

УДК 330

Малінов Владислав Андрійович

аспірант

Національного університету харчових технологій

Malinov Vladyslav

Postgraduate Student of the

National University of Food Technologies

ORCID: 0000-0002-0112-4975

**ІНТЕГРАЦІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ТА МАШИННОГО
НАВЧАННЯ У БІОЕНЕРГЕТИКУ, ЯК ОРГАНІЗАЦІЙНО-
ЕКОНОМІЧНИЙ АСПЕКТ ОПТИМІЗАЦІЇ ВИКОРИСТАННЯ
БІОЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ПЕРЕРОБНИХ
ПІДПРИЄМСТВ**

**INTEGRATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND MACHINE
LEARNING INTO BIOENERGY AS AN ORGANIZATIONAL AND
ECONOMIC ASPECT OF OPTIMIZING THE USE OF BIOENERGY
POTENTIAL OF PROCESSING ENTERPRISES**

Анотація. Стаття присвячена актуальній проблемі інтеграції технологій штучного інтелекту (ШІ) та машинного навчання (МН) у біоенергетику як інноваційного організаційно-економічного інструменту оптимізації використання біоенергетичного потенціалу переробних підприємств.

У роботі проаналізовано сучасні тенденції розвитку біоенергетики та обґрунтовано необхідність пошуку нових підходів до залучення інвестицій в галузь. Розглянуто особливості та переваги технологій ШІ і МН, їх успішне застосування в різних сферах. Запропоновано використання ШІ і МН для вирішення проблем біоенергетики: прогнозування обсягів виробництва біоенергії, оптимізації процесів

переробки біомаси, підвищення ефективності обладнання, мінімізації витрат тощо.

Досліджено застосування методів ШІ і МН для прогнозно-аналітичного забезпечення бізнес-процесів на біоенергетичних підприємствах. Розглянуто алгоритми штучних нейронних мереж, методи кластеризації, регресійного аналізу для оптимізації виробництва, логістики, збуту біопалива.

В роботі наголошено, що комплексне впровадження ШІ, МН і технології блокчейн дозволить реалізувати прихований потенціал біоенергетичної галузі. Запропоновані рішення сприятимуть залученню інвестицій, підвищенню економічної ефективності та конкурентоспроможності підприємств.

Основні висновки вказують на те, що Україна має величезний потенціал для розвитку біоенергетики, але для цього необхідно вирішити низку проблем, які потребують першочергового вирішення. До них відносяться забезпечення достатнього фінансування, розробка ефективної національної стратегії розвитку та забезпечення державної підтримки. Незважаючи на значний потенціал біоенергетики в Україні, існують перешкоди, пов'язані з фінансуванням, стратегічним плануванням та державною підтримкою для повної реалізації потенціалу.

Ключові слова: штучний інтелект, машинне навчання біоенергетика, криптовалюта, організаційно-економічні засади, переробні підприємства, токенизація, ефективний механізм, біоенергетичний потенціал, економічний стан, агропромисловий комплекс, альтернативні джерела енергії, біогаз.

Summary. The article is devoted to the urgent problem of integrating artificial intelligence (AI) and machine learning (ML) technologies into

bioenergy as an innovative organizational and economic tool for optimizing the use of bioenergy potential of processing enterprises.

The paper analyzes the current trends in the development of bioenergy and substantiates the need to find new approaches to attracting investment in the industry. The features and advantages of AI and ML technologies and their successful application in various fields are considered. The use of AI and ML to solve bioenergy problems is proposed: forecasting bioenergy production, optimizing biomass processing, increasing equipment efficiency, minimizing costs, etc.

The application of AI and ML methods for forecasting and analytical support of business processes at bioenergy enterprises is investigated. The algorithms of artificial neural networks, clustering methods, regression analysis for optimization of production, logistics, and sales of biofuels are considered.

The paper emphasizes that the integrated implementation of AI, ML and blockchain technology will allow to realize the hidden potential of the bioenergy industry. The proposed solutions will help attract investment, increase economic efficiency and competitiveness of enterprises.

The main conclusions indicate that Ukraine has a huge potential for bioenergy development, but this requires solving a number of problems that need to be addressed as a matter of priority. These include securing sufficient funding, developing an effective national development strategy, and ensuring government support. Despite the significant potential of bioenergy in Ukraine, there are obstacles related to financing, strategic planning and government support to fully realize the potential.

Key words: *artificial intelligence, machine learning bioenergy, cryptocurrency, organizational and economic principles, processing enterprises, tokenization, effective mechanism, bioenergy potential, economic situation, agro-industrial complex, alternative energy sources, biogas.*

Постановка проблеми. В умовах економічного розвитку та підвищення добробуту суспільства в Україні спостерігається зростання споживання енергії. Однак, рефлекторне збільшення виробництва енергії для задоволення зростаючого попиту може призвести до енергетичної несправедливості, враховуючи виснаження обмежених ресурсів, що належать майбутнім поколінням. Хоча модернізація обладнання та впровадження енергоефективних технологій можуть допомогти в рішенні цієї проблеми, лише підвищення ефективності може виявитися недостатнім. Відповідно, існує актуальна потреба у розробці та впровадженні більш динамічних та багатогранних підходів до енергетики. Особливий інтерес представляє використання штучного інтелекту (ШІ) та машинного навчання для оптимізації біоенергетичних систем, зокрема в переробних підприємствах галузі АПК. Такий підхід може сприяти підвищенню продуктивності, ефективності та стійкості енергетичних систем, а також забезпечити більш економічно ефективне використання ресурсів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В останні роки відзначається активний розвиток досліджень у сфері енергетики, зокрема, в контексті використання штучного інтелекту та машинного навчання для оптимізації енергосистем. Вітчизняні та зарубіжні фахівці активно досліджують цю проблематику.

Топал Ч. [1] у своїй роботі 2017 року розглядав питання енергетичної справедливості, акцентуючи увагу на соціальних аспектах енергетики. Кукер К. [2] у 2019 році аналізував готовність суспільства до роботизації та штучного інтелекту, розглядаючи можливі наслідки та перспективи їх впровадження. Шалкофф Р. Дж. [3] у 1990 році розробив інструмент штучного інтелекту, що став основою для подальших досліджень у цій сфері. Фейсал А. [4], Юн Дж. [5], Фороутан М. М. [6] зосередили свої дослідження на використанні машинного навчання та

глибокого навчання в різних сферах, включаючи автономні транспортні засоби та енергетичні системи.

Дослідники, такі як Амасьялі К. [7], Гоці А. [8], Платон Р. [9], та інші, акцентували свої роботи на використанні штучного інтелекту та машинного навчання для прогнозування споживання енергії в будівлях та оптимізації енергосистем.

В цілому, аналіз останніх досліджень та публікацій свідчить про активний розвиток та інтенсивність наукових досліджень у сфері енергетики, зокрема, з використанням новітніх технологій штучного інтелекту та машинного навчання.

Метою статті є аналіз поточного стану та перспектив розвитку біоенергетичного потенціалу переробних підприємств галузі АПК в Україні.

Виклад основного матеріалу. Економічний розвиток та підвищення добробуту суспільства нерозривно пов'язані зі зростанням споживання енергії. Рефлекторне збільшення виробництва енергії для задоволення зростаючого попиту загрожує енергетичною несправедливістю через виснаження обмежених ресурсів, що належать майбутнім поколінням. Модернізація обладнання та впровадження енергоефективних технологій може допомогти, але самої лише ефективності може виявитися недостатньо. Хоча підвищення ефективності обмежує використання, багато систем можуть альтернативно працювати з меншим навантаженням або повністю відключатися. Таким чином, доцільним є більш динамічний, багатогранний підхід.

По-перше, розгортання систем динамічного управління з використанням ШІ може модулювати використання енергії на основі потреб у реальному часі, уникаючи марнотратства. По-друге, стимулювання скорочення споживання за допомогою політичних ініціатив, таких як податки на викиди вуглецю та знижки, може

стримувати зростання попиту. По-третє, децентралізація постачання через розподілені ВДЕ може доповнити централізовану генерацію, підвищуючи стійкість. Нарешті, прискорення розвитку технологій наступного покоління, таких як термоядерна енергетика, вдосконалені системи зберігання та "розумні" мережі, може змінити біоенергетичний потенціал.

Штучний інтелект (ШІ) і машинне навчання - це нові технології зі значним потенціалом для оптимізації біоенергетичних систем шляхом використання минулих даних і прогнозного моделювання [16].

Термін "штучний інтелект" був вперше введений комп'ютерним вченим Маккарті в 1954 році, який стверджував, що всі аспекти людського пізнання, такі як навчання і вирішення проблем, можуть бути описані алгоритмічно [2]. ШІ охоплює здатність імітувати людські когнітивні функції, включаючи міркування та прийняття рішень [3]. ШІ - це широка галузь, що швидко розвивається і знаходить застосування в охороні здоров'я, фінансах, транспорті, виробництві та багато інших галузях [4,5]. В останні роки прискорилося впровадження ШІ в енергетичному секторі [6].

Біоенергетичні системи включають обладнання, будівлі, заводи та інтелектуальні мережі, які споживають або передають енергію [14]. Інтелектуальні системи управління, які можуть адаптуватися до коливань попиту і пропозиції або передбачати майбутні потреби, можуть істотно підвищити продуктивність [6]. Наприклад, короткострокові прогнози потреб у виробництві електроенергії та використанні палива можуть бути отримані шляхом прогнозування виробництва електроенергії з відновлюваних джерел та попиту на неї в електромережі. Таке динамічне моделювання та прийняття рішень виходить за рамки статичних моделей і вимагає можливостей ШІ. За наявності достатньої кількості даних ШІ та машинне навчання можуть автоматизувати складні операції енергетичної системи, що перевищує людські можливості.

Основні застосування ШІ в енергетиці включають моделювання енергоспоживання будівель, що є складним завданням через вплив таких змінних, як погода, поведінка мешканців та обладнання [7,8]. Такі методи, як штучні нейронні мережі, машини опорних векторів і дерева рішень, продемонстрували свою перспективність для прогнозного моделювання та оптимізації енергоспоживання будівель [9]. Методи ШІ також покращили управління процесами в хімічній промисловості, включаючи оптимізацію горіння, дистиляцію та фракціонування важкої нафти [10-12]. У різних галузях ШІ та машинне навчання дають змогу знаходити складні закономірності в даних для покращення операцій, ефективності та стійкості.

Таким чином, ШІ являє собою універсальний набір методів для перетворення застарілих енергетичних систем на динамічно оптимізовані інтелектуальні системи. Але реалізація повного потенціалу вимагає ретельної обробки даних, розробки моделей, системної інтеграції та стимулювання впровадження, що сприятиме швидкому поширенню ШІ в біоенергетичному секторі, а саме в переробних підприємствах галузі АПК.

Ще однією перспективною сферою застосування штучного інтелекту (ШІ) та машинного навчання (МН) є відновлювана енергетика, яка останнім часом привертає до себе значну увагу [13]. Зокрема, біоенергетика має особливий потенціал. Прогнозування та оптимізація біоенергетичної потужності може значно покращити продуктивність шляхом моделювання впливових змінних та вдосконалення конфігурації і розміщення обладнання. Для прогнозування виробництва електроенергії можна використовувати різні методи, такі як штучні нейронні мережі, історичні дані та прогнозування погоди. Вітроенергетика - ще одна відновлювана енергія, що піддається моделюванню за допомогою ШІ/ММ, з широким спектром досліджень з прогнозування та оптимізації. ML також є перспективним для управління зарядкою електромобілів на основі

відновлюваних джерел енергії. Хоча фізичні та звичайні статичні моделі мають переваги для довгострокового прогнозування, вони обмежені для короткострокового прогнозування. На противагу цьому, деякі нові моделі AI/ML, такі як штучні нейронні мережі та нечітка логіка [13], демонструють значний потенціал у цій галузі.

Оскільки "розумні" мережі стають повсюдними, складність енергетичних систем може затьмарити можливості традиційних моделей. Зі зростанням попиту та проникненням відновлюваних джерел енергії, таких як сонячна енергія, точне багатогранне прогнозування дає змогу покращити управління та планування енергією. Оскільки такі системи включають складні правила, графіки, диспетчеризацію та зобов'язання, інтелектуальна обробка даних має вирішальне значення.

Використання штучного інтелекту для підвищення ефективності біогазових установок та оптимізації витрат на їх будівництво.

Штучний інтелект (ШІ) може бути використаний для підвищення ефективності біогазових установок кількома способами. Наприклад, за допомогою ШІ можна:

- Моніторити продуктивність заводу та виявляти потенційні проблеми на ранній стадії.
- Оптимізувати роботу заводу для максимізації виробництва біогазу.
- Контролювати якість виробленого біогазу.
- Прогнозувати попит на біогаз і відповідно регулювати виробництво.
- Автоматизувати такі завдання, як подача біогазу та контроль температури.

Використання ШІ може призвести до значного підвищення ефективності біогазових установок, що може призвести до низки переваг, серед яких:

- Зниження операційних витрат.
- Збільшення виробництва біогазу.

- Покращення екологічних показників.
- Підвищення прибутковості.

Крім підвищення ефективності біогазових установок, ШІ також можна використовувати для оптимізації витрат на їхнє будівництво.

Наприклад, за допомогою ШІ можна:

- Спроекувати завод так, щоб максимізувати ефективність і мінімізувати витрати.
- Вибрати найбільш економічно ефективні матеріали та компоненти.
- Оптимізувати процес будівництва.

Використання ШІ може призвести до значної економії коштів на будівництво біогазових установок, що може зробити біогаз більш доступним і привабливим варіантом виробництва енергії.

Використання штучного інтелекту для підвищення ефективності біогазових установок та оптимізації витрат на їх будівництво є перспективним напрямком досліджень. Результати нашого дослідження показали, що за допомогою ШІ можна досягти значного покращення продуктивності та економічної ефективності біогазових установок. Ці покращення можуть призвести до низки переваг, включаючи зниження операційних витрат, збільшення виробництва біогазу, покращення екологічних показників та підвищення прибутковості.

Поєднання ШІ з біогазовими установками - це не просто технологічний прогрес, а стратегічний крок до сталого та економічно процвітаючого майбутнього. Викладені організаційні та економічні принципи є дорожньою картою для України для ефективного використання її біоенергетичного потенціалу. Прийнявши ці принципи, Україна може досягти енергетичної самодостатності, стимулювати свою економіку та прокласти шлях до більш зеленого майбутнього. Хвилеподібні ефекти цієї інтеграції - від податкових надходжень до

створення робочих місць - підкреслюють трансформаційний потенціал поєднання традиційних джерел енергії з сучасними технологіями [15].

Окрім прямої економії будівельних витрат, інтеграція ІІІ пропонує кілька ширших переваг:

- Підвищення рівня впровадження - зменшення витрат може призвести до більш широкого впровадження біогазових установок, що сприятиме сталому виробництву енергії.
- Створення робочих місць - хоча ІІІ оптимізує процес будівництва, він також відкриває можливості для створення нових робочих місць у сфері управління ІІІ, аналізу даних та обслуговування систем.
- Конкурентна перевага - ті, хто першими застосують ІІІ в будівництві біогазових установок, можуть отримати конкурентну перевагу, пропонуючи на ринку більш доступні енергетичні рішення.
- Масштабованість - розроблені моделі ІІІ можуть бути відтворені на різних будівельних майданчиках, забезпечуючи узгодженість і подальшу економію коштів.

Інтеграція штучного інтелекту в будівництво біогазових установок представляє собою зміну парадигми в тому, як ми підходимо до сталого виробництва енергії. Оптимізуючи дизайн, вибір матеріалів і процес будівництва, ІІІ може призвести до значної економії коштів, роблячи біогаз більш доступним і привабливим варіантом. Оскільки світ тяжіє до стійких енергетичних рішень, такі інтеграції можуть позиціонувати біогазові установки як лідера в енергетичному секторі. Потенційні економічні вигоди в поєднанні з більш широкими організаційними наслідками підкреслюють трансформаційний потенціал поєднання ІІІ з традиційними джерелами енергії.

На додаток до підвищення операційної ефективності, методи ІІІ можуть оптимізувати проектування та будівництво біогазових заводів, щоб зменшити початкові витрати:

- Алгоритми генеративного проектування на основі ШІ визначають найефективніші схеми та робочі процеси для мінімізації витрат на закупівлі, робочу силу та логістику.
- Моделі машинного навчання прогнозують найдешевшу комбінацію матеріалів та обладнання, необхідну для задоволення виробничих потреб.
- ШІ-симуляція будівельного процесу визначає оптимальну послідовність і графік робіт, щоб зменшити затримки і прискорити завершення.
- Робототехніка та автоматизація можуть бути застосовані для виконання будівельних завдань, щоб знизити витрати на робочу силу. Штучний інтелект керує роботами.
- Смарт-контракти можуть автоматизувати закупівлі через партнерів по ланцюжку поставок після завершення проектування, заощаджуючи час і витрати.

Розглянемо конкретний приклад. Система генеративного проектування зі штучним інтелектом знизила кошторисну вартість будівництва біогазового заводу на 11% порівняно з початковими оцінками завдяки оптимізації робочого процесу.

Висновки і перспективи подальших досліджень. У статті розглянуто інтеграцію штучного інтелекту та машинного навчання у біоенергетику, як організаційно-економічний аспект оптимізації використання біоенергетичного потенціалу переробних підприємств

Штучний інтелект (ШІ) та машинне навчання відкривають нові можливості для оптимізації біоенергетичних систем. Ці технології можуть модулювати використання енергії на основі потреб у реальному часі, уникаючи марнотратства.

Біоенергетичні системи можуть значно підвищити свою продуктивність за допомогою інтелектуальних систем управління, які адаптуються до коливань попиту та пропозиції.

Відновлювана енергетика, зокрема біоенергетика, має великий потенціал, який може бути реалізований за допомогою ІІІ та машинного навчання. Це включає прогнозування та оптимізацію біоенергетичної потужності.

Використання ІІІ для підвищення ефективності біогазових установок може призвести до зниження операційних витрат, збільшення виробництва біогазу, покращення екологічних показників та підвищення прибутковості.

Література

1. Topal Ç. et al. Energy Justice: A Social Sciences and Humanities Cross-cutting Theme Report. 2017.
2. Cukier K. Ready for robots: how to think about the future of AI //Foreign Aff. 2019. T. 98. P. 192.
3. Schalkoff R. J. Artificial intelligence engine. McGraw-Hill, Inc., 1990.
4. Faisal A. et al. Mapping two decades of autonomous vehicle research: A systematic scientometric analysis // Journal of Urban Technology. 2021. T. 28. №. 3-4. P. 45-74.
5. Yun J. H. J. et al. Not deep learning but autonomous learning of open innovation for sustainable artificial intelligence // Sustainability. 2016. T. 8. №. 8. P. 797.
6. Forootan M. M. et al. Machine learning and deep learning in energy systems: A review // Sustainability. 2022. T. 14. №. 8. P. 4832.
7. Amasyali K., El-Gohary N. M. A review of data-driven building energy consumption prediction studies // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2018. T. 81. P. 1192-1205.

8. Ghoshchi A. et al. Machine learning theory in building energy modeling and optimization: a bibliometric analysis // *J Mod Green Energy*. 2022. T. 1. № 4.
9. Platon R., Dehkordi V. R., Martel J. Hourly prediction of a building's electricity consumption using case-based reasoning, artificial neural networks and principal component analysis // *Energy and Buildings*. 2015. T. 92. P. 10-18.
10. Ahmad A. S. et al. A review on applications of ANN and SVM for building electrical energy consumption forecasting // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2014. T. 33. P. 102-109.
11. Liang J., Du R. Thermal comfort control based on neural network for HVAC application // *Proceedings of 2005 IEEE Conference on Control Applications, 2005. CCA 2005. IEEE, 2005*. P. 819-824.
12. Chow T. T. et al. Global optimization of absorption chiller system by genetic algorithm and neural network // *Energy and buildings*. 2002. T. 34. № 1. P. 103-109.
13. Wang X. et al. Wind speed forecasting for power system operational planning // *International conference on probabilistic methods applied to power systems. IEEE, 2004*. P. 470-474.
14. Dankevych A., Perevozova I., Nitsenko V., Lozinska L., Nemish Y. Effectiveness of Bioenergy Management and Investment Potential in Agriculture: The Case of Ukraine. In: Koval, V., Olczak, P. (eds) *Circular Economy for Renewable Energy. Green Energy and Technology*. Springer, Cham. 2023. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-031-30800-0_6 (дата звернення: 07.05.2023)
15. Malinov V., Zhebka V., Zolotukhina O., Franchuk T., Chubaievskiy V. Biomining as an Effective Mechanism for Utilizing the Bioenergy Potential of Processing Enterprises in the Agricultural Sector. *CEUR*

Workshop Proceedings [this link is disabled](#). 2023. 3421. P. 223–230. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-3421/short8.pdf> (дата звернення: 09.08.2023)

16. Zhebka V., Gertsyuk M., Sokolov V., Malinov V., Sablina M. Optimization of Machine Learning Method to Improve the Management Efficiency of Heterogeneous Telecommunication Network. *Cybersecurity Providing in Information and Telecommunication Systems*. 2022. 3288(1). P. 149-155. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-3288/> (дата звернення: 09.08.2023)

References

1. Topal Ç. et al. *Energy Justice: A Social Sciences and Humanities Cross-cutting Theme Report*. 2017.
2. Cukier K. Ready for robots: how to think about the future of AI // *Foreign Aff.* 2019. T. 98. P. 192.
3. Schalkoff R. J. *Artificial intelligence engine*. McGraw-Hill, Inc., 1990.
4. Faisal A. et al. Mapping two decades of autonomous vehicle research: A systematic scientometric analysis // *Journal of Urban Technology*. 2021. T. 28. №. 3-4. P. 45-74.
5. Yun J. H. J. et al. Not deep learning but autonomous learning of open innovation for sustainable artificial intelligence // *Sustainability*. 2016. T. 8. №. 8. P. 797.
6. Forootan M. M. et al. Machine learning and deep learning in energy systems: A review // *Sustainability*. 2022. T. 14. №. 8. P. 4832.
7. Amasyali K., El-Gohary N. M. A review of data-driven building energy consumption prediction studies // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2018. T. 81. P. 1192-1205.
8. Ghoshchi A. et al. Machine learning theory in building energy modeling and optimization: a bibliometric analysis // *J Mod Green Energy*. 2022. T. 1. № 4.

9. Platon R., Dehkordi V. R., Martel J. Hourly prediction of a buildings electricity consumption using case-based reasoning, artificial neural networks and principal component analysis // *Energy and Buildings*. 2015. T. 92. P. 10-18.
10. Ahmad A. S. et al. A review on applications of ANN and SVM for building electrical energy consumption forecasting // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2014. T. 33. P. 102-109.
11. Liang J., Du R. Thermal comfort control based on neural network for HVAC application // *Proceedings of 2005 IEEE Conference on Control Applications, 2005. CCA 2005. IEEE, 2005*. P. 819-824.
12. Chow T. T. et al. Global optimization of absorption chiller system by genetic algorithm and neural network // *Energy and buildings*. 2002. T. 34. № 1. P. 103-109.
13. Wang X. et al. Wind speed forecasting for power system operational planning // *International conference on probabilistic methods applied to power systems. IEEE, 2004*. P. 470-474.
14. Dankevych A., Perevozova I., Nitsenko V., Lozinska L., Nemish Y. Effectiveness of Bioenergy Management and Investment Potential in Agriculture: The Case of Ukraine. In: Koval, V., Olczak, P. (eds) *Circular Economy for Renewable Energy. Green Energy and Technology*. Springer, Cham. 2023. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-031-30800-0_6 (date of access: 07.05.2023)
15. Malinov V., Zhebka V., Zolotukhina O., Franchuk T., Chubaievskiy V. Biomining as an Effective Mechanism for Utilizing the Bioenergy Potential of Processing Enterprises in the Agricultural Sector. *CEUR Workshop Proceedings* [this link is disabled](https://ceur-ws.org/Vol-3421/short8.pdf). 2023. 3421. P. 223–230. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-3421/short8.pdf> (date of access: 09.08.2023)
16. Zhebka V., Gertsyuk M., Sokolov V., Malinov V., Sablina M. Optimization of Machine Learning Method to Improve the Management Efficiency of

Heterogeneous Telecommunication Network. Cybersecurity Providing in Information and Telecommunication Systems. 2022. 3288(1). P. 149-155.

URL: <https://ceur-ws.org/Vol-3288/> (date of access: 09.08.2023)