



А. М. Тригуба¹, О. М. Маланчук², О. В. Паньків³, Р. Я. Шолудько³

¹Львівський національний університет природокористування, м. Львів, Україна

²Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького, м. Львів, Україна

³Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, м. Львів, Україна

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8014-5661> – А. М. Тригуба
<https://orcid.org/0000-0001-7518-7824> – О. М. Маланчук
<https://orcid.org/0009-0002-7319-1701> – О. В. Паньків
<https://orcid.org/0009-0000-6149-7354> – Р. Я. Шолудько
trianamik@gmail.com



СТРУКТУРНА МОДЕЛЬ СИСТЕМИ ПЛАНУВАННЯ МЕДИЧНИХ ПРОЕКТІВ НА ОСНОВІ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Проблема. Стаття присвячена розробленню структурної моделі системи планування медичних проєктів на основі обчислювального інтелекту. Обґрунтовано доцільність компонентів системи планування медичних проєктів на основі обчислювального інтелекту, а також їх вплив на покращення процесів планування та реалізації медичних проєктів. Від розуміння основних аспектів цієї моделі залежить успішність розробки та впровадження інтелектуальних інформаційних систем для проєктного менеджменту в медицині.

Мета. Обґрунтувати особливості створення систем планування медичних проєктів, на їх основі запропонувати структурну модель системи планування медичних проєктів, яка базується на моделях обчислювального інтелекту, що дають можливість автоматизувати та оптимізувати різні аспекти медичних проєктів та оцінити ефективність розробленої структурної моделі на практиці.

Методи дослідження. Використано методи аналізу та синтезу складових процесів предметної галузі та управління проєктами, індукції та дедукції, абстрагування й конкретизації, аналогій для обґрунтування особливостей створення систем планування медичних проєктів. Під час розробки структурної моделі використано методологію SADT, системний підхід, теорію та методи моделювання систем, аналізу та синтезу чинників впливу складових проєктного середовища на складові медичних проєктів. Для визначення вимог медичних організацій до системи планування медичних проєктів використано метод експертних оцінок. Розроблено програмний продукт мовою Python 3.11, який реалізує її функціональні можливості.

Основні результати дослідження. Обґрунтовано доцільність розроблення структурної моделі системи планування медичних проєктів. Вона базується на моделях обчислювального інтелекту, що дає змогу автоматизувати та оптимізувати різні процеси планування медичних проєктів. Обґрунтована структурна модель системи планування медичних проєктів на основі обчислювального інтелекту включає базу даних (БД), базу знань (БЗ) та 8 системно взаємопов'язаних блоків. Вона передбачає системне формування баз даних (БД) та знань (БЗ) із реальних даних електронної системи медичних записів (ЕМЗ). Це забезпечує навчання моделей обчислювального інтелекту для планування складових медичних проєктів. На підставі розробленої нейронної мережевої моделі, що навчена на даних діючої електронної системи медичних записів, виконано кількісне оцінення тривалості проєктів лікування цукрового діабету у дітей. Встановлені тенденції зміни тривалості проєктів лікування цукрового діабету у дітей від зміни головних чинників, які їх зумовлюють.

Висновки та конкретні пропозиції автора. Отримані результати лежить в основі підвищення якості та точності підтримки прийняття рішень для оцінення тривалості проєктів лікування цукрового діабету у дітей із різними станами їх захворювання. Подальші дослідження стосуються впровадження структурної моделі системи планування медичних проєктів на основі обчислювального інтелекту в медичній практиці. Це вимагає великих зусиль у зборі та аналізі медичних даних, а також забезпечує високу конфіденційність та конфіденційність інформації. Отримані результати досліджень суттєво покращують точність процесів планування проєктів лікування пацієнтів, зменшують їх ризики та підвищують якість отриманих продуктів – наданих медичних послуг.

Ключові слова: структурна модель, планування, медичні проєкти, обчислювальний інтелект, ефективність.

STRUCTURAL MODEL OF MEDICAL PROJECT PLANNING SYSTEM BASED ON COMPUTER INTELLIGENCE

Introduction. The article is devoted to the development of a structural model of the medical project planning system based on computational intelligence. The expediency of the components of the medical project planning system based on computational intelligence, as well as their impact on improving the processes of planning and implementation of medical projects, are substantiated. The success of the development and implementation of intelligent information systems for project management in medicine depends on understanding the main aspects of this model.

Purpose. To substantiate the peculiarities of the creation of medical project planning systems, on their basis to propose a structural model of the medical project planning system, which is based on computational intelligence models that allow automating and optimizing various aspects of medical projects, as well as to evaluate the effectiveness of the developed structural model in practice.

Methods. The methods of analysis and synthesis of component processes of the subject area and project management, induction and deduction, abstraction and concretization, and analogies are used to substantiate the peculiarities of the creation of medical project planning systems. During the development of the structural model, the SADT methodology, the system approach, theory, and methods of system modeling, analysis, and synthesis of factors influencing the components of the project environment on the components of medical projects were used. The method of expert evaluations was used to determine the requirements of medical organizations for the medical project planning system.

Results. The expediency of developing a structural model of the medical project planning system is substantiated. It is based on models of computational intelligence, which allows you to automate and optimize various processes of planning medical projects. A well-founded structural model of the medical project planning system based on computational intelligence includes a database (DB), a knowledge base (KB), and 8 systemically interconnected blocks. It involves the systematic formation of databases (DB) and knowledge (BZ) from real data of the electronic medical record system (EMZ). This ensures the implementation of the training of computational intelligence models for planning component medical projects. Based on the developed neural network model trained on the data of the current electronic medical record system, a quantitative assessment of the duration of projects for the treatment of diabetes in children was performed. The trends of changes in the duration of projects for the treatment of diabetes in children due to changes in the main factors that determine them have been established.

Conclusion. The obtained results are the basis for improving the quality and accuracy of decision support for evaluating the duration of diabetes treatment projects in children with various states of their disease. Further research concerns the implementation of a structural model of the medical project planning system based on computational intelligence in medical practice. It requires a great deal of effort in the collection and analysis of medical data and ensures high privacy and confidentiality of information. The obtained research results significantly improve the accuracy of planning processes of patient treatment projects, reduce their risks, and increase the quality of the obtained products - the provided medical services.

Key words: structural model, planning, medical projects, computational intelligence, efficiency.

Постановка проблеми. На даний час розвиток медицини у світі нерозривно пов'язаний із використанням передових технологій та інноваційних підходів. Одним із перспективних напрямів, який відчутно змінює медичну сферу, є використання технологій обчислювального інтелекту (Artificial Intelligence, AI) [1-5]. Завдяки інтелектуальним системам аналізу та прогнозування значною мірою підвищується ефективність медичних проектів. Саме використання технологій обчислювального інтелекту забезпечує якісне дотримання однієї із характеристик медичних проектів – унікальність дій щодо створення бажаного продукту проекту. Зокрема, завдяки обчислювальному інтелекту забезпечується розробка персоналізованих лікувальних рекомендацій для окремих пацієнтів та підтверджується їх ключова роль у покращенні

якості надання медичних послуг, як продукту медичних проектів, та підвищенні ефективності медичної сфери.

Медичні проекти стають все більш складними та масштабними, що вимагає від медичних організацій ефективних інструментів для їх планування [6-10]. При цьому процеси планування медичних проектів є достатньо важливими для забезпечення успіху цих проектів. Обчислювальний інтелект може бути використаний для підвищення ефективності планування медичних проектів шляхом автоматизації рутинних завдань, аналізу великих обсягів даних та прийняття обґрунтованих рішень. Зокрема, до таких завдань належить збір та зберігання інформації про медичні проекти, аналіз інформації про медичні проекти, прогнозування результатів медичних проектів та планування ресурсів для реалізації медичних проектів.

Однак, поза увагою вчених залишилося питання розробки структурної моделі системи планування медичних проектів на основі обчислювального інтелекту. Така модель є вагомим інструментом та передумовою для оптимізації різноманітних аспектів медичної діяльності. Наша наукова праця присвячена розробленню структурної моделі системи планування медичних проектів на основі обчислювального інтелекту. При цьому обґрунтовується доцільність компонентів такої структурної моделі, а також їх вплив на покращення процесів планування та реалізації медичних проектів. Від розуміння основних аспектів цієї моделі залежить успішність розробки та впровадження інтелектуальних інформаційних систем для проектного менеджменту в медицині.

Аналіз наукових досліджень галузі.

На сьогодні у наукових публікаціях багато уваги приділяється ролі обчислювального інтелекту [1-5; 11-15]. В окремих наукових працях акцентується значущість використання обчислювального інтелекту в медичній галузі та його потенціалу для автоматизації та оптимізації різних аспектів медичного планування, включаючи діагностику, лікування, розробку планів лікування та прийняття рішень.

Заслужують на увагу наукові праці [3; 7; 8], у яких автори використовують технології машинного навчання та нейронних мереж. Окремі автори наголошують на доцільності розробки та застосування моделей машинного навчання та нейронних мереж для аналізу медичних даних, включаючи зображення, текст та числові дані, що забезпечує підвищення точності планування медичних проектів та якості наданих медичних послуг для пацієнтів.

Науковці у своїй праці [1; 3; 16] розглядають важливість розробки індивідуальних підходів до медичного планування за допомогою обчислювального інтелекту. Підкреслюється, що кожен пацієнт є унікальним, і застосування персоналізованих моделей може покращити результати лікування. Також окремі наукові праці стосуються етичних аспектів використання обчислювального інтелекту в медицині, зокрема, питань конфіденційності медичних даних та прийняття рішень на основі автоматизованих систем.

Окремі наукові праці [4; 5] присвячені питанням впровадження моделей обчислювального інтелекту в реальну медичну практику, а також виокремлюють можливі перешкоди та виклики на цьому шляху. Загальна тенденція в літературі [17-22] вказує на те, що обчислювальний інтелект забезпечує точним

інструментарієм менеджерів проектів та наголошує на значному потенціалі для подальшого розвитку та досліджень у цій області.

Не вирішені раніше частини загальної проблеми. У окремих наукових працях [4; 5], які стосуються створення інтелектуальних інформаційних систем планування діяльності у медичній сфері, їх автори підкреслюють важливість індивідуального підходу до створення кожного виду інструментарію та структури систем планування із врахуванням особливостей їх проектного середовища. При цьому поза увагою науковців залишається завдання, яке стосується розробки структурної моделі системи планування медичних проектів на основі обчислювального інтелекту. Її наявність полегшує процес проектування інтелектуальних інформаційних систем планування медичних проектів, які забезпечать автоматизацію та оптимізацію управлінських процесів у різних аспектах медичних проектів від діагностики до лікування. Структурна модель системи планування медичних проектів може бути представлена у вигляді набору взаємопов'язаних компонентів, які відповідають за вирішення конкретних завдань.

Структурна модель системи планування медичних проектів є важливим етапом проектування інформаційної системи, яка призначена для планування медичних проектів. Ця модель повинна забезпечувати вирішення широкого спектра завдань, включаючи збір та зберігання інформації про медичні проекти, аналіз інформації про медичні проекти, прогнозування результатів медичних проектів та планування ресурсів для реалізації медичних проектів. Для підвищення ефективності планування медичних проектів можна використовувати методи обчислювального інтелекту, такі як машинне навчання та нейромережеві моделі тощо. Ці методи можуть бути використані для автоматизації завдань, які виконуються вручну, та для вирішення завдань, які є складними або трудомісткими для проектних менеджерів.

Мета досліджень.

Обґрунтувати особливості створення систем планування медичних проектів, на їх основі запропонувати структурну модель системи планування медичних проектів, яка базується на моделях обчислювального інтелекту, що дають можливість автоматизувати та оптимізувати різні аспекти медичних проектів, а також оцінити ефективність розробленої структурної моделі на практиці.

Основні методи дослідження.

Особливості створення систем планування медичних проектів обґрунтовували на підставі використання системного підходу, методів аналізу та синтезу складових процесів предметної галузі та управління проектами, індукції та дедукції, абстрагування й конкретизація, аналогій. Науково-прикладну задачу розробки структурної моделі системи планування медичних проектів розв'язували на основі використання методології SADT, системного підходу, теорії та методів моделювання систем, аналізу та синтезу чинників впливу складових проектного середовища на складові медичних проектів. Використовували метод експертних оцінок для визначення вимог медичних організацій до системи планування медичних проектів. Для впровадження моделі було розроблено програмний продукт на мові Python 3.11, який реалізує її функціональні можливості. Для оцінки ефективності розробленої структурної моделі було проведено комп'ютерні експерименти, результати яких порівнювали із реальними даними електронної системи медичних записів (ЕМЗ) щодо лікування цукрового у дітей у стаціонарному відділенні Львівської обласної дитячої клінічної лікарні «Охматдит» (м. Львів, Україна).

Основна частина. Планування медичних проектів є важливими процесами, які значною мірою впливають на успішність реалізації зазначених проектів. Для якісного їх виконання слід розробляти відповідний управлінський інструментарій. При цьому використання системи планування медичних проектів на основі обчислювального інтелекту має численні обґрунтовані переваги та важливість у сучасному медичному середовищі. Зокрема, обчислювальний інтелект може аналізувати медичні дані з великою швидкістю та точністю, допомагаючи своєчасно виявити захворювання та розробити більш точні методи діагностики. Це сприяє підвищенню ефективності та успішності лікування.

Для створення системи планування медичних проектів на основі обчислювального інтелекту першочерговою задачею є обґрунтування структурної моделі. Структурна модель на основі обчислювального інтелекту дає змогу відобразити компоненти та взаємозв'язки між ними, що лежить в основі

проекування автоматизованих процесів щодо обґрунтування змісту проектів та розробки індивідуальних планів лікування пацієнтів. Це забезпечує підвищення ефективності медичних проектів. Використання обчислювального інтелекту забезпечує можливість позбутися людських помилок, які можуть мати серйозні наслідки в медицині. Окрім того, ризик виникнення небажаних дій та подій, що призводять до незворотній наслідків у лікуванні пацієнтів.

Ефективне планування та використання ресурсів у медичних проектах зменшує витрати та оптимізувати фінансові ресурси. Це особливо важливо в умовах обмежених бюджетів у сфері охорони здоров'я. Система планування на основі обчислювального інтелекту дає можливість розробляти персоналізовані підходи до лікування, враховуючи унікальні потреби кожного пацієнта. Це покращує рівень надання медичних послуг. При цьому обчислювальний інтелект може одночасно працювати з великою кількістю даних і великою кількістю обмежень, що робить його ідеальним інструментом для масштабних медичних проектів. Усі ці чинники свідчать про те, що розробка структурної моделі системи планування медичних проектів на основі обчислювального інтелекту є вкрай доцільною і може суттєво покращити ефективність медичних проектів, забезпечуючи пацієнтам якісну та ефективну медичну допомогу.

Для вирішення задачі взаємодії користувачів із системою планування медичних проектів на основі обчислювального інтелекту створюється людино-машинний інтерфейс, який дає можливість користувачам виконувати запити та зручно взаємодіяти із системою. При цьому можна відобразити два компоненти:

1) підсистема користувачі – особи, що приймають рішення стосовно планування медичних проектів (ОПР);

2) підсистема підтримки прийняття рішень щодо планування медичних проектів (СППР).

Взаємодія та послідовність виконання дій ОПР, а також виконання операцій у СППР щодо процесів планування медичних проектів представлені у запропонованій структурній моделі системи планування медичних проектів на основі обчислювального інтелекту (рис. 1).

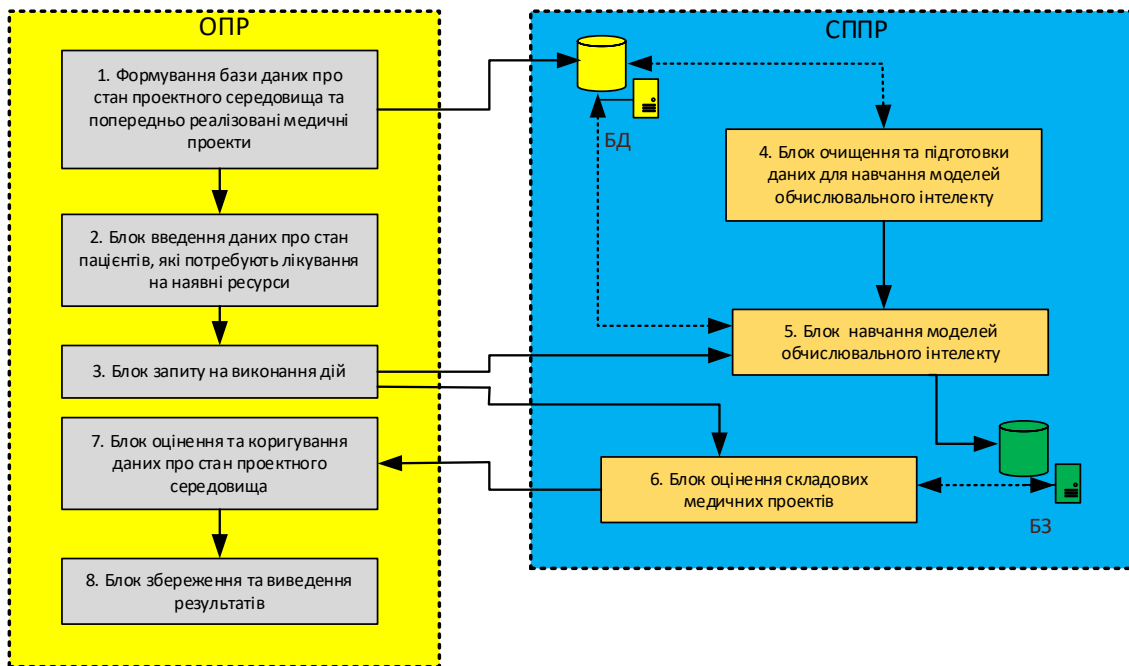


Рисунок 1 – Структурна модель системи планування медичних проектів на основі обчислювального інтелекту

У структурній моделі системи планування медичних проектів на основі обчислювального інтелекту передбачено базу даних (БД), базу знань (БЗ) та 8 системно взаємопов'язаних блоків, а саме:

1) блок (Unit_1) формування бази даних про стан проектного середовища та попередньо реалізованих медичних проектів;

2) блок введення даних про стан пацієнтів (Unit_2). Він передбачає введення даних про поточний стан пацієнтів, що потребують лікування;

3) блок запиту на виконання дій (Unit_3). Цей блок забезпечує формування запиту до СППР на підставі вибраних ОПР дій та введених даних і відомих знань, що містяться у БЗ;

4) блок очищення та підготовки даних для навчання моделей обчислювального інтелекту (Unit_4). У цьому блоці отримані дані з БД із врахуванням результатів попередніх дій, за потреби очищаються, заповнюються пропуски, перетворюються у бажаний формат, що цілком забезпечує підготовку цих даних для використання під час навчання моделей обчислювального інтелекту;

5) блок навчання моделей обчислювального інтелекту (Unit_5). Цей блок передбачає навчання моделей обчислювального інтелекту для оцінки складових медичних проектів на основі підготовлених даних;

6) блок оцінювання складових медичних проектів (Unit_6). У цьому блоці навчені моделі обчислювального інтелекту використовуються для оцінки складових медичних проектів на підставі введених даних про стан пацієнтів;

7) блок оцінювання та коригування даних пацієнта (Unit_7). Поточна оцінка стану пацієнтів може вплинути на складові медичних проектів, тому у цьому блоці передбачена необхідна корекція цих даних;

8) блок збереження та виведення результатів (Unit_8). Результати оцінки складових медичних проектів зберігаються у окремий файл та виводяться користувачеві у діалогове вікно у вигляді графіків та/або текстового опису.

У системі планування медичних проектів можуть використовуватися різноманітні моделі обчислювального інтелекту. Їх вибір залежить від наявності даних про стан проектного середовища, особливостей та видів медичних проектів, видів процесів планування медичних проектів, їх призначення, структури та методології. Ми описали приналежність моделей до напрямів обчислювального інтелекту та задач планування медичних проектів, для яких використовують зазначені моделі (табл. 1).

Таблиця 1.

Приналежність моделей до напрямків обчислювального інтелекту та їх використання для вирішення задач планування медичних проектів

Приналежність моделей до напрямків обчислювального інтелекту	Вирішувана задача планування медичних проектів
Машинне навчання (Machine Learning)	Прогнозування ризику виникнення захворювань і розвитку медичних патологій, включаючи рак, діабет, захворювання серця та інші, а також тривалості проектів їх лікування.

Приналежність моделей до напрямків обчислювального інтелекту	Вирішувана задача планування медичних проєктів
Нейронні мережі (нейронні мережі)	Аналіз медичних зображень, включаючи рентгенограми, МРТ, КТ, для автоматичного виявлення патологій та визначення їх стану, а також складових реалізації проєктів їх лікування.
Експертні системи (Expert Systems)	Розробка планів проєктів лікування пацієнтів та визначення показників для конкретних випадків на основі медичних даних та знань експертів.
Генетичні алгоритми (Genetic Algorithms)	Оптимізація генетичних досліджень та вибір найефективніших дій у проєктах лікування різних хвороб.
Системи розпізнавання образів (Computer Vision Systems)	Розпізнавання різних структур на медичних зображеннях, у тому числі, дефекти, кровотечі тощо, що лежить в основі створення планів проєктів лікування пацієнтів.
Агенти зі штучним інтелектом (AI Agents)	Управління процесами планування та реалізація планів хірургічних операцій, реабілітаційних процедур та інших медичних проєктів з використанням агентів та автономних систем, які здатні взаємодіяти з оточенням та вирішувати завдання в реальному часі.

Представлена таблиця вказує на те, що наявні різноманітні моделі обчислювального інтелекту, які здатні допомагати вирішувати множину різнонаправлених завдань планування проєктів в медицині, включаючи діагностику, лікування, оптимізацію ресурсів та прийняття якісних управлінських рішень. Слід зазначити, що обчислювальний інтелект – це підгалузь штучного інтелекту, яка поєднує в собі різні методи та технології. Їх можна використовувати для розв'язання складних завдань планування медичних проєктів. При цьому використовуються різні підходи та моделі, які слід обґрунтовувати на підставі виконання відповідних досліджень із врахування як особливостей медичних проєктів, так і їх проєктного середовища.

Виконаємо опис роботи системи планування медичних проєктів на основі обчислювального інтелекту більш детально. Для цього приймаємо, що:

D – множина даних про попередньо реалізовані медичні проєкти та стан лікування пацієнтів, яка зберігається у БД;

P – множина характеристик стану проєктного середовища (пацієнтів), введених у Unit_2;

Q – запит на виконання дій, створений у Unit_3;

R – результати попередніх дій, що можуть бути використані для підготовки даних (наприклад, дані про коригування стану пацієнтів), а також дані для навчання моделі;

M – навчені моделі обчислювального інтелекту, які використовуються для оцінки складових медичних проєктів;

$E(t)$ – оцінка складових медичних проєктів, отриманих з використанням моделей обчислювального інтелекту M ;

ND – нові дані про стан проєктного середовища, що можуть бути відкориговані або оновлені після оцінення складових медичних проєктів.

Процес формування бази даних (БД) про складові медичних проєктів можна записати:

$$Database_formation() \Rightarrow D, \quad (1)$$

де: $Database_formation()$ – функція, яка виконує операцію формування бази даних.

Розглянемо більш детально функцію $Database_formation()$, що забезпечує формування бази даних для оцінення складових медичних проєктів.

Нехай P_1, P_2, \dots, P_n є даними, які відображають характеристики проєктного середовища та стан n пацієнтів (особливості лікування, вага, зріст, вік, стать, результати аналізів, стан здоров'я тощо). При цьому множина даних про n -х пацієнтів, які зберігаються у БД, представляється як множина кортежів, де кожен кортеж містить значення параметрів для конкретного пацієнта:

$$D = \{(P_1, P_2, \dots, P_n), (P_1, P_2, \dots, P_m), \dots\}, \quad (2)$$

де: n, m – кількість пацієнтів в базі даних, осіб;

P_i – значення характеристик окремих пацієнтів, які відображають конкретні дані для кожної з них.

У реальній реалізації множина даних D про лікування різних хвороб пацієнтів представляється у вигляді таблиці або структури даних. У загальному вигляді, функція $Database_formation()$ забезпечує створення цієї множини кортежів, які відображають дані про лікування пацієнтів.

Детальніше розглянемо, як виглядає процес введення у Unit_2 множини характеристик P стану пацієнта. Характеристики P стану пацієнта являють собою набір інформації про пацієнта, який потребує лікування певного виду хвороби. Ці характеристики можна отримати із електронної медичної документації (Electronic Medical Records, EMR) [4]. До них належать такі дані про пацієнтів, як:

- 1) дата госпіталізації пацієнта (Date_hospitalization);
- 2) дата виписування пацієнта із лікарні (Date_discharge);
- 3) відділення, де лікувався пацієнт (Department);
- 4) дата народження пацієнта (Date_birth);
- 5) місце проживання пацієнта (Residence);
- 6) температура, з якою прибув на лікування пацієнт (Temperature);
- 7) ріст пацієнта (Height);
- 8) тривалість лікування пацієнта (Bed_days);
- 9) стать пацієнта (Human_gender);
- 10) вага пацієнта (Weight);
- 11) вид госпіталізації пацієнта (In_hospital);
- 12) стан хвороби пацієнта (Condition);
- 13) вид населеного пункту, де проживає пацієнт (Type_settlement);
- 14) результат лікування пацієнта (Result).

Можемо представити процес введення у Unit_2 множини характеристик P стану пацієнта:

$$P_i = \{p_1, p_2, \dots, p_k\}, \quad (3)$$

де: p_1, p_2, \dots, p_k – це реальні значення характеристик пацієнта;

k – кількість характеристик пацієнта.

Функція введення характеристик P стану пацієнта являє собою процес, в якому користувач вводить значення кожної окремої характеристики пацієнта P_i у вікно користувача.

Розглянемо детальніше, як виглядає процес формування запиту на виконання дій у Unit_3. Цей блок відіграє ключову роль у взаємодії між користувачем (ОПР) і системою підтримки прийняття рішень для оцінення складових медичних проектів (СППР). Основна ідея полягає у використанні введених даних про пацієнтів, відомих знань з бази знань (БЗ) і сформованих попередніх запитів для визначення конкретних дій, які СППР має виконати для оцінки складових медичних проектів. Нехай відомі множина даних D про лікування пацієнтів, яка зберігається у БД, множина відомих знань K , що містяться у базі знань (БЗ) та множина запитів Q , сформованих на попередніх етапах. Таким чином, функція

формування запиту на виконання дій $Request_formation(D, K, Q)$ має вигляд:

$$Request_formation(D, K, Q) \Rightarrow \{O_i\}, \quad (4)$$

де: $Request_formation(D, K, Q)$ – функція формування запиту на виконання дій;

$\{O_i\}$ – множина обраних операцій

прийняття рішень під час формування запиту.

Цей процес може включати виконання навчання моделей обчислювального інтелекту M , виконання оцінювання складових медичних проектів $E(t)$, що забезпечується із використанням моделей M , очищення усіх полів вікна користувача системи та збереження отриманих результатів оцінювання складових медичних проектів $E(t)$. Формування запиту

$Request_formation(D, K, Q)$ є складною функцією, яка враховує різні характеристики пацієнтів та правила, що визначають обрані дії. Важливо розуміти, що нами представлена загальна концепція і її реалізація, що враховує специфіку системи планування медичних проектів системи планування медичних проектів на основі обчислювального інтелекту та використання запропонованих моделей та методів.

Розглянемо детальніше, як виглядає процес очищення та підготовки даних у Unit_4. Зокрема, функція $Data_cleaning_preparation(D, R)$ блоку очищення та підготовки даних має вигляд:

$$Data_cleaning_preparation(D, R) \Rightarrow D_c \quad (5)$$

де: $Data_cleaning_preparation(D, R)$ – функція очищення та підготовки даних;

D – множина даних про попередньо реалізовані медичні проекти, яка зберігається у БД;

R – результати попередніх дій;

D_c – множина підготовлених даних.

У реальності, процес (5) є досить складним і включає багато кроків із обробки даних, які залежать від їх типу, наявності пропусків та аномалій, а також вимог конкретної моделі обчислювального інтелекту M .

Розглянемо процес навчання моделей обчислювального інтелекту M , який відбувається у блоці навчання (Unit_5). При цьому позначимо такі елементи:

X – навчальний набір вхідних ознак (властивостей), які підготовлені на попередньому етапі підготовки даних (Unit_4);

Y – навчальний набір відповідних цільових значень, що у нашому випадку представляє оцінку складових медичних проектів $E(t)$;

M – модель обчислювального інтелекту, яку ми хочемо навчити;

θ – параметри моделі M , яку будемо навчати.

Навчання моделі обчислювального інтелекту полягає у пошуку таких параметрів θ , які мінімізують помилку між прогнозами складових медичних проектів завдяки із використанням моделі і справжніми значеннями цільових показників. Цю помилку можна виразити у вигляді функції втрат $L(\theta)$, яку модель намагається зменшити:

$$L(\theta) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N L(y_i, M(x_i, \theta)), \quad (6)$$

де: N – кількість прикладів в навчальному наборі;

x_i, y_i – вхідні признаки та відповідні цільові значення для i -го прикладу;

L – функція втрат, яка визначає різницю між прогнозом моделі $M(x_i, \theta)$ і реальним значенням y_i тривалості лікування пацієнтів.

Під час навчання моделей обчислювального інтелекту використовується алгоритм оптимізації для знаходження оптимальних параметрів θ , які мінімізують функцію втрат $L(\theta)$. Це може бути градієнтний спуск, Adam, RMSProp тощо. Оновлення параметрів зазвичай виконується за правилом:

$$\theta_{t+1} = \theta_t - \alpha \cdot \nabla L(\theta_t), \quad (7)$$

де: α – крок навчання (швидкість навчання);

$\nabla L(\theta_t)$ – градієнт функції втрат по відношенню до параметрів θ на кроці t .

Отже, процес навчання моделей обчислювального інтелекту у блоку навчання моделей (Unit_5) полягає в пошуку таких параметрів моделі θ , які мінімізують функцію втрат $L(\theta)$, що включає в себе розбіжність між прогнозами моделі та справжніми значеннями цільових змінних – наприклад, тривалості проектів лікування пацієнтів.

У блоці оцінення складових медичних проектів (Unit_6) на основі введених даних про стан пацієнтів P , використовують навчені моделі обчислювального інтелекту M , щоб здійснити прогноз складових медичних проектів $E(t)$. Цей процес може бути представлений таким чином:

$$E(t) = M(P), \quad (8)$$

де: $E(t)$ – оцінка складових медичних проектів, яка отримується з використанням навченої моделі M ;

P – вектор вхідних характеристик пацієнта, який прибув на лікування.

Зазначений процес (8) полягає в тому, що моделі обчислювального інтелекту, після навчання на відповідному наборі даних D , можуть робити прогнози на основі вхідних даних. Наприклад, модель обчислювального інтелекту використовує введені характеристики пацієнта P для визначення тривалості проекту його лікування $E(t)$. Важливо зазначити, що точність та якість прогнозу із використанням таких моделей значною мірою залежить від якості навчання, кількості даних, архітектури моделі та інших чинників.

Під час оцінки складових медичних проектів $E(t)$ слід враховувати реальні дані про стан пацієнтів P , оскільки вони можуть виявитися неправильними або неактуальними через зміну змісту та тривалості проекту лікування. Тому необхідно коригувати дані пацієнта P , щоб вони відображали новий прогнозований стан проекту після оцінки його тривалості, що передбачає Unit_7. Цей процес можна записати із використанням функції $Data_adjustment(P, E(t))$ коригування даних таким чином:

$$Data_adjustment(P, E(t)) \Rightarrow P', \quad (9)$$

де: P' – вектор коригованих характеристик медичного проекту,

P – початкові характеристики пацієнта, $E(t)$ – оцінка складових медичних проектів.

У запропонованій системі планування медичних проектів на основі обчислювального інтелекту для оцінення їх складових є функція $Data_adjustment(P, E(t))$ коригування даних. Вона може включати різні кроки для коригування характеристик проектів на основі оцінки складових медичних проектів. Зокрема, передбачає зміни відповідно до того, як лікування впливає на певні параметри здоров'я пацієнта. Слід зазначити, що реалізація функції коригування даних у запропонованій системі планування медичних проектів може варіюватися в залежності від специфіки пацієнтів та типу даних про них.

Завершальним є процес збереження та виведення результатів оцінки складових

медичних проєктів, який реалізовується блоком збереження та виведення результатів (Unit_8). На цьому етапі уже маємо оцінку складових медичних проєктів $E(t)$, яку отримали після оцінки та коригування даних. Зазвичай результати оцінки складових медичних проєктів зберігаються у вигляді файлу або у базі даних (БД). Для представлення цих результатів використовується текстовий формат (CSV-файл, JSON-структура або інший формат), який зручний для збереження та подальшої обробки даних. Цей процес відбувається завдяки функції $Save_results(E(t), File)$ збереження результатів, яким можна записати як:

$$Save_results(E(t), File) \Rightarrow File_text, \quad (10)$$

де: $Save_results(E(t), File)$ – функції збереження результатів;

$E(t)$ – оцінка складових медичних проєктів;

$File_text$ – текстовий файл із збереженими результатами.

У запропонованій системі планування медичних проєктів на основі обчислювального інтелекту також передбачається, що результати виводяться користувачеві в діалоговому вікні. Для цього створено окремі поля, у які виводиться текстовий опис та графік для наглядного представлення результатів оцінки тривалості лікування пацієнтів. Текстовий опис містить інформацію як про введені характеристики пацієнта P , так і інформацію про визначені показники складових медичних проєктів $E(t)$.

При цьому графік використовується для візуального відображення показників оцінки

складових медичних проєктів $E(t)$, а також порівняння із середніми значеннями, які визначені на підставі наявних даних у базі даних (БД). Графік подається у вигляді стовпчикової діаграми розподілу показників складових медичних проєктів $E(t)$, на якій відображається прогнозоване значення та середнє. Цей процес відбувається завдяки функції $Output_results(E(t), Text, Graph)$ виведення результатів, яка записується таким чином:

$$Output_results(E(t), Text, Graph) \Rightarrow (Text_E(t), Graph_E(t)), \quad (11)$$

де: $Output_results(E(t), Text, Graph)$ – функція виведення результатів;

$Text_E(t)$ – текстовий опис отриманих результатів;

$Graph_E(t)$ – графік для відображення результатів оцінення складових медичних проєктів $E(t)$.

Функція (11) у блоці збереження та виведення результатів (Unit_8) завершує цикл роботи системи планування медичних проєктів на основі обчислювального інтелекту для оцінення складових медичних проєктів, а отримані результати надаються користувачеві (ОПР) для подальшого аналізу та прийняття рішення.

На підставі обґрунтованої структурної моделі системи планування медичних проєктів на основі обчислювального інтелекту розроблено систему підтримки прийняття рішень, яка забезпечує виконання процесів для оцінення тривалості проєктів лікування цукрового діабету у дітей. Вона написана мовою Python 3.11. Вікно її користувачів представлено на рис. 2.

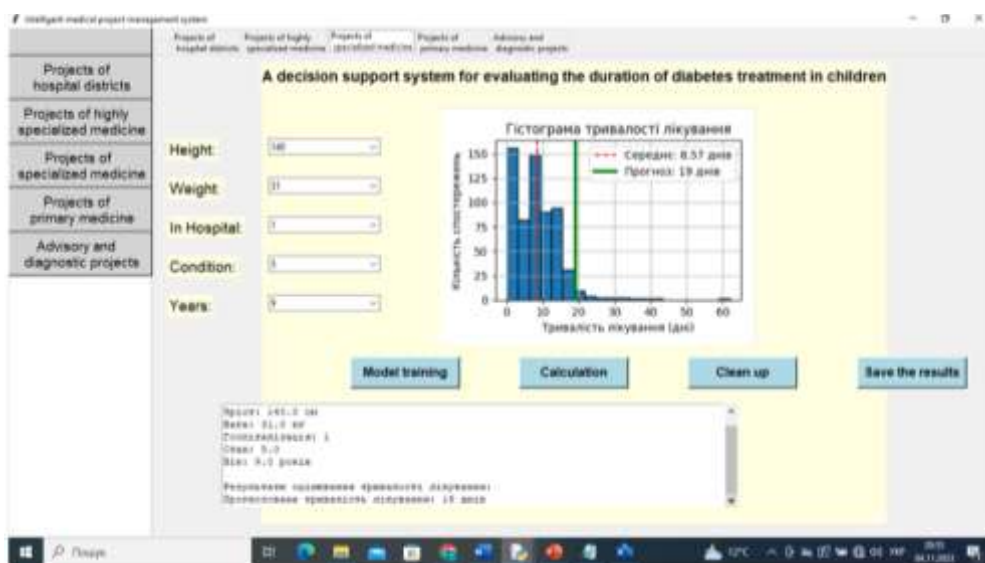


Рисунок 2 – Вікно користувача інтелектуальної інформаційної системи планування медичних проєктів із вкладкою для оцінення тривалості проєктів лікування цукрового діабету у дітей

Вона передбачає використання БЗ сформованої із електронної медичної документації (Electronic Medical Records, EMR). Окрім того, у ній використано розроблену нами нейромережеву модель прямого зв'язку, яка опублікована у роботі [3]. Запропонована нейронна мережа для прогнозування тривалості проєктів лікування цукрового діабету у дітей є глибинною мережею з двома рівнями. Перший рівень має щільний тип із 64 нейронами та функцією активації ReLU. Другий рівень також має щільний тип і 1 нейрон, який використовується для задачі регресії. Загальна кількість параметрів моделі становить 385.

На підставі розробленої та перевіреної на адекватність системи підтримки прийняття рішень із використанням даних електронної системи медичних записів (ЕМЗ) щодо лікування цукрового у дітей у стаціонарному відділенні Львівської обласної дитячої клінічної лікарні «Охматдит» (м. Львів, Україна) виконано

кількісне оцінення тривалості проєктів лікування цукрового діабету у дітей для різних характеристик їх захворювання.

Для кількісного оцінення тривалості проєктів лікування цукрового діабету у дітей для різних характеристик їх захворювання здійснювалося моделювання надходження пацієнтів. Нами було прийнято, що діти поступають на стаціонарне лікування із діагнозом – вперше виявлений цукровий діабет, із середніми значеннями ваги та зросту. За умови, що значення ваги пацієнтів є точними, то вони можуть бути корисними для медичних працівників. Наприклад, медичні працівники можуть використовувати записи ваги пацієнтів для оцінки ризику розвитку цукрового діабету. На підставі дослідження встановлено кількісні значення прогнозованої тривалості проєктів t_d лікування цукрового діабету у дітей від характеристик пацієнтів (рис. 3).

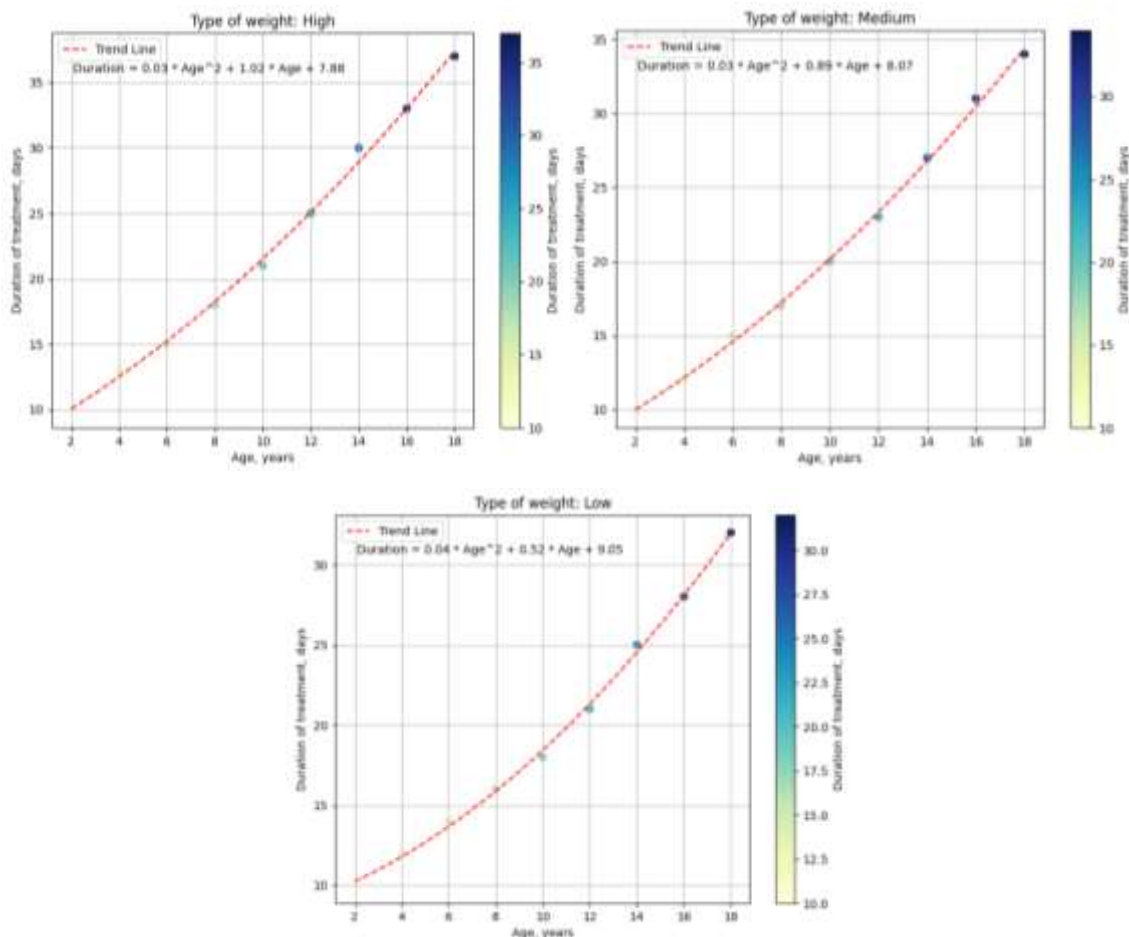


Рисунок 3 – Залежності прогнозованої тривалості проєктів лікування цукрового діабету у дітей від віку пацієнтів та малої (а), середньої (б) та великої (в) ваги

Отримані залежності тривалості проєктів лікування цукрового діабету у дітей від характеристик пацієнтів описуються рівняннями:

➤ мала вага

$$t_{dM} = 0.03 \cdot A^2 + 1.02 \cdot A + 7,88, \quad (12)$$

➤ середня вага

$$t_{dc} = 0.03 \cdot A^2 + 0.89 \cdot A + 8,07, \quad (13)$$

➤ велика вага

$$t_{ds} = 0.04 \cdot A^2 + 0.52 \cdot A + 9,05. \quad (13)$$

де: t_d – прогнозована тривалість проектів лікування цукрового діабету у дітей, днів;

A – вік пацієнтів, років; W – вага пацієнтів, кг.

Отримані залежності (рис. 3) лежать в основі прийняття управлінських рішень щодо прогнозованої тривалості проектів лікування цукрового діабету у дітей від віку пацієнтів та їх ваги. Встановлено, що тривалість лікування цукрового діабету у дітей змінюється у межах 8...37 днів. Вона зростає за зростання віку та ваги пацієнтів.

Запропонована структурна модель системи планування медичних проектів на основі обчислювального інтелекту має теоретичну та практичну цінність. На її основі можна створювати системи підтримки прийняття управлінських рішень, які забезпечать підвищення якості та точності управлінських рішень щодо оцінення складових медичних проектів із врахуванням наявного стану проектного середовища.

Загальні висновки. За результатами вище викладено можна зробити такі висновки:

1. На основі аналізу стану використання обчислювального інтелекту у медичних проектах встановлено, що його технології відкривають нові можливості для покращення процесів планування зазначених проектів та підвищення їх ефективності завдяки наданню високоякісних медичних послуг. Обґрунтовано доцільність розроблення структурної моделі системи планування медичних проектів, яка базується на основі моделей обчислювального інтелекту, що дають змогу автоматизувати та оптимізувати різні аспекти медичних проектів, від діагностики до лікування.

2. Обґрунтована структурна модель системи планування медичних проектів на основі обчислювального інтелекту включає базу даних (БД), базу знань (БЗ) та 8 системно взаємопов'язаних блоків. Вона передбачає системне формування баз даних (БД) та знань (БЗ) із реальних даних електронної системи медичних записів (ЕМЗ), що лежать в основі виконання навчання моделей обчислювального інтелекту для планування складових медичних проектів.

3. На підставі розробленої нейронної мережевої моделі, що навчена на даних діючої електронної системи медичних записів (ЕМЗ)

щодо лікування цукрового у дітей у стаціонарному відділенні Львівської обласної дитячої клінічної лікарні «Охматдит» (м. Львів, Україна), виконано кількісне оцінення тривалості проектів лікування цукрового діабету у дітей для різних характеристик їх захворювання. Встановлені тенденції зміни тривалості проектів лікування цукрового діабету у дітей від зміни головних чинників, які їх зумовлюють, лежить в основі підвищення якості та точності підтримки прийняття рішень для оцінення тривалості проектів лікування цукрового діабету у дітей із різними станами їх захворювання.

Впровадження структурної моделі системи планування медичних проектів на основі обчислювального інтелекту в медичній практиці потребує великих зусиль у зборі та аналізі медичних даних, а також забезпечує високу конфіденційність та конфіденційність інформації. Однак вона може суттєво покращити результати реалізації проектів лікування, зменшити їх ризики та підвищити якість отриманих продуктів – наданих медичних послуг.

Список літератури:

1. Pee L.G., Pan S.L., Cui L., Artificial intelligence in healthcare robots: a social informatics study of knowledge embodiment, *Journal of the Association for Information Science and Technology*. 70 (4) (2019) 351–369, URL: <https://doi.org/10.1002/asi.24145>.
2. Sunarti S., Fadzlul Rahman F., Naufal M., Risky M., Febriyanto K., Masnina R., Artificial intelligence in healthcare: opportunities and risk for future. *Gaceta Sanitaria*. 35, 2021, P. 67–70, URL: <https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2020.12.019>.
3. Malanchuk, O., Tryhuba, A., Tryhuba, I., Bandura, I. A conceptual model of adaptive value management of project portfolios of creation of hospital districts in Ukraine. *CEUR Workshop Proceedings*, 2023, 3453, p. 82–95.
4. Tryhuba, A., Malanchuk, O., Tryhuba, I. Prediction of the Duration of Inpatient Treatment of Diabetes in Children Based on Neural Networks. *CEUR Workshop Proceedings*, 2023, 3426, p. 122–135.
5. Shafi, S., Parwani, A.V. Artificial intelligence in diagnostic pathology. *Diagnostic Pathology*, 18(1), 2023, 109. DOI: 10.1186/s13000-023-01375-z
6. Dridi, A., Tissaoui, A., Sassi, S. The medical project management (MPM) system. *Proceedings Global Summit on Computer and Information Technology (GSCIT 2015)*, 2015, 7353336. DOI: 10.1109/GSCIT.2015.7353336
7. Tryhuba, A., Boyarchuk, V., Tryhuba, I., Ftoma, O., Padyuka, R., Rudynets, M. Forecasting the Risk of the Resource Demand for Dairy Farms Basing on Machine Learning. *Proceedings of the 2nd*

International Workshop on Modern Machine Learning Technologies and Data Science (MoMLeT+DS 2020). 2020. I. P. 327-340.

8. Koval N., Tryhuba A., Kondysiuk I., Tryhuba I., Boiarchuk O., Rudynets M., Grabovets V., Onyshchuk V., Forecasting the Fund of Time for Performance of Works in Hybrid Projects Using Machine Training Technologies. *Proceedings of the 3rd International Workshop on Modern Machine Learning Technologies and Data Science Workshop. Proc. 3rd International Workshop (MoMLeT&DS 2021)*. Volume I: Main Conference. Lviv-Shatsk, Ukraine, June 5-6, 2021. pp.196-206. (in Eng.)

9. Duan, S., Jin, Y. Study on Risk Management of the PPP Project Combining Medical Care and Old-age Care. *ACM International Conference Proceeding Series*, 2021. pp. 399–405. DOI: <https://doi.org/10.1145/3494583.3494620>

10. Dachyar, M., Silalelo, Y.F. Project Management Performance Evaluation of Medical Oxygen Generator. *International Conference on Computer Science, Information Technology and Engineering (ICCoSITE 2023): Digital Transformation Strategy in Facing the VUCA and TUNA Era*, 2023, pp. 217–221. DOI: 10.1109/ICCoSITE57641.2023.10127737

11. Tryhuba, A., Kondysiuk, I., Tryhuba, I., Boiarchuk, O., Tatomyr, A., Intellectual information system for formation of portfolio projects of motor transport enterprises. *CEUR Workshop Proceedings*, 2022, 3109, p. 44–52.

12. Ratushny R., Tryhuba A., Bashynsky O., Ptashnyk V. Development and usage of a computer model of evaluating the scenarios of projects for the creation of fire fighting systems of rural communities. *XI-th International Scientific and Practical Conference on Electronics (ELIT-2019)*. 2019. P. 34-39. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8892320> (Last accessed: 16.10.2023).

13. Tryhuba A., Zachko O., Grabovets V., Berladyn O., Pavlova I., Rudynets M. Examining the effect of production conditions at territorial logistic systems of milk harvesting on the parameters of a fleet of specialized road tanks. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. 5(3). P. 59-70. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vejpte_2018_5\(3\)_7](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vejpte_2018_5(3)_7). (Last accessed: 17.10.2023).

14. Tryhuba A., Ratushny R., Bashynsky O., Shcherbachenko O. Identification of firefighting system configuration of rural settlements. Fire and Environmental Safety Engineering. *MATEC Web Conf. FESE 2018*. 247. DOI: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201824700035>

15. Tryhuba A., Ivanyshyn V., Chaban V., Mushenyk I., Zharikova O. Computer model of

resource demand planning for dairy farms. *Independent Journal of Management & Production (Special Edition ISE, S&P)*. 2021. 12(3), pp. 138-149. URL:

<http://www.ijmp.jor.br/index.php/ijmp/article/view/1531/1971> (Last accessed: 21.10.2023).

16. Придатко О., Ляковська С., Мартин Є., Хлевной О. Моделивання багатопараметричних систем. Львів: ЛДУ БЖД, 2021. 245 с.

17. Зачко І. Г., Кобилкін Д. С., Зачко О. Б. Гібридні технології управління інфраструктурними проєктами та програмами: монографія. Львів : СПОЛОМ, 2022. 266 с.

18. Bashynsky O. Coordination of dairy workshops projects on the community territory and their project environment. 14th International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT), 2019. 3. P. 51-54. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8929816> (Last accessed: 27.10.2023).

19. Martyn Y., Smotr O., Burak N., Prydatko O., Malets I. Software for Shelter's Fire Safety and Comfort Levels Evaluation. In book: *Data Stream Mining & Processing*. 2020. pp.457-469. DOI:10.1007/978-3-030-61656-4_31

20. Sikora, L., Lysa, N., Tkachuk, R., Fedevych, O. Informational and Procedural Description of an Energy-active Control Object Behavior Under Active Threats Conditions. *CEUR Workshop Proceedings*, 2023, 3373, pp. 507–517.

21. Ma, Y., Wang, L., Luo, J., Fang, X. A Trusted and Intelligent Service System for the Decoction of Traditional Chinese Medicine. *Proceedings of the 2023 26th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design, CSCWD 2023*, 2023, pp. 666–672.

22. Zhang, H., Liu, X., Chen, Y., Zhu, J., Yan, J. An intelligent extraction approach of feature information from three-dimensional DAD chromatogram for integrated quality control of traditional Chinese medicines: Gardenia jasminoides root as an example. *Analytical Methods*, 2023 15(21), pp. 2665–2676.

References:

1. Pee, L.G., Pan, S.L., Cui, L. (2019), Artificial intelligence in healthcare robots: a social informatics study of knowledge embodiment, *Journal of the Association for Information Science and Technology*, no 70 (4), pp. 351–369. Retrieved from: <https://doi.org/10.1002/asi.24145> (in Eng.)

2. Sunarti, S., Fadzlul Rahman, F., Naufal, M., Risky, M., Febriyanto, K., Masnina, R. (2021), Artificial intelligence in healthcare: opportunities and risk for future. *Gaceta Sanitaria*. No 35, pp. 67–70, Retrieved from: doi.org/10.1016/j.gaceta.2020.12.019

3. Malanchuk, O., Tryhuba, A., Tryhuba, I., Bandura, I. (2023), A conceptual model of adaptive value management of project portfolios of creation of hospital districts in Ukraine. *CEUR Workshop Proceedings*, no 3453, pp. 82–95.
4. Tryhuba, A., Malanchuk, O., Tryhuba, I. (2023), Prediction of the Duration of Inpatient Treatment of Diabetes in Children Based on Neural Networks. *CEUR Workshop Proceedings*, no 3426, pp. 122–135.
5. Shafi, S., Parwani, A.V. (2023), Artificial intelligence in diagnostic pathology. *Diagnostic Pathology*, no 18(1), p.109.
6. Dridi, A., Tissaoui, A., Sassi, S. (2015), The medical project management (MPM) system. *Proceedings Global Summit on Computer and Information Technology (GSCIT 2015)*, 7353336.
7. Tryhuba, A., Boyarchuk, V., Tryhuba, I., Ftoma, O., Padyuka, R., Rudynets, M. (2020), Forecasting the Risk of the Resource Demand for Dairy Farms Basing on Machine Learning. *Proceedings of the 2nd International Workshop on Modern Machine Learning Technologies and Data Science (MoMLeT+DS 2020)*. I. pp. 327-340.
8. Koval, N., Tryhuba, A., Kondysiuk, I., Tryhuba, I., Boiarchuk, O., Rudynets, M., Grabovets, V., Onyshchuk, V. (2021), Forecasting the Fund of Time for Performance of Works in Hybrid Projects Using Machine Training Technologies. *Proceedings of the 3rd International Workshop on Modern Machine Learning Technologies and Data Science Workshop. Proc. 3rd International Workshop (MoMLeT&DS 2021)*. Volume I: Main Conference. Lviv-Shatsk, Ukraine, June 5-6, pp.196-206.
9. Duan, S., Jin, Y. (2021), Study on Risk Management of the PPP Project Combining Medical Care and Old-age Care. *ACM International Conference Proceeding Series*, pp. 399–405. Retrieved from: <https://doi.org/10.1145/3494583.3494620>
10. Dachyar, M., Silalelo, Y.F. (2023), Project Management Performance Evaluation of Medical Oxygen Generator. *International Conference on Computer Science, Information Technology and Engineering (ICCoSITE 2023): Digital Transformation Strategy in Facing the VUCA and TUNA Era*, pp. 217–221.
11. Tryhuba, A., Kondysiuk, I., Tryhuba, I., Boiarchuk, O., Tatomyr, A. (2022), Intellectual information system for formation of portfolio projects of motor transport enterprises. *CEUR Workshop Proceedings*, no 3109, pp. 44–52.
12. Ratushny, R., Tryhuba, A., Bashynsky, O., Ptashnyk, V. (2019), Development and usage of a computer model of evaluating the scenarios of projects for the creation of fire fighting systems of rural communities. *XI-th International Scientific and Practical Conference on Electronics (ELIT-2019)*. pp. 34-39. Retrieved from: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8892320>
13. Tryhuba, A., Zachko, O., Grabovets, V., Berladyn, O., Pavlova, I., Rudynets, M. (2018), Examining the effect of production conditions at territorial logistic systems of milk harvesting on the parameters of a fleet of specialized road tanks. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. no 5(3). pp. 59-70. URL: Retrieved from: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vejpte_2018_5\(3\)_7](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vejpte_2018_5(3)_7)
14. Tryhuba, A., Ratushny, R., Bashynsky, O., Shcherbachenko, O. (2018), Identification of firefighting system configuration of rural settlements. *Fire and Environmental Safety Engineering. MATEC Web Conf. FESE* p.247. Retrieved from: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201824700035>
15. Tryhuba, A., Ivanyshyn, V., Chaban, V., Mushenyk, I., Zharikova, O. (2021), Computer model of resource demand planning for dairy farms. *Independent Journal of Management & Production (Special Edition ISE, S&P)*. no 12(3), pp. 138-149. Retrieved from: <http://www.ijmp.jor.br/index.php/ijmp/article/view/1531/1971>
16. Prydatko, O., Liaskovska, S., Martyn, Ye., Khlevnoi, O. (2021), Modeliuvannia bahatoparametrynykh system. Lviv: LDU BZhD, 245 p. (in Ukr.)
17. Zachko, I. H., Kobylkin, D. S., Zachko, O. B. (2022), Hibrydni tekhnolohii upravlinnia infrastrukturnymy proiektamy ta prohramamy: monohrafiia. Lviv : SPOLOM, 266 p. (in Ukr.)
18. Bashynsky, O. (2019), Coordination of dairy workshops projects on the community territory and their project environment. 14th International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT), no 3. pp. 51-54. URL: (Last accessed: 27.10.2023). Retrieved from: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8929816>
19. Martyn, Y., Smotr, O., Burak, N., Prydatko, O., Malets, I. (2020), Software for Shelter's Fire Safety and Comfort Levels Evaluation. In book: *Data Stream Mining & Processing*. pp.457-469.
20. Sikora, L., Lysa, N., Tkachuk, R., Fedevych, O. (2023), Informational and Procedural Description of an Energy-active Control Object Behavior Under Active Threats Conditions. *CEUR Workshop Proceedings*, no 3373, pp. 507–517.
21. Ma, Y., Wang, L., Luo, J., Fang, X. (2023), A Trusted and Intelligent Service System for the Decoction of Traditional Chinese Medicine. *Proceedings of the 2023 26th International Conference on Computer*

Supported Cooperative Work in Design, CSCWD 2023, pp. 666–672.

22. Zhang, H., Liu, X., Chen, Y., Zhu, J., Yan, J. (2023), An intelligent extraction approach of feature

information from three-dimensional DAD chromatogram for integrated quality control of traditional Chinese medicines: Gardenia jasminoides root as an example. *Analytical Methods*, no 15(21), pp. 2665–2676.

© А. М. Тригуба, О. М. Маланчук,
О. В. Паньків, Р. Я. Шолудько, 2023.

Науково-методична стаття.

Надійшла до редакції 09.11.2023.

Прийнято до публікації 01.12.2023.