститути та/або факультети ЗВО, в яких формується взаємодія освітнього процесу та освітньої діяльності на основі відповідних упорядчених документів, що надходять від менеджменту ЗВО та за допомогою програмно-технічного пулу й учасників освітньо-наукового простору.
Інформаційна інфраструктура підрозділів/відділів ЗВО	Структурні підрозділи ЗВО, в яких відбувається освітня діяльність на основі відповідних упорядчених документів, що надходять від менеджменту ЗВО, за допомогою програмно-технічного пулу та учасників освітньо-наукового простору.

Джерело: побудовано автором

Назви та характеристики стрілок декомпозиції представлені – у табл. 1.5.

Характеристики стрілок до першої декомпозиції моделі «Інформаційної інфраструктури ЗВО (AS-IS)»

Назва		Характеристика	Тип	Складові
1		2	3	4
Освітньо-науковий простір	Освітня діяльність	Ліцензована освітня діяльність, що надає право провадити освітні послуги в конкретному закладі вищої освіти	Input	Інформаційна інфраструктура менеджменту (ректорату) ЗВО
Освітньо-науковий простір	Освітня діяльність	Підготовка здобувачів вищої освіти за ліцензійним обсягом в межах відповідних галузей знань	Input	Інформаційна інфраструктура факультетів/інститутів ЗВО
		Організаційна, фінансова, правова та технічна підтримка підготовки здобувачів вищої освіти за ліцензійним обсягом в межах відповідних галузей знань	Input	Інформаційна інфраструктура підрозділів/відділів ЗВО
	Освітній процес	Інтелектуальна, творча діяльність у сфері вищої освіти і науки, що провадиться у закладі вищої освіти (науковій установі) через систему науково-методичних і педагогічних заходів та спрямована на передачу, засвоєння, примноження і використання знань, умінь та інших компетентностей у осіб, які навчаються, а також на формування гармонійно розвиненої особистості [2]	Input	Інформаційна інфраструктура факультетів/інститутів ЗВО

1	2	3	4
Механізми управління	<p>Вся законодавча база, яка регулює освітню діяльність та освітній процес ЗВО</p> <p>Про освіту [1]</p> <p>Про вищу освіту [2]</p> <p>Про інформацію [3]</p> <p>Деякі питання електронної взаємодії державних електронних інформаційних ресурсів [5]</p> <p>Положення про Національний реєстр електронних інформаційних ресурсів [6]</p> <p>Про електронний цифровий підпис [7]</p> <p>Про електронні документи та електронний документо-обіг [8]</p> <p>Мінцифра [17]</p> <p>Про Концепцію Національної програми інформатизації [18]</p>	Control	Інформаційна інфраструктура менеджменту (ректорату) ЗВО
Накази, розпорядження, постанови та інші упорядчі документи	<p>Сформовані відповідні накази, положення, інші установчі документи, які регулюють, регламентують та управляють освітньо-науковими процесами</p> <p>Освітньо-наукова діяльність та освітній процес факультетів, інститутів ЗВО контролюється відповідними наказами, положеннями, розпорядженнями та іншими установчими документами</p>	Output	Інформаційна інфраструктура менеджменту (ректорату) ЗВО
		Control	Інформаційна інфраструктура факультетів/інститутів ЗВО

1		2	3	4
		Освітньо-наукова діяльність підрозділів/відділів ЗВО контролюється відповідними наказами, положеннями, розпорядженнями та іншими установчими документами	Control	Інформаційна інфраструктура підрозділів/відділів ЗВО
Інформаційні ресурси ЗВО	Програмно-технічні засоби інформаційної інфраструктури менеджменту	Відповідний програмно-технічний комплекс, що забезпечує інформаційно-технічну підтримку загального керівництва освітнім закладом	Mechanism	Інформаційна інфраструктура менеджменту (ректорату) ЗВО
	Програмно-технічні засоби інформаційної інфраструктури факультетів/інститутів	Відповідний програмно-технічний комплекс факультетів/інститутів ЗВО, що забезпечує інформаційно-технічну підтримку освітньо-наукової діяльності та освітнього процесу	Mechanism	Інформаційна інфраструктура факультетів/інститутів ЗВО
Інформаційні ресурси ЗВО	Програмно-технічні засоби інформаційної інфраструктури факультетів/інститутів	Відповідні програмно-технічні засоби забезпечення підрозділів/відділів ЗВО, що виконує інформаційну та технічну підтримку освітньо-наукової діяльності	Mechanism	Інформаційна інфраструктура підрозділів/відділів ЗВО

1		2	3	4
Інформаційні ресурси ЗВО	Ректор, проректори, декани, директори структурних підрозділів, начальники відділів, Вчена рада	Вища ланка менеджменту закладу вищої освіти, призначена для здійснення управлінської діяльності закладу вищої освіти, вирішення поточних питань діяльності закладу, такі як визначення стратегії та перспективні напрями розвитку освітньої, наукової та інноваційної діяльності ЗВО тощо [2]	Mechanism	Інформаційна інфраструктура менеджменту (ректорату) ЗВО
	Здобувачі вищої освіти	Особи, які навчаються у закладі вищої освіти на певному рівні вищої освіти з метою здобуття відповідного ступеня і кваліфікації [2]	Mechanism	Інформаційна інфраструктура факультетів/інститутів ЗВО
Інформаційні ресурси ЗВО	Декани, директори інститутів, завідувачі кафедр, професорсько-викладацький склад, обслуговуючий персонал	Особи, які задіяні у забезпеченні освітньо-наукової діяльності та освітнього процесу	Mechanism	Інформаційна інфраструктура факультетів/інститутів ЗВО
	Керівники підрозділів, начальники відділів, співробітники підрозділів / відділів	Особи, які задіяні у забезпеченні освітньо-наукової діяльності	Mechanism	Інформаційна інфраструктура підрозділів/відділів ЗВО

1	2	3	4
Компоненти інформатизації освітнього простору	Освітньо-наукові інформаційні ресурси, які використовуються для рішення професійних задач факультетами/ інститутами ЗВО	Output	Інформаційна інфраструктура факультетів/ інститутів ЗВО
	Освітньо-наукові інформаційні ресурси, які використовуються для рішення професійних задач підрозділами / відділами ЗВО	Output	Інформаційна інфраструктура підрозділів/ відділів ЗВО

Джерело: побудовано автором

Другу декомпозицію інформаційної структури ЗВО (AS-IS) розпочнемо з третьої складової «Інформаційна інфраструктура підрозділів / відділів ЗВО». Кожний структурний підрозділ / відділ створюється на основі рішення Вченої ради ЗВО у порядку, визначеному Статутом закладу освіти. Діяльність будь-якого структурного підрозділу / відділу регламентується Статутом вищого закладу освіти та відповідним Положенням затвердженим вченою радою закладу вищої освіти. Даний документ є юридичним документом, в якому визначено:

- основні завдання конкретного підрозділу / відділу закладу вищої освіти;
- права та функціональні обов'язки;
- склад, підпорядкування, структуру ЗВО;
- керівництво або порядок управління даним підрозділом / відділом;
- організаційні завдання щодо організації освітнього простору або освітньої діяльності;
- порядок взаємодії даного підрозділу / відділу з Вищою ланкою менеджменту закладу вищої освіти, іншими структурними підрозділами / відділами, міжнародними партнерами (якщо це передбачено);
- відповідальність працівників підрозділів / відділів за невиконання або

неналежне виконання своїх обов'язків;

- порядок реорганізації та / або ліквідації.

Основним колегіальним органом управління закладу вищої освіти є збори трудового колективу, рада студентського самоврядування, вчена рада та ректорат, як Вища ланка менеджменту університету. Основним завданням ректорату, у відповідності до статуту ЗВО, є мобілізація та об'єднання колективів вишу на виконання поставлених завдань щодо організації освітнього простору та освітнього процесу. Наведемо декілька основних (на думку автора) функціональних завдань, виконуваних Вищою ланкою менеджменту ЗВО:

- здійснення контролю за організацією та проведенням освітнього процесу;
- координація діяльності всіх структурних компонентів ЗВО (в тому числі підрозділів / відділів);
- підтримка заходів щодо впровадження в освітню діяльність і освітній процес новітніх інноваційних технологій навчання та розвиток комп'ютеризації й інформатизації освітнього процесу;
- забезпечення підтримки впровадження та розвитку інформатизації процесів менеджменту освітньої діяльності та освітнього процесу в цілому.

Вищенаведені процеси та інформаційні потоки та комунікації мають проходити та управлятись централізовано та лежати в одній площині – інформаційній інфраструктурі закладу вищої освіти. Це сприятиме впровадженню в освітній процес відкритого доступу до освітніх ресурсів, підвищенню ефективності керування освітньою діяльністю, формуванню бренду закладу вищої освіти та прискоренню інтеграції до міжнародної освітянської спільноти.

Модель третьої складової «Інформаційна інфраструктура підрозділів / відділів ЗВО» для другої декомпозиції системи інформаційної інфраструктури ЗВО, в якій відображені наявні інформаційні потоки взаємодії підрозділів / відділів з Вищою ланкою менеджменту закладу вищої освіти та іншими структурними підрозділами / відділами закладу освіти подано на рисунку 1.9.

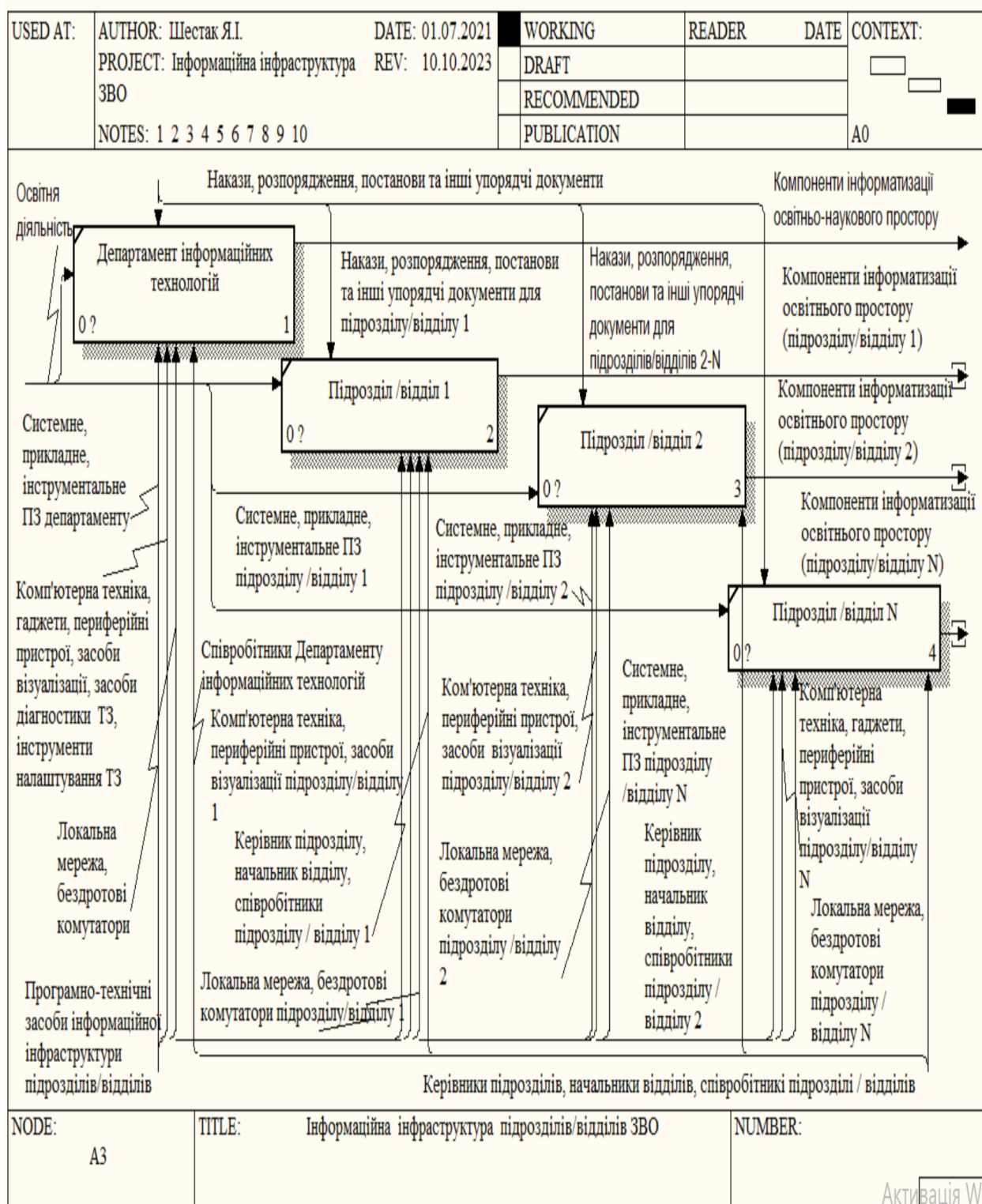


Рисунок 1.9. Друга декомпозиція інформаційної інфраструктури ЗВО (AS-IS)»

Джерело: побудовано автором

У таблиці 1.6 наведені відповідні компоненти моделі другої декомпозиції системи інформаційної структури ЗВО (назви та характеристики).

Таблиця 1.6

Компоненти другої декомпозиції інформаційної інфраструктури ЗВО (AS-IS)»

Назва	Характеристика
1	2
Департамент інформаційних технологій	Підрозділ ЗВО, який забезпечує підтримку програмно-технічного пулу всіх інформаційних компонентів структурних одиниць ЗВО
Підрозділ / відділ 1 Підрозділ / відділ 2 ... Підрозділ / відділ N	Структурні підрозділи / відділи ЗВО, задіяні в забезпечення та підтримці освітньо-наукової діяльності освітнього закладу

Джерело: побудовано автором

У таблиці 1.7 наведені відповідні назви та характеристики стрілок моделі другої декомпозиції системи інформаційної структури ЗВО.

Таблиця 1.7

Характеристики стрілок до другої декомпозиції інформаційної інфраструктури ЗВО (AS-IS)»

Назва	Характеристика	Тип	Складові
1	2	3	4
Накази, розпорядження, постанови та інші упорядчені документи	Програмно-технічна підтримка освітньо-наукової діяльності підрозділів/ відділів ЗВО, що регламентується та контролюється відповідними наказами, положеннями, розпорядженнями та іншими установчими документами	Control	Департамент інформаційних технологій
	Освітньо-наукова діяльність підрозділів/ відділів ЗВО регламентується та контролюється відповідними наказами, положеннями, розпорядженнями та іншими установчими документами	Control	Підрозділ / відділ 1 Підрозділ / відділ 2 ... Підрозділ / відділ N

1	2	3	4
Освітня діяльність	Програмно-технічна підтримка організаційної, фінансової, правової підготовки здобувачів вищої освіти	Input	Департамент інформаційних технологій
	Організаційна, фінансова, правова та технічна підтримка підготовки здобувачів вищої освіти	Input	Підрозділ /відділ 1 Підрозділ /відділ 2... Підрозділ /відділ N
Співробітники Департаменту інформаційних технологій	Кваліфіковані працівники, які забезпечують підтримку інформаційних технологій та програмного забезпечення. Вони беруть участь в адмініструванні комп'ютерних систем, моніторингу безпеки інформації, а також наданні технічної підтримки науково-педагогічним працівникам та допоміжному персоналу ЗВО, забезпечуючи ефективну роботу апаратного устаткування, комп'ютерних мереж, захист важливих даних від втрати та несанкціонованого доступу.	Mechanism	Департамент інформаційних технологій
Системне, прикладне, інструментальне ПЗ департаменту	Програмне забезпечення для підтримки функціонування апаратно-програмних засобів інформаційних компонентів інфраструктури ЗВО	Mechanism	Департамент інформаційних технологій
Комп'ютерна техніка, гаджети, периферійні пристрої, засоби візуалізації, засоби діагностики ТЗ, інструменти налаштування ТЗ	Відповідні технічні засоби Департаменту інформаційних технологій по забезпеченню та підтримці освітньо-наукової діяльності підрозділів / відділів інформаційної інфраструктури ЗВО	Mechanism	Департамент інформаційних технологій

1	2	3	4
Локальна мережа, бездротові комутатори	Комунікаційне забезпечення, керовані комутатори, системи моніторингу навантаження мережі, системи керування локальною мережею для підтримки функціонування комутаційного обладнання інформаційних компонентів інфраструктури ЗВО	Mechanism	Департамент інформаційних технологій
Системне, прикладне, інструментальне ПЗ підрозділу / відділу 1 (2...N)	Відповідні програмні засоби забезпечення та підтримки освітньо-наукової діяльності підрозділів / відділів інформаційної інфраструктури ЗВО	Mechanism	Підрозділ / відділ 1 Підрозділ / відділ 2 ... Підрозділ / відділ N
Локальна мережа, бездротові комутатори підрозділу / відділу 1 (2...N)	Відповідне комутаційне обладнання для керування та забезпечення процесу електронних комунікацій щодо підтримки освітньо-наукової діяльності підрозділів / відділів інформаційної інфраструктури ЗВО		
Керівники підрозділів, начальники відділів, співробітники підрозділу / відділу 1 (2...N)	Дипломовані фахівці керівного складу, які відповідають за управління та координаційну діяльність конкретного підрозділу або відділу ЗВО, приймають рішення, розробляють плани діяльності підрозділу, співпрацюють з вищими керівниками та забезпечують виконання завдань для цілого підрозділу / відділу. Співробітники підрозділу або відділу підпорядковані керівнику підрозділу або начальнику відділу та виконують різні завдання та обов'язки відповідно до специфіки своєї посади.		

1	2	3	4
Комп'ютерна техніка, периферійні пристрої, засоби візуалізації, засоби підрозділу / відділу 1 (2...N)	Відповідні технічні засоби забезпечення та підтримки освітньо-наукової діяльності підрозділів / відділів інформаційної інфраструктури ЗВО	Mechanism	Підрозділ / відділ 1 Підрозділ / відділ 2 ... Підрозділ / відділ N
Компоненти інформатизації освітньо-наукового простору	Програмно-технічна підтримка освітньо-наукових інформаційних ресурсів, які використовуються для рішення професійних задач всіма структурними компонентами інформаційної інфраструктури ЗВО	Output	Департамент інформаційних технологій
	Освітньо-наукові інформаційні ресурси, які використовуються для рішення професійних задач підрозділами / відділами ЗВО	Output	Підрозділ / відділ 1 Підрозділ / відділ 2 ... Підрозділ / відділ N

Джерело: побудовано автором

Проаналізувавши створену модель другої декомпозиції системи інформаційної інфраструктури ЗВО (AS-IS) можна прослідкувати наступні недоліки: відсутність синхронізації та взаємодії інформаційних потоків між структурними підрозділами / відділами ЗВО, наявний процес акумуляції вказаних потоків всередині окремого структурного підрозділу / відділу. В даній моделі відслідковується поглиблення розірваності процесу взаємодії структурних компонент ЗВО, тобто знов видно погіршення логістичної якості інформаційних потоків між ними, що в свою чергу призводить до погіршення ефективності процесу управління освітнім процесом та освітньою діяльністю.

З метою усунення вищенаведених недоліків та запровадження в освітній процес принципів побудови відкритого інформаційного доступу до освітніх ресурсів необхідно розробити Концепцію єдиного гармонійного відкритого цифрового простору ЗВО для взаємодії всіх компонентів інформаційної

інфраструктури ЗВО та адаптувати інформаційні потоки освітньої діяльності та освітнього процесу для кожного учасника освітнього простору ЗВО.

1.1. Інформаційна інфраструктура як основа єдиного гармонізаційного відкритого цифрового простору ЗВО

Побудова єдиного гармонізаційного відкритого цифрового простору ЗВО – складне завдання, яке потребує наукового обґрунтування. Побудова єдиного гармонізаційного відкритого цифрового простору вищої освіти використовує основні поняття та принципи традиційної (доцифрової) дидактики як науки про освіту, доповнюючи та трансформуючи їх стосовно умов цифрового середовища. Цифрова дидактика може розглядатися як трансферінтегративна галузь наукового знання. Цифрова дидактика виступає основою для проєктування діяльності та взаємодії «студент – викладач» у процесі освоєння тих чи інших профільних областей, дисциплін, модульних курсів тощо. Предметом Концепції єдиного гармонійного відкритого цифрового простору ЗВО виступає цифрова дидактика вищої освіти та навчання – один із напрямків цифрової дидактики.

Побудова відкритого цифрового освітнього процесу вищої освіти на основі нової дидактики дозволяє подолати проблемний характер ситуації, що склалася з цифровізацією освіти в Україні, та застосувати у освітньому просторі відкриті освітні ресурси із збереженням традиційних (доцифрових) форм організації освітнього процесу та технологій навчання.

Термін «відкриті освітні ресурси» (з англ. «Open Educational Resources», OER) був вперше введений у науковий обіг на Форумі з відкритих навчальних систем для країн, що розвиваються, організованому ЮНЕСКО в липні 2002 р. Прийняте ЮНЕСКО визначення свідчить: «Відкриті освітні ресурси та наукові ресурси, що існують у відкритому доступі або випущені під ліцензією, що дозволяє їхнє безкоштовне використання та модифікацію третіми особами» [33].

Відповідно до прийнятого визначення, відмінними рисами відкритих освітніх ресурсів є:

- методична, навчальна або наукова спрямованість матеріалів;
- підтримання різних носіїв та форматів подання інформації;
- опублікування на умовах відкритої ліцензії навчальних та наукових матеріалів, що є суспільним надбанням;
- забезпечення безкоштовного доступу, використання, переробки та перерозподілу матеріалів іншими користувачами;
- мінімальні обмеження користувачів під час роботи;
- вбудоване відкрите ліцензування у існуючу систему прав інтелектуальної власності, визначених відповідними міжнародними конвенціями, та визнання авторського права на опубліковані наукові дослідження [33].

Таким чином, до відкритих освітніх ресурсів відносяться всі навчально-методичні та наукові матеріали, що, у відповідності до відкритого ліцензування, розміщуються у відкритому доступі забезпечуючи безкоштовний доступ, адаптований до учасника освітнього простору, з метою використання та застосування цих ресурсів у освітньому процесі.

Головна мета побудови єдиного гармонізаційного відкритого цифрового простору ЗВО полягає у підготовці здобувачів вищої освіти до повноцінної та ефективної участі в побутовій, громадській та професійній сферах життєдіяльності в умовах інформаційного суспільства завдяки:

- наданню якісних освітніх послуг;
- доступності освітніх послуг для всіх верст населення, включаючи інклюзивність освіти;
- підвищенню економічного потенціалу за рахунок збільшення освіченості людського капіталу;
- інтеграції інформаційної системи закладу вищої освіти у інформаційну інфраструктуру світових закладів освіти, а саме у наукову, виробничу, соціально-суспільну, культурну та інші.

Єдиний гармонізаційний відкритий цифровий простір ЗВО несе в собі комфорт та всебічні можливості розвитку та задоволення інформаційних потреб всіх учасників інформаційного процесу. Це простір в якому запроваджуються новітні інформаційно-інноваційні технології освітньої діяльності та освітнього процесу, учасники освітнього простору мають можливість удосконалювати свої професійні знання та навички, слухачі / здобувачі вищої освіти мають можливість опанувати теоретичні та практичні матеріали, організувати індивідуальну траєкторію навчання та здобувати кваліфікації відповідного ступеня вищої освіти.

Єдиний гармонізаційний відкритий цифровий простір ЗВО створює для учасників освітнього процесу відкритий доступ до його інформаційних ресурсів, програмних компонент та освітньої діяльності, сприяє програмно-технічній підтримці освітньо-наукової діяльності та організації освітнього процесу. Для здобувачів вищої освіти єдиний гармонізаційний відкритий цифровий простір ЗВО забезпечує підтримку відкритої університетської освіти, освітнього процесу згідно з освітньо-професійними програмами / стандартами відповідного ступеня вищої освіти та формування неупередженості й об'єктивності оцінювання знань, а для першокурсників полегшує інтеграцію до університетської спільноти. Для професорсько-викладацького та складу єдиний гармонізаційний відкритий цифровий простір ЗВО створює умови для професійного розвитку, стимулювання, мотивації, рейтингування, формуючи розвиток кадрового бренду ЗВО для залучення нових висококваліфікованих спеціалістів та утримання наявних співробітників з відповідними компетенціями.

Основними завданнями Концепції єдиного гармонізаційного відкритого цифрового простору ЗВО є:

- підготовка науково-педагогічного кадрів, здатних здійснити рішення поставленої мети щодо підвищення якості освіти з використанням сучасних (новітніх) інформаційних технологій;

- аналіз рівнів доцільного застосування інформаційних технологій для різних напрямків та підготовки фахівців відповідних ступенів вищої освіти та спеціалізацій;

- наукове обґрунтування методології інформатизації вищої освіти;
- розробка нових принципів та методів представлення, обробки даних та знань;

- створення єдиного мережного простору закладу вищої освіти;

- забезпечення масового доступу до єдиної системи баз даних та інформаційних ресурсів ЗВО для всіх учасників освітнього простору.

Основними напрямками розвитку інформатизації закладу вищої освіти мають бути:

- інформатизація процесів навчання;
- отримання здобувачами необхідного, визначеного державними освітніми стандартами рівня знань, умінь та навичок у галузі загальної та професійної «інформаційної культури»;

- створення єдиної інформаційної інфраструктури;

- інформатизація процесів управління освітою;

- інформатизація наукових досліджень та розробок;

- сформована електронна система відкритої університетської освіти;

- оснащення сфери освіти сучасними інформаційно-обчислювальними засобами, локальною та бездротовою мережею;

- створення та розвиток сучасної системи дистанційної освіти.

Ці загальні стратегічні завдання та напрями повністю застосовні до системи Концепції єдиного гармонізаційного відкритого цифрового простору ЗВО.

Слід зазначити, що Прийнята Кабінетом міністрів Концепція цифрової трансформації освіти і науки на період до 2026 року [14**Помилка! Джерело посилання не знайдено.**], створює механізми позитивних системних змін вищої освіти. Так наприклад, у Концепції як одна з пріоритетних цілей

(Стратегічна ціль 2) визначено «Працівники сфери освіти володіють цифровими компетентностями».

Необхідність застосування інформаційно-комунікаційних технологій, а саме електронних комунікаційних мереж та засобів е-комунікації, в освітньому просторі та освітньому середовищі є однією з найважливіших проблем інформаційної інфраструктури ЗВО по забезпеченню освітнього процесу.

Побудова цифрового простору має підтримувати чотири принципи. Перший, ключовий принцип – це надійність, тобто безпечне використання та зберігання даних. Другий принцип – це корисність. Третій – це принцип відкритості з погляду контенту та технологій. Четверта єдність у роботі з даними.

Перший принцип. У поняття інформаційної безпеки освітнього закладу входить система заходів, спрямована захист інформаційного простору та персональних даних від випадкового чи навмисного проникнення з метою розкрадання будь-яких даних чи внесення змін у конфігурацію системи.

Вся інформація закладу освіти, що охороняється Законом України «Про освіту» та Законом України «Про вищу освіту», поділяється на три групи:

- персональні відомості, що стосуються всіх учасників освітнього процесу та освітнього простору, оцифровані архіви;
- ноу-хау освітнього процесу, що мають характер інтелектуальної власності та захищені законом;
- структурована навчальна інформація, що забезпечує освітній процес (бібліотеки, бази даних, навчальні програми).

Всі ці відомості не лише можуть стати об'єктом розкрадання. Навмисне проникнення в них може порушити збереження оцифрованих книг, знищити сховища знань, внести зміни до коду програм, що використовуються для навчання.

Обов'язками осіб, відповідальних за захист інформації, має стати збереження цілісності, недоторканності даних та забезпечення їх:

- доступності у будь-який час для будь-якого авторизованого користувача;

- захисту від будь-якої втрати чи внесення несанкціонованих змін;
- конфіденційності, недоступності для третіх осіб.

Другий принцип. У Концепції єдиного гармонізаційного відкритого цифрового простору ЗВО закладено механізми повноцінної реалізації фундаментальних функцій освіти – соціальної адаптації, забезпечення ринку праці та виробництва інновацій, а принципи організації освіти відповідають тим принципам, на яких ґрунтуються інноваційна економіка та інформаційне суспільство.

Третій принцип. Застосування новітніх інформаційних та комунікаційних технологій в освітньому процесі, освітньому просторі та управлінських процесах закладу вищої освіти формують розвиток відкритих освітніх ресурсів, надаючи доступ до знань максимально можливій кількості людей, у тому числі з інклюзивними потребами.

Для впровадження програмно-технічних засобів та інформаційно-комунікаційних технологій в освітню діяльність та освітній процес ЗВО має вдосконалювати та розвивати мережеву інфраструктуру. Мережева інфраструктура ЗВО – це середовище інформаційної взаємодії, що дає можливість реалізувати свої освітні потреби бакалаврам, магістрантам та аспірантам. Дані технології інформаційної взаємодії між здобувачами вищої освіти та постачальниками освітніх послуг забезпечуються спеціальними апаратними та програмними засобами. Комплекс мережевої взаємодії в освітній системі включає не лише засоби комунікацій між людьми (електронна пошта, чати, форуми, відеоконференції тощо), а й засоби доступу до інформаційних зовнішніх і внутрішніх навчальних ресурсів.

Четвертий принцип. Фундаментом побудови єдиного гармонізаційного відкритого цифрового простору ЗВО є створення єдиної інформаційної бази. Зупинимося на загальних засадах організації роботи зі створення єдиної інформаційної бази. Перш за все необхідно відповісти на вічні запитання «Що робити?», «З чого почати?», «Як робити?» і «Хто робитиме?». Робота зі створення загальної бази даних в інформаційній системі адміністрування

діяльності освітнього закладу неможлива без однозначного визначення так званої базової компоненти інформаційного простору (далі базової інформації).

Інформація загального доступу являє собою наочне відображення базової інформації. Під базовою інформацією розуміється інформація, що об'єднує інформаційні потоки, однозначно затребувані будь-якою програмною оболонкою, що використовується у ЗВО. Основними складовими базової інформації є інформація загального доступу та персоналізовані компоненти базової інформації.

Інформація загального (колективного) доступу, яка є прямим відображенням базової інформації, і до якої звертаються всі інформаційні системи та додаткові модулі, містить:

- загальні відомості про освітню установу, загальні дані щодо структури освітньої установи;
- відомості про матеріально-технічну базу освітньої установи (списки приміщень);
- загальний список ліцензованих освітніх програм та дисциплін, що викладаються по даним програмам в освітній установі;
- загальний список учасників освітнього процесу та освітнього простору;
- бібліотечний фонд навчально-методичної літератури;
- ресурси освітньої та наукової діяльності структурних підрозділів ЗВО;
- графік навчального процесу для всіх форм навчання тощо.

Якщо уважно розглянути вищенаведене, то стане зрозуміло, що до цієї інформації дійсно має доступ абсолютно кожен учасник освітнього процесу. Зазвичай, інформаційне подання діяльності ЗВО представлено через офіційний сайт даного закладу.

До базової цифрової інформації можна віднести інформаційні потоки, пов'язані з організацією освітньої діяльності для кожного учасника освітнього простору та орієнтовані на задоволення персоналізованих потреб. Побудова інформаційної інфраструктури ЗВО дозволить вирішити такі задачі:

- побудова індивідуальної траєкторії навчання для здобувачів вищої освіти задля досягнення запланованих навчальних цілей;
- визначення перспектив для мобільного персоналізованого навчання в режимі 24/7, що будується за допомогою інтеграції освітніх платформ із соціальними медіа, професійними мережами та ігровими програмними засобами;
- сприяння соціалізації всіх верств населення через підвищення їхнього загальнокультурного рівня, створення умов для інклюзивної освіти;
- створення та розвиток умов для особистісного зростання та самореалізації учасників освітнього простору;
- оптимізація навчального процесу та організація його для зручності роботи з великими обсягами інформації;
- персоналізація навчання, відстеження потреб здобувача, надання допомоги та побудова індивідуальної траєкторії прогресу успішності кожного студента;
- адаптація освітнього процесу до індивідуальної швидкості навчання кожного студента, автоматизація системи оцінювання знань (виключення втручання викладача в процес оцінювання знань) тощо.

Наразі інформаційні та комунікаційні технології в освітньому процесі ЗВО трансформуються у персоналізований підхід до організації освітнього процесу, з метою орієнтації на виклики суспільства майбутнього. Успішне впровадження та розвиток освітніх інновацій забезпечують ЗВО стійкість та конкурентоспроможність в умовах індивідуалізації та масштабування попиту на освітні послуги.

З погляду розробника інформаційне середовище закладу вищої освіти являє собою систему об'єднання мережевої інфраструктури, структурованих корпоративних баз даних, програмного забезпечення та користувачів середовища. Накопичення цифрових платформ, масова комп'ютеризація та оцифрування освітньо-наукового процесу з впровадженням штучного інтелекту, блокчейну, наразі серйозним чином змінили освітню діяльність.

Більшість завдань, які стоять перед розробниками єдиного інформаційного середовища, пов'язані зі словом інтеграція: інтеграція інформаційно-технічних підрозділів, інтеграція мережевої інфраструктури ЗВО, інтеграція даних, інтеграція додатків, інтеграція управлінських рішень, просторова інтеграція (інтеграція філіалів ЗВО) тощо.

У єдиному гармонізаційному відкритому цифровому просторі ЗВО електронні комунікаційні мережі та засоби е-комунікації є основним компонентом організації інфраструктури та всіх її видів діяльності: середовище розробки, платформа реалізації інтерактивних навчальних ресурсів та засоби організації доступу до них, зберігання, накопичення та розповсюдження освітніх ресурсів. Розвиток інформаційного середовища дозволяє розглядати «informal learning», як частину педагогічного процесу та педагогічний ресурс у системі безперервної освіти.

Для обробки всіх структурованих та неструктурованих потоків цифрової інформації/ даних, їх аналізу з подальшим формуванням персоналізованих рекомендацій та контролю прийнятих рішень необхідно імплементувати у діяльність закладу вищої освіти Інтелектуальний центр взаємодії інформаційних компонентів інфраструктури ЗВО, в якому будуть об'єднані технічні, програмні та апаратні компоненти, що містять в собі інтелектуальні системи машинного та програмного навчання (нейромережі).

Нейронна мережа – це метод штучного інтелекту, який вчить комп'ютери обробляти дані таким же способом, як і людський мозок. Це включає науку і технологію створення інтелектуальних машин на основі комп'ютерних програм. Цей тип процесу машинного навчання, що називається глибоким навчанням, який використовує взаємопов'язані вузли або нейрони в шаруватій структурі, що нагадує людський мозок. Він створює адаптивну систему, за допомогою якої комп'ютери навчаються на своїх помилках та постійно вдосконалюються. Таким чином, штучні нейронні мережі намагаються вирішувати складні завдання, такі як резюмування документів або розпізнавання осіб з більш високою точністю.

Також у освітньому процесі штучні нейронні мережі адаптують технології штучного інтелекту та допомагають:

- відстежувати індивідуальний прогрес кожного студента;
- створювати персоналізоване навчання, тобто адаптовувати освітній процес до індивідуальної швидкості навчання кожного студента та пропонувати завдання відповідної складності;
- автоматично оцінювати знання студента, проаналізувавши відповіді;
- надавати індивідуальний зворотний зв'язок для учасників освітнього процесу в цілому, створювати індивідуальну траєкторію навчання для здобувачів вищої освіти з врахуванням індивідуальних особливостей кожного;
- створювати застосунок SMART-університету, для автоматизації рутинно-побутових завдань, починаючи від просторово-територіальної орієнтації по кампусу університету, завершуючи отриманням відповідей на будь-які запитання.

Імплементация Інтелектуального центру взаємодії інформаційних компонентів інфраструктури ЗВО дозволяє проаналізувати та керувати ключовими напрямками його діяльності:

- нейромережевим управлінням освітнім простором, а саме управлінням та координацією інформаційних потоків, які надходять з вищої ланки менеджменту та усіх інфраструктурних підрозділів;
- застосування нейромережевих алгоритмів для ефективної організації освітнього процесу, гармонізації освітнього процесу та освітньої діяльності (адаптивність методів та форм навчання для кожного учасника освітнього простору, стимулювання та мотивація тощо);
- забезпеченням навчально-методичними матеріалами, науковою літературою та періодичними виданнями;
- відкритим доступом до електронних ресурсів SMART-бібліотеки, замовлення/бронювання літератури;
- кібернетичним захистом електронних комунікаційних мереж та інформаційних потоків даних.

Типова концепція єдиного гармонізаційного відкритого цифрового простору ЗВО формує:

- адаптованість методів та форм навчання для кожного учасника освітнього простору, стимулювання та мотивація освітньої діяльності / професійного розвитку;
- об'єднання інформаційних потоків з метою їхнього управління та координації між усіма учасниками освітнього простору й ефективної організації освітнього процесу, гармонізації освітнього процесу та освітньої діяльності, тобто відбувається процес синхронізації взаємодії інформаційних потоків та наявних інформаційно-комунікаційних компонентів між структурними підрозділами/відділами закладу освіти;
- персоналізацію освітньої діяльності, а саме інформаційні потоки орієнтовані на задоволення персоналізованих потреб, пов'язаних з організацією освітньої діяльності кожного учасника освітнього простору, з урахуванням його мобільності;
- відкритість освітніх ресурсів з доступом до знань максимально можливої кількості здобувачів освіти, у тому числі з інклюзивними потребами;
- застосування інформаційно-комунікаційних технологій (електронних комунікаційних мереж та засобів е-комунікації) в освітньому просторі та освітньому середовищі, що забезпечує можливість реалізувати свої освітні / професійні потреби всім учасникам освітнього простору;
- взаємодію між здобувачами вищої освіти та постачальниками освітніх послуг, за допомогою нейромережних алгоритмів, спеціальних апаратно-програмних засобів та цифрових технологій;
- інформаційний та кібернетичний захист інформаційного простору ЗВО та персональних даних кожного учасника освітнього процесу від потенційних загроз безпеці, таких як крадіжка ідентифікаційних даних, зловживання правами доступу, шахрайство та атаки на кібернетичну інфраструктуру, внесення змін у конфігурацію системи тощо.

Отже, враховуючи вищезазначені дослідження назвемо визначення інформаційної інфраструктури закладу вищої освіти з інтелектуальною компонентною:

це комплексна сукупність інформаційних систем ЗВО / автоматизованих спеціалізованих систем, інформаційних освітніх ресурсів, електронних комунікаційних мереж та засобів е-комунікації, механізмів управління ЗВО, засобів інформаційного та кібернетичного захисту, нормативно-правової бази, бази знань, що керуються нейромережними алгоритмами, які направлені на гармонізацію освітнього процесу та освітньої діяльності. Таким чином, створення Інтелектуального центру взаємодії інформаційних компонентів інфраструктури ЗВО є актуальним завданням, що має важливе значення в управлінні та розвитку закладу вищої освіти. Використання сучасних підходів в інформаційних технологіях аналізу даних дозволить ЗВО ефективно керувати освітнім процесом та освітнім простором на всіх етапах організаційно-управлінської системи.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1

У розділі описано немонолітну систему – модель інформаційної інфраструктури ЗВО, що дає можливість всім компонентам перманентно розвиватися, не заважаючи іншим компонентам інфраструктури та не заважаючи їм одночасно працювати. Така система здатна до розвитку, та виконує визначені завдання:

Обґрунтовано аналіз та вибір методу моделювання системи інформаційної інфраструктури ЗВО, як об'єкт моделювання довільної компоненти, з наявними зв'язками системи з зовнішнім середовищем та взаємодією із зовнішнім середовищем та механізмами впливу.

Охарактеризовані особливості ЗВО як об'єкта моделювання системи інформаційної інфраструктури, наведені основні етапи розробки системи інформаційної інфраструктури закладу вищої освіти.

Засобами Case-технології ERwin створено модель AS-IS («Як є») системи інформаційної інфраструктури закладу вищої освіти. При проектуванні використовувались моделі у нотації IDEF0 та IDEF3, які допомагають проводити процес моделювання та аналізу системи інформаційної інфраструктури закладу вищої освіти як у цілому, так і в деталізації її окремих компонентів.

При детальному аналізі отриманих результатів процесу моделювання було виявлені недоліки пов'язані з відсутністю синхронізації процесу взаємодії різних інформаційних потоків між управлінською структурою та структурними підрозділами / відділами закладу освіти.

Вперше було описано Концепцію єдиного гармонізаційного відкритого цифрового простору ЗВО. Впровадження даної парадигми в освітній простір закладу вищої освіти дозволяє: синхронізувати організацію взаємодії інформаційних потоків та наявних інформаційно-комунікаційних компонентів між структурними підрозділами/відділами закладу вищої освіти для ефективного управління освітнім процесом та освітньою діяльністю; покращити надання якісних та доступних освітніх послуг, за рахунок

застосування сучасних цифрових технологій для організації освітнього процесу; впровадити в освітній простір відкриті освітні ресурси для забезпечення якості освітнього процесу; забезпечити масовий доступ до єдиної системи баз даних та інформаційних ресурсів ЗВО для всіх учасників освітнього простору.

Концепцію єдиного гармонізаційного відкритого цифрового простору ЗВО рекомендовано вкласти в основу моделювання системи інформаційної інфраструктури закладу вищої освіти ТО-ВЕ («Як буде»), яка допоможе: адаптувати інформаційні потоки даних освітнього процесу та освітньої діяльності для кожного учасника освітнього простору ЗВО; синхронізувати процес взаємодії різних інформаційних потоків між управлінською структурою та структурними підрозділами / відділами закладу освіти; підвищити якість, ефективність, доступність та відкритість освіти шляхом впровадження інформаційних технологій в освітньому процесі та освітньому просторі; забезпечити рівні можливості здобуття освіти; надати потужний імпульс розвитку освітнього простору в цілому.

Основні результати розділу висвітлені у науково-дослідних роботах

- «Проектування інформаційних технологій освітнього середовища» (номер державної реєстрації №0121U100278);
- «Моделювання інформаційно-аналітичної системи контролю якості процесу виробництва продукції» (номер державної реєстрації № 0121109155).

Основні результати розділу опубліковані в наукових працях автора:

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

[1], [2], [5], [8], [11]

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

[13], [14], [16], [18]

Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації

[22], [23], [25], [26]

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 1

1. Про освіту : Закон України від 05.09.2017 р. № 2145-VIII : станом на 16 лис. 2020 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19#Text> (дата звернення: 17.11.2020).
2. Про вищу освіту : Закон України від 01.07.2014 р. № 1556-VII : станом на 25 вер. 2020 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-18#Text> (дата звернення: 26.09.2020).
3. Про інформацію : Закон України від 02.10.1992 р. № 2657-XII : станом на 16 лип. 2020 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2657-12#Text> (дата звернення: 17.07.2020).
4. Про телекомунікації : Закон України від 18.11.2003 р. № 1280-IV : станом на 24 жов. 2020 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1280-15#Text> (дата звернення: 24.10.2020).
5. Деякі питання електронної взаємодії державних електронних інформаційних ресурсів : Постанова Каб. Міністрів України від 08.09.2016 р. № 606 : станом на 14 трав. 2020 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/606-2016-п#Text> (дата звернення: 15.07.2020).
6. Про затвердження Положення про Національний реєстр електронних інформаційних ресурсів : Постанова Каб. Міністрів України від 17.03.2004 р. № 326 : станом на 25 лют. 2020 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/326-2004-п#Text> (дата звернення: 26.02.2020).
7. Про затвердження Порядку акредитації центру сертифікації ключів : Постанова Каб. Міністрів України від 13.07.2004 р. № 903 : станом на 7 лис. 2018 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/903-2004-п#Text> (дата звернення: 26.02.2020).
8. Про електронні документи та електронний документообіг : Закон України від 22.05.2003 р. № 851-IV : станом на 7 лис. 2018 р. URL:

- <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/851-15#Text> (дата звернення: 26.02.2020).
9. Про захист інформації в інформаційно-телекомунікаційних системах : Закон України від 05.07.1994 р. № 80/94-ВР : станом на 4 лип. 2020 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/80/94-вр#Text> (дата звернення: 05.07.2020).
10. Про доступ до публічної інформації : Закон України від 13.01.2011 р. № 2939-VI : станом на 24 жовт. 2020 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2939-17#Text> (дата звернення: 25.10.2020).
11. Про наукову і науково-технічну діяльність : Закон України від 26.11.2015 р. № 848-VIII : станом на 16 жов. 2020 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/848-19#Text> (дата звернення: 17.10.2020).
12. Про науково-технічну інформацію : Закон України від 25.06.1993 р. № 3322-XII : станом на 19 квіт. 2014 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3322-12#Text> (дата звернення: 05.02.2020).
13. Про затвердження Порядку взаємодії органів виконавчої влади з питань захисту державних інформаційних ресурсів в інформаційних та телекомунікаційних системах : Постанова Каб. Міністрів України від 16.11.2002 р. № 1772 : станом на 1 січ. 2007 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1772-2002-п#Text> (дата звернення: 05.02.2020).
14. Концепція цифрової трансформації освіти і науки: МОН запрошує до громадського обговорення. URL: <https://www.kmu.gov.ua/news/koncepciya-cifrovoyi-transformaciyi-osviti-i-nauki-mon-zapros Huye-do-gromadskogo-obgovorennya> (дата звернення: 25.05.2021).
15. ДСТУ 3396.0-96. Захист інформації. Технічний захист інформації. Основні положення. Чинний від 1996-10-11. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 1996. 20 с. URL:

- https://ksv.do.am/GOST/DSTY_ALL/DSTY1/dsty_3396.0-96.pdf (дата звернення: 05.09.2020).
16. ДСТУ 3396.1-96. Захист інформації. Технічний захист інформації. Порядок проведення робіт. Державна служба спеціального зв'язку та захисту інформації України. Електронний ресурс. – Режим доступу: <https://cutt.ly/DfnzOKs> (дата звернення: 05.09.2020).
17. Міністерство цифрової трансформації України. URL: <https://thedigital.gov.ua/regulations#group-active> (дата звернення: 08.02.2020).
18. Про Концепцію Національної програми інформатизації : Закон України від 04.02.1998 р. № 75/98-ВР : станом на 3 лип. 2020 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/75/98-вр#Text> (дата звернення: 05.07.2020).
19. Про затвердження Правил забезпечення захисту інформації в інформаційних, телекомунікаційних та інформаційно-телекомунікаційних системах : Постанова Каб. Міністрів України від 29.03.2006 р. № 373 : станом на 13 жовт. 2011 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/373-2006-п#Text> (дата звернення: 05.07.2020).
20. Про затвердження Загальних вимог до кіберзахисту об'єктів критичної інфраструктури : Постанова Каб. Міністрів України від 19.06.2019 р. № 518 : станом на 19 чер. 2019 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/518-2019-п#Text> (дата звернення: 05.07.2020).
21. Про затвердження Порядку підключення до глобальних мереж передачі даних : Постанова Каб. Міністрів України від 12.04.2002 р. № 522 : станом на 12 квіт. 2002 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/522-2002-п#Text> (дата звернення: 05.07.2020).
22. Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 27 січня 2016 року "Про Стратегію кібербезпеки України" : Указ Президента України від 15.03.2016 р. № 96/2016. URL: <https://www.rnbo.gov.ua/ua/Ukazy/417.html> (дата звернення: 05.07.2020)

23. Про санкції : Закон України від 14.08.2014 р. № 1644-VII : станом на 15 серп. 2020 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1644-18#Text> (дата звернення: 27.08.2020).
24. Про електронні довірчі послуги : Закон України від 05.10.2017 р. № 2155-VIII : станом на 13 лют. 2020 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2155-19#Text> (дата звернення: 22.02.2020).
25. Деякі питання використання доменних імен державними органами в українському сегменті Інтернету : Постанова Каб. Міністрів України від 21.10.2015 р. № 851 : станом на 20 квіт. 2019 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/851-2015-п#Text> (дата звернення: 22.02.2020).
26. Про Положення про технічний захист інформації в Україні : Указ Президента України від 27.09.1999 р. № 1229/99 : станом на 4 трав. 2008 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1229/99#Text> (дата звернення: 05.07.2020).
27. Про затвердження нормативного документа системи технічного захисту інформації НД ТЗІ 2.6-003-2015. Державна служба спеціального зв'язку та захисту інформації України. Електронний ресурс. – Режим доступу: <https://cutt.ly/2fndEqr> (Дата останнього відгуку 05.09.2020).
28. Шестак Я.І. Моделювання єдиного інформаційного простору закладу вищої освіти. Управління розвитком складних систем. 2022. №. 49. С. 81–89. URL: <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2022.49.81-89>
29. Волох О. К. Поняття і складові інформаційно-комунікаційної інфраструктури. Науковий вісник Ужгородського національного університету. 2014. Вип. 29. Ч. 2, т. 4/2. С. 29–32.
30. Цензура М. О. Гайдук О. В., Шестак Я.І. Етапи імплементації інформаційної інфраструктури управління закладом вищої освіти. Управління розвитком технологій : тези доп. восьмої міжнар. науково-практ. конф., м. Київ, 26–27 берез. 2021 р. Київ, 2021. С. 83–84. URL: https://www.knuba.edu.ua/wp-content/uploads/2022/10/8_IT_Міжнародна_конференція_Тези_21.pdf

31. Моделювання інформаційної системи підприємства / О. В. Криворучко та ін. Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем : матеріали тез доп. XI Міжнар. науково-практ. конф., м. Чернігів, 26–27 трав. 2021 р. Чернігів, 2021. С. 190. URL: <https://drive.google.com/file/d/1NnRKAaOqZQUCurDMuE5TXRfNyPYDyZX4/view>
32. Криворучко О., Шестак Я., Захаров Р. Моделювання системи інформаційної інфраструктури діяльності закладу вищої освіти. Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем : матеріали тез доп. XIII Міжнар. науково-практ. конф., м. Чернігів, 25–26 трав. 2023 р. Чернігів, 2023. С. 289–290. URL: <https://conference-chernihiv-polytechnik.com/wp-content/uploads/2023/06/Tezy-2023-Part-2.pdf>
33. Shestack Y., Biliavska, Y., Osetskyi, V., Mykytenko, N., & Umantsiv, Y. Devising a comprehensive method to manage digital competencies / Y. Shestack et al. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2023. Vol. 3, no. 13 (123). P. 86–97. URL: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.281933>
34. Бухтіарова А. Г. Розвиток національної системи страхування вкладів : дис. ... канд. екон. наук : 08.00.08. Суми, 2015. 284 с. URL: https://biem.sumdu.edu.ua/images/stories/docs/2133/dis_Bukhtiarova_.pdf
35. Шестак Я.І., Голуб К.В. Підприємства майбутнього в контексті імплементації моделі бірюзових практик. Проблеми обліково-аналітичного забезпечення управління підприємницькою діяльністю : матеріали III міжнар. науково-практ. конф., м. Полтава, 21 квіт. 2021 р. Полтава, 2021. С. 845–848. URL: <https://drive.google.com/file/d/1z8dl8CCFXnr3F8skmT3aObpbpS-oE-Y0/view?pli=1>
36. Kryvoruchko O., Desyatko A., Shestack Y. Cybersecurity as a Part of Business. Безпека ресурсів інформаційних систем : зб. тез I Міжнар. науково-практ. конф., м. Чернігів, 16–17 квіт. 2020 р. Чернігів, 2020. С. 12–14. URL: <https://stu.cn.ua/wp-content/uploads/2021/04/bris-t.pdf>

37. Шестак Я.І. Методи забезпечення інформаційної безпеки репозитарію КНТЕУ. Безпека соціально-економічних процесів в кіберпросторі : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф., м. Київ, 27 берез. 2019 р. Київ, 2019. С. 241–243. URL: <https://knute.edu.ua/file/NjY4NQ==/250dafc576ffd3c6a92546eebacc834d.pdf>
38. Бойченко В. Стратегічні засади діяльності банків на кредитно-інвестиційному ринку у посткризовий період : дис. ... канд. екон. наук : 08.00.08. Суми, 2018. 245 с. URL: <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/67125>
39. Білявська Ю.В., Шестак Я.І. Кібербезпека та кібергігієна: нова ера цифрових технологій. Міжнародний науково-практичний журнал «Товари і ринки». 2022. Т. 43, № 3. С. 47–59. URL: [https://doi.org/10.31617/2.2022\(43\)04](https://doi.org/10.31617/2.2022(43)04)
40. Костюк Ю., Шестак Я. Транспортний рівень моделі ISO/OSI в комп'ютерних мережах. Міжнародний науково-практичний журнал «Товари і ринки». 2021. Т. 40, № 4. С. 49–58. URL: [https://doi.org/10.31617/tr.knute.2021\(40\)05](https://doi.org/10.31617/tr.knute.2021(40)05)
41. Білявська Ю.В., Микитенко Н.В, Шестак Я.І. Кібербезпека та захист інформації під час пандемії COVID-19. Міжнародний науково-практичний журнал «Товари і ринки». 2021. Т. 37, № 7. С. 34–46. URL: [https://doi.org/10.31617/tr.knute.2021\(37\)03](https://doi.org/10.31617/tr.knute.2021(37)03)
42. Tokar V., Palaguta K., Sashnova M. The influence of European integration and artificial intelligence on the development of information infrastructure in higher education institutions. Наука і техніка сьогодні. 2024. No. 2(30). URL: [https://doi.org/10.52058/2786-6025-2024-2\(30\)-227-239](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2024-2(30)-227-239)
43. EXPERIMENTAL STUDIES OF THE FEATURES OF USING WAF TO PROTECT INTERNAL SERVICES IN THE ZERO TRUST STRUCTURE / V. LAKHNO et al. Journal of Theoretical and Applied Information Technology. 2022. Vol. 100, no. 03. P. 705–721. URL: <https://www.jatit.org/volumes/Vol100No3/11Vol100No3.pdf>
44. Smart City Technology Investment Solution Support System Accounting Multi-factories / V. Lakhno et al. Software Engineering Perspectives in Intelligent

- Systems. Cham, 2020. P. 1–11. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-63322-6_1
45. Десятко А., Криворучко О. Наука, освіта, бізнес – запорука когнітивності Smart -суспільства. Smart-освіта: ресурси та перспективи : матеріали III Міжнар. наук.-метод. конф., м. Київ, 7 груд. 2018 р. Київ, 2018. С. 114–117. URL: <https://knute.edu.ua/file/NjY4NQ==/4ce2164e98881e82955393871be6013d.pdf>
46. Биков В. Ю., Спірін О. М., Шишкіна М. П. Корпоративні інформаційні системи підтримування науково-освітньої діяльності на базі хмаро орієнтованих сервісів. Проблеми та перспективи формування національної гуманітарно-технічної еліти : зб.наук. пр. За матеріалами міжнар. науково-практ. конф. «Ідеї акад. Ів. Зязюна у пр. його учнів і соратників», м. Харків, 14–15 трав. 2015 р. Харків, 2015. С. 93–121. URL: <http://library.kpi.kharkov.ua/files/JUR/432.pdf>
47. Жук О., Нітченко К. Науково-концептуальні положення визначення сутності категорії «інформаційна інфраструктура». Проблеми і перспективи економіки та управління. 2019. № 4(20). С. 52–60. URL: [https://doi.org/10.25140/2411-5215-2019-4\(20\)-52-60](https://doi.org/10.25140/2411-5215-2019-4(20)-52-60)
48. Литвинчук А., Мазур С., Сухарєва Л. Автоматизований інформаційний комплекс освітнього менеджменту: переваги та можливості. Проблеми становлення інформаційної економіки в Україні : матеріали IV Міжнар. науково-практ. конф., м. Львів, 17–18 жовт. 2019 р. Львів, 2019. С. 171–174. URL: https://econom.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2019/12/Mater_Konf_Inform_2019.pdf
49. Юськів Б. М. Глобалізація і трудова міграція в Європі : монографія. Рівне : О. М. Зень, 2009. 476 с. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/212999468.pdf>
50. Створення єдиної автоматизованої інформаційної системи управління вищим навчальним закладом на прикладі Дніпродзержинського державного технічного університету / О. В. Садовой та ін. Збірник наукових праць Національного гірничого університету. 2013. № 42. С. 138–144. URL: <http://znp.nmu.org.ua/pdf/2013/42.pdf>

51. Розробка модуля управління науковою та науково-технічною діяльністю кафедри для інформаційної інтелектуальної системи “портал-кафедра” / Т. А. Дмитренко та ін. Системи управління, навігації та зв’язку. Збірник наукових праць. 2018. Т. 6, № 52. С. 104–112. URL: <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2018.6.104>
52. Глоба Л. С., Кирилков В. В. Онтологія для побудови порталу Єдиної інформаційної системи ВНЗ. Вісник Харківського національного університету. 2012. № 1037. С. 28–42. URL: <http://mia.univer.kharkov.ua/20/30278.pdf>
53. Биков В. Ю. Інновації в організації досліджень та розробок у галузі інформаційно-комунікаційних технологій в освіті у світлі викликів XXI сторіччя. Актуальні проблеми психології. Збірник наукових праць Ін-ту психології імені Г. С. Костюка НАПН України. 2019. Т. 8, № 10. С. 55–74. URL: <http://appsychology.org.ua/data/jrn/v8/i10/7.pdf>
54. Роль Інституту інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України в цифровізації освіти і науки України (до 20-ї річниці заснування Інституту) / В. Биков та ін. Цифрова трансформація освіти і науки: теорія і практика : зб. наук. пр. Київ, 2019. С. 5–29. URL: <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/718758/2/193Збірник%20наук%20праць%2020%20років%20ІТЗН.pdf>
55. Лондар С., Бринюк О., Іриневич Ю. Розвиток освітніх інформаційних систем в Україні. Проблеми становлення інформаційної економіки в Україні : матеріали IV Міжнар. науково-практ. конф., м. Львів, 17–18 жовт. 2019 р. Львів, 2019. С. 162–166. URL: https://econom.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2019/12/Mater_Konf_Inform_2019.pdf
56. Дворецька С. В. Інформаційна система обліку та аналітичної обробки результатів контролю знань студентів. Наукові праці. Комп’ютерні технології. 2014. Т. 250, № 238. С. 38–43. URL: <https://lib.chmnu.edu.ua/pdf/naukpraci/computer/2014/250-238-6.pdf>
57. Бойко Н. І. Організація самостійної роботи студентів вищих навчальних закладів в умовах застосування інформаційно-комунікаційних технологій :

- автореф. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата педагогічних наук. Київ, 2008. 27 с. URL: <https://enpuir.npu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/494/Bojko.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
58. Рамський Ю. С. Інформаційне суспільство. Інформатизація освіти. Науковий часопис Українського державного університету імені Михайла Драгоманова. Серія 2. Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання. 2003. № 7. С. 16–28. URL: <https://sj.udu.edu.ua/index.php/kosn/article/view/590>
59. Головань С., Давиденко А., Щербак Л. Концепція використання інформаційних систем в процесах електронного документообігу. Моделювання та інформаційні технології. 2010. № 57. С. 37–41. URL: <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/21865/08-Golovan.pdf?sequence=1>
60. Гороховський О. І., Трояновська Т. І. ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ПОБУДОВИ АДАПТИВНОЇ СИСТЕМИ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ. Наукові праці Вінницького національного технічного університету. 2009. № 2. С. 1–7. URL: <https://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/127>
61. Кільченко А. Побудова концептуальної моделі інформаційної системи «наукові дослідження» НАПН України. Збірник наукових праць "Information Technologies in Education" (ITE). 2013. № 15. С. 158–167. URL: <https://doi.org/10.14308/ite000402>
62. Андруник В., Чирун Л., Чирун Л. Інтелектуальний аналіз матеріально-технічного забезпечення структурної одиниці навчального закладу. Вісник Національного університету "Львівська політехніка". 2015. № 814. С. 364–379. URL: https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2017/jun/2689/814ism2015min-364-379_0.pdf
63. Пархуць Л., Ясинська С. Інформаційні системи в освіті: автоматизовані навчальні системи. Гармонізація суспільства – новітній напрямок розвитку держави : Всеукр. наук. конф. аспірантів та молодих вчени, м. Одеса, 25 берез. 2014 р. Одеса, 2014. С. 90–94. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/147037367.pdf>

64. Биков В. Ю., Спирін О. М., Шишкіна М. П. Корпоративні інформаційні системи підтримування науково-освітньої діяльності на базі хмаро орієнтованих сервісів. Проблеми та перспективи формування нац. гуманітар.-техн. еліти : зб. наук. пр. : зб. наук. пр. Харків, 2015. С. 178–206. URL: <https://repository.kpi.kharkov.ua/server/api/core/bitstreams/1cae2173-aa8a-4708-829f-760bd48d2cb4/content>
65. Шаров С., Шарова Т. Формування індивідуальної освітньої траєкторії студента засобами інформаційної системи. Науковий вісник Мелітопольського державного педагогічного університету імені Богдана Хмельницького. 2017. № 2 (19). С. 149–154. URL: <http://magazine.mdpu.org.ua/index.php/nv/issue/view/107/15>
66. Шаров С. В., Левада В. Р. Напрямки використання інформаційних систем у навчальному процесі. Інформаційні технології в освіті та науці: зб. наук. пр. 2017. № 9. С. 161–165. URL: http://eprints.mdpu.org.ua/id/eprint/1742/1/Шаров_Левада_2017.pdf
67. Зарудний І. С., Довбиш А. С. Аналітично-інформаційна система для адаптації навчального контенту до запитів ринку праці. Інформатика, математика, автоматика : матеріали науково-техн. конф., м. Суми, 21–26 квіт. 2014 р. Суми, 2014. С. 60–61. URL: <https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/35950/1/ІМА-2014.pdf>
68. Томашевський В. М. Моделювання систем : підруч. для студентів ВНЗ. Київ : Вид. група ВНУ, 2005. 352 с.
69. Павленко П.М. Основи математичного моделювання систем і процесів: навч. посіб. – К.: Книжкове вид-во НАУ, 2014. – 274 с.
70. Комп'ютерне моделювання систем та процесів. Методи обчислень. Частина 1 : навчальний посібник / Кветний Р. Н., Богач І. В., Бойко О. Р., Софіна О. Ю., Шушура О.М.; за заг. ред. Р.Н. Кветного. – Вінниця: ВНТУ, 2012. – 193 с.
71. Математичне моделювання новітніх технологічних систем.: Монографія/ Матвійчук В.А., Веселовська Н.Р., Шаргородський С.А. – Вінниця: 2021. – 193 с., мова українська.

72. Pidd M. Computer simulation in management science. 2-ге вид. Chichester : Wiley, 1988. 307 с.
73. Комп'ютерне моделювання: процеси і системи [Електронний ресурс] : підручник для здобувачів ступеня бакалавра за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / І. В. Кравченко, І. В. Микитенко, Г. С. Тимчик ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 5,3 Мбай). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 215 с.
74. ДСТУ ISO/IEC 2382:2017 (ISO/IEC 2382:2015, IDT) Інформаційні технології. СЛОВНИК ТЕРМІНІВ. - Чинний від 2019-01-01. - ДП «УкрНДНЦ», 2020. – 468 с.
75. Law A. M. Simulation modeling and analysis. New York, N.Y : McGraw-Hill, 1991.
76. Вдовин М.Л. МЕТОДИ СТАТИСТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ЕКОНОМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ: КРИТИЧНИЙ ОГЛЯД. Східна Європа: економіка, бізнес та управління. 2023. № 1(38). URL: <https://doi.org/10.32782/easterneurope.38-13>
77. Мельник Т. Ю. Прогнозування соціально-економічних явищ як інструмент обґрунтування управлінських рішень. «Вісник ЖДТУ»: Економіка, управління та адміністрування. 2018. № 2(84). С. 90–95. URL: [https://doi.org/10.26642/jen-2018-2\(84\)-90-95](https://doi.org/10.26642/jen-2018-2(84)-90-95)
78. Ткач, Є. І. Загальна теорія статистики : підручник / Є. І. Ткач, В. П. Сторожук. – [3-тє вид.]. – К. : ЦУЛ, 2009. – 442 с.
79. Основи статистичного моделювання: навч. посібник / за загальною редакцією С.В. Чугаєвської, Н.В. Ковтун. Житомир: Видавництво ПП "Рута", 2022. 604 с.
80. Єріна А. М. Статистичне моделювання та прогнозування : навч. посіб. К. : КНЕУ, 2001. С. 6.
81. Вітлінський В. В. Моделювання економіки : навч. посіб. К. : КНЕУ, 2003. 408 с.

82. De La Torre Cruzado, Joan Stephany. Sobre protección y retraso del lenguaje en niños de tres años de la institución educativa 055, Cajamarca. 2022. : MASTER TESIS. TTRUJILLO, 2022. 37 p. URL: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/123872/De%20La%20Torres_CJS-SD.pdf?sequence=5
83. Bueno Galarza, Daisy Milene. Incidencia de la formación ciudadana en las actitudes hacia la democracia de los estudiantes de un instituto de educación superior : TESIS PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE: Maestra en Docencia universitaria. Lima, 2022. 50 p. URL: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/100001>
84. Dennis A., Tegarden D., Wixom B. Systems Analysis and Design: An Object-Oriented Approach with UML. Wiley & Sons, Incorporated, John, 2015.
85. Date C. J. Introduction to Database Systems. Pearson Education, Limited, 2003. 1024 p.
86. Chen P. P.-S. The Entity Relationship Model – Toward a Unified View of Data. Software Pioneers. Berlin, Heidelberg, 2002. P. 311–339. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-642-59412-0_18
87. Booch G. Unified Modeling Language User Guid. Pearson Technology Group Canada, 2017. 504 p.
88. Sterman J. Business dynamics: Systems thinking and modeling for a complex world. Boston : Irwin/McGraw-Hill, 2000. 982 p.
89. Kruchten P. Rational Unified Process: An Introduction. Pearson Education, Limited, 2001. 320 p.
90. Cockburn A. Writing Effective Use Cases. Addison-Wesley Professional, 2000. 304 p.
91. Booch G. Object-oriented analysis and design with applications. 3rd ed. Harlow : Addison-Wesley, 1999. 700 p.
92. Faraway J. J. Linear Models with R. Chapman and Hall/CRC, 2016. URL: <https://doi.org/10.1201/b17144>
93. McCullagh P., Nelder J. A. Generalized Linear Models. Boston, MA : Springer US, 1989. URL: <https://doi.org/10.1007/978-1-4899-3242-6>

94. Семенова І. Ю. Математичні моделі МСС : навч. посіб. Київ : Київ. нац. ун-т ім. Т. Г. Шевченка, 2017. 82 с.
95. Математичне моделювання систем і процесів / П. М. Павленко та ін. Київ : НАУ, 2017. 392 с. URL: <https://er.nau.edu.ua/bitstream/NAU/37119/1/МАТЕМАТИЧНЕ%20МОДЕЛ%20ЮВАННЯ.pdf>
96. Математичне моделювання інформаційних систем : навч. посіб. / І. І. Обод та ін. Харків : Друк. Мадрид, 2019. 270 с. URL: <https://openarchive.nure.ua/server/api/core/bitstreams/c5a53027-7710-494e-867f-d625eb78242e/content>
97. Прус А. Математичне моделювання як лінза реального світу. *Physical and Mathematical Education*. 2023. Т. 38, № 4. С. 56–61. URL: <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2023-038-4-008>
98. Boustedt J. On the Road to a Software Profession : Students' Experiences of Concepts and Thresholds : doctoral thesis. 2010. URL: <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:uu:diva-122304>
99. Boustedt J. Students' different understandings of class diagrams. *Computer Science Education*. 2012. Vol. 22, no. 1. P. 29–62. URL: <https://doi.org/10.1080/08993408.2012.665210>
100. Valiandi M. R., Azizah F. N. Translating UML Class Diagram Models Into Key-Value Store Models. 2022 International Conference on Data and Software Engineering (ICoDSE), Denpasar, Indonesia, 2–3 November 2022. 2022. URL: <https://doi.org/10.1109/icodse56892.2022.9972034>
101. Dedhia R., Jain A., Deulkar K. Techniques to automatically generate Entity Relationship Diagram. *International Journal of Innovations & Advancement in Computer Science*. 2015. Vol. 4, no. 10. P. 68–73. URL: https://www.academia.edu/77315506/Techniques_to_automatically_generate_Entity_Relationship_Diagram
102. The Basic ER Diagram: A Data Modeling Schema. *Database Design Using Entity-Relationship Diagrams*. 2011. P. 95–128. URL: <https://doi.org/10.1201/9781439861776-8>

103. Masri K., Parker D., Gemino A. Using Iconic Graphics in Entity-Relationship Diagrams. *Journal of Database Management*. 2008. Vol. 19, no. 3. P. 22–41. URL: <https://doi.org/10.4018/jdm.2008070102>
104. Ibrahim R., Yen S. Y. Formalization of the Data Flow Diagram Rules for Consistency Check. *International Journal of Software Engineering & Applications*. 2010. Vol. 1, no. 4. P. 95–111. URL: <https://doi.org/10.5121/ijsea.2010.1406>
105. Coad P. *Object-oriented analysis*. 2nd ed. Englewood Cliffs, N.J : Yourdon Press, 1991. 233 p.
106. DeMarco T. *Structured analysis and system specification*. New York : Yourdon inc., 1979. 352 p.
107. Gane C. *Structured systems analysis: Tools & techniques*. New York : Improved System Technologies, 1977. 373 p.
108. Astutik I. R. I., Widiaty I. Integrated Management Information System for Curriculum in University. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2018. Vol. 384. P. 012077. URL: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/384/1/012077>
109. Gemino A., Parker D. Use Case Diagrams in Support of Use Case Modeling. *Journal of Database Management*. 2009. Vol. 20, no. 1. P. 1–24. URL: <https://doi.org/10.4018/jdm.2009010101>
110. Bhuiyan M. Integration of Organisational Models and UML Use Case. *Journal of Computers*. 2018. P. 1–17. URL: <https://doi.org/10.17706/jcp.13.1.1-17>
111. Software Product Line Configuration and Traceability: An Empirical Study on SMarty Class and Component Diagrams / T. Nepomuceno et al. 2020 IEEE 44th Annual Computers, Software, and Applications Conference (COMPSAC), Madrid, Spain, 13–17 July 2020. 2020. URL: <https://doi.org/10.1109/compsac48688.2020.0-144>
112. Multiclass Classification of UML Diagrams from Images Using Deep Learning / S. Shcherban et al. *International Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering*. 2021. Vol. 31, no. 11n12. P. 1683–1698. URL: <https://doi.org/10.1142/s0218194021400179>

113. Lincke S. J., Knautz T. H., Lowery M. D. Designing System Security with UML Misuse Deployment Diagrams. 2012 International Conference on Software Security and Reliability Companion, Gaithersburg, MD, USA, 20–22 June 2012. 2012. URL: <https://doi.org/10.1109/sere-c.2012.12>
114. Lujan-Mora S., Trujillo J. Physical Modeling of Data Warehouses Using UML Component and Deployment Diagrams. Journal of Database Management. 2006. Vol. 17, no. 2. P. 12–42. URL: <https://doi.org/10.4018/jdm.2006040102>
115. Giese H., Tichy M., Schilling D. Compositional Hazard Analysis of UML Component and Deployment Models. Lecture Notes in Computer Science. Berlin, Heidelberg, 2004. P. 166–179. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-540-30138-7_15
116. Buchmann T., Dotor A., Westfechtel B. Model-driven software engineering: concepts and tools for modeling-in-the-large with package diagrams. Computer Science – Research and Development. 2011. Vol. 29, no. 1. P. 73–93. URL: <https://doi.org/10.1007/s00450-011-0201-1>
117. Package Diagram. Monographs in Computer Science. New York, NY. P. 133–154. URL: https://doi.org/10.1007/0-387-23803-4_7
118. Luján-Mora S., Trujillo J., Song I. Y. Multidimensional Modeling with UML Package Diagrams. Conceptual Modeling – ER 2002. Berlin, Heidelberg, 2002. P. 199–213. URL: https://doi.org/10.1007/3-540-45816-6_24
119. Generation of UML package diagrams based on an attribute graph grammar / T. Goto et al. Journal of Computational Science. 2014. Vol. 5, no. 4. P. 606–615. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jocs.2014.02.005>
120. Maj S. P., Veal D. State Model Diagrams as a Pedagogical Tool—An International Evaluation. IEEE Transactions on Education. 2007. Vol. 50, no. 3. P. 204–207. URL: <https://doi.org/10.1109/te.2007.900028>
121. Maj S. P., Tran B., Veal D. State Model Diagrams – a Systems Tool for Teaching Network Technologies and Network Management. Innovations in E-learning, Instruction Technology, Assessment, and Engineering Education. Dordrecht. P. 355–360. URL: https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6262-9_62

122. Runde R. K., Refsdal A., Stølen K. Relating computer systems to sequence diagrams: the impact of underspecification and inherent nondeterminism. *Formal Aspects of Computing*. 2011. Vol. 25, no. 2. P. 159–187. URL: <https://doi.org/10.1007/s00165-011-0192-5>
123. Almendros-Jimenez J. M., Iribarne L. Describing Use-Case Relationships with Sequence Diagrams. *The Computer Journal*. 2006. Vol. 50, no. 1. P. 116–128. URL: <https://doi.org/10.1093/comjnl/bxl053>
124. Kurniawan T. A., Lê L.-S., Priyambadha B. Challenges in Developing Sequence Diagrams (UML). *Journal of Information Technology and Computer Science*. 2020. Vol. 5, no. 2. P. 221. URL: <https://doi.org/10.25126/jitecs.202052216>
125. Al-Fedaghi S. UML Sequence Diagram: An Alternative Model. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*. 2021. Vol. 12, no. 5. URL: <https://doi.org/10.14569/ijacsa.2021.0120576>
126. Kosak C., Marks J., Shieber S. Automating the layout of network diagrams with specified visual organization. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*. 1994. Vol. 24, no. 3. P. 440–454. URL: <https://doi.org/10.1109/21.278993>
127. Memorability of Visual Features in Network Diagrams / K. Marriott et al. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*. 2012. Vol. 18, no. 12. P. 2477–2485. URL: <https://doi.org/10.1109/tvcg.2012.245>
128. Diagrams as Tools in the Design of Information Systems / J. V. Nickerson et al. *Design Computing and Cognition '08*. Dordrecht. P. 103–122. URL: https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8728-8_6
129. Ray A., Cleaveland R. Architectural interaction diagrams: AIDs for system modeling. 25th International Conference on Software Engineering, 2003. Proceedings., Portland, OR, USA, 10 May 2003. 2003. URL: <https://doi.org/10.1109/icse.2003.1201218>
130. Peckham J., Maryanski F. Semantic data models. *ACM Computing Surveys*. 1988. Vol. 20, no. 3. P. 153–189. URL: <https://doi.org/10.1145/62061.62062>
131. Fernández-Sáez A. M., Chaudron M. R. V., Genero M. An industrial case study on the use of UML in software maintenance and its perceived benefits and

- hurdles. *Empirical Software Engineering*. 2018. Vol. 23, no. 6. P. 3281–3345. URL: <https://doi.org/10.1007/s10664-018-9599-4>
132. Dzidek W. J., Arisholm E., Briand L. C. A Realistic Empirical Evaluation of the Costs and Benefits of UML in Software Maintenance. *IEEE Transactions on Software Engineering*. 2008. Vol. 34, no. 3. P. 407–432. URL: <https://doi.org/10.1109/tse.2008.15>
133. Fernández-Sáez A., Chaudron M. R. V., Genero M. Exploring costs and benefits of using UML on maintenance: Preliminary findings of a case study in a large IT department. *EESSMod@MoDELS*. 2013. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-1078/paper4.pdf>
134. ADVANTAGES OF UML FOR MULTIDIMENSIONAL MODELING. 6th International Conference on Enterprise Information Systems, Porto, Portugal, 14–17 April 2004. 2004. URL: <https://doi.org/10.5220/0002633302980305>
135. Ciccozzi F., Malavolta I., Selic B. Execution of UML models: a systematic review of research and practice. *Software & Systems Modeling*. 2018. Vol. 18, no. 3. P. 2313–2360. URL: <https://doi.org/10.1007/s10270-018-0675-4>
136. Heena, Ranjna. A comparative study of UML tools. the International Conference, Rajpura/Punjab, India, 21–22 July 2011. New York, New York, USA, 2011. URL: <https://doi.org/10.1145/2007052.2007053>
137. Egyed A. Fixing Inconsistencies in UML Design Models. 29th International Conference on Software Engineering, Minneapolis, MN, USA, 20–26 May 2007. 2007. URL: <https://doi.org/10.1109/icse.2007.38>
138. An Analytical approach on DFD to UML model transformation techniques / P. M. Jacob et al. 2016 International Conference in Information Science (ICIS), Kochi, India, 12–13 August 2016. 2016. URL: <https://doi.org/10.1109/infosci.2016.7845292>
139. A Dependability Assurance Method Based on Data Flow Diagram (DFD) / N. Olayan et al. 2013 European Modelling Symposium (EMS), Manchester, United Kingdom, 20–22 November 2013. 2013. URL: <https://doi.org/10.1109/ems.2013.20>

140. Khan M., Khan S. S. Data and Information Visualization Methods, and Interactive Mechanisms: A Survey. International Journal of Computer Applications. 2011. Vol. 34, no. 1. P. 1–14. URL: https://www.researchgate.net/publication/264623537_Data_and_Information_Visualization_Methods_and_Interactive_Mechanisms_A_Survey
141. ДТЕУ, Стратегія розвитку /на період до 2030 року/. URL: <https://knute.edu.ua/file/MjIxNw==/8a1a8e71ce134bbba2af5710ff0eb7ad.pdf>
142. Коротун О. В. Використання хмаро орієнтованого середовища у навчанні баз даних майбутніх учителів інформатики : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.10. Житомир, 2018. 356 с. URL: http://eprints.zu.edu.ua/27615/1/dys_Korotun.pdf

РОЗДІЛ 2.

ПОБУДОВА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ТЕХНОЛОГІЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ЗВО

2.1. Математичні методи та моделі в роботі інформаційної інфраструктури ЗВО

На сьогодні розроблено безліч методів й інструментальних засобів моделювання, аналізу та оптимізації роботи інформаційних систем. Набір методів моделювання досить широкий: від найпростіших графічних нотацій до об'єктно-орієнтованих мов моделювання і спеціально розроблених для опису інформаційних систем мов моделювання. Перелік комп'ютеризованих інструментальних засобів постійно розширюється. Найбільш популярними є: Rational Rose – Case-засіб фірми Rational Software Corporation (США) – призначений для автоматизації етапів аналізу і проектування ПЗ, а також для генерації кодів на різних мовах і випуску проектної документації; AllFusion Process Modeler (BPwin) – Case-засіб для моделювання бізнес-процесів, що дозволяє створювати діаграми в нотації IDEF0, IDEF3, DFD; ARIS (Architecture of Integrated Information Systems) – методологія і програмний продукт компанії IDS Scheer для моделювання бізнес-процесів компанії. Вибір того чи іншого інструменту залежить від цілей та обсягів моделювання, функціональності засобів, їх інтеграції з іншими інструментами і додатками.[14]

Для побудови моделі управління інформаційної інфраструктури ЗВО пропонується застосувати Case-технологію AllFusion Process Modeler, оскільки метою побудови функціональних моделей зазвичай є виявлення найбільш слабких і вразливих місць діяльності організації, аналіз переваг нових бізнес-процесів і ступенів зміни існуючої організаційної структури. За технологією AllFusion Process Modeler процес моделювання починається з побудови моделі AS-IS («як є»), тобто моделі існуючої організації роботи [14]. Модель AS-IS будується на основі вивчення документації (посадових інструкцій, положень про ЗВО, наказів, звітів і т.і.) та засобів, що впливають на діяльність закладу

вищої освіти. Отримана модель AS-IS служить для виявлення некерованих робіт, робіт, не забезпечених ресурсами, непотрібних і неефективних робіт, дубльованих робіт та інших недоліків в організації діяльності ЗВО. Усунення недоліків, перенаправлення інформаційних і матеріальних потоків веде до створення моделі TO-BE («як повинно бути»), що допомагає побудувати ефективну та економічно доцільну інформаційну систему ЗВО.

Вміст інформаційної інфраструктури розглянемо як підсистеми, які можна розбити на критерії та використати метод Сааті (метод аналізу ієрархій). Для функціонування інформаційної інфраструктури ЗВО використовують велику кількість підсистем, ступінь впливу яких на результат різний. Тому є необхідним визначення пріоритетів та проведення ранжування підсистем за вагомістю впливу на роботу інформаційної системи.

Метод аналізу ієрархій (МАІ) – це системна процедура, що ґрунтується на ієрархічному представленні елементів, які визначають суть проблеми. Проблема розбивається на простіші складові з наступним оцінюванням особою, що приймає рішення, відносно ступеня взаємодії елементів отриманої ієрархічної структури. МАІ будується на принципі ідентичності та декомпозиції і включає процедури синтезу множинних тверджень, отримання пріоритетності критеріїв та знаходження альтернативних рішень [10,с.171].

Катренко А. В. зазначає, що у МАІ є три порівняння альтернатив: попарне порівняння; порівняння альтернатив щодо стандартів і порівняння альтернатив копіюванням. Метод аналітичної ієрархії ґрунтується на ієрархічному представленні елементів складної проблеми та використовує жорсткі критерії оцінювання в шкалі відношень. Побудова ієрархії починається з окреслення проблеми дослідження. Метод аналітичної ієрархії також ґрунтується на принципах декомпозиції та синтезу, реалізація яких дає змогу зменшити кількість можливих помилок у процесі отримання інформації від експерта. За допомогою МАІ отримують структуру у вигляді ієрархії, що дозволяє уникнути складних порівнянь, замінивши їх попарними [10].

Основним завданням МАІ є розрахунок глобальних пріоритетів альтернатив відносно всієї ієрархії. Ієрархічний синтез використовується для

зважування власних векторів матриць, зважених коефіцієнтів та парних порівнянь альтернатив вагами критеріїв (елементів), що наявні в ієрархії, а також для обчислення загальних пріоритетів альтернатив. Після розв'язання задачі ієрархічного синтезу оцінюється однорідність ієрархії загалом за допомогою підсумовування показників однорідності всіх рівнів, приведених шляхом «зважування» до першого ієрархічного рівня, де знаходиться коренева вершина [10].

Кожен з рівнів ієрархії має власне призначення рис. 2.1.

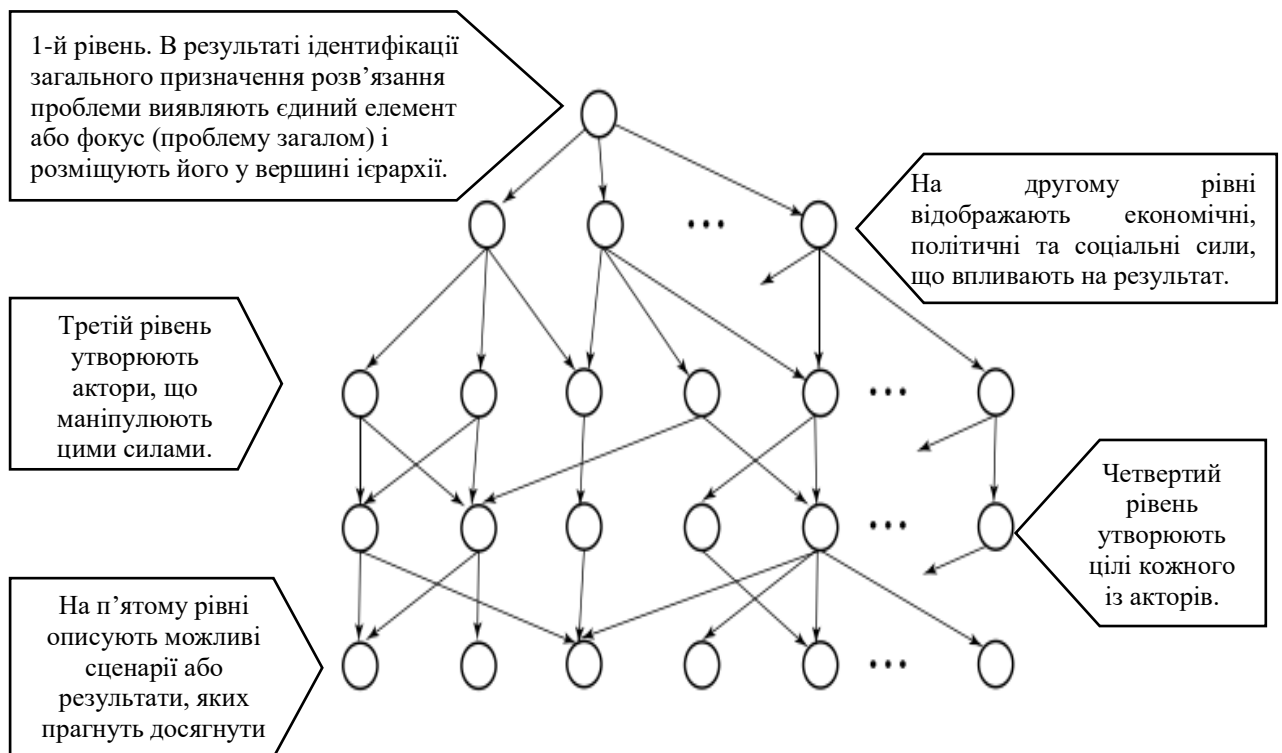


Рисунок 2.1. Структура ієрархії МАІ

Джерело: побудовано автором на основі[10]

Основне завдання в ієрархії – оцінити вищі рівні, виходячи з взаємодії різних рівнів, а не з безпосередньої залежності від елементів на цих рівнях.

При умові, якщо кількість показників є невеликою, слід обирати з них найбільш значущий і проводити відповідне ранжування за його значеннями. Якщо ж кількість показників є досить великою, вони мають різну природу, відображають різні характеристики досліджуваного явища або підстав для

виявлення найбільш вагомого показника немає, вирішення завдання істотно ускладнюється. Більше того, якість, за якою необхідно провести ранжування або зіставлення об'єктів, може мати латентну природу, і, відповідно, не мати явного відображення серед відібраних показників. У такому випадку виникає завдання побудови узагальненого (інтегрального, зведеного) показника, за допомогою якого можна було б провести необхідне ранжування за рахунок зважених коефіцієнтів відібраних показників.

Першим кроком реалізації МАІ для вибору генератору аналізаторів є побудова матриці попарних порівнянь альтернатив (A) для кожного критерію (K) (формула 2.1). Матриця містить порівняльні оцінки експертів (m) відносно альтернатив, при цьому матриця завжди з квадратним розміром $n \times n$. Схожа матриця попарних порівнянь будується і для критеріїв [13].

$$\begin{array}{c}
 \\
 A_1 \\
 A_2 \\
 A_3 \\
 \dots \\
 A_i
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 A_1 \\
 A_2 \\
 A_3 \\
 \dots \\
 A_j
 \end{array}
 \left| \begin{array}{ccccc}
 m_{11} & m_{12} & m_{13} & \dots & m_{1j} \\
 m_{21} & m_{22} & m_{23} & \dots & m_{2j} \\
 m_{31} & m_{32} & m_{33} & \dots & m_{3j} \\
 \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\
 m_{i1} & m_{i2} & m_{i3} & \dots & m_{ji}
 \end{array} \right.
 \quad (2.1)$$

Після виставлення оцінок потрібно розрахувати вектор локальних пріоритетів матриці, що базується на методі геометричного середнього (формула 2.2):

$$w_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n m_{ij}} \quad (2.2)$$

Отриманий вектор необхідно нормувати. При реалізації МАІ як правило використовують формулу 2.3:

$$v_i = \frac{w_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (2.3)$$

МАІ вимагає використання формул (2.2) та (2.3) для кожного рівня ієрархії, що дає змогу відобразити локальні пріоритети (μ). Починаючи з другого рівня ієрархії для оцінки (λ) альтернативи необхідно застосувати формулу (2.4).

$$\lambda = v_{i1}\mu_1 + v_{i2}\mu_2 + v_{i3}\mu_3 + \dots + v_{ij}\mu_j \quad (2.4)$$

Вибір оптимального засобу генерації аналізаторів залежить від двох критеріїв: функціональність генерованих аналізаторів, що відображає деякі характеристики вхідної інформації, та функціональність генератору аналізаторів, що відображає особливості його роботи.

В дослідженні інформаційної інфраструктури ЗВО число об'єктів дослідження може досягати кількох десятків чи більше; число ознак, що їх характеризують, також може обчислюватися десятками. Вирішення таких питань може здійснюватися також за допомогою сучасних методів багатовимірної класифікації [18].

Методи багатовимірної класифікації дозволяють групувати об'єкти з урахуванням усіх істотних структурно-типологічних ознак і характеру розподілу об'єктів у заданій системі ознак. Така класифікація проводиться на основі прагнення зібрати в одну групу в деякому сенсі схожі об'єкти, причому так, щоб об'єкти з різних груп були за можливості несхожими.

При застосуванні методів кластерного аналізу, досліджувані об'єкти розбиваються на певні кластери, які мають такі властивості: щільність; дисперсія; розмір; форма; віддільність.

Під час проведення кластерного аналізу виділяють п'ять основних етапів [18]:

- відбір вибірки для кластеризації (наявність апріорної інформації);
- визначення множини ознак, за якими будуть оцінюватися об'єкти;
- обчислення міри подібності між об'єктами відповідно до обраної метрики;

- групування об'єктів у кластери за допомогою тієї чи іншої процедури об'єднання;
- перевірка достовірності результатів КА.

Майже всі алгоритми кластеризації базуються на мірах та зосереджуються на оптимізуванні значень цих мір, дозволяючи створити алгоритм, який буде використовуватися під певну ситуацію. До таких мір відносяться:

- betweenness centrality;
- modularity q ;
- silhouette;
- burstness;
- sigma;
- term frequency by inversed document frequency;
- log-likelihood ratio;
- mutual information.

Однією з найважливіших мір кластеризації мереж є модульність Q (Modularity Q), яка вимірює щільність внутрішніх зв'язків у локальній мережі відносно зовнішніх зв'язків з іншими мережами. На основі цього параметру було створено одні з найперших алгоритмів кластеризації мереж. У базовому розумінні модульність визначає до якого моменту можливо розбити мережу на підструктури або, іншими словами, модулі [19].

$$Q = \frac{1}{2m} \sum_{i,j} \left[A_{ij} - \frac{k_i k_j}{2m} \right] \delta(C_i, C_j) \quad (2.5)$$

де m – кількість зв'язків, k_i ступінь вузла i , k_j ступінь вузла j , C_i це належність вузла до множини ІС, C_j це належність вузла до множини ІС та $\delta(C_i, C_j) = 1$ якщо i та j належать до декількох множин [20].

В табл. 2.1 наведено оптимізовані варіанти з врахуванням направленості та пересіченості множин компонентів інформаційної інфраструктури.

Розглянемо короткий опис основних алгоритмів пошуку множин компонентів роботи інформаційної інфраструктури.

Метод розбиття графів ділить граф на g -кластери заздалегідь визначеного розміру, так що кількість послань у кластері становить щільніше кількості ребер між кластерами [27]. Загальновідомі приклади методів розбиття графів є методи спектральної бісекції (з англ. «Spectral Bisection») [21] та алгоритм Кернінгана-Ліна (Kernighan-Lin) [22].

Таблиця 2.1

Види модульності для різних типів мереж

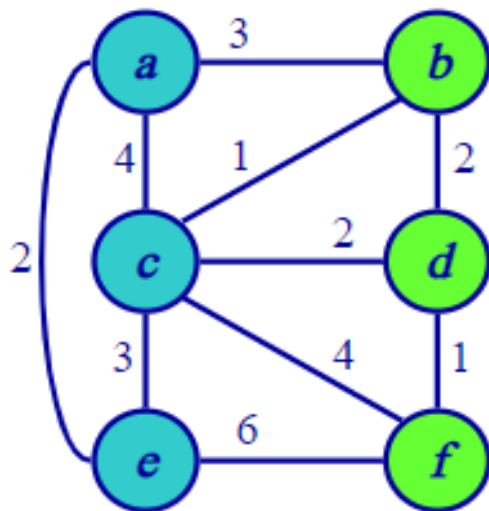
Джерело	Модульність	Тип взаємодії між множинами та підмножинами
(Newman 2004a)	$Q = \frac{1}{2m} \sum_{i,j} \left[A_{ij} - \frac{k_i k_j}{2m} \right] \delta(C_i, C_j)$	Непересічна
(Newman and Girvan 2004)	$Q = \sum_{k=1}^s \left[\frac{l_k}{L} - \left(\frac{d_k}{2L} \right)^2 \right]$	Непересічна
(Newman 2004a)	$Q = \frac{1}{2W} \sum_{i,j} \left[A_{i,j} - \frac{S_i S_j}{2W} \right] \delta(C_i, C_j)$	Непересічна
(Fortunato 2010)	$Q = \sum_{c=1}^{n_c} \left[\frac{W_c}{W} - \left(\frac{S_c}{2W} \right)^2 \right]$	Непересічна
(Arenas et al. 2007)	$Q = \frac{1}{2m} \sum_{i,j} \left[A_{i,j} - \frac{k_i^{out} k_j^{in}}{m} \right] \delta(C_i, C_j)$	Непересічна
(Arenas et al. 2007)	$Q = \frac{1}{2W} \sum_{i,j} \left[W_{i,j} - \frac{k_i^{out} k_j^{in}}{W} \right] \delta(C_i, C_j)$	Непересічна
(Shen et al. 2009)	$Q = \frac{1}{2m} \sum_{i,j} \frac{1}{O_i O_j} \left(A_{ij} - \frac{k_i k_j}{2m} \right) \delta(C_i, C_j)$	Пересічна
(Nicosia et al. 2009)	$Q = \frac{1}{m} \sum_{c=1}^{n_c} \sum_{i,j} \left[r_{ijc} A_{ij} - S_{ijc} \frac{k_i^{out} k_j^{in}}{m} \right]$	Пересічна

Джерело: [20]

Алгоритм Кернінгана-Ліна. Алгоритм Кернінгана-Ліна (далі KL) є одним з класичних алгоритмів розбиття графіків, який оптимізує функцію задачі KL, тобто мінімізує відсічення ребер, зберігаючи збалансований розмір

кластерів. Алгоритм є ітеративним по своїй природі і починається з початкового бінарного розподілу графіка. На кожній ітерації, алгоритм шукає підмножину вершин з кожної частини графіка, таких, що їх заміна призведе до зменшення січення ребер. Знаходження таких підмножин – це так звана жадібна процедура. Це означає, що алгоритм внесе зміни відразу як знайде перший оптимальний варіант рішення без подальшого дослідження більш ефективних варіантів. Отримання gv вершини v – це зменшення розрізу по краю, якщо вершина v переміщається зі свого поточного розділу в інший розділ. Алгоритм KL багаторазово вибирає з великого розділу вершину з найбільшою вагою і переміщує її на інший розділ; вершина – не розглядається для повторного переїзду, якщо вона вже була переміщена в поточній ітерації. Після того, як вершина була переміщена, вага для сусідніх вершин буде оновлена з метою відображення нового призначення вершин до розділів [22].

На рис. 2.2 представлено ненаправлений граф, який складається з 6-ти вузлів та 18-ти ребер.



Given

Initial weighted graph G with
 $V(G) = \{a, b, c, d, e, f\}$

Start with any partition of
 $V(G)$ into X and Y ? say

$X = \{a, c, e\}$

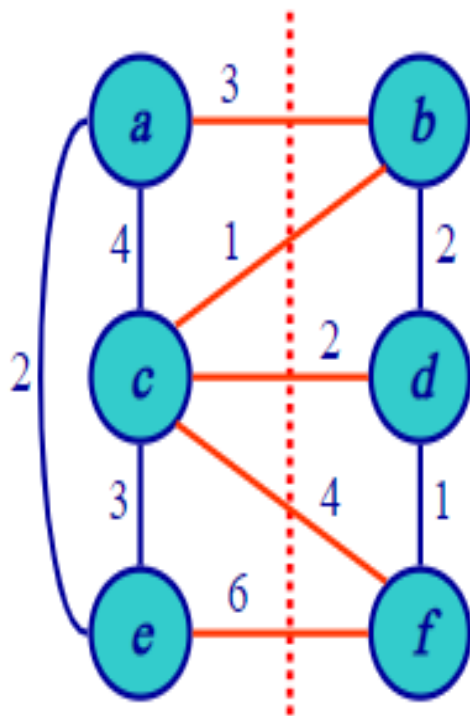
$Y = \{b, d, f\}$

Рисунок 2.2. Ненаправлений граф G , з вузлами $V(G) = \{a, b, c, d, e, f\}$

Джерело [23]

Після умовного розподілення вузлів на підмножини X , Y маємо наступний граф з умовною лінією, яка ділить граф на дві за кількістю вузлів частини, як це зображено на рис. 2.3.

Після розділення графу на множини, обчислюють вирашні значення. Виграшні значення вузла обчислюються за формулою $G_x = E_x - I_x$, де E_x = ціна ребер, які з'єднують вузол x з іншою групою; I_x = ціна ребер, які з'єднують вузол x зі своєю групою. Cut-size – це сума ваги ребер, через яку проходить умовна лінія, яка ділить граф на дві множини.



Complete the gain values of moving Node x to the others set:

$$G_x = E_x - I_x$$

E_x = cost of edges connecting node x with the other group (extra)

I_x = cost of edges connecting node x within its own group (intra)

Рисунок 2.3. Граф з підмножинами

Джерело: [23]

Виграшні значення для кожного вузла зображено на рис. 2.4.

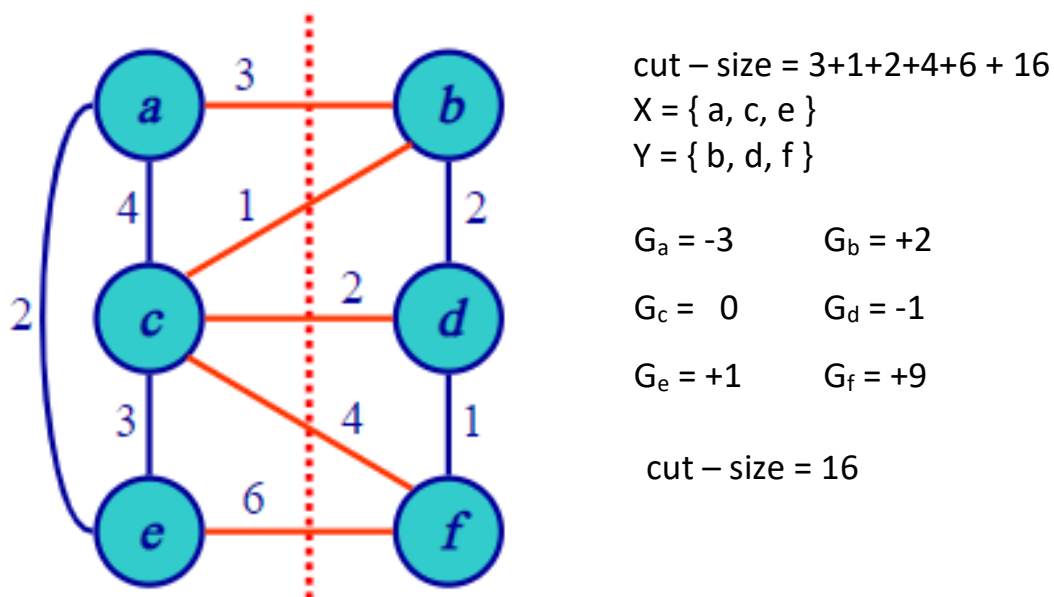


Рисунок 2.4. Граф з виграшними значеннями

Джерело: [23]

Після обчислення виграшних значень обирається будь-який вузол та перебираються різні комбінації з іншими вузлами. Метою тасування є знаходження комбінації, в якій виграшні значення залишаться незмінними, а кількість ребер зменшиться, як це показано на рис. 2.5.

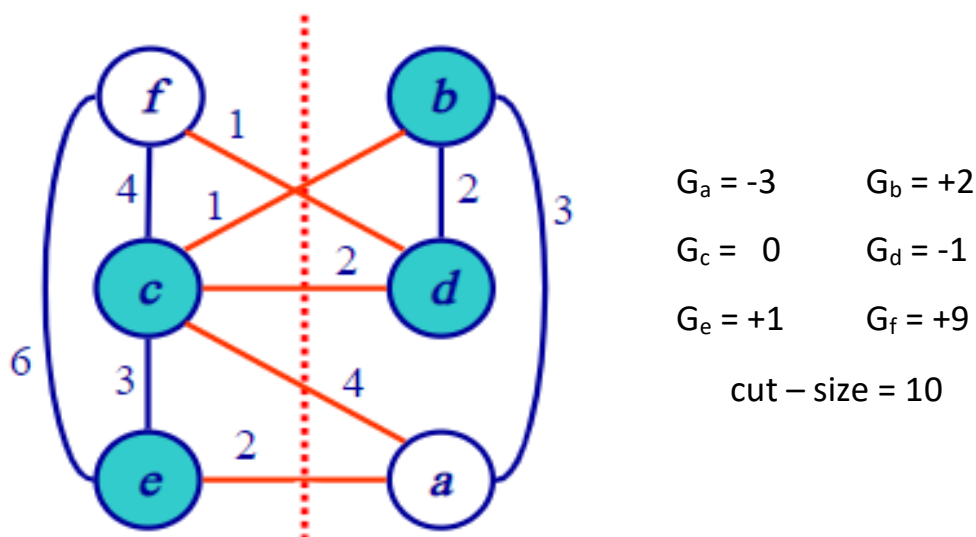


Рисунок 2.5. Оптимізований граф з меншою кількістю ребер

Джерело: [23]

2.2. Проектування та моделювання складових інформаційної інфраструктури ЗВО

В розділі 1 наведено агреговане визначення II як комплексної сукупності різноманітних інформаційних систем та/або автоматизованих систем, інформаційних ресурсів, електронних комунікаційних мереж, засобів комунікації, механізмів управління і нормативно-правових баз, що забезпечують створення, зберігання, передавання, обробку і використання інформації, а також захист інформаційних ресурсів від загроз і негативних впливів на суб'єктів господарської діяльності.

Визначимо та опишемо складові інформаційної інфраструктури суб'єкта господарської діяльності (табл. 2.2)

Таблиця 2.2

Компоненти інформаційної інфраструктури суб'єкта господарської діяльності

Умовне позначення	• Складова інформаційної інфраструктури (II)	Характеристика структурних компонентів інформаційної інфраструктури суб'єкта господарської діяльності
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
К1	Інформаційні системи (ІС)/автоматизовані системи (АС)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ інформаційна (автоматизована) система – організаційно-технічна система, в якій реалізується технологія обробки інформації з використанням технічних і програмних засобів [8]; ▪ інформаційно-комунікаційна система – сукупність інформаційних та електронних комунікаційних систем, які у процесі обробки інформації діють як єдине ціле [8]; ▪ автоматизована інформаційна система – інформаційна система, що містить інформаційні, лінгвістичні, організаційно-технологічні засоби й призначена для автоматизованого чи

1	2	3
		автоматичного здійснення інформаційної діяльності [9].
К2	Інформаційні ресурси (ІР)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ систематизовані зібрання документів, їх масивів в інформаційних системах, зафіксованих на паперових, електронних чи інших носіях інформації, які призначені для забезпечення інформаційних потреб користувачів інформації у визначеній сфері діяльності [10]. ▪ інформація, представлена у формі для зберігання, накопичення, оброблення та використання суб'єктами господарювання [11]. ▪ вихідні дані для формування нових знань, які можна інтерпретувати і людиною, і комп'ютерними програмами [11].
К3	Електронні комунікаційні мережі (ЕКМ)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ комплекс технічних засобів електронних комунікацій та споруд, призначених для надання електронних комунікаційних послуг [12]: ✓ ЕКМ загального користування – ЕКМ, доступ до якої відкритий для всіх кінцевих користувачів послуг [12]; ✓ глобальна ЕКМ призначена для передачі даних та складається з фізично та логічно взаємоз'єднаних окремих електронних комунікаційних мереж, взаємодія яких базується на використанні єдиного адресного простору та на використанні інтернет-протоколів, визначених міжнародними стандартами мережі Інтернет [12].
К4	Засоби комунікації (ЗК)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ обладнання, програмне забезпечення, станційні та лінійні споруди, призначені для організації електронних комунікаційних мереж [12].
К5	Механізми управління (МУ)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ алгоритм дій, методів та способів, які впливають на об'єкт та призводять до взаємоузгодженої, ефективної роботи всієї системи [13]. ▪ інструмент, система, за допомогою якої відбувається генерація управлінських явищ та процесів [13].

1	2	3
		<ul style="list-style-type: none"> ▪ методи, форми, інструменти, принципи, об'єкти управління, вплив на які здійснюється з метою досягнення визначених раніше задач та поставлених цілей [13].
К6	Нормативно-правові бази (НПБ)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ обґрунтування діяльності суб'єкта господарської діяльності, будь якої форми власності, масштабу та сфери діяльності. ▪ юридичний засіб досягнення ефективності механізмів управління.
К7	Системи та механізми захисту інформаційних ресурсів (СМЗІР)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ множина методів і засобів, що забезпечують цілісність, конфіденційність інформаційних ресурсів. ▪ комплексу заходів для забезпечення кібернетичної (інформаційної) безпеки суб'єкта господарської діяльності ▪ множина методів і засобів, що спрямовані на попередження порушення конфіденційності та доступності ІР, їх цілісності, а також її несанкціонованої модифікації.

Джерело: побудовано автором

Інформаційну інфраструктуру суб'єкта господарської діяльності можна представити як функцію що залежить від її структурних компонентів.

$$ІС = f_1(K1, K2...K7) \quad (2.6)$$

де, ІС - інформаційна інфраструктура суб'єкта господарської діяльності
K1 – ІС/АС, K2– ІР, K3– ЕКМ, K4 – ЗК, K5 – МУ, K6– НПБ, K7- СМЗІР

Визначимо $f_1(K1, K2...K7)$ як суму вище наведених компонентів:

$$f_1(K1, K2...K7) = \sum_{i=1}^7 K_i \quad (2.7)$$

Графічно модель інформаційної інфраструктури можна подати у вигляді неорієнтованого графа G_1 (Рис. 2.6)

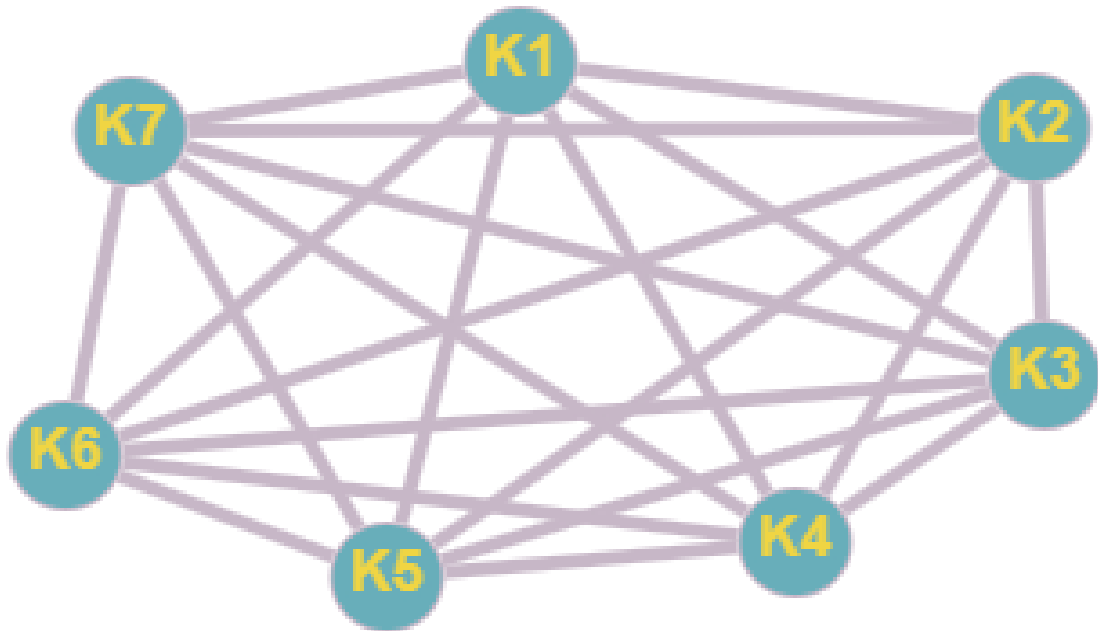


Рисунок 2.6 Інформаційна інфраструктура в вигляді неорієнтованого графа G_1 .

Джерело: розроблено автором

Охарактеризуємо вище зображений граф:

1. Граф $G_1 = \langle V_1, E_1 \rangle$, де G_1 неорієнтований граф, що, складається з двох множин: V_1 – множина вершин, або об'єктів, E_1 – множина ребер, або пар об'єктів з V_1 . Позначимо вершини K_n – номер вершини; $n \in [1;7]$.
2. Кількість вершин рівна кількості структурних компонентів (які є рівнозначні) згідно з визначенням інформаційної інфраструктури суб'єкта господарської діяльності, а саме сім.
3. З кожної вершини виходить шість ребер, що відповідно поєднуються з кожною з шести інших вершин. Вага мінімального остовного дерева рівна шести (Рис.2.7)

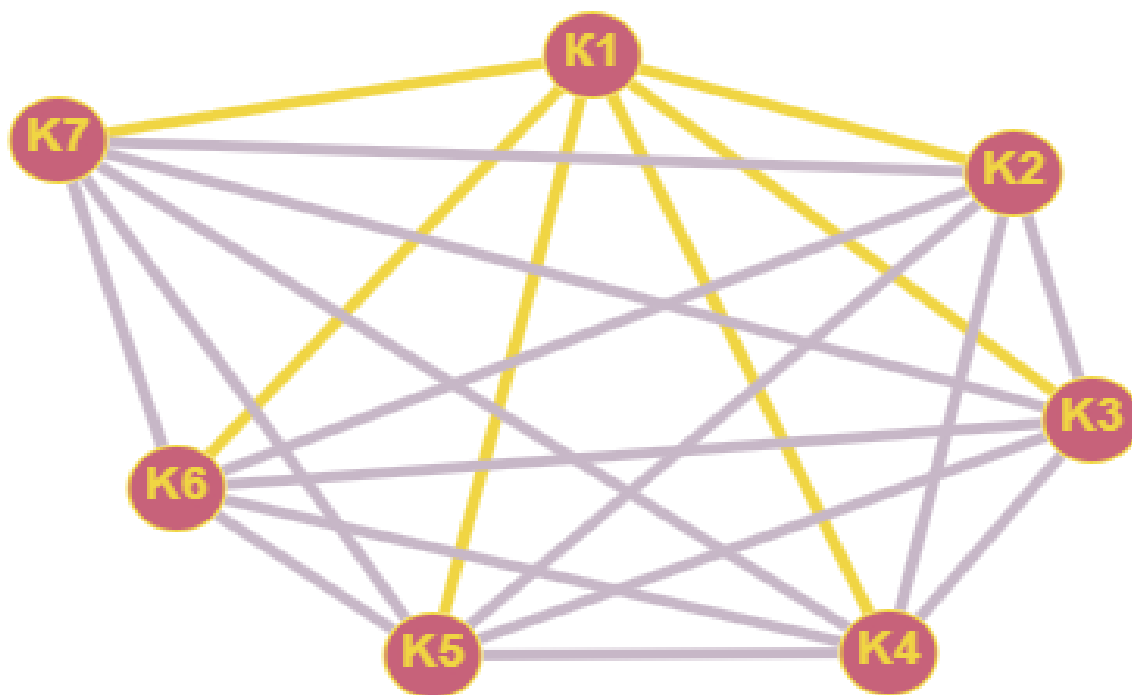


Рисунок 2.7 Графічне відображення ваги мінімального основного дерева графа G_1 .

Джерело: розроблено автором

4. Загальна кількість шляхів між двома будь-якими вершинами рівна 326.

5. Ейлерів цикл (Рис. 2.8 а):

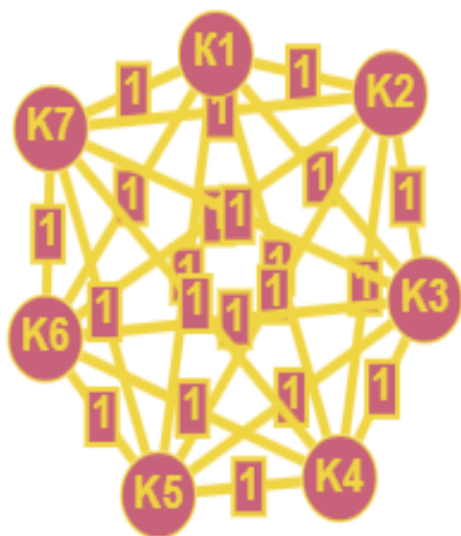
$K_1 \Rightarrow K_6 \Rightarrow K_5 \Rightarrow K_7 \Rightarrow K_6 \Rightarrow K_3 \Rightarrow K_4 \Rightarrow K_5 \Rightarrow K_3 \Rightarrow K_7 \Rightarrow K_4 \Rightarrow K_6 \Rightarrow K_2 \Rightarrow K_7 \Rightarrow K_1 \Rightarrow K_4 \Rightarrow$
 $K_2 \Rightarrow K_5 \Rightarrow K_1 \Rightarrow K_2 \Rightarrow K_3 \Rightarrow K_1$

6. Ейлерів ланцюг (Рис3.8 b):

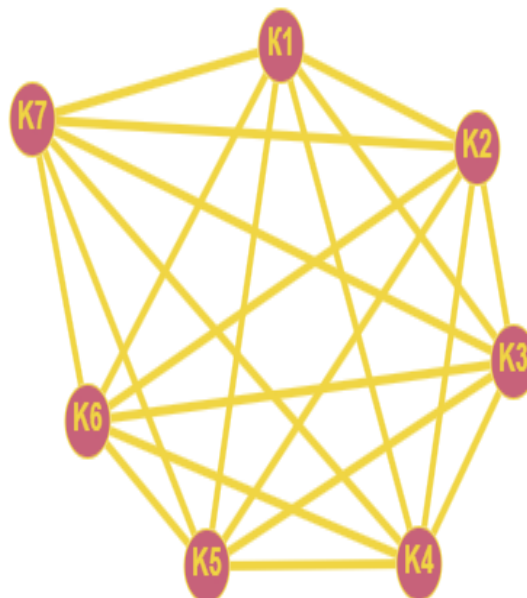
$K_1 \Rightarrow K_6 \Rightarrow K_5 \Rightarrow K_7 \Rightarrow K_6 \Rightarrow K_3 \Rightarrow K_4 \Rightarrow K_5 \Rightarrow K_3 \Rightarrow K_7 \Rightarrow K_4 \Rightarrow K_6 \Rightarrow K_2 \Rightarrow K_7 \Rightarrow K_1 \Rightarrow K_4 \Rightarrow$
 $K_2 \Rightarrow K_5 \Rightarrow K_1 \Rightarrow K_2 \Rightarrow K_3 \Rightarrow K_1$

7. Гамільтонів цикл (Рис4.a): $K_1 \Rightarrow K_2 \Rightarrow K_3 \Rightarrow K_4 \Rightarrow K_5 \Rightarrow K_6 \Rightarrow K_7 \Rightarrow K_1$

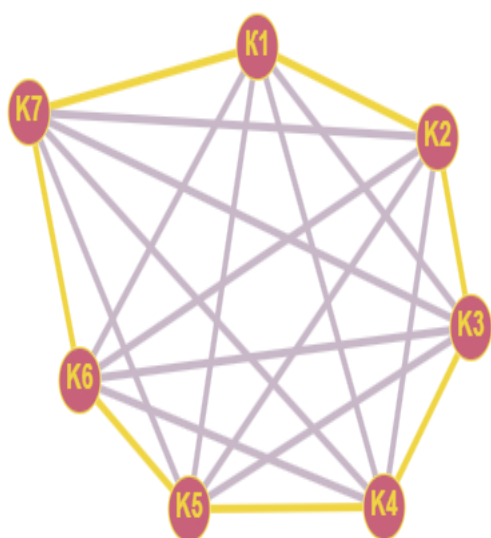
8. Гамільтонів ланцюг (Рис4.b): $K_1 \Rightarrow K_2 \Rightarrow K_3 \Rightarrow K_4 \Rightarrow K_5 \Rightarrow K_6 \Rightarrow K_7$



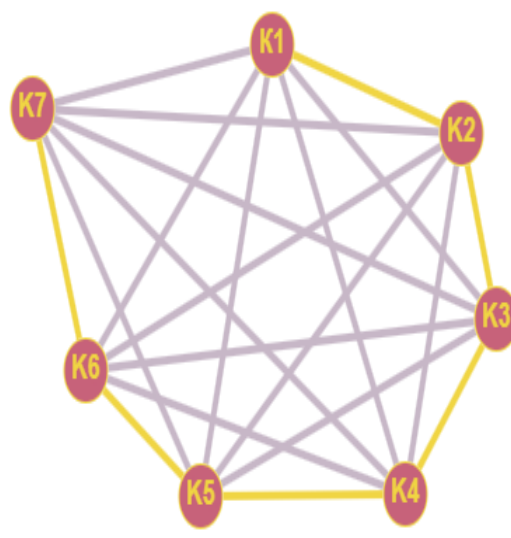
а) Ейлерів цикл графа G1



б) Ейлерів ланцюг графа G1

Рисунок 2.8. Ейлерів цикл та Ейлерів ланцюг графа G1.*Джерело: розроблено автором*

а) Гамільтонів цикл графа G1



б) Гамільтонів ланцюг графа G1

Рисунок 2.9. Гамільтонів цикл та Гамільтонів ланцюг графа G1.*Джерело: розроблено автором*

9. Відстань між будь-якою з вершин до будь-якої іншої вершини рівна одиниці. Степінь кожної з вершин рівна шість.
10. Матриця мінімальних відстаней графа за алгоритмом Флойда – Уоршера співпадає з матрицею суміжності:

$$\begin{bmatrix} 0111111 \\ 1011111 \\ 1101111 \\ 1110111 \\ 1111011 \\ 1111101 \\ 1111110 \end{bmatrix} \quad (2.8)$$

11. Матриця інцидентності:

$$\begin{bmatrix} 10111110000000000000 \\ 11000001111000000000 \\ 01100000000111100000 \\ 000100010001000111000 \\ 000010001000100100110 \\ 000001000100010010101 \\ 000000100010001001011 \end{bmatrix} \quad (2.9)$$

12. Максимальний потік (рис. 2.10) між двома вершинами рівний шести. Всі вершини є периферійними. Радіус та діаметр графа рівний одиниці.

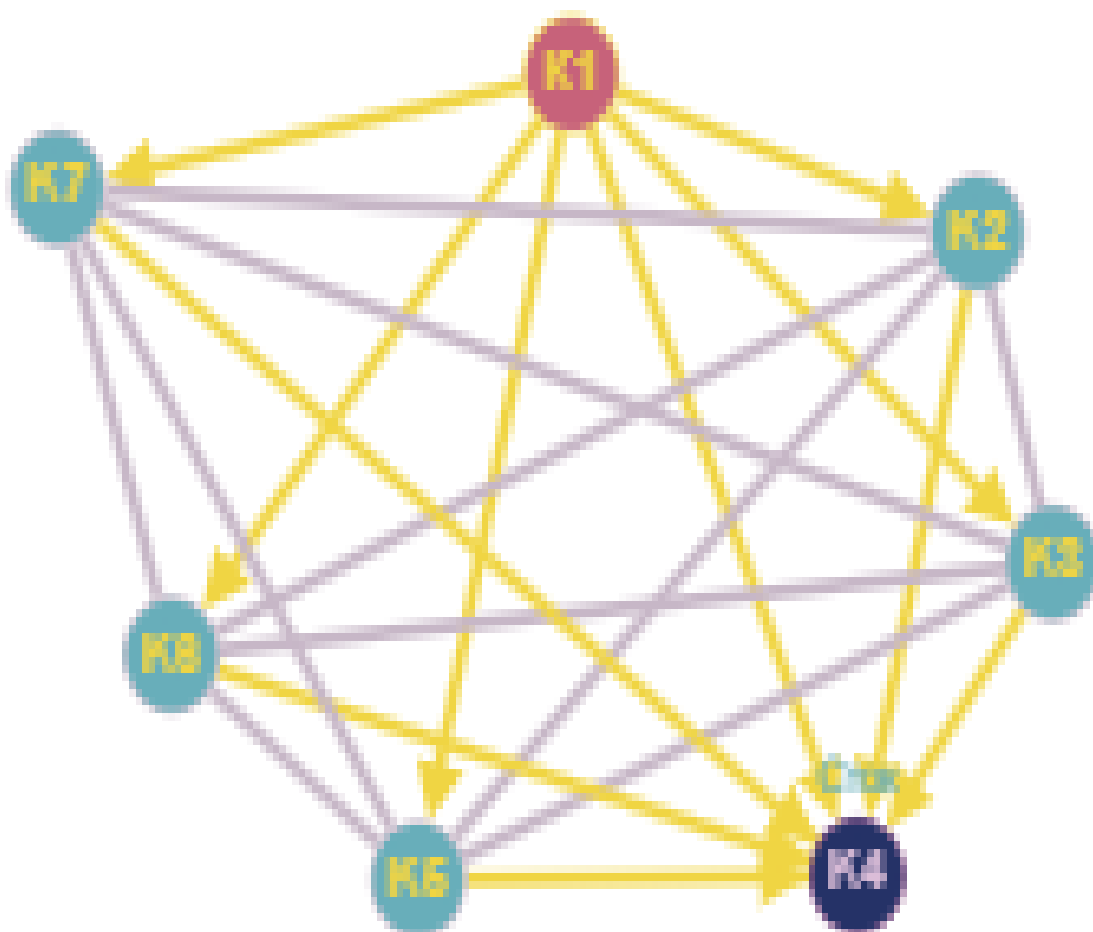


Рисунок 2.10 Максимальний потік графа G1.

Джерело: розроблено автором

В першому розділі запропоновано авторське бачення визначення II ЗВО як комплексної сукупності інформаційних систем ЗВО/автоматизованих спеціалізованих систем, інформаційних освітніх ресурсів, електронних комунікаційних мереж та засобів е-комунікації, механізмів управління ЗВО, засобів інформаційного та кіберзахисту, нормативно-правової бази, що направлені на гармонізацію освітнього процесу та освітньої діяльності закладу вищої освіти.

Визначимо та опишемо складові II ЗВО на основі згенерованого нами загального визначення II СГД та за даними таб. 2.2 (див. табл. 2.3)

**Класифікація складових інформаційної інфраструктури закладу
вищої освіти**

Складова II СГД	Складова II ЗВО	Умовне позначе ння	Характеристик а структурних компонентів II ЗВО	Складові структурних компонентів II ЗВО
1	2	3	4	5
Інформаційні системи (ІС)/ Автоматизовані системи (АС)	Інформаційні системи ЗВО (ІС ЗВО)/ Автоматизовані системи ЗВО (АС ЗВО)/	СК1	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ІС ЗВО – це організаційно-технічна система забезпечення життєдіяльності ЗВО, за допомогою якої реалізується технологія обробки інформації з використанням технічних і програмних засобів 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ автоматизовані навчальні системи ЗВО (АНС ЗВО) – узгоджена сукупність навчальних матеріалів, засобів їх розробки, зберігання, передачі і доступу до них, призначена для цілей навчання і заснована на використанні сучасних інформаційних технологій [30].

1	2	3	4	5
				<ul style="list-style-type: none"> ▪ АС забезпечення бухгалтерського обліку (АС БО) ▪ АС обліку кадрів (АС ОК) ▪ АС бібліотеки (АС Б) ▪ АС обліку здобувачів вищої освіти (АСЗдВО) ▪ АС керування освітнім процесом (АС КОП) ▪ АС е-діловодства (АС е-Д), тощо
Інформаційні ресурси (ІР)	Інформаційні освітні ресурси ЗВО (ІОР ЗВО)	СК2	Множина технічних засобів та компетентність усіх учасників освітнього процесу в рішенні пізнавальних, навчальних і професійних завдань за допомогою інформаційно-комунікативних технологій (ІКТ) [31].	<ul style="list-style-type: none"> ▪ комунікаційні канали (КмК) ▪ бази даних (БД) ▪ інформаційне та мультимедійне обладнання (ІМО) ▪ програмні продукти (ПП) ▪ користувачі – учасники освітньої/діяльності (К) ▪ хмарні обчислення (ХМО), тощо
Електронні комунікаційні мережі (ЕКМ)	Електронні комунікаційні мережі ЗВО (ЕКМ ЗВО)	СК3	Комплекс технічних засобів електронних комунікацій, призначених для безперервної роботи основних електронних	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ЕКМ ЗВО локального користування (ЕКМ ЗВО ЛК) – ЕКМ, доступ до якої відкритий для всіх кінцевих користувачів послуг

1	2	3	4	5
			засобів навчання та освіти	визначеного ЗВО . <ul style="list-style-type: none"> ▪ глобальні ЕКМ (Г ЕКМ) – призначені для учасників освітнього процесу та освітньої діяльності на основі використання інтернет-протоколів, визначених міжнародними стандартами мережі Інтернет.
Засоби комунікації (ЗК)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Засоби е-комунікації ЗВО (ЗК ЗВО) 	СК4	<ul style="list-style-type: none"> ▪ обладнання, програмне забезпечення, що призначене для організації електронних комунікаційних мереж в межах визначеного ЗВО та пов'язане з засобами е-комунікації загального призначення 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ інформаційне та мультимедійне обладнання (ІтаМ Об) ▪ мережеве програмне забезпечення (М ПЗ) ▪ програмне забезпечення розподілу ресурсів ЗВО (ПЗ РР ЗВО)
Механізми управління (МУ)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Механізми управління ЗВО (МУ ЗВО) 	СК5	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Методи, форми та інструменти, які впливають на ЗВО з метою досягнення визначених задач та поставлених цілей менеджментом ЗВО 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ методи (безпосереднього та непрямого впливу) ▪ форми (довірчо-партнерські засади, людиноцентризм, е-управління, засади е-демократії, управління на засадах е-інтеракції) ▪ інструменти (ієрархія,

1	2	3	4	5
				стандарти вищої освіти, стратегія розвитку ЗВО, СУЯВО (системи управління якістю вищої освіти), нормативно-правові документи, тощо.)
Нормативно-правові бази та документи (НПБта Д)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Нормативно-правові бази ЗВО (НПБ та Д ЗВО) 	СК6	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Комплекс законів, актів, положень та нормативно-правових документів ЗВО, що регулюють освітню діяльність та освітній процес ЗВО. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Загальнодержавні (ЗД НПБ та Д) ▪ правові документи внутрішнього використання ЗВО (ПД ВК)
Системи та механізми захисту інформаційних ресурсів (СМЗІР)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Системи та механізми захисту інформаційних ресурсів (СМЗІР ЗВО) 	СК7	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Сукупність методів і засобів, які спрямовані на захист цілісності, конфіденційності і та доступності інформаційних ресурсів інфраструктури ЗВО 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ методи і засоби технічного захисту (ТЗ) ▪ методи і засоби програмного захисту (ПрЗ) ▪ методи і засоби фізичного захисту (ФЗ) ▪ методи і засоби економічного захисту (ЕЗ) ▪ організаційні методи та засоби захисту (ОргЗ), тощо

Джерело: розроблено автором

Інформаційну інфраструктуру закладу вищої освіти можна представити як функцію, що залежить від її структурних компонентів та їх складових.

$$IIСЗВО = f_2(CK1, CK2...CK7) \quad (2.10)$$

де, *IIСЗВО* – інформаційна інфраструктура закладу вищої освіти. *CK1* – *IC ЗВО* / *AC ЗВО*, *CK2* – *IOР ЗВО*, *CK3* – *EKM ЗВО*, *CK4* – *ЗК ЗВО*, *CK5* – *МУ ЗВО*, *CK6* – *НПБ ЗВО*, *CK7* – *СМЗІР ЗВО*.

Визначимо параметр *CK1* як функцію, що залежить від складових *CK1* – сукупності автоматизованих навчальних систем та автоматизованих систем

$CK1 = f_{21}(c_{11}, c_{12} \dots c_{1a})$, де c_{11} – АНС ЗВО, c_{12} – АС БО, c_{13} – АС ОК, c_{14} – АС Б, c_{15} – АС ЗДВО, c_{16} – АС КОП, c_{17} – АС е-Д, $c_{1a} \geq 7$ – скінченне ціле число, яке визначається специфікою II ЗВО

Визначимо параметр *CK2* як функцію, що залежить від складових *CK2* – сукупності технічних засобів та компетентність усіх учасників освітнього процесу

$CK2 = f_{22}(c_{21}, c_{22} \dots c_{2b})$, де c_{21} – КМК, c_{22} – БД, c_{23} – ІМО, c_{24} – ПП, c_{25} – К, c_{26} – ХМО, $c_{2b} \geq 6$ – скінченне ціле число, яке визначається специфікою II ЗВО.

Визначимо параметр *CK3* як функцію, що залежить від складових *CK3* – сукупності технічних засобів електронних комунікацій, призначених для безперервної роботи основних електронних засобів навчання та освіти

$CK3 = f_{23}(c_{31}, c_{32})$, де c_{31} – ЕКМ ЗВО ЛК, c_{32} – Г ЕКМ

Представимо модель організації електронних комунікаційних мереж в межах визначеного ЗВО та пов'язане з засобами е-комунікацій загального призначення у вигляді кортежу $CK4(U, P, O) = S$, де S – структура електронних комунікаційних мереж в межах визначеного ЗВО та пов'язане з засобами е-комунікацій загального призначення, U – множина об'єктів електронних

комунікаційних мереж, які змінюють свій стан в результаті множини операцій O , користувачами P .

Далі визначимо параметри $СК5$ та $СК6$ – механізми управління ЗВО (МУ ЗВО) та нормативно-правові бази ЗВО (НПБ та Д ЗВО). Алгоритм роботи $СК5$ (E) залежить від типу впливів – внутрішніх (EE) та зовнішніх (IE). Тоді $E = EE \cup IE$.

Зовнішні впливи $EE = \{e_w \mid w = \overline{1, W_e}\}$ включають розпорядження міністерств, нові закони та стандарти (зокрема, у галузі освіти), замовлення від сторонніх організацій на підготовку фахівців та інші впливи, що існують ззовні. Внутрішні впливи $IE = \{i_w \mid w = \overline{1, W_i}\}$ формуються з урахуванням зовнішнього впливу чи самостійно всередині ЗВО. Вплив спрямовано на отримання конкретного результату – документа, наприклад, ООП чи РНП, або деякої їх множини, які задовольняють умовам, поставленим впливом, що у загальному вигляді можна відобразити наступним чином: $e_w = (U^*, P^*, O^*, T^*)$, де U^*, P^*, O^*, T^* – безліч документів ЗВО, користувачів електронних комунікаційних мереж ЗВО, операцій та тимчасових обмежень, заданих впливом e_w відповідно.

Далі визначимо параметр $СК7$ – системи та механізми захисту інформаційних ресурсів (СМЗІР в ЗВО). Формальна математична постановка задачі оптимізації схеми розмежування доступу в СЗІ ЗВО може бути побудована на основі наступних змінних: об'єкти доступу – $AO = \{ao_i\}, i = \overline{1, I}$; суб'єкти доступу – $SA = \{sa_j\}, j = \overline{1, J}$; комунікаційні вузли (КУ) – $CN = \{cn_k\}, k = \overline{1, K}$; механізм який дозволяє підтримувати метрики безпеки доступу до засоби е-комунікації ЗВО на заданому рівні – $AM^0 = \{am_{i,j}^0\}, i = \overline{1, I}, j = \overline{1, J}$.

Враховуючи автономію ЗВО та цифровізацію освіти, кількість та змістовність структурних компонентів може бути адаптовано під потреби конкретного ЗВО.

Графічно модель інформаційної інфраструктури закладу вищої освіти можна подати у вигляді складного комбінованого графа (рис. 2.11)

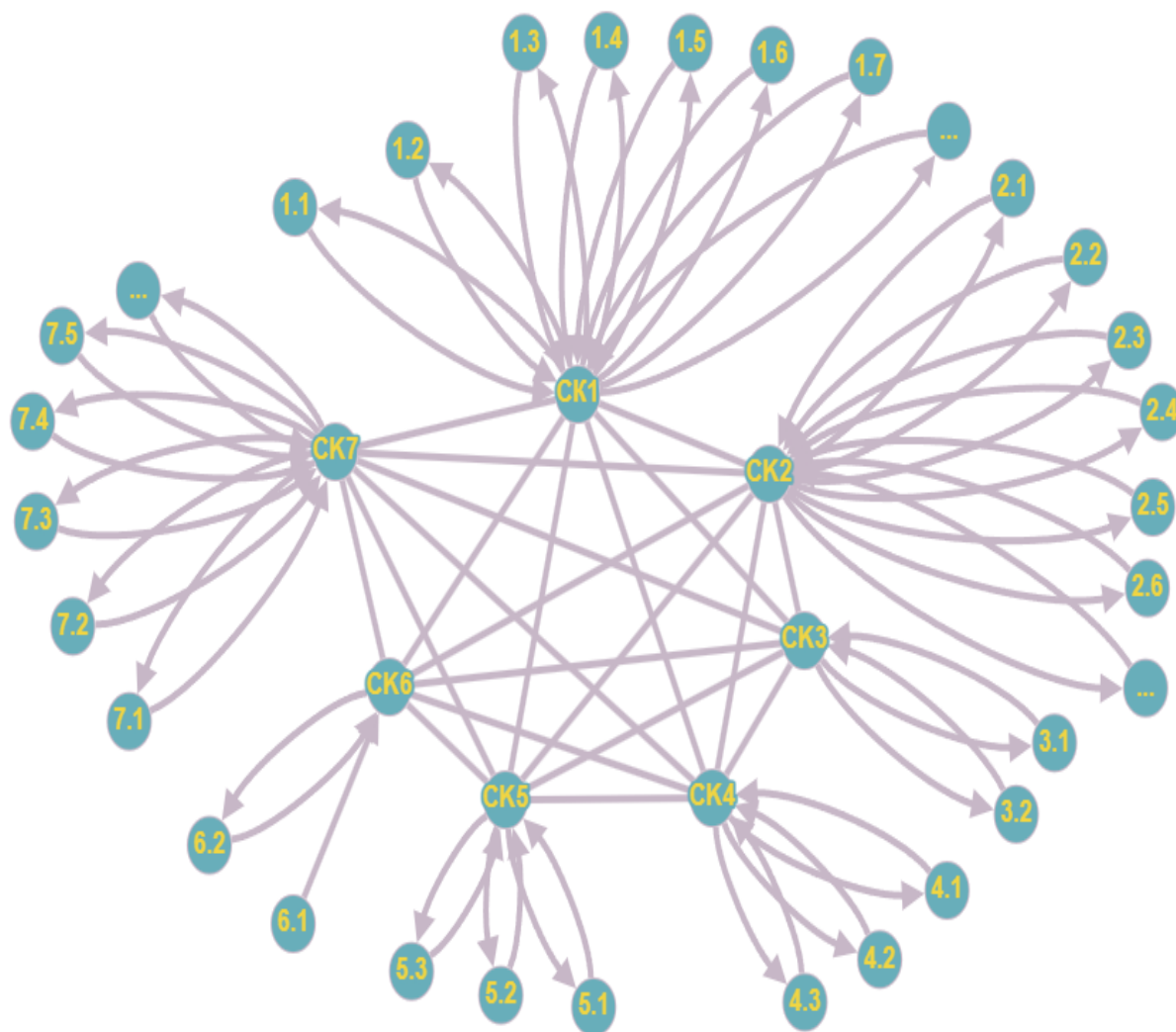


Рисунок 2.11. Інформаційна інфраструктура ЗВО у вигляді графа G2.

Джерело: розроблено автором

Охарактеризуємо вище зображений граф:

1. Граф $G2 = \langle V_2, E_2 \rangle$, де G2 комбінований граф, що, складається з двох множин:

V_2 – множина вершин, або об'єктів, E_2 – множина ребер, або пар об'єктів з V_2 .

Позначимо вершини $СКn$ – номер вершини. При чому, $n \in [1;7]$;

2. Граф має 7 центральних вершин, що співпадає з кількістю структурних компонентів та 31-ої периферійної вершини, що відповідає загальній кількості складових структурних компонентів;

3. Граф складається з семи острівних дерев. Вага мінімального острівного дерева рівна 37. (При умові ігнорування орієнтації дуг) (рис. 2.12);

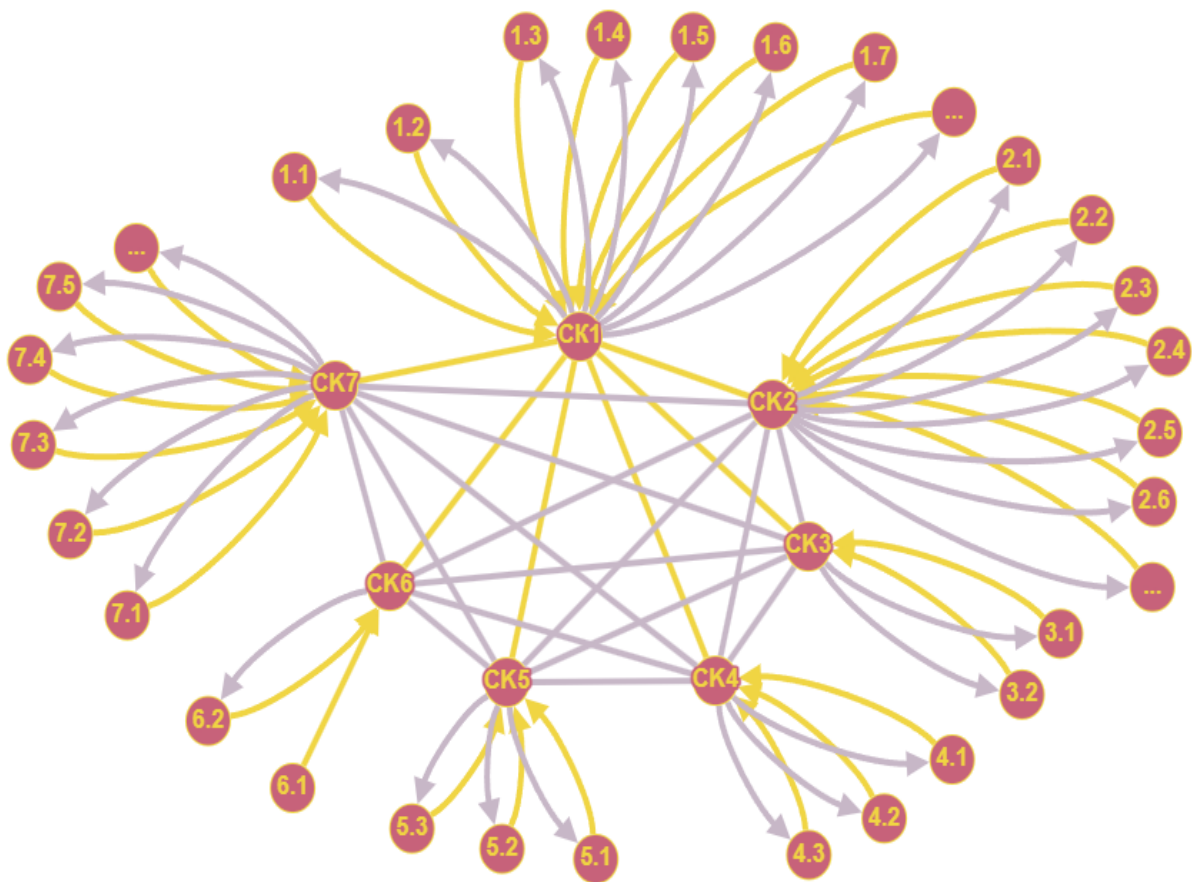


Рисунок 2.12. Вага мінімального острівного дерева графа G_2 .

Джерело: розроблено автором

4. Радіус графа: 2 ($СК1 \Rightarrow СК2 \Rightarrow 2.1$). Діаметр графа: 3 ($1.2 \Rightarrow СК1 \Rightarrow СК2 \Rightarrow 2.1$);

5. Максимальний ступінь вершин графа рівна семи (рис. 2.13);

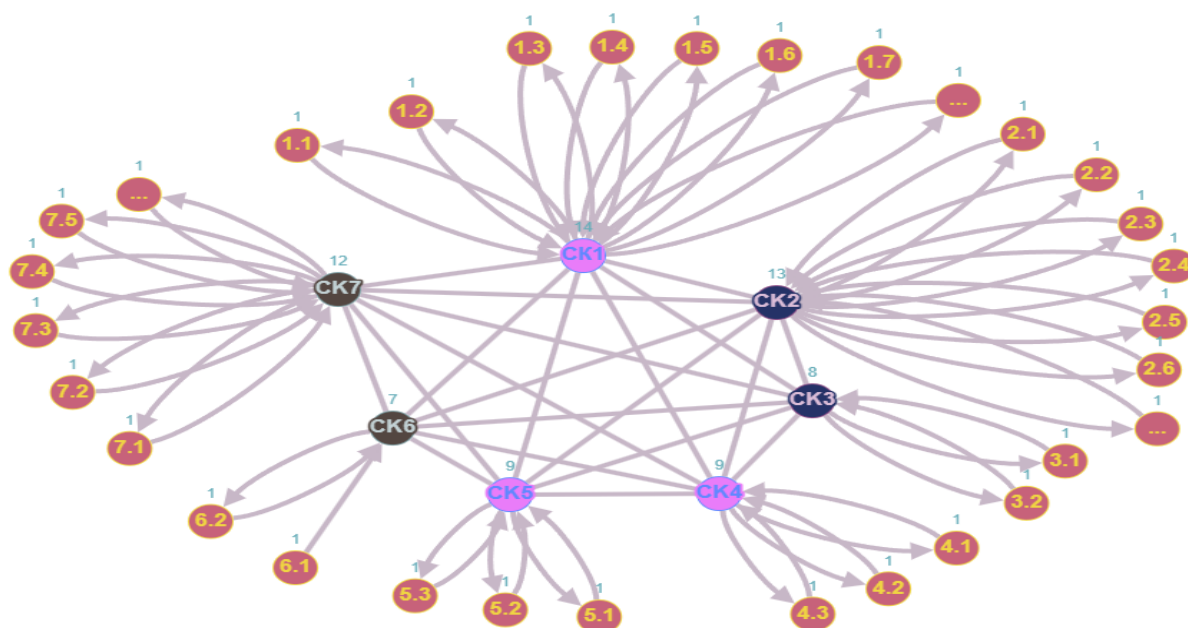


Рисунок 2.13. Степінь вершин графа G2.

Джерело: розроблено автором

6. Ейлерів цикл та Ейлерів ланцюг не визначений;
7. Гамільтоновий цикл та Гамільтоновий ланцюг не визначений;
8. Число слабо пов'язних компонентів рівне одиниці (рис. 2.14);

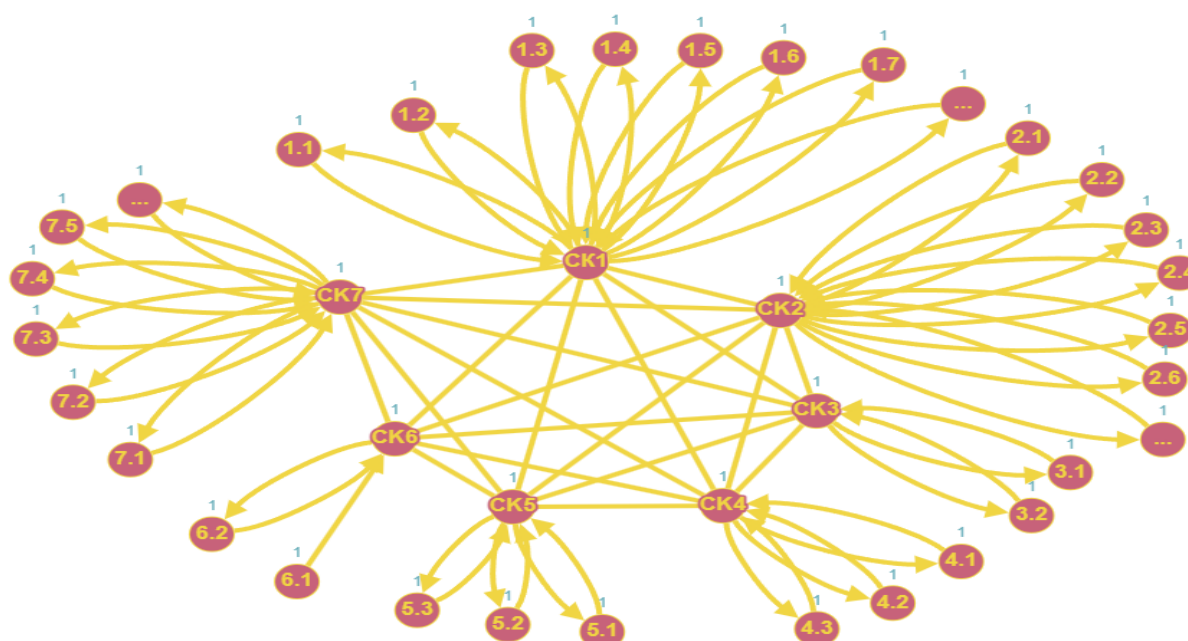


Рисунок 2.14. Компоненти зв'язності графа G2.

Джерело: розроблено автором

9. Упорядкований та візуалізований граф G2 зображений на рис. 2.15;

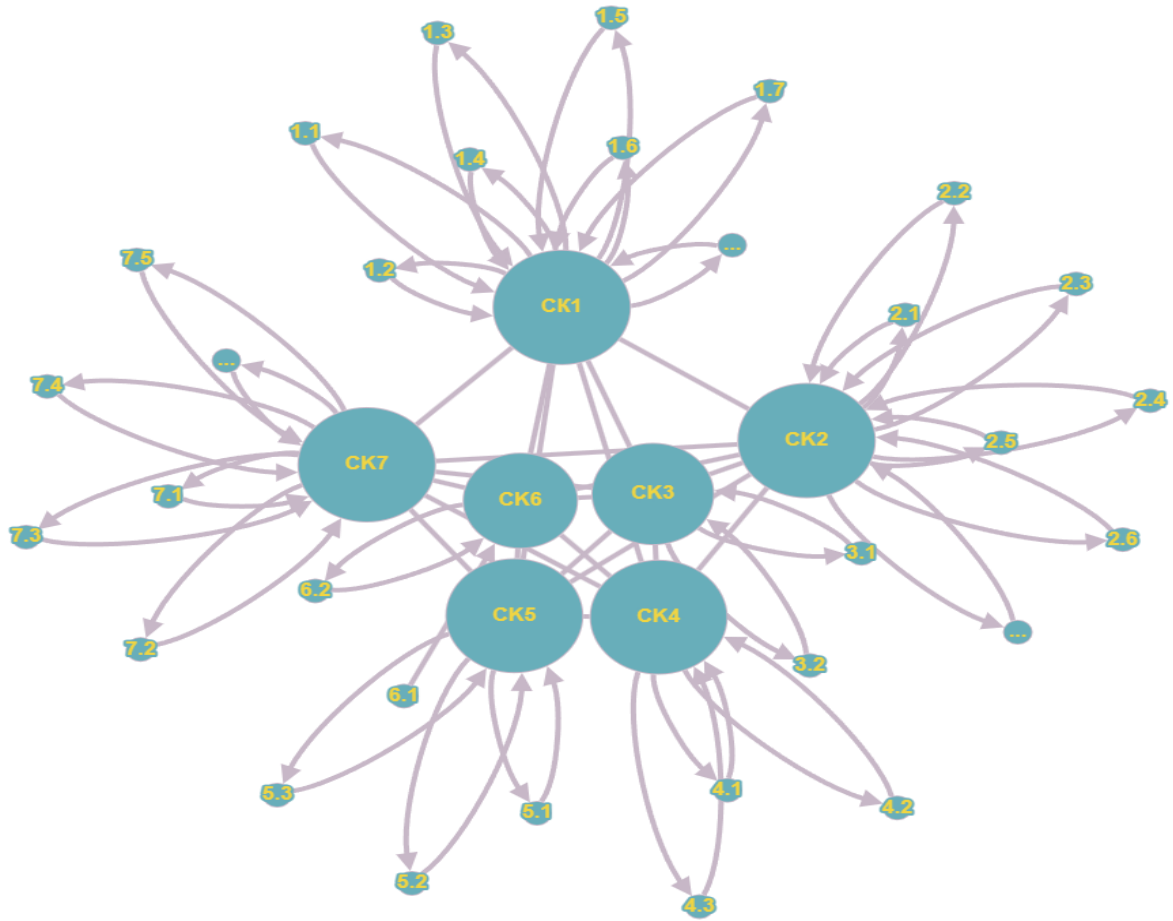


Рисунок 2.15. Зображення упорядкованого та візуалізованого графа G2.

Джерело: розроблено автором

10. Матриця мінімальних відстаней графа за алгоритмом Флойда – Уоршера:

0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	2	2	1	2	2	2	1	0	2	1	2	2	2	2		
10	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	2	3	3	2	3	3	3	2	3	3	2	0	3	2	3	3	3	3	
12	0	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	2	3	3	2	3	3	3	2	3	3	3	2	0	3	2	3	3	3	3	
12	2	0	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	2	3	3	2	3	3	3	2	3	3	3	2	0	3	2	3	3	3	3	
.....																																
2	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	2	3	3	2	3	3	3	2	3	3	3	2	0	3	1	2	2	0	2	2
2	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	2	3	3	2	3	3	3	2	3	3	3	2	0	3	1	2	2	0	2	2
2	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	2	3	3	2	3	3	3	2	3	3	3	2	0	3	1	2	2	0	2	2
2	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	2	3	3	2	3	3	3	2	3	3	3	2	0	3	1	2	2	2	0	2

(2.11)

11. Матриця суміжності графа G2:

$$\begin{array}{l}
 \left[\begin{array}{l}
 01111111110000000100100010001001000000 \\
 10000000000000000000000000000000000000 \\
 10000000000000000000000000000000000000 \\
 10000000000000000000000000000000000000 \\
 10000000000000000000000000000000000000 \\
 10000000000000000000000000000000000000 \\
 \dots \\
 000000000000000000000000000000000001000000 \\
 000000000000000000000000000000000001000000 \\
 000000000000000000000000000000000001000000 \\
 000000000000000000000000000000000001000000 \\
 000000000000000000000000000000000001000000 \\
 000000000000000000000000000000000001000000
 \end{array} \right.
 \end{array} \tag{2.12}$$

12. Матриця відстаней графа G2:

$$\begin{array}{l}
 \left[\begin{array}{l}
 011111111111222222122212221222222232 \\
 1022222223333332332333233323233333 \\
 1202222223333332332333233323233333 \\
 1220222223333332332333233323233333 \\
 1222022223333332332333233323233333 \\
 1222202223333332332333233323233333 \\
 \dots \\
 23333333233333323323332333231022222 \\
 23333333233333323323332333231202222 \\
 23333333233333323323332333231220222 \\
 23333333233333323323332333231222022 \\
 23333333233333323323332333231222202 \\
 2333333323333332332333233323122220
 \end{array} \right.
 \end{array} \tag{2.13}$$

2.3 Графічне моделювання інформаційної інфраструктури на прикладі університету.

Розглянемо характеристику ІІ ЗВО на прикладі наступних освітніх інституцій: Національний транспортний університет (НТУ), Державний податковий університет (ДПУ), Державний торговельно-економічний університет (ДТЕУ)

Таблиця 2.4

Аналіз складових інформаційної інфраструктури закладів вищої освіти: НТУ, ДПУ, ДТЕУ

Складова ІІ ЗВО	Складові структурних компонентів ІІ ЗВО	НТУ	ДПУ	ДТЕУ
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
ІС ЗВО / АС ЗВО)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ АНС ЗВО ▪ АС БО ▪ АС ОК ▪ АС Б ▪ АС ЗдВО ▪ АС КОП ▪ АС е-Д, тощо 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ АНС ЗВО ▪ АС БО ▪ АС ОК ▪ АС ЗдВО ▪ АС керування розкладом, тощо 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ АНС ЗВО ▪ АС БО ▪ АС ОК ▪ АС ЗдВО ▪ АС КОП ▪ АС е-Д, тощо 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ АНС ЗВО ▪ АС фінансово-економічної діяльності ЗВО ▪ АС Б ▪ АС ЗдВО ▪ АС КОП ▪ АС е-Д, тощо
ІОР ЗВО	<ul style="list-style-type: none"> ▪ КмК ▪ БД ▪ ІМО ▪ ПП ▪ К ▪ ХМО, тощо 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ КмК ▪ БД ▪ ІМО ▪ ПП ▪ К, тощо 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ КмК ▪ БД ▪ ІМО ▪ ПП ▪ К ▪ ХМО, тощо 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ КмК ▪ БД ▪ ІМО ▪ ПП ▪ К ▪ ХМО, тощо
ЕКМ ЗВО	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ЕКМ ЗВО ЛК ▪ Г ЕКМ 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ЕКМ ЗВО ЛК ▪ Г ЕКМ 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ЕКМ ЗВО ЛК ▪ Г ЕКМ 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ЕКМ ЗВО ЛК ▪ Г ЕКМ
ЗК ЗВО	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ІтаМ Об ▪ М ПЗ ▪ ПЗ РР ЗВО 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ІтаМ Об ▪ М ПЗ 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ІтаМ Об ▪ М ПЗ ▪ ПЗ РР ЗВО 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ІтаМ Об ▪ М ПЗ ▪ ПЗ РР ЗВО
МУ ЗВО	<ul style="list-style-type: none"> ▪ методи 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ методи 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ методи 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ методи (

1	2	3	4	5
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ форми ▪ інструменти 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ форми ▪ інструменти 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ форми ▪ інструменти 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ форми ▪ інструменти
НПБ ЗВО	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ЗД НПБ та Д ▪ ПД ВК 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ЗД НПБ та Д ▪ ПД ВК 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ЗД НПБ та Д ▪ ПД ВК 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ЗД НПБ та Д ▪ ПД ВК
СМЗІР ЗВО	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ТЗ ▪ ПрЗ ▪ ФЗ ▪ ЕЗ ▪ ОргЗ, тощо 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ТЗ ▪ ПрЗ ▪ ФЗ ▪ ОргЗ, тощо 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ТЗ ▪ ПрЗ ▪ ФЗ ▪ ЕЗ ▪ ОргЗ, тощо 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ТЗ ▪ ПрЗ ▪ ФЗ ▪ ЕЗ ▪ ОргЗ, тощо

Джерело: розроблено автором

За результатами аналізу складових інформаційної інфраструктури закладів вищої освіти наведених у таблиці 2.4, можна зазначити, що дані ЗВО мають типову для ЗВО інформаційну інфраструктуру, яка має свої переваги та недоліки.

До переваг відносимо в першу чергу всі інформаційні системи (ІС ЗВО) як є аналогічні, прототипні у всіх закладах вищої освіти, виконують типові задачі, які є у них, формуються і наповнюються різними фахівцями підрозділів ЗВО. Також важливою є локальна мережа, яка об'єднує всі комп'ютери та інші мультимедійні пристрої у єдину систему. Позитивним також є побудова виокремлених зон бездротової мережі, для забезпечення всіх користувачів на комп'ютерах, мобільних пристроях чи інших гаджетах. Всі процеси автоматизовано, задіяно інформаційні системи для керування, контролю і моніторингу визначених процесів. Застосування інформаційних систем робить всі процеси прозорими, контрольованими та дають можливість обміну цифровою інформацією з зовнішніми системами, можливість об'єднання у єдину інформаційну інфраструктуру. В залежності від структури ЗВО у нього побудована своя логічна система зв'язків між підрозділами закладу, побудована ієрархія зв'язків між ними. Всі ЗВО, без виключення, вносять дані про контингент здобувачів вищої освіти, замовляють студентські квитки, та вносять їх, після виготовлення, вводять всю інформацію про матеріально-технічну базу ЗВО та вносять увесь педагогічний персонал, всі його наукові здобутки, по

закінченню навчання студента присвоюється номер диплома у базі. При побудові інформаційної інфраструктури ЗВО передбачено уніфікацію всієї інформації про здобувачів, персонал та всієї нормативної документації, згідно з якою відбувається освітній процес. Є можливість підключатися до зовнішніх ресурсів за допомогою віртуального середовища VPN з використанням двофакторної автентифікації користувача, із заданими параметрами.

Недоліки, як і переваги загальні для всіх ЗВО. Найпоширеніша – це автономність різних інформаційних систем, які існують, розвиваються та трансформуються кожна окремо. Це дуже вразливо, що до структурованості і ідентичності, при здійсненні різних зв'язків між інформаційними системами, переносом цифрової інформації, відбором та порівнянням. Великі складнощі є з уніфікацією інформації з різних джерел, окремих баз даних, де по різних критеріям можливий відбір та фільтрація цифрової інформації. Відсутність можливості оперативно з різних систем відібрати оперативно інформацію з підтвердженням достовірності та актуальності в онлайн режимі. Виявлення чи ідентифікація користувачів у різних системах, побудована за своїми принципами, які принципово різні, не мають спільних критеріїв відбору, фільтрації для ідентифікації. Відсутність можливості одночасно працювати у різних інформаційних системах інфраструктури ЗВО. Відсутність можливості ідентифікації з можливістю надання доступу до всіх можливих існуючих ресурсів ЗВО, для виконання поставлених задач всіма учасниками підрозділів чи здобувачами. Можливість підключатися до інших інформаційних систем тільки за допомогою інтерфейсів API чи переносити інформацію за допомогою проміжних таблиць, запити до яких необхідно обробляти користувачам, що є не надійним.

Розглянемо детальніше інформаційну інфраструктуру ДТЕУ.

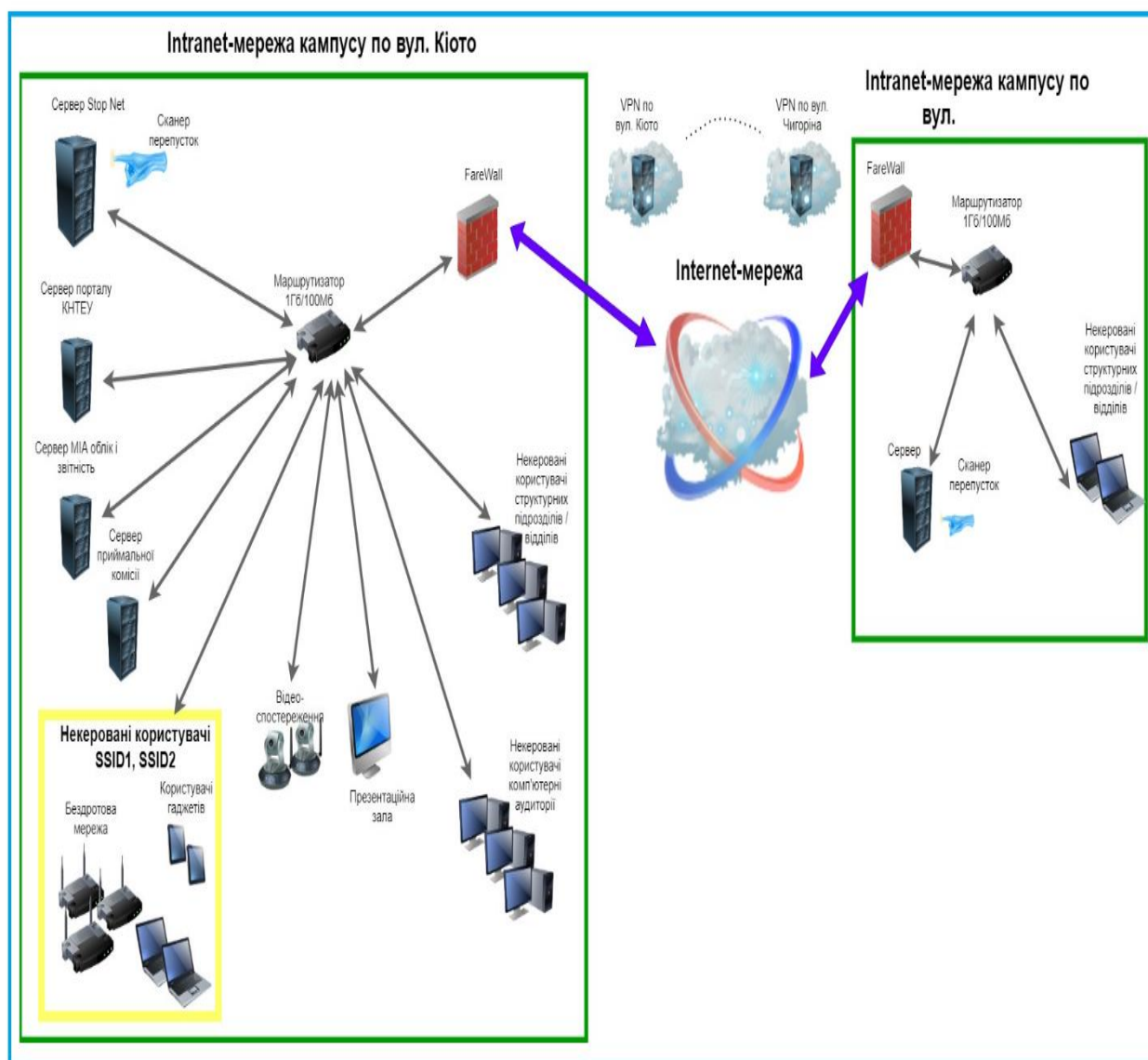
Як зазначено у рис. 2.16 а: Модель інформаційної інфраструктури ДТЕУ побудована інформаційна інфраструктура ДТЕУ містить багато структурних елементів та зв'язків, які забезпечують роботу всього закладу вищої освіти. До інформаційної інфраструктури ДТЕУ віднесемо всі сервери, які забезпечують роботу інформаційних систем, персональні комп'ютери, фахівців, які

працюють у різних інформаційних системах, керівництво та здобувачів вищої освіти. Контролери розповсюдження бездротового Інтернету та локальні роутери для забезпечення бездротового зв'язку. Локальна мережа, сервери, серверне та мережне програмне забезпечення, для забезпечення стабільного зв'язку всередині інформаційної інфраструктури ЗВО. Велика кількість зв'язків між системами, які необхідно забезпечити системним адміністраторам ЗВО для цілодобової роботи всієї інфраструктури та користувачів, моніторинг та виявлення недоліків у роботі системи чи надання повноти ресурсів. Забезпечення захищеного зв'язку та захист ресурсів від кіберзлочинів у кіберпросторі. Використання динамічного доступу до ресурсів ЗВО відповідно до пріоритетів доступу. Забезпечення доступу до ресурсів всередині інформаційної інфраструктури, незалежно від територіального кампусу ЗВО. Надання доступу до Інтернет ресурсів всім користувачам, відповідно їх ролей та доступу. Забезпечення телефонного зв'язку та комунікацій для стабільної роботи всіх елементів інформаційної інфраструктури ЗВО.

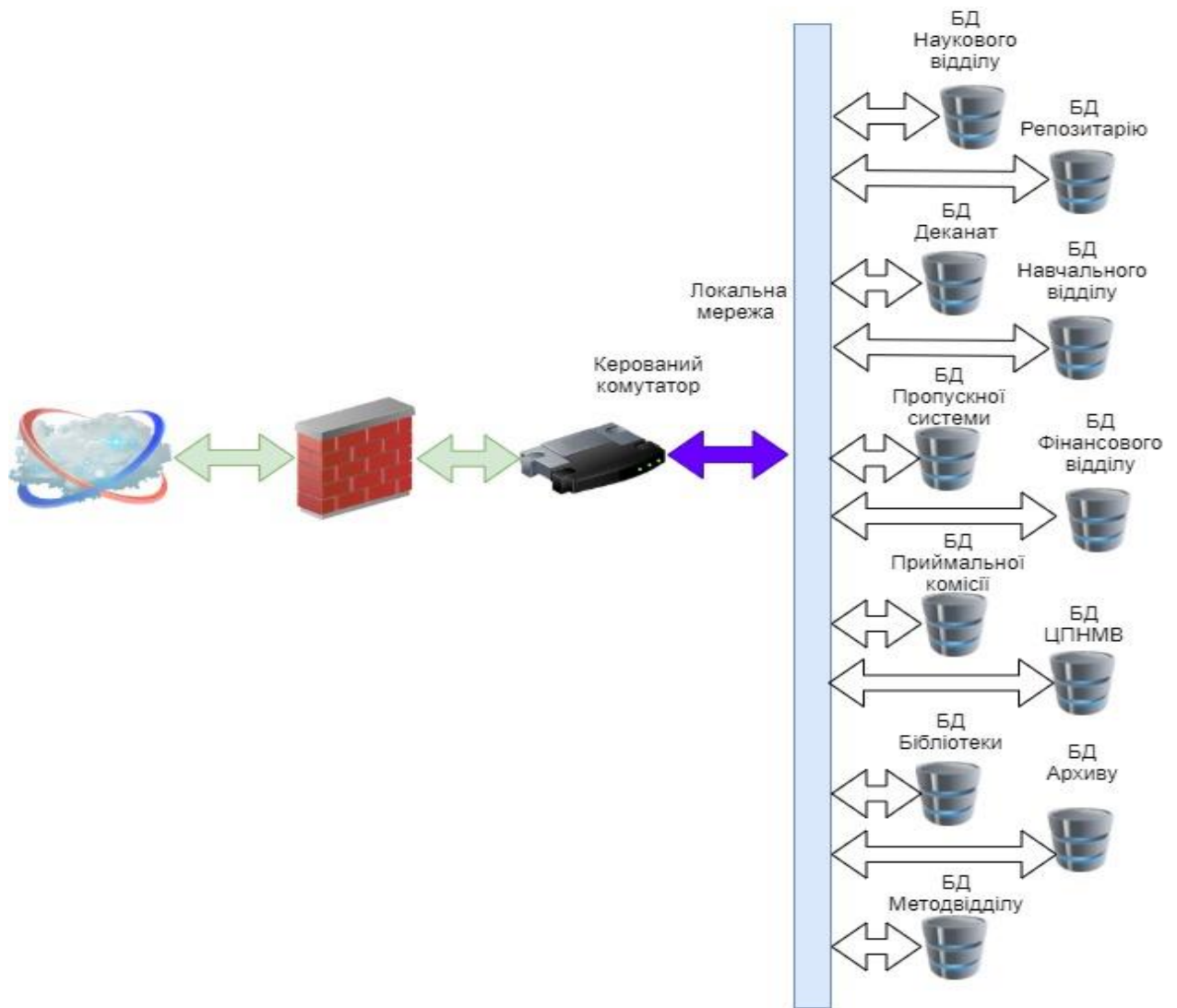
На рисунку 2.16 б: Модель інформаційної інфраструктури ДТЕУ, зазначено основні елементи інфраструктури ЗВО, від роботи яких залежить освітній процес. Перераховані всі бази даних інформаційних систем, що забезпечують процеси безпечної освіти. БД наукового відділу веде облік всієї наукової діяльності ЗВО, БД репозитарію – містить всі наукові роботи здобувачів вищої освіти, БД деканат – використовується для роботи деканатів, та створення і видачу різних документів студентам чи викладачам ЗВО, БД навчального відділу – забезпечує електронне створення всіх курсів, розподіл навантаження та створення розкладу у розрізі викладача здобувача чи групи студентства, БД – пропускної системи, для недопущення у навчальні корпуси кампусу сторонніх без запрошення, БД фінансового відділу – ведуть повністю всю фінансово-економічну діяльність у інформаційній системі, БД приймальної комісії – це система по роботі з абітурієнтами для створення контингенту вступників, БД ЦПНМВ – містить всю інформацію про видані навчально-методичні матеріали, їх розповсюдження, БД Бібліотека – містить всю необхідну інформацію здобувача чи викладача для здійснення освітнього

процесу, БД архіву – містить всі матеріали передані на зберігання відповідно до їх установленого терміну, БД методичного відділу – має містити забезпечення та потребу в оновленні методичного забезпечення (програм, робочих програм, силабусів та матеріалів для самостійної роботи студента.

Окрім ресурсів, які розподіляє ЗВО серед своїх учасників є кероване середовище для захищеного з'єднання та контролю інформаційних потоків, а саме файрвол, який розподіляє навантаження ресурсів у інформаційній інфраструктурі ЗВО.



а) Система електронних комунікаційних мереж, засобів комунікації, ресурсів на прикладі ДТЕУ



б) Системи та механізми захисту інформаційних ресурсів ІІ ДТЕУ

Рисунок 2.16. Модель інформаційної інфраструктури ДТЕУ (AS-IS).

Джерело: розроблено автором

На рис. 2.16 показано модель всіх комунікацій та ресурсів ДТЕУ. Не зважаючи на велику кількість комп'ютерної техніки, комунікацій, баз даних, наявності інтернет та зовнішніх баз даних – всі учасники інформаційної інфраструктури мають певні обмеження через доступ до ресурсів, немає уніфікації в роботі всіх систем, адміністратори супроводжують всі системи окремо, та надають визначений доступ до ресурсів, відповідно виконуваних задач. Так при зміні посади та обов'язків виникають складнощі у зміні прав у різних інформаційних системах та наданні нових доступів до ресурсів. Це великий недолік неузгоджених інформаційних та автоматизованих систем, які використовуються в одній інформаційній інфраструктурі ДТЕУ. З моделі явно

видно що електронна мережа велика, охоплює увесь кампус університету, дає можливість взяти участь в управлінні всім учасникам II мережі у залежності від рівня доступу. Вся II ДТЕУ та її життєздатність обумовлена нормативно-правовими базами та документами (загально-державними та правовими документами). Системи захисту інформаційних ресурсів будуються з урахуванням особливостей та специфіки закладу. Так складові інформаційної інфраструктури складаються з фізичної комунікаційної мережі, засобів комутації, бездротових точок доступу, комп'ютерів, серверів, FireWall, Інтернет-мережі. Для захисту окремих частин інфраструктури задіяні багаторівневі керовані комутатори, на яких побудований FireWall, вони використовуються для побудови захисту інформаційних ресурсів.

Окремо визначено захист безпечного надання доступу до мережі Інтернет. Тому всі елементи інфраструктури об'єднані комутаційною дротовою та бездротовою мережею та роздані всі визначені ресурси не залежно від присутності працівників на робочих місцях. Також всі сервери з ресурсами ДТЕУ розміщені всередині мережі, використовуються та адмініструються системними адміністраторами. За допомогою VPN налаштувань забезпечено захищений доступ до інформаційних ресурсів ДТЕУ.

Зазначимо, що явно не визначені та неструктуровані механізми управління компонентами інформаційної інфраструктури ДТЕУ.

На рис. 2.16 б) показано модель системи захисту ресурсів II ДТЕУ

Наразі використано модель програмного захисту, аудиту навантаженості на ресурси II ДТЕУ, головною і єдиною перевагою якої є можливість незалежно керувати автоматизованими освітніми системами, але в ручному режимі з прямим доступом. Цю перевагу можна вважати і самим суттєвим недоліком, адже, потрібні людські ресурси, які володіють і адмініструють різні автоматизовані системи, потім узгоджують з іншими, внутрішніми чи зовнішніми інформаційними автоматизованими системами. Така II закладу є затратна та потребує кваліфікованих ІТ фахівців для супроводу автоматизованих систем. Таким чином управління ДТЕУ, за допомогою інформаційних систем, слабо автоматизовано, потребує багато технічних

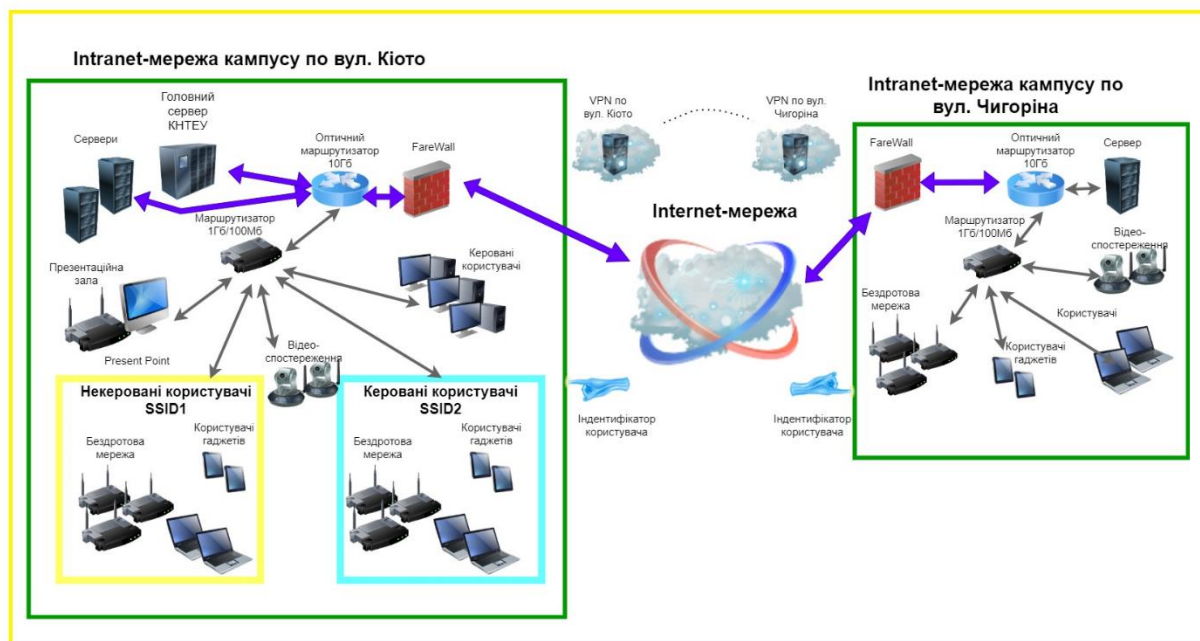
узгоджень. Є складнощі з побудовою кіберзахисту, через різні налаштування, різні фактичні права у окремих автоматизованих системах.

Недоліками таких систем є різні системи та механізми управління базами даних чи автоматизованих систем. Вони не надають можливості аналізувати дані, коригувати доступ до ресурсів залежно від очної чи дистанційної присутності учасника мережі (викладач чи здобувач вищої освіти). Управління ведеться у ручному режимі, складно контролюється виконання через складний зворотній зв'язок. Необхідно багато ІТ фахівців з різними компетенціями для забезпечення адміністрування всіх елементів ІІ ЗВО. Доступ може змінюватися від змін у роботі керованих комутаторів, відсутності живлення, що вплине на роботу всієї ІІ ЗВО. Всі гаджети, ноутбуки та інше бездротове обладнання і ресурси зв'язують засобами комутації, які забезпечують постійний контроль та моніторинг мережі.

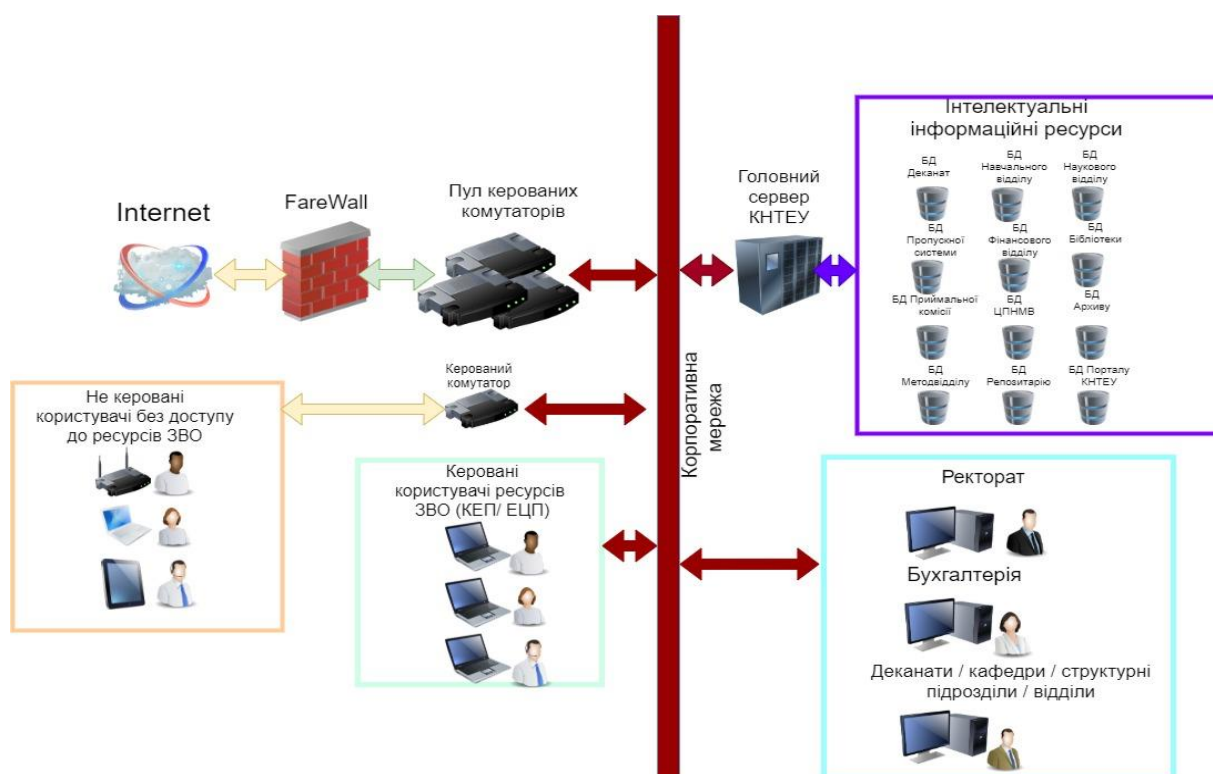
На рис 2.16 б показано всі елементи ресурсів інфраструктури БД, які використовує система, також видно не захищеність баз даних, якими користуються користувачі ІІ ЗВО. Тому для узгодження потоків інформації є потреба у втручанні у систему для надання пропозицій з прийняття рішень та вирішення елементарних запитань у діалоговому режимі. Одним з недоліків також можна вважати відсутність інформації про фізичну наявність користувачів ІІ ЗВО.

Всі вище зазначені недоліки можна виправити за допомогою впровадження інтелектуального центру керування ІІ ДТЕУ побудованого на основі нейромережевого підходу. Запропонована нами система ІІ ЗВО має містити інтелектуальний центр, який за допомогою нейромережевих алгоритмів буде допомагати аналізувати і пропонувати варіанти вирішення питань чи видавати завдання.

На рис. 2.17 а показано модель інформаційної інфраструктури ДТЕУ (ТО-ВЕ), де запропоновано використання інтелектуального центру керування ДТЕУ.



- а) Система електронних комунікаційних мереж, засобів комунікації, ресурсів з використанням інтелектуального центру керування на прикладі ДТЕУ



- б) Системи та механізми захисту інформаційних ресурсів з використанням інтелектуального центру керування на прикладі ДТЕУ

Рисунок 2.17 Модель інформаційної інфраструктури ДТЕУ (ТО-ВЕ).

Джерело: розроблено автором

На рис 2.17 а) показано модель з контрольованими процесами управління потоками та інтелектуальним розподілом ресурсів залежно від потреби. Тому в даній моделі ІІ ЗВО є можливість аналізу потреби у ресурсі, перевірки і надання доступу до них за потребою, розподіл у бездротовій мережі на контрольований та гостьовий доступ. Ще на етапі ідентифікації користувача на пропускній системі – йому формується пул доступних ресурсів для забезпечення його комфортної роботи. При ідентифікації і потребі роботи у інших інформаційних системах надається така можливість без відключення від середовища у якому був користувач. Також будуються електронні запити зв'язку між системами і за допомогою інтелектуального центру формується відповідна структура інформації для інтеграції у інші інформаційні системи залежно від потреби у їх реалізації. Ресурси всієї інформаційної інфраструктури розподіляються відповідно потреб, гнучкість такої системи дозволяє коригувати навантаженість баз даних та прогнозувати піки навантаження і пропонувати методи їх перерозподілу чи стискання. Надання можливості автентифікації і роботи як у локальній мережі з визначеним доступом до ресурсів, так і надання при потребі доступу до віртуальних мереж чи віртуального доступу зі спеціальними електронними цифровими ключами для віддаленої роботи. Таким чином всі ресурси інформаційної інфраструктури будуть найефективніше використовуватися із динамічною зміною навантаження у різних базах даних чи інформаційній інфраструктурі ЗВО.

На рис 2.17 б) показано фізичні з'єднання та комутаційні зміни у результаті введення інтелектуального центру, який повністю контролює і допомагає у розподілі ресурсів, підвищує ефективність використання, проводить аналіз та генерує пропозиції прийняття рішень за допомогою ІІ ЗВО.

Як видно з рисунків 2.17 а) та 2.17 б) – очевидним є зрушення в управлінні потоками інформації, керування ресурсами для різних категорій користувачів. Автентифікація, визначення можливих наслідків авторизації користувача та прогнозування використання системи і відповідно правильно розподілу ресурсів: комп'ютерів, баз даних, доступу до автоматизованих систем, регулювання навантаження на Інтернет-ресурси ЗВО, оптимізацію

навантаження, та повідомлення про збої у роботі автоматизованих систем. Попередження про несанкціоновані спроби проникнути до ресурсів системи, що призведе до подальшого аналізу та проведення коригуючих дій адміністраторів II ЗВО. Таким чином, додавши інтелектуальну систему, ми можемо контролювати всі процеси у II ЗВО та отримуємо оптимальний розподіл навантаження на комунікаційну систему, ресурси та Інтернет.

Введемо до складу II ДТЕУ інтелектуальну систему (ІНС), яка буде співпрацювати зі всіма автоматизованими системами та системою кібербезпеки. Так до функцій інтелектуальної системи відносимо контроль всіх адміністративних прав користувачів II ДТЕУ. Таким чином, описавши параметри прототипу користувача, задавши йому тип, та надавши права у різних інформаційних автоматизованих системах, зможемо застосовувати аналогічні права, надавати чи змінювати їх. Також важливим – є виявлення фізичної присутності користувача, зчитавши перепустку за допомогою системи контролю доступу, у всій системі буде відмічено його фізичну присутність, що може ще контролюватися системою відеоспостереження, яка співставить його фото. Можливі інші способи біометричної ідентифікації користувачів інформаційної інфраструктури ДТЕУ, а саме голосом чи відбитками пальців, але наразі це дорогі системи і потребують модифікації контрольно-пропускних пунктів університету.

Після ідентифікації користувача, що він фізично є на території кампусу, система готова надати йому увесь спектр можливих ресурсів залежно від його категорії та рівня доступу. Додатково, система може аналізувати звички, потреби, улюблені страви для коригування приготування кількості порцій їжі для задоволення потреб користувача. Можливе повідомлення про отримання нових бібліотечних надходжень за профілем дослідження, зміни у розкладі, навантаження, додаткові повідомлення про заплановані наукові заходи, зустрічі тощо. Може збиратися автоматично інформація про відпрацювання на робочому місці у очному режимі, до бази даних фінансово-економічної діяльності. Можливі нагадування про заплановані зміни доступу до ресурсів, проведення навчань по підвищенню кваліфікації тощо.

Так інтелектуальна система зможе проаналізувати потреби у ресурсі працівника чи здобувача вищої освіти та сформує для нього повний консолідований пакет ресурсів, можливих послуг чи доступ до систем. До того ж, інтелектуальна система зможе автентифікувавши користувача та надати йому безперешкодно доступ до необхідних ресурсів у різних системах без окремого регулювання прав. При зміні прав, адміністратори можуть відкоригувати права індивідуально чи колективно з підтвердженням застосування змінених позицій прав. Система кібербезпеки буде контролювати захищеність всіх систем, повідомляти адміністраторів та керівника про: відхилення, підозри на атаки, відхилені чи розпочаті атаки на П ДТЕУ та засоби їх ліквідації, втручання конкретними адміністраторами, застосовані обмеження через боротьбу з атаками, несанкціоноване втручання та прогнози заподіяного лиха, після відбиття атаки і терміни відновлення нормального функціонування П ДТЕУ, можливість безперешкодно продовжувати освітній процес.

За потреби, для проведення лекційних чи практичних занять, повідомляється про кількість присутніх, можливість їх дистанційної присутності та вибір аудиторії відповідно розкладу чи автоматичного коригування для максимально-ефективного використання ресурсів університету. Також для дистанційного навчання можна використовувати різні засоби використання ресурсів при потребі у виділений для цього час, можливість відпрацьовувати практичні заняття. Таким чином всі автоматизовані системи між собою пов'язані не будуть, але загальне адміністрування відбуватиметься засобами керування інтелектуальної системи, що використовує алгоритми штучного інтелекту.

Таким чином системних адміністраторів інформаційних автоматизованих систем буде значно менше і задачі у них будуть оптимізовані. Для загального адміністрування (роздачі прав доступу ресурсів) буде використовуватися ІТ фахівець з високим рівнем доступу, але він може не мати великого досвіду у адмініструванні серверних платформ. Також інтелектуальна система буде контролювати запас ресурсів для збереження інформації, для архівування, можливості її перенесення, копіювання, завантаження та адаптації у

інформаційні автоматизовані системи інформаційної інфраструктури Smart-міста. Побудова захищених каналів передачі даних, забезпечить підтвердження достовірності інформації. При виявленні несанкціонованого втручання у інформаційні автоматизовані системи, інтелектуальний центр передає підозру про втручання і система кіберзахисту відпрацьовує алгоритми виявлення та знешкодження атаки до її швидкого розповсюдження. Так система моніторингу П ДТЕУ в цілому працюватиме стабільніше, буде можливість незалежно від інших інформаційних автоматизованих систем модернізуватися, оновлюватися, технічно систематизуватися та змінюватися, не впливаючи на роботу всієї П.

Доповнимо таблицю 3 СК8 – Інтелектуальною системою (ІнС) (таб. 2.5)

Таблиця 2.5

**Інформаційна інфраструктура закладу вищої освіти з
інтелектуальною системою**

Складова П ЗВО з ІнК	Умовне позначення	Складові структурних компонентів П ЗВО
...
▪ Інтелектуальна система (ІнС)	СК8	<ul style="list-style-type: none"> ▪ DataSet/Database ▪ Нейромережеві алгоритми

Джерело: розроблено автором

Інформаційну інфраструктуру закладу вищої освіти з інтелектуальною системою можна представити як функцію, що залежить від її структурних компонентів та їх складових.

Визначимо математичну модель СК8 в операторній формі

$$СК8 = F(x, u, w, p, z), \quad (2.14)$$

де $F(\cdot)$ – оператор інтелектуального перетворення, який характеризує структуру та роботу ІнС; x – вектор стану системи управління ІнС; u – вектор управління процесами у ІнС; w – вектор зовнішнього середовища, яке впливає

на функціонування ЗВО; p – вектор сигналів мети функціонування ІнС ЗВО;
 ζ – вектор параметрів об’єкту управління, тобто ЗВО.

Графічно модель інформаційної інфраструктури закладу вищої освіти (на прикладі ДТЕУ) з доданою структурною компонентою «Інтелектуальна система» (СК8) можна подати у вигляді складного комбінованого графа (рис. 2.18)

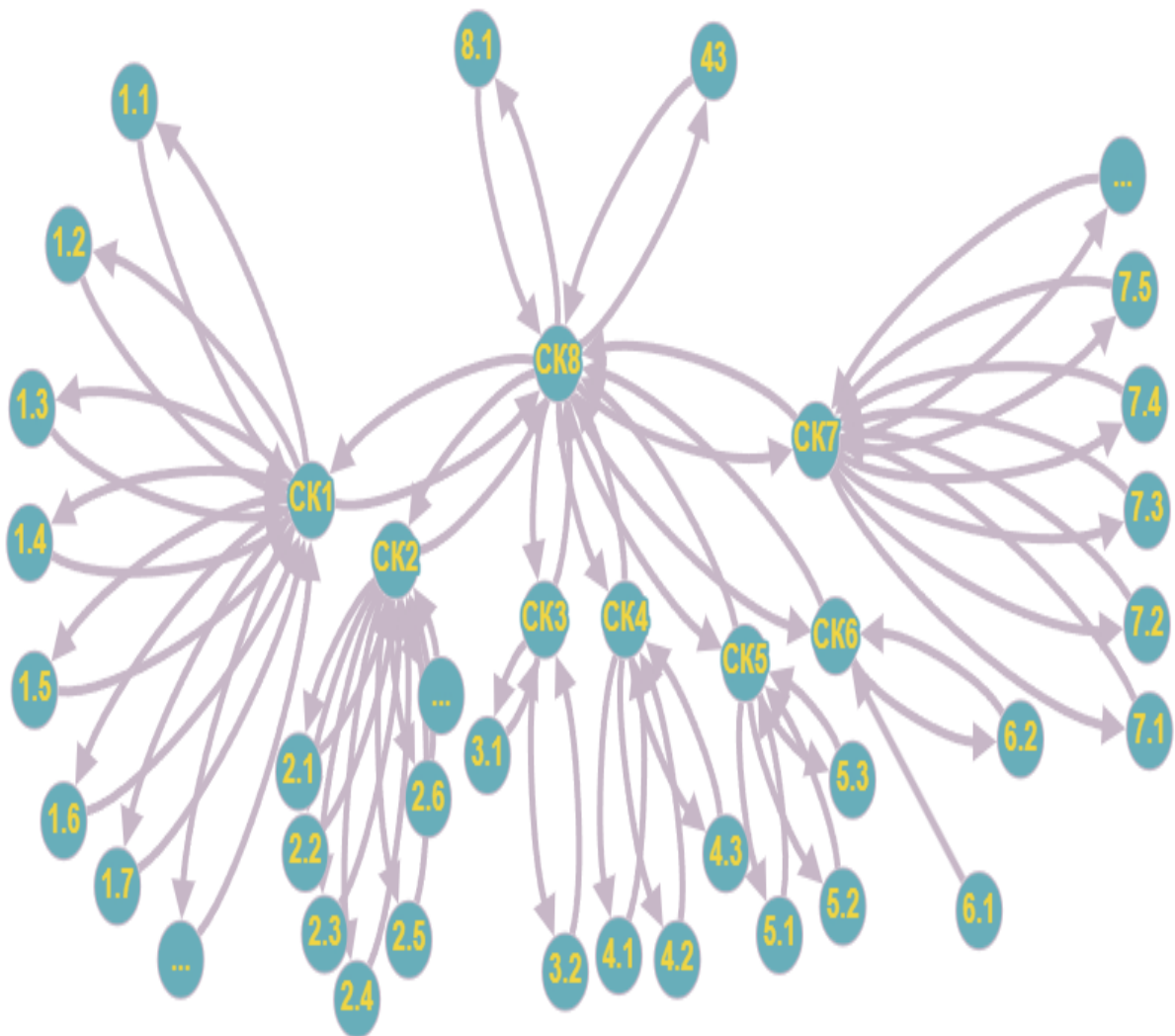


Рисунок 2.18 Інформаційна інфраструктура ЗВО у вигляді графа G3. ДТЕУ (ТО-ВЕ).

Джерело: розроблено автором

Охарактеризуємо вище зображений граф:

1. Граф $G3 = \langle V_3, E_3 \rangle$, де $G3$ комбінований граф, що складається з двох множин:

V_3 – множина вершин або об'єктів, E_3 – множина ребер або пар об'єктів з V_3 . Позначимо вершини СК як m – номер вершини. При чому, $m \in [1;7]$;

2. Граф має 8 центральних вершин, що співпадає з кількістю структурних компонентів та 33-ьох периферійних вершин, що відповідає загальній кількості складових структурних компонентів;

3. Граф складається з восьми остовних дерев. Вага мінімального островного дерева рівна 40 (при умові ігнорування орієнтації дуг) (рис. 2.19);



Рисунок 2.19 Вага мінімального островного дерева графа $G3$.

Джерело: розроблено автором

4. Радіус графа: 2 ($СК8 \Rightarrow СК1 \Rightarrow 1.1$). Діаметр графа: 4 ($1.1 \Rightarrow СК1 \Rightarrow СК8 \Rightarrow СК2 \Rightarrow 2.1$);

5. Максимальний ступінь вершин графа рівний дев'яти (рис. 2.20);

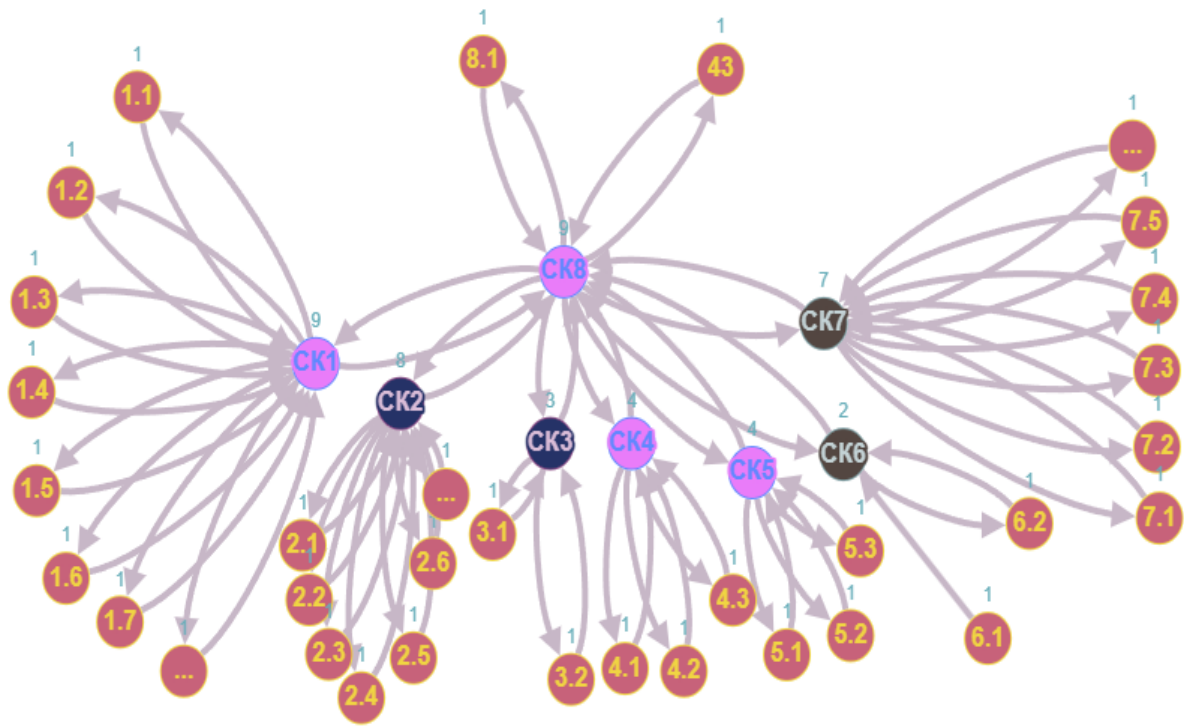


Рисунок 2.20 Ступінь вершин графа G_3 .

Джерело: розроблено автором

1. Ейлеровий цикл не визначений;

2. Ейлеровий ланцюг:

$6.1 \Rightarrow CK6 \Rightarrow CK8 \Rightarrow 8.1 \Rightarrow CK8 \Rightarrow 43 \Rightarrow CK8 \Rightarrow CK7 \Rightarrow 7.1 \Rightarrow CK7 \Rightarrow 7.2 \Rightarrow CK7 \Rightarrow 7.3 \Rightarrow CK7$
 $\Rightarrow 7.4 \Rightarrow CK7 \Rightarrow 7.5 \Rightarrow CK7 \Rightarrow \dots \Rightarrow CK7 \Rightarrow CK8 \Rightarrow CK1 \Rightarrow 1.1 \Rightarrow CK1 \Rightarrow 1.2 \Rightarrow CK1 \Rightarrow 1.3 \Rightarrow CK1$
 $\Rightarrow 1.4 \Rightarrow CK1 \Rightarrow 1.5 \Rightarrow CK1 \Rightarrow 1.6 \Rightarrow CK1 \Rightarrow 1.7 \Rightarrow CK1 \Rightarrow \dots \Rightarrow CK1 \Rightarrow CK8 \Rightarrow CK2 \Rightarrow 2.1 \Rightarrow CK2$
 $\Rightarrow 2.2 \Rightarrow CK2 \Rightarrow 2.3 \Rightarrow CK2 \Rightarrow 2.4 \Rightarrow CK2 \Rightarrow 2.5 \Rightarrow CK2 \Rightarrow 2.6 \Rightarrow CK2 \Rightarrow \dots \Rightarrow CK2 \Rightarrow CK8 \Rightarrow CK3$
 $\Rightarrow 3.1 \Rightarrow CK3 \Rightarrow 3.2 \Rightarrow CK3 \Rightarrow CK8 \Rightarrow CK4 \Rightarrow 4.1 \Rightarrow CK4 \Rightarrow 4.2 \Rightarrow CK4 \Rightarrow 4.3 \Rightarrow CK4 \Rightarrow CK8 \Rightarrow CK5$
 $\Rightarrow 5.1 \Rightarrow CK5 \Rightarrow 5.2 \Rightarrow CK5 \Rightarrow 5.3 \Rightarrow CK5 \Rightarrow CK8 \Rightarrow CK6 \Rightarrow 6.2 \Rightarrow CK6;$

3. Гамільтоновий цикл та Гамільтоновий ланцюг не визначений;

4. Число слабопов'язних компонентів рівне одиниці (рис. 2.21);

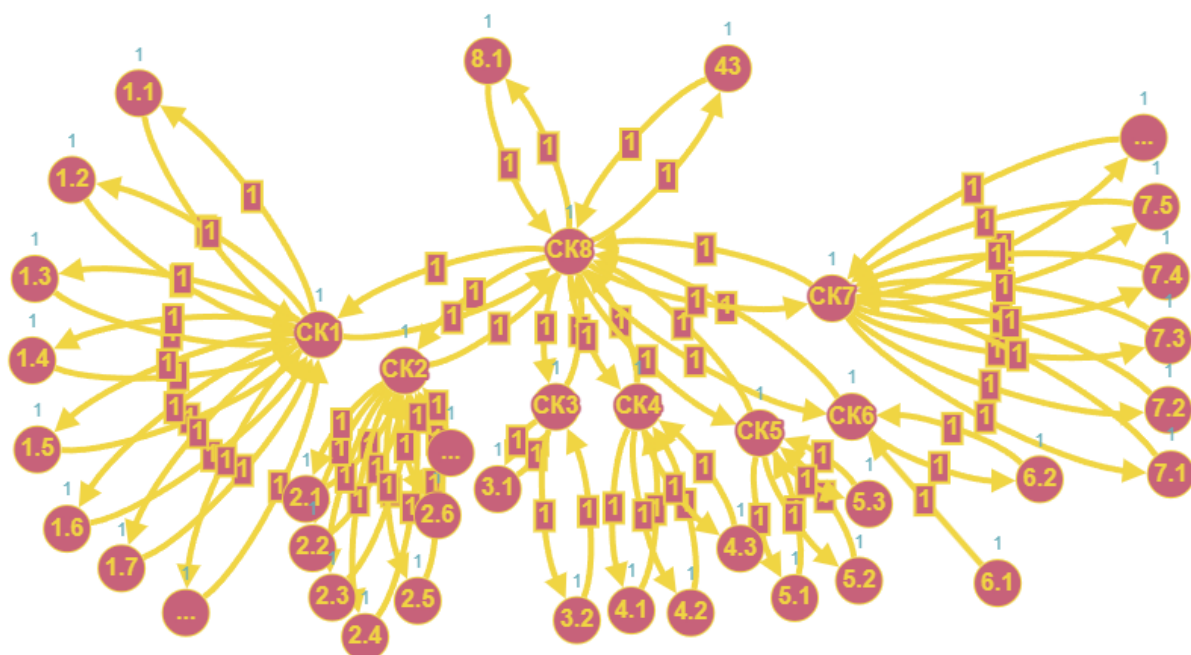


Рисунок 2.21 Компоненти зв'язності графа G2.

Джерело: розроблено автором

9. Упорядкований та візуалізований граф G3 зображений на рис.2.22;



Рисунок 2.22 Зображення упорядкованого та візуалізованого графа G3.

Джерело: розроблено автором

10. Матриця мінімальних відстаней графа G_3 за алгоритмом Флойда-Уоршера:

$$\begin{array}{l}
 \left[\begin{array}{l}
 0222222111111111333333333333333033333322, \\
 20222221333333311111113333333033333322, \\
 \dots \\
 22222221333333333333333333333033333302, \\
 22222221333333333333333333333033333320,
 \end{array} \right.
 \end{array} \quad (2.15)$$

11. Матриця суміжності графа G_3 :

$$\begin{array}{l}
 \left[\begin{array}{l}
 0000000111111111000000000000000000000000, \\
 0000000100000000111111100000000000000000, \\
 \dots \\
 00000001000000000000000000000000000000, \\
 00000001000000000000000000000000000000,
 \end{array} \right.
 \end{array} \quad (2.16)$$

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2

Визначено та описано такі складові інформаційної інфраструктури ЗВО, як суб'єкта господарської діяльності: інформаційні системи / автоматизовані системи, інформаційні ресурси, електронні комунікаційні мережі, засоби комунікації, механізми управління, нормативно-правові бази, системи та механізми захисту інформаційних ресурсів. Інформаційну інфраструктуру суб'єкта господарської діяльності подано як функцію що залежить від її структурних компонентів та представлено у вигляді неорієнтованого графа.

Визначено та описано складові інформаційної інфраструктури ЗВО на основі згенерованого нами загального визначення інформаційної інфраструктури суб'єкта господарської діяльності: інформаційні системи ЗВО / автоматизовані системи ЗВО, інформаційні освітні ресурси ЗВО, електронні комунікаційні мережі ЗВО, засоби е-комунікації ЗВО, механізми управління ЗВО, нормативно-правові бази ЗВО, системи та механізми захисту інформаційних ресурсів. Інформаційну інфраструктуру ЗВО подано як функцію, що залежить від її структурних компонентів та їх складових. Представлено модель організації електронних комунікаційних мереж в межах визначеного ЗВО та пов'язане з засобами е-комунікацій загального призначення у вигляді кортежу. Також математично описані зовнішні та внутрішні впливи на інформаційну інфраструктуру ЗВО. Інформаційну інфраструктуру ЗВО представлено у вигляді складного комбінованого графа.

Розглянуто та структуровано інформаційну інфраструктуру ЗВО на прикладі наступних освітніх інституцій: Національний транспортний університет (НТУ), Державний податковий університет (ДПУ), Державний торговельно-економічний університет (ДТЕУ). Визначено загальні / типові переваги та недоліки наявної інфраструктури даних ЗВО

На прикладі ДТЕУ\КНТЕУ детально розкриті всі типові переваги та недоліки стандартної інформаційної інфраструктури ЗВО. Подано та детально описано модель інформаційної інфраструктури ДТЕУ.

Подана та описана модель інформаційної інфраструктури ДТЕУ (ТО-ВЕ), де запропоновано використання інтелектуального центру керування ДТЕУ.

Запропоновано розширити інформаційну інфраструктуру ЗВО інтелектуальною складовою, математичну модель якої представлено в операторній формі. Графічно модель інформаційної інфраструктури закладу вищої освіти з доданою структурною компонентою «Інтелектуальна система» подана у вигляді складного комбінованого направленого графа.

Основні результати розділу висвітлені у науково-дослідних роботах

- «Проектування інформаційних технологій освітнього середовища» (номер державної реєстрації №0121U100278);
- «Моделювання інформаційно-аналітичної системи контролю якості процесу виробництва продукції» (номер державної реєстрації № 0121109155).

Основні результати розділу опубліковані в наукових працях автора:

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

[3], [4], [5], [6], [7], [9]

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

[13], [17], [19]

Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації

[21], [24]

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 2

1. Розпорядження Кабінету Міністрів України Про схвалення Стратегії розвитку інформаційного суспільства в Україні Розпорядження Кабінету Міністрів України; Стратегія від 15.05.2013 № 386-р Документ 386-2013-р, чинний, поточна редакція — Прийняття від 15.05.2013
2. Декларації принципів «Побудова інформаційного суспільства – глобальне завдання у новому тисячолітті» від 12 грудня 2003 р. URL: <https://old.apitu.org.ua/wsis/dp>
3. Kibirige H. The information dilemma: a critical analysis of information pricing and fees controversy. Wesport, 1983.
4. Шестак Я., Чубаєвський В. Моделювання інформаційної інфраструктури ЗВО. Електронне фахове наукове видання «Кібербезпека: освіта, наука, техніка» №1, 2023, С 121 – 135. DOI: <https://doi.org/10.28925/2663-4023.2023.21.121135>
5. De Bra P. Web-based educational hypermedia // Book chapter in: Data Mining in E-Learning / [edited by C. Romero and S. Ventura]. – Universidad de Cordoba, Spain, WIT Press., 2006. – P. 3–17.– ISBN 1- 84564-152-3.
6. Стандарти і рекомендації щодо забезпечення якості в Європейському просторі вищої освіти. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.enqa.eu/ndirme/esg/ESG%20in%20Ukraini_an_by%20the%20British%20Council.pdf.
7. Довгань О. Д. Сучасна інформаційна інфраструктура України і основні завдання щодо її захисту. Юридична наука. 2015. No 7. С. 64–73
8. Закон України Про захист інформації в інформаційно-комунікаційних системах (назва із змінами, внесеними згідно із Законом України від 16.12.2020р. N 1089-IX)/ Електронний ресурс. URL: <https://qdpro.com.ua/document/18462> (18.07.2023)
9. Інформація та документація. Бібліотечно-інформаційна діяльність. Терміни та визначення понять : ДСТУ 7448:2013. — Київ : Мінекономрозвитку

- України, 2014. — III, 41 с. — (Національний стандарт України) — Зі скасуванням в Україні ГОСТ 7.26–80 — Текст укр., рос., англ., фр.
10. Про затвердження положення Національний реєстр електронних інформаційних ресурсів. Документ 326-2004-п, чинний, поточна редакція — Редакція від 01.12.2022, підстава - 1291-2022-п Сайт Верховної Ради України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/326-2004-%D0%BF#Text>
 11. Інформаційні ресурси / В. В. Тарасюк, Р. П. Судик // Енциклопедія Сучасної України [Електронний ресурс] / Редкол.: І. М. Дзюба, А. І. Жуковський, М. Г. Железняк [та ін.] ; НАН України, НТШ. – К. : Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2011. – Режим доступу: <https://esu.com.ua/article-12472>
 12. Закон України Про електронні комунікації. Документ 1089-IX, чинний, поточна редакція — Редакція від 31.03.2023, підстава - 2849-IX . Сайт Верховної Ради України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1089-20#Text> (18.07.2023)
 13. Присяжнюк П. В. Механізм управління: сутність, види та складові. Ефективна економіка. 2019. № 12. – URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=7539> (дата звернення: 18.07.2023). DOI: 10.32702/2307-2105-2019.12.150
 14. Сумський державний університет. Офіційний сайт. [Електронний ресурс]. URL: <https://sumdu.edu.ua/uk/>
 15. Національний транспортний університет. Офіційний сайт. [Електронний ресурс]. URL: <http://www.ntu.edu.ua>
 16. Державний податковий університет. Офіційний сайт. [Електронний ресурс]. URL: <https://dpu.edu.ua>
 17. Державний торговельно-економічний університет. Офіційний сайт. [Електронний ресурс]. URL: <https://knute.edu.ua>
 18. Бізнес-аналітика багатовимірних процесів [Електронний ресурс] : навч. посіб. / Т. С. Клебанова, Л. С. Гур'янова, Л. О. Чаговець [та ін.] ; Харківський національний економічний університет ім. С. Кузнеця. - Електрон. текстові

- дан. (6,61 МБ). - Харків : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2018. - 271 с. : іл. - Загол. з титул. екрану. - Бібліогр.: с. 266-271.
19. Chen, C., Ibekwe-SanJuan, F., & Hou, J. (2010). The structure and dynamics of co-citation clusters: A multiple-perspective co-citation analysis. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 61(7), 1386-1409. doi: 10.1002/asi.21309
20. Khan, Bisma & Niazi, Muaz. (2017). Network Community Detection: A Review and Visual Survey. <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1708/1708.00977.pdf>
21. Barnes, E. R. (1982). An algorithm for partitioning the nodes of a graph. *SIAM Journal on Algebraic Discrete Methods*, 3(4), 541-550.
22. Zachary, W. W. (1977). An information flow model for conflict and fission in small groups. *Journal of anthropological research*, 452-473.
23. Проблема розбиття графа Алгоритм Кернігана та Ліна. [Електронний ресурс]. URL: <https://slideplayer.com/slide/7279322/>
24. Криворучко О., Шестак Я., Захаров Р., Тема: Моделювання системи інформаційної інфраструктури діяльності закладу вищої освіти, Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем, м. Чернігів, Національний університет «Чернігівська політехніка» 25-26 травня. 2023 р., Чернігів, С. 289-290.
25. Січко Т. В. Автоматизація проектування інформаційної системи вищого навчального закладу. Матеріали VI міжнар. наук.-метод. конф. Форум молодих економістів-кібернетиків «Моделювання економіки: проблеми, тенденції, досвід». Вінниця: ВНАУ, 2015. С. 159–163.
26. Трунова О. В. Застосування методу Сааті при прийнятті управлінських рішень [Електронний ресурс] / О. В. Трунова // Вісник Чернігівського національного педагогічного університету. Педагогічні науки. – 2013. – Вип. 108.1. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VchdpuP_2013_1_108_34
27. Кулиняк І. Я., Копець Г. Р. Метод аналізу ієрархій як інструмент оцінювання рівня інноваційної активності регіонів Західної України. Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Серія: Проблеми економіки та управління. 2017. № 873. С. 60 – 71.

28. М. Т. Фісун, І. О. Кандиба, Г. В. Горбань, і М. В. Фаленкова, «Використання методу аналізу ієрархій для вибору засобів розробки синтаксичних аналізаторів при створенні DSL», НаукПраці ВНТУ, вип. 1, Трав 2021.
29. Закон України Про освіту. Документ 2145-VIII, чинний, поточна редакція — Редакція від 02.07.2023, підстава - 3143-IX. Сайт Верховної Ради України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19#Text>. (18.07.2023)
30. Пархуць, Л. Інформаційні системи в освіті: автоматизовані навчальні системи [Текст] / Л. Пархуць, С. Ясинська // Гармонізація суспільства – новітній напрямок розвитку держави : Всеукр. наук. конф. аспірантів та молодих вчених, 25 березня 2014 р. : матер. конф. — Одеса, ОНЕУ. — С. 90-94.
31. Інформаційно-освітні ресурси – це компонент нової системи освіти. What. Електронний ресурс. URL: <https://what.com.ua/informaciino-osvitni-resyrsi/> (20.07.2023)
32. Закон України Про вищу освіту. Документ 1556-VII, чинний, поточна редакція — Редакція від 28.05.2023, підстава - 3062-IX. Сайт Верховної Ради України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-18#Text> . (18.07.2023)
33. Закон України Про інформацію. Документ 2657-XII, чинний, поточна редакція — Редакція від 31.03.2023, підстава - 2849-IX Сайт Верховної Ради України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2657-12#Text>. (18.07.2023)
34. Постанова. Кабінет Міністрів України від 10 травня 2018 р. № 357 Деякі питання електронної взаємодії державних електронних інформаційних ресурсів. Документ 606-2016-п, чинний, поточна редакція — Редакція від 20.01.2023, підстава - 38-2023-п Сайт Верховної Ради України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/606-2016-%D0%BF#Text>
35. Про затвердження Положення про Національний реєстр електронних інформаційних ресурсів. Постанова Кабінет Міністрів України від 17 березня 2004 р. N 326.
36. Fortunato, S. (2010). Community detection in graphs. Physics reports, 486(3), 75-174.

37. Kernighan, B. W., & Lin, S. (1970). An efficient heuristic procedure for partitioning graphs. *Bell system technical journal*, 49(2), 291-307.
38. Інформація та документація. Бібліотечно-інформаційна діяльність. Терміни та визначення понять : ДСТУ 7448:2013. — Київ : Мінекономрозвитку України, 2014. — III, 41 с. — (Національний стандарт України) — Зі скасуванням в Україні ГОСТ 7.26–80 — Текст укр., рос., англ., фр.
39. Інформаційні ресурси / В. В. Тарасюк, Р. П. Судик // Енциклопедія Сучасної України [Електронний ресурс] / Редкол.: І. М. Дзюба, А. І. Жуковський, М. Г. Железняк [та ін.] ; НАН України, НТШ. – К. : Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2011. – Режим доступу: <https://esu.com.ua/article-12472>
40. Закон України Про електронні комунікації. Документ 1089-IX, чинний, поточна редакція — Редакція від 13.07.2023, підстава - 3245-IX . Сайт Верховної Ради України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1089-20#Text> (20.10.2023)
41. Присяжнюк П. В. Механізм управління: сутність, види та складові. Ефективна економіка. 2019. № 12. — URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=7539> (дата звернення: 18.07.2023). DOI: 10.32702/2307-2105-2019.12.150
42. Закон України Про освіту. Документ 2145-VIII, чинний, поточна редакція — Редакція від 02.07.2023, підстава - 3143-IX. Сайт Верховної Ради України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19#Text>. (18.07.2023)
43. Закон України Про вищу освіту. Документ 1556-VII, чинний, поточна редакція — Редакція від 28.05.2023, підстава - 3062-IX. Сайт Верховної Ради України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-18#Text> . (18.07.2023)
44. Закон України Про інформацію. Документ 2657-XII, чинний, поточна редакція — Редакція від 31.03.2023, підстава - 2849-IX Сайт Верховної Ради України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2657-12#Text>. (18.07.2023)
45. Постанова. Кабінет Міністрів України від 10 травня 2018 р. № 357 Деякі питання електронної взаємодії державних електронних інформаційних

- ресурсів. Документ 606-2016-п, чинний, поточна редакція — Редакція від 20.01.2023, підстава - 38-2023-п Сайт Верховної Ради України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/606-2016-%D0%BF#Text>
- 46.Постанова. Кабінет Міністрів України від 17 березня 2004 р. N 326 Про затвердження положення Національний реєстр електронних інформаційних ресурсів. Документ 326-2004-п, чинний, поточна редакція — Редакція від 01.12.2022, підстава - 1291-2022-п Сайт Верховної Ради України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/326-2004-%D0%BF#Text>
- 47.Катренко А. В. Системний аналіз об'єктів та процесів комп'ютеризації: Навчальний посібник [Текст] / А. В. Катренко. – Львів : Новий Світ–2000, 2003 – 424 с.
48. MacQueen, J. Some methods for classification and analysis of multivariate observations. In Proceedings of the fifth Berkeley symposium on mathematical statistics and probability, 1967 (Vol. 1, pp. 281-297, Vol. 14): Oakland, CA, USA.
49. Bezdek, J. C. (2013). Pattern recognition with fuzzy objective function algorithms: Springer Science & Business Media.
50. Dhumal, A., & Kamde, P. (2015). Survey on Community Detection in Online Social Networks. International Journal of Computer Applications, 121(9).
51. Fiedler, M. (1973). Algebraic connectivity of graphs. Czechoslovak mathematical journal, 23(2), 298-305.
52. Donath, W. E., & Hoffman, A. J. (1973). Lower bounds for the partitioning of graphs. IBM Journal of Research and Development, 17(5), 420-425.
53. Girvan M, Newman ME (2002) Community structure in social and biological networks. Proc Natl Acad Sci USA 99(12):7821–7826. Режими доступу: https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007%2F978-1-4419-9863-7_874
54. Штольц, Сімон; Шлерет, Крістіан (2021). «Прогнозування міцності зв'язків за допомогою мережевих структур его». Журнал інтерактивного маркетингу . 54 (травень): 40–52. doi : 10.1016/j.intmar.2020.10.001
55. Newman, M. E. (2004c). Fast algorithm for detecting community structure in networks. Physical review E, 69(6), 066133.

РОЗДІЛ 3.

ПРОЦЕСИ МОДЕЛЮВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ЗВО (ТО-ВЕ)

Позиціонування в мережі Інтернет закладу вищої освіти та його просування у різних рейтингових системах є невід'ємною частиною стратегії розвитку вищої освіти. Інформаційна інфраструктура, інформаційна система управління, представленість в Інтернет-просторі стають сьогодні інструментами стратегічного розвитку ЗВО. Вони виконують важливу роль у процесі інтеграції у світове інформаційне поле, сприяють створенню відкритого / персоналізованого інформаційного середовища, забезпечуючи цим умови для стабільного функціонування та динамічного розвитку будь-якої структури, що включає в себе сучасну систему управління, побудовану на принципах системності із застосуванням мережевих технологій, що дозволяє всім членам освітнього простору бути активними учасниками життєвого циклу ЗВО [41].

Однією з основних компонент системи інформаційної інфраструктури є інформаційне забезпечення, основу якого представляє система збору, контролю, перетворення, зберігання, оновлення, розподілу і передачі інформації від різних джерел до учасників освітнього простору, яка має допускати інтеграцію зовнішньої і внутрішньої інформації, горизонтальну інтеграцію однотипних інформаційних систем, а також вертикальну інтеграцію між системами з різною ієрархічною структурою.

До переліку практичних засобів моделювання належить Case-технологія, а саме ERwin. Ієрархічна структура дозволяє розробляти моделі освітніх систем методом «згори до низу» [41].

3.1. Проектування моделей системи інформаційної інфраструктури ЗВО (ТО-ВЕ)

У першому розділі дисертаційного дослідження деталізовано розглянуто етапи побудови моделі AS-IS («Як є») системи інформаційної інфраструктури ЗВО. Застосована Case-технологія ERwin допомагає не тільки змоделювати всі процеси системи інформаційної інфраструктури ЗВО, але й детально вивчити та проаналізувати вразливі місця моделі. Усунення виявлених недоліків, перенаправлення та введення нових інформаційних потоків веде до побудови моделі ТО-ВЕ («Як буде»), що допоможе змоделювати ефективну сучасну, технологічно розвинену інформаційну інфраструктуру ЗВО. Впровадження інформаційної та комунікаційної технологій в освітній процес надає персоналізований підхід до організації освітнього процесу в освітньому просторі ЗВО, у тому числі й до інформаційних ресурсів, що в свою чергу забезпечує закладам вищої освіти конкурентоспроможність та стійкість в умовах індивідуалізації освітніх послуг та компетентнісного підходу до освітнього процесу.

При моделюванні системи інформаційної інфраструктури ЗВО, окрім нормативно-правової бази, необхідно передбачити Концепцію єдиного гармонізаційного відкритого простору ЗВО, а замість компоненти інформатизації освітньо-наукового простору включити Єдиний гармонізаційний відкритий цифровий простір ЗВО, який буде адаптованим до кожного учасника освітнього простору. Концептуальна модель системи інформаційної інфраструктури ЗВО (ТО-ВЕ) представлена на рис. 3.1.

Ці процеси дають можливість обудови цифрового простору закладу вищої освіти – це середовище інформаційної взаємодії, що дає можливість реалізувати власні освітні потреби здобувачам вищої освіти всіх рівнів. Взаємодію між усіма учасниками освітнього процесу забезпечує нейромережа, спеціальні апаратно-програмні засоби та цифрові технології. Дана взаємодія також надає захищений персоналізований доступ до інформаційних ресурсів ЗВО.

Прийнята Кабінетом міністрів Концепція цифрової трансформації освіти і науки на період до 2026 року [14**Помилка! Джерело посилання не знайдено.**], включає в себе кінцеву мету, а саме використання цифрових технологій для трансформації процесів у системі освіти і науки з метою їх спрощення, автоматизації та зручності для користувачів. Кінцеву мету планується досягти через реалізацію таких напрямів:

Напрямок 1. «Ефективне використання цифрових технологій в освітньому процесі» реалізується трьома стратегічними цілями такими як:

- Стратегічна ціль 1. «Цифрове освітнє середовище є доступним та сучасним».
- Стратегічна ціль 2. «Працівники сфери освіти володіють цифровими компетентностями».
- Стратегічна ціль 3. «Зміст освіти в галузі ІКТ відповідає сучасним вимогам».

Напрямок 2. «Оптимізація процесів управління, регулювання та моніторингу» реалізується шляхом досягнення таких стратегічних цілей:

- Стратегічна ціль 4. «Послуги та процеси у сфері освіти і науки є прозорими, зручними та ефективними».
- Стратегічна ціль 5. «Дані у сфері освіти і науки є доступними та достовірними».
- Основними завданнями цієї Концепції є реалізація та досягнення операційних цілей [14**Помилка! Джерело посилання не знайдено.**].

У рамках досягнення стратегічної цілі 1. «Цифрове освітнє середовище є доступним та сучасним»:

- Операційна ціль 1.1. Заклади освіти забезпечені технікою для створення цифрового освітнього середовища.
- Операційна ціль 1.2. Заклади освіти забезпечені доступом до широкопasmового Інтернету.

В рамках досягнення стратегічної цілі 2. «Працівники сфери освіти володіють цифровими компетентностями»:

- Операційна ціль 2.1. Підвищення кваліфікації педагогічних та науково-педагогічних працівників закладів освіти з розвитку цифрових компетентностей здійснюється регулярно.

- Операційна ціль 2.2. Стандарти освіти з педагогічних спеціальностей містять сучасні вимоги щодо формування цифрових компетентностей.

В рамках досягнення стратегічної цілі 3. «Освітній контент відповідає сучасним вимогам»:

- Операційна ціль 3.1. Навчальні програми із галузі ІКТ оновлено.

- Операційна ціль 3.2. Наявний доступний цифровий контент для забезпечення здобуття освіти.

В рамках досягнення стратегічної цілі 4. «Послуги та процеси у сфері освіти і науки є прозорими, зручними та ефективними»:

- Операційна ціль 4.1. Доступ громадянам до якісних зручних послуг у сферах освіти і науки забезпечено та переведено їх в онлайн;

- Операційна ціль 4.2. Процеси управління та регулювання у сферах освіти і науки оптимізовані та автоматизовані.

В рамках досягнення стратегічної цілі 5. «Дані у сфері освіти і науки є доступними та достовірними»:

- Операційна ціль 5.1. Дані у сфері освіти і науки є доступними для стейкхолдерів відповідно до потреб.

- Операційна ціль 5.2. Дані у сфері освіти і науки використовуються для прийняття управлінських рішень на всіх рівнях. [14**Помилка! Джерело посилання не знайдено.**].

Концепція єдиного гармонізаційного відкритого цифрового простору ЗВО включає в себе реалізацію зазначених стратегічних напрямів та цілей, необхідних для реалізації цифрової трансформації освіти і науки.

Єдиний гармонізаційний відкритий цифровий простір ЗВО це реалізація Концепції єдиного гармонізаційного відкритого цифрового простору ЗВО її цифрового розвитку, цифрових трансформацій і цифровізації, яке дозволяє створити освітнє середовище не тільки сучасним, а й доступним для учасників

освітньо-наукового простору, який є адаптованим до кожного учасника ЗВО з персоналізацією професійного та освітньо-наукового спрямування. Отже Єдиний гармонізаційний відкритий цифровий простір ЗВО створює простір цифрового навчального середовища нового покоління, «розумний простір» побудови освітньої траєкторії дозволяє забезпечити високу якість освіти, у тому числі й багаторівневої освіти, оскільки дозволяє спроектувати зручне та гнучке освітнє середовище без простору, відстані чи обмежень за часом, сприяє зміцненню та розвитку міжвузівських та міждисциплінарних зв'язків, безсумнівно сприятиме поєднанню їх потенціалів та виникненню відповідного кооперативного (синергетичного) ефекту, що принципово важливо при вирішенні комплексних проблем – наукових, освітніх, інноваційно-технологічних, економічних; підтримує та нарощує інтеграційний потенціал закладу вищої освіти, тобто здатність до продуктивної взаємодії з різними стейкхолдерами з метою реалізації спільних проєктів в освітній, науковій, інноваційній та соціальній сфері.

Контекстна модель інформаційної інфраструктури ЗВО (ТО-ВЕ) представлена на рис. 3.1.

На діяльність системи інформаційної інфраструктури ЗВО (якщо розглядати як модель засобом Case-технології ERwin) впливають стрілки входу, виходу, керування, механізму, тобто стрілки взаємодії системи із зовнішнім світом (назви стрілок та їх властивості подано у табл. 3.1.)

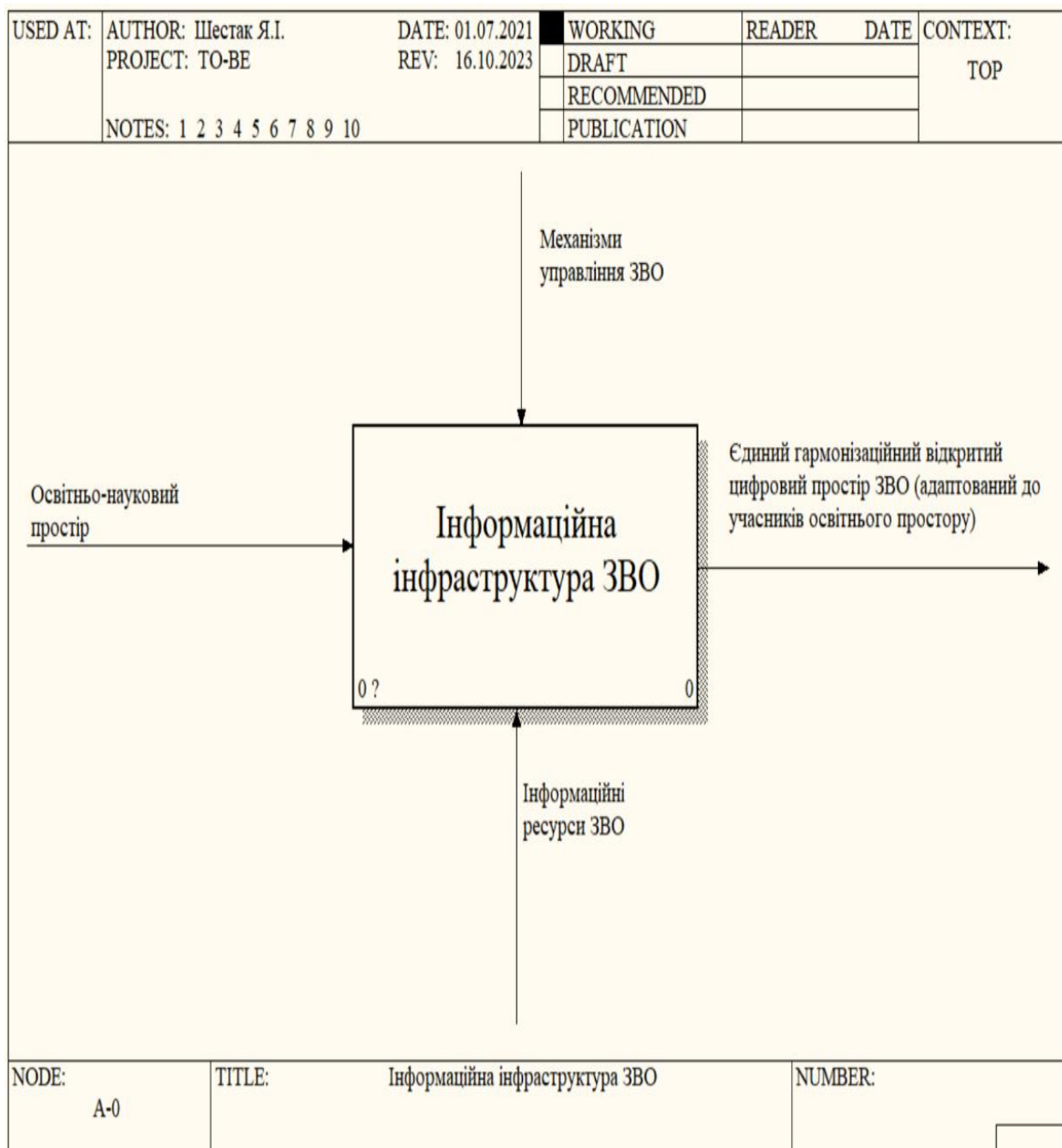


Рисунок 3.1. Контекстна модель «Інформаційна інфраструктура ЗВО (TO-BE)»

Джерело: побудовано автором засобом Case технології ERwin (знімок з екрану)

**Характеристики стрілок до контекстної моделі інформаційної
інфраструктури ЗВО (ТО-ВЕ)**

Назва	Характеристика	Тип
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Освітньо-науковий простір	Інтегроване середовище освітньої діяльності з освітнім процесом, яке включає в себе навчальні, дослідницькі, культурні та інформаційні ресурси, спрямовані на забезпечення розвитку та підтримку освіти. Це простір взаємодії всіх учасників освітнього процесу у спільному навчальному та науковому середовищі.	Input
Механізми управління ЗВО	До механізмів управління ЗВО відносяться: - Нормативно-правова база (Закони України); - СУЯ – стратегія розвитку ЗВО; - концепція єдиного гармонізаційного відкритого цифрового простору (система методів та прийомів організації всіх наявних компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО з метою їх об'єднання для досягнення між ними гармонізованого співвідношення та забезпечення доступу до інформаційних ресурсів ЗВО); - постанови, накази, розпорядження вищої ланки управління ЗВО.	Control
Інформаційні ресурси ЗВО	До інформаційних ресурсів ЗВО відноситься: - учасники освітнього процесу (ректорат, декани, директори інститутів, завідувачі кафедр, професорсько-викладацький склад, здобувачі вищої освіти, керівники підрозділів, начальники відділів, співробітники підрозділів / відділів, обслуговуючий персонал); - програмно-технічний пул	Mechanism

1	2	3
	(взаємопов'язаний комплекс програмно-технічних складових з відділеним інтелектуальним центром обробки інформації); - інформаційно-комунікаційні технології (електронні комунікаційні мережі та засоби е-комунікації)	
Єдиний гармонійний відкритий цифровий простір ЗВО (адаптований до учасників освітнього простору)	Система адаптації персоналізованого доступу до інформаційних ресурсів та інформаційно-аналітичних потоків ЗВО, яка забезпечує гармонізацію освітньо-наукового простору під професійне та освітньо-наукове спрямування кожного учасника ЗВО	Output

Джерело: побудовано автором

3.2. Перша декомпозиція моделі інформаційної інфраструктури ЗВО (ТО-ВЕ)

Наступним кроком етапу моделювання інформаційної інфраструктури ЗВО (ТО-ВЕ) є процес декомпозиції вказаної контекстної моделі, при цьому утвориться нижній рівень до складу якого будуть входити такі процеси:

- «Інтелектуальний центр взаємодії інформаційних компонентів інфраструктури ЗВО»;
- «Інформаційна інфраструктура менеджменту (ректорату) ЗВО»;
- «Інформаційна інфраструктура факультетів/інститутів ЗВО»;
- «Інформаційна інфраструктура підрозділів/відділів ЗВО».

Модель, яку маємо внаслідок процесу декомпозиції контекстної моделі, подано на рис. 3.2., відповідні компоненти моделі (назви та характеристики) наведено у табл. 3.2., а назви та характеристики стрілок – у табл. 3.3.

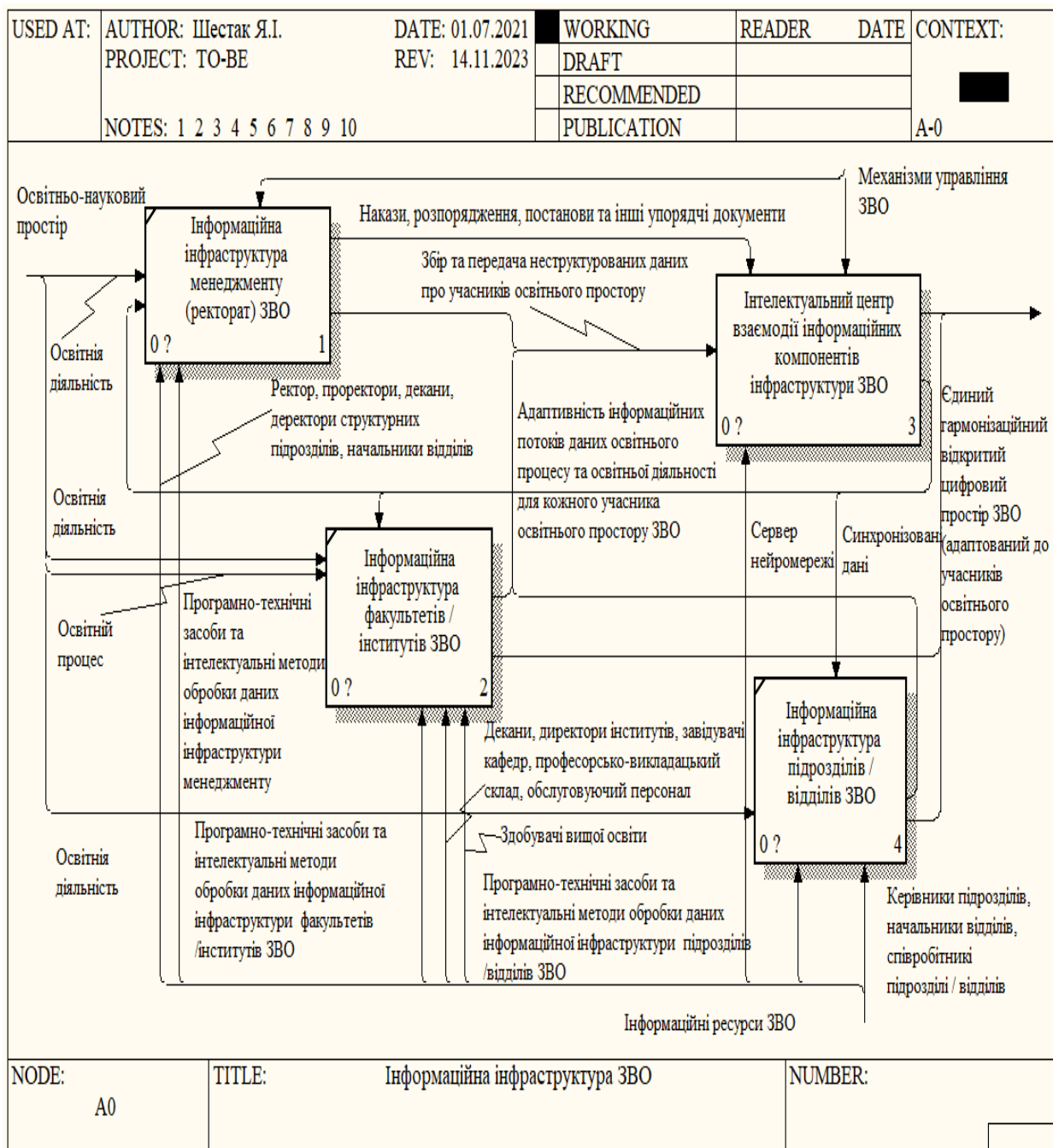


Рисунок 3.2. Перша декомпозиція моделі «Інформаційна інфраструктура ЗВО (TO-BE)»

Джерело: побудовано автором засобом Case-технології ERwin (знімок з екрану)

Центральним компонентом першої декомпозиції моделі «Система інформаційної інфраструктури ЗВО (TO-BE)» виступає інтелектуальний центр взаємодії інформаційних компонентів інфраструктури ЗВО, адже до нього надходять інформаційні потоки з: управлінської структури закладу вищої

освіти (накази, розпорядження, постанови та інші упорядчі документи, через які здійснюється загальне керування діяльністю ЗВО); інформаційної інфраструктури факультетів/інститутів ЗВО (в яких на основі упорядчих документів, що надходять від вищої ланки менеджменту закладу вищої освіти, здійснюється освітній процес та освітня діяльність, в яких задіяні учасники освітньо-наукового простору); інформаційної інфраструктури підрозділів/відділів ЗВО (в яких на основі упорядчих документів, що надходять від вищої ланки менеджменту закладу вищої освіти, здійснюється освітня діяльність закладу освіти).

Основними завданнями інтелектуального центру взаємодії інформаційних компонентів інфраструктури ЗВО є координація інформаційних потоків, які надходять з усіх інфраструктур закладу вищої освіти, з метою досягнення між ними гармонізованого співвідношення, згідно Концепції єдиного гармонійного відкритого цифрового простору ЗВО, та забезпечення:

- ефективного управління освітньою діяльністю та освітнім процесом як в цілому по закладу, так і по окремим структурним компонентам (інститути та/або факультети) ЗВО;
- персоналізації доступу до інформаційних ресурсів ЗВО з урахуванням мобільності учасників освітньо-наукового простору;
- адаптивності інформаційних потоків даних освітнього процесу та освітньої діяльності для кожного учасника освітнього простору.

Це забезпечується завдяки впровадженню новітніх інформаційних технологій у освітній процес та відповідною матеріально-технічною базою, а саме:

- програмно-технічними засобами;
- глобальними, локальними та корпоративними комп'ютерними мережами;
- сучасними засобами зв'язку;
- апаратним та програмним захистом компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО.

Відповідно, всі інформаційні потоки, які надходять до даного аналітичного центру від різних інфраструктур ЗВО представляють собою як структуровані, так і неструктуровані дані. Вказані дані аналітичний центр за допомогою алгоритмів аналізу даних та алгебри логіки обробляє, аналізує та формує персоналізовані рекомендації з подальшим контролем їх виконання (якщо це стосується виконання упорядчених документів, що надходять від вищої ланки менеджменту ЗВО). До персоналізованих рекомендацій, окрім вище наведених, відносяться персональний підбір наукової літератури за професійним спрямуванням, анонси нових надходжень тематичних фахових журналів, статей, матеріалів наукових конференцій; відображення/проекція кампусу університету (в разі потреби геолокація як кожного корпусу закладу освіти, так і окремої аудиторії); доступ до електронних ресурсів SMART-бібліотеки та їх замовлення/бронювання; перевірка наукових текстів на антиплагіат (до наукових текстів відносяться підручники, посібники, практикуми, монографії, рукописи дисертаційних досліджень на здобуття наукових ступенів, програми та робочі програми дисциплін, опорні конспекти лекцій, методичні рекомендації до всіх видів занять, кейси, наукові статті, тези доповідей, курсові роботи, випускні кваліфікаційні роботи); відображення розкладу занять як на поточну дату, так і на цілий тиждень/семестр; процес введення та керування електронним діловодством; відображення персонального навантаження на семестр/навчальний рік; доступ до списків навчальних груп (для тих учасників освітнього процесу, які мають відповідні права доступу) тощо.

Все вище перелічене утворює інформаційну інфраструктуру ЗВО єдиного гармонізованого відкритого цифрового простору ЗВО, адаптованого до кожного учасника освітнього простору через персоналізацію доступу до інформаційних ресурсів та інформаційно-аналітичних потоків ЗВО, з метою забезпечення гармонізації освітньо-наукового простору під професійне та освітньо-наукове спрямування кожного учасника ЗВО.

Характеристики компонентів моделі описано у табл. 3.2.

Компоненти першої декомпозиції моделі «Система інформаційної структури ЗВО (ТО-ВЕ)»

Назва	Характеристика
1	2
Інформаційна інфраструктура менеджменту (ректорату) ЗВО	Управлінська структура ЗВО, яка на основі нормативно-правової бази, програмно-технічного пулу та менеджерів вищої ланки ЗВО здійснює загальне керівництво освітнім закладом на основі структурованих аналітично-інформаційних даних отриманих від інтелектуального центру взаємодії інформаційних компонентів інфраструктури ЗВО.
Інформаційна інфраструктура факультетів/інститутів в ЗВО	Інститути та/або факультети ЗВО, в яких формується взаємодія освітнього процесу та освітньої діяльності на основі відповідних упорядчених документів, що надходять від менеджменту ЗВО та за допомогою програмно-технічного пулу й учасників освітньо-наукового простору на основі структурованих аналітично-інформаційних даних, отриманих від інтелектуального центру взаємодії інформаційних компонентів інфраструктури ЗВО.
Інтелектуальний центр взаємодії інформаційних компонентів інфраструктури ЗВО	Об'єднані технічні, програмні та апаратні компоненти, що містять в собі інтелектуальні системи машинного та програмного навчання (для цього використовуються алгоритми аналізу даних для пошуку шаблонів і структур), які можуть реалізувати будь-яку функцію алгебри логіки з метою обробки всіх структурованих та неструктурованих потоків даних, їх аналізу з подальшим формуванням персоналізованих рекомендацій та контролю прийнятих рішень для утворення єдиного гармонізованого відкритого цифрового простору ЗВО (адаптованого до учасників освітнього простору)
Інформаційна інфраструктура підрозділів/відділів ЗВО	Структурні підрозділи ЗВО, в яких відбувається освітня діяльність на основі відповідних упорядчених документів, що надходять від менеджменту ЗВО, за допомогою програмно-технічного пулу та учасників освітньо-наукового простору на основі структурованих аналітично-інформаційних даних отриманих від інтелектуального центру взаємодії інформаційних компонентів інфраструктури ЗВО.

Джерело: побудовано автором

Впливаючі на компоненти механізми, їх назви та властивості подано у табл. 3.3.

Таблиця 3.3

Характеристики стрілок до першої декомпозиції моделі «Система інформаційної структури ЗВО (ТО-ВЕ)»

Назва		Характеристика	Тип	Складові
1		2	3	4
Освітній простір	Освітня діяльність	Ліцензована освітня діяльність, що надає право провадити освітні послуги в конкретному закладі вищої освіти	Input	Інформаційна інфраструктура менеджменту (ректорату) ЗВО
		Підготовка здобувачів вищої освіти за ліцензійним обсягом в межах відповідних галузей знань	Input	Інформаційна інфраструктура факультетів/інститутів ЗВО
		Організаційна, фінансова, правова та технічна підтримка підготовки здобувачів вищої освіти за ліцензійним обсягом в межах відповідних галузей знань	Input	Інформаційна інфраструктура факультетів/інститутів ЗВО

1		2	3	4
	Освітній процес	Інтелектуальна, творча діяльність у сфері вищої освіти і науки, що провадиться у закладі вищої освіти (науковій установі) через систему науково-методичних і педагогічних заходів та спрямована на передачу, засвоєння, примноження і використання знань, умінь та інших компетентностей у осіб, які навчаються, а також на формування гармонійно розвиненої особистості. (ЗУ «Про вищу освіту» [1])	Input	Інформаційна інфраструктура факультетів/інститутів ЗВО
Механізми управління ЗВО	Накази, розпорядження, постанови та інші упорядчі документи	Сформовані відповідні накази, положення та ін. установчі документи, які регулюють, регламентують та управляють освітньо-науковими процесами, та сформовані на основі нормативних законодавчих актів, положень та інших установчо-регламентуючих документів, з врахуванням структурованих аналітично-інформаційних даних отриманих від інтелектуального центру взаємодії інформаційних компонентів інфраструктури ЗВО	Output	Інформаційна інфраструктура менеджменту (ректорату) ЗВО
		Підмножина опрацьованих менеджментом університету інформаційно-правових даних	Control	Інтелектуальний центр взаємодії інформаційних компонентів інфраструктури ЗВО

	1	2	3	4
Інформаційні ресурси ЗВО	Програмно-технічні засоби та інтелектуальні методи обробки даних інформаційної інфраструктури менеджменту	Відповідний програмно-технічний комплекс, що забезпечує інформаційно-технічну підтримку загального керівництва освітнім закладом, з використанням методів обробки даних, а саме: пошуку, обробки структурованої та неструктурованої інформації і представлення структурованих, інформаційно-аналітичних даних у зрозумілій для менеджменту ЗВО формі.	Mechanism	Інформаційна інфраструктура менеджменту (ректорату) ЗВО
	Програмно-технічні засоби та інтелектуальні методи обробки даних інформаційної інфраструктури факультетів /інститутів ЗВО	Відповідний програмно-технічний комплекс факультетів/інститутів ЗВО, що забезпечує інформаційно-технічну підтримку освітньо-наукової діяльності та освітнього процесу з використанням методів обробки даних, а саме: пошуку, обробки структурованої та неструктурованої інформації і представлення у зрозумілій для керівникам факультетів /інститутів ЗВО формі, структурованих інформаційно-аналітичних даних	Mechanism	Інформаційна інфраструктура факультетів/інститутів ЗВО
	Програмно-технічні засоби та інтелектуальні методи обробки даних інформаційної інфраструктури підрозділів /відділів ЗВО	Відповідне програмне забезпечення підрозділів/відділів ЗВО, що забезпечує інформаційну підтримку освітньо-наукової діяльності з використанням методів обробки даних, а саме: пошуку, обробки структурованої та неструктурованої інформації і представлення у зрозумілій для користувачів формі структурованих	Mechanism	Інформаційна інфраструктура підрозділів/відділів ЗВО

	1	2	3	4
		інформаційно-аналітичних даних		
	Сервер нейромережі	Ядро інтелектуального центру взаємодії інформаційних компонентів інфраструктури ЗВО, який акумулює, адаптує, обробляє структуровані та неструктуровані інформаційні потоки	Mechanism	Інтелектуальний центр взаємодії інформаційних компонентів інфраструктури ЗВО
Інформаційні ресурси ЗВО	Ректор, проректори, декани, директори структурних підрозділів, начальники відділів	Вища ланка менеджменту закладу вищої освіти, призначена для здійснення управлінської діяльності закладу вищої освіти, вирішення поточних питань діяльності закладу, такі як визначення стратегії та перспективних напрямів розвитку освітньої, наукової та інноваційної діяльності ЗВО тощо [2]	Mechanism	Інформаційна інфраструктура менеджменту (ректорату) ЗВО
	Здобувачі вищої освіти	Особи, які навчаються у закладі вищої освіти на певному рівні вищої освіти з метою здобуття відповідного ступеня і кваліфікації [2]	Mechanism	Інформаційна інфраструктура факультетів/інститутів ЗВО
	Декани, директори інститутів, завідувачі кафедр, професорський склад викладацький склад	Ключові учасники в управлінні та організації освітнього процесу, які задіяні у забезпеченні освітньо-наукової діяльності та освітнього процесу закладу вищої освіти	Mechanism	Інформаційна інфраструктура факультетів/інститутів ЗВО
	Керівники підрозділів, начальники відділів, співробітники підрозділів / відділів	Особи, які задіяні у забезпеченні освітньо-наукової діяльності	Mechanism	Інформаційна інфраструктура підрозділів/відділів ЗВО

1	2	3	4
Збір та передача неструктурованих даних про учасників освітнього простору	Потоки неструктурованих та структурованих інформаційних даних щодо організації освітньо-наукового простору ЗВО та особистих освітньо-наукових напрямів діяльності учасників освітньо-наукового простору	Output	Інформаційна інфраструктура менеджменту (ректорату) ЗВО
		Output	Інформаційна інфраструктура факультетів / інститутів ЗВО
		Output	Інформаційна інфраструктура підрозділів / відділів ЗВО
	Потоки неструктурованих та структурованих інформаційних даних щодо організації освітньо-наукового простору ЗВО та особистих освітньо-наукових напрямів діяльності учасників освітньо-наукового простору для акумуляції, адаптації, обробки та генерування персоналізованих рекомендацій щодо прийняття рішень	Input	Інтелектуальний центр взаємодії інформаційних компонентів інфраструктури ЗВО
Адаптивність інформаційних потоків даних освітнього процесу та освітньої діяльності для кожного учасника освітнього простору ЗВО	Технологічні принципи побудови адаптивних інформаційних потоків даних, які сформовані інтелектуальним центром взаємодії інформаційних компонентів, та персоналізації узагальнених інформаційних потоків даних для створення інтелектуального середовища рішення аналітичних питань пов'язаних з організацією освітньо-наукового простору.	Output	Інтелектуальний центр взаємодії інформаційних компонентів інфраструктури ЗВО

1	2	3	4
	Сформовані інтелектуаль-ним центром взаємодії інформаційних компонен-тів адаптивні узагальнені та персоналізовані інформаційні потоки даних для менеджменту ЗВО з метою ефективного прийняття управлінських рішень, пов'язаних з організацією освітньо-наукового простору.	Input	Інформаційна інфраструктура менеджменту (ректорату) ЗВО
	Сформовані інтелектуальним центром взаємодії інформаційних компонен-тів, адаптивні, узагальнені та персоналізовані інформаційні потоки даних, з метою контролю діяльності освітян факультетів / інститутів ЗВО	Control	Інформаційна інфраструктура факультетів / інститутів ЗВО
	Сформовані інтелектуальним центром взаємодії інформаційних компо-нентів, адаптивні, узагальнені та персоналізовані інформаційні потоки даних, з метою контролю діяльності представників підрозділів /відділів ЗВО	Control	Інформаційна інфраструктура підрозділів /відділів ЗВО
Єдиний гармонійний відкритий цифровий простір ЗВО (адаптований до учасників освітнього простору)	Система адаптації персоналізованого доступу до інформаційних компонентів інфраструктури ЗВО задля забезпечення гармонізації освітньо-наукового простору під професійне та освітньо-наукове спрямування кожного учасника ЗВО	Output	Інтелектуальний центр взаємодії інформаційних компонентів інфраструктури ЗВО

1	2	3	4
	Система адаптації персоналізованого доступу до інформаційних компонентів інфраструктури факультетів / інститутів ЗВО та інформаційно-аналітичних потоків ЗВО, яка забезпечує гармонізацію освітньо-наукового простору під професійне та освітньо-наукове спрямування кожного учасника ЗВО	Output	Інформаційна інфраструктура факультетів / інститутів ЗВО
	Система адаптації персоналізованого доступу до інформаційних компонентів інфраструктури підрозділів / відділів ЗВО та інформаційно-аналітичних потоків ЗВО, яка забезпечує гармонізацію освітньо-наукового простору під професійне та освітньо-наукове спрямування кожного учасника ЗВО	Output	Інформаційна інфраструктура підрозділів / відділів ЗВО

Джерело: побудовано автором

3.3. Друга декомпозиція моделі інформаційної інфраструктури ЗВО (ТО-ВЕ)

Згідно з Стратегією розвитку вищої освіти в Україні на 2021–2031 рр., стратегічні й операційні цілі та завдання спрямовані на забезпечення місії вищої освіти, досягнення її бачення, розв’язання проблем, протистояння ризикам і викликам на основі найбільш повного використання можливостей і створення підґрунтя подальшого розвитку вищої освіти країни [28Помилка! Джерело посилання не знайдено.]. Операційна ціль «Впровадження інноваційних технологій і дистанційного навчання у вищій освіті» включає такі завдання:

- Створення індустрії інноваційних технологій та засобів навчання, що відповідають світовому науково-технічному рівню.

- Диджиталізація усіх процесів у системі вищої освіти [28Помилка! Джерело посилання не знайдено.].

На основні тенденції розвитку вищої освіти впливає імплементація в освітній процес сучасних інноваційних технологій управлінських рішень (керуванням закладом вищої освіти) та інформаційних технологій (в тому числі електронних і мобільних), адаптація освітніх закладів до змін та очікувань ринку праці, що в свою чергу приводить до сприяння взаємодії стейхолдерів та освітньо-професійних програм, тобто гармонізації ринків праці з освітнім процесом, надання якісних освітніх послуг, підвищення підготовки компетентних конкурентоспроможних фахівців. Одночасно освіта є тією політикотворчою областю діяльності, яка визначає напрямок глобального розвитку, та якою одночасно представлені найскладніші соціально-економічні процеси сучасності та, власне, людина у її індивідуально-особистісному аспекті. Це вимагає від ЗВО впровадження гармонізаційного відкритого цифрового освітнього простору персоналізованого для кожного учасника такого простору.

Тому наступним кроком буде створення моделі декомпозиції вищезазначеного центру (зображено на рис. 3.3).

У результаті процесу декомпозиції утворено модель, яка складається з таких компонентів:

- «Гармонізація взаємодії компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО» є центральним сегментом, який на основі концепції єдиного гармонізаційного відкритого цифрового освітнього простору ЗВО акумулює, обробляє структуровані та неструктуровані інформаційні потоки, які надходять з інформаційних компонентів інфраструктури ЗВО, формує, адаптує та персоналізує їх з метою гармонізації освітнього процесу та освітньої діяльності, утворюючи відкритий цифровий простір закладу освіти;
- «Захист компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО» – компонент, який забезпечує захист інформаційних, апаратно-програмних складових компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО.

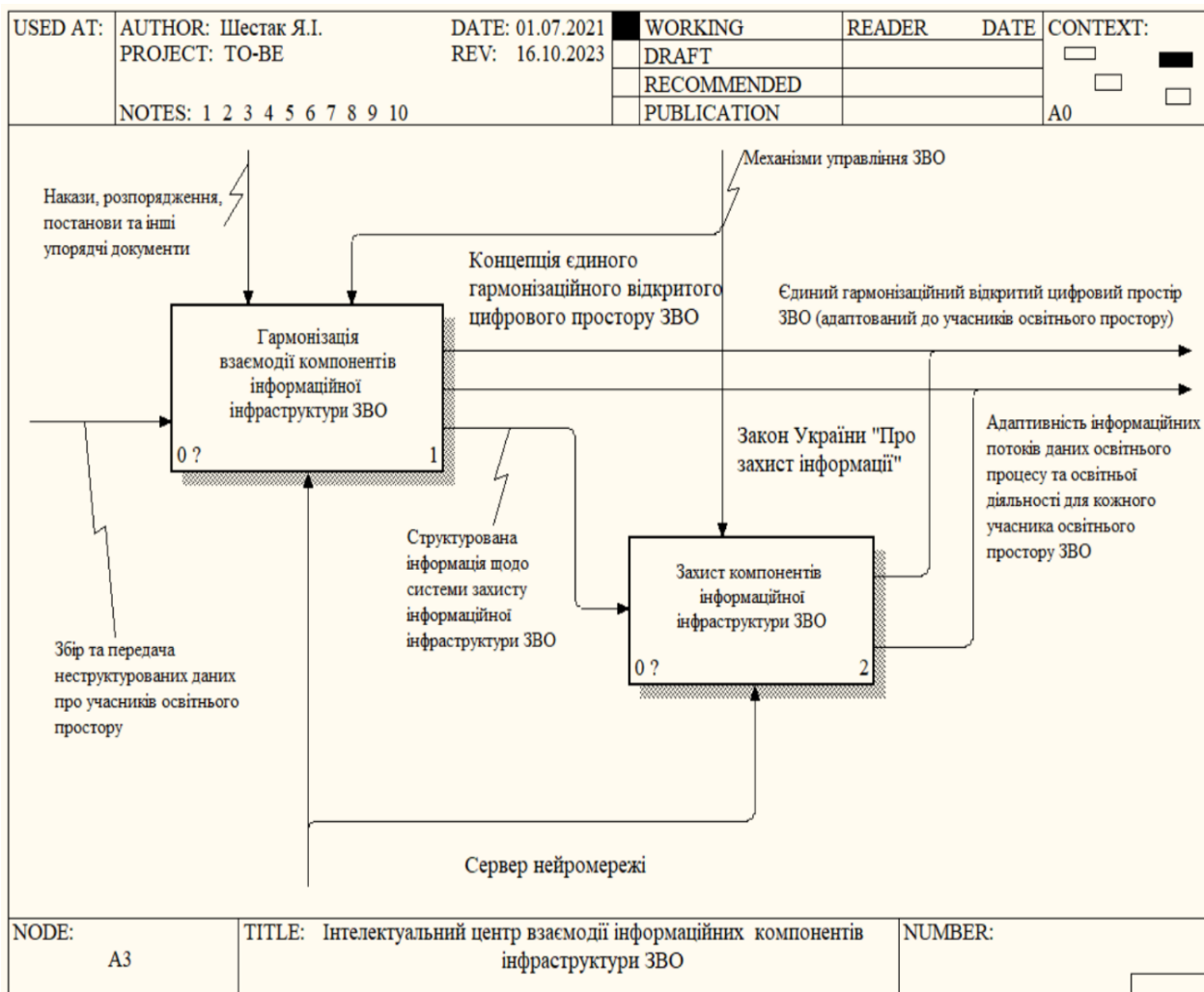


Рисунок 3.3. Декомпозиція моделі «Інтелектуальний центр взаємодії інформаційних компонентів інфраструктури ЗВО»

Джерело: побудовано автором засобом Case - технології ERwin (знімок з екрану)

Характеристики компонентів моделі описано у табл. 3.4.

Таблиця 3.4

Компоненти моделі «Інтелектуальний центр взаємодії інформаційних компонентів інфраструктури ЗВО»

Назва компоненти	Характеристика компоненти
1	2
Гармонізація взаємодії компонентів	Залучення всіх компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО з метою їх раціонального використання, досягнення між компонентами

1	2
інформаційної інфраструктури ЗВО	гармонізованого співвідношення, що дозволяє підвищити ефективність управління ЗВО та рівень професійної й освітньо-наукової діяльності учасниками ЗВО
Захист компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО	Система інформаційного, апаратно-програмного захисту, створена на основі Концепції єдиного гармонійного відкритого цифрового простору ЗВО та нормативно-правової бази

Джерело: побудовано автором

Вливаючі на компоненти механізми, їх назви та властивості подано у табл. 3.5.

Таблиця 3.5

Характеристики стрілок до моделі «Інтелектуальний центр взаємодії інформаційних компонентів інфраструктури ЗВО»

Назва	Характеристика	Тип	Складові
1	2	3	4
Збір та передача неструктурованих даних про учасників освітнього простору	Потоки неструктурованих та структурованих інформаційних даних щодо організації освітньо-наукового простору ЗВО та особистих освітньо-наукових напрямів діяльності учасників освітньо-наукового простору для акумуляції, адаптації, обробки та генерування персоналізованих рекомендацій щодо прийняття рішень	Input	Гармонізація взаємодії компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО
Накази, розпорядження, постанови та інші упорядчі документи	Підмножина опрацьованих менеджментом університету інформаційно-правових даних	Control	Гармонізація взаємодії компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО
Механізми Концепція єдиного гармонійного	Система методів та прийомів організації всіх наявних компонентів інформаційної	Control	Гармонізація взаємодії компонентів

1	2	3	4
відкритого цифрового простору ЗВО	інфраструктури ЗВО з метою їх об'єднання для досягнення між ними гармонізованого співвідношення		інформаційної інфраструктури ЗВО
Закон України «Про захист інформації»	Правовий акт, який регулює питання, пов'язані із захистом інформації та забезпеченням її конфіденційності, цілісності та доступності, встановлюючи правила та стандарти забезпечення безпеки інформації	Control	Захист компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО
Сервер нейромережі	Ядро інтелектуального центру взаємодії інформаційних компонентів інфраструктури ЗВО, який акумулює, адаптує, обробляє структуровані та неструктуровані інформаційні потоки	Mechanism	Гармонізація взаємодії компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО
		Mechanism	Захист компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО
Структурована інформація щодо системи захисту інформаційної інфраструктури ЗВО	Згенерований алгоритм щодо захисту інформаційної та апаратно-програмної складової компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО	Output	Гармонізація взаємодії компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО
	Методологія захисту інформаційної та апаратно-програмної складової компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО	Input	Захист компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО
Єдиний гармонійний відкритий цифровий простір ЗВО (адаптований до учасників освітнього простору)	Система гармонізованої взаємодії інформаційних ресурсів та інформаційно-аналітичних потоків ЗВО, яка формує єдиний відкритий цифровий простір, персоналізований під професійне та освітньо-	Output	Гармонізація взаємодії компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО

1	2	3	4
	наукове спрямування кожного учасника ЗВО		
	Система захисту компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО, яка враховує адаптацію персоналізованого доступу до інформаційних ресурсів та інформаційно-аналітичних потоків ЗВО	Output	Захист компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО
Адаптивність інформаційних потоків даних освітнього процесу та освітньої діяльності для кожного учасника освітнього простору ЗВО	Згенерований алгоритм щодо гармонізації всіх компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО з метою їх раціонального використання, досягнення між компонентами гармонізованого співвідношення	Output	Гармонізація взаємодії компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО
	Згенерований алгоритм щодо захисту всіх компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО з метою їх раціонального використання, досягнення між компонентами гармонізованого співвідношення	Output	Захист компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО

Джерело: побудовано автором

Першою складовою декомпозиційної моделі інтелектуального центру взаємодії інформаційних компонентів інфраструктури ЗВО є «Гармонізація взаємодії компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО». Даний компонент утворено з метою акумуляції та обробки інформаційних потоків, які надходять з інформаційних компонентів інфраструктури закладу освіти, їх адаптацію та персоналізацію, гармонізацію освітнього процесу та освітньої діяльності, утворюючи відкритий цифровий простір II ЗВО.

Для адекватної гармонізації взаємодії всіх компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО та на основі нормативно-правової бази, опрацьованих упорядчених документів (наказів, розпоряджень, постанов тощо), які надходять з

вищої ланки менеджменту закладу вищої освіти, та синхронізації взаємодії всіх компонентів інформаційної інфраструктури необхідно побудувати сервер нейромережі, якій буде ядром всієї системи і має функцію самонавчання.

Завданнями серверу нейромережі є аналіз отриманих структурованих та неструктурованих інформаційних даних та інформаційних потоків, які наявні в середині системи інформаційної інфраструктури ЗВО та/або надходять із зовнішнього середовища, щодо освітнього процесу й освітньо-наукової діяльності, їх синтез і структуризація як загальних, так і персоналізованих інформаційно-аналітичних даних, формулювання критеріїв й обмежень варіантів рішень з оцінкою ефективності їх використання.

Ядро нейромережі формує та контролює процес виконання упорядчених документів як загального, так і персоналізованого характеру, що надходять з управлінської ланки ЗВО, генерує персоналізовані пропозиції/ рекомендації щодо організації освітнього процесу й освітньо-наукової діяльності. Генерування нейромережею підмножини інформаційних потоків включає в себе алгоритм щодо:

- прийняття рішень, методології, процедур та технологій їх контролю;
- адаптації опрацьованих синхронізовано-структурованих даних щодо взаємодії процесів гармонізації єдиного відкритого цифрового простору як для компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО, так і для кожного з учасників;
- контролю інформаційних потоків усіх компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО та їх раціонального використання з метою досягнення гармонізованого співвідношення між ними;
- системи контролю за захистом інформаційної та апаратно-програмної складової компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО.

Перша складова «Гармонізація взаємодії компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО» відображена на рис.3.4.

В результаті процесу декомпозиції утворено модель, яка складається з таких компонентів:

- «Синхронізація взаємодії процесів гармонізації компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО»;

- «Аналіз освітньо-наукової діяльності»;
- «Рекомендації щодо організації та реалізації освітньо-наукової діяльності»;
- «Контроль прийнятих рішень».

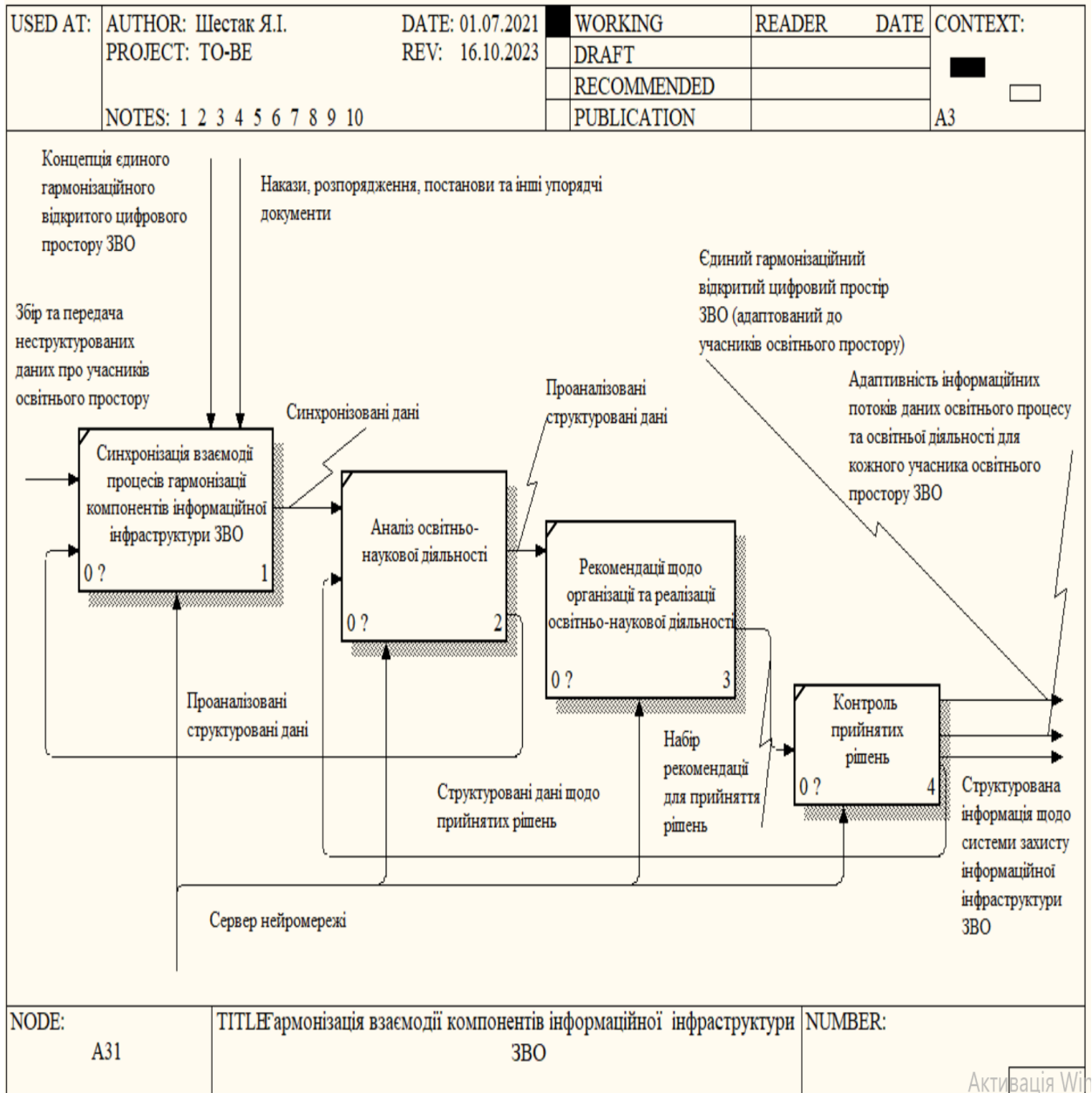


Рисунок 4.4. Декомпозиція моделі «Гармонізація взаємодії компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО»

Джерело: побудовано автором засобом Case-технології ERwin (знімок з екрану)

Характеристики компонентів моделі описано у табл. 3.6.

Компоненти моделі «Гармонізація взаємодії компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО»

Назва	Характеристика
1	2
Синхронізація взаємодії процесів гармонізації компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО	Концепція синхронізації взаємодії процесів всіх компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО інтелектуальним центром
Аналіз освітньо-наукової діяльності	Процес дослідження шляхом розкладу на складові частини, отриманих структурованих та неструктурованих інформаційних даних щодо освітньо-наукової діяльності
Рекомендації щодо організації та реалізації освітньо-наукової діяльності	Синтезовані та структуровані загальні та персоналізовані інформаційно-аналітичні дані щодо освітньо-наукової діяльності
Контроль прийнятих рішень	Процес перевірки щодо правильності запропонованих рішень нейромережею та контролю процесу самонавчання нейромережі

Джерело: побудовано автором

Впливаючі на компоненти механізми, їх назви та властивості подано у табл. 3.7.

Характеристики стрілок до моделі «Гармонізація взаємодії компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО»

Назва	Характеристика	Тип	Складові
1	2	3	4
Концепція єдиного гармонійного відкритого цифрового простору ЗВО	Система методів та прийомів організації всіх наявних компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО з метою контролю, синхронізації та взаємодії процесів гармонізації наявних компонентів	Control	Синхронізація взаємодії процесів гармонізації компонентів інформаційної інфраструктур и ЗВО
Накази, розпорядження, постанови та інші упорядчі документи	Підмножина опрацьованих менеджментом університету інформаційно-правових даних щодо синхронізації взаємодії процесів гармонізації компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО	Control	Синхронізація взаємодії процесів гармонізації компонентів інформаційної інфраструктур и ЗВО
Збір та передача неструктурованих даних про учасників освітнього простору	Потоки неструктурованих та структурованих інформаційних даних щодо організації освітньо-наукового простору ЗВО та особистих освітньо-наукових напрямів діяльності учасників освітньо-наукового простору для акумуляції, адаптації, обробки та генерування персоналізованих рекомендацій щодо прийняття рішень	Input	Синхронізація взаємодії процесів гармонізації компонентів інформаційної інфраструктур и ЗВО
Сервер нейромережі	Ядро інтелектуального центру взаємодії інформаційних компонентів інфраструктури ЗВО, яке синхронізує взаємодію процесів гармонізації компонентів, обробляє структуровані та неструктуровані інформаційні потоки	Mechanism	Синхронізація взаємодії процесів гармонізації компонентів інформаційної інфраструктур и ЗВО

1	2	3	4
	Ядро інтелектуального центру взаємодії інформаційних компонентів інфраструктури ЗВО, яке аналізує, обробляє структуровані та неструктуровані інформаційні потоки	Mechanism	Аналіз освітньо-наукової діяльності
	Ядро інтелектуального центру взаємодії інформаційних компонентів інфраструктури ЗВО, яке акумулює, адаптує, обробляє та формує рекомендації у вигляді структурованих інформаційних потоків	Mechanism	Рекомендації щодо організації та реалізації освітньої діяльності
	Ядро інтелектуального центру взаємодії інформаційних компонентів інфраструктури ЗВО, яке акумулює, адаптує, обробляє структуровані та неструктуровані інформаційні потоки щодо самонавчання нейромережі	Mechanism	Контроль прийнятих рішень
Синхронізовані дані	Підмножина опрацьованих синхронізовано-структурованих даних щодо взаємодії процесів гармонізації компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО	Output	Синхронізація взаємодії процесів гармонізації компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО
	Підмножина опрацьованих синхронізовано-структурованих даних щодо взаємодії процесів гармонізації компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО для аналізу освітньо-наукової діяльності	Input	Аналіз освітньо-наукової діяльності
Проаналізовані структуровані дані	Досліджені, шляхом розкладу на складові частини, отримані структуровані інформаційні дані щодо організації освітньо-наукової діяльності	Output	Аналіз освітньо-наукової діяльності

1	2	3	4
	Досліджені, шляхом розкладу на складові частини, отримані структуровані інформаційні дані задля формування рекомендацій щодо організації освітньо-наукової діяльності	Input	Рекомендації щодо організації та реалізації освітньої діяльності
	Досліджені, шляхом розкладу на складові частини, отримані структуровані інформаційні дані задля формування рекомендацій щодо синхронізації взаємодії процесів гармонізації компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО	Input	Синхронізація взаємодії процесів гармонізації компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО
Набір рекомендацій для прийняття рішень	Множина сформульованих критеріїв й обмежень варіантів рішень щодо організації та реалізації освітньо-наукової діяльності з оцінкою ефективності варіантів рішень	Output	Рекомендації щодо організації та реалізації освітньо-наукової діяльності
	Алгоритм прийняття рішень та процедур щодо їх контролю	Input	Контроль прийнятих рішень
Структуровані дані щодо прийнятих рішень	Методологія щодо контролю прийнятих рішень	Output	Контроль прийнятих рішень
	Технологія щодо контролю прийнятих рішень	Input	Аналіз освітньо-наукової діяльності
Єдиний гармонійний відкритий цифровий простір ЗВО (адаптований до учасників освітнього простору)	Система контролю прийнятих рішень згенерованих неймережею щодо адаптації єдиного гармонійного відкритого цифрового простору для кожного з учасників ЗВО	Output	Контроль прийнятих рішень

1	2	3	4
Структурована інформація щодо системи захисту інформаційної інфраструктури ЗВО	Згенерований алгоритм щодо системи контролю за захистом інформаційної, апаратно-програмної складової компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО	Output	Контроль прийнятих рішень
Адаптивність інформаційних потоків даних освітнього процесу та освітньої діяльності для кожного учасника освітнього простору ЗВО	Згенерований алгоритм щодо захисту всіх компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО з метою контролю їх раціонального використання, досягнення між компонентами гармонізованого співвідношення	Output	Контроль прийнятих рішень

Джерело: побудовано автором

Другою складовою декомпозиційної моделі інтелектуального центру взаємодії інформаційних компонентів інфраструктури ЗВО є «Захист компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО». Ключовим моментом проектування системи інформаційної інфраструктури ЗВО є організація відкритого цифрового простору закладу вищої освіти, забезпечення якого потребує організацію захисту компонентів інформаційної інфраструктури, що включає в себе організаційно-правові засади.

Згідно з затвердженими Правилами забезпечення захисту інформації в інформаційних, телекомунікаційних та інформаційно-телекомунікаційних системах (Постанова Кабінету Міністрів України від 29.03.2006 № 373), для забезпечення захисту інформації в системі створюється комплексна система захисту інформації (далі – система захисту), яка призначається для захисту інформації від:

- витоку технічними каналами, до яких належать канали побічних електромагнітних випромінювань і наведень, акустично-електричні та інші

канали, що утворюються під впливом фізичних процесів під час функціонування засобів обробки інформації, інших технічних засобів і комунікацій;

- несанкціонованих дій з інформацією, у тому числі з використанням комп'ютерних вірусів;
- спеціального впливу на засоби обробки інформації, який здійснюється шляхом формування фізичних полів і сигналів та може призвести до порушення її цілісності та несанкціонованого блокування [19].

Організаційний захист інформації – складова частина системи захисту інформації, що визначає та виробляє порядок та правила функціонування об'єктів захисту та діяльності посадових осіб з метою забезпечення захисту інформації [19].

Організаційними засобами захисту інформації мають займатися спеціалісти служби безпеки. До їх обов'язків входить:

- розробка внутрішньої документації, в якій зазначені правила роботи з комп'ютерами та конфіденційними даними;
- проведення докладного інструктажу та перевірка співробітників закладу вищої освіти;
- ініціювання процедури підписання угод (у разі потреби), де зазначено відповідальність за розголошення, а також неправомірне використання інформації, що стала відомою у процесі роботи;
- розподіл зон відповідальності для виключення ситуацій, коли до великої кількості найважливіших даних має доступ один із працівників;
- контроль над тим, щоб дуже важливі файли не зберігалися поза мережевих дисків;
- впровадження програм, що захищають дані від копіювання чи видалення;
- складання плану відновлення системи при поломках [19].

Основними об'єктами захисту в моделі «Гармонізація взаємодії компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО» являється інформація,

інформаційні потоки та наявне програмно-технічне забезпечення (програмні платформи / компоненти), які послуговують для оброблення інформації та здійснення контролю за інформаційними потоками.

Згідно із затвердженими Загальними вимогами до кіберзахисту об'єктів критичної інфраструктури (Постанова Кабінету Міністрів України від 19.06.2019 № 518), система інформаційної безпеки являє собою сукупність організаційних та технічних заходів, а також засобів і методів захисту інформації, які впроваджуються на об'єкті/установі, виявлення та захисту від кібератак, порушення конфіденційності, цілісності та доступності інформаційних ресурсів, що обробляються (передаються, зберігаються) на об'єкті/установі, запобігання порушенню режиму функціонування та/або недоступності служб (функцій) об'єкта/установи, порушенню функціонування компонентів об'єкта/установи; забезпечення спостережності за діями користувачів об'єкта/установи та функціонуванням засобів захисту об'єкта/установи [20Помилка! Джерело посилання не знайдено.].

Основні заходи з організаційно-технічного забезпечення захисту від різного роду несанкціонованого доступу та кібератак повинні убезпечувати та формувати:

- загальну політику безпеки інформаційно-комунікаційних ресурсів;
- керування авторизованого доступу ідентифікованих користувачів до компонентів інформаційно-комунікаційних ресурсів та програмних компонент;
- ідентифікацію та автентифікацію користувачів та адміністраторів;
- реєстрацію подій компонентами об'єкта/установи та їх періодичний аудит;
- мережевий захист компонентів та інформаційних ресурсів;
- доступність та відмовостійкість компонентів та інформаційних ресурсів;
- дефініцію умов використання носіїв інформації (змінних /зовнішніх пристроїв);

- визначення умов використання програмного та апаратного забезпечення;
- визначення умов розміщення компонентів об'єкта/установи [20].

У поняття інформаційної безпеки ЗВО входить система заходів, спрямована на захист інформаційного простору та персональних даних від випадкового чи навмисного проникнення з метою розкрадання будь-яких даних чи внесення змін у конфігурацію системи. Тому система інформаційної безпеки освітньої установи повинна забезпечувати збереження баз даних і масивів конфіденційних відомостей, що містяться в них.

У складі масивів інформації, що охороняються Законом України «Про освіту» та знаходяться в розпорядженні ЗВО, можна виділити три групи:

- персональні відомості, що стосуються всіх учасників освітнього процесу та освітнього простору, оцифровані архіви;
- ноу-хау освітнього процесу, що мають характер інтелектуальної власності та захищені законом;
- структурована навчальна інформація, що забезпечує освітній процес (електронні бібліотеки, бази даних, навчальні програми) [20].

Обов'язками осіб, відповідальних за захист інформації, має стати збереження даних у цілісності та недоторканності та забезпечення їх:

- доступності у будь-який час для будь-якого авторизованого користувача;
- захисту від будь-якої втрати чи внесення несанкціонованих змін;
- конфіденційності та недоступності для третіх осіб.
- Виділяються дві найбільші групи об'єктів, які можуть зазнати навмисного або ненавмисного впливу:
 - комп'ютерна техніка та інші апаратні засоби, які можуть бути пошкоджені внаслідок механічного впливу, вірусів та інших причин;
 - програмне забезпечення, що використовуються для підтримки працездатності системи освітнього процесу, які можуть постраждати від вірусів чи атак хакерів.

При проектуванні захисту компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО повинні використовуватися програмно-апаратні засоби (модель захисту подано на рис.3.5).

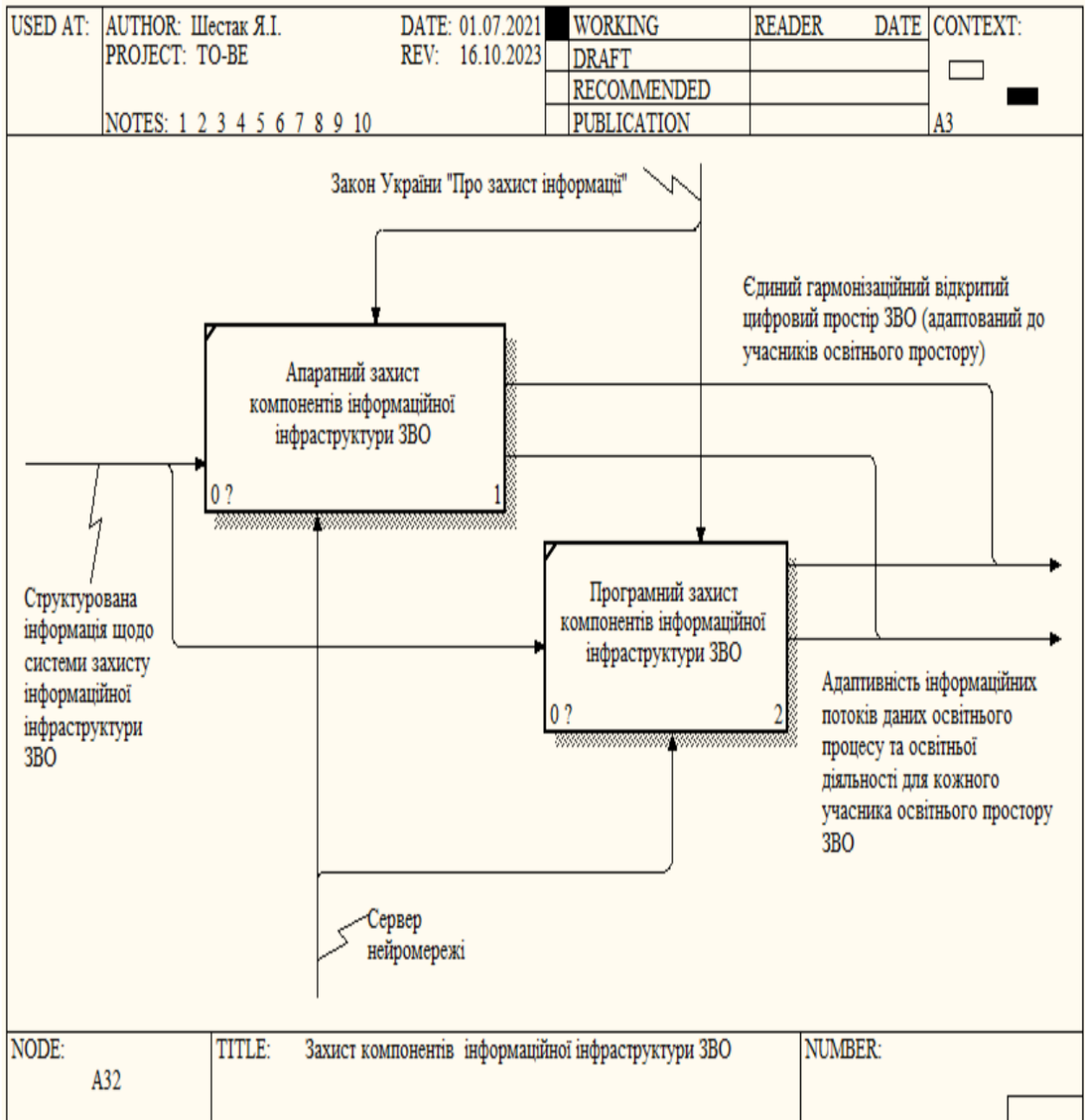


Рисунок 3.5. Декомпозиція моделі «Захист компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО»

Джерело: побудовано автором засобом Case-технології ERwin (знімок з екрану)

У результаті декомпозиції моделі «Захист компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО» утворились такі компоненти:

- «Апаратний захист компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО»;
- «Програмний захист компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО».

Характеристики компонентів моделі описано у табл. 3.8.

Таблиця 3.8

Компоненти моделі «Захист компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО»

Назва	Характеристика
Апаратний захист компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО	Організація забезпечення комплексного загального та персоніфікованого захисту апаратних компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО від зовнішнього та внутрішнього несанкціонованого втручання
Програмний захист компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО	Організація забезпечення комплексного загального та персоніфікованого захисту програмних компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО від зовнішнього та внутрішнього несанкціонованого втручання

Джерело: побудовано автором

Впливаючі на компоненти механізми, їх назви та властивості подано у табл. 3.9.

Таблиця 3.9

Характеристики стрілок до моделі «Захист компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО»

Назва	Характеристика	Тип	Складові
1	2	3	4
Структурована інформація щодо системи захисту інформаційної інфраструктури ЗВО	Згенерований алгоритм щодо системи контролю за захистом інформаційної, апаратної складової компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО	Input	Апаратний захист компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО

1	2	3	4
	Згенерований алгоритм щодо системи контролю за захистом інформаційної, програмної складової компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО	Input	Програмний захист компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО
Закон України Про захист інформації	НД ТЗІ 2.6-003-2015 [27]. ДСТУ 3396.0-96 [15]. ДСТУ 3396.1-96 [16]. Про затвердження Порядку взаємодії органів виконавчої влади з питань захисту державних інформаційних ресурсів в інформаційних та телекомунікаційних системах [14]. Про затвердження Порядку використання електронних довірчих послуг в органах державної влади, органах місцевого самоврядування, підприємствах, установах та організаціях державної форми власності. Постанова Кабінету Міністрів України; Порядок, Перелік від 19.09.2018 № 749.	Control	Апаратний захист компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО
		Control	Програмний захист компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО
Сервер нейромережі	Система апаратного захисту компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО, сформована на основі рекомендацій інтелектуального центру взаємодії компонентів інфраструктури ЗВО, яка враховує адаптацію персоналізованого доступу до інформаційних ресурсів та інформаційно-аналітичних потоків ЗВО	Mechanism	Апаратний захист компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО

1	2	3	4
	Система програмного захисту компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО, сформована на основі рекомендацій інтелектуального центру взаємодії компонентів інфраструктури ЗВО, яка враховує адаптацію персоналізованого доступу до інформаційних ресурсів та інформаційно-аналітичних потоків ЗВО	Mechanism	Програмний захист компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО
Єдиний гармонійний відкритий цифровий простір ЗВО (адаптований до учасників освітнього простору)	Система адаптації апаратного захисту компонентів інформаційної інфраструктури з врахуванням персоналізованого доступу до ресурсів та інформаційно-аналітичних потоків ЗВО	Output	Апаратний захист компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО
	Система адаптації програмного захисту компонентів інформаційної інфраструктури з врахуванням персоналізованого доступу до ресурсів та інформаційно-аналітичних потоків ЗВО	Output	Програмний захист компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО
Адаптивність інформаційних потоків даних освітнього процесу та освітньої діяльності для кожного учасника освітнього простору ЗВО	Сформовані інтелектуальним центром алгоритми апаратного захисту взаємодії інформаційних компонентів, адаптивних під персоналізацію інформаційних потоків даних	Output	Апаратний захист компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО
	Сформовані інтелектуальним центром алгоритми програмного захисту взаємодії інформаційних компонентів, адаптивних під персоналізацію інформаційних потоків даних	Output	Програмний захист компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО

Джерело: побудовано автором

Перша складова декомпозиційної моделі захисту компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО є «Апаратний захист компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО». До апаратних складових захисту відносяться різноманітні фізичні засоби та пристрої, призначені для забезпечення безпеки та надійності інформаційних систем, а саме: сервери та обладнання централізованого збереження даних, канали зв'язку, комп'ютерне устаткування, електронні пристрої та/або блоки захисту, такі як брандмауери, файрволи. Це все ті засоби, які являють собою вбудовані у структурні компоненти інформаційної системи пристрої, призначенням яких є внутрішній та зовнішній захист елементів комп'ютерної техніки, периферійних пристроїв тощо.

При проектуванні апаратного захисту компонентів інформаційної інфраструктури закладу вищої освіти необхідно передбачити блок управління доступу адміністраторів та учасників освітнього простору до компонентів захисту, який включає в себе процес розподілу прав доступу до конкретного компоненту та ресурсів інформаційної системи для конкретного учасника освітнього простору (у відповідності до обійманих посад). У затверджених Загальних вимогах до кіберзахисту об'єктів критичної інфраструктури (Постанова Кабінету Міністрів України; Вимоги, Перелік від 19.06.2019 № 518) зазначено, що механізм розподілу прав доступу до об'єктів/компонентів інформаційної інфраструктури повинен [20]:

- охоплювати всі інформаційні ресурси об'єкта інформаційної інфраструктури (інформацію, яка зберігається та обробляється на об'єкті інформаційної інфраструктури, журнали реєстрації подій, технологічну інформацію програмного та апаратного забезпечення об'єкта інформаційної інфраструктури тощо);
- встановлювати права на виконання операцій (читання, зміна, створення, видалення тощо) над інформаційними ресурсами об'єкта інформаційної інфраструктури для всіх користувачів та адміністраторів (за потреби та наявності активного процесу);

- призначати права доступу до сервісів об'єкта основних даних для адміністратора та авторизованих користувачів.

Також необхідно передбачити забезпечення мережевого захисту компонентів та інформаційних ресурсів об'єкта інформаційної інфраструктури, а саме [20]:

- захист від шкідливого коду, шкідливого програмного забезпечення та вірусів в секторах інформаційної інфраструктури. Повинна бути впроваджена централізована організація захисту від шкідливих програм, шкідливого коду та різного роду програмних вірусів;

- адміністратор повинен мати доступ до компонентів інформаційної інфраструктури з IP-адресу (робочої станції), що призначені тільки для керування та адміністрування об'єктами конфігурації інформаційної інфраструктури.

У разі неможливості фізичного розділення зовнішньої мережі та об'єктів інформаційної інфраструктури на периметрі (грані), між зовнішніми інформаційно-телекомунікаційними системами та мережами повинні бути встановлені засоби мережевого захисту, що виконують щонайменше такі функції захисту [20]:

- захист від атак, який виявляє шкідливий код і шкідливе програмне забезпечення (системи захисту від уразливостей програмного забезпечення ще не відомі розробникам програмного забезпечення);

- фільтрування трафіку, обмеження доступом між локальною та зовнішніми мережами за критеріями дозволених / заборонених служб, такими як протоколи, порти, адреси електронної пошти, мережні підключення, небажані веб-сайти.

- обмеження та блокування трафіку, що не відповідає встановленим критеріям;

- фільтрування та аналізування трафіку за конкретними критеріями, які відповідають політиці інформаційної безпеки;

- моніторинг трафіку на наявність шкідливого коду, шкідливого програмного забезпечення та вірусів відповідно до політики інформаційної безпеки;
- виявлення вторгнень та відвертання кібератак, спрямованих на апаратно-програмні компоненти інформаційної інфраструктури;
- захист від несанкціонованого доступу, маскуванню мережевих адрес, від відключення вузла в разі атаки використання мережі Інтернет;
- ведення журналу реєстру подій безпеки.

Обладнання, яке підключається до системи управління технологічними процесами об'єкта інформаційної інфраструктури, має бути ідентифікованим за MAC-адресом, IP-адресом, та мають бути застосовані кроки та дії, що перешкоджають роботі об'єктів в мережі без наявності відповідного маркування [20, 22].

Враховуючи вищенаведені інструкції щодо захисту об'єктів інформаційної інфраструктури, та на основі затверджених Порядку взаємодії органів виконавчої влади з питань захисту державних інформаційних ресурсів в інформаційних та телекомунікаційних системах [13], Правил забезпечення захисту інформації в інформаційних, телекомунікаційних та інформаційно-телекомунікаційних системах [19], Загальних вимог до кіберзахисту об'єктів критичної інфраструктури [20], Порядку підключення до глобальних мереж передачі даних [21], Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 27 січня 2016 року [22], Положення про технічний захист інформації в Україні [26], Стандартів ДСТУ 3396.0-96 (Захист інформації. Технічний захист інформації) [15], ДСТУ 3396.1-96 (Захист інформації. Технічний захист інформації) [16], НД ТЗІ 2.6-003-2015 (Про затвердження нормативного документа системи технічного захисту інформації) [27] було утворено декомпозицію моделі «Апаратний захист інформаційних компонентів ЗВО» (представлено на рис. 3.6), яка розроблена на основі методології IDEF3 та стандартної методології IDEF0.

Утворена діаграмою IDEF3 модель містить такі функціональні елементи: «Захист апаратних компонентів ЗВО», «Захист від зовнішнього

несанкціонованого втручання», «Внутрішній захист», «Ідентифікація КЕП», «Перевірка сертифікату КЕП», «Захист від зовнішнього несанкціонованого доступу», «Захист серверних ресурсів ЗВО», «Захист робочих станцій», «Захист електронних комунікацій», «Керування доступом до апаратних ресурсів компонентів ЗВО», «Управління апаратними ресурсами ЗВО».

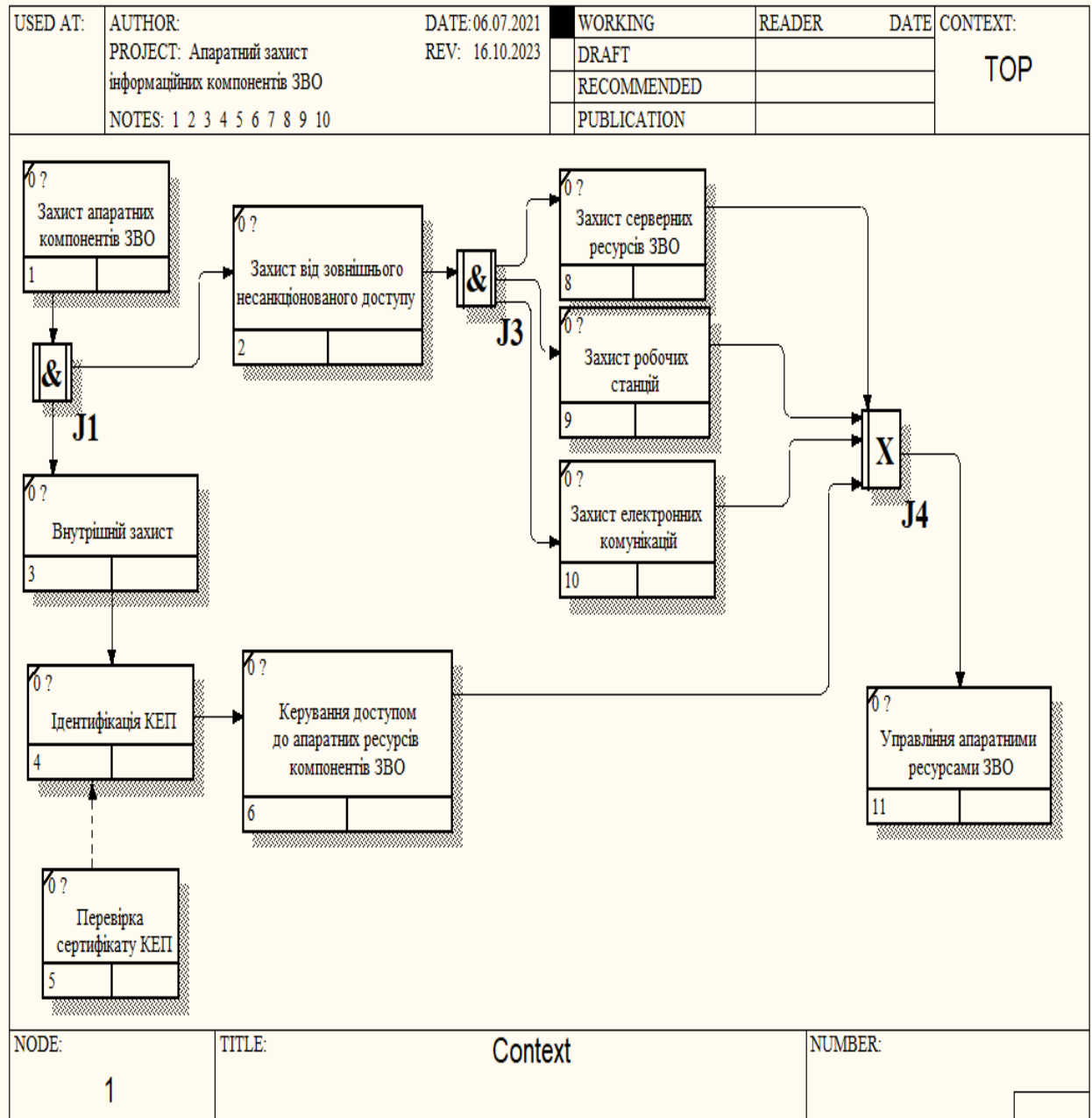


Рисунок 3.6. Декомпозиція моделі «Апаратний захист інформаційних компонентів ЗВО»

Джерело: побудовано автором засобом Case-технології ERwin (знімок з екрану)

Відповідно до запропонованої декомпозиції моделі «Апаратний захист інформаційних компонентів ЗВО», захист апаратних компонентів складається з двох функціональних елементів внутрішній захист і захист від зовнішнього несанкціонованого втручання, які запускаються одночасно, з метою утворення комплексного системного захисту всіх наявних апаратних компонентів ЗВО й розмежування доступу між локальною мережею закладу вищої освіти та мережею Інтернет, за прийнятими критеріями дозволів/заборон для IP-адрес веб-сайтів, портів, служб тощо. Керування доступом до апаратних ресурсів можливо лише після проходження підтвердження ідентифікації КЕП. Сам сертифікат, в свою чергу, має спочатку пройти перевірку на інформаційному ресурсі органу видачі сертифікату, а лише потім підтверджувати ідентифікацію особи, що має певні повноваження та права доступу до керування апаратних ресурсів закладу вищої освіти.

Захист від зовнішнього несанкціонованого втручання запускає одночасне виконання таких функціональних елементів, як захист серверних ресурсів ЗВО, захист робочих станцій, захист електронних комунікацій. Слід зауважити, що захист серверу нейромережі є компонентом апаратного захисту та входить як складова до функціонального елемента «Захист серверних ресурсів ЗВО».

Результатом виконання вищевказаних дій буде виконання головного елемента структурної моделі – управління апаратними ресурсами ЗВО. Саме він забезпечує аналіз трафіку, а у разі потреби, блокування небажаних сайтів, з'єднань, портів та служб, що не відповідають політиці безпеки; запобігає різному роду атакам/вторгнення, спрямованих як на апаратне і програмне забезпечення, так і на викрадення інформаційних даних, що веде за собою несанкціонований доступ до конфіденційних даних, несанкціоновані модифікації об'єктів, несанкціоноване позбавлення доступу до ресурсів інформаційної інфраструктури ЗВО, розкрадання даних, загрозу цілісності інформації, загрозу недоступності ресурсів тощо.

Характеристики функціональних елементів моделі описано у табл. 3.10.

Компоненти моделі «Апаратний захист компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО»

Назва	Характеристика
1	2
Захист апаратних компонентів ЗВО	Організація забезпечення комплексного загального та персоніфікованого захисту апаратних компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО від зовнішнього та внутрішнього несанкціонованого втручання
Внутрішній захист	Апаратний внутрішній захист включає в себе пристрої апаратного захисту компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО (КЕП, залізний FireWall)
Ідентифікація КЕП	Апаратний захищений ключ, який персонально ідентифікує користувача та надає доступ до конкретно визначених ресурсів інформаційної інфраструктури ЗВО
Перевірка сертифікату КЕП	При ідентифікації користувача на інформаційному ресурсі органу видачі сертифікату виконується перевірка чинності наявного сертифікату
Захист від зовнішнього несанкціонованого доступу	Організація забезпечення комплексного загального зовнішнього захисту апаратних компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО від несанкціонованого втручання
Захист серверних ресурсів ЗВО	Організація забезпечення комплексного загального зовнішнього та внутрішнього захисту апаратних компонентів серверних ресурсів ЗВО від несанкціонованого втручання
Захист робочих станцій	Організація забезпечення комплексного загального зовнішнього та внутрішнього захисту апаратних компонентів серверних ресурсів ЗВО робочих станцій від несанкціонованого втручання
Захист електронних комунікацій	Організація забезпечення комплексного загального зовнішнього та внутрішнього захисту апаратних компонентів електронних комунікацій ЗВО від несанкціонованого втручання
Керування доступом до апаратних ресурсів компонентів ЗВО	Регулювання загального та персоніфікованого доступу до апаратних ресурсів інформаційної інфраструктури ЗВО

1	2
Управління апаратними ресурсами ЗВО	Забезпечення загального та персоніфікованого доступу до апаратних ресурсів інформаційної інфраструктури ЗВО

Джерело: побудовано автором самостійно

Характеристики інформаційних процесів моделі подано у табл. 3.11.

Таблиця 3.11

Характеристика інформаційних процесів моделі «Апаратний захист компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО»

Назва компоненти Fan- out Junction	Характеристика інформаційних процесів	Назва компоненти Fan- in Junction
1	2	3
Захист апаратних компонентів ЗВО	Synchronous AND	Захист від зовнішнього несанкціонованого доступу Внутрішній захист
Внутрішній захист	Precedence	Ідентифікація КЕП
Перевірка сертифікату КЕП	Relational Link	Ідентифікація КЕП
Ідентифікація КЕП	Precedence	Керування доступом до апаратних ресурсів компонентів ЗВО
Захист від зовнішнього несанкціонованого доступу	Synchronous AND	Захист серверних ресурсів ЗВО
		Захист робочих станцій
		Захист електронних комунікацій
Керування доступом до апаратних ресурсів компонентів ЗВО	Exclusive OR	Управління апаратними ресурсами ЗВО
Керування доступом до апаратних ресурсів компонентів ЗВО		
Захист серверних ресурсів ЗВО	Exclusive OR	Управління апаратними ресурсами ЗВО

1	2	3
Захист робочих станцій		

Джерело: побудовано автором самостійно

До другої складової декомпозиційної моделі захисту компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО належить «Програмний захист компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО», яка включає в себе систему спеціальних програм, що включаються до складу програмного забезпечення, що реалізують функції захисту.

При програмному захисті інформації захищається сама інформація, будь то операційна система, спеціалізоване програмне забезпечення або документ у цифровому вигляді. При цьому такий захист поділяється на захист даних та захист програм.

Програмний захист інформації на сервері або робочому комп'ютері вимагає використання різних типів захисних програм або спеціалізованих захисних рішень, що поєднують кілька типів захисту одночасно.

Недоліки вузькоспеціалізованого захисту можна знайти в будь-якій комбінації малого числа схожих типів програмних засобів захисту інформації, тому захист завжди повинен бути заснований на безлічі паралельних алгоритмів, що часто перетинаються. Отже, найбільш логічним є використання комплексних захисних систем, що використовують більшість згаданих типів захисту: інформації, даних, програм та самозахисту від вторгнень, копіювання, модифікації та знищення.

У затверджених Правилах забезпечення захисту інформації в інформаційних, телекомунікаційних та інформаційно-телекомунікаційних системах зазначено [20]:

- відкриті дані та відкрита інформація, які можуть змінити або знищити випадково чи навмисно, повинні бути захищені системою від несанкціонованих дій;
- користувачам має бути забезпечено доступ до відкритої інформації;

- тільки авторизовані користувачі можуть модифікувати, редагувати та знищувати відкриту інформацію;
- необхідно запобігати спробам змінити або видалити загальнодоступну інформацію неавторизованих користувачів, або користувачів, чия особу не було підтверджено під час автентифікації.

Користувачі та адміністратори мають право доступу до програмно-апаратного комплексу інформаційної інфраструктури ЗВО після успішного завершення процесу перевірки проходження ідентифікації та авторизації (на основі персоніфікованого унікального ідентифікатора користувача та пароля, або фізичного ідентифікатора – ключа, токена, сертифікату) в межах визначених їм прав доступу до конкретного об'єкта.

Для надання доступу до служб (функцій) та інформації об'єкта інформаційної інфраструктури ЗВО має бути застосовано багатофакторну автентифікацію користувачів. Якщо компонент об'єкту не підтримує багатофакторну ідентифікацію, то можливе застосування двофакторної автентифікації. [19, 21].

У затверджених Загальних вимогах до кіберзахисту об'єктів критичної інфраструктури (Постанова Кабінету міністрів України від 19.06.2019 № 518) визначені умови використання програмного та апаратного забезпечення об'єкта інформаційної інфраструктури, зокрема [19]:

- необхідно проводити перевірку оновлень компонентів та їх цілісність. Якщо цілісність оновлення порушено або не перевірено, його необхідно відхилити та не використовувати, а цю подію необхідно зафіксувати в реєстрі журналу подій;
- потрібно використовувати лише офіційні версії програмного забезпечення (нормативний документ системи захисту технічної інформації 2.5-004-99 «Критерії оцінки безпеки даних в комп'ютерних системах від несанкціонованого доступу та від несанкціонованого доступу»);

- самостійна інсталяція або видалення програмного забезпечення мають бути заборонені для користувачів. Лише авторизований адміністратор може інсталювати або видалити програмне забезпечення;
- файл/повідомлення не можуть бути прийняті до обробки, якщо перевірка електронного підпису отриманого файлу/повідомлення призводить до негативного результату. Ця подія має з'явитися в журналі подій;
- програмне та апаратне забезпечення, що використовується як частина основної інформації, не повинно бути створено з інших країн, до яких застосовано санкції згідно із Законом України «Про санкції» [19].

Отже, беручи до уваги вищезазначені Закони України, Постанови Кабінету Міністрів щодо застосування комплексного захисту програмних компонентів, було утворено декомпозицію моделі «Програмний захист інформаційних компонентів ЗВО» на основі методології IDEF3 (представлено на рис. 3.7).

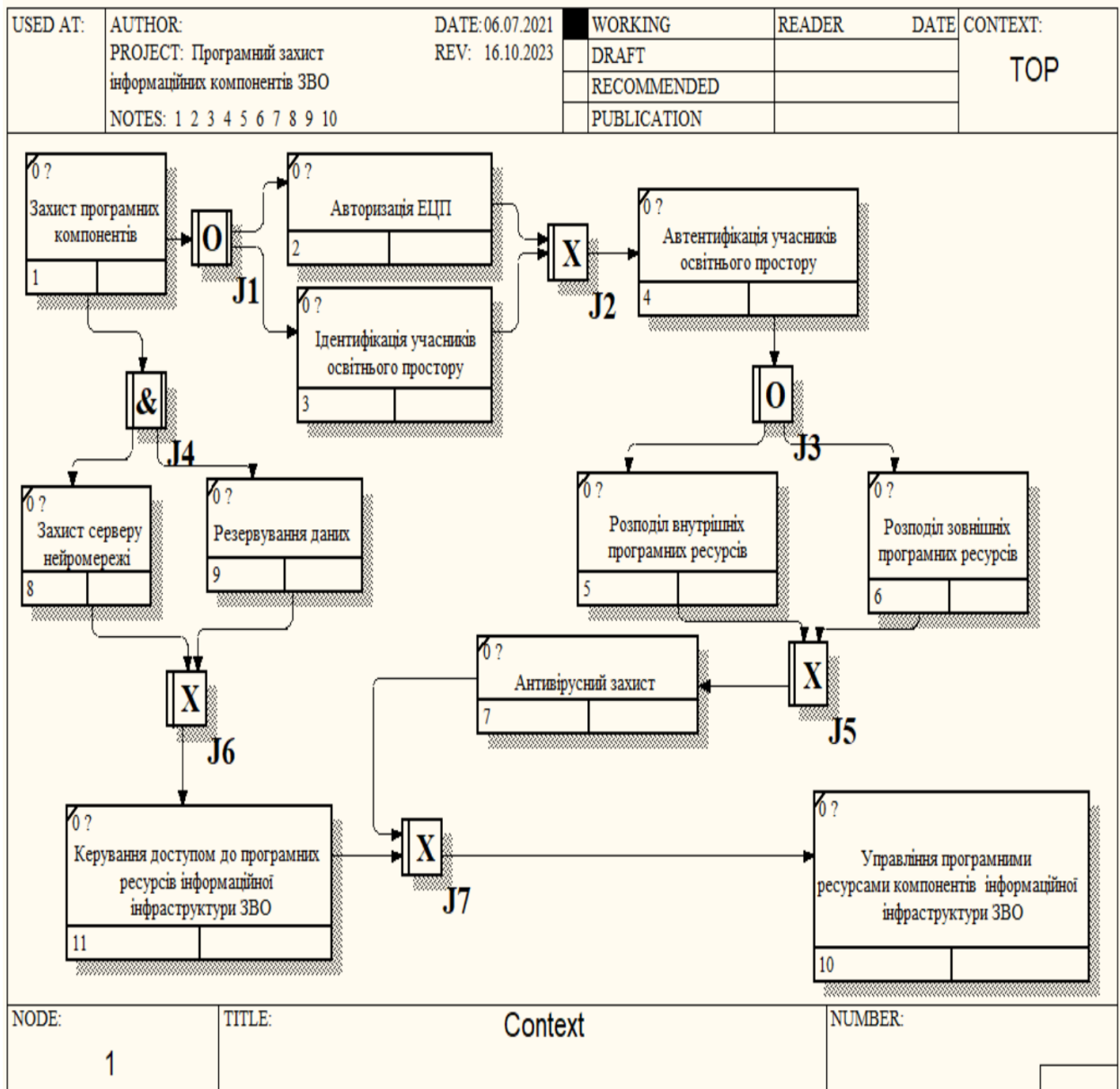


Рисунок 3.7. Декомпозиція моделі «Програмний захист інформаційних компонентів ЗВО»

Джерело: побудовано автором засобом Case-технології ERwin (знімок з екрану)

Декомпозиція моделі програмного захисту інформаційних компонентів ЗВО включає багаторівневий підхід, який забезпечує цілісний захист інформації та ресурсів у системі вищої освіти. В цій моделі важливо враховувати різні рівні ідентифікації та авторизації користувачів, залежно від присвоєного їм типу ідентифікації (пароль або програмно захищений ключ).

Якщо відбувається ідентифікація за допомогою паролю, то користувач повинен надати свій ідентифікуючий логін та пароль, які перевіряються щодо відповідності у системі.

При ідентифікації за допомогою програмно захищеного ключа – електронного цифрового підпису (ЕЦП), користувач повинен надати свій програмно захищений ключ, що є цифровим підписом, який персонально ідентифікує користувача. Система перевіряє дійсність цього ключа та ідентифікацію користувача.

Автентифікація учасників в освітньому просторі – це процес, який забезпечує перевірку поданого користувачем ЕЦП під час спроби доступу до інформаційних ресурсів та функцій системи ЗВО. Автентифікація визначає, чи користувач, який намагається увійти в систему, є дійсно тим, за кого він себе видає. У цьому контексті ЕЦП створений на основі унікальних ключів, призначених для конкретного користувача. Система перевіряє попередньо збережений ЕЦП користувача. Якщо ЕЦП відсутній або не співпадає з очікуваним підписом, автентифікація не пройдена, і користувачу відмовляється у доступі.

Після надання ідентифікаційних даних (логін/пароль або програмно захищений ключ), система проводить перевірку відповідності інформації в базі даних користувачів. Якщо ідентифікація проходить успішно, користувачу надається статус «авторизований» і він отримує доступ до визначених ресурсів ЗВО, тобто для кожного типу ідентифікації/авторизації створюється відповідна політика доступу до ресурсів, яка визначає, які ресурси доступні для конкретного типу користувача. Ця політика враховується при подальшому розподілі ресурсів ЗВО для автентифікованих користувачів.

Наступним важливим етапом програмного захисту інформаційних компонентів ЗВО є антивірусний захист, який призначений для захисту від вірусів та інших шкідливих програм, які можуть загрожувати безпеці інформаційної інфраструктури ЗВО. Цей захист включає в себе декілька ключових аспектів: сканування на віруси, своєчасне оновлення сигнатур баз даних вірусів, блокування шкідливих дій, ізоляція та лікування інфікованих

файлів тощо. Антивірусне програмне забезпечення, встановлене на серверах та комп'ютерах ЗВО, відповідальне за регулярне сканування всіх файлів та програм на наявність вірусів. Це дозволяє виявити та видалити потенційно небезпечний код, який може завдати шкоди системі. Крім виявлення вірусів, антивірусне програмне забезпечення також може блокувати небезпечні дії, такі як спроби вторгнення та керування із зовнішнього джерела, що може включати блокування доступу до шкідливих веб-сайтів та завантаження вірусних вкладень в електронних листах. Якщо вірус був виявлений, антивірусне програмне забезпечення може ізолювати інфікований файл, щоб запобігти його поширенню. В деяких випадках програми можуть навіть намагатися лікувати інфікований файл, видаляючи шкідливий код. Антивірусне програмне забезпечення зазвичай надає сповіщення адміністраторам та користувачам про виявлені загрози, що в свою чергу, допомагає вчасно реагувати на потенційні атаки та загрози.

Компонент «Автоматичне оновлення та ліцензування» в моделі програмного захисту інформаційних компонентів ЗВО включає в себе процеси, спрямовані на забезпечення актуальності та законності встановленого програмного забезпечення в системі вищої освіти. Цей аспект передбачає встановлення механізмів автоматичного оновлення операційних систем та прикладних програм на всіх пристроях, що входять до інформаційної інфраструктури ЗВО. Це важливо для забезпечення безпеки, оскільки нові версії програмного забезпечення містять виправлення помилок та заходи безпеки, які найімовірно важливі для захисту від потенційних загроз.

Ліцензування означає, що всі встановлені програми повинні мати легальні ліцензії, які дозволяють використання їх у освітньому процесі ЗВО. Система виконує регулярну перевірку ліцензійних сертифікатів. У випадку, якщо термін дії ліцензій закінчується або іншим чином стає недійсним, система повинна реагувати і сповіщати про необхідність оновлення ліцензій або закупівлі нових. Окрім перевірки ліцензій, система також повинна включати заходи безпеки, щоб запобігти використанню нелегальних або піратських копій

програмного забезпечення, тобто включає в себе захист від незаконного копіювання та збереження програм.

Компонент «Захист серверу нейромережі» включає в себе відповідні заходи для забезпечення безпеки серверів, на яких розгорнуто нейромережу і є важливою частиною моделі програмного захисту інформаційних компонентів ЗВО. Загальний підхід захисту полягає в тому, щоб створити надійний захист для серверів нейромережі, які мають критичне значення для освітньої діяльності ЗВО, і забезпечити їх надійну роботу та захищеність від потенційних загроз.

За допомогою різних методів, таких як аутентифікація і авторизація, сервер нейромережі захищається від несанкціонованого доступу, тільки користувачі з відповідними дозволами можуть отримати доступ до сервера. Всі дані, які передаються до та від сервера нейромережі, підлягають шифруванню для захисту конфіденційності. За допомогою антивірусного програмного забезпечення та систем виявлення вторгнень (IDS), сервер нейромережі відстежує потенційні загрози та підозрілу активність.

Важлива частина захисту серверу нейромережі – це регулярне створення резервних копій даних та моделей нейромережі, що дозволяє відновити роботу системи у випадку втрати даних або їх пошкодження.

Створення резервних копій інформації для запобігання втраті даних внаслідок випадкових або умисних подій, таких як видалення, збій апаратного устаткування, кібератаки тощо. Зроблені резервні копії зберігаються в безпечних та фізично відокремлених місцях від основної інформаційної інфраструктури ЗВО. Таким місцем може бути датацентр або хмарне сховище.

До захисту серверу нейромережі відноситься захист локальної мережі ЗВО і означає застосування різноманітних програмних засобів та стратегій для захисту мережевої інфраструктури вищої освіти від потенційних загроз і атак. Для цього необхідне встановлення та налаштування брандмауерів для фільтрації, та контролю мережевого трафіку. Брандмауери допомагають обмежувати доступ до мережі та забезпечувати безпеку, блокуючи небажану або потенційно шкідливу активність.

Керування доступом до програмних ресурсів є критично важливою, ключовою складовою моделі програмного захисту інформаційних компонентів ЗВО і передбачає процес керування правами доступу користувачів до різних програмних ресурсів, який забезпечує безпечну, контрольовану і ефективну роботу ЗВО. Керування доступом до програмних ресурсів включає в себе:

- визначення прав доступу, тобто встановлення правил, які визначають, до яких програмних ресурсів мають право доступу конкретні користувачі різних категорій (студенти, викладачі, адміністрація, гості), кожен тип користувача має свої обмеження і дозволи;

- формування політики доступу до зовнішніх та внутрішніх ресурсів, яка визначає правила і обмеження для різних категорій користувачів. Ця політика включає в себе інформацію про те, які користувачі до яких конкретних програмних ресурсів мають доступ, яким чином вони можуть з ними взаємодіяти та які операції вони можуть виконувати;

- проведення моніторингу та аудиту доступу користувачів до програмних ресурсів. Створення журналу подій, його введення для реєстрації всіх дій, пов'язаних із керуванням доступом. Фіксація несанкціонованих дій дозволяє вчасно виявляти аномалії та запобігати викраданню інформаційних даних;

- відповідні заходи щодо захисту від несанкціонованого доступу, такі як захист від перехоплення паролів та несанкціонованого вторгнення тощо.

Заключним процесом даної моделі є «Управління програмними ресурсами компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО». Основними завданнями даного функціонального елемента виступають наступні процеси:

- оновлення програмних компонентів інформаційних ресурсів;
- розподіл та управління програмними ресурсами як в цілому, так і для виконання кожної конкретної дії, з метою досягнення максимальної ефективності їх використання;

- моніторинг доступності як до конкретного програмного ресурсу, так і до всіх ресурсів цілому;

- аудит навантаження на програмні компоненти інформаційних ресурсів ЗВО тощо.

Характеристики функціональних елементів моделі описано у табл. 3.12.

Таблиця 3.12

Компоненти моделі «Програмний захист компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО»

Назва	Характеристика
1	2
Захист програмних компонентів	Організація забезпечення комплексного загального та персоніфікованого захисту програмних компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО від зовнішнього та внутрішнього несанкціонованого втручання
Авторизація ЕЦП	Програмний захищений ключ (електронний цифровий підпис), який персонально ідентифікує користувача та надає доступ до конкретно визначених ресурсів інформаційної інфраструктури ЗВО
Ідентифікація учасників освітнього простору	Програмний захищений ключ, який персонально ідентифікує користувача та надає доступ до конкретно визначених ресурсів інформаційної інфраструктури ЗВО
Автентифікація учасників освітнього простору	При авторизації учасника за допомогою ЕЦП, на інформаційному ресурсі органу видачі сертифікату виконується перевірка чинності електронного сертифікату на не захищеному носії. При ідентифікації учасника за допомогою паролю, йому надається певні повноваження та права доступу до програмних ресурсів інформаційної інфраструктури ЗВО
Розподіл внутрішніх програмних ресурсів	В залежності від ідентифікації учасника ЗВО надається визначений (для даного користувача) та контрольований інтелектуальним центром доступ до визначених внутрішніх програмних ресурсів
Розподіл зовнішніх програмних ресурсів	В залежності від ідентифікації учасника ЗВО надається визначений (для даного користувача) та контрольований інтелектуальним центром доступ до визначених зовнішніх програмних ресурсів

1	2
Антивірусний захист	Комплекс програмного забезпечення для підтримки захисту інформаційної інфраструктури ЗВО
Захист серверу нейромережі	Комплекс програмного забезпечення для підтримки захисту серверу нейромережі
Резервування даних	Комплекс програмного забезпечення для формування банку резервних копій інформаційної системи ЗВО
Керування доступом до програмних ресурсів інформаційної інфраструктури ЗВО	Регулювання загального та персоніфікованого доступу до програмних ресурсів інформаційної інфраструктури ЗВО
Управління програмними ресурсами компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО	Забезпечення загального та персоніфікованого доступу до програмних ресурсів інформаційної інфраструктури ЗВО

Джерело: побудовано автором самостійно

Характеристики інформаційних процесів моделі подано у табл. 3.13.

Таблиця 3.13

Характеристика інформаційних процесів моделі «Програмний захист компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО»

Назва компоненти Fan- out Junction	Характеристика інформаційних процесів	Назва компоненти Fan- in Junction
1	2	3
Захист програмних компонентів	Synchronous OR	Авторизація ЕЦП
		Ідентифікація учасників освітнього простору
Авторизація ЕЦП	Exclusive OR	Автентифікація учасників освітнього простору
Ідентифікація учасників освітнього простору		
Автентифікація учасників освітнього простору	Asynchronous OR	Розподіл внутрішніх програмних ресурсів
		Розподіл зовнішніх програмних ресурсів

1	2	3
Розподіл внутрішніх програмних ресурсів	Exclusive OR	Антивірусний захист
Розподіл зовнішніх програмних ресурсів		
Захист програмних компонентів	Synchronous AND	Захист серверу нейромережі
		Резервування даних
Захист серверу нейромережі	Exclusive OR	Керування доступом до програмних ресурсів компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО
Резервування даних		
Антивірусний захист	Exclusive OR	Управління програмними ресурсами компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО
Керування доступом до програмних ресурсів компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО		

Джерело: побудовано автором самостійно

3.4. Проектування архітектури інтелектуального центру взаємодії компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО

Інтелектуальний центр взаємодії компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО являє собою нейронну мережу, яка координує та управляє всіма інформаційними потоками освітнього простору, з метою забезпечення ефективної організації та гармонізації освітнього процесу й освітньої діяльності.

При проектуванні архітектури інтелектуального центру взаємодії компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО було використано модульну структуру системи, яка дозволяє підвищити можливості переносимості та мобільності її компонентів. Кожен модуль можна буде замінювати або модернізувати, не змінивши структури системи загалом та способів взаємодії.

Основними модулями системи є:

- модуль для віддаленого управління, моніторингу та налагодження процесу навчання нейромережі;

- модуль середовища навчання, який крім очевидного призначення, а саме докази результативності нейронної мережі зі змінною топологією у певному завданні, повинен виступити як приклад реалізації подібного виду середовищ, при цьому він повинен не тільки мати гарну документацію, але і його вихідний код повинен бути простий у засвоєнні та розумінні;
- інструментальний засіб для серверного запуску моделювання нейронних мереж із змінною топологією;
- модуль захисту мережі, важливий засіб безпеки локальної та бездротової мережі, має вирішальне значення для захисту від хакерів і кіберзлочинців не тільки серверу нейромережі, а й для всіх пристроїв приєднаних до мережі ЗВО;
- модулі взаємодії, що містяться в основних модулях.

Як інструментальний засіб для серверного запуску машинного навчання використовуватиметься бібліотека, написана мовою C++ – `nlab`. Дана бібліотека надає математичний апарат для створення нейронних мереж із змінною топологією, а також протоколи для забезпечення взаємодії як з інструментами управління, так і середовищем для навчання.

Стосовно цієї бібліотеки та її математичного апарату повинні бути визначені конкретні атрибути для вказівки параметрів навчання. Оскільки бібліотека працює з конкретним різновидом нейронних мереж, повинні бути обрані правильні параметри для запуску навчання.

Отже, і бібліотека `nlab`, і інструмент управління та моніторингу, і середовище навчання – кожен компонент даної системи має певним чином взаємодіяти один з одним. Бібліотека `nlab` визначає основні протоколи та інтерфейси взаємодії. Для забезпечення протоколу керування використовується протокол JSON-RPC, який працює поверх TCP. Взаємодія бібліотеки з середовищем навчання може здійснюватися за двома протоколами: TCP і іменованим каналом Windows. Другий протокол доступний лише на операційній системі Windows.

Для візуалізації апаратних процесорів / вузлів / пристроїв системи, каналів зв'язку між ними та розміщення програмних файлів на цьому

апаратному забезпеченні для моделі системи інтелектуального центру взаємодії компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО будемо використовувати діаграми розгортання.

Діаграма розгортання являє собою UML-діаграму, що відображає архітектуру побудованої моделі, тобто візуалізацію фізичного рівня апаратного устаткування та програмного середовища моделі. До складу входять вузли апаратного та/або програмного забезпечення, а також програмні додатки, які їх з'єднують.

Діаграми розгортання зазвичай використовуються для візуалізації фізичного апаратного та програмного забезпечення системи. Тому проєктування такого виду діаграми дає можливість змодельовати фізичне розгортання системи на апаратному рівні.

Діаграми розгортання допомагають моделювати апаратну топологію системи порівняно з іншими типами UML-діаграм, які здебільшого описують логічні компоненти системи.

Щоб намалювати діаграму розгортання, необхідно спочатку ознайомитися з наступними позначеннями діаграми розгортання та елементами діаграми розгортання.

Вузол (представлено у вигляді куба) є фізичною сутністю, яка виконує одну або кілька компонентів, підсистем або виконуваних файлів. Вузол може бути апаратним чи програмним елементом.

Артефакти є конкретними елементами, викликаними процесом розробки. Прикладами артефактів є бібліотеки, архіви, конфігураційні файли, файли програм тощо.

Комунікаційна асоціація, позначення схеми розгортання – це шлях зв'язку, представлений суцільною лінією між двома вузлами.

Пристрій – це вузол, який використовується для фізичного обчислювального ресурсу у системі (прикладом пристрою є сервер програм).

Для опису взаємодії та розташування модулів було розроблено діаграму розгортання. На діаграмах розгортання показуються вузли (nodes) – елементи апаратури, які входять у цільову систему, поруч із програмним забезпеченням.

На частині цих вузлів розгортається програмне забезпечення системи. Даний тип діаграм не призначений для докладного опису апаратної частини системи, а дозволяє моделювати тільки ту частину обладнання, яка прямо або опосередковано пов'язана з системою ПЗ. На підставі існуючих вимог та виділених пунктів, була розроблена структурна схема діаграми розгортання – модель програмно-апаратної топології інтелектуального центру взаємодії компонентів інформаційної інфраструктури (рис. 3.8).

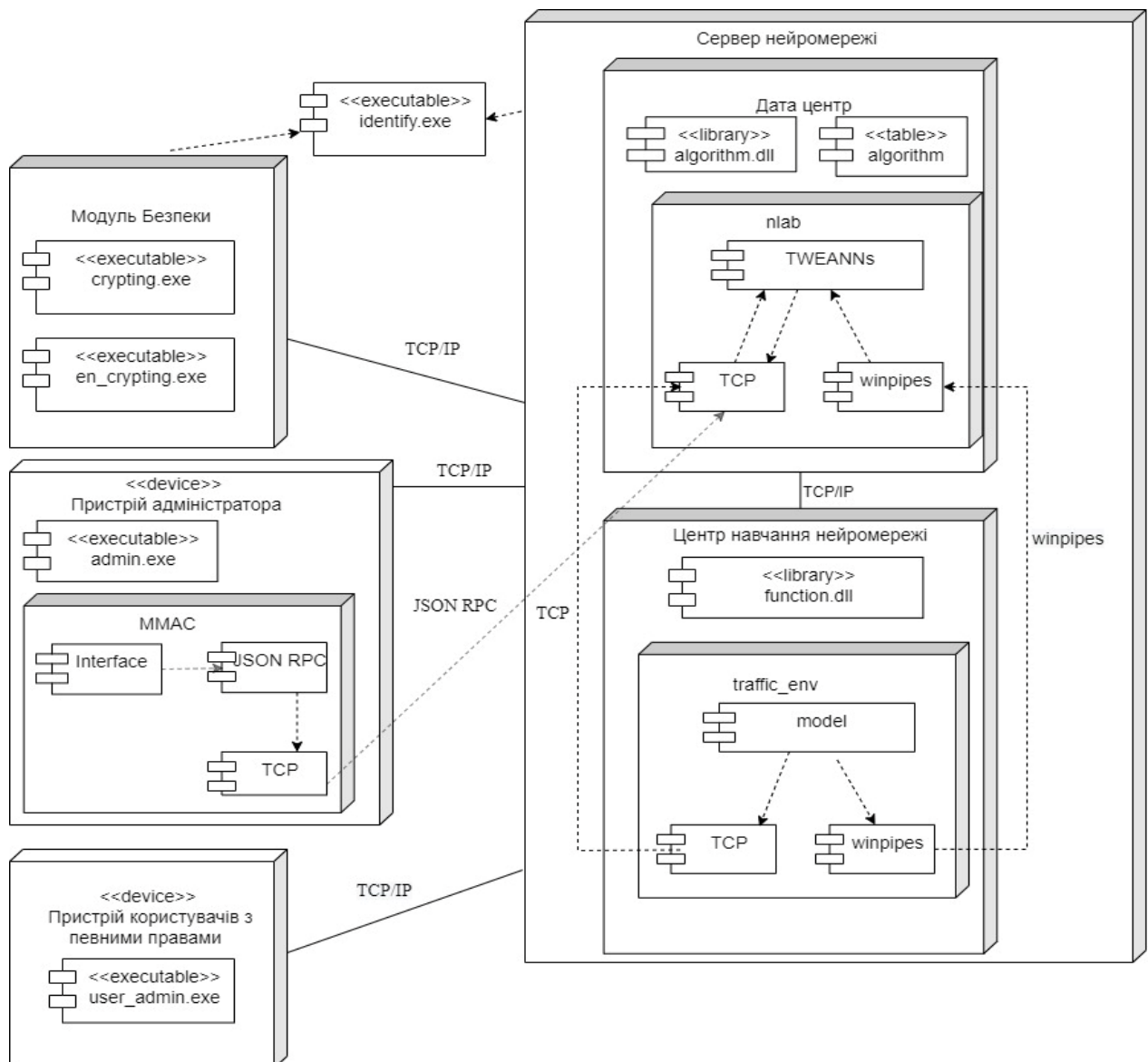


Рисунок 3.8. Модель програмно-апаратної топології інтелектуального центру взаємодії компонентів інформаційної інфраструктури

Джерело: побудовано автором самостійно

На даній структурній схемі представлений спосіб розміщення компонентів пристроїв та описані способи взаємодії між ними.

Сервер нейромережі включає в себе компонент Дата центр та Центр навчання нейронної мережі (з англ. «Neural Network learning center»).

Під час навчання нейронних мереж із учителем (з англ. «supervised learning» – контрольоване навчання) застосовуються розміщені набори даних, які складаються з вхідних даних та очікуваних результатів. Якщо результат, який нейронна мережа згенерувала, виявляється помилковим, нейромережа може відкоригувати свої обчислення. Таким чином, цей процес триває до того моменту, коли нейромережа перестане робити помилки і нарешті видасть очікуваний результат, тобто процес навчання, можна назвати ітераційним.

При другому способі навчання (за допомогою неконтрольованого навчання), нейромережі самостійно виконують логічну класифікацію і систематизацію вхідних даних, не використовуючи розмічені набори даних, як у першому способі.

Також при навчанні нейронних мереж складається з двох етапів: етапи прямого поширення помилки та етапу зворотного розповсюдження помилки. У процесі першого етапу виробляється передбачення відповіді. У процесі другого етапу – зворотньо мінімізується помилка між передбаченою та фактичною відповіддю.

Середовище Центру навчання нейромережі може бути запущене як на окремому пристрої, так і на тому ж пристрої, що і сервер навчання. Запуск на одному пристрої з сервером навчання пришвидшить навчання. Запуск середовища може здійснюватися на будь-якій платформі, як і бібліотеки моделювання нейронних мереж з топологією, що змінюється. Як інструментальний засіб для серверного запуску машинного навчання використовуватиметься бібліотека, написана мовою C++ – `nlab`. Дана бібліотека надає математичний апарат для створення нейронних мереж із змінною топологією, а також протоколи для забезпечення взаємодії як з інструментами управління, так і середовищем для навчання. Бібліотека `nlab`, і інструмент управління та моніторингу, і середовище навчання – кожен компонент даної

системи має певним чином взаємодіяти один з одним. Бібліотека `plab` визначає основні протоколи та інтерфейси взаємодії. Для забезпечення протоколу керування було використано протокол JSON-RPC, що працює поверх TCP. Взаємодія бібліотеки з середовищем навчання може здійснюватися за двома протоколами: TCP і іменованим каналам Windows. Другий протокол доступний лише операційній системі Windows.

Як реалізацію математичного апарату навчання нейонної мережі використовується програмний модуль TWEANNs (з англ. «topology and weight evolving artificial neural networks» – нейронна мережа зі змінною топологією) розробки `plab`. Сам математичний апарат використовує фітнес-функцію для оцінки оптимальності навчених нейронних мереж. Фітнес-функція – функція оцінки, що визначає міру пристосованості отриманого рішення. Для кожного середовища використовується своя фітнес-функція. Дана функція була реалізована у середовищі навчання нейромережі `traffic_env`.

Крім реалізації самого математичного апарату, модуль забезпечує зручний зв'язок із середовищами навчання за допомогою протоколів TCP та `winpipes`. Модулем можна керувати як віддалено, так і локально. Управління забезпечується протоколом JSON-RPC. Модуль має відкритий вихідний код, зручність взаємодії та масштабування. Також деякі модулі можуть бути розроблені в єдиному екземплярі. Модулі TCP і `winpipes` можуть бути виділені в один модуль для подальшого використання у різних частинах системи. Дані модулі для взаємодії можна поєднати в один для спрощення роботи. Так як Python є високорівневою мовою програмування, та її структура описує кожен тип даних як клас, а також все у Python можна виділяти у різні модулі, подібний спосіб проєктування можна вважати відповідним.

Адміністраторська частина, призначена для керування системою, перебуває на окремому пристрої завдяки можливостям мови Python. Комп'ютерне устаткування адміністратора повинно мати доступ до Інтернету для підключення до сервера навчання. Сервер навчання може бути розгорнутий як на одному пристрої, так і кластері пристроїв. Операційна система,

встановлена на пристрої, може бути обрано з Windows, Linux або MacOS. Найчастіше серверні виконання зустрічаються на ОС Linux.

Клієнтська частина (для користувача з певними правами доступу до апаратної та програмної частини ЗВО) також перебуває на окремому пристрої. Комп'ютерне устаткування клієнта у відповідності до прав доступу може мати доступ до Інтернету для підключення до сервера навчання. Завдяки можливостям мови Python пристроєм у клієнтській частині може виступати як персональний комп'ютер, так і мобільний пристрій.

Модуль безпеки забезпечує захист установки додатків та блокує встановлення неавторизованих додатків, проводячи процес перевірки та контролю процесу створення цифрового підпису, також забезпечує захист в залежності від типу програмної платформи або вебдодатків. Реалізує технологію «пісочниці» відповідно до атрибутів захисту кожної програми для блокування доступу до неавторизованих системних каталогів/файлів, файлів пристроїв та інших даних. Модуль дозволяє веб-програмам використовувати лише затверджені інтерфейси прикладних програм (API), щоб ці вебпрограми не мали прямого доступу до конфіденційної інформації у файловій системі. Крім того, проводить процес перевірки ліцензії DRM, призначений для дешифрування зашифрованого вмісту в оперативній пам'яті (RAM) та створення чистої резервної копії зашифрованого вмісту у флеш-пам'яті.

Для опису механізму взаємодії модулів системи було виділено підпроцес діаграми діяльності «запуск системи». Діаграма діяльності (або активності) – діаграма, яка відображає динамічні аспекти поведінки системи. По суті, ця діаграма є блок-схемою алгоритму, яка наочно показує, як потік управління переходить від однієї діяльності до іншої. UML-діаграми активності також можна використовувати для відображення потоку подій у модельованій системі. Вони можуть бути використані для вивчення процесів, які відбуваються в системі, з метою визначення їх потоків та вимог.

На рис. 3.9. подано алгоритм запуску системи інтелектуального центру взаємодії компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО.

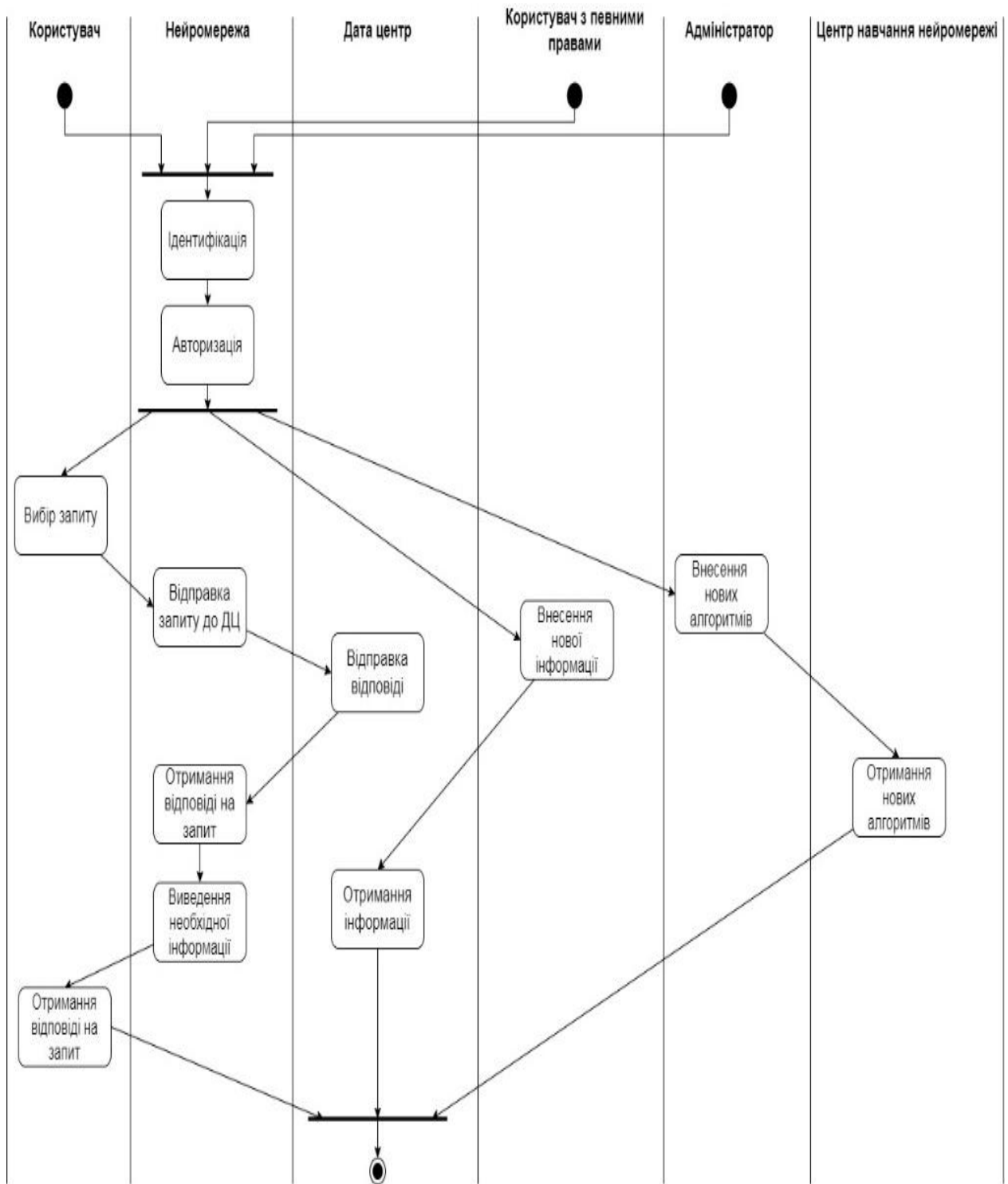


Рисунок 3.9. Алгоритм запуску системи інтелектуального центру взаємодії компонентів інформаційної інфраструктури

Джерело: побудовано автором самостійно

На початку користувач (це може бути простий користувач, адміністратор або користувач з певними правами) має пройти процедуру ідентифікації та авторизації.

Настуні блоки описують процес тренування нейронних мереж та здійснення процесу обміну й управління інформаційними потоками між усіма компонентами інформаційної інфраструктури закладу вищої освіти (вказаний процес було описано вище). В результаті відбувається процес синхронізації взаємодії всіх наявних в інформаційній інфраструктурі ЗВО компонентів з інтелектуальним центром, який обробляє та опрацьовує асинхронні і не структуровані дані, які надходять з різних ланок закладу вищої освіти, та видає проаналізовані структуровані дані та / або рекомендації щодо організації та реалізації освітньої діяльності й освітнього процесу для кожного учасника інформаційного простору ЗВО.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3

Запропоновано нову модель TO-BE («Як буде») системи інформаційної інфраструктури закладу вищої освіти, змодельовану засобами Case-технології ERwin. Застосування моделі у нотації IDEF0 та IDEF3 дозволило не тільки проаналізувати уразливі місця моделі AS-IS («Як є»), а й з метою усунення наявних недоліків побудувати модель TO-BE («Як буде»). У дану модель включено елемент «Концепція єдиного гармонізаційного відкритого простору ЗВО», який замінить компоненти інформатизації освітньо-наукового простору застосовано принцип єдиного гармонізаційного відкритого цифрового простору закладу вищої освіти, завданням якого є адаптація освітнього простору та освітнього процесу до кожного учасника ЗВО.

Обґрунтовано використання в даній моделі елементу Концепції цифрової трансформації освіти і науки на період до 2026 р., прийняту Кабінетом Міністрів України та описано основні завдання для досягнення операційно-стратегічних цілей даної концепції.

Моделювання системи інформаційної інфраструктури ЗВО «ТО-ВЕ» відбувалось як узагальненому проєкті, так і у деталізації кожного кроку запропонованої структурованої моделі, що включає опис функціоналу та характеристик інформаційних впливів на компоненти системи таких нових моделей: «Системи інформаційної інфраструктури ЗВО, у розрізі структурних підрозділів ЗВО», «Інтелектуальний центр взаємодії інформаційних компонентів інфраструктури ЗВО», «Гармонізація взаємодії компонентів системи інформаційної інфраструктури ЗВО», «Захист компонентів системи інформаційної інфраструктури ЗВО», «Програмний захист компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО», «Апаратний захист компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО»

Запропоновано впровадження елементу Концепції гармонізаційного відкритого цифрового освітнього простору в освітній процес, що реалізується на основі інтелектуального центру взаємодії інформаційних компонентів інфраструктури ЗВО, ядром якого є сервер неймережі.

Вдосконалення серверу нейромережі набуло у впровадженні процесу обробки, акумуляції, адаптації структурованих та неструктурованих інформаційних потоків з метою гармонізації взаємодії між усіма компонентами у систему інформаційної інфраструктури ЗВО. За допомогою нейронної мережі відбувається процес формування та контроль за процесом виконання розпорядчих документів як загального, так і персоналізованого характеру, які надходять з управлінської ланки ЗВО, генерування персоналізованих рекомендації для покращення організації освітнього процесу й освітньої діяльності.

Запропонована автором оновлена/вдосконалена модель системи інформаційної інфраструктури закладу вищої освіти «ГО-ВЕ» («Як буде) може бути в подальшому впроваджено, система інформаційної інфраструктури ЗВО.

Основні результати розділу висвітлені у науково-дослідних роботах

- «Проектування інформаційних технологій освітнього середовища» (номер державної реєстрації №0121U100278);
- «Моделювання інформаційно-аналітичної системи контролю якості процесу виробництва продукції» (номер державної реєстрації № 0121109155).

Основні результати розділу опубліковані в наукових працях автора:

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

[1], [4], [6], [8], [10], [12]

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

[15], [17], [18], [19]

Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації

[20], [24], [26]

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 3

1. Про освіту : Закон України від 05.09.2017 р. № 2145-VIII : станом на 27 жовт. 2022 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19#Text> (дата звернення: 04.11.2022).
2. Про вищу освіту : Закон України від 01.07.2014 р. № 1556-VII : станом на 1 січ. 2023 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-18#Text> (дата звернення: 03.01.2023).
3. Про інформацію : Закон України від 02.10.1992 р. № 2657-XII : станом на 1 січ. 2023 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2657-12#Text> (дата звернення: 04.01.2023).
4. Про телекомунікації : Закон України від 18.11.2003 р. № 1280-IV : станом на 1 січ. 2022 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1280-15#Text> (дата звернення: 12.11.2022).
5. Деякі питання електронної взаємодії державних електронних інформаційних ресурсів : Постанова Каб. Міністрів України від 08.09.2016 р. № 606 : станом на 1 груд. 2022 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/606-2016-п#Text> (дата звернення: 10.12.2022).
6. Про затвердження Положення про Національний реєстр електронних інформаційних ресурсів : Постанова Каб. Міністрів України від 17.03.2004 р. № 326 : станом на 1 груд. 2022 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/326-2004-п#Text> (дата звернення: 10.12.2022).
7. Про затвердження Порядку акредитації центру сертифікації ключів : Постанова Каб. Міністрів України від 13.07.2004 р. № 903 : станом на 7 листоп. 2018 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/903-2004-п#Text> ((дата звернення: 10.12.2022).
8. Про електронні документи та електронний документообіг : Закон України від 22.05.2003 р. № 851-IV : станом на 1 серп. 2022 р. URL:

- <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/851-15#Text> (дата звернення: 04.07.2022).
9. Про захист інформації в інформаційно-телекомунікаційних системах : Закон України від 05.07.1994 р. № 80/94-ВР : станом на 1 лип. 2022 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/80/94-вр#Text> (дата звернення: 06.08.2022).
10. Про доступ до публічної інформації : Закон України від 13.01.2011 р. № 2939-VI : станом на 1 січ. 2023 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2939-17#Text> (дата звернення: 04.01.2023).
11. Про наукову і науково-технічну діяльність : Закон України від 26.11.2015 р. № 848-VIII : станом на 1 січ. 2023 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/848-19#Text> (дата звернення: 04.01.2023).
12. Про науково-технічну інформацію : Закон України від 25.06.1993 р. № 3322-XII : станом на 19 квіт. 2014 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3322-12#Text> (дата звернення: 05.07.2022).
13. Про затвердження Порядку взаємодії органів виконавчої влади з питань захисту державних інформаційних ресурсів в інформаційних та телекомунікаційних системах : Постанова Каб. Міністрів України від 16.11.2002 р. № 1772 : станом на 7 верес. 2022 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1772-2002-п#Text> (дата звернення: 05.10.2022).
14. Концепція цифрової трансформації освіти і науки: МОН запрошує до громадського обговорення. URL: <https://www.kmu.gov.ua/news/konceptsiya-cifrovoyi-transformaciyi-osviti-i-nauki-mon-zaproschuye-do-gromadskogo-obgovorennya> (дата звернення: 13.05.2022).
15. ДСТУ 3396.0-96. Захист інформації. Технічний захист інформації. Основні положення. Чинний від 1996-10-11. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 1996. 20 с. URL:

- https://ksv.do.am/GOST/DSTY_ALL/DSTY1/dsty_3396.0-96.pdf (дата звернення: 05.09.2020).
16. ДСТУ 3396.1-96. Захист інформації. Технічний захист інформації. Порядок проведення робіт. Державна служба спеціального зв'язку та захисту інформації України. Електронний ресурс. – Режим доступу: <https://cutt.ly/DfnzOKs> (Дата останнього відгуку 05.09.2020).
17. Міністерство цифрової трансформації України. URL: <https://thedigital.gov.ua/regulations#group-active> (дата звернення: 15.09.2022).
18. Про Концепцію Національної програми інформатизації : Закон України від 04.02.1998 р. № 75/98-ВР : станом на 1 січ. 2022 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/75/98-вр#Text> (дата звернення: 04.01.2022).
19. Про затвердження Правил забезпечення захисту інформації в інформаційних, телекомунікаційних та інформаційно-телекомунікаційних системах : Постанова Каб. Міністрів України від 29.03.2006 р. № 373 : станом на 21 жовт. 2022 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/373-2006-п#Text> (дата звернення: 01.11.2022).
20. Про затвердження Загальних вимог до кіберзахисту об'єктів критичної інфраструктури : Постанова Каб. Міністрів України від 19.06.2019 р. № 518 : станом на 7 верес. 2022 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/518-2019-п#Text> (дата звернення: 04.10.2022).
21. Про затвердження Порядку підключення до глобальних мереж передачі даних : Постанова Каб. Міністрів України від 12.04.2002 р. № 522 : станом на 10 лют. 2021 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/522-2002-п#Text> (дата звернення: 04.10.2022).
22. Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 27 січня 2016 року "Про Стратегію кібербезпеки України" : Указ Президента України від 15.03.2016 р. № 96/2016. URL: <https://www.rnbo.gov.ua/ua/Ukazy/417.html> (дата звернення: 10.06.2022).

23. Про санкції : Закон України від 14.08.2014 р. № 1644-VII : станом на 24 трав. 2022 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1644-18#Text> (дата звернення: 10.06.2022).
24. Про електронні довірчі послуги : Закон України від 05.10.2017 р. № 2155-VIII : станом на 1 серп. 2022 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2155-19#Text> (дата звернення: 10.11.2022).
25. Деякі питання використання доменних імен державними органами в українському сегменті Інтернету : Постанова Каб. Міністрів України від 21.10.2015 р. № 851 : станом на 20 квіт. 2019 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/851-2015-п#Text> (дата звернення: 07.04.2022).
26. Про Положення про технічний захист інформації в Україні : Указ Президента України від 27.09.1999 р. № 1229/99 : станом на 4 трав. 2008 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1229/99#Text> (дата звернення: 07.04.2022).
27. Про затвердження нормативного документа системи технічного захисту інформації НД ТЗІ 2.6-003-2015. Державна служба спеціального зв'язку та захисту інформації України. Електронний ресурс. – Режим доступу: <https://cutt.ly/2fndEqr> (Дата останнього відгуку 05.09.2020).
28. Стратегія розвитку вищої освіти в Україні на 2021–2031 роки. URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/rizne/2020/09/25/rozvitku-vishchoi-osviti-v-ukraini-02-10-2020.pdf> (дата звернення: 04.07.2022).
29. Теоретико-методичні засади забезпечення якості освіти : монографія / Д. В. Карамишев та ін. Харків : Вид-во ХарПІ НАДУ “Магістр”, 2020. 180 с. URL: https://ipa.karazin.ua/wp-content/themes/education/filesforpages/science/Karamyshev_posl.pdf
30. Людський розвиток в Україні: мінімізація соціальних ризиків : колект. монографія. За ред. Е.М. Лібанової. Київ : Ін-т демографії та соц. дослідж. ім. М.В.Птухи НАН України, 2010. 496 с. URL: https://idss.org.ua/monografii/Lud_rozvitok_2010.pdf

31. Архітектура системи моніторингу, адаптивного агрегування та узагальнення інформації / О. Додонов та ін. Реєстрація, зберігання і обробка даних. 2013. Т. 15, № 4. С. 32–40. URL: <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/87085>
32. Прушківський В. Г., Буряк В. В. Методичні основи гармонізації складових сталого розвитку промислового міста. Проблеми економіки. 2016. № 4. С. 91–97. URL: https://www.problecon.com/export_pdf/problems-of-economy-2016-4_0-pages-91_97.pdf
33. Добровська Л. М., Аверьянова О. 33. Проєктування інформаційних систем: Комп'ютерний практикум : навч. посіб. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 202 с.
34. Використання сучасних освітніх інструментів для підвищення рівня цифрової компетентності педагога НУШ. URL: <https://medialiteracy.org.ua/vykorystannya-suchasnyh-osvitnih-instrumentiv-dlya-pidvyshhennya-rivnya-tsyfrovoyi-kompetentnosti-pedagoga-nush/>
35. Turn on network protection. URL: <https://docs.microsoft.com/en-us/microsoft-365/security/defender-endpoint/enable-network-protection?view=o365-worldwide>
36. Protect your network. URL: <https://docs.microsoft.com/en-us/microsoft-365/security/defender-endpoint/network-protection?view=o365-worldwide>
37. Pynlab. URL: : <https://github.com/Apostol3/pynlab>
38. Traffic_env project. URL: https://github.com/Apostol3/traffic_env
39. knUI project. URL: <https://github.com/Apostol3/knui>.
40. Шестак Я.І. CASE-технології в проєктуванні інформаційної інфраструктури закладу вищої освіти. Управління розвитком складних систем. 2023. № 55. С. 141–157. URL: <https://urss.knuba.edu.ua/files/zbirnyk-55/141-157.pdf>

ВИСНОВКИ

У результаті проведеного дисертаційного дослідження на тему «Технологія моделювання інформаційної інфраструктури ЗВО» розв'язано науково-прикладну задачу направлену на оптимізація прийняття рішень завдяки розробці моделі інформаційної інфраструктури ЗВО шляхом введення інтелектуальної складової.

1. Проведений аналіз та узагальнено поняття та структурні підходи до побудови інформаційної інфраструктура суб'єкта господарювання.

Удосконалено поняття «Інформаційної інфраструктури ЗВО», яке на відміну від поняття «Інформаційна інфраструктура суб'єкта господарської діяльності», враховує специфіку галузі економіки освіти.

Проведено аналіз та класифікацію структурних компонентів, що визначають інформаційну інфраструктуру закладу вищої освіти. Визначено та описано складові інформаційної інфраструктури ЗВО на основі згенерованого загального визначення інформаційної інфраструктури суб'єкта господарської діяльності: інформаційні системи ЗВО / автоматизовані системи ЗВО, інформаційні освітні ресурси ЗВО, електронні комунікаційні мережі ЗВО, засоби е-комунікації ЗВО, механізми управління ЗВО, нормативно-правові бази ЗВО, системи та механізми захисту інформаційних ресурсів.

На основі аналізу інформаційної інфраструктури провідних закладів вищої освіти України та побудованої моделі AS-IS запропоновано розширити інформаційну інфраструктуру ЗВО інтелектуальною складовою

2. Обґрунтовано Концепцію гармонізаційного відкритого цифрового простору закладу вищої освіти як комплексу вимог до інформаційної інфраструктури, дотримання яких дозволяє оптимізувати процеси підтримки прийняття рішень; забезпечує побудову, модернізацію та подальший розвиток всіх складових інформаційної інфраструктури.

Зазначена Концепція побудована з врахуванням Концепція цифрової трансформації освіти і науки на період до 2026 року, яка прийнята Кабінетом міністрів.

Визначені завданнями Концепції єдиного гармонізаційного відкритого цифрового простору ЗВО, серед яких можна виділити основні:

- розробка нових принципів та методів представлення, обробки даних та знань;
- створення єдиного мережного простору закладу вищої освіти;
- забезпечення масового доступу до єдиної системи баз даних та інформаційних ресурсів ЗВО для всіх учасників освітнього простору.

3. Запропоновано модель TO-BE системи інформаційної інфраструктури закладу вищої освіти, яка змодельована засобами Case-технології ERwin. Застосування моделі у нотації IDEF0 та IDEF3 дозволило не тільки проаналізувати уразливі місця моделі AS-IS, а й з метою усунення наявних недоліків побудувати модель TO-BE. У дану модель включено елемент «Концепція єдиного гармонізаційного відкритого простору ЗВО»

Моделювання системи інформаційної інфраструктури ЗВО «TO-BE» відбувалось як в узагальненому проєкті, так і у деталізації кожного кроку запропонованої структурованої моделі, що включає опис функціоналу та характеристик інформаційних впливів на компоненти системи

Проведено декомпозицію інтелектуального центру взаємодії складових інформаційної інфраструктури (інтелектуальну складову), яка представляє собою ієрархічну структуру та допомагає виявляти і усувати проблеми функціонування системи протягом її життєвого циклу, передбачаючи спрощення інформаційних інфраструктур закладів вищої освіти і усунення неузгодженостей шляхом побудови структурованої інформаційної системи на основі включення нейромережових алгоритмів, які оптимізують взаємодію компонентів,

покращують обробку даних і забезпечують безпеку, управління інформаційними потоками, комп'ютерним обладнанням та програмним забезпеченням;

4. Запропоновано математичну модель інформаційної інфраструктури закладу вищої освіти з інтелектуальною складовою, яка представлена як функція взаємодії її структурних компонентів та їх складових в основу якого покладено інтелектуальну складову інформаційної інфраструктури $F(x, u, w, p, z)$, що представлена в операторній формі як оператор інтелектуального перетворення $F(\cdot)$, який характеризує структуру та роботу інформаційної інфраструктури на основі вектора стану системи управління інфраструктурою (x), вектора управління процесами у інфраструктурі (u), вектора зовнішнього середовища, яке впливає на функціонування закладу вищої освіти (w), вектора сигналів мети функціонування інфраструктури закладу вищої освіти (p) та вектора параметрів об'єкту управління (z);

Представлено модель організації електронних комунікаційних мереж в межах визначеного ЗВО та пов'язане з засобами е-комунікацій загального призначення у вигляді кортежу.

Графічно модель інформаційної інфраструктури закладу вищої освіти з доданою структурною компонентою «Інтелектуальна система» подана у вигляді складного комбінованого направленого графа.

5. Розроблено модель програмно-апаратної топології інтелектуального центру взаємодії компонентів інформаційної інфраструктури у вигляді структурної схеми діаграми розгортання, шляхом представлення способу розміщення компонентів пристроїв, а саме сервера нейромережі..
6. Розроблено та детально описано алгоритм запуску системи інтелектуального центру взаємодії компонентів інформаційної інфраструктури у вигляді діаграма активності, в якому передбачено

використання нейромережових алгоритмів та створення центру навчання нейромережі.

Практична значення отриманих наукових результатів полягає в:

- розробці проєкту моделі системи інформаційної інфраструктури ЗВО (ТО-ВЕ), яка реалізована на основі єдиного гармонізаційного відкритого цифрового простору ЗВО, та реалізована у вигляді концептуальної контекстної моделі;
- розробці та впровадженні проєкту моделі «Інтелектуального центру взаємодії інформаційних компонентів інфраструктури ЗВО», на основі її декомпозиції;
- розробці системи інформаційного, апаратно-програмного захисту, яка створена на основі Концепції єдиного гармонійного відкритого цифрового простору ЗВО та нормативно-правової бази, як складової «Захисту компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО»;
- проєктуванні архітектури інтелектуального центру взаємодії компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО:
 - структурна схема діаграми розгортання – модель програмно-апаратної топології інтелектуального центру взаємодії компонентів інформаційної інфраструктури;
 - діаграма активності - алгоритм запуску системи інтелектуального центру взаємодії компонентів інформаційної інфраструктури

Подальші дослідження будуть направлені на удосконалення алгоритмів нейромережі інтелектуального центру інформаційної інфраструктури ЗВО протягом життєдіяльності системи.

ДОДАТКИ

Довідка про впровадження дисертаційного дослідження в
Національний транспортний університет



022020

УКРАЇНА

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТРАНСПОРТНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

вул. М.Омеляновича-Павленка, 1, м. Київ, Україна, 01010, т.ф. +38 (044) 280 82 03, т. +38 (044) 280 87 65
e-mail: general@ntu.edu.ua, код ЄДРПОУ 02070915

26.06.2024 № 1102/01

на № _____

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з навчальної роботи
Національного транспортного
університету проф. Віталій ХАРУТА



ДОВІДКА

про впровадження результатів дисертаційного дослідження
аспіранта кафедри інженерії програмного забезпечення та кібербезпеки
Державного торговельно-економічного університету

Шестака Ярослава Івановича

на тему «Технологія моделювання інформаційної інфраструктури ЗВО»

в освітній процес Національного транспортного університету

Впродовж 2022-2024 р.р. в освітньому процесі Національного транспортного університету знайшли своє відображення наукові напрацювання дисертаційного дослідження аспіранта кафедри інженерії програмного забезпечення та кібербезпеки Державного торговельно-економічного університету Шестака Ярослава Івановича. Було проаналізовано інформаційну інфраструктуру, її інформаційні системи та засоби комунікацій мережі. Взято до уваги та внесено зміни у інформаційних потоках інфраструктури, застосовано низка безпекових заходів для покращення швидкодії інформаційних систем Національного транспортного університету. Була оптимізована структура та адаптовані типи, кількісні та якісні параметри потоків інформації у базах даних. Більшою мірою надано можливість великій кількості користувачів більш безпечно взаємодіяти між собою, використовувати та накопичувати інформаційний ресурс, бази даних тощо.

Прийнявши до уваги запропоновану декомпозиційну модель інтелектуального центру взаємодії інформаційних компонентів інфраструктури ЗВО, моделі «Гармонізація взаємодії компонентів інформаційної інфраструктури ЗВО» та компоненти апаратного захисту, Університет отримав можливість прогнозувати витрати на утримання системи, моделювати та впроваджувати інформаційне забезпечення, прогнозувати потребу у модернізації, трансформації інформаційної інфраструктури університету. Відповідно, інформація і ресурси інформаційної інфраструктури ЗВО за рахунок моделювання інформаційної інфраструктури будуть максимально ефективно використані, стало видно реальну потребу у збільшенні ресурсів різних інформаційних систем та можливість паралельної модернізації, оновлення окремих систем.

Результати наукового пошуку Шестака Я.І. відповідають потребам сьогодення та науки, їх доцільно і важливо впроваджувати в освітній процес закладів вищої освіти.

Завідувач кафедри інформаційно-аналітичної
діяльності та інформаційної безпеки
Національного транспортного університету,
доктор технічних наук, професор

А.Н. Аль-Амморі

Довідка про впровадження дисертаційного дослідження в
Державний торговельно-економічний університет



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ТОРГОВЕЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

вул. Кіото, 19, м. Київ, 02156, тел. +380 (44) 531 47 41, e-mail: knute@knute.edu.ua, код ЄДРПОУ 44470624

28.06.2024 № 1326/27

На № _____

ДОВІДКА

про впровадження результатів дисертаційного дослідження
аспіранта кафедри інженерії програмного забезпечення та кібербезпеки
Державного торговельно-економічного університету

Шестака Ярослава Івановича

на тему «Технологія моделювання інформаційної інфраструктури ЗВО»
в практичну діяльність Державного торговельно-економічного університету.

Ця довідка підтверджує, що результати дисертаційного дослідження Шестака Ярослава Івановича на тему «Технологія моделювання інформаційної інфраструктури ЗВО» впроваджено в Державному торговельно-економічному університеті, зокрема:

- розроблену автором модель системи інформаційної інфраструктури ЗВО ТО-ВЕ, яка реалізована на основі єдиного гармонізаційного відкритого цифрового простору;
- проєкт та архітектуру програмно-апаратної топології інтелектуального центру взаємодії компонентів інформаційної інфраструктури, що сприяло ефективнішому її адмініструванню.



**Проректор з науково-педагогічної
роботи та міжнародних зв'язків**

Анжеліка ГЕРАСИМЕНКО



Харченко Олександр, (044) 531 47 07

Довідка про впровадження дисертаційного дослідження в
Державний вищий навчальний заклад
«Ужгородський національний університет»

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

вул.Заньковецької 89-а, м. Ужгород, Закарпатська область, 88000
e-mail: f-it@uzhnu.edu.ua

«27» вересня 2024 р. № 132/24


ДОВІДКА
про впровадження результатів дисертаційного дослідження
аспіранта кафедри інженерії програмного забезпечення та кібербезпеки
Державного торговельно-економічного університету
Шестака Ярослава Івановича
на тему «Технологія моделювання інформаційної інфраструктури ЗВО»
в освітній процес ДВНЗ «Ужгородський національний університет»

Дана довідка підтверджує, що на основі результатів дисертаційного дослідження Шестака Ярослава Івановича за період з 2021-2024 рр., в ДВНЗ «Ужгородський національний університет» проведено реструктуризацію інформаційної інфраструктури ЗВО, оптимізовано потоки інформації та трансформація інформаційних систем з використанням моделі з інтелектуальним центром та із підключенням сервера штучного інтелекту.

Використана модель ТО-ВЕ, запропонована Шестаком Я.І., дала можливість більш ефективно використовувати інформаційні ресурси університету, проводити швидкий аналіз великих обсягів даних, узгоджувати і трансформувати цифрову інформацію. Рекомендується на основі статистичних даних направляти прийняття рішень та будувати прогнози розвитку інформаційних систем закладу освіти. Додатково надано можливість коригувати вектор розвитку ДВНЗ «Ужгородський національний університет», прогнозувати сильні і слабкі сторони пріоритетних напрямів інформаційної інфраструктури.

Отримані результати у дисертаційному дослідженні «Технологія моделювання інформаційної інфраструктури ЗВО» дали практичні результати застосування нової моделі із застосуванням трансформованих інформаційних систем, в наслідок чого інформація у всіх системах не просто накопичується чи зберігається, а коригується та корелюється відповідно зовнішніх потреб чи стратегії розвитку ЗВО.

Завідувач кафедри програмного
Забезпечення систем



Юрій БІЛАК

Довідка про впровадження дисертаційного дослідження в
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

МІНІСТЕРСТВО
ОСВИТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ПОЛТАВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА
ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА»

Першотравневий проспект, 24, м. Полтава, Україна, 36011
Тел./факс +38 (0532) 56-98-94;
+38 (0532) 60-87-30 (приймальня)
сайт: www.nupp.edu.ua
e-mail: rector@nupp.edu.ua; kanc@nupp.edu.ua
код згідно з ЄДРПОУ 02071100



MINISTRY OF
EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
NATIONAL UNIVERSITY
«YURI KONDRATYUK
POLTAVA POLYTECHNIC»

Pershotravneva Avenue 24, Poltava, 36011, Ukraine
Tel./fax +38 (0532) 56-98-94;
+38 (0532) 60-87-30 (reception)
web: www.nupp.edu.ua
e-mail: rector@nupp.edu.ua; kanc@nupp.edu.ua
USREOU code 02071100



від 09.07.2019 р. № 06-10/257

на № _____ від _____ 20__ р.

ДОВІДКА

про впровадження результатів дисертаційного дослідження

Шестака Ярослава Івановича

на тему

«Технологія моделювання інформаційної інфраструктури ЗВО»

аспіранта кафедри інженерії програмного забезпечення та кібербезпеки

Державного торговельно-економічного університету

в освітній процес Національного університету «Полтавська політехніка імені
Юрія Кондратюка»

Дана довідка засвідчує, що результати дисертаційного дослідження Шестака Ярослава Івановича на тему «Технологія моделювання інформаційної інфраструктури ЗВО» застосовується в освітньому просторі інформаційної інфраструктури Національного університету «Полтавська політехніка ім. Юрія Кондратюка», а саме апробовано та впроваджено модель «Інтелектуального центру взаємодії інформаційних компонентів інфраструктури закладу вищої освіти», підгрунтя якої складає контекстна модель інформаційної інфраструктури ЗВО, як комплекс об'єднаних наявних компонентів.

Начальник відділу телекомунікаційних
мереж та адміністрування навчально-
виробничого центру
інфокомунікацій

Олександр БОВСУНОВСЬКИЙ

Проректор з наукової
та міжнародної роботи

Олена СТЕПОВА



Довідка про впровадження дисертаційного дослідження в
Київському національному університеті будівництва та архітектури



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Повітрофлотський пр. 31, м. Київ - 37, 03037, тел. (044)241-55-80, факс (044) 248-32-65

E-mail: knuba_admin@ukr.net, Web: http:// www.knuba.edu.ua, код ЄДРПОУ 02070909

09.07.24 № 14-1.9/388

На № _____ від _____

ДОВІДКА

про впровадження результатів дисертаційного дослідження
аспіранта кафедри інженерії програмного забезпечення та кібербезпеки
Державного торговельно-економічного університету

Шестака Ярослава Івановича

на тему «Технологія моделювання інформаційної інфраструктури ЗВО»
в освітній процес Київського національного університету будівництва та
архітектури

Отримані результати дисертаційного дослідження на тему «Технологія моделювання інформаційної інфраструктури ЗВО» дали можливість Київському національному університету будівництва та архітектури впровадити та застосувати сервер з використанням елементів штучного інтелекту, і відповідно, було побудовано резервні комунікації для підвищення стійкості інформаційних систем університету. Завдяки запропонованій моделі інформаційної інфраструктури відбувається прогнозування розвитку інформаційних систем ЗВО, його окремих підрозділів, також прогнозування та вчасна трансформація чи модернізація інформаційної системи. Аналіз моделей інформаційної інфраструктури закладу дозволяє прогнозувати витрати на побудову, модернізацію та оновлення апаратної, програмної частини та комунікацій відповідно до потреб та розвитку захищеного кіберпростору та можливістю його ефективного використання.

Перший проректор КНУБА

д.т.н., професор



Денис ЧЕРНИШЕВ