

**МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ**  
**Вінницький національний медичний університет ім. М.І. Пирогова**  
**кафедра біологічної фізики, медичної апаратури та інформатики**



**МАТЕРІЛИ ІІІ ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ  
КОНФЕРЕНЦІЇ З МІЖНАРОДНОЮ УЧАСТЮ**

**«МЕДИКО-ТЕХНІЧНА СПІВПРАЦЯ ЗАРАДИ ПЕРЕМОГИ: АКТУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ  
МЕДИЧНОЇ, БІОЛОГІЧНОЇ ФІЗИКИ ТА ІНФОРМАТИКИ»**

**5-6 квітня 2024 року**  
**м.Вінниця**

**МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ**

**Вінницький національний медичний університет  
ім. М.І. Пирогова**

**МАТЕРІАЛИ ІІІ ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-  
ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ З МІЖНАРОДНОЮ  
УЧАСТЮ**

**«МЕДИКО-ТЕХНІЧНА СПІВПРАЦЯ ЗАРАДИ  
ПЕРЕМОГИ: АКТУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ МЕДИЧНОЇ,  
БІОЛОГІЧНОЇ ФІЗИКИ ТА ІНФОРМАТИКИ»**

**5-6 квітня 2024 року**

**м. Вінниця**



## ОРГАНІЗАТОРИ КОНФЕРЕНЦІЇ



Вінницький національний  
медичний університет  
ім. М.І. Пирогова



Вінницький національний  
технічний університет



Національний медичний  
університет ім.  
О.О.Богомольця



Донецький національний  
університет ім. Василя Стуса

## ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

**Голова:** Олег Власенко, проректор з наукової роботи ЗВО «ВНМУ ім. М.І. Пирогова», д.м.н., професор

**Члени:** Анатолій КУЛИК, Сергій ПАВЛОВ, Вальдемар ВУЙЦІК, Andrzej Jerzy SMOLARZ, Orken MAMYRBAYEV, Валентина ВАСИЛЕНКО, Роман КВЕТНИЙ, Олександр ЧАЛИЙ, Ольга ДОЦЕНКО, Юрій ТРИУС, Володимир ЛУЖЕЦЬКИЙ, Ірина ЖУРАВСЬКА, Олег АВРУНІН, Наталія ТИТОВА, Юрій ДОБРОВОЛЬСЬКИЙ, Олександр НІКОЛЬСЬКИЙ.

**Метою конференції** є висвітлення здобутків вчених України при розроблюванні, використанні і впровадженні технічних засобів та інформаційних технологій в галузях медицини та біології.

### Напрями роботи конференції

- Актуальні проблеми біологічної фізики.
- Медична інженерія. Телемедицина.
- Моделювання та комп'ютерна діагностика.
- Захист інформації в медичних інформаційних системах.
- Математичні аспекти в задачах біології та медицини.
- Специфічні питання педагогіки для студентів медичного та біологічного профілю.
- Метрологічне забезпечення медико-біологічного обладнання.
- Отримання, оброблення та аналіз медичних і біологічних зображень і сигналів.



**Олег ВЛАСЕНКО**

*Проректор з наукової роботи Вінницького національного медичного університету ім. М.І. Пирогова,  
голова оргкомітету*

**Шановні науковці!**

Ми присвятили цю конференцію надзвичайно важливій тематиці – це медико-технічна співпраця заради перемоги. Нас завжди цікавили питання як можна поєднати технічні і медичні аспекти заради перемоги. А зараз, на жаль, на фоні повномасштабного вторгнення ці питання набули надзвичайної ваги. І, тому ми продовжуємо цю роботу, я дуже вдячний кафедрі нашого університету, яка розпочинає і проводить цю конференцію і публікує тези. Я Вам доповідаю, що кількість учасників конференції збільшилась до 146 осіб з різних областей України, а також із Сполучених штатів Америки, Казахстану, Польщі, Португалії. При цьому велика кількість студентів та аспірантів приймають участь у конференції, яка нараховує 72 особи. Кількість тез в матеріалах конференції 69, які будуть видані окремим збірником, тобто наша конференція продовжується, вона виходить на широкий загал. Я вдячний тим учасникам, які вперше приєднались до нашої конференції, і тим хто вже приймає участь не вперше. Дякую організаторам цієї конференції: університету ім. Богомольця, Донецькому національному університету ім. Стуса, Вінницькому національному технічному університету, і нашому Вінницькому національному медичному університету ім. Пирогова. Як проректор з наукової роботи я вдячний Вам за участь в конференції і завжди буду Вас підтримувати. Розпочинаємо роботу.



**Анатолій КУЛИК**

*Звідувач кафедри біологічної фізики, медичної апаратури та інформатики Вінницького національного медичного університету ім. М.І. Пирогова,*

**Шановні колеги!**

Я дуже вдячний, що Ви приєдналися до нашої конференції, радий що порівняно з минулим роком, наша конференція набуває поширення. Не дивлячись на складні часи, до нас приєднуються вчені з обстрілюваних регіонів. Наша конференція набирає обертів. Ми відмовились в назві конференції від формулювання «студентів, аспірантів і молодих вчених», тому що у нашій конференції приймає участь велика кількість докторів наук і професорів. При цьому ми не закриваємо двері для студентів, аспірантів і молодих вчених. Саме для них, всі матеріали конференцій розташовані в репозиторії нашої бібліотеки і індексуються в Google Академії та інші наукові бази даних.

Я не прошу, я вимагаю від Вас, у випадку сигналу повітряної тривоги негайно спускатися в укриття, Ми надамо слово всім бажаючим. Бережіть себе. А після перемоги ми зустрінемося не в режимі on-line, а в живу.

## ЗМІСТ

ПІДХОДИ ДО ВИРІШЕННЯ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ ЗАВДАНЬ ТЕЛЕМЕДИЦИНИ.....	11
<b>Володимир ЛУЖЕЦЬКИЙ.....</b>	<b>11</b>
МЕТОДИКА ІНТЕРВАЛЬНОГО ПРОГНОЗУВАННЯ КІЛЬКОСТІ ХВОРИХ ПІД ЧАС ЕПІДЕМІЧНИХ ЗАГРОЗ НА ОСНОВІ ЧАСОВОЇ ПОСЛІДОВНОСТІ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЧІТКИХ МНОЖИН .....	15
<b>Наталія КОНДРАТЕНКО, Віталій КАЗМІРЕВСЬКИЙ .....</b>	<b>15</b>
СИСТЕМА ФЛУОРЕСЦЕНТНОЇ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ БЛИЖНЬОГО ІНФРАЧЕРВОНОГО ДІАПАЗОНУ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ ТА ЛІКУВАННЯ РАКУ – ПОРТАТИВНИЙ ВІЗУАЛІЗАТОР ICG NIR.....	19
<b>Максим ГОРОБЕЙКО, <sup>2</sup>Володимир ХОЛІН, <sup>2</sup>Ярослав ІВЛЄВ, <sup>3</sup>Юрій ЗАБУЛОНОВ,<sup>4</sup>Сергій ПАВЛОВ, <sup>2,5</sup>Ольга КОМАРОВА.....</b>	<b>19</b>
ФІЗИЧНІ МЕТОДИ НЕІВАЗИВНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ГЛЮКОЗИ В КРОВІ ОПТИЧНИМИ МЕТОДАМИ .....	22
<b>Сергій ПАВЛОВ, <sup>1</sup>Олександр КОРНІЛЕНКО, <sup>1</sup>Ян ЛУНІНЬ.....</b>	<b>22</b>
PROSPECTS FOR THE USE OF BLAST INFORMATION TECHNOLOGY FOR THE SEARCH OF MICROORGANISMS WHICH CAUSE HEART DISEASES .....	
<b><sup>1</sup>Iryna MEZHNEVSKA, <sup>2</sup>Sergii PAVLOV, <sup>3</sup>Gulzhan KASHAGANOVA, <sup>1</sup>Valentyn MASLOVSKYI, <sup>2</sup>Dmytro SHTOFEL, <sup>2</sup>Oleksandr VOLOSOVYCH.....</b>	<b>24</b>
РОЗПОДІЛЕНА СИСТЕМА ГЕНЕРУВАННЯ СИНТЕТИЧНИХ МЕДИЧНИХ ДАНИХ.....	
<b>Володимир ЩУЛАКОВ, Артем СІНЬКОВСЬКИЙ, Юрій ТРИУС .....</b>	<b>29</b>
ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРСПЕКТИВ ЗОВНІШНЬОГО РЕГУЛЮВАННЯ ФУНКЦІЙ В ОРГАНІЗМІ .....	
<b>Анатолій КУЛИК, Володимир МОТИГІН, Олександр НІКОЛЬСЬКИЙ, Віктор РЕВЕНOK .....</b>	<b>34</b>
ЗАСТОСУВАННЯ ТЕОРІЇ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ В МЕДИЦИНІ.....	
<b>Анатолій КУЛИК, Володимир МОТИГІН, Олександр НІКОЛЬСЬКИЙ, Віктор РЕВЕНOK .....</b>	<b>40</b>
ОЦІНКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЧАТ-БОТУ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ПРОВОДИТИ ДІАГНОСТИКУ ЗАХВОРЮВАНЬ ПАЦІЄНТІВ .....	
<b>Анатолій КУЛИК, Олександр НІКОЛЬСЬКИЙ, Віктор РЕВЕНOK, Володимир МОТИГІН, Борис КОВАЛЬ, Володимир СТАДНИК.....</b>	<b>41</b>
ВИМІРЮВАННЯ БАКТЕРИЦИДНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ З ДОВЖИНОЮ ХВИЛІ 254 нм В УМОВАХ ФОНОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ.....	
<b><sup>1</sup>Юрій ДОБРОВОЛЬСЬКИЙ, <sup>1</sup>Володимир ЛІПКА, <sup>1</sup>Віктор СТРЕБЕЖЕВ, <sup>1</sup>Георгій ПРОХОРОВ.....</b>	<b>46</b>
СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ МЕТГЕМОГЛОБІНРЕДУКТАЗНОЇ АКТИВНОСТІ ЕРИТРОЦИТІВ ЛЮДИНИ В УМОВАХ ГІПОКСІЇ .....	
<b>Людмила НАКОНЕЧНА, Ольга ДОЦЕНКО .....</b>	<b>49</b>
ДОСЛІДЖЕННЯ IN-SILICO ТІОЛ-ДИСУЛЬФІДНОГО ОБМІНУ В ЕРИТРОЦИТАХ ЛЮДИНИ В УМОВАХ ГІПОКСІЇ.....	
<b>Аліна РАКУТИНА, Ольга ДОЦЕНКО .....</b>	<b>52</b>
ДИНАМІЧНІ БІОМЕТРИЧНІ ПОКАЗНИКИ ОКА ДЛЯ АВТОРИЗАЦІЇ КОРИСТУВАЧА В КОМП'ЮТЕРНІЙ СИСТЕМІ .....	
<b>Сергій МЕДВІНСЬКИЙ, Ірина ЖУРАВСЬКА .....</b>	<b>54</b>

ПОСТАНОВКА КОМП'ЮТЕРНОГО ДІАГНОЗУ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ СТАТИСТИЧНИХ ДАНИХ ТА ЕКСПЕРТНОЇ ІНФОРМАЦІЇ .....	
<b>Анатолій ПОВОРОЗНЮК, Оксана ПОВОРОЗНЮК .....</b>	<b>58</b>
EXPANDING THE CAPABILITIES OF THE DIGITAL STETHOSCOPE .....	
<b><sup>1</sup>Oleksandr VASILEVSKYI, <sup>2</sup>Emanuel POPOVICI, <sup>2</sup>Volodymyr SARANA.....</b>	<b>61</b>
ОПТИМІЗАЦІЯ РУХУ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ГЕНЕТИЧНИХ АЛГОРИТМІВ.....	
<b>Ярослав КУЛИК<sup>1</sup> Анастасія БАРАНОВСЬКА<sup>1</sup> .....</b>	<b>65</b>
РОЗРОБКА БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ЖИВЛЕННЯ .....	
<b>Богдан ПОПОВ<sup>1</sup>, Ярослав КУЛИК<sup>1</sup> .....</b>	<b>72</b>
КЛАСИФІКАЦІЯ ПШЕНИЦІ ЗА ДОПОМОГОЮ ВДОСКОНАЛЕНОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ CNN-CAPSNET.....	
<b><sup>1</sup>Ярослав КУЛИК, <sup>1</sup>Богдан КНИШ,.....</b>	<b>77</b>
АСПЕКТИ ПОДІБНОСТІ І ВІДМІННОСТЕЙ КОМП'ЮТЕРНОЇ ДІАГНОСТИКИ В МЕДИЦИНІ ТА В ОЗБРОЄННІ І ВІЙСЬКОВІЙ ТЕХНІЦІ .....	
<b>Юрій ШАБАТУРА, Олександр ПОПОВЧЕНКО .....</b>	<b>79</b>
СИСТЕМА-АСИСТЕНТ СТОМАТОЛОГА НА БАЗІ АРХІТЕКТУРИ U-NET++ ДЛЯ АНАЛІЗУ РЕНТГЕНІВСЬКИХ ЗОБРАЖЕНЬ .....	
<b><sup>1</sup>Юрій ШАБАТУРА, <sup>2</sup>Володимир РИБАК .....</b>	<b>80</b>
КОМПЛЕКСНИЙ МЕТОД СЕГМЕНТАЦІЇ РАН ТА КЛАСИФІКАЦІЇ РАНЕВИХ ТКАНИН З ВИКОРИСТАННЯМ ГЛИБОКОГО НАВЧАННЯ ТА СУПЕРПІКСЕЛІВ.....	
<b><sup>1</sup>Юрій ШАБАТУРА, <sup>2</sup>Богдан ЛУКАЩУК.....</b>	<b>86</b>
ШИФРУВАННЯ МЕДИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ .....	
<b>Олександр РОМАНЮК<sup>1</sup> ,Володимир МАЙДАНЮК<sup>1</sup>, Сергій ПАВЛОВ<sup>1</sup>, Наталія ТІТОВА<sup>2</sup>, Сергій РОМАНЮК<sup>2</sup> .....</b>	<b>89</b>
УЩІЛЬНЕННЯ МЕДИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ.....	
<b>Олександр РОМАНЮК<sup>1</sup>, Володимир МАЙДАНЮК<sup>1</sup>, Сергій ПАВЛОВ<sup>1</sup>, Наталія ТІТОВА<sup>2</sup>, Сергій РОМАНЮК<sup>2</sup>.....</b>	<b>93</b>
ОСНОВНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ ТРИВИМІРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ ГЕНЕТИЧНИХ ЗАХВОРЮВАНЬ .....	
<b>Олександр РОМАНЮК<sup>1</sup>, Роман ЧЕХМЕСТРУК<sup>1</sup>, Наталія ТІТОВА<sup>2</sup>, Сергій РОМАНЮК<sup>2</sup>, Сергій КОТЛИК<sup>3</sup> .....</b>	<b>98</b>
DEVELOPMENT OF ANTHROPOMETRIC MEASUREMENT METHODS USING THREE-DIMENSIONAL MODELLING .....	
<b><sup>1</sup>Олександр РОМАНЮК <sup>1</sup>Максим ЗАХАРЧУК .....</b>	<b>103</b>
РОЗМІЩЕННЯ ТОЧОК НА ОБЛИЧЧІ ДЛЯ МОРФОЛОГІЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ.....	
<b>Олександр РОМАНЮК<sup>1</sup>, Наталія ТІТОВА<sup>2</sup>, Сергій РОМАНЮК<sup>2</sup>, Олександр РЕШЕТНИК<sup>1</sup>, Тетяна КОРОБЕЙНИКОВА<sup>3</sup> .....</b>	<b>109</b>
ПЕРЕВАГИ ВИКОРИСТАННЯ МОРФІНГУ ЗОБРАЖЕНЬ ДЛЯ ЗАДАЧ ПЛАСТИЧНОЇ ХІРУРГІЇ ТА ДІАГНОСТИКИ Й ЛІКУВАННЯ ЗАХВОРЮВАНЬ.....	
<b><sup>1</sup>Сергій РОМАНЮК, <sup>1</sup>Наталія ТІТОВА, <sup>2</sup>Олександр РОМАНЮК, <sup>2</sup>Оксана РОМАНЮК .....</b>	<b>114</b>

АНАЛІТИЧНИЙ ПОШУК ІНФОРМАЦІЇ ПРО КІБЕР-ФІЗИЧНІ БІОСЕНСОРНІ СИСТЕМИ В НАУКОМЕТРИЧНИХ БАЗАХ SCOPUS, WEB OF SCIENCE ТА ПРОГРАМІ CITE SPACE .....	
<b><sup>1,2</sup>Андрій СВЕРСТЮК, <sup>3</sup>Оксана БАГРІЙ-ЗАЯЦЬ, <sup>2</sup>Натан ГОНЧАР .....</b>	<b>121</b>
ОПРАЦЮВАННЯ ДАНИХ ЛАБОРАТОРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ В ПРОГРАМІ ImageJ.....	
<b><sup>1</sup>Дмитро ВАКУЛЕНКО, <sup>1</sup>Андрій СЕМЕНЕЦЬ, <sup>1,2</sup>Андрій СВЕРСТЮК, <sup>1</sup>Наталія КЛИМУК, <sup>1</sup>Наталія КРАВЕЦЬ,  <sup>1</sup>Олександра КУЧВАРА, <sup>1</sup>Надія ГАНДЗЮК .....</b>	<b>126</b>
ПІДХІД ДО ПРОГНОЗУВАННЯ ПОРУШЕННЯ ЩІЛЬНОСТІ КІСТКОВОЇ ТКАНИНИ.....	
<b><sup>1</sup>Абубакар САДІК, <sup>1,2</sup>Андрій СВЕРСТЮК .....</b>	<b>128</b>
РЕГРЕСІЙНА МОДЕЛЬ ПРОГНОЗУВАННЯ РИЗИКУ НЕВРОЛОГІЧНИХ РОЗЛАДІВ ТА ПОРУШЕННЯ ОПОРНО-РУХОВОГО АПАРАТУ У ПОСТІНСУЛЬТНИХ ПАЦІЄНТІВ .....	
<b><sup>1</sup>Наталія ШАЛАБАЙ, <sup>1</sup>Світлана ШКРОБОТ, <sup>1</sup>Дмитро КОВАЛЬЧУК, .....</b>	<b>131</b>
МОДЕЛЮВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ КОРЕСПОНДЕНЦІЙ В ЕПІДЕМІЧНИХ ВИПАДКАХ .....	
<b>В'ячеслав СЛАВИЧ, Володимир ВОЛОШАНСЬКИЙ .....</b>	<b>136</b>
ЗВ'ЯЗОК МІЖ ШВИДКІСТЮ ВІДНОВЛЮВАННЯ СЕРЦЕВОГО РИТМУ ПІСЛЯ ФІЗИЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ ТА ВАРІАБЕЛЬНІСТЮ СЕРЦЕВОГО РИТМУ .....	
<b>Артем МІЩЕНКО, Владислав ЗІНЕЦЬ.....</b>	<b>138</b>
ЗАХИСТ ІНФОРМАЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ МЕДИЧНОЇ УСТАНОВИ .....	
<b>Володимир РУДНИЦЬКИЙ, Наталія ЛАДА, Володимир ДАШКОВСЬКИЙ .....</b>	<b>140</b>
ЗНИКНЕННЯ ПЕРИМЕТРУ ІНФОРМАЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ ЯК ФАКТОР НЕЗАХИЩЕНОСТІ МЕДИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ.....	
<b><sup>1</sup>Людмила АСЕЄВА.....</b>	<b>142</b>
МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ ВЕБ-САЙТІВ ДЛЯ НИЗЬКОПОТУЖНИХ ТА ОБМЕЖЕНИХ МЕРЕЖ.....	
<b>Артем ПРИЛІПА, Ганна ФІЛАТОВА.....</b>	<b>144</b>
GENE ANALYSIS FOR CHEMOTHERAPY PRESCRIPTION .....	
<b>Daria MOLODETSKA .....</b>	<b>145</b>
ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СВІТЛОДІОДНОЇ LED-МАСКИ ДЛЯ ПРОФІЛАКТИКИ ТА ЛІКУВАННЯ ЗАХРОРЮВАНЬ ШКІРИ .....	
<b>Ольга КОРОЛОВИЧ .....</b>	<b>148</b>
ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ СЕТ-ОПЕРАЦІЙ ПРИ КОДУВАННІ ІНФОРМАЦІЇ.....	
<b>Володимир ЛАРІН, Вікторія ГМИРЯ, Людмила РОМАНОВСЬКА .....</b>	<b>149</b>
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ДІАГНОСТИКИ ІНФЕКЦІЙНОГО ЕНДОКАРДИТУ НА ОСНОВІ ЕХОКАРДІОГРАФІЇ СЕРЦЯ .....	
<b>Віктор СИНЕГЛАЗОВ, Віталій ДЕЛЯНЧУК, Кирило РАЗЯНОВСЬКИЙ, Андрій ШЕРУДА.....</b>	<b>152</b>
СТВОРЕННЯ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ДІАГНОСТИКИ ДЛЯ КІБЕРФІЗИЧНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ГАЛЬМІВНИХ ТА ГІДРАВЛІЧНИХ СИСТЕМ ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ.....	
<b><sup>1</sup>Володимир РОМАНЧУК, <sup>1</sup>Олександр ПРОЦАНІН, <sup>1</sup>Марина МІХАЛЄВА, к.т.н., доц.....</b>	<b>158</b>
МОДЕЛЬ ДАНИХ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ВИДАВАННЯ ЕЛЕКТРОННИХ НАПРАВЛЕНЬ НА ДОДАТКОВІ ОБСТЕЖЕННЯ.....	
<b><sup>1</sup>Юрій БАРИШЕВ, <sup>1</sup>Владислава ЛАНОВА .....</b>	<b>159</b>



ВИЗНАЧЕННЯ СПЕЦІАЛІЗАЦІЇ ТА ПОБУДОВА КОРПОРАТИВНИХ БАЗ ДАНИХ ПРИ НАДАННІ ВОЛОНТЕРСЬКИХ НЕЙЛ-ПОСЛУГ .....	
<b>Яна КОВАЛЬЧУК, Вікторія БОЙЧУК .....</b>	<b>162</b>
РОЗРОБКА НИЗЬКОБЮДЖЕТНОГО ПРИСТРОЮ МОНІТОРИНГУ ЗАПИЛЕНOSTІ ПОВІТРЯ НА БАЗІ СМАРТФОНА .....	
<b>Артем МІЩЕНКО, Галина ТАРАДІНА.....</b>	<b>164</b>
ЗАСТОСУВАННЯ NI LABVIEW ДЛЯ ОБРОБКИ МЕДИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ З П'ЄЗОКЕРАМІЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ .....	
<b><sup>1</sup>Максим МУСІЄНКО, <sup>2</sup>Олена МУСІЄНКО.....</b>	<b>167</b>
СУЧАСНІ ПРОМЕНЕВІ МЕТОДИ ЛІКУВАННЯ РАКУ.....	
<b>Дмитро ІВАЩУК.....</b>	<b>169</b>
ОБРОБКА МЕДИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ ЗА ДОПОМОГОЮ ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ .....	
<b>С.К. САПОЖНИКОВ; Л.С. ЯСЕНКО .....</b>	<b>171</b>
РОЛЬ АЛГОРИТМІВ ГЛИБОКОГО НАВЧАННЯ В ДІАГНОСТИЦІ СТОМАТОЛОГІЧНИХ ЗАХВОРЮВАНЬ НА ОСНОВІ ПАНОРАМНИХ РАДІОГРАФІЙ .....	
<b>Михайло ХОМЯКОВ, Юрій ГУНЧЕНКО, .....</b>	<b>172</b>
ОЦІНКА ШВИДКОЇ ЗАРЯДКИ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ ВЗДОВЖ АВТОМАГІСТРАЛЕЙ ЗА ДОПОМОГОЮ МОДЕЛЮВАННЯ СКІНЧЕННОЇ БАГАТОСЕРВЕРНОЇ СИСТЕМИ МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ .....	
<b>Марія ФОРКАЛЮК Олег БІСКАЛО .....</b>	<b>176</b>
ПОБУДОВА МІНІМАЛЬНИХ ЕЛЕКТРОННИХ СТРУКТУР КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИХ СИСТЕМ .....	
<b><sup>1</sup>Олександр ТРУНОВ .....</b>	<b>182</b>
ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ГЕМОСТАЗУ У ХВОРИХ НА КОРОНАВІРУСНУ ІНФЕКЦІЮ .....	
<b>Галина ТАРАДІНА .....</b>	<b>188</b>
ВИКОРИСТАННЯ ТРИВИМІРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ МОДЕЛЮВАННЯ В МЕДИЦИНІ .....	
<b>Віктор ДАНИЛЕВИЧ, Володимир ДІДИЧ, Андрій ДАНИЛЕВИЧ .....</b>	<b>193</b>
МОДЕЛЮВАННЯ МЕМБРАННОГО ПОТЕНЦІАЛУ КЛІТИН ЗА ВПЛИВУ ЙОНІВ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ .....	
<b>Галина ГАЛИК, Зоряна ФЕДОРОВИЧ.....</b>	<b>194</b>
РОЗРОБКА СИСТЕМИ РОЗПІЗНАВАННЯ РЕНТГЕНІВСЬКИХ ЗНІМКІВ НА ОСНОВІ DEEP LEARNING .....	
<b>Катерина ГАЗДЮК , Роман МОВЧЕНЮК , .....</b>	<b>195</b>
РОЗРОБКА БАГАТОПАРАМЕТРИЧНОЇ МУЛЬТИАГЕНТНОЇ СИСТЕМИ МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ ПОШИРЕННЯ ІНФЕКЦІЙНИХ ЗАХВОРЮВАНЬ.....	
<b>Катерина ГАЗДЮК , Олександр СРІБНИЙ ,.....</b>	<b>197</b>
СТРАТЕГІЇ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО УПРАВЛІННЯ БАТАРЕЯМИ В ЕКОСИСТЕМАХ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ .....	
<b>Сергій ВОЛОЩУК .....</b>	<b>199</b>
ВИКОРИСТАННЯ МОВИ ПРОГРАМУВАННЯ PYTHON ДЛЯ ЦИФРОВОЇ БАЗИ ДАНИХ.....	
<b>Ганна ЛУНЬКОВА, Володимир ШКЛЯНКО .....</b>	<b>201</b>

ОБҐРУНТУВАННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ НАПРЯМІВ УДОСКОНАЛЕННЯ ЕТАПУ ФОРМУВАННЯ ПРОФЕСІЙНИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ КУРСАНТІВ ЗА РАХУНОК ВПРОВАДЖЕННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ НАВЧАННЯ .....	
<b>Ганна ЛУНЬКОВА, Сергій ФІЛІМОНОВ .....</b>	<b>202</b>
ВИКОРИСТАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВІДДАЛЕНОГО ДОСТУПУ ДЛЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ З ДИСЦИПЛІНИ «МЕДИЧНА ІНФОРМАТИКА» .....	
<b>Емілія ОСТАПЕНКО .....</b>	<b>205</b>
ОСОБЛИВОСТІ ПЕДАГОГІЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У СТУДЕНТІВ ВИЩИХ МЕДИЧНИХ ЗАКЛАДІВ УКРАЇНИ.....	
<b>Ірина КУЗЬМІНА .....</b>	<b>207</b>
ВПЛИВ ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ DXPLAIN У НАВЧАЛЬНУ ПРОГРАМУ ДИСЦИПЛІНИ "СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У СТОМАТОЛОГІЇ" НА НАВЧАЛЬНІ РЕЗУЛЬТАТИ СТУДЕНТІВ .....	
<b><sup>1</sup>Микола МОЙСЕЄНКО, <sup>1</sup>Лілія ТУРОВСЬКА, <sup>1</sup>Мирослав КУЗИШИН, <sup>1</sup>Юлія МАЗУРЕНКО .....</b>	<b>211</b>
ВИВЧЕННЯ РЕОЛОГІЧНИХ І ГЕМОДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК КРОВІ У КУРСІ МЕДИЧНОЇ І БІОЛОГІЧНОЇ ФІЗИКИ .....	
<b>Сергій СТЕЦЕНКО, Галина МОРОХОВЕЦЬ, Вячеслав ТИМОШЕНКО.....</b>	<b>213</b>
EXPANDING ACADEMIC WRITING EXPERIENCE WHEN RESEARCH MATERIALS SUBMITTING THROUGH A WEB-BASED CONFERENCE MANAGEMENT ENVIRONMENT .....	
<b><sup>1</sup> Tetyana NERODA .....</b>	<b>215</b>
ПРОБЛЕМИ ВИКЛАДАННЯ БІОЛОГІЧНОЇ І МЕДИЧНОЇ ФІЗИКИ ДЛЯ ЗДОБУВАЧІВ ГАЛУЗІ ЗНАНЬ «ОХОРОНА ЗДОРОВ'Я» .....	
<b>Володимир ФЕДІВ, Олена ОЛАР, Тетяна БІРЮКОВА .....</b>	<b>219</b>
ПРОФЕСІЙНИЙ ПОРТРЕТ ВИКЛАДАЧА МЕДИЧНОЇ ТА БІОЛОГІЧНОЇ ФІЗИКИ МЕДИЧНОГО ЗВО.....	
<b>Володимир ФЕДІВ, Олена ОЛАР, Тетяна БІРЮКОВА .....</b>	<b>222</b>
БЛОК ТЕСТОВИХ МЕТОДИК ДЛЯ АНАЛІЗУ ЗДАТНОСТІ СТУДЕНТІВ ДО ОНЛАЙН НАВЧАННЯ .....	
<b>Юрій ГУЛЬЧАК, Анатолій ТЕРЕНЧУК.....</b>	<b>223</b>
ОРГАНІЗАЦІЯ САМООСВІТНЬОЇ ДІЯЛЬНОСТІ З ФІЗИКИ У ЗАКЛАДАХ ФАХОВОЇ ПЕРЕДВИЩОЇ ОСВІТИ МЕДИЧНОГО ПРОФІЛЮ .....	
<b>Юлександр КОБИЛЯНСЬКИЙ, ЮОлексій ЖМУРКО, ЮВолодимир ТАТАРЧУК.....</b>	<b>225</b>
ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ В ЗВО МЕДИЧНОГО ПРОФІЛЮ .....	
<b><sup>1</sup>Софія ДЕМБІЦЬКА, <sup>1</sup>Ірина КОБИЛЯНСЬКА.....</b>	<b>228</b>
РАМКА ЦИФРОВОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ ПРАЦІВНИКА ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я ЯК ОРІЄНТИР ДЛЯ ВДОСКОНАЛЕННЯ ОСВІТНИХ ПРОГРАМ З ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ПРОЦЕСІ ПІДГОТОВКИ МАГІСТРІВ МЕДИЦИНИ.....	
<b><sup>1</sup>Інна КРИВЕНКО, <sup>1</sup>Кирило ЧАЛИЙ.....</b>	<b>230</b>

## ПІДХОДИ ДО ВИРІШЕННЯ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ ЗАВДАНЬ ТЕЛЕМЕДИЦИНИ

Володимир ЛУЖЕЦЬКИЙ  
Вінницький національний технічний університет,  
lva.kzi2002@gmail.com

### Вступ

Сучасні інформаційні та комунікаційні технології тісно пов'язані з галуззю охорони здоров'я. В усьому світі відбувається інтенсивне впровадження телемедичних систем, програмних рішень для електронних рецептів, систем оплати та управління аптеками, рішень з управління медичними даними, мобільних рішень для охорони здоров'я.

Передові технології, включаючи штучний інтелект і віртуальну реальність, є невід'ємною частиною можливостей телемедицини, перетворюючи діагностику, планування лікування та персоналізовану медицину. Нові концепції, такі як Інтернет медичних речей (IoMT), Інтернет носимих речей (W-IoT) і Інтернет речей охорони здоров'я (H-IoT), сприяють швидкому розгортанню систем дистанційного моніторингу здоров'я. Майбутнє телемедицини більше не обмежується загальними консультаціями; тепер це стосується таких спеціалізованих галузей, як телехірургія, телепсихіатрія та телеофтальмологія [1].

### Постановка задач

Надання медичної допомоги із застосуванням телемедицини в Україні регламентується «Порядком надання медичної допомоги із застосуванням телемедицини, реабілітаційної допомоги із застосуванням телереабілітації на період дії воєнного стану в Україні або окремих її місцевостях», який затверджено наказом Міністерства охорони здоров'я України № 1695 від 17.09.2022 з доповненнями № 1818 від 07.10.2022. Дія цього Порядку поширюється на телемедичні та телереабілітаційні платформи (системи), інформаційно-комунікаційні системи, сервіси телевідеоконсультавання, телеметричні та телерадіологічні апаратно-програмні рішення діагностики стану здоров'я людини, програмно-апаратні комплекси, мобільні діагностичні комплекси, які використовуються при наданні медичної допомоги та реабілітації в сфері охорони здоров'я.

Телемедичні системи передбачають передавання, зберігання та опрацювання медичної інформації різних обсягів, з різною швидкістю та різною важливістю.

Щоб передавати через телемедичну мережу великі обсяги медичних даних потрібно їх ущільнювати для оптимізації пропускну здатності каналів та ефективного керування трафіком. Зважаючи на важливість цього завдання, необхідно адаптувати відомі методи ущільнення до особливостей потоків медичних даних та зображень.

Через конфіденційний характер медичних даних щодо здоров'я пацієнтів іншим важливим завданням є забезпечення якості послуг передавання даних. Особливо критичними є такі послуги, як трансляція відео в прямому ефірі операцій і дистанційна діагностика.

Зберігання медичних даних усе частіше здійснюється у хмарі завдяки простоті доступу. Однак це збільшує вразливість даних через потенційні атаки. Тому важливим завданням є реалізація стійких протоколів автентифікації та керування сеансами міжсайтових взаємодій, а також забезпечення захисту конфіденційних даних, щоб уникнути неправильних діагнозів.

Електронна медична карта пацієнта містить демографічні дані пацієнта, історію хвороби, симптоми та інші дані. Оскільки ці дані є вразливими до прослуховування, підробки, несанкціонованого копіювання під час надсилання через Інтернет, то як ніколи стає важливим захист персональних даних.

Інтеграція носимих технологій і дистанційного моніторингу забезпечують можливості персоналізованого медичного обслуговування. Носимі пристрої мають безперервно контролювати різні показники стану здоров'я пацієнта, надаючи дані в реальному часі. Ці

пристрої мають бути мініатюрними, особливо в тих випадках, коли пристрої імплантуються в тканини людського тіла. Тому важливим завданням є розробка пристроїв невеликої апаратної складності та підвищеної енергоефективності,

#### Основна частина

Одним із підходів щодо забезпечення двостороннього аудіовізуального зв'язку в режимі реального часу та передавання через телемедичну мережу великих обсягів медичних даних є використання адаптивних методів ущільнення.

Для ущільнення аудіо та відео потоків використовуються методи, що враховують особливості сприйняття людиною звуків і зображень та зменшують обсяг потоку шляхом втрат, які є несуттєвими для сприйняття відтворених потоків [2].

Зменшення обсягу числових медичних даних часто забезпечують використанням універсальних методів ущільнення без втрат. Однак більш ефективними є методи, що враховують особливості таких даних, зокрема методи ущільнення значень температури тіла людини та значень артеріального тиску, запропоновані в роботі [3]. Реалізація цих методів потребує невеликих апаратних витрат і тому вони є перспективними для створення носимих пристроїв із вбудованими датчиками.

Для ущільнення медичних зображень пропонується такий підхід. Одна з особливостей медичних зображень полягає в тому, що для встановлення діагнозу часто розглядається лише певна частина зображення. Виходячи з цього, початкове зображення спочатку розбивається на зону інтересу (ROI - Region of interest) та зону, що не представляє інтересу (RONI - Region of noninterest). Далі можливі три варіанти ущільнення. Перший варіант передбачає ущільнення без втрат ROI та ущільнення з великим коефіцієнтом втрат RONI. Другий варіант – це ущільнення без втрат лише ROI. Третій варіант передбачає ущільнення лише ROI з втратами. Коефіцієнт цих втрат має бути таким, щоб відновлене зображення забезпечувало якісний аналіз. Використання кожного з варіантів ущільнення залежить від конкретних зображень та їх потрібної якості.

Захист конфіденційності медичних даних забезпечується різноманітними методами шифрування. Однак особлива увага приділяється шифруванню медичних зображень, оскільки вони часто містять найважливішу інформацію. Медична візуалізація (МРТ, КТ та рентген) створює зображення великих обсягів, а отже, використання криптографічної моделі для шифрування всього зображення призведе до надзвичайно високої обчислювальної складності. Тому пропонується шифрувати лише ROI.

У роботі [4] наведено детальний аналіз відомих підходів і методів шифрування медичних зображень. Результати аналізу показують, що всі методи є достатньо складними в реалізації. В доповіді розглядається метод шифрування, який забезпечує кілька розмірів секретних ключів і підтримує безпеку на високому рівні.

Секретний ключ  $K$  формується як геш-значення даних, що складають зображення  $\mathbf{Im}$ :

$$K = H(\mathbf{Im}).$$

Для обчислення геш-значень пропонується використовувати геш-функцію, яка будується на основі подання даних і геш-значень у вигляді кватерніонів [5].

Початкове  $h_0$  і проміжні геш-значення  $h_{i-1}$ , а також значення блоків даних  $p_i$ , що підлягають гешуванню, розбиваються на 4 частини і представляються у вигляді кватерніонів:

$$h_{i-1} = a_1 + ib_1 + jc_1 + kd_1,$$

$$p_i = a_2 + ib_2 + jc_2 + kd_2,$$

де  $a_1, b_1, c_1, d_1, a_2, b_2, c_2, d_2$  – цілі додатні числа.

Кожне наступне проміжне геш-значення обчислюється як результат множення кватерніонів:

$$h_i = h_{i-1} \cdot p_i = \begin{pmatrix} (a_1 a_2 - b_1 b_2 - c_1 c_2 - d_1 d_2) \\ i (a_1 b_2 + b_1 a_2 + c_1 d_2 - d_1 c_2) \\ j (a_1 c_2 + c_1 a_2 + b_1 d_2 - d_1 b_2) \\ k (a_1 d_2 + d_1 a_2 + b_1 c_2 - c_1 b_2) \end{pmatrix}$$

Для отримання геш-коду довжини 256 біт використовуються блоки даних довжини 256 біт, а отже, довжина коефіцієнтів кватерніонів 64 біт. Оскільки довжина добутку коефіцієнтів кватерніонів дорівнює 128 біт, то цей добуток перетворюється шляхом такого обчислення:

$$(L + R) \bmod 2^{64},$$

де  $L$  і  $R$  – старші та молодші 64 біти добутку, відповідно.

Додавання і віднімання перетворених добутків виконується за модулем  $2^{64}$ .

Реалізація такої геш-функції потребує від 7 до 29 разів менше часу, порівняно з геш-функцією SHA-3.

Процес зашифрування складається з операцій перестановки байтів зображення  $\mathbf{Im} = \{m_1, m_2, \dots, m_L\}$ , генерування гами  $\mathbf{G}$  і накладання байтів гами на байти зображення  $\mathbf{Im}$ .

Перестановку байтів зображення  $\mathbf{Im}$  пропонується виконувати на основі підходу, описаному в роботі [6]. Байт  $m_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, L$  переміщується на позицію  $j$ , номер якої генерується псевдовипадковим чином. Для цього діапазон чисел від 1 до  $L$  розбивається на  $q$  піддіапазонів, з яких і вибираються числа. Порядок звернення до піддіапазонів є псевдовипадковим.

Генерування гами  $\mathbf{G} = \{G_1, G_2, G_3, \dots\}$  відбувається шляхом обчислень послідовності геш-значень:

$$G_1 = H(K), G_2 = H(G_1), G_3 = H(G_2) \dots$$

Кожне геш-значення подається як послідовність байтів:  $G_l = \{g_{l1}, g_{l2}, g_{l3}, \dots\}$ .

Накладанням байту гами на байт зображення визначається байт зашифрованого зображення:  $c_j = (m_j + g_{lk}) \bmod 256$ .

Процес розшифрування відбувається в такому порядку. Генерується значення  $j$  для перестановки байту. Зчитується байт зашифрованого зображення  $c_j$ . Обчислюється байт гами  $g_{lk}$ . Обчислюється байт зображення  $m_j = (c_j - g_{lk}) \bmod 256$ , який розміщується на позиції з номером  $i$  у розшифрованому зображенні  $\mathbf{Im}^*$ .

Мета зломисника може бути в тому, щоб зіпсувати корисну інформацію оригінального зображення шляхом введення шуму в зашифроване зображення. Для виявлення цього, як правило, використовують MAC-код, який забезпечує контроль цілісності розшифрованого зображення  $\mathbf{Im}^*$ . Виходячи з особливості формування секретного ключа, пропонується інший підхід щодо контролю цілісності. Обчислюється значення  $K^* = H(\mathbf{Im}^*)$ , яке порівнюється зі значенням секретного ключа  $K$ . Якщо  $K^* = K$ , то цілісність зображення не порушено, а в іншому випадку зображення зіпсовано.

Причиною втрати даних із зашифрованих зображень також може бути неякісний зв'язок Інтернету. Для запобігання таким втратам пропонується використовувати підхід, що базується на розподіленні секретного вмісту зображень [7].

Зашифроване зображення  $\mathbf{Im}$  розбивається на чотири частини  $\mathbf{Im} = \{I_1, I_2, I_3, I_4\}$  і формується додаткова інформація для кожної з частин:

$$D_1 = I_2 \oplus I_3 \oplus I_4; D_2 = I_3 \oplus I_4 \oplus I_1; D_3 = I_4 \oplus I_1 \oplus I_2; D_4 = I_1 \oplus I_2 \oplus I_3.$$

Передаватися і зберігатися будуть чотири файли  $F_i = \{I_i, D_i\}$ .

Відновлення зображення **Im** буде правильним не лише коли всі чотири файли є цілими, а також коли будь-який один файл буде зіпсований або загублено.

Питання захисту даних дистанційного моніторингу стану здоров'я людини вирішуються в рамках малоресурсної (легковагової - LightWeight) криптографії. Основною метою LW-криптографії є створення криптографічних алгоритмів, які реалізуються засобами, що мають низьку апаратну складність, для їх використання в мініатюрних пристроях, де важливим є розмір кожного елемента. В роботі [8] запропоновано алгоритм потокового шифрування з використанням операцій, що описуються латинськими квадратами 4-го порядку. Основна ідея цього алгоритму потокового шифрування та його відмінність від відомих алгоритмів полягає в тому, що на кожному кроці накладання гами на повідомлення виконується операція, яка вибирається псевдовипадковим чином з певного набору операцій. Апаратна складність засобу для шифрування складає 700 умовних одиниць, що відповідає вимогам до складності засобів LW-криптографії.

#### Висновки

Створення систем телемедицини потребує вирішення різноманітних інструментальних завдань, серед яких зокрема ущільнення медичних даних і зображень, забезпечення їх конфіденційності та цілісності, захист персональних даних пацієнтів, зменшення апаратної складності носимих пристроїв. Описані підходи щодо вирішення даних інструментальних завдань відрізняються від відомих підходів оригінальною реалізацією процесів ущільнення, шифрування, контролю цілісності та відновлення зображень в разі часткової втрати даних.

#### Література

1. С.О. Alenoghena, Н.О.О. Ohize, А.О. Adejo, А.А. Onumanyi, Е.Е. Ohihoin, І.В. Aliyu, S.A. Okoh, Е. Kolo and В. Alenoghena, "Telemedicine: A Survey of Telecommunication Technologies, Developments, and Challenges," in *Journal of Sensor and Actuator Networks*, March 2023, pp. 1-38.
2. "H.264: Advanced video coding for generic audiovisual services - Version 27 (Edition 14)." [Online]. <https://www.itu.int/ITU-T/recommendations/rec.aspx?rec=14659&lang=en>.
3. В. Лужецький і В. Каплун, "Методи ущільнення медичних даних," в *Актуальні завдання медичної, біологічної фізики та інформатики. Матеріали доповідей та виступів II Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю 7 квітня 2023 року Вінниця*. Вінниця: Едельвейс, 2023. С. 11-15.
4. S.T. Ahmed, D.A. Hammood, R.F. Chisab, A. Al-Naji and J. Chahl, "Medical Image Encryption: A Comprehensive Review," in *Computers*, 2023, 12, 160. pp.1-45.
5. В. Лужецький і Ю. Баришев, "Підхід до паралельного гешування даних на основі моделі кватерніона," в *Захист інформації і безпека інформаційних систем: матеріали ІХ Міжнар. наук.-техн. конф., Львів, 25–26 травня 2023 року*. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2023. С. 83-84.
6. В. Лужецький і І. Горбенко, "Метод формування перестановок довільної кількості елементів" *Захист інформації*, т. 15, № 3, С. 262-267, 2013.
7. В. Лужецький, "Комплексний захист інформації в медичній інформаційній системі," в *Актуальні завдання медичної, біологічної фізики та інформатики. Матеріали доповідей та виступів Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю 27 квітня 2022 року Вінниця*. Вінниця: Едельвейс, 2022. С. 75-78.
8. В. Лужецький і Г. Крайнічук, "Потоковий шифр на основі СІР-квасігруп 4-го порядку," в *Інформаційні технології та комп'ютерне моделювання: матеріали статей Міжнародної науково-практичної конференції, м. Івано-Франківськ, 6-8 липня 2023 року*. Івано-Франківськ: п. Голіней О.М., 2023. С. 227-230.

## МЕТОДИКА ІНТЕРВАЛЬНОГО ПРОГНОЗУВАННЯ КІЛЬКОСТІ ХВОРИХ ПІД ЧАС ЕПІДЕМІЧНИХ ЗАГРОЗ НА ОСНОВІ ЧАСОВОЇ ПОСЛІДОВНОСТІ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЧІТКИХ МНОЖИН

Наталія КОНДРАТЕНКО, Віталій КАЗМІРЕВСЬКИЙ  
*Вінницький національний технічний університет*  
*kondrn2014@gmail.com, kazmirevskiy1999@gmail.com*

### Вступ

На даний час об'єми даних, які накопичуються дослідниками в галузі медицини в задачах прогнозування, потребують для своєї обробки сучасні механізми інформаційних технологій. Прогнозування кількості хворих різного типу захворювань в межах міста, регіону, країни і т. ін. є необхідним елементом для здійснення лікувальних заходів. З математичної точки зору цю задачу можливо віднести до класу задач прогнозування дискретних послідовностей, а саме, певної множини значень в фіксовані моменти часу в галузі медицини. Складність задачі прогнозування дискретних послідовностей пов'язана з формальною точкою зору з процесом екстраполяції даних за попередній період на майбутній, а також з дослідженням невідомої закономірності, що існує в даних медичної галузі. Відомо, що найбільш поширеними методами для розв'язання задач прогнозування, є методи, що базуються на розділах математичної статистики [1]. Необхідно відмітити, що їх використання пов'язано з необхідністю обробки значного об'єму дослідних даних, які важко представити в умовах існування епідемічних загроз або природних катастроф. Очевидно, що в результаті прогнозування вдасться зменшити ризик прийняття невірних рішень про кількість хворих, які прибувають на лікування та забезпечення їх необхідними ліками. Під час епідемічних загроз дуже часто приймаються рішення на базі даних, які є суперечливими і містять так звані «шуми», крім того певні відомості подаються експертами з даної медичної галузі. Таким чином, для вирішення задачі прогнозування кількості хворих під час епідемічних загроз в умовах неповноти вихідних даних, наявності шумів в часових послідовностях, є доцільним використати засоби інтелектуальних технологій, що зумовлює створення систем підтримки прийняття рішень в медичному прогнозуванні, заснованих на нечітких множинах та нечіткій логіці [2].

### Постановка задачі

Необхідно розробити методику інтервального прогнозування кількості хворих під час епідемічних загроз на основі часової послідовності з використанням нечітких множин типу-2. Це дозволить приймати рішення, маючи суперечливі дані, що обумовлюється присутністю певного «шуму» в даних (наявність нечітких або інтервальних значень, або пропусків в даних), такі дані є характерними під час епідемічних загроз. Таку методику можливо використовувати для побудови нечітких моделей типу-2 з інтервальними функціями належності, які здатні враховувати існуючі невизначеності в задачах прогнозування у медичній галузі.

**Мета роботи** – розширення можливостей для підвищення якості відображення предметної області, що пов'язана з задачами прогнозування у медичних дослідженнях, за рахунок побудови нечітких моделей типу-2 з інтервальними функціями належності.

### Виклад основного матеріалу

В побудові методики інтервального прогнозування кількості хворих під час епідемічних загроз вихідною інформацією є послідовність даних з «шумами». Ця послідовність має вигляд часової послідовності, що містить певну закономірність.

Розглянемо задачу інтервального прогнозування часової послідовності, як задачу, що полягає в побудові нечіткої моделі з медичних даних типу «вхід-вихід».

На практиці методика інтервального прогнозування часової послідовності вимагає розв'язання цілого ряду допоміжних задач. Представимо основні етапи, що входять до методики інтервального прогнозування, які потрібно розглянути в задачі інтервального прогнозування кількості хворих на основі часової послідовності у такому вигляді:

1. Постановка задачі.
2. Збирання та аналіз медичних даних.
3. Вибір модельної структури інтервального прогнозування.
4. Застосування моделі прогнозування майбутнього розвитку процесу, представленого часовою послідовністю.

Етап постановки задачі пов'язаний з вибором об'єкту прогнозування і визначається експертом з галузі епідемічного прогнозування. Для об'єкта прогнозування задаються просторові та часові межі (значення та величина періоду між двома сусідніми значеннями). Постановка задачі інтервального прогнозування часових послідовностей передбачає, що вихідною інформацією є послідовність даних  $g(t) = s(t) + n(t)$ , де  $g(t)$ ,  $t = 1 \dots N$  – часова послідовність,  $n(t)$  – так званий «шум», а саме суперечливі значення у медичних даних. Необхідно знайти розв'язок задачі прогнозування часової послідовності у вигляді значення  $s(t+1)$ , де 1 – крок прогнозування за допомогою  $p$  попередніх значень послідовності  $g(t)$ , наприклад,  $g(t-p+1)$ ,  $g(t-p+2)$ , ...,  $g(t)$ .

Далі здійснюється процес збирання даних. Під час епідемічних загроз етап збирання вихідних даних та аналізу їх кількості є дуже важливим оскільки він суттєво впливає на якість майбутнього інтервального прогнозу часової послідовності. Бажано під час фіксації даних намагатися уникати неперевіраних та недостовірних даних. Щоб зменшити ризик впровадження таких даних слід притримуватись точки зору експертів з медичної галузі.

Третій крок побудови запропонованої методики розв'язання задачі прогнозування передбачає вибір модельної структури інтервального прогнозування. Перш ніж перейти до розгляду модельної структури на основі нечітких множин типу-2, прийнемо до уваги, що базовою є нечітка модель типу-1, оскільки інтервальні нечіткі моделі типу-2 є розширенням моделі, що будується на нечітких множинах типу-1.

Відомо, що модель нечіткої типу-1 включає в себе нечітку базу знань, етапи приведення до нечіткості та нечіткого логічного виведення, а також процедуру приведення до чіткості. Ця модель перетворює чіткі входи у чіткі виходи [2,3]. Модель відображає чіткі входи у чіткі виходи. В задачі прогнозування властивість моделі створювати таке

відображення означає появу  $y = f(x_1, \dots, x_p)$ , де  $p$  – число або вікно (попередніх значень часової послідовності, які допомагають обчислити майбутнє значення прогнозовної величини, кількості хворих). Структура нечіткої моделі типу-1 представлена на рис. 1.

База правил нечіткої моделі типу-1 містить  $M$  нечітких правил ЯКІЩО-ТО такої форми:

$$R^l : \text{ЯКЩО } x_1 = F_1^l \text{ І } \dots \text{ І } x_p = F_p^l, \text{ ТО } y = G^l, \quad l = 1, \dots, M,$$

де  $F_1^l, \dots, F_p^l, G^l$  – нечіткі множини типу-1, які пов'язані з термами вхідних і вихідної змінних. Для опису нечітких множин типу-1 переважно використовується гаусова функція належності [2]. Правила у нечіткій базі знань задаються експертами з епідемічного прогнозування або добути з поширених експериментальних даних.



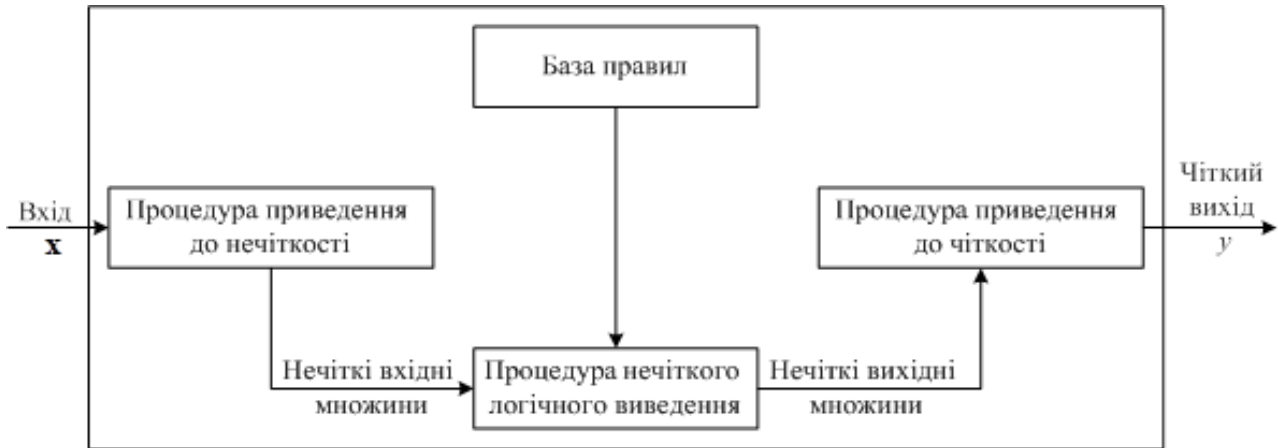


Рис. 1. Структура нечіткої моделі типу-1

Наступний крок побудови модельної структури передбачає створення адекватної інтервальної нечіткої моделі типу-2 [3,4]. Для побудови та здійснення настроювання інтервальної нечіткої моделі прогнозування з послідовності  $g(t)$ , будується вибірка навчальних пар за кількістю, яку пропонує експерт з медичної галузі. Процедура навчання нечіткої моделі типу-1 на експериментальній вибірці відбувається одночасно з розтягненням функцій належності гаусового типу та навчанням вже адекватної інтервальної нечіткої моделі типу-2. Враховуючи можливість будувати множину інтервальних нечітких моделей типу-2, будемо узагальнюючу інтервальну нечітку модель типу-2 [5]. Узагальнююча інтервальна нечітка модель типу-2 складається з множини часткових моделей, які мають різне число попередніх значень для навчання, та блоку агрегації, який має інтервальне значення  $y^\Sigma = [y_r^\Sigma, y_l^\Sigma]$  в межах результуючого інтервального виходу узагальнюючої моделі. Правила для обчислення результуючого інтервального прогнозу ґрунтуються на процедурі узагальнення. Згідно з цією процедурою, якщо перетин інтервальних нечітких моделей існує, тоді результуючим інтервальним виходом є саме цей перетин. У випадку, якщо перетин відсутній, результуючим інтервальним виходом стає об'єднання інтервальних виходів нечітких моделей (зображено на рисунку 2).

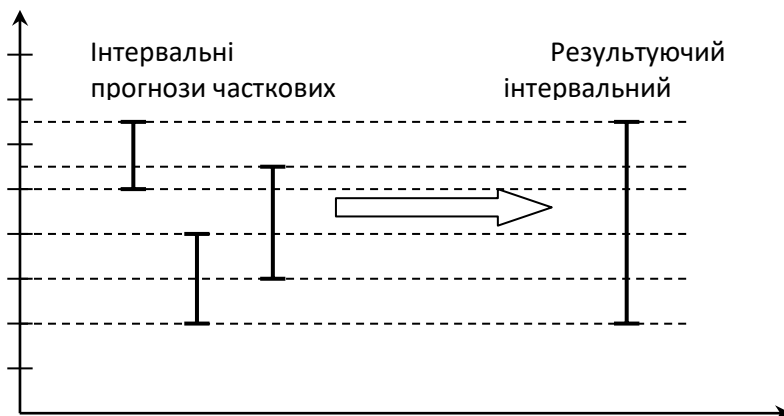


Рис. 2. Обчислення результуючого інтервального прогнозу у випадку, коли перетин інтервальних прогнозів часткових моделей не існує

Використання моделі інтервального прогнозування майбутнього розвитку процесу, що задається часовою послідовністю, де наявна невизначеність у медичних даних, наведено на рисунку 3.

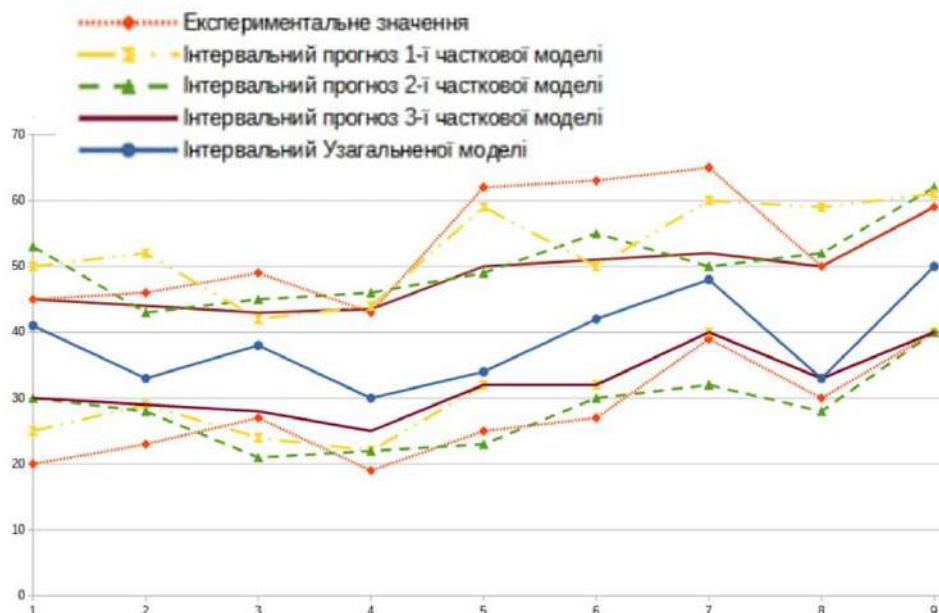


Рис. 3. Результати обчислення інтервального прогнозу узагальнюючої моделі.  
Висновки

Запропоновано методику інтервального прогнозування кількості хворих на основі часової послідовності з використанням нечітких множин типу-2, що дозволяє приймати рішення про необхідні медичні заходи на основі даних, які є в наявності під час епідемічних загроз. В рамках даної методики представлено нечітку модель типу-1 та узагальнюючу типу-2 з інтервальними функціями належності, які володіють можливістю для розв'язання задач прогнозування у медичній галузі.

#### Список літератури

1. Васильків І.М. Основи теорії ймовірностей та математичної статистики: навч. посіб. Львів: ЛНУ, 2020. 184с.
2. Юрій Баришев, Наталія Кондратенко, Віталій Казміревський, Тетяна Кирилащук. Нечіткі множини типу-2 в задачах моделювання та оцінювання станів критичних систем з недовизначеними вхідними даними та використанням експертів // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. 2023. Том 57. №2. С. 13-24. DOI <https://doi.org/10.31649/1999-9941-2023-57-2-13-24>.
3. Наталія Кондратенко, Ольга Снігур. Забезпечення адекватності інтервальних нечітких моделей типу-2 в задачах ідентифікації складних об'єктів // Системні дослідження та інформаційні технології. 2019. № 6. С. 22–27.
4. Кондратенко Н.Р. Особливості використання нечітких логічних систем типу-1 і типу-2 у медичній діагностиці: Матеріали II Всеукраїнської наук.-практ. конф. "Актуальні завдання медичної, біологічної фізики та інформатики", м. Вінниця, 7 квітня 2023 р. С.57-62.
5. Наталія Кондратенко, Олександр Чеборака. Дослідження можливостей узагальнюючої інтервальної типу-2 нечіткої моделі для прогнозування часових послідовностей // Вісник ВПІ. 2008. № 6. С. 21–28.

## СИСТЕМА ФЛУОРЕСЦЕНТНОЇ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ БЛИЖНЬОГО ІНФРАЧЕРВОНОГО ДІАПАЗОНУ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ ТА ЛІКУВАННЯ РАКУ – ПОРТАТИВНИЙ ВІЗУАЛІЗАТОР ICG NIR

Максим ГОРОБЕЙКО,<sup>2</sup> Володимир ХОЛІН,<sup>2</sup> Ярослав ІВЛЄВ,<sup>3</sup> Юрій ЗАБУЛОНОВ,<sup>4</sup> Сергій  
ПАВЛОВ,<sup>2,5</sup> Ольга КОМАРОВА

<sup>1</sup>Київський аграрний університет НААН України, м. Київ, Україна

<sup>2</sup>ПП "Фотоніка Плюс", м. Черкаси, Україна

<sup>3</sup>Державна установа "Інститут геохімії навколишнього  
середовища Національної академії наук України", м. Київ, Україна

<sup>4</sup>Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна

<sup>5</sup>Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені  
Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна  
\*komarova.ollha@gmail.com

**Анотація.** Технології медичної візуалізації для діагностики та лікування раку постійно розвиваються [1]. Однією із таких технологій є отримання зображень на основі флуоресцентної візуалізації ICG-індукованого сигналу ближнього інфрачервоного діапазону. Дана технологія дозволяє визначити точну локалізацію патологічних ракових ділянок та їх адекватну резекцію з мінімальним захопленням інтактних тканин. Нами розроблено нову доступну систему флуоресцентної візуалізації ближнього інфрачервоного діапазону для діагностики та лікування раку – портативний візуалізатор ICG NIR.

**Ключові слова:** система флуоресцентної візуалізації ближнього інфрачервоного діапазону, візуалізатор, рак щитоподібної залози, індоціанін зелений, ICG

**Актуальність дослідження.** Визначення сигналу індоціаніну зеленого (ICG) в ближній інфрачервоній ділянці відомо вузьким фахівцям при операціях на щитоподібній залозі для визначення та збереження прищитоподібних залоз, також є роботи на ангиографію зворотного гортанного нерву, інших периферичних нервів за допомогою флюорофору ICG [2,3]. Онкологи, які займаються проблемами раку щитоподібної залози використовують цю методику для встановлення локалізації саме метастатично-уражених лімфовузлів і проведення мінімальної травмуючої операції при РМЗ, схожа методика застосовується при лапароскопічних операціях для визначення меж метастатичного ураження очеревини та органів малого тазу при злоякісних гінекологічних новоутвореннях та утвореннях кишечника. Проте застосування такої методики обмежено з одного боку технічними параметрами спектрометрів, які представлені на ринку України, а з другого боку немотивовано високими цінами у дистриб'юторів, що часто перевищують аналогічні ціни.

**Мета дослідження.** Розробка та впровадження нової системи флуоресцентної візуалізації ближнього інфрачервоного діапазону для діагностики та лікування раку - портативний візуалізатор ICG NIR, яка є ефективною при оцінці ICG-індукованого сигналу в різних тканини та на різних глибинах біологічних тканин при діагностиці та лікуванні раку.

### **Основні матеріали досліджень та результати.**

Нами було розроблено нову та доступну систему флуоресцентної візуалізації ближнього інфрачервоного діапазону для діагностики та лікування раку - портативний візуалізатор ICG NIR. Портативний візуалізатор ICG NIR дозволяє оцінити розподіл ICG-індукованого сигналу та його інтенсивність на різних глибинах біологічної тканини при діагностиці та лікуванні раку.

На рис. 1 представлено конфігурацію системи флуоресцентної візуалізації ближнього інфрачервоного діапазону для діагностики і лікування раку та програми отримання зображень. На рис. 2 представлено функціональну схему портативного візуалізатора ICG NIR.

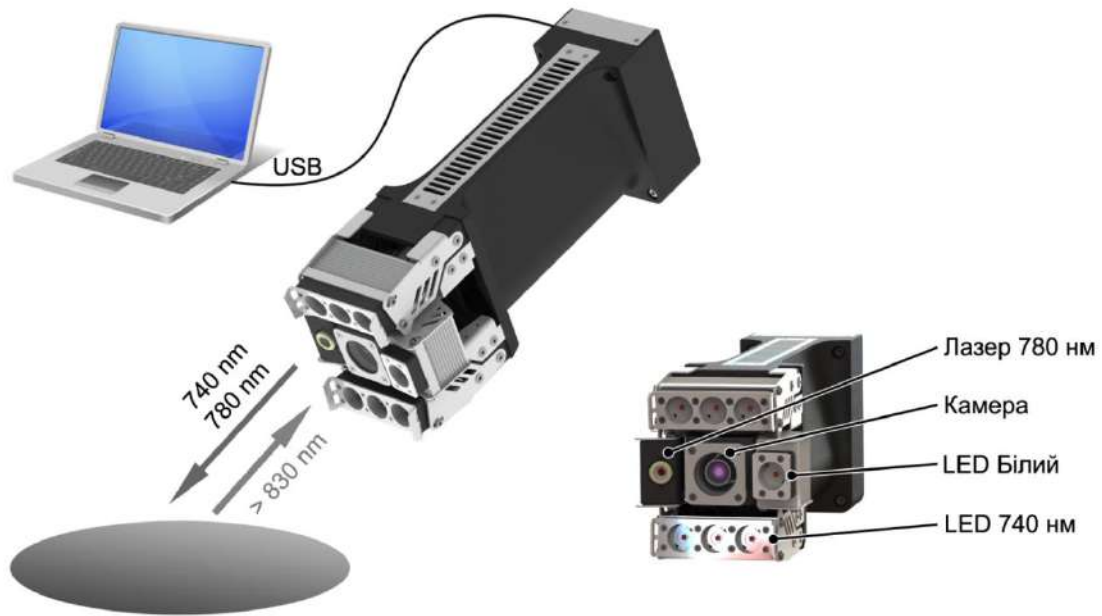


Рис. 1 – Система флуоресцентної візуалізації ближнього інфрачервоного діапазону для діагностики та лікування раку - портативний візуалізатор ICG NIR

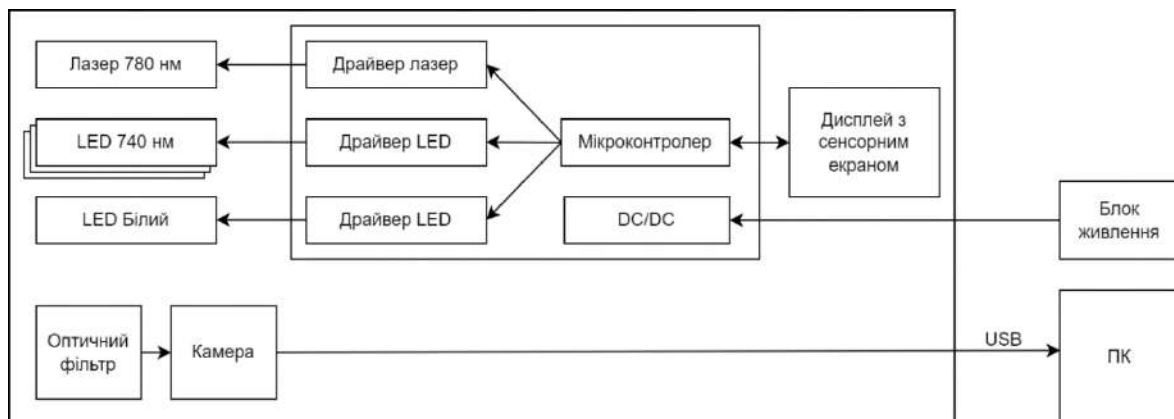


Рис. 2 – Функціональна схема портативного візуалізатора ICG NIR

Портативний візуалізатор ICG NIR складається з рукоятки, зовнішнього блока живлення та персонального комп'ютера (ПК) під'єданого до рукоятки через USB кабель (довжина 1,5 м).

Випромінююча частина рукоятки складається з діодного лазера (780нм, 50 мВт), групи з шести світлодіодів (740нм, 3 Вт x 6) та додаткового білого світлодіода (5 Вт) для освітлення робочої зони. Лазерний модуль складається з фокусуючого об'єктива, лазерного діода, та плати обмеження максимального струму. Модулі на інфрачервоних світлодіодах складаються

з фокусуємих об'єктів (кут променя 15°) та світлодіодів розташованих на радіаторах охолодження. Модуль білого світлодіода виконаний аналогічно. Кріплення усіх випромінюючих модулів дозволяє зводити їх в одну точку на відстань від 10 см до нескінченності від об'єктиву камери. Також для контролю температурного режиму усі випромінювачі обладнані термісторами.

Приймальний тракт складається з камери та з'ємної насадки з оптичним фільтром.

Камера роздільною здатністю 1920 x 1080 пікселів передає по USB кабелю зображення на ПК або ноутбук з частотою 25 кадрів/с. На неї встановлено об'єktiv з фокусною відстанню 12 мм і кутами огляду 30° по горизонталі та 17° по вертикалі. З'ємна насадка обладнана фільтром довгих хвиль з полозою зрізу 830 нм.

Всередині рукоятки розташована плата з мікроконтролером та драйверами випромінювачів.

На задньому торці рукоятки розташовано дисплей роздільною здатністю 320 x 240 пікселів та резистивним сенсором дотику. Він дозволяє незалежно керувати вихідною потужністю кожного з випромінювачів та відображає їх поточні параметри.

Вмикається рукоятка тумблером з правого боку від екрана, живлення здійснюється зовнішнім блоком живлення (12 В, 5 А) від мережі 220 В.

Оптимально систему можна налаштувати на робочу відстань 20 - 30 см, з зоною спостереження близько 10 x 10 см. Спостереження зображення флуоресценції відбувається на екрані ПК де можна скорегувати тривалість експозиції камери для збільшення контрасту спостережуваного об'єкта.

**Висновки.** Було розроблено нову та доступну систему флуоресцентної візуалізації ближнього інфрачервоного діапазону для діагностики та лікування раку - портативний візуалізатор ICG NIR. На даному етапі портативний візуалізатор ICG NIR проходить дослідження та потребує подальшої валідації, а його портативність, мобільність, вартість та багато інших аспектів, які враховуються нашим пристроєм, є основою для виробництва нового медичного пристрою та виходу на український ринок.

## ПОДЯКИ

*Дослідження виконано за підтримки гранту Національного фонду досліджень України 2022.01/0135.*

## Література

1. S. Vidal-Sicart, R. Valdés Olmos, O.E. Nieweg, R. Faccini, M.R. Grootendorst, H.J. Wester, N. Navab, B. Vojnovic, H. van der Poel, S. Martínez-Román, J. Klode, F. Wawroschek, F.W.B. van Leeuwen, From interventionist imaging to intraoperative guidance: New perspectives by combining advanced tools and navigation with radio-guided surgery, *Revista Española de Medicina Nuclear e Imagen Molecular (English Edition)*, Volume 37, Issue 1, 2018, Pages 28-40, ISSN 2253-8089, <https://doi.org/10.1016/j.remnie.2017.10.009>.
2. Gorobeiko, M., and A. Dinets. 2023. "Unexpected Mapping of Recurrent Laryngeal Nerve by fluorescence-Guided Surgery Using Near-Infrared Indocyanine Green Angiography". *INTERNATIONAL JOURNAL OF ENDOCRINOLOGY (Ukraine)* 19 (5):349-53. <https://doi.org/10.22141/2224-0721.19.5.2023.1298>.
3. Turan MI, Celik M, Ertürk MS. Indocyanine green fluorescence angiography-guided transoral endoscopic thyroidectomy and parathyroidectomy: First clinical report. *Photodiagnosis Photodyn Ther.* 2020 Dec;32:102028. doi: 10.1016/j.pdpdt.2020.102028. Epub 2020 Oct 16. PMID: 32979545.

## ФІЗИЧНІ МЕТОДИ НЕІНВАЗИВНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ГЛЮКОЗИ В КРОВІ ОПТИЧНИМИ МЕТОДАМИ

Сергій ПАВЛОВ, <sup>1</sup>Олександр КОРНІЛЕНКО, <sup>1</sup>Ян ЛУНІНЬ  
*<sup>1</sup>Вінницький національний технічний університет*  
*e-mail: sanyakornilenko13@gmail.com*

**Анотація.** В роботі розглядається актуальність та необхідність розробки неінвазивних систем моніторингу рівня глюкози в контексті зростання поширеності діабету на системному рівні. Оптичні методи, як альтернатива традиційним інвазивним підходам, представляють оптимальне рішення для безболісного і безперервного моніторингу. Детально проаналізовано різні оптичні технології, включаючи спектроскопію ближнього інфрачервоного діапазону (NIRS), Раманівську спектроскопію, фотоакустичну спектроскопію та оптичну когерентну томографію (ОКТ), висвітлюючи їхні переваги, виклики та потенціал для точного визначення рівня глюкози.

**Ключові слова:** Неінвазивний моніторинг глюкози, діабет, оптичні методи визначення глюкози, спектроскопія ближнього інфрачервоного діапазону (NIRS), раманівська спектроскопія, фотоакустична спектроскопія, оптична когерентна томографія (ОКТ), сенсори глюкози, алгоритми обробки сигналів, мобільні пристрої для моніторингу глюкози.

**Актуальність.** Необхідність в розробці неінвазивних систем моніторингу рівня глюкози пов'язана в першу чергу через зростаючу поширеність діабету в усьому світі, а також через незручності та дискомфорт, що пов'язані з традиційними методами вимірювання рівня глюкози в крові. Оптичні методи пропонують оптимальне рішення, потенційно дозволяючи безболісно проводити моніторинг рівню глюкози, що може покращити якість лікування діабету та зменшити ризик ускладнень [5,6,7].

**Аналіз методів.** Оптичне визначення глюкози засноване на взаємодії світла з біологічними тканинами, де присутність глюкози може змінити властивості пропущеного, відбитого або розсіяного світла. Ключові оптичні властивості, чутливі до концентрації глюкози, включають поглинання, флуоресценцію, розсіювання та показник заломлення.

Спектроскопія ближнього інфрачервоного діапазону (NIRS) заглиблюється в ближню інфрачервону область оптичного спектра, де молекули глюкози мають специфічні характеристики поглинання. Пропускаючи ближнє інфрачервоне світло через шкіру і вимірюючи інтенсивність світла, що виникає, NIRS може зробити висновок про концентрацію глюкози на основі диференціального поглинання світла глюкозою. Однак цей метод стикається з проблемами через перекриття спектрів поглинання інших складових тіла та слабкі особливості поглинання глюкози. Досягнення в NIRS зосереджені на підвищенні специфічності та чутливості за допомогою більш досконалих систем виявлення та алгоритмів, які можуть аналізувати складні сигнали на фоні біологічних шумів [2].

Раманівська спектроскопія відрізняється тим, що фіксує коливальні енергетичні рівні молекул, у тому числі глюкози, за допомогою непружного розсіювання світла. Коли світло взаємодіє з молекулами глюкози, невелика частина розсіюється на довжинах хвиль, зміщених від довжини падаючого світла, що відповідає коливальним режимам молекул глюкози. Переваги методу раманівської спектроскопії полягають в її молекулярній специфічності, що дозволяє отримати точку концентрацію глюкози. Незважаючи на високу специфічність, основною проблемою методу є слабкий сигнал комбінаційного розсіювання, що вимагає розробки високочутливих детекторів і методів зменшення шуму для надійного визначення рівня глюкози [4].

Фотоакустична спектроскопія поєднує принципи оптичного поглинання з ультразвуковим детектуванням. Коли імпульсне світло поглинається молекулами глюкози, воно викликає швидке теплове розширення, генеруючи ультразвукові хвилі. Ці хвилі потім

реєструються акустичними датчиками, забезпечуючи вимірювання концентрації глюкози. Перевагою методу є здатність ультразвуку проникати в глибокі тканини та висока чутливість оптичного поглинання до глюкози. Дослідження методу фотоакустичної спектроскопії спрямовані на вдосконалення механізмів доставки світла та детектування ультразвуку для підвищення точності та глибини вимірювання рівня глюкози [1].

Оптична когерентна томографія (ОКТ) - це безконтактний метод візуалізації, здатний створювати поперечні зображення біологічних тканин з високою роздільною здатністю. Вимірюючи часову затримку ехо-сигналу та інтенсивність зворотного розсіяного світла, ОКТ може виявити тонкі зміни оптичних властивостей тканин, в тому числі під впливом концентрації глюкози. Застосування ОКТ для моніторингу рівня глюкози ґрунтується на взаємозв'язку між рівнем глюкози та показником заломлення крові та інтерстиціальної рідини. Удосконалення технології ОКТ спрямоване на збільшення глибини та роздільної здатності зображення, а також на розробку алгоритмів для більш точної кореляції змін показника заломлення з рівнем глюкози [3].

Останні досягнення в цій галузі включають розробку більш чутливих і специфічних датчиків, удосконалення алгоритмів обробки сигналів для вилучення сигналів глюкози зі складного біологічного фону та націлені на інтеграцію оптичних датчиків в мобільні пристрої для постійного моніторингу.

**Висновки.** Незважаючи на значний прогрес, залишається вирішити кілька проблем, включаючи специфічність оптичних властивостей при застосуванні окремими особами, вплив фізіологічних факторів, таких як температура та перфузія крові, а також необхідність калібрування за вимірюваннями глюкози в крові. Майбутні напрямки досліджень передбачають підвищення специфічності та чутливості сенсора, дослідження нових оптичних методів і розробку систем без калібрування.

Неінвазивне визначення глюкози оптичними методами є областю досліджень, яка швидко розвивається, і може значно вплинути на лікування діабету.

*Дослідження виконано за підтримки гранту Національного фонду досліджень України 2022.01/0135.*

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Vashist, S.K. (2014). Non-invasive glucose monitoring technology in diabetes management: A review. *Analytica Chimica Acta*, 825, 1-17.
2. Tura, A., Maran, A., & Pacini, G. (2007). Non-invasive glucose monitoring: Assessment of technologies and devices according to quantitative criteria. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 77(1), 16-40.
3. Yun, S.H., Tearney, G.J., de Boer, J.F., & Bouma, B.E. (2016). Comprehensive volumetric optical microscopy in vivo. *Nature Medicine*, 12(12), 1429-1433.
4. Malik, B.H., & Coté, G.L. (2013). Optical diagnostic techniques for blood glucose monitoring. *Journal of Diabetes Science and Technology*, 7(1), 142-152.
5. Waldemar Wójcik, Andrzej Smolarz. *Information Technology in Medical Diagnostics*, July 11, 2017 by CRC Press - 210 Pages.
6. Wójcik W., Pavlov S., Kalimoldayev M. *Information Technology in Medical Diagnostics II*. London: (2019). Taylor & Francis Group, CRC Press, Balkema book. – 336 Pages.
7. Інтелектуальні технології в медичній діагностиці, лікуванні та реабілітації: монографія / [С. В Павлова, О.Г. Авруніна, С.М.Злепка, Є.В.Бодянського та ін.]; за редакцією С.Павлова, О.Авруніна. – Вінниця: ПП «ТД «Едельвейс і К», 2019. –260 с. ISBN 978-617-7237-59-3.

## PROSPECTS FOR THE USE OF BLAST INFORMATION TECHNOLOGY FOR THE SEARCH OF MICROORGANISMS WHICH CAUSE HEART DISEASES

<sup>1</sup>Iryna MEZHIEVSKA, <sup>2</sup>Sergii PAVLOV, <sup>3</sup>Gulzhan KASHAGANOVA, <sup>1</sup>Valentyn MASLOVSKYI, <sup>2</sup>Dmytro SHTOFEL, <sup>2</sup>Oleksandr VOLOSOVYCH

<sup>1</sup>*Vinnytsia National Medical University named after M. Pirogov*

<sup>2</sup>*Vinnytsia National Technical University*

<sup>3</sup>*Almaty Technological University*

*e-mail: sashka.v0@gmail.com*

**Introduction.** Bioinformatics methods can be found in all areas related to DNA, RNA and proteins. Therefore, modern applicants for higher education need to have basic knowledge of the latest methods and algorithms of bioinformatics.

Cardiovascular disease (CVD) is a major cause of morbidity and mortality worldwide, carrying an enormous public health burden, and aging is a major contributor to CVD. [1]

The problem of the spread of endocarditis and myocarditis is one of the most widespread in the clinic of non-coronarogenic heart diseases. This is due to many reasons, numerous etiological factors, the variety of manifestations and the severity of clinical symptoms, as well as the complexity of diagnosis, and this causes the definition of clear algorithms for the treatment of such patients [2].

In the recent period, an increase in the incidence of myocarditis was noted. This is due, on the one hand, to the introduction of new diagnostic methods into clinical practice. On the other hand, the increase in the number of patients with myocarditis is associated with a change in the body's reactivity, untimely and incorrect use of medications, unjustified immunization and frequent reimmunization of the population [3].

The purpose of the work is to classify pathogenic and opportunistic microorganisms, the causative agents of cardiovascular diseases, in particular, infectious endocarditis, which can be potential producers of BMN, according to the localization and properties of BMN using comparative genomics methods with the prospect of their further use as magnetically guided vectors for the targeted delivery of drugs drugs

### FEATURES OF BLAST INFORMATION TECHNOLOGY

BLAST (Basic Local Alignment Search Tool) is a set of programs designed to perform similarity searches in a sequence database. Scientists often use such searches to gain insights into evolutionary relationships and use them to infer the function and biological importance of gene products. BLAST uses an algorithm that looks for local alignment (alignment of some portion of two sequences) as opposed to global alignment (alignment of two sequences over their entire length). By searching for local alignments, BLAST can identify regions of similarity within two sequences [8,9,10].

### MATERIALS AND METHODS

The study used pairwise and multiple alignment methods using the National Center for Biotechnology Information (NCBI) "BLAST" program, which is freely available [27]. An analysis of the comparison of the amino acid sequences of proteins of the Mam group, without which biomineralization of BMN is impossible in *Magnetospirillum gryphiswaldense* (16S rRNA pseudouridine(516) with the proteomes of the bacteria *Staphylococcus aureus* (taxid:1280), *Borrelia burgdorferi* (taxid:139), *Coxiella burnetii*, *Mycoplasma pneumonia*, *Brucella* sp, *Legionella pneumophila*, *Aspergillus* (taxid:5052).





Table 1

Comparison of MTB proteins of *Magnetospirillum gryphiswaldense* and proteins of potential producers of crystalline BMNs, which are causative agents of heart diseases

<u>Description</u>	<u>Scientific Name</u>	<u>Max Score</u>	<u>Total Score</u>	<u>Query Cover</u>	<u>E value</u>	<u>Per. Ident</u>	<u>Acc. Len</u>	<u>Accession</u>
<b><u>pseudouridylate synthase [Staphylococcus aureus subsp. aureus CO-98]</u></b>	<u>Staphylococcus aureus subsp. aureus CO-98</u>	157	157	98%	9e-46	36.80%	230	<u>KDP54500.1</u>
<b><u>pseudouridine synthase [Borrelia burgdorferi]</u></b>	<u>Borrelia burgdorferi</u>	95.5	95.5	97%	6e-24	25.86%	249	<u>WP_002556731.1</u>
<b><u>pseudouridine synthase [Coxiella burnetii]</u></b>	<u>Coxiella burnetii</u>	92.0	92.0	99%	9e-23	31.80%	244	<u>WP_259430858.</u>
<b><u>RluA family pseudouridine synthase [Mycoplasmoides pneumoniae]</u></b>	<u>Mycoplasmoides pneumoniae</u>	33.1	33.1	73%	0.021	23.08%	309	<u>WP_014325446.1</u>
<b><u>pseudouridine synthase [Brucella sp.]</u></b>	<u>Brucella sp.</u>	67.8	67.8	93%	8e-14	32.61%	626	<u>WP_313031203.1</u>
<b><u>TPA: pseudouridine synthase [Legionella pneumophila]</u></b>	<u>Legionella pneumophila</u>	76.3	76.3	98%	1e-15	29.41%	248	<u>HEL8436968.1</u>
<b><u>hypothetical protein KXV85_003662 [Aspergillus fumigatus]</u></b>	<u>Aspergillus fumigatus</u>	127	127	50%	1e-35	32.31%	131	<u>KAH2818792.1</u>

For example, if two proteins have an identity of more than 45%, then they have similar structure and functions [12, 13, 14].

The alignment of MTB proteins with the proteins of pathogenic and conditionally pathogenic microorganisms, causative agents of heart diseases in humans, was carried out using the methods of comparative genomics with the help of BLAST information technology. It has been shown that such strains as *Staphylococcus aureus* (taxid:1280), *Borrelia burgdorferi* (taxid:139), *Coxiella burnetii*, *Mycoplasma pneumonia*, *Brucella sp.*, *Legionella pneumophila*, *Aspergillus* (taxid:50520) are potential producers of crystalline magnetite and belong to of the 4th group, as they have homologues of all proteins, and thus, without which biomineralization of magnetic nanoparticles is impossible, including the MamA protein, which is responsible for the synthesis of crystalline nanoparticles [12,13].

**CONCLUSIONS.** With the help of BLAST information technology, the alignment of MTB proteins with the proteins of pathogenic and conditionally pathogenic microorganisms, causative agents of heart diseases in humans, was carried out using the methods of comparative genomics. It has been shown that strains such as *Staphylococcus aureus* (taxid:1280), *Borrelia burgdorferi*

(taxid:139), *Coxiella burnetii*, *Mycoplasma pneumonia*, *Brucella* sp, *Legionella pneumophila*, *Aspergillus* (taxid:50520) are potential producers of crystalline magnetite and belong to 4th group, because they have homologues of all proteins, and thus, without which biomineralization of magnetic nanoparticles is impossible, including the MamA protein, which is responsible for the synthesis of crystalline nanoparticles.

The authors [12] showed that precisely pathogenic microorganisms that have the ability to accumulate can be destroyed under the influence of an external magnetic field due to the action of hyperthermia, and this allows to increase local immunity and thereby accelerate certain regenerative processes.

*The research was carried out with the support of the National Research Fund of Ukraine grant 2022.01/0135.*

## REFERENCES

1. Yang X., Gokulnath P., Lehmann H. I., & Shang H. RNA modifications in aging-associated cardiovascular diseases. *Aging* (Albany NY). 2022 Sep 29;14(19):8110-8136. doi: 10.18632/aging.204311. Epub 2022 Sep 29. PMID: 36178367; PMCID: PMC9596201.
2. Ammirati, E., Frigerio, M., Adler, E. D., & Camici, P. G. (2020). Management of Acute Myocarditis and Chronic Inflammatory Cardiomyopathy: An Expert Consensus Document. *Circulation. Heart failure*, 13(11), e007405. <https://doi.org/10.1161/CIRCHEARTFAILURE.120.007405>
3. Lampejo, T., Durkin, S. M., Bhatt, N., & Guttmann, O. (2021). Acute myocarditis: aetiology, diagnosis and management. *Clinical medicine* (London, England), 21(5), e505–e510. <https://doi.org/10.7861/clinmed.2021-0121>
4. Tschöpe, C., Cooper, L. T., Torre-Amione, G., & Van Linthout, S. (2019). Management of Myocarditis-Related Cardiomyopathy in Adults. *Circulation research*, 124(11), 1568–1583. <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.118.313578>
5. Lung B. (2019). Endocardite infectieuse. *Épidémiologie, physiopathologie et anatomopathologie [Infective endocarditis. Epidemiology, pathophysiology and histopathology]*. *Presse medicale* (Paris, France : 1983), 48(5), 513–521. <https://doi.org/10.1016/j.lpm.2019.04.009>
6. Vogkou, C. T., Vlachogiannis, N. I., Palaiodimos, L., & Kousoulis, A. A. (2016). The causative agents in infective endocarditis: a systematic review comprising 33,214 cases. *European journal of clinical microbiology & infectious diseases : official publication of the European Society of Clinical Microbiology*, 35(8), 1227–1245. <https://doi.org/10.1007/s10096-016-2660-6>
7. Thompson, G. R., 3rd, Jenks, J. D., Baddley, J. W., & Hoenigl, M. (2023). Fungal Endocarditis: Pathophysiology, Epidemiology, Clinical Presentation, Diagnosis, and Management. *Clinical microbiology reviews*, 36(3), e0001923. <https://doi.org/10.1128/cmr.00019-23>
8. Victoria Delgado, Nina Ajmone Marsan, Suzanne de Waha, & Michael A Borger, ESC Scientific Document Group, 2023 ESC Guidelines for the management of endocarditis: Developed by the task force on the management of endocarditis of the European Society of Cardiology (ESC) Endorsed by the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS) and the European Association of Nuclear Medicine (EANM), *European Heart Journal*, Volume 44, Issue 39, 14 October 2023, Pages 3948–4042, <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehad193>

9. Pertsemlidis A; Fondon JW (2001). “Having a BLAST with bioinformatics (and avoiding BLASTphemy)”. *Genome Biology*. 2 (10): reviews2002.1. DOI:10.1186/gb-2001-2-10-reviews2002. PMID 11597340.
10. Altschul SF; Gish W; Miller W; Myers EW; Lipman DJ (1990). “Basic local alignment search tool”. *Journal of Molecular Biology*. 215 (3): 403—410. DOI:10.1016/S0022-2836(05)80360-2. PMID 2231712.
11. Boratyn GM; Schäffer AA; Agarwala R; Altschul SF; Lipman DJ; Madden TL (2012). “Domain enhanced lookup time accelerated BLAST”. *Biology Direct*. 7: 12. DOI:10.1186/1745-6150-7-12
12. S.V. Gorobets, O.Yu. Sparrow, K.O. Butenko. Potential producers of biogenic magnetic nanoparticles among pathogenic and opportunistic microorganisms, , *Innov Biosyst Bioeng*, 2018, vol. 2, no. 1, 33–41 doi: 10.20535/ibb.2018.2.1.127260
13. Gorobets SV, Gorobets OYu. Function of biogenic magnetic nanoparticles in organisms. *Functional Mater*. 2012;19(1):18-26. DOI: 10.1002/adfm.v22.24
14. Gorobets SV, Gorobets OYu. Biomineralization of biogenic magnetic nanoparticles and their possible functions in cells of prokaryotes and eukaryotes. In: *Dekker Encyclopedia of Nanoscience and Nanotechnology*. 3rd ed. Taylor&Francis; 2014. p. 300-6.

## РОЗПОДІЛЕНА СИСТЕМА ГЕНЕРУВАННЯ СИНТЕТИЧНИХ МЕДИЧНИХ ДАНИХ

Володимир ЩУЛАКОВ, Артем СІНЬКОВСЬКИЙ, Юрій ТРИУС  
*Черкаський державний технологічний університет*  
v.v.shulakov.fitis19@chdtu.edu.ua

**Анотація.** У роботі досліджується проблема створення і використання синтетичних даних з метою збереження конфіденційності інформації. Ця проблема особливо важлива в сфері охорони здоров'я, оскільки забезпечення конфіденційності даних про пацієнтів та їх стан здоров'я є однією з ключових задач у процесі прийняття рішень щодо надання медичних послуг, встановлення діагнозу, призначення лікування тощо. У результаті дослідження авторами запропонована інформаційна технологія генерування синтетичних даних на основі нейронних мереж. Ефективність розробленої інформаційної технології була перевірена експериментальним шляхом на відкритих базах медичних даних.

**Ключові слова:** інформаційна технологія, нейронні мережі, синтетичні медичні дані, системи генерації синтетичних даних.

**Вступ.** Проблема збереження конфіденційності інформації набуває актуальності особливо при роботі з великими даними, що використовуються для моделювання реальних інформаційних, соціально-економічних та фізичних процесів. Внаслідок цього, використання реальних даних в інформаційних системах стає все більш складнішим. Використання синтетичних даних дозволяє отримувати дані для досліджень без використання реальних даних. За даними Gartner, до 2030 року синтетичні дані можуть замінити реальні дані у штучному інтелекті [1].

Синтетичні дані [2] використовуються для проведення досліджень в галузі інтелектуального аналізу даних, зокрема для виявлення залежностей між даними, їх класифікації, кластеризації та прогнозування процесів, що характеризуються відповідними даними. Також вони використовуються для тестування алгоритмів машинного навчання, моделювання, дослідження статистичних характеристик у різних сферах діяльності людини, зокрема у сфері охорони здоров'я. Тому створення систем генерації синтетичних даних (СГСД), тобто програмного забезпечення, що створює нові дані, імітуючи реальні дані, є актуальною науково-практичною задачею.

**Метою дослідження** є розробка інформаційної технології генерації синтетичних даних на основі нейронних мереж, що може бути використана в системах вищого рівня, включаючи медичні інформаційні системи та системи підтримки прийняття рішень, а також експериментальна перевірка ефективності цієї технології

### **Методи і платформи генерування синтетичних даних.**

Сьогодні активно проводяться дослідження в сфері синтетичних даних. Так у 2019 році розроблено системи CTGAN та TVAE [3], які обігнали системи, що використовували традиційний підхід генерування даних без штучного інтелекту. В 2022 році було представлено OCT-GAN [4] – систему, засновану на нейронних диференційних рівняннях, що обійшла за продуктивністю систему TVAE та інші, однак відрив виявився невеликий, а складність OCT-GAN, у порівнянні з попередніми моделями, збільшилась у рази.

Порівняння різних СГСД представлено на рис. 1, з якого видно, що дві моделі виявляються найбільш ефективними за складністю та якістю генерування – TVAE та CTGAN. Вони за продуктивністю значно перевищують баєсові мережі типу CLBN та PrivBN. Технологія TVAE (Tabular Variational Autoencoder), що є генеративною нейронною моделлю, домінує майже у всіх випадках. Окрім того, її архітектура VAE є досить простою, що є важливим фактором при виборі рішення швидкого генерування даних. Дана модель простіша та елегантніша за CTGAN, а також має конкурентну продуктивність.

Method	GM Sim.		BN Sim.		Real	
	$\mathcal{L}_{syn}$	$\mathcal{L}_{test}$	$\mathcal{L}_{syn}$	$\mathcal{L}_{test}$	clf	reg
Identity	-2.61	-2.61	-9.33	-9.36	0.743	0.14
CLBN	-3.06	-7.31	-10.66	-9.92	0.382	-6.28
PrivBN	-3.38	-12.42	-12.97	-10.90	0.225	-4.49
MedGAN	-7.27	-60.03	-11.14	-12.15	0.137	-8.80
VEEGAN	-10.06	-4.22	-15.40	-13.86	0.143	-6.5e6
TableGAN	-8.24	-4.12	-11.84	-10.47	0.162	-3.09
TVAE	<b>-2.65</b>	-5.42	<b>-6.76</b>	<b>-9.59</b>	<b>0.519</b>	<b>-0.20</b>
CTGAN	-5.72	<b>-3.40</b>	-11.67	-10.60	0.469	-0.43

Рис. 1. Порівняння різних технологій ГГСД.  
 Джерело: <https://arxiv.org/pdf/1907.00503.pdf>

Зазвичай, такі моделі навчаються за допомогою методу «очікування-максимізації». Варіаційні автокодери використовують нейронну мережу для спільної оптимізації між точками даних. Нейронна мережа приймає на вході точки даних і генерує параметри варіаційного розподілу на виході. Оскільки вона перетворює вхідний простір у низьковимірний латентний простір, її називають кодувальником. Декодер – це друга нейронна мережа в цій моделі, яка перетворює латентний простір назад у вхідний простір, наприклад, шляхом розподілу шуму.

Більш детально з найкращими платформами для генерації синтетичних даних, які можуть зменшити розрив між реальним світом і змодельованим світом, можна ознайомитися, наприклад, на сайті [5].

### Інформаційна технологія генерування синтетичних даних

У програмному продукті, що розробляється авторами, використовується архітектура нейронної мережі TVAЕ, яка ґрунтується на архітектурі нейронної мережі VAE (variational autoencoder). Мережа VAE складається з кодера та декодера. Кодер отримує вхідні дані та перетворює їх у латентне представлення простору меншої розмірності, що дозволяє представити вхідні дані більш компактно та інформативно. Декодер отримує це латентне представлення та перетворює його назад у початковий вхідний простір. У VAE функція втрат мінімізує помилку реконструкції між виходом декодера та початковим входом, а також забезпечує відповідність розподілу латентних змінних попередньо заданому розподілу, зазвичай гаусівському розподілу. Відмінність між TVAЕ та VAE полягає в тому, що перша є готовою конфігурацією мережі VAE для обробки табличних даних. На рис. 2 представлена спрощена архітектура мережі TVAЕ.

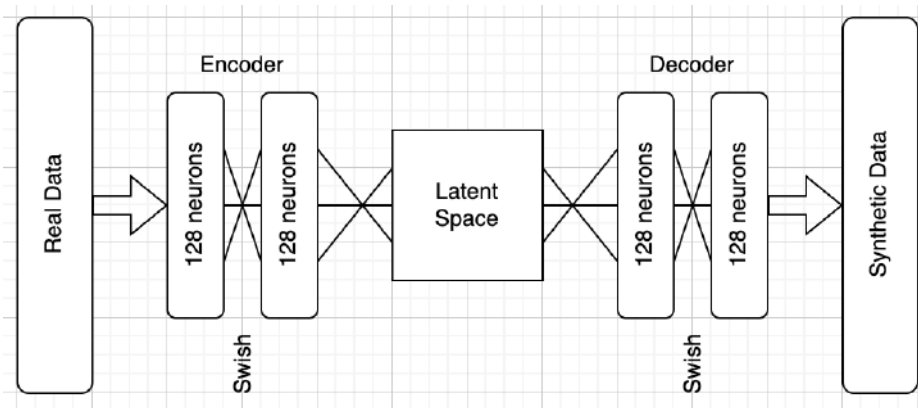


Рис. 2. Спрощена архітектура мережі TVAЕ.

Головною перевагою використання мережі VAE є її здатність генерувати нові вибірки даних з вивченого латентного простору. Шляхом вибірки з цього простору і подачі через декодер можна створювати нові вихідні дані, що схожі на оригінальні. Це робить VAE корисним для генерації зображень, виявлення аномалій і стиснення даних.

В архітектурі TVAE використовується модально-специфічна нормалізація, де неперервні дані розбиваються на гаусівські модальності, а відповідні значення нормалізуються за середнім та середньоквадратичним значеннями кожної модальності. Під час тренування разом з неперервними числами подається номер модальності. Це допомагає нейронній мережі швидше навчати неординарні ймовірнісні розподіли. Однак ця нормалізація потребує складних та дорогих за продуктивністю алгоритмів.

Важливою проблемою при генеруванні синтетичних даних є оцінка їх статистичної «схожості» з реальними даними. У дослідженні для порівняння використовувалися дві метрики: L<sub>1</sub>-відстань [6] та матриця кореляцій Пірсона [7]. Перша метрика вказує на ступінь близькості розподілів даних, а друга допомагає визначити схожість залежностей між даними.

У роботі [8] авторами було розроблено модуль генерації на мові програмування Rust, а також, для спрощення моделі декодера, було вирішено замінити модально-специфічну нормалізацію на просту min-max нормалізацію, що прискорило процес генерування синтетичних даних при збереженні ефективності. В удосконаленій версії системи «Synthetic Data Generator», крім того, застосовано нові технології розподілених систем (рис. 3), а саме OpenAPI, Kafka для прискорення генерації даних для багатьох клієнтів. Застосування функції активації «swish» замість «relu» призвело до деякого покращення якості даних.



Рис. 3. Архітектура нової розподіленої системи.

У розподіленій системі може бути багато клієнтів та багато серверів генерації даних (комп'ютери-працівники). Всі дані зберігаються у базі даних. Kafka виступає як черга задач для генераторів даних. Сервіс «дата-менеджер» отримує від клієнтів запити на тренування/генерацію та створює відповідні задачі для генераторів. Дана система автоматично може масштабуватись в залежності від розміру навантаження клієнтами.

З метою перевірки ефективності розподіленої системи «Synthetic Data Generator» (SDG) було проведено експерименти, зокрема на медичних даних, результати яких подано у таблицях 1, 2. В експерименті, крім нової версії системи SDG, використовувалась попередня версія SDG [8], а також відкритий Python-скрипт [9], що реалізує модель TVAE.

*Параметри нейронної мережі:*

- кодувальник: сумарно 4 шари по 128 нейронів;
- розмір латентного простору – 128 дійсних чисел;

- параметри декодувальника такі самі, як у кодувальника;
- оптимізатор «Adam», швидкість навчання (LR):  $10^{-3}$  за ітерацію; штрафна вага (L2 penalty):  $10^{-5}$ ;
- розмір пакету (batch\_size): 1000.
- одна епоха робить N/batch\_size ітерацій, де N – кількість записів.

Масив даних: Diabetes Health Indicators Dataset [9]:

- N = 64000 (з 253680);
- кількість полів: 22;
- кількість епох: 20 – співпадіння 95%;
- час тренування:  $\approx 1$  хв.

Масив даних: Brain Stroke Dataset [10]:

- N = 4982;
- кількість полів: 11.
- кількість епох: 50 – співпадіння 86%;
- кількість епох: 100 – співпадіння 91%;
- час тренування:  $\approx 10$  хв.

Таблиця 1. Порівняння результативності різних версій систем SDG і Python-скрипт на результатах генерування Diabetes Health Indicators Dataset [10].

Версія	Програма	Час навчання	Кількість епох	Якість даних, %
2023	Комп'ютерна програма SDG [8]	4.5 хв.	100	90
2024, поточна	Розподілена система SDG	1 хв.	10	95
2019, Lei Xu	Python-скрипт	1 хв.	20	86

Таблиця 2. Порівняння результативності різних версій систем SDG і Python-скрипт на результатах генерування Brain Stroke Dataset [11].

Версія	Програма	Час навчання	Кількість епох	Якість даних, %
2023	Комп'ютерна програма SDG [8]	40 сек.	1000	94
2024, поточна	Розподілена система SDG	20 сек.	200	96
2019, Lei Xu	Python-скрипт	12 сек.	200	85

Час генерації синтетичних даних обсягом 10000 записів:  $\approx 1$  сек.

Як видно з таблиць 1 і 2, розподілена версія програми SDG працює краще, ніж попередня версія SDG і за часом навчання, і за якістю даних, а також за якістю одержаних синтетичних даних вона значно перевищує Python-скрипт. На нашу думку, якість даних є вищою через використання функції активації «swish», а розподілена архітектура дозволила паралельно тренувати та генерувати дані на багатьох інших комп'ютерах, що призвело до зменшення часу навчання нейронної мережі.

#### Висновки.



У результаті дослідження авторами запропоновано розподілену інформаційну технологію генерації синтетичних даних на основі нейронних мереж, яка має гарні статистичні показники генерації даних в різних галузях, зокрема в сфері охорони здоров'я, що експериментально підтверджено на відкритих медичних базах даних.

## Література

Synthetic data. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Synthetic\\_data](https://en.wikipedia.org/wiki/Synthetic_data) (дата звернення: 30.03.2024).

1. Gartner, “Maverick Research: Forget About Your Real Data – Synthetic Data Is the Future of AI,” Leinar Ramos, Jitendra Subramanyam, 24 June 2021. URL: <https://www.gartner.com/en/documents/4002912> [Дата звернення: 30.03.2024].
2. Lei Xu, Maria Skoularidou, Alfredo Cuesta-Infante, Kalyan Veeramachaneni. Modeling Tabular data using Conditional GAN. URL: <https://arxiv.org/abs/1907.00503> [Дата звернення: 30.03.2024].
3. Jayoung Kim, Jinsung Jeon, Jaehoon Lee, Jihyeon Hyeong, Noseong Park. OCT-GAN: Neural ODE-based Conditional Tabular GANs. URL: <https://arxiv.org/abs/2105.14969> [Дата звернення: 30.03.2024].
4. 15 Best Synthetic Data Generation Tools. URL: <https://squeezegrowth.com/uk/synthetic-data-generation-tools/> [Дата звернення: 30.03.2024].
5. Мангеттенська метрика. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Мангеттенська\\_метрика](https://uk.wikipedia.org/wiki/Мангеттенська_метрика) [Дата звернення: 30.03.2024].
6. Коефіцієнт кореляції Пірсона. URL: [uk.wikipedia.org/wiki/Коефіцієнт\\_кореляції\\_Пірсона](https://uk.wikipedia.org/wiki/Коефіцієнт_кореляції_Пірсона) [Дата звернення: 30.03.2024].
7. Шулаков В., Сіньковський А., Триус Ю. Інформаційна технологія генерування синтетичних медичних даних на основі нейронних мереж // Актуальні завдання медичної, біологічної фізики та інформатики. Матеріали доповідей та виступів II всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю 7 квітня 2023 року Вінниця. – Вінниця: Едельвейс. С. 76-82.
8. TVAE module. URL: <https://github.com/sdv-dev/CTGAN/blob/main/ctgan/synthesizers/tvae.py> [Дата звернення: 30.03.2024].
9. Diabetes Health Indicators Dataset. URL: <https://www.kaggle.com/datasets/alexteboul/diabetes-health-indicators-dataset> [Дата звернення: 30.03.2024].
10. Brain Stroke Dataset. URL: <https://www.kaggle.com/datasets/jillanisofttech/brain-stroke-dataset> [Дата звернення: 30.03.2024].

## ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРСПЕКТИВ ЗОВНІШНЬОГО РЕГУЛЮВАННЯ ФУНКЦІЙ В ОРГАНІЗМІ

Анатолій КУЛИК, Володимир МОТИГІН, Олександр НІКОЛЬСЬКИЙ, Віктор РЕВЕНОК  
*Вінницький національний медичний університет ім. М.І. Пирогова*  
*kulyk@vntu.edu.ua*

Академік М.М. Амосов визначив основні напрями використання комп'ютерної техніки і проблеми, які з цим пов'язані [1]. З функціональної точки зору призначення таких систем практично не змінилося. Раніше вони називалися діагностичними, а тепер експертними чи консультативними.

Як відзначається у книзі перед системою ставилась достатньо проста задача – встановити діагноз із вказівкою ступені її ймовірності. Іноді лікар знає набір зовнішніх ознак для кожної хвороби, не вдаючись до суті процесів, що відбуваються в організмі. Для кожної з хвороб у нього є певний асортимент ліків. Для системи задаються ознаки, за якими визначається діагноз. Для компетентного лікаря така система не дуже корисна. Вона може лише нагадати те, що випадково забулося. Якщо до цього додати, що ознаки визначаються самим лікарем, то вірогідність такого діагнозу знижується ще більше. Проведені дослідження показали, що точність виданих системою діагнозів прямо залежить від точності і правильності складання історії хвороби. Тому першою і важливою умовою для системи є отримання об'єктивної інформації з використанням електронних засобів та хімічних досліджень. Але й за цих умов цінність системи буде невисокою, якщо її побудовано за принципом: зовнішні ознаки – діагноз.

Потрібно, щоб система визначала хід розвитку хвороби. Це може бути виражене з різним ступенем подробиць. Найпростіший варіант – діагноз, декілька варіантів можливих ускладнень і прогноз – ймовірність того чи іншого результату. Це все існує в голові лікаря. Більш докладний алгоритм визначає не лише хворобу і ускладнення, але й патологічні впливи на різні органи в часі залежно від різних умов від нормальних і супутніх хвороб. Можливий і третій алгоритм, коли всі зміни доведені до клітинного рівня, тобто записані не лише зсуви у сумарній функції органів, але й тонкощі їх клітинного обміну. Діагноз є необхідним компонентом у визначенні ходу розвитку хвороби. Таким чином система повинна мати різні функції:

- встановлення основного діагнозу;
- визначення ступеня порушення основної функції хворого органа;
- це саме у відношенні до всіх інших робочих органів і регулювальних систем;
- визначення ймовірних варіантів ходу хвороби і вплив на них поточного стану хворого із різним ступенем точності залежно від необхідності.

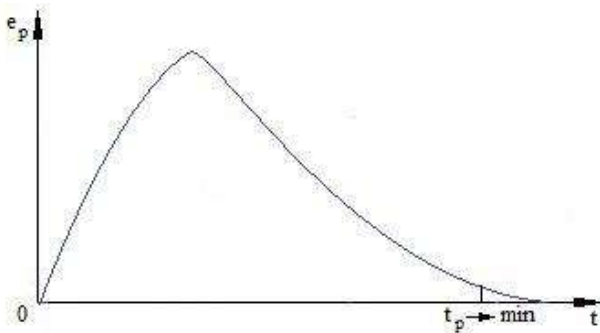
Зрозуміло, що для реалізації цих функцій потрібна велика база даних. Сучасні інформаційні технології і технічні ресурси дозволяють цього досягти. Крім цього розвиток технічних засобів дозволяє досягти значних результатів у об'єктивності отримання початкових даних для подальшого аналізу [2].

Необхідно також зауважити, що для організму [1] комплекси функцій складаються з двох – зовнішньої, яка характеризується м'язовою діяльністю, і внутрішньої – регулюванням внутрішніх органів відповідно до запитів організму. Обидва комплекси впливають один на один. При цьому виділяються декілька рівнів структур реалізації: молекулярний, клітинний, органи та їх системи і організм в цілому. На кожному рівні складові пов'язані між собою

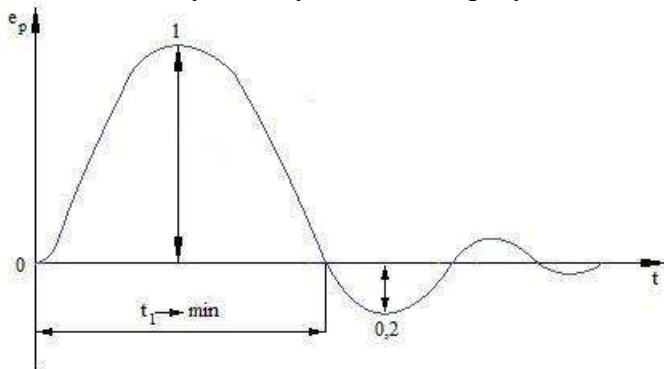
прямими, зворотними і перехресними зв'язками. Крім цього, рівні пов'язані таким самим комплексом зв'язків.

Таким чином можна виділити фізичний рівень, на якому здійснюється обмін речовин, і інтелектуальний, на якому здійснюється не лише обмін інформацією каналами зв'язку між складовими, але й адаптація функцій складових з використанням резервів організму на різних рівнях. Часто це здійснюється автоматично (без застосування центральної нервової системи) на біофізичному і біохімічному механізмах.

Сам академік М.М. Амосов відзначив, що не розглядає впливу зовнішніх чинників, на які активно реагує організм, і які вимагають аналізу і синтезу відповідних алгоритмів регулювання.



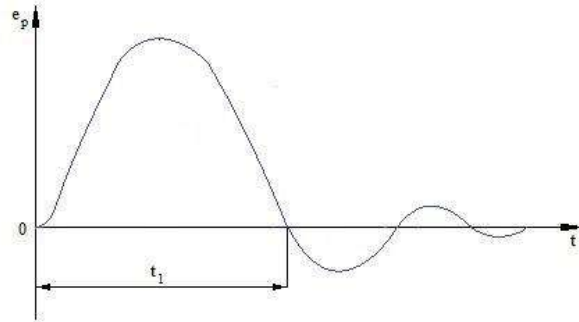
Під час за діяння зовнішніх чинників можливі два види перехідних процесів: аперіодичний та коливальний. Перший з них характеризується тим, що час регулювання  $t_p$  має бути мінімальним. Даний вид перехідного процесу потрібно передбачати, коли система не передбачає коливаний у замкнутій системі регулювання.



Коливальний можна розподілити на дві частини:

- процес із 20% пере регулюванням і мінімумом першого напівперіоду. Він передбачає в собі досить високу швидкодію;
- процес, що забезпечує мінімум критерію якості визначається формулою

$$J = \int_0^{\infty} e^2(t) dt \longrightarrow \min$$



(1)

де  $e$  – похибка регулювання.

До переваг цього процесу належать висока швидкість (одна на півхвиля) при значній коливальності. Оптимізація цього процесу може здійснюватися аналітично або шляхом технічного моделювання.

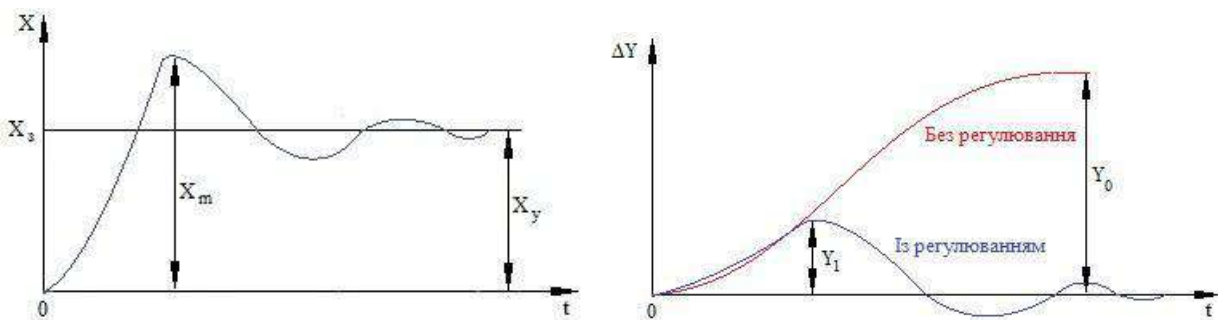
До систем регулювання (автоматичних та напівавтоматичних) пред'являються вимоги щодо підтримання певних параметрів на необхідному рівні. Це стосується похибки регулювання у статистичному чи іншому вигляді, час регулювання, рівень пере регулювання та визначник коливальності. Динамічний коефіцієнт регулювальності визначається за формулою

$$R = \frac{Y_0}{Y_1} \cdot 100\% \quad (2)$$

Ця величина характеризує ступінь впливу на процес регулятора, тобто показник впливу на організм системи із регулятором та без нього.

Під час впливу на об'єкт класичної одиничної функції і наявності коливального перехідного процесу згідно класичної теорії автоматичного управління значення перерегулювання визначається формулою

$$\sigma = \frac{X_m - X_y}{X_y} \cdot 100\% \quad (3)$$



Час встановлення – проміжок, за який регульована величина під час перехідного процесу відрізняється від заданої на задану величину  $\delta$ . При цьому треба визначитися щодо

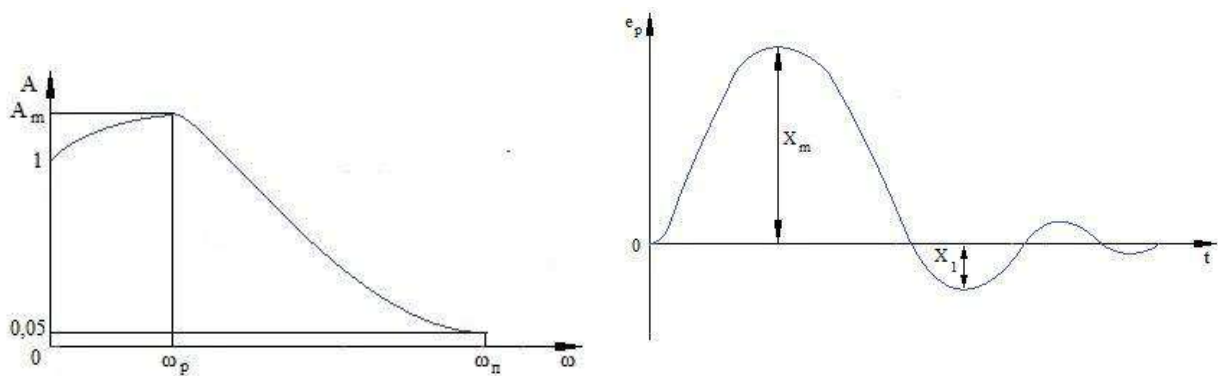
співвідношення похибки та часу регулювання. В кожному окремому випадку треба шукати оптимум функції.

В більшості систем спостерігається статична похибка регулювання  $e$ , яка виявляється навіть при великому часі спостережень. Це викликано наявністю зовнішніх факторів дестабілізації. З урахуванням дужо короткого часу реєстрації параметрів стану організму, динамічною складовою цієї похибки можна нехтувати.

При відпрацюванні збуджувальної дії значення перерегулювання визначається за формулою

$$\sigma = \frac{X_1}{X_m} \cdot 100\% \quad (4)$$

Показник коливальності характеризує частотну складову передатної функції з урахуванням резонансу.

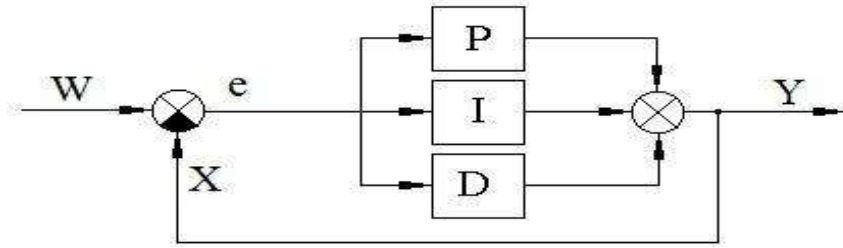


Існуючі бази спектрального аналізу досить різноманітні, але класичним все ж залишається аналіз Фур'є. Вважається, що значення  $A_m$  на рівні 1,5 – 1,6 є нормальним для технічних систем, при якому забезпечується перерегулювання 20 – 40%. При збільшенні  $A_m$  коле вальність збільшується. Але для живих організмів це вимагає суттєвих додаткових досліджень.

Важливу роль відіграє смуга пропускання системи. Вона визначає характеристики системи у взаємодії з організмом і значення рівня підсилення чи згасання сигналу у каналі зв'язку на різних частотах. Враховуючи особливості передавання інформації в системі розширення смуги пропускання підвищує швидкодію системи. Але при цьому підхоплюються завади і при підвищенні чутливості зростає статична похибка.

Розроблено декілька алгоритмів регулювання: П (пропорційний), ПД (пропорційно-диференціальний), ІІ (пропорційно-інтегральний) та ПІД (пропорційно-інтегрально-диференціальний). Для кожного з них є переваги і недоліки при використанні [3]. Але більш універсальним можна вважати ПІД-регулятор, оскільки він містить в собі всі складові.

При цьому можливі їх різні реалізації: суто апаратна чи з використанням мікропроцесорів. Широке розповсюдження процесорної техніки і відносна простота налаштування показують перспективність саме цієї реалізації. При цьому можливі три варіанти [4]: програмний, режим переривань та прямого доступу до пам'яті. Враховуючи інерційність реакції організму на зовнішні впливи, можна використовувати два перших варіанти.



Вихідний сигнал регулятора визначається трьома складовими:

$$Y(t) = P(t) + I(t) + D(t) = K_p \cdot e(t) + K_i \cdot \int_0^t e(t)dt + K_d \frac{de(t)}{dt}, \quad (5)$$

$K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$  – коефіцієнти підсилення пропорційної, інтегральної та диференціальної складових відповідно.

В деяких випадках на пропорційний коефіцієнт підсилення помножуються інтегральна та диференціальна складові

$$Y(t) = K_p \left( e(t) + K_{ip} \int_0^t e(t)dt + K_{dp} \frac{de(t)}{dt} \right) \quad (6)$$

Для дискретної реалізації інтегрування замінюється на додавання, а диференціювання – на віднімання

$$Y(t) = K_p \cdot e(n) + K_p \cdot K_{ip} \cdot \sum_{j=0}^n e(j) + \frac{K_p \cdot K_{dp}}{T} (e(n) - e(n-1)) \quad (7)$$

де  $T$  – період дискретизації.

З урахуванням перспектив використання мікропроцесорної техніки потрібно переходити від аналогової до цифрової реалізації, коли мінімально застосовуються апаратні засоби, а алгоритм розрахунків реалізується програмно. Всі розрахунки здійснюються суто програмно. Для цього пропонується структура

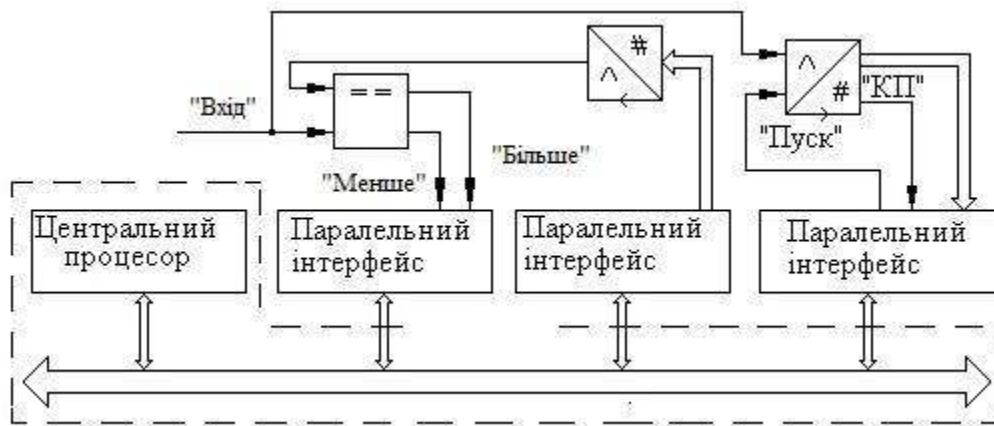


Рис. 9. Структура реалізації ПІД-регулятора

Для програмних розрахунків доцільно користуватися рекурентною формулою

$$Y(n) = K_p \cdot e(n) + K_i^{dis} \cdot e(n) + K_d^{dis} \cdot (e(n) - e(n-1)) \quad (8)$$

При цьому необхідно проаналізувати чисельні методи інтегрування і диференціювання і визначити оптимальні для конкретних ситуацій. Потрібно також розробити алгоритми визначення коефіцієнтів підсилення для складових: пропорційної  $K_p$ , інтегральної  $K_i$  та диференціальної  $K_d$ . Необхідно також провести великий обсяг досліджень щодо ефективності застосування наведеного алгоритму саме в медицині.

#### Література

1. Амосов Н.М. Регуляция жизненных функций и кибернетика. – Львов: Наукова думка, 1964. – 114 с.
2. Кулик А.Я., Нікольський О.І., Ревенок В.І. Кулик Я.А. Схемотехніка медичної електронної апаратури / Монографія. – Вінниця: ВНМУ, 2020. – 167 с.
3. ПІД-регулятор. Частные случаи (П, ПД, ПИ-регулятор) [Эл. ресурс] / [https://www.svaltera.ua/guide/glossary/pid\\_regulyator\\_chastnye\\_sluchai\\_p\\_pd\\_pi\\_regulyator.php](https://www.svaltera.ua/guide/glossary/pid_regulyator_chastnye_sluchai_p_pd_pi_regulyator.php)
4. Кулик А.Я., Мотигін В.В., Кулик Я.А., Книш Б.П. Телемедицина. Комп'ютерні системи та інформаційні технології / Монографія. – Вінниця: ВНМУ, 2020. – 293 с.

## ЗАСТОСУВАННЯ ТЕОРІЇ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ В МЕДИЦИНІ

Анатолій КУЛИК, Володимир МОТИГІН, Олександр НІКОЛЬСЬКИЙ, Віктор РЕВЕНОК  
*Вінницький національний медичний університет ім. М.І. Пирогова*  
*kulyk@vnmu.edu.ua*

Академік М.М. Амосов розробив теорію, згідно якої живий біологічний організм можна розглядати як велику ієрархічну систему [1]. Цілком погоджуючись з цим, необхідно внести певні уточнення.

Велика ієрархічна система характеризується тим, що до неї входить велика кількість складових частин, а в плані ієрархії виділяються два рівні: фізичний та інформаційний.

Разом з тим, треба відзначити, що дана система є складною і адаптивною. Складність її полягає у великій кількості зв'язків між складовими частинами. Хоча при цьому розгляді і показані зворотні зв'язки, але режими передавання сигналів не розглянуті. Це може бути напівдуплексний або дуплексний режим.

Адаптивність передбачає не лише саморегулювання, але й спроможність підлаштування до зміни зовнішніх впливових факторів, що дозволяє застосовувати в медицині потужний апарат теорій автоматичного управління та регулювання. На сьогодні як в нашій країні, так і за її межами, ці ресурси використовуються для вирішення суто технічних задач [2].

Саморегулювання визначає спроможність об'єкта відновлювати стан рівноваги. При цьому параметр регулювання може приймати новий рівноважний стан.

Математичний апарат дозволяє визначити границю стійкості системи для різних факторів при застосуванні ліків та процедур.

Застосування алгоритмів регулювання в медицині вимагає дотримання досить жорстких умов:

- побудови чіткої адекватної математичної моделі;
- оцінки функцій впливу з метою визначення пріоритетних факторів;
- дотримання вимог стійкості регулювання в усьому діапазоні;
- забезпечення якісних показників процесу, до яких відносяться:
  - помилка регулювання (статистична або середньоквадратична);
  - час регулювання;
  - перерегулювання;
  - показник коливальності.

Обов'язково треба розраховувати помилки I та II роду, що вимагає набору великого обсягу статистичних даних.

При цьому характер перехідного процесу розглядається як коливальний, хоча він може носити і аперіодичний вигляд.

Не дивлячись на необхідність проведення великих досліджень і складність самої процедури, даний підхід здається перспективним.

### Література

1. Амосов Н.М. Регуляция жизненных функций и кибернетика. – Львов: Наукова думка, 1964. – 114 с.
2. Автоматизация металлургического производства [Эл. ресурс] / <https://www.kstu.kz/wp-content/uploads/2018/05/tsifrovaya-mitallurgiya/el-uch-po-ampr/gl21.htm>



## ОЦІНКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЧАТ-БОТУ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ПРОВОДИТИ ДІАГНОСТИКУ ЗАХВОРЮВАНЬ ПАЦІЄНТІВ

Анатолій КУЛИК, Олександр НІКОЛЬСЬКИЙ, Віктор РЕВЕНОК, Володимир МОТИГІН,  
Борис КОВАЛЬ, Володимир СТАДНИК  
*Вінницький національний медичний університет ім. М.І. Пирогова*  
*nikolskyu@i.ua*

Незважаючи на свою відносно новизну, штучний інтелект (ШІ) трансформує охорону здоров'я. Його сучасні використання включають сортування робочих процесів, прогнозні моделі, маркування та інтерпретацію рентгенографічних зображень, підтримку пацієнтів через інтерактивні чат-боти, засоби комунікації для неангломовних пацієнтів та інші послуги [1 - 8]. Проте всі ці випадки використання обмежені певною частиною клінічного робочого процесу та не забезпечують повноцінну підтримку пацієнтів або клініцистів. Недостатньо досліджене використання штучного інтелекту в медицині передбачає прогнозування та узагальнення діагнозів пацієнтів, планів лікування та результатів.

До недавнього часу моделям штучного інтелекту не вистачало достатньої точності та потужності, щоб суттєво брати участь у процесі прийняття клінічних рішень. Однак, поява великих мовних моделей (LLM), які навчаються на великих обсягах тексту, створеного людиною, наприклад, тексту з Інтернету, спонукала до подальших досліджень того, чи може ШІ служити допоміжним засобом у прийнятті клінічних рішень у всьому клінічному робочому процесі від сортування до діагностики та лікування.

Крім того, метод Reinforcement Learning (RL) для навчання агента людському зворотному зв'язку та вивчення політики відповідей на запитання виявився дуже ефективним у створенні менших моделей відбитків знань, які добре справляються з конкретними завданнями. Наприклад, відомий ChatGPT, випущений OpenAI, був навчений на поєднанні навчання під наглядом і RL із відгуками людини.

У практичній роботі ставилась задача дослідити і оцінити продуктивність нового LLM ChatGPT (Open AI) [9] на комплексних клінічних віньєтах (короткі, гіпотетичні випадки пацієнтів, які використовуються для перевірки клінічних знань і міркувань студентами і лікарями). ChatGPT — це популярний чат-бот, похідний від Generative Pre-trained Transformer-3.5 (GPT-3.5) OpenAI, авторегресійного LLM, випущеного в 2022 році [9]. Через широкую доступність чат-бота зростаючий обсяг досліджень описує ефективність ChatGPT на різних професійних тестах (наприклад, з медицини, права, бізнесу та бухгалтерського обліку) [10 -14] та створення технічних текстів, які можна знайти в біомедичній літературі [15]. Спостерігається великий інтерес до використання чат-бота для підтримки прийняття клінічних рішень [16 -20].

З огляду на те, що LLM, такі як ChatGPT, мають здатність інтегрувати великі обсяги текстової інформації для синтезу відповідей на підказки, створені людиною, ми припустили, що ChatGPT зможе діяти як віртуальний асистент лікаря у клінічних дослідженнях, використовуючи велику кількість інформації, доступної під час догляду за пацієнтом з електронних медичних записів та інших джерел. Ми зосередилися на комплексних клінічних віньєтах як моделі. Дослідження цієї практичної роботи є використанням здатності ChatGPT інтегрувати інформацію у подальші відповіді. Таким чином, досліджувана модель підходить для ітераційної природи клінічної медицини, оскільки отримання нової інформації вимагає постійного оновлення попередніх гіпотез. У цьому дослідженні ми перевіряємо гіпотезу чи зможе ChatGPT рекомендувати діагностичне обстеження, визначити курс клінічного лікування та, зрештою, поставити діагноз,

*Мета: оцінка та дослідження чат-боту GENERATIVE PRE-TRAINED TRANSFORMER-3.5 (GPT-3.5) від OPENAI проводити діагностику захворювань з використанням матеріалів клінічного посібника MERCK SHARPE & DOHME (MSD).*

Одне з завдань для виконання практичної роботи студентами напряму «Медицина», як приклад, представлено нижче.

Завдання. Скористатись комплексними клінічними віньєтами (історії хвороб) Case Studies (36) за посиланням: <https://www.msdmanuals.com/professional/pages-with-widgets/case-studies?mode=list>

*Зауваження: при виконанні кожного наступного завдання необхідно починати новий чат, щоб попередні налаштування не впливали на нову генерацію діагнозу.*

Вибрати віньєту у відповідності до варіанта, тобто номер по списку в журналі відповідає літері латинського алфавіту на сторінці Case Studies (36). Один варіант виконують два студента групи А і Б та досліджують пацієнта з віньєти.

На основі опису з віньєти пацієнта створити текстовий блок не більше 8000 символів (обмеження ChatGPT) і ввести його в вікно SEND MESSAGE інтерфейса ChatGPT. Рекомендується вводити інформацію порціями у вигляді співбесіди на англійській мові (допускається введенні українською, але достовірність діагнозу буде нижча, оскільки програма навчалась переважно на англійському контенті). Коли ліміт за кількістю символів вичерпується, бот автоматично видаляє історію розмови. Оновлення до ChatGPT4 стане в пригоді людям, які використовують ChatGPT для роботи з великим обсягом інформації на постійній основі.

При підготовці текстових блоків рекомендується проглянути всю історію захворювання пацієнта: History of Present Illness, Review of Systems, Past Medical History, Physical Examination, Essential Differential Diagnosis, Relevant Testing, Test Results, Diagnosis, Treatment Orders, About the Case, та завантажити в вікно SEND MESSAGE інтерфейса ChatGPT перших чотири блоки тексту послідовно у вигляді діалогу, проглядаючи відповіді ChatGPT на кожен блок тексту. В процесі діалогу з штучним інтелектом дослідити як і в яку сторону звужується перелік діагнозів. Після завантаження останнього текстового блоку і одержання відповіді ChatGPT порівняти її з остаточним діагнозом віньєти пацієнта. Зробити висновок про ефективність використання штучного інтелекту ChatGPT як асистента лікаря.

Для виконання завдання сформовані 24 команди по 2 студента проводили тестування ChatGPT по 24 віньєтах. Питання чат-боту надавались послідовно у вигляді розмови. Якщо відповіді чат-бота збігались з твердженнями з віньєт, то нараховувався бал за кожну правильну відповідь. Таким чином, були підраховані середні значення остаточного діагнозу по кожній віньєті. Результати експерименту показали, що в середньому для всіх віньєт ChatGPT досягає точності 70,4%.

Окремо проведено дослідження 24 командами по одній віньєті, яке показало середнє значення по точності результату 75,4%. Таке значення перевищує середнє по точності в попередньому експерименті, що може свідчити про удосконалення роботи нейронної мережі, оскільки вона отримує більше клінічної інформації. Результати моделювання і діалогу з ChatGPT (першого і останнього скріна) представлені на Рис.1.

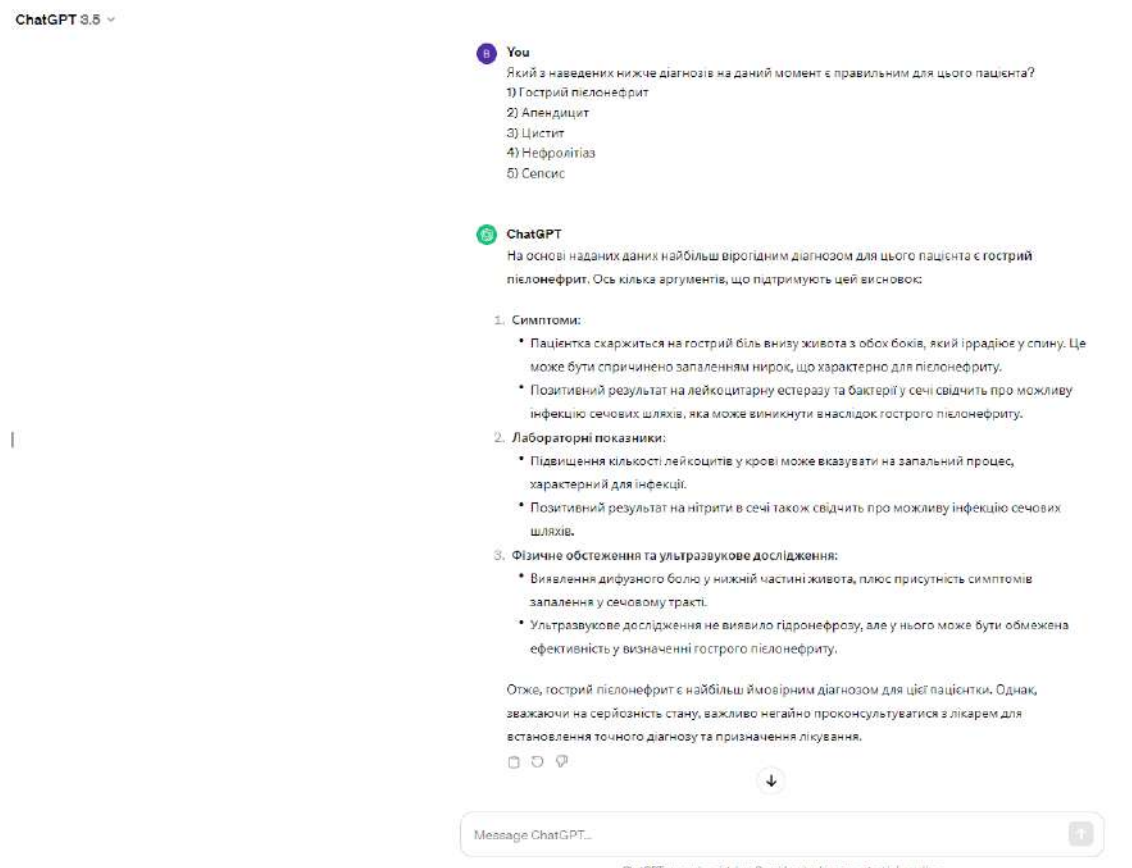
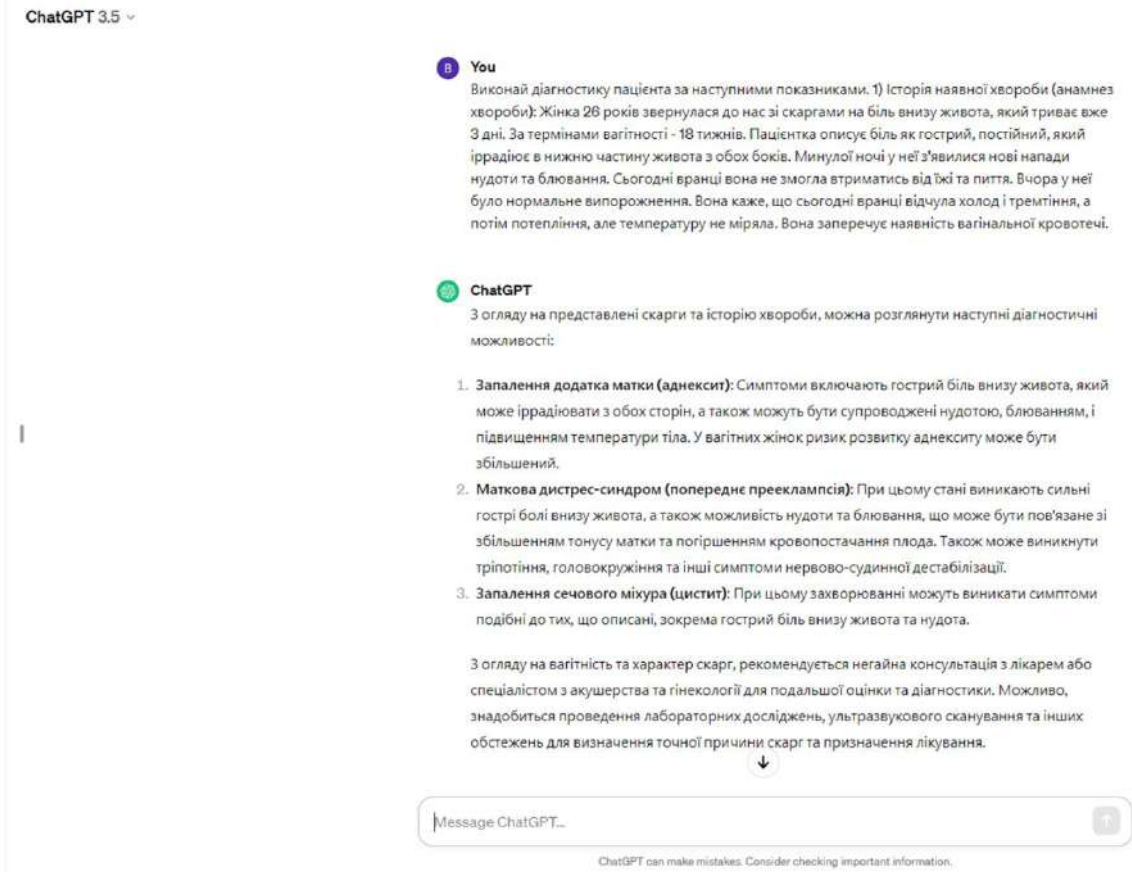


Рисунок 1 - Результати моделювання і діалогу з ChatGPT (першого і останнього скріна)

## ЛІТЕРАТУРА

1. Yu KH, Beam AL, Kohane IS. Artificial intelligence in healthcare. *Nat Biomed Eng* 2018 Oct 10;2(10):719-731 [[CrossRef](#)] [[Medline](#)]
2. Xu L, Sanders L, Li K, Chow JCL. Chatbot for health care and oncology applications using artificial intelligence and machine learning: systematic review. *JMIR Cancer* 2021 Nov 29;7(4):e27850 [<https://cancer.jmir.org/2021/4/e27850/>] [[CrossRef](#)] [[Medline](#)]
3. Chonde DB, Pourvaziri A, Williams J, McGowan J, Moskos M, Alvarez C, et al. RadTranslate: an artificial intelligence-powered intervention for urgent imaging to enhance care equity for patients with limited English proficiency during the COVID-19 pandemic. *J Am Coll Radiol* 2021 Jul;18(7):1000-1008 [<https://europepmc.org/abstract/MED/33609456>] [[CrossRef](#)] [[Medline](#)]
4. Chung J, Kim D, Choi J, Yune S, Song K, Kim S, et al. Prediction of oxygen requirement in patients with COVID-19 using a pre-trained chest radiograph xAI model: efficient development of auditable risk prediction models via a fine-tuning approach. *Sci Rep* 2022 Dec 07;12(1):21164 [<https://doi.org/10.1038/s41598-022-24721-5>] [[CrossRef](#)] [[Medline](#)]
5. Li M, Arun N, Aggarwal M, Gupta S, Singh P, Little BP, et al. Multi-population generalizability of a deep learning-based chest radiograph severity score for COVID-19. *Medicine (Baltimore)* 2022 Jul 22;101(29):e29587 [<https://europepmc.org/abstract/MED/35866818>] [[CrossRef](#)] [[Medline](#)]
6. Kim D, Chung J, Choi J, Succi MD, Conklin J, Longo MGF, et al. Accurate auto-labeling of chest x-ray images based on quantitative similarity to an explainable AI model. *Nat Commun* 2022 Apr 06;13(1):1867 [<https://doi.org/10.1038/s41467-022-29437-8>] [[CrossRef](#)] [[Medline](#)]
7. O'Shea A, Li MD, Mercaldo ND, Balthazar P, Som A, Yeung T, et al. Intubation and mortality prediction in hospitalized COVID-19 patients using a combination of convolutional neural network-based scoring of chest radiographs and clinical data. *BJR Open* 2022 Jan;4(1):20210062 [<https://europepmc.org/abstract/MED/36105420>] [[CrossRef](#)] [[Medline](#)]
8. Witowski J, Choi J, Jeon S, Kim D, Chung J, Conklin J, et al. MarkIt: a collaborative artificial intelligence annotation platform leveraging blockchain for medical imaging research. *Blockchain Healthc Today* 2021 Jun 22;4 [<https://europepmc.org/abstract/MED/36777485>] [[CrossRef](#)] [[Medline](#)]
9. ChatGPT: optimizing language models for dialogue. *Open AI*. 2022 Nov 30. URL: <https://openai.com/blog/chatgpt/> [accessed 2023-02-15]
10. Kung TH, Cheatham M, Medenilla A, Sillos C, de Leon L, Elepaño C, et al. Performance of ChatGPT on USMLE: potential for AI-assisted medical education using large language models. *PLOS Digit Health* 2023 Feb;2(2):e0000198 [<https://europepmc.org/abstract/MED/36812645>] [[CrossRef](#)] [[Medline](#)]
11. Bommarito MJII, Katz DM. GPT takes the bar exam. *SSRN Journal*. Preprint posted online on December 29, 2022. [[CrossRef](#)]
12. Choi JH, Hickman KE, Monahan A, Schwarcz DB. ChatGPT goes to law school. *SSRN Journal*. Preprint posted online on January 23, 2023. [[CrossRef](#)]
13. Bommarito J, Bommarito MJ, Katz J, Katz DM. GPT as knowledge worker: a zero-shot evaluation of (AI)CPA capabilities. *SSRN Journal*. Preprint posted online on January 11, 2023. [[CrossRef](#)]
14. Terwiesch C. Would Chat GPT3 get a Wharton MBA? a prediction based on its performance in the operations management course. Mack Institute for Innovation Management at the Wharton School, University of Pennsylvania. 2023. URL: <https://mackinstitute.wharton.upenn.edu/wp-content/uploads/2023/01/Christian-Terwiesch-Chat-GTP.pdf> [accessed 2023-08-02]

15. Flanagin A, Bibbins-Domingo K, Berkwits M, Christiansen SL. Nonhuman "authors" and implications for the integrity of scientific publication and medical knowledge. *JAMA* 2023 Feb 28;329(8):637-639 [CrossRef] [Medline]
16. Bates DW, Levine D, Syrowatka A, Kuznetsova M, Craig KJT, Rui A, et al. The potential of artificial intelligence to improve patient safety: a scoping review. *NPJ Digit Med* 2021 Mar 19;4(1):54 [<https://doi.org/10.1038/s41746-021-00423-6>] [CrossRef] [Medline]
17. Rao A, Kim J, Kamineni M, Pang M, Lie W, Dreyer KJ, et al. Evaluating GPT as an adjunct for radiologic decision making: GPT-4 versus GPT-3.5 in a breast imaging pilot. *J Am Coll Radiol* 2023 Jun 21 [CrossRef] [Medline]
18. Levine DM, Tuwani R, Kompa B, Varma A, Finlayson SG, Mehrotra A, et al. The diagnostic and triage accuracy of the GPT-3 artificial intelligence model. *medRxiv*. Preprint posted on online on February 1, 2023 [<https://europepmc.org/abstract/MED/36778449>] [CrossRef] [Medline]
19. Rao A, Kim J, Kamineni M, Pang M, Lie W, Succi MD. Evaluating ChatGPT as an adjunct for radiologic decision-making. *medRxiv*. Preprint posted on online on February 7, 2023 [<https://doi.org/10.1101/2023.02.02.23285399>] [CrossRef] [Medline]
20. Rao A, Pang M, Kim J, Kamineni M, Lie W, Prasad AK, et al. Assessing the utility of ChatGPT throughout the entire clinical workflow. *medRxiv*. Preprint posted on online on February 26, 2023 [<https://doi.org/10.1101/2023.02.21.23285886>] [CrossRef] [Medline]
21. MSD ДОВІДНИК версія для фахівців. URL:  
<https://www.msmanuals.com/uk/professional/resourcespages/medical-content-in-ukrainian>  
[accessed 2023-02-01]
22. Chat GPT безкоштовно. Як зареєструвати ChatGPT з України - повна інструкція.  
<https://www.youtube.com/watch?v=6oz1kON61O4>

## ВИМІРЮВАННЯ БАКТЕРИЦИДНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ З ДОВЖИНОЮ ХВИЛІ 254 НМ В УМОВАХ ФОНОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ

<sup>1</sup>Юрій ДОБРОВОЛЬСЬКИЙ, <sup>1</sup>Володимир ЛІПКА, <sup>1</sup>Віктор СТРЕБЕЖЕВ, <sup>1</sup>Георгій  
ПРОХОРОВ

<sup>1</sup>Чернівецький національний університет ім. Ю.Федьковича  
*y.dobrovolsky@chnu.edu.ua*

Необхідність вимірювання та контролю інтенсивності ультрафіолетового бактерицидного випромінювання (УФБВ) з довжиною хвилі 254 нм є актуальним завданням як для медичної так і для технічної науки, оскільки нагальність цієї потреби висвітлено у «Санітарно-протиепідемічних правилах і нормах використання ультрафіолетового бактерицидного випромінювання для знезараження повітря та дезінфекції поверхонь в приміщеннях закладів охорони здоров'я та установ/закладів надання соціальних послуг/соціального захисту населення» [1], підготовленому МОЗ України (Наказ 882 від 06.05.2021). У цьому документі вказано про те, що ультрафіолетовий радіометр (УФ-радіометр) повинен вимірювати інтенсивність бактерицидного потоку ультрафіолетового випромінювання починаючи від 0,1 мкВт/см<sup>2</sup>. Окрім того, відповідно до [1], він має бути «сонячно сліпим». Тобто УФ радіометр має вимірювати УФБВ в умовах фонових освітлення датчика (приймача УФ випромінювання) сонячним світлом.

Метою роботи є забезпечення вимірювання УФБВ з довжиною хвилі 254 нм, починаючи від 0,1 мкВт/см<sup>2</sup> в умовах фонових сонячних опромінювання.

Відома схема автоматичного регулювання підсилення (АРП) [2], яка була застосована нами [3], дозволила УФ радіометру вимірювати УФБВ в умовах фонових освітлення без спеціальних оптичних фільтрів. Але лише починаючи з 0,4 мкВт/см<sup>2</sup>, що є недостатнім з огляду на вимоги [1], які встановлюють мінімальну вимірювальну величину у 0,1 мкВт/см<sup>2</sup>.

Вирішенню поставленої мети було присвячено дослідження щодо впровадження спеціалізованого програмного забезпечення для зменшення чутливості приладу до фонових випромінювання. Зокрема, пропонується створення загорткової нейронної мережі із відповідним датасетом.

Потік світлових променів, які є фоновим освітленням, падають на поверхню фотоприймача, який генерує фотосигналу, що у подальшому підлягає обробці та підсиленню. У цьому сенсі вхідний світловий потік у кожний проміжок часу створює певне зображення, певний фотострум у кожний момент часу. У цьому сенсі можна вважати, що нейромережа працюватиме із шарами зображення, як швидко змінюється у часі. У такому випадку можна спробувати застосувати достатньо добре відпрацьовані технології розпізнавання плоского зображення за допомогою згорткової мережі [4].

Аналіз завдання показує, що згорткова нейронна мережа повинна працювати з наступними шарами: вхідний шар, 2D шари згортки (Conv2D), шари об'єднання для двовимірних входів (MaxPooling2D), шар середньої операції об'єднання просторових даних (AveragePo), гладжував входу (Flatten), звичайні щільно з'єднані шари (Dense).

Для навчання нейронної мережі має бути певний набір даних, тому важливим є побудова датасету високої якості. Відповідно основна вимога до нього – забезпечення зручного завантаження вхідних даних і можливість будувати власні великі датасети з декількох наборів даних. Найбільше, для вирішення такої задачі підходить, на нашу думку, платформа Kaggle.

Датасет має бути побудованим згідно такої схеми: перша частина – це дані, пов'язані із фотосигналом, що зумовлений лише випромінюванням УФБВ, яке має певну частоту, зумовлену конструкцією та технологією виготовлення певного випромінювача. Зовнішня

сонячна освітленість при цьому не повинна перевищувати  $10^2$  лк. Цей набір даних призначений для навчання та перевірки вихідних результатів. Друга частина складається з значень фонові освітленості, створюваної Сонцем, як має широкий частотний спектр, якій відрізняється від частотного спектру УФБВ у форматі json та метадані «зображень».

Програмний продукт має складатися з: скрипта для репрезентації даних; реалізації ШНМ; реалізації доступу до натренованої моделі та виводу результатів.

По завершенню процесу навчання та підготовки даних, створюється графік (рис. 1) для аналізу ефективності моделі та навчальних даних за допомогою бібліотеки matplotlib. Тут вісь x відображає відсотки від 0 до 100% (1). Вісь y відображає кількість епох (циклів) тренувань. На графіках видно, що метрики «точність перевірки» та «точність» прямують до 1, що є добре для моделі, оскільки показує високу точність класифікації шарів. З другого боку «параметр втрати» (помилки) прагне до малих значень протягом усіх епох тренування.

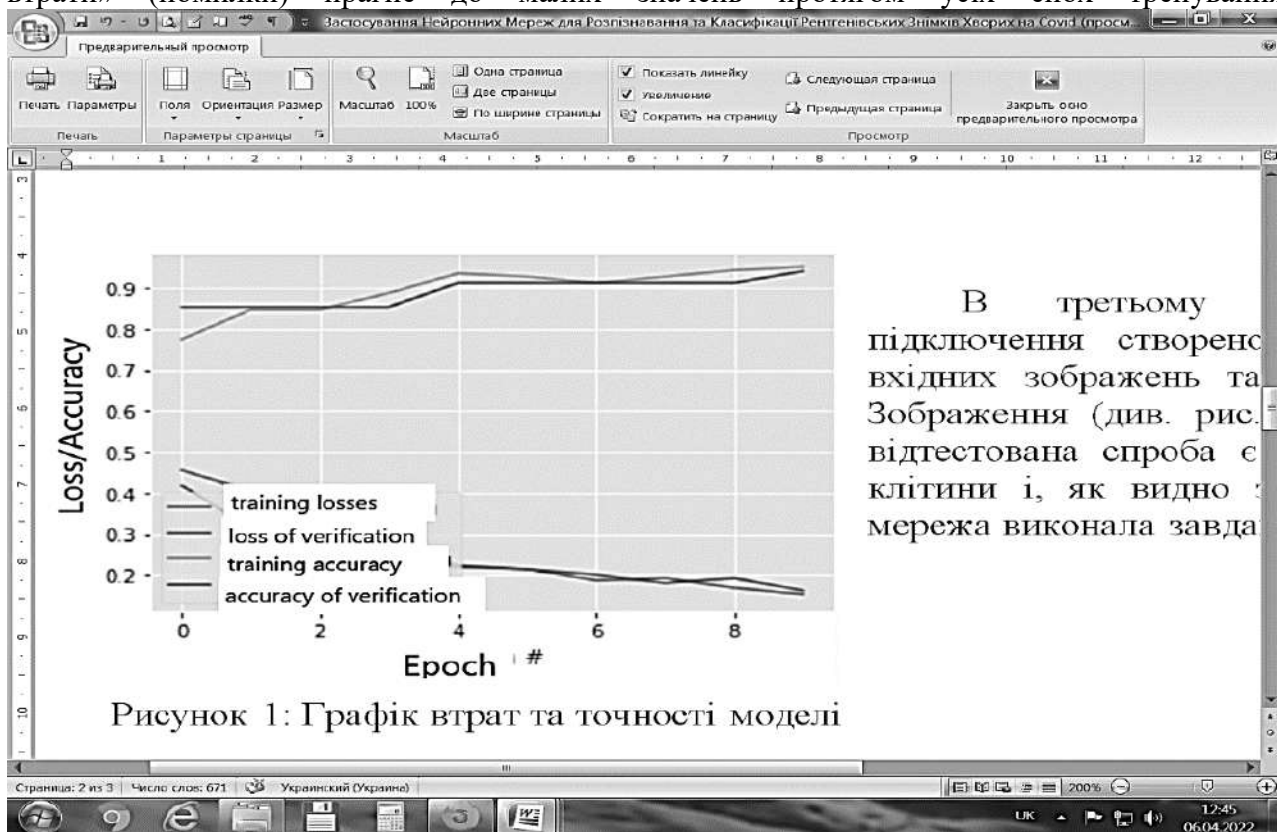


Рисунок 1: Графік втрат та точності моделі

Отже, після процесу навчання на підготовлених даних має виводиться різниця між даними, отриманими від обробки першого та другого типу даних. Цей алгоритм має, у подальшому оцінювати складову фонового випромінювання у результат вимірювання випромінювання УФБВ.

Попередні оцінки показують, що застосування в УФ радіометрі запропонованої нейронної мережі, дозволить забезпечити відсіювання фонового освітлення при вимірюванні випромінювання УФБВ. А саме, сонячного світла, що створює освітленість у площині фотодатчика до 20000 лк. В таких умовах УФ радіометр повинен забезпечити вимірювання енергетичної освітленості, створюваної УФБВ з довжиною хвилі 254 нм на рівні 0,1 мкВт/см<sup>2</sup>.

Таким чином можна забезпечити вимірювання випромінювання бактерицидних ламп без додаткових вартісних оптичних фільтрів у повній відповідності до вимог [1].

## ЛІТЕРАТУРА

- [1] Наказ МОЗ від 06.05.2021р. Про затвердження санітарно-протиепідемічних правил і норм використання ультрафіолетового бактерицидного випромінювання для знезараження повітря та дезінфекції поверхонь в приміщеннях закладів охорони здоров'я та установ/закладів надання соціальних послуг/соціального захисту населення. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0978-21#Text>.
- [2] Alegre Pérez, Juan Pablo, Celma Santiago López, Belén Calvo. Automatic Gain Control. Techniques and Architectures for RF Receivers. 2011 <https://www.springer.com/gp/book/9781461401667>.
- [3] V. M. Lipka, Yu. G. Dobrovolsky, and Yu. Sorokanyi. Algorithm for compensation of background light in a photo-receptive device for FSO. Proc. SPIE 12938, Sixteenth International Conference on Correlation Optics, 129380H (5 January 2024); <https://doi.org/10.1117/12.3009329> ISSN:0277-786X
- [4] Diachenko L., Lazoriak O., Dobrovolsky Y., Prokhorov G., Shumyliak L. Neural networks for the Recognition of X-ray Images of Ailments for Covid-19. Journal of Education, Health and Sport. 2022. Vol.12(6). P. 26-38. <https://doi.org/10.12775/JEHS.2022.12.06.002>



## СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ МЕТГЕМОГЛОБІНРЕДУКТАЗНОЇ АКТИВНОСТІ ЕРИТРОЦИТІВ ЛЮДИНИ В УМОВАХ ГІПОКСІЇ

Людмила НАКОНЕЧНА, Ольга ДОЦЕНКО  
*o.dotsenko@donnu.edu.ua*

У нормальних еритроцитах вміст metHb підтримується на рівні менш ніж 1% від загального вмісту гемоглобіну за допомогою двох основних ферментативних систем відновлення metHb. Вважається, що окисно-відновний цикл, що складається з цитохрому b5 (cytb5) і цитохром-b5-редуктази (cytb5R), який передає електрони від NADH на cytb5, є відповідальним більш ніж за 95% відновлення metHb еритроцитів за експериментальних умов. Відомо також, що нікотин-аденін-динуклеотид-фосфатний шлях і антиоксиданти, включаючи відновлений глутатіон і аскорбінову кислоту, також беруть участь у відновленні metHb.

Еритроцити сприйнятливі до окисного пошкодження через високі концентрації молекулярного кисню, мембранних поліненасичених жирних кислот, а також зв'язаних з гемом атомів феруму (II). Попередні дослідження показали, що зміни конформації гемоглобіну в умовах різних градієнтів кисню можуть впливати на антиоксидантну здатність еритроцитів. Гіпоксія посилює аутоокиснення гемоглобіну, сприяє окисному пошкодженню вільними радикалами клітин і тканин. Еритроцити мають високу антиоксидантну здатність для своєчасного видалення активних форм кисню (АФК) з клітин, плазми та тканин. Однак роль метгемоглобінредуктазних систем еритроцитів в умовах гіпоксії все ще залишається незрозумілою.

**Мета роботи** полягала в створенні кінетичної математичної моделі метаболізму еритроцитів із залученням  $O_2$ -чутливих механізмів гемоглобіну та метгемоглобінредуктазних систем для прогнозування тимчасових змін внутрішньоклітинних метаболітів, потоків реакцій і клітинної енергетики у відповідь на гіпоксію.

*Розробка математичної моделі.* Центральний вуглецевий змодельований з використанням моделі Holzhütter, у якій 38 диференціальних рівнянь було побудовано на основі точних кінетичних рівнянь. Модель центрального вуглецевого метаболізму Holzhütter була доповнена кінетичними рівняннями, що описують наступні процеси: а) дифузійні потоки екзогенних  $O_2$  і  $H_2O_2$ , б) оксигенації гемоглобіну, в) генерації внутрішньоклітинного супероксиданіон-радикалу і перекису водню, г) інактивації ендogenous перекису водню в реакціях, що каталізуються каталазою і глутатіонпероксидазою, д) відновлення метгемоглобіну двома метгемоглобінредуктазними системами, е) реакціями, оборотного конкурентного зв'язування гліколітичних ферментів (PFK, ALD, GAPDH) та двох алостеричних форм Hb (R- та T-станів) з білком суги 3 (band3 protein) мембрани, д) процесами, що відбуваються за участю глутатіону. Модель створена у програмі COPASI. Використовуючи процедуру "Parameter Scan" для стаціонарного стану моделі аналізували змінення величин потоків реакцій при зміні  $pO_2$  від 20 до 120 мм рт ст.

*Експериментальна перевірка результатів моделювання.* Еритроцити інкубували протягом 5-ти годин при 25°C в окисному середовищі складу: аскорбінова кислота (AscH)  $1 \cdot 10^{-4}$  моль/л,  $Cu^{2+}$   $-5,3 \cdot 10^{-6}$  моль/л, Na- фосфатний буфер (0,015 моль, 0,15 моль NaCl, pH 7,4). Через певні часові інтервали в гемолізатах клітин досліджували активність цитоплазматичних NADH- та NADPH-метгемоглобінредуктаз. Принцип методу визначення активності ферментів заснований на реєстрації швидкості відновлення  $K_3[Fe(CN)_6]$  у присутності NADH при  $\lambda=400$  нм. Активність ферментів виражали в мкмоль відновленого  $K_3[Fe(CN)_6]$  ( $\epsilon=1020$  моль $\cdot$ см $^{-1}$ ) за 1 хв на мг Hb.

*Результати дослідження.* Розраховані за моделлю потоки через флавінредуктазу і цитохром-b5-редуктазу показані на рис. 1а. З отриманих залежностей видно, що за умов нормоксії активна флавінредуктаза і при незначному зниженні кисню саме вона швидко активізується і відповідає за відновлення метгемоглобіну. За умов  $PO_2 < 80$  її активність максимальна і далі підтримується на цьому рівні при зниженні  $PO_2$ .

Цитохром-b5-редуктаза активізується тільки за умов гіпоксії і аноксії, коли рівень  $PO_2$  стає меншим за 60 мм (рис. 1а). Потік через цю відновлювальну систему на порядок перевищує потік через флавінредуктазу.

Поряд з цим, модель дає можливість розраховувати та аналізувати потоки усіх реакцій, залучених у модель, та концентрацій метаболітів, прогнозувати зміни ключових відновників на метаболітів, важливих для процесів оксигенації.

Отримані дані моделювання співпадають з літературними даними про те, що перемикання відновлення з флавін-NADPH на *cytb5*-NADH шлях відбувається після досягнення максимальної допустимої швидкості NADPH-залежної флавінредуктази.

Експериментальні дані змінення активностей метгемоглобінредуктаз еритроцитів при інкубуванні у середовищі  $Cu^{2+} - AscH$  наведені на рис. 1б. Інкубування клітин продовж 5-ти годин приводило до стану гіпоксії. Активність цитоплазматичної NADPH-FMNR зростала протягом перших 60 хв експерименту. Протягом наступної години інкубування активність NADPH-метгемоглобінредуктази в 2-2,5 рази перевищувала рівень контролю (рис. 1б).

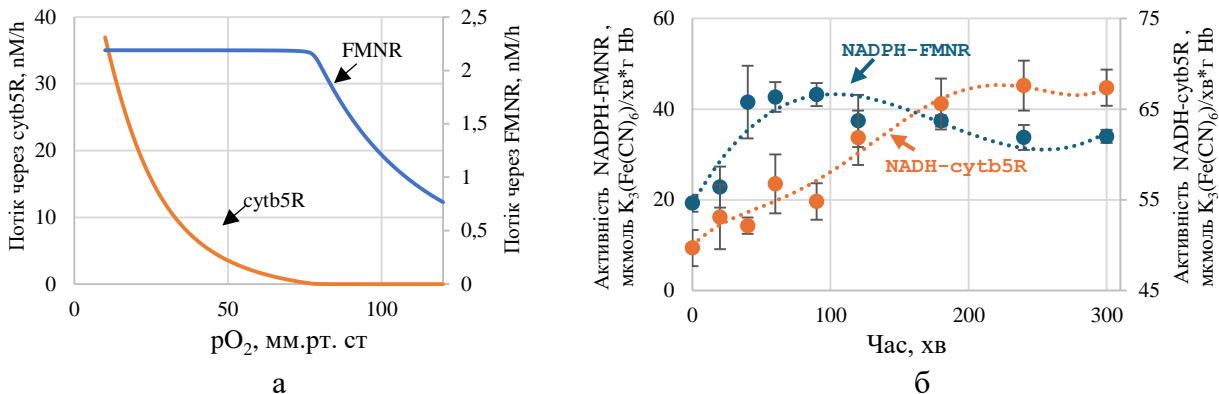


Рис. 1. а – розраховані за моделлю потоки через флавінредуктазу і цитохром-b5-редуктазу залежно від парціального тиску кисню. б – зміна активності цитоплазматичної NADPH/NADH - метгемоглобінредуктаз еритроцитів при інкубації у середовищі  $Cu^{2+} - AscH$ .

Активність цитоплазматичної NADH-*cytb5R* еритроцитів в середовищі  $Cu^{2+} - AscH$  (рис. 1б) протягом перших 90 хв незначно перевищувала рівень контролю, та активізувалася тільки після 120 хв експерименту (активність ферменту збільшувалася і на 35% перевищувала рівень контролю).

Показано, що прогнозуємий характер активізації NADPH- залежної (флавін) і NADH-залежної (*cytb5*) метгемоглобінредуктаз отриманий при моделюванні співпадає з експериментальними даними. В еритроцитах за умов інкубації в середовищі, що містить  $Cu^{2+} - AscH$  спочатку активізується NADPH- залежна метгемоглобінредуктаза, і тільки після двох годин інкубації і розвитку гіпоксії почала зростати активність NADH-залежної метгемоглобінредуктаз.

За результатами аналізу перерозподілу потоків інших реакцій і змін концентрацій ключових метаболітів зроблений висновок, що розроблена модель задовільно відтворює характер процесів за умов гіпоксії і окисного навантаження. Таким чином, дана модель може бути використана для аналізу інших процесів, зокрема недостатності метгемоглобінредуктаз і розвитку метгемоглобінемії.



## ДОСЛІДЖЕННЯ IN-SILICO ТІОЛ-ДИСУЛЬФІДНОГО ОБМІНУ В ЕРИТРОЦИТАХ ЛЮДИНИ В УМОВАХ ГІПОКСІЇ

Аліна РАКУТІНА, Ольга ДОЦЕНКО  
Донецький національний університет імені Василя Стуса  
o.dotsenko@donnu.edu.ua

Зміни доступності кисню в мікро- та макросередовищі пов'язані з гострими локальними або системними змінами в окисно-відновному стані еритроцитів. Для еритроцитів мишей, щурів і людини було показано гостре дозозалежне підвищення рівнів еритроцитарного глутатіону (GSH) у відповідь на деоксигенацію [1, 2].

Відомо, що гемоглобін може утворювати нековалентний комплекс з GSH. Показано, що гемоглобін в оксиформі зв'язує чотири молекули GSH, тоді як дезоксиформа зв'язує лише дві молекули GSH, наслідком чого може бути підвищення рівня глутатіону в еритроцитах людини під час гіпоксії на висоті, так і в ізольованих еритроцитах в умовах нестачі кисню [2]. Таким чином, гемоглобін може діяти як депо для GSH, вивільняючи його в гіпоксичне середовище, що, ймовірно, відіграє значну роль у посиленні антиоксидантного захисту еритроцитів від активних форм кисню, що виробляються мітохондріями в периферичних тканинах, чутливих до різких змін кисню. Крім того, глутатіонілування виконує не тільки захист тіолових груп гемоглобіну від необоротного окислення, але і регуляторну функцію, значно (у 6 разів) підвищуючи спорідненість гемоглобіну до кисню [2].

Проте, багато аспектів функціонування тіол-дисульфідного обміну в еритроцитах у стані гіпоксії залишається нез'ясованим.

*Мета роботи* полягала в дослідженні особливостей процесів тіол-дисульфідного обміну в еритроцитах в умовах гіпоксії, окисного навантаження та метаболічного стресу в експериментах in vitro та in silico.

*Розробка метаболічної моделі, що включає тіол-дисульфідний обмін.* В основі моделі, що розроблялася, лежить модель центрального вуглецевого метаболізму еритроцитів Holzhütter, яка знаходиться в базі Biomodel database. Дана модель складається з 38 диференціальних рівнянь, що описують зміни метаболітів двох основних метаболічних шляхів: гліколізу і пентозофосфатного шляху. Усі рівняння побудовані на основі точної кінетики цих процесів. Раніше, ми долучили до моделі процеси генерування і інактивації активних форм кисню, зокрема перекису водню.

Натепер, ми моделюємо роботу тіол-дисульфідної системи, до якої залучені процеси за участю пероксиредоксину (Prx), тіоредоксину (Trx) і тіоредоксинредуктази (TrxR) та глутаредоксину. Модель включає процеси за участю глутатіонпероксидази (GPx), і основних ферментів антиоксидантного захисту – супероксиддисмутази і каталази. Враховуючи недавні дані по глутатіонуванню і деглутатіонуванню гемоглобіну, ми намагаємося залучити ці процеси до моделі і описати їх математично. Враховуючи залежність процесів глутатіонування і деглутатіонування від насиченості гемоглобіну киснем, ми застосовуємо цю модель для дослідження тіол-дисульфідного обміну у стані гіпоксії. Модель створена у програмі COPASI. Остаточний варіант моделі складається з 70 диференціальних рівнянь. COPASI пропонує процедуру "Parameter Scan", яка забезпечує гнучку схему зміни величин параметрів, пов'язаних з моделюванням. Цю процедуру використовували в роботі для дослідження чутливості потоків реакцій і метаболітів моделі до величини парціального тиску кисню ( $PO_2$ ), що забезпечує різні умови постачання кисню (нормоксію чи гіпоксію) і різний рівень оксигенації еритроцитів.

*Експериментальні дослідження.* Суспензію еритроцитів вводили у окисне середовище наступного складу: аскорбінова кислота (AscH)  $1 \cdot 10^{-4}$  М,  $\text{Cu}^{2+}$   $-5 \cdot 10^{-6}$  М, Na-фосфатний буфер (0.015 М, 0.15 М NaCl, pH 7,4) з різним вмістом глюкози. Кількість еритроцитів в середовищі інкубування відповідав вмісту гемоглобіну 3,0-3,2 мг/мл. Кількість введеної глюкози складала 0,2, 0,7, 2,0 та 4 мМ на  $10^{12}$  еритроцитів/л.

Клітини інкубували протягом 5-ти годин при 20°C. Через певні часові інтервали в гемолізаті відмитих клітин визначали вміст глутатіону (GSH) і загальну кількість -SH-груп білкової фракції.

*Результати.* Експериментальні дані свідчать, що характер зміни вмісту глутатіону в клітинах дуже сильно залежить від кількості глюкози в середовищі інкубування. За наявності глюкози в кількості 2,0 та 4 мМ підвищення вмісту GSH та -SH-груп білкової фракції відбувається тільки після 3-х годин інкубування, що зв'язано з наявністю стану гіпоксії. За цих умов інкубування еритроцити не відчувають окисного стресу з боку середовища інкубування, завдяки наявності АТФ як енергетичного ресурсу і NADPH як субстрату для глутатіонредуктази (фермент, що відновлює окиснену форму глутатіону) та низки інших ферментів.

Однією з переваг моделювання є можливість пропонувати кількісні оцінки внутрішньоклітинних метаболітів і потоків реакцій, залежно від умов функціонування дослідної системи. За відсутності чи недостатньої кількості глюкози клітини використовують певні механізми, спрямовані на виживання. Метаболічний стрес, викликаний нестачею глюкози, призводить до зниження рівня АТФ і глутатіону, який, в умовах відсутності окисного стресу, індукує глутатіонілування гемоглобіну з метою підвищення його спорідненості до кисню. Відтворити ці механізми поки не вдалося. Натепер, проаналізувати поведінку системи шляхом моделювання вдалося тільки у випадку концентрацій глюкози 2 мМ та 4 мМ. Тому далі результати моделювання будуть проаналізовані тільки для цих умов.

За результатами моделювання, в умовах гіпоксії та відсутності метаболічного стресу кількість відновленого глутатіону зростає в декілька раз по відношенню до початкової концентрації GSH у клітині за рахунок деглутатіонування. Це дає можливість знизити окисні процеси у клітині (зокрема знизити вміст перекису водню) і набагато знизити рівень окисленої форми глутатіону. Отримані результати моделювання співпадають з експериментальними даними роботи і літературними даними. Результати моделювання показують, що за наявності глюкози, глутатіонредуктаза не відповідальна за відновлення GSH у стані гіпоксії, а збільшення вмісту глутатіону забезпечують процеси деглутатіонування за участю глутаредоксину і тіоредоксинредуктази, що відповідає за відновлення тіоредоксину. Тіоредоксин неферментативно відновлює глутатіон. Отримані результати свідчать, що вміст NADPH дуже сильно знижується у відповідь на гіпоксію, незважаючи на відсутність метаболічного стресу. Наявність математичної моделі дає можливість розрахувати величини потоків реакцій, концентрації метаболітів та знайти додаткові механізми, спрямовані на подолання стану гіпоксії.

#### Література

1. S. Fenk, E. V. Melnikova, A. A. Anashkina, Y. M. Poluektov, P. I. Zaripov, V. A. Mitkevich, Y. V. Tkachev, L. Kaestner, G. Minetti, H. Mairbäurl, J. S. Goede, A. A. Makarov, I. Y. Petrushanko and A. Bogdanova. "Hemoglobin is an oxygen-dependent glutathione buffer adapting the intracellular reduced glutathione levels to oxygen availability". *Redox biology*, 58, pp.102535-48. Dec 2022.
2. A. A. Anashkina, D. N. Kaluzhny, E. Y. Parshina, G. V. Maksimov, V. A. Mitkevich, A. A. Makarov and I. Y. Petrushanko. "Changes in Hemoglobin Properties in Complex

with Glutathione and after Glutathionylation”. *International journal of molecular sciences*, vol. 24, no 17, pp. 13557. Aug 2023.

## ДИНАМІЧНІ БІОМЕТРИЧНІ ПОКАЗНИКИ ОКА ДЛЯ АВТОРИЗАЦІЇ КОРИСТУВАЧА В КОМП'ЮТЕРНІЙ СИСТЕМІ

Сергій МЕДВІНСЬКИЙ, Ірина ЖУРАВСЬКА  
*Чорноморський національний університет імені Петра Могили*  
sergey.m@chmnu.edu.ua, iryna.zhuravska@chmnu.edu.ua

З розвитком технологій у продажу збільшується кількість пристроїв, що реалізують алгоритми для авторизації за біометричними показниками. Разом із цим також з'являються нові методи обходу таких алгоритмів задля здійснення несанкціонованого доступу (НСД) до інформації користувача.

Використання відбитку пальця стає все менш популярним, натомість поширюються пристрої, що фокусуються на аналізі ключових точок обличчя та/або очей, через те, що вони не потребують ніяких дій від користувача і наздоганяють попередні методи по швидкодії. Але ключові точки все ще є статичним зразком, який може бути підробленим.

Для запобігання витоку даних та запобігання НСД можна ускладнити існуючі алгоритми за допомогою збору динамічних показників і потокового аналізу їх під час роботи. Такий підхід надає можливість створення поведінкової моделі користувача або використання отриманих показників для інтеракції з операційною системою, що дозволить зробити перехід від авторизації до взаємодії майже безшовним. Також зазначений підхід надає можливості моніторингу деяких показників у медичних цілях, наприклад, для своєчасного виявлення синдрому сухого ока або надмірної напруги на зір під час роботи за комп'ютером.

Незважаючи на різноманіття готових алгоритмів та попередніх розробок, більшість методів не є придатними для використання у повсякденні через додаткові ускладнюючі фактори, такі як рівень освітлення, нахил голови та інші. Також одною з головних вимог до готового пристрою є зручність використання та автономність.

У роботах [1–3] була висвітлена будова модулів для вирішення зазначених проблем з урахуванням необхідних потреб. Одним з перспективних рішень є додавання гіроскопу до інфрачервоної камери, що направлена на око (рис. 1). Але в процесі розробки виявилось, що запропоноване розташування камери не є зручним, особливо враховуючі габаритні розміри деяких камер для Raspberry PI, що можуть бути використані для реалізації методу.

Для вирішення цього питання було прийняте рішення винести камеру за рамки дужки окулярів і отримувати зображення ока за допомогою так званого «гарячого дзеркала» – інтерференційного оптичного фільтру, що відбиває інфрачервоне світло, але пропускає всі хвилі видимого спектру (рис. 1). Це дозволить максимально звільнити поле зору користувача від перешкод, зберігаючи при цьому необхідний функціонал.

У випадку використання пристрою для взаємодії з персональним комп'ютером у якості маніпулятора, замість комп'ютерної миші можна додати ще одну камеру з меншою роздільною здатністю, що буде відслідковувати позицію монітору. Це дозволить більш точно визначати відносні розміри та викривлення дисплею для спостерігача в залежності від віддалення, виходячи з отриманих параметрів. Таке рішення також максимально зменшить похибку позиціонування курсору відносно ока.

У якості зразку для авторизації можна одночасно використовувати зображення рогівки або ока в цілому з сегментом обличчя, що потрапляє у кадр. В такому разі можливо забезпечити додаткові шари безпеки шляхом аналізу поведінки ока або обох очей у випадку з

використанням двох камер для розрахунку напрямку погляду та/або шляхом використання графічного ключа, що повинен бути введений за допомогою погляду (руху очима).

Для відслідковування напрямку погляду було проаналізовано можливість реалізації у рамках даної розробки низки існуючих алгоритмів, таких як Exclusive Curve Selector (ExCuSe), Swirski, Starburst та ін.

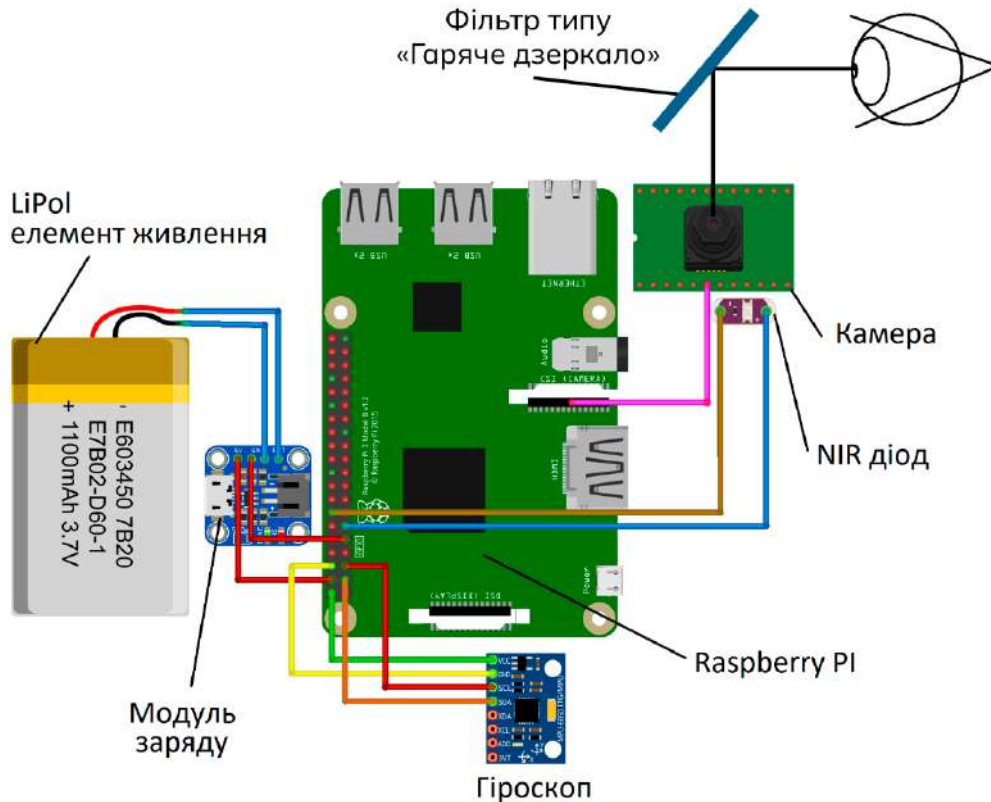


Рисунок 1 – Схема пристрою

За результатами роботи цих алгоритмів було виявлено, що найбільш точним з переліку виявився метод ExCuSe (рис. 2), котрий дозволяє з доволі високою вірогідністю відслідковувати напрямок погляду навіть з такими додатковими ускладненнями, як:

- велика кількість відображень від ока (що засвічує частину отриманого камерою зображення);
- погане освітлення (з додатковими ускладненнями у вигляді дуже великого кута між камерою та оком, перекриття частини зображення віями тощо) ;
- зміщені контактні лінзи;
- додаткові чорні плями;
- зіниця у куті зображення

та деякі інші.

Також цей метод був протестований на великій кількості зразків поза межами лабораторії та у повсякденному використанні, де довів свою надійність і обійшов свої аналоги по більшості параметрів. Але при реалізації в умовах портативного пристрою на базі Raspberry PI можливий вибір іншого алгоритму задля пришвидшення процесу обчислень, після чого компенсувати похибки точності за допомогою камери, що буде направлена на об'єкт, і

окремого алгоритму, який буде зіставляти напрямок погляду людини і зображення того, що вона бачить.

У подальших дослідженнях планується розглядання таких алгоритмів, як Pupil Detection after Isolation and Fitting (PDIF), Pupil Reconstruction (PuRe) та Pupil Reconstruction with Subsequent Tracking (PuReST) з метою визначення більш надійного рішення.

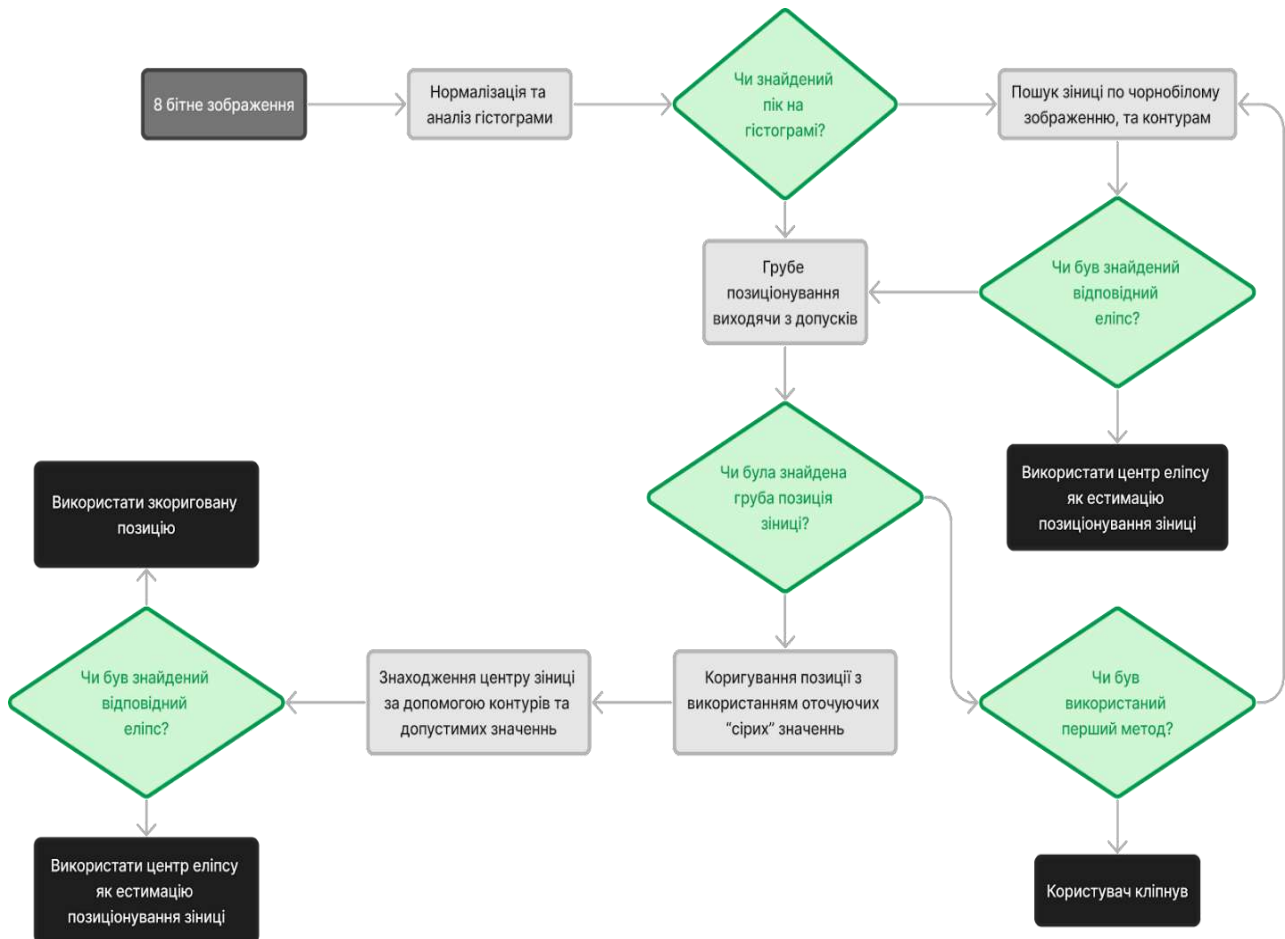


Рисунок 2 – Послідовність дій алгоритму ExCuSe

Зазначений метод має великий потенціал для розширення цифрової трансформації у будь-яких галузях, де використовуються особисті дані для автентифікації в комп'ютерних системах. Крім того, спостереження за поведінкою очей може бути корисним для виявлення інсульту на ранніх стадіях, оскільки в такому стані у хворого очі втрачають фокусування і зіниці стають різного розміру. Ще одним корисним використанням запропонованої розробки може бути визначення синдрому "сухого ока" у тому випадку, якщо користувач довго дивиться на монітор - тоді користувачеві на монітор можна вивести повідомлення з пропозицією зробити розминку для очей. У перспективі можна також реалізувати автоматичне закапування (флакон з ліками до 5 мл може кріпитися до дужки окулярів) при цьому в очі крапель, прописаних лікарем при такій ситуації. Розробка бездротових модулів сканування судинної оболонки ока (СХСО) дозволить також людям з обмеженими можливостями автентифікуватись та взаємодіяти з комп'ютерними системами.



## ЛІТЕРАТУРА

1. Системи розпізнавання райдужної оболонки ока для контролю доступу. *Worldvision : Інтернет-магазин систем безпеки*. Опубл. 21.12.2013. URL: <https://worldvision.com.ua/articles/sistemi-raspoznavaniya-raduzhnoy-obolochki-glaza> (дата звернення: 28.03.2023).
2. Xiong J., Zhang Z., Wang C., Cen J., Wang Q., Nie J. Pupil localization algorithm based on lightweight convolutional neural network. *The Visual Computer*. 2024, Jan. P. 1–17. DOI: 10.1007/s00371-023-03222-0.
3. Fuhl W., Kübler T. C., Sippel K., Rosenstiel W., Kasneci E. ExCuSe: Robust pupil detection in real-world scenarios. *Proc. of the Intern. Conf. on Computer Analysis of Images and Patterns (CAIP 2015). Lecture Notes in Computer Science*. 2015. Vol. 9256. P. 39–51. Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-319-23192-1\_4.

## ПОСТАНОВКА КОМП'ЮТЕРНОГО ДІАГНОЗУ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ СТАТИСТИЧНИХ ДАНИХ ТА ЕКСПЕРТНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

Анатолій ПОВОРІЗНЮК, Оксана ПОВОРІЗНЮК  
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»  
ai.povoroznjuk@gmail.com

**Вступ.** На теперішній час є широкий спектр комп'ютерних систем підтримки прийняття рішень в різних предметних областях медицини [1], в яких постановка комп'ютерного діагнозу в формалізованому виді представляється задачею класифікації, тобто реалізується вирішальне правило (ВП) визначення стану  $D_i$  діагностуемого об'єкта (пацієнта)  $\omega_i$  при аналізі векторам вхідних ознак  $X_i$ . ВП визначається на етапі навчання при аналізі навчальної вибірки, елементами якої виступають пацієнти з підтвердженим діагнозом (об'єктивна складова). При цьому репрезентативність вибірки не завжди можна досягти в існуючих медичних базах даних, особливо при діагностиці рідкісних захворювань. Крім того, практикуючі лікарі з недовірою відносяться до результатів комп'ютерного діагнозу та зазнають труднощів при інтерпретації результатів діагностики.

Традиційна діагностика заснована на систематичному огляді пацієнта, аналізі анамнезу, скарг та об'єктивних ознак захворювання, що були виявлені при фізичному дослідженні – огляді, перкусії та ін. а також за допомогою лабораторно-інструментальних досліджень. Виявленні ознаки (симптоми) захворювання лікар об'єднує в синдроми (сукупність симптомів, що мають спільний патогенез), на основі яких робиться висновок про можливе захворювання. При цьому важливу роль відіграє кваліфікація та досвід лікаря (суб'єктивна складова). Але при цьому необхідно вирішити задачу формалізації експертної інформації.

Таким чином, можна відзначити, що використовуються два підходи до формулювання діагностичного висновку: об'єктивна складова, яка заснована на аналізі навчальної вибірки, та суб'єктивна складова, яка заснована на експертній інформації про структуру симптомомокомплексів.

Тому **актуальною задачею** є розробка методу синтезу діагностичного ВП, який об'єднує вказані підходи.

**Метою роботи** є розробка комбінованого вирішального правила постановки комп'ютерного діагнозу, яке б дозволило врахувати як об'єктивну, так і суб'єктивну складову процесу постановки діагнозу.

**Розробка моделі комбінованого вирішального правила.** В якості об'єктивної складової ВП роботі пропонується застосувати метод порівняння з прототипом, який найчастіше використовується при аналізі числових ознак, в випадку, коли класи  $\Omega_m$  ( $m = \overline{1, M}$ ) утворюють компактні множини об'єктів, що мають куольову форму в просторі ознак. При цьому кожний із класів  $\Omega_m$  описується прототипом  $\omega^{me}$ , у якості якого вибирається геометричний центр угруповання класу. При реалізації методу розрізняють *етап навчання*, та *етап класифікації*.

На *етапі навчання* обчислюються координати прототипу кожного класу по формулі

$$x_i^{me} = \frac{1}{n_m} \sum_{j=1}^{n_m} x_i^j, \quad (i = \overline{1, p}), (m = \overline{1, M}), \quad (1)$$

де  $x_i^{me}$  –  $i$ -та координата еталонного об'єкта (прототипу) класу  $\Omega_m$ ;

$n_m$  – кількість об'єктів класу  $\Omega_m$  в навчальній вибірці;

$x_i^j$  –  $i$ -та координата  $j$ -го об'єкта класу  $\Omega_m$  в навчальній вибірці;

$p$  – розмір координатного простору (кількість діагностичних ознак);

$M$  – кількість класів, на які виконується класифікація невідомого об'єкта (кількість діагностуємих станів в даній предметній області медицини);

На *етапі класифікації* (постановка діагнозу) кожний новий об'єкт  $\omega_i$ , який необхідно однозначно віднести до одного із класів  $\Omega_m$  (пацієнт, якому необхідно поставити діагноз),

обчислюються відстані  $R(\omega_i, \omega^{me})$  від точки нового класифікуемого об'єкта  $\omega_i$  з координатами  $x_j^{\omega_i}$   $j = \overline{1, p}$  в просторі ознак до кожного прототипу  $\omega^{me}$  класу  $\Omega_m$  по формулі

$$R(\omega_i, \omega^{me}) = \sqrt{\sum_{j=1}^p (x_j^{\omega_i} - x_j^{\omega^{me}})^2}, \quad (m = \overline{1, M}), \quad (2)$$

Невідомий об'єкт  $\omega$  належить до класу  $\omega^t$ , відстань до прототипу якого  $R(\omega, \omega^{te})$  буде мінімальною:

$$R(\omega_i, \omega^{te}) = \min_{m=1, M} R(\omega_i, \omega^{me}), \quad (3)$$

*Врахування експертної інформації щодо структури симптомокомплексу.* Інформацію про симптоми захворювань у неформалізованому виді можна знайти в різних медичних довідниках [2], яку можна вважати експертною оцінкою захворювання, виробленою багатьма поколіннями лікарів. Розглянемо врахування експертних оцінок щодо структури симптомокомплексу при обчисленні координат еталонів класів.

Лікарі-фахівці частіше за все оперують поняттями норми тієї чи іншої ознаки, що виражається у розбитті динамічного діапазону ознаки на три інтервали: “нижче норми”, “норма”, “вище норми”. Якщо відомі значення динамічних діапазонів всіх ознак, а також граничні значення «норми», то центри цих діапазонів і є числовим вираженням прототипу класу  $\omega^{ml}$  з координатами з координатами  $x_j^{\omega^{ml}}$   $j = \overline{1, p}$ , який одержано не по навчальній вибірці, а по експертній оцінці симптомокомплексу. Будучи отриманими з різних передумов (статистика й думка експерта), вони описують одну проблему з різних позицій. Природним є припущення, що їхнє спільне використання є перспективним. При цьому координати прототипу на етапі навчання в (1) обчислюються за формулою

$$x_i^m = k_1 x_i^{m3} + k_2 x_i^{ml} \quad (i = \overline{1, p}).$$

Вагові коефіцієнти  $k_i$  визначаються на етапі навчання системи і відповідають ступеню довіри до кожної складової. Кінцевий користувач-експерт повинен мати можливість корегувати ці значення на власний розсуд під особисту відповідальність. В подальшому класифікація нових об'єктів виконується за стандартним алгоритмом методу порівняння з прототипом по (2, 3).

**Висновки.** У роботі розроблена математична модель вирішального правила на основі модифікації методу порівняння з прототипом шляхом внесення експертної інформації щодо структури симптомокомплексів при обчисленні координат прототипів класів.

Формалізовано експертну інформацію про структуру симптомокомплексів шляхом представлення симптомокомплексу кожного захворювання числовими інтервалами лінгвістичних змінних. Розглянуто варіанти врахування експертних оцінок про структуру симптомокомплексів при обчисленні координат прототипів класів (колектив вирішальних правил, зважування та підсумовування оцінок).

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

[1] Сучасні інтелектуальні технології функціональної медичної діагностики: монографія / О.Г. Аврунін, Є.В. Бодянський, М.В. Калашник, В.В. Семенець, В.О. Філатов. – Харків: ХНУРЕ, 2018. – 236 с.

[2] Слободян Л., Слободян О. Довідник педіатра та сімейного лікаря. – Київ: Навчальна книга – Богдан, 2016. – 464 с.

## EXPANDING THE CAPABILITIES OF THE DIGITAL STETHOSCOPE

<sup>1</sup>Oleksandr VASILEVSKYI, <sup>2</sup>Emanuel POPOVICI, <sup>2</sup>Volodymyr SARANA

<sup>1</sup>*The University of Texas at Austin, USA*

<sup>2</sup>*University College Cork, Ireland*

*oleksandr.vasilevskyi@austin.utexas.edu*

Today, digital stethoscopes have begun to be produced and widely used in medical practice around the world. This device allows you to hear the patient's body sounds. You can listen to sounds with several filter options or listen to completely unfiltered sounds. The digital stethoscope has revolutionized the teaching of medicine. Used in leading medical schools in Ireland, it gives educators the freedom to create new ways to teach critical auscultation skills. This device integrates with most video conferencing and telemedicine systems using audio to streamline your workflow. The digital stethoscope allows you to record, save, and share sounds with unprecedented clarity [1]. The general view of the Digital Stethoscope is shown in Fig. 1.



Fig. 1. The general view of the Digital Stethoscope

Since determining a person's blood pressure is an important component of a medical examination, it was proposed to expand the capabilities of the Digital Stethoscope by adding special electrodes and a photoplethysmography (PPG) sensor for measuring ECG and PPG signals. To expand the capabilities of the digital stethoscope, it was proposed to complement it with the MAX86150 evaluation system. The block diagram for measuring ECG and PPG signals is shown in Fig. 2 [2]. The method for determining systolic and diastolic pressure using fingers is described in detail in [3-8]. The mathematical apparatus that is proposed to be used for processing the measurement results of ECG and PPG signals is presented in [3].

The results of blood pressure measurements of several patients of different ages using the MAX86150 evaluation system and the developed algorithm for calculating systolic and diastolic pressure are presented in Fig. 3. The quality of the results obtained was assessed based on the concept of measurement uncertainty [9-14]. As a result of processing the measurement results, it was determined that the measurement uncertainty of type A in the first patient was 1.52 mmHg for SBP and 0.86 mmHg for DBP. In the second patient, this measurement uncertainty was 0.79 mmHg for SBP and 0.4 mmHg for DBP.

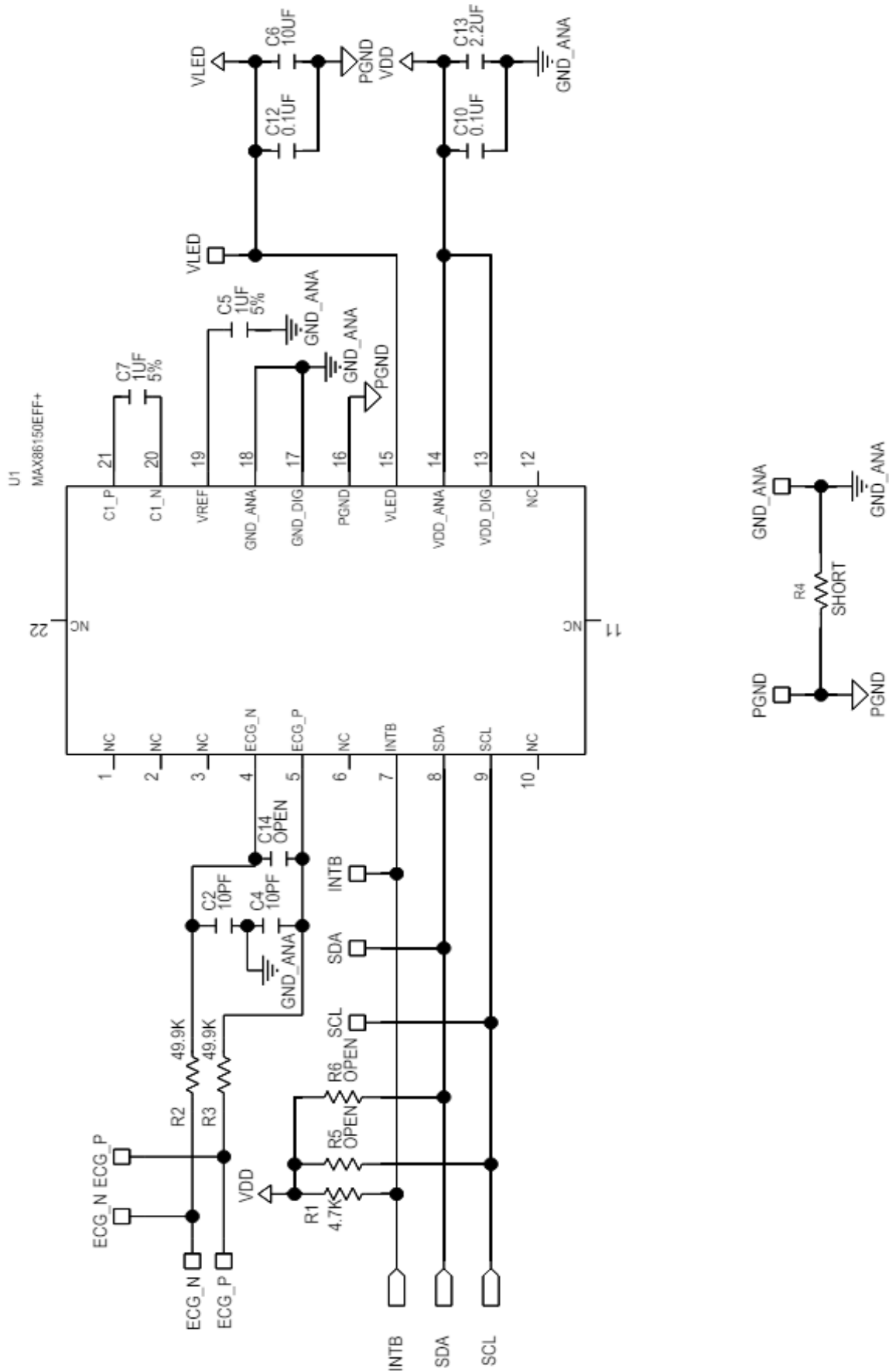


Fig. 2. The block diagram for measuring ECG and PPG signals

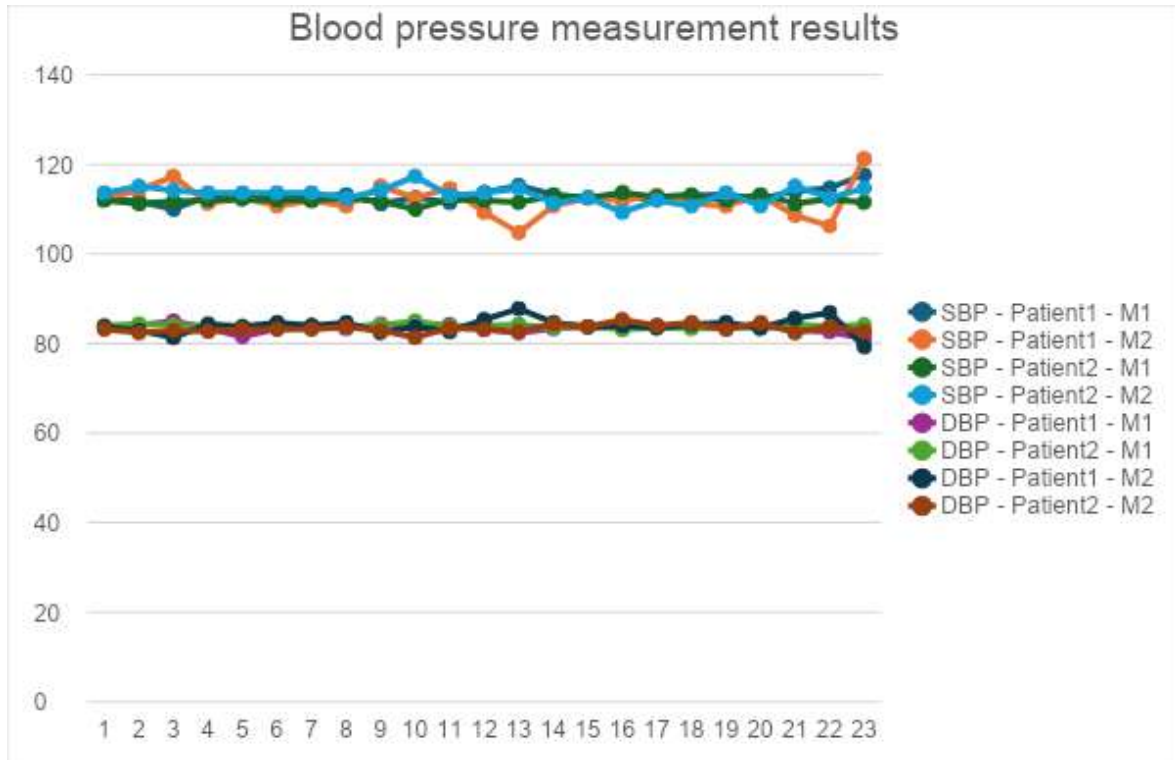


Fig. 3. Characteristics of changes in systolic and diastolic pressure in two patients of different ages using the mean arterial pressure

Therefore, using the proposed approach to measuring blood pressure, it is possible to expand the capabilities of the Digital Stethoscope, which will allow not only to hear and transmit the sounds of the patient's body but also to transmit and display his electrocardiogram, transmit and display the value of systolic and diastolic pressure.

## References

- [1] Digital Stethoscope Homepage <https://www.thinklabs.com/> (access 03/17/2024).
- [2] Analog Devices Homepage <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/MAX86150EVSYS.pdf> (access 03/17/2024).
- [3] Vasilevskyi, O., Popovici, E., Sarana, V. Modeling and analysis of systolic and diastolic blood pressure using ECG and PPG signals. *Informatyka, Automatyka, Pomiary W Gospodarce I Ochronie Środowiska*, 13(3), 5–10, 2023. <https://doi.org/10.35784/iapgos.5326>
- [4] Samimi, H., Dajani, H. R. Cuffless Blood Pressure Estimation Using Calibrated Cardiovascular Dynamics in the Photoplethysmogram. *Bioengineering*, 9(9), p. 446, 2022.
- [5] Gómez-Quintana, S., Schwarz, C. E., Shelevytsky, I., Shelevytska, V., Semenova, O., Factor, A., Popovici, E., Temko, A. A framework for AI-assisted detection of patent ductus arteriosus from neonatal phonocardiogram. In *Healthcare* 9 (2), pp. 169, MDPI, 2021.
- [6] Man, P. K., Cheung, K. L., Sangsiri, N., Shek, W. J., Wong, K. L., Chin, J. W., Chan, T.T., So, R. H. Y. Blood Pressure Measurement: From Cuff-Based to Contactless Monitoring. In *Healthcare*, Vol. 10, No. 10, p. 2113. MDPI, 2022.
- [7] Sharma, M., Barbosa, K., Ho, V., Griggs, D., Ghirmai, T., Krishnan, S. K., Hsiai, T.K., Chiao, J.C., Cao, H. Cuff-less and continuous blood pressure monitoring: a methodological review. *Technologies*, 5(2), p. 21, 2017.

- [8] Chao, P. C. P., Wu, C. C., Nguyen, D. H., Nguyen, B. S., Huang, P. C., Le, V. H. The machine learnings leading the cuffless PPG blood pressure sensors into the next stage. *IEEE Sensors Journal*, 21(11), pp. 12498-12510, 2021.
- [9] Vasilevskyi, O. M., Kucheruk, V. Y., Volodarsky, E. T. Fundamentals of the theory of measurement uncertainty: a textbook. Vinnytsia: VNTU, 2015, 230 p.
- [10] Podzharenko, V. O., Vasilevskyi, O. M. Diagnostics of technical condition of electromechanical systems for the logarithmic decrement. *Proceedings of Donetsk National Technical University*, 2005, 88, 138-144.
- [11] Soprunyuk, P. M., Vasilevskyi, O. M., Chabanyuk, Yu. A. Uncertainty of measurement results when monitoring the asynchronous rotation of electromechanical converters, *Information processing systems*, 2006, 7, 72-75.
- [12] Podzharenko, V. O., Didich, V. M., Vasilevskyi, O. M. Evaluation of the probability of automated control of humus components in the soil, *Bulletin of the Lviv Polytechnic National University. Series: Automation, measurement and control*, 2009, 639, 51-54.
- [13] Vasilevskyi, O. M. Algorithm for estimating uncertainty in measurements during metrological works, *Information technologies and computer engineering*, 2006, 3: 147-151.
- [14] Vasilevskyi, O. M. Calibration method to assess the accuracy of measurement devices using the theory of uncertainty. *International Journal of Metrology and Quality Engineering*, 2014, 5(4), 403.



## ОПТИМІЗАЦІЯ РУХУ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ГЕНЕТИЧНИХ АЛГОРИТМІВ

Ярослав КУЛИК<sup>1</sup> Анастасія БАРАНОВСЬКА<sup>1</sup>  
*Вінницький національний технічний університет<sup>1</sup>*  
*kulyk.y.a@vntu.edu.ua*  
*xktsumst@gmail.com*

### Анотація

У даній статті проведено аналіз та дослідження можливостей оптимізації траєкторії руху безпілотних літальних апаратів (БПЛА) шляхом використання генетичних алгоритмів. Зроблено огляд різновидів генетичних алгоритмів та їхнього використання в сфері управління рухом, зокрема в контексті безпілотних літальних систем. Розглянуто актуальність та переваги використання генетичних алгоритмів для вирішення завдань оптимізації руху БПЛА в різноманітних умовах та сценаріях, що відкриває нові перспективи для покращення ефективності та точності їхнього функціонування.

### Ключові слова:

Генетичні алгоритми, БПЛА, дрони, оптимізація руху машинне навчання, екологічні проблеми.

### Abstract

This article analyzes and explores the possibilities of optimizing the trajectory of unmanned aerial vehicles (UAVs) using genetic algorithms. An overview of various types of genetic algorithms and their application in the field of motion control, particularly in the context of unmanned aerial systems, is provided. The relevance and advantages of using genetic algorithms to address motion optimization tasks for UAVs in diverse conditions and scenarios are discussed, opening new perspectives for improving their efficiency and accuracy of operation.

### Keywords:

Genetic algorithms, UAV, drones, movement optimization, machine learning, ecological problems.

## Вступ

У сучасному світі безпілотні літальні апарати (БПЛА) стають ключовим інструментом для вирішення різноманітних завдань, від нагляду за довкіллям до доставки товарів. Їх значення постійно зростає завдяки їхній універсальності та можливостям пристосовуватися до різних завдань і сценаріїв. Однією з найважливіших функцій БПЛА є моніторинг якості повітря.

Забезпечення ефективного моніторингу якості повітря має велике значення для здоров'я людей і стану навколишнього середовища. БПЛА можуть бути використані для збору даних про рівні забруднення повітря, виявлення джерел забруднення та оцінки впливу на довкілля. Це дозволяє ефективно виявляти проблемні зони та вживати заходів для їх вирішення. Такий моніторинг може включати не лише збір даних про рівні забруднення повітря, але і аналіз цих даних для виявлення тенденцій та прогнозування подальших змін. Завдяки технологіям штучного інтелекту та алгоритмам обробки даних, БПЛА можуть здійснювати складний аналіз даних і допомагати в прийнятті обґрунтованих рішень щодо управління якістю повітря [1].

Генетичні алгоритми відіграють ключову роль у вдосконаленні траєкторій руху безпілотних літальних апаратів (БПЛА) через їхню здатність до ефективною оптимізації в умовах постійних змін. Основна потреба у використанні генетичних алгоритмів виникає з необхідності знаходження оптимальних рішень в умовах великої кількості можливих варіантів траєкторій руху та різноманітних обмежень. Генетичні алгоритми, включаючи їх підвиди, здатні працювати з складними просторами пошуку, використовуючи еволюційні механізми для підбору найкращих рішень та їхньої подальшої оптимізації [2].

Отже, генетичні алгоритми виступають важливим інструментом у вирішенні завдань оптимізації руху безпілотних літальних апаратів, допомагаючи забезпечити їхню ефективність та адаптивність у різних умовах та сценаріях роботи.

### **Актуальність та переваги використання генетичних алгоритмів**

Актуальність використання генетичних алгоритмів для розв'язання складних задач оптимізації полягає в їхній природній здатності до ефективного пошуку оптимальних рішень у великих просторах пошуку з великою кількістю можливих варіантів. Наприклад, у випадку оптимізації траєкторій руху безпілотних літальних апаратів (БПЛА), потрібно враховувати низку обмежень та умов, таких як погодні умови чи обмеження безпеки та інші фактори [3].

Такі задачі часто важко аналізувати традиційними методами через їхню складність та обчислювальну витратність. Генетичні алгоритми дозволяють вирішувати ці задачі шляхом створення популяції кандидатів-рішень, які потім піддаються мутації та селекції відповідно до заданої функції пристосованості. Цей процес імітує природний відбір, що дозволяє алгоритму ефективно просуватися в напрямку оптимального рішення, навіть у складних та нелінійних просторах пошуку.

Проте, у сфері оптимізації траєкторій руху безпілотних літальних апаратів (БПЛА) існує ряд й інших методів, призначених для пошуку оптимальних рішень. Серед таких методів можна виділити мурашині алгоритми, градієнтний спуск, алгоритм  $A^*$ , алгоритм оптимізації рою частинок та генетичні алгоритми. Порівняння генетичних алгоритмів з іншими методами оптимізації, такими як мурашині алгоритми, градієнтний спуск, алгоритм  $A^*$  та алгоритм оптимізації рою частинок, може бути проведено з різних точок зору, таких як ефективність, здатність адаптуватися до змін у середовищі та складність обчислень [4]:

1. Ефективність та збіжність: Генетичні алгоритми та алгоритми оптимізації рою частинок зазвичай володіють високою ефективністю у пошуку оптимальних рішень у складних просторах, де градієнтні методи можуть стикатися з проблемами локального мінімуму. Мурашині алгоритми та алгоритм  $A^*$  також можуть бути ефективними для деяких задач, особливо в області оптимізації маршрутів та пошуку найкоротшого шляху, де вони можуть швидко знаходити оптимальні рішення.

2. Адаптивність до змін: Генетичні алгоритми мають високу здатність до адаптації до змін в середовищі та обставинах завдяки їхньому еволюційному підходу до оптимізації. Мурашині алгоритми та алгоритм  $A^*$  можуть бути менш адаптивними у деяких сценаріях, де потрібно швидко змінювати стратегію.

3. Складність обчислень: Генетичні алгоритми та алгоритми оптимізації рою частинок можуть мати велику обчислювальну складність, особливо при використанні великих популяцій або складних функцій пристосованості. Мурашині алгоритми та алгоритм  $A^*$  також можуть бути ефективними з точки зору обчислювальної складності, але вони можуть вимагати великої кількості обчислень у деяких сценаріях.

У результаті порівняння виявлено, що генетичні алгоритми виявляються більш ефективними у вирішенні задач оптимізації траєкторій руху БПЛА порівняно з іншими

методами. Їхня здатність до розв'язання складних задач оптимізації та адаптації до змін у середовищі дозволяє досягати більш точних та оптимальних результатів у вирішенні різноманітних завдань в цій області.

### Огляд підвидів генетичних алгоритмів

Різні підвиди генетичних алгоритмів включають у себе різноманітні модифікації та варіанти базового алгоритму. Серед них можна виділити:

1. Генетичні алгоритми з множинним критерієм: Ці алгоритми використовуються для вирішення задач, де необхідно оптимізувати декілька критеріїв одночасно. Вони застосовуються в багатокритеріальних задачах, де оптимальність рішення визначається не одним, а кількома критеріями [5]. Ці алгоритми допомагають знаходити компромісні рішення, що представляють набір Парето-оптимальних точок, які неможливо покращити за одним критерієм без погіршення за іншими.

2. Паралельні генетичні алгоритми: Ці варіанти алгоритмів розподіляють обчислювальні завдання між кількома обчислювальними вузлами або процесорами [6]. Це дозволяє збільшити швидкість та ефективність пошуку оптимальних рішень, особливо у випадку великих обчислювальних завдань. Приклад алгоритму показаний на рисунку 1.

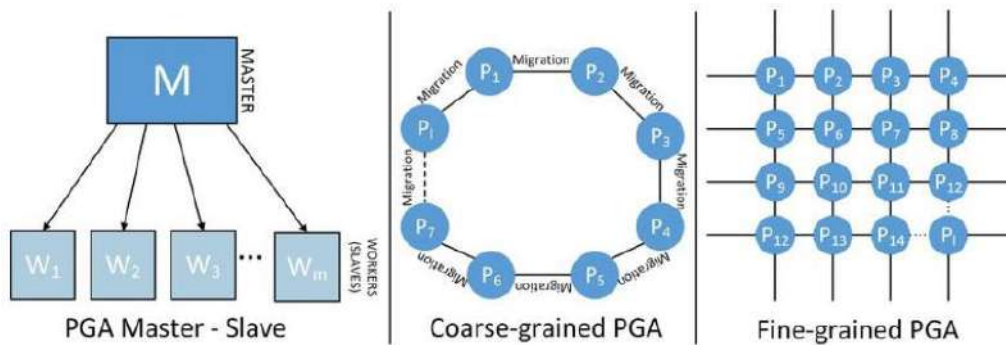


Рисунок 1 – Приклад різних видів залежності у паралелізації генетичного алгоритму

3. Адаптивні генетичні алгоритми: Ці модифікації алгоритмів мають механізми, які змінюють параметри алгоритму в процесі його роботи в залежності від характеристик задачі чи оточуючого середовища [7]. Це дозволяє адаптувати алгоритм до змінних умов і поліпшує його здатність до знаходження оптимальних рішень. Приклад показаний на рисунку 3.

4. Генетичні алгоритми з використанням додаткових евристик: Ці варіації алгоритмів поєднують базові принципи генетичних алгоритмів з додатковими евристичними правилами або правилами [8]. Це допомагає прискорити процес оптимізації та покращити якість отриманих рішень.

5. Меметичні алгоритми: Цей підвид алгоритмів поєднує в собі елементи генетичних алгоритмів та локальних пошукових методів [9]. Вони забезпечують більш ефективний пошук за рахунок комбінації глобального та локального пошуку, що дозволяє виявити оптимальні рішення в складних задачах оптимізації.

Підвиди генетичних алгоритмів вносять різноманітні зміни у класичний генетичний алгоритм для поліпшення його ефективності та адаптивності до конкретних умов задачі. Ось деякі зміни, які вони вносять:

1. Генетичні алгоритми з множинним критерієм: Додають механізми для оптимізації багатокритеріальних задач, де краще рішення визначається за допомогою кількох критеріїв одночасно.

2. Паралельні генетичні алгоритми: Розподіляють обчислювальні завдання між кількома обчислювальними вузлами або процесорами для прискорення швидкості обчислень та підвищення ефективності пошуку.

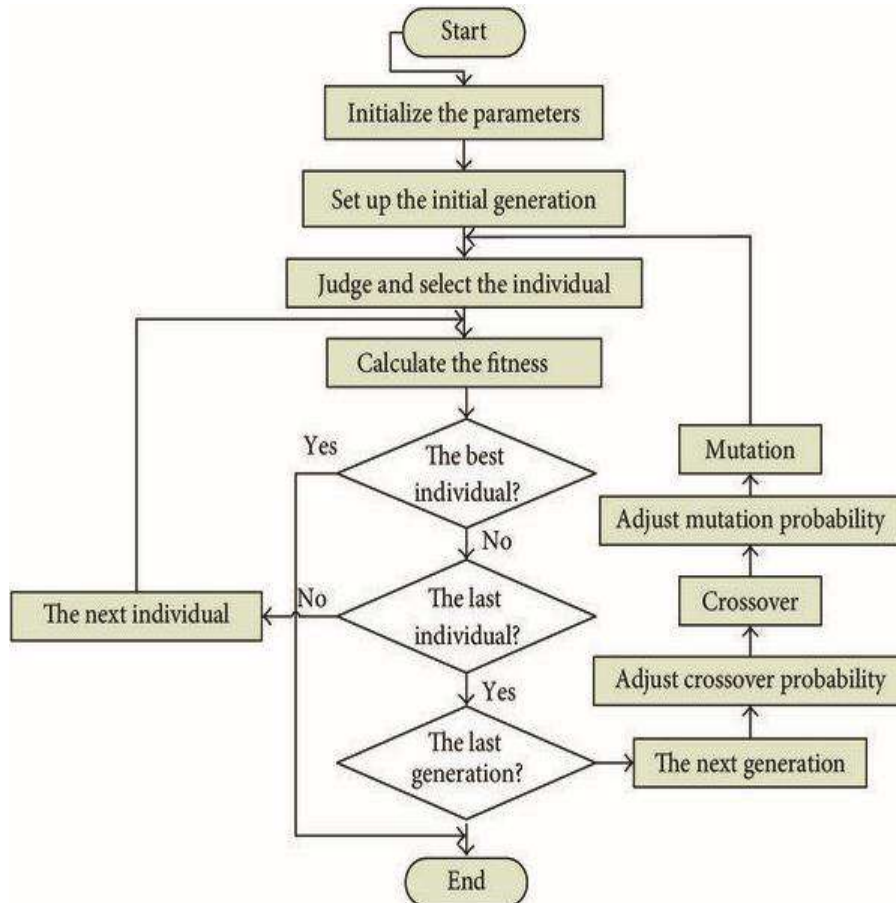


Рисунок 2 – Алгоритм роботи адаптивного генетичного алгоритму з покращеною можливістю мутації та схрещення

3. Адаптивні генетичні алгоритми: Застосовують механізми, які дозволяють змінювати параметри алгоритму під час його роботи, щоб краще пристосовуватися до умов задачі або оточуючого середовища.

4. Генетичні алгоритми з використанням додаткових евристик: Використовують додаткові евристичні правила або методи для поліпшення процесу оптимізації та забезпечення отримання якісних рішень.

5. Меметичні алгоритми: Комбінують генетичні алгоритми з локальними пошуковими методами для ефективного пошуку рішення шляхом сполучення глобального та локального пошуку.

### Порівняння підвидів генетичних алгоритмів

Зважаючи на різноманітність підвидів генетичних алгоритмів, було розглянуто їх за такими критеріями, як складність реалізації, збіжність, масштабованість, підтримка паралельного обчислення, точність результатів, адаптивність.

1. Складність реалізації: даний критерій визначає, наскільки складно реалізувати алгоритм в коді. Висока складність реалізації означає, що потрібно багато зусиль та ресурсів

для втілення алгоритму в програмний код. Низька складність реалізації вказує на те, що алгоритм може бути реалізований досить легко і без значного затрат часу та ресурсів.

2. Збіжність: критерій визначає, наскільки швидко або ефективно алгоритм збігається до оптимального або задовільного розв'язку. Висока збіжність означає, що алгоритм швидко знаходить бажаний результат, тоді як низька збіжність може вказувати на те, що алгоритм потребує більше часу або ресурсів для досягнення оптимального результату.

3. Масштабованість: цей критерій визначає, наскільки добре алгоритм може масштабуватися з ростом обсягу даних або обчислювальних ресурсів. Висока масштабованість означає, що алгоритм може працювати ефективно при збільшенні обсягу даних чи ресурсів, тоді як низька масштабованість може вказувати на обмеження в розмірі або об'ємі обробки даних.

4. Підтримка паралельного обчислення: даний критерій визначає, наскільки ефективно алгоритм може виконуватися паралельно на багатьох обчислювальних вузлах чи процесорах. Висока підтримка паралельного обчислення означає, що алгоритм може розподіляти обчислювальні завдання між вузлами ефективно та без великих затрат на комунікацію.

5. Точність результатів: визначає, наскільки точні та коректні є результати, отримані від алгоритму. Висока точність результатів означає, що алгоритм здатний досягати точних та надійних результатів, тоді як низька точність може вказувати на неточності чи помилки в отриманих даних.

6. Адаптивність: критерій визначає, наскільки добре алгоритм може адаптуватися до змін умов або параметрів задачі. Висока адаптивність означає, що алгоритм може ефективно пристосовуватися до змін, тоді як низька адаптивність може вказувати на обмеження в здатності алгоритму адаптуватися до нових умов чи вимог.

За цими критеріями можна провести порівняння різних підвидів генетичних алгоритмів:

Таблиця 1 – Порівняння різних підвидів генетичних алгоритмів

Критерії/ Алгоритми	Складність реалізації	Збіжність	Масштабованість	Підтримка паралельного обчислення	Точність результатів	Адаптивність
Генетичні алгоритми з множинним критерієм	Помірна	Висока	Висока	Помірна	Помірна	Висока
Паралельні генетичні алгоритми	Висока	Висока	Висока	Висока	Помірна	Помірна
Адаптивні генетичні алгоритми	Помірна	Помірна	Висока	Помірна	Помірна	Висока

Алгоритми оцінювалися за шкалою: "Висока", "Помірна", "Низька", відповідно до кожного з перерахованих критеріїв. Ця шкала використовується для оцінки рівня кожного з алгоритмів за кожним з перерахованих критеріїв. "Висока" вказує на те, що алгоритм демонструє високий рівень відповідності до конкретного критерію, що робить його дуже ефективним або точним у відповідному аспекті. "Помірна" означає, що алгоритм виявляє середній рівень відповідності або ефективності за вказаним критерієм. Нарешті, "Низька" свідчить про те, що алгоритм показує низький рівень відповідності або ефективності за даним критерієм, що може вказувати на його обмежену застосовність або ефективність. Ця шкала допомагає порівнювати алгоритми за різними аспектами, що дозволяє визначити їхні сильні та слабкі сторони у контексті конкретної задачі.

За вказаними критеріями, найефективнішим методом для моніторингу якості середовища може бути меметичний алгоритм. Його комбінація глобального та локального пошуку дозволяє швидко адаптуватися до змінних умов, що є важливим у випадку моніторингу якості повітря, де стан середовища може раптово змінюватися. Точність прогнозування забрудненості повітря також може бути підвищена завдяки можливості меметичного алгоритму комбінувати глобальний пошук оптимального розв'язку з локальними пошуковими методами для покращення збіжності та зменшення помилок прогнозування [10].

## Висновок

У результаті аналізу та дослідження можливостей використання генетичних алгоритмів для оптимізації траєкторії руху безпілотних літальних апаратів (БПЛА) виявлено, що ці методи відіграють ключову роль у поліпшенні ефективності та точності функціонування таких систем. Було проведено порівняння підвидів генетичних алгоритмів, та їх ефективності співвідносно один до одного. Актуальність застосування генетичних алгоритмів підтверджується їхньою здатністю до ефективною оптимізації в умовах мінливого середовища. Таким чином, використання генетичних алгоритмів у оптимізації руху БПЛА відкриває нові перспективи для підвищення продуктивності та надійності цих систем у різних умовах та сценаріях використання.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. "Unmanned Aerial Vehicles for Air Pollution Monitoring: A Survey", ResearchGate. [Online]. Available: [https://www.researchgate.net/publication/371969127\\_Unmanned\\_Aerial\\_Vehicles\\_for\\_Air\\_Pollution\\_Monitoring\\_A\\_survey](https://www.researchgate.net/publication/371969127_Unmanned_Aerial_Vehicles_for_Air_Pollution_Monitoring_A_survey) [Accessed: Mar. 10, 2024].
2. "Using a Unmanned Aerial Vehicle to Assess Air Pollution and Identify Dominant Emission Sources". <http://www.jeeng.net>, [Online]. Available: <http://www.jeeng.net/Using-a-Unmanned-Aerial-Vehicle-to-Assess-Air-Pollution-and-Identify-Dominant-Emission,154880,0,2.html>. [Accessed: Mar. 10, 2024].
3. "An enhanced genetic algorithm for path planning of autonomous UAV in target coverage problems", <https://www.sciencedirect.com>, [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1568494621007171>. [Accessed: Mar. 10, 2024].
4. ResearchGate. "A Modified Genetic Algorithm for Load Balancing in Heterogeneous Distributed Computing Systems", ResearchGate. [Online]. Available: [https://www.researchgate.net/publication/266137225\\_A\\_Modified\\_Genetic\\_Algorithm\\_for\\_Load\\_Balancing\\_in\\_Heterogeneous\\_Distributed\\_Computing\\_Systems](https://www.researchgate.net/publication/266137225_A_Modified_Genetic_Algorithm_for_Load_Balancing_in_Heterogeneous_Distributed_Computing_Systems). [Accessed: Mar. 11, 2024].
5. "Energy Demand Forecasting: Combining Cointegration Analysis and Artificial Intelligence Algorithm", ResearchGate. [Online]. Available: [https://www.researchgate.net/publication/322397724\\_Energy\\_Demand\\_Forecasting\\_Combining\\_Cointegration\\_Analysis\\_and\\_Artificial\\_Intelligence\\_Algorithm](https://www.researchgate.net/publication/322397724_Energy_Demand_Forecasting_Combining_Cointegration_Analysis_and_Artificial_Intelligence_Algorithm), [Accessed: Mar. 11, 2024].

6. “Multi-Objective Genetic Algorithms: Combining CS and Evolution”, <https://medium.com>. [Online]. Available: <https://medium.com/@jordanstorms/multi-objective-genetic-algorithms-combining-cs-and-evolution-4ac111ef98a4>, [Accessed: Mar. 11, 2024].
7. “An OpenMP Parallel Genetic Algorithm for Design Space Exploration of Heterogeneous Multi-processor Embedded Systems”, ResearchGate. [Online]. Available: [https://www.researchgate.net/figure/Parallel-Genetic-Algorithm-Types\\_fig1\\_339969145](https://www.researchgate.net/figure/Parallel-Genetic-Algorithm-Types_fig1_339969145), [Accessed: Mar. 12, 2024].
8. “A New Genetic-Based Hyper-Heuristic Algorithm for Clustering Problem”, <https://link.springer.com>. [Online]. Available: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-73689-7\\_15](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-73689-7_15), [Accessed: Mar. 12, 2024].
9. “An Annealing Memetic Algorithm for Instructional Scheduling”, ResearchGate. [Online]. Available: [https://www.researchgate.net/publication/328845175\\_An\\_Annealing\\_Memetic\\_Algorithm\\_for\\_Instructional\\_Scheduling](https://www.researchgate.net/publication/328845175_An_Annealing_Memetic_Algorithm_for_Instructional_Scheduling), [Accessed: Mar. 12, 2024].
10. “Unmanned Aerial Vehicle-enabled grassland restoration with energy-sensitive of trajectory design and restoration areas allocation via a cooperative memetic algorithm”, <https://www.sciencedirect.com>. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0952197624002422>, [Accessed: Mar. 12, 2024].

## РОЗРОБКА БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ЖИВЛЕННЯ

Богдан ПОПОВ<sup>1</sup>, Ярослав КУЛИК<sup>1</sup>

*Вінницький національний технічний університет<sup>1</sup>*  
*bporov570@gmail.com*  
*kulyk.y.a@vntu.edu.ua*

### **Анотація**

*Досліджено методи перетворення та комутації електричної енергії, розглянуто принципи стабілізації мережевої напруги для порівняння та визначення ключових факторів кожного. Запропоновано концепцію багатофункціонального застосування технології подвійного перетворення енергії для випрямлення, інвертування та стабілізації напруги. Визначено основні вимоги для безпечної експлуатації та довготривалого часу роботи пристроїв з використанням такого підходу.*

**Ключові слова:** *стабілізація, інвертор, комутація, подвійне перетворення, мікропроцесорна система, операційна система реального часу, безперебійне живлення.*

### **Abstract**

*The method of transformation and commutation was investigated, the principles of network voltage stabilization were considered for comparison and determination of the key factors of each of them. The concept of multifunctional use of double energy conversion technology for voltage equalization, inversion and stabilization is proposed. The main requirements for the safe and long-term operation of devices using this principle are defined.*

**Keywords:** *stabilization, inverter, switching, double-conversion, microprocessor system, real time operating system, uninterrupted supply.*

### Вступ

Використання пристроїв захисту побутового обладнання все більше впроваджується як у виробничих підприємствах, так і в звичайних житлових домах. Особливої актуальності ця тема набула останніми роками, коли, внаслідок ворожих атак, ударів по електростанціях, постійних поломках електросистем, аномальні сигнали в мережі призводять до того, що побутова техніка працює в критичних умовах, або ж навіть часто виходить з ладу.

В цілому пристрої захисту можна розділити на категорії:

- Реле напруги – слідкують за напругою в мережі та в разі її виходу за встановлений діапазон відключають споживання.
- Автоматичні вимикачі – захищають обладнання та лінію електропостачання від короткого замикання та перевищення дозволеного струму.
- Стабілізатор напруги регулює коливання вхідної напруги, щоб забезпечити постійну вихідну напругу до підключеного обладнання. Він захищає обладнання від перевищення та зниження напруги за допомогою реле або транзисторів для перемикання між відводами трансформатора для підвищення або зниження рівня напруги. Сучасні стабілізатори використовують мікропроцесори та силову електроніку для швидшого й більш точного регулювання напруги протягом



мілісекунд для підтримки стабільного вихідного сигналу в межах 220 В або 230 В для однофазного живлення [1].

До стабілізаторів напруги відносяться:

- Релейні – комутують обмотки трансформатора за допомогою реле таким чином, щоб максимально наблизити вихідну напругу до нормальної.
- Симісторні – подібні до релейних, але комутують за допомогою напівпровідникових ключів (симісторів).
- Ферорезонансні – побудовані на основі трансформатора, який використовує нелінійні магнітні властивості та резонансний контур для забезпечення стабільної вихідної напруги в широкому діапазоні вхідної напруги.
- Електромеханічні (сервоприводні) – змінюють напругу шляхом повороту ковзного контакту автотрансформатора за допомогою сервоприводу.
- Інверторні (подвійного перетворення) – спочатку випрямляють синусоїдальну змінну напругу, а після цього генерують випрямлену напругу в змінну з необхідними параметрами (амплітуда, частота, фаза).

Метою даної статті є дослідження різних принципів комутації електричної енергії, виявлення особливостей та умов роботи для проектування на їх основі базової схеми системи, яка б виконувала функції різних пристроїв, таких як випрямляч, інвертор та стабілізатор, на базі одного модуля.

### Результати дослідження

Досліджено принцип роботи кожного з наведених типів стабілізаторів.

Симісторний та релейний стабілізатори напруги працюють подібним чином: вони комутують, тобто підключають необхідні котушки багатоступінчастого трансформатора (рис.1 (а)), щоб збільшити або зменшити напругу, за допомогою електронних ключів (реле або симісторів). При цьому стабілізатор працює як дискретний пристрій, з перемиканням на кожен нову котушку напруга змінюється на певну величину, а не лінійно. Також значна частина енергії розсіюється на трансформаторі, який, до того ж, має велику вагу та габарити.

Ферорезонансний стабілізатор напруги виконує свою функцію шляхом мінімізації коливань напруги в його вихідному ланцюзі, що має трансформаторну обмотку, з'єднану послідовно з лінійним дроселем, компенсаційну обмотку, з'єднану послідовно з вихідним ланцюгом, і конденсатор, що створює ферорезонансну схему (рис. 1 (b)). Допоміжна вторинна обмотка з паралельною ємністю необхідна для забезпечення резонансного контуру на частоті напруги живлення. Робота трансформатора базується на ферорезонансній поведінці, пов'язаній із насиченими залізними сердечниками, у яких подальше збільшення струму обмотки призводить до незначного або повного збільшення магнітного потоку. Проте таке джерело живлення дуже чутливе до змін частоти мережі, розсіює більше тепла, ніж звичайні трансформатори, створює більше чутного шуму під час резонансу та є важчим, ніж лінійні регульовані джерела живлення.

Електромеханічні трансформатори працюють практично в лінійному режимі (з великою частотою дискретизації). Вони базуються на тому ж принципі, що й релейні, тобто на властивостях трансформатора перетворювати змінну напругу, проте замість багатоступінчастого використовується автотрансформатор, який регулюється за допомогою сервопривідного двигуна (рис. 1(c)). При цьому до ваги та розмірів трансформатора додається також двигун, що робить пристрій досить габаритним, а рухомі його частини піддаються зношенню.

Необхідно використовувати кінцеві вимикачі на обох крайніх кінцях автотрансформатора, щоб уникнути приводу двигуна склоочисника за межі діапазону [2].

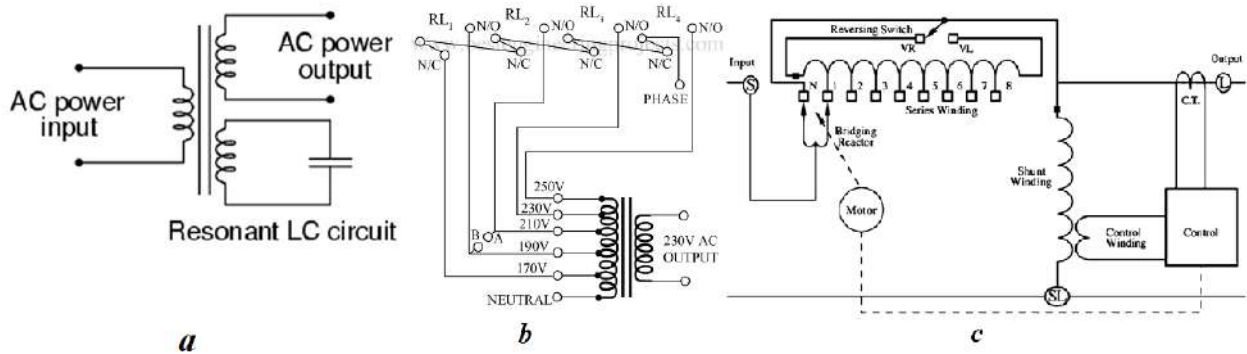


Рисунок 1 – Схеми стабілізаторів напруги

Інверторний (або стабілізатор подвійного перетворення) складається з чотирьох основних частин: вхідний фільтр для усунення завад мережі, випрямляч (перетворювач змінної напруги в постійну), інвертор (зворотне перетворення у змінну напругу) та вихідний фільтр для згладжування шумів, що виникають при інвертуванні (рис.2). Такий стабілізатор має практично миттєву реакцію на зміну вхідної напруги, оскільки форма та амплітуда напруги формується всередині нього. Цей ти набагато легший та менший за ті, які розглядалися вище, у ньому немає механічних частин, які б могли створювати шум чи зношуватися. Головним недоліком є ціна на комплектуючі.

Отже з розглянутих варіантів найкращим є інверторний стабілізатор. Його схема досить схожа на схему зарядної станції (рис.3), відповідно пропонується спроектувати його так, щоб він був універсальним пристроєм і міг використовуватися не тільки для стабілізації напруги, а також для роботи в режимі UPS, при підключенні до нього зовнішніх акумуляторів. Для зарядки акумуляторів буде задіяна система випрямлення напруги, а для живлення від них – система формування синусоїдального сигналу.

При такому подвійному перетворенні принципово виключаються будь-які спотворення, а амплітуда вихідного сигналу повністю стабілізована і становить 220; загальний ККД досягає 97% [3].

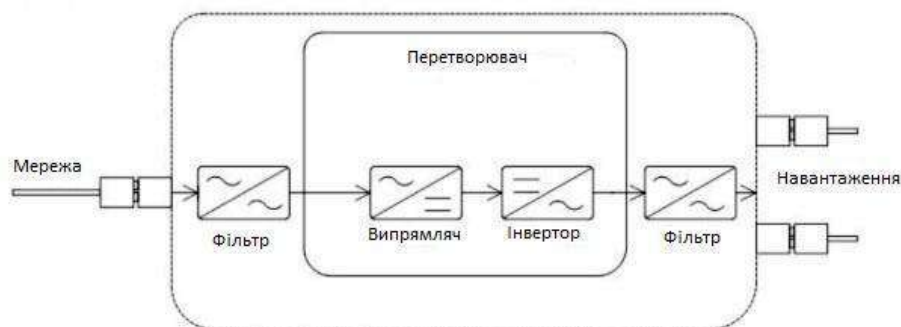


Рисунок 2 – Схема стабілізатора подвійного перетворення

Чим ДБЖ відрізняється від інвертора: інвертор — це зручний перетворювач потужності, який може перетворювати постійний струм у змінний, як і мережеве живлення для звичайних електричних приладів. Принцип роботи такий же, як і в імпульсному джерелі живлення, але частота коливань знаходиться в певному діапазоні. Джерело безперебійного

живлення, — це системне обладнання, яке з'єднує батарею з головним блоком і перетворює постійний струм на живлення від мережі через головний інвертор та інші схеми модуля. Він в основному використовується для забезпечення стабільного та безперебійного живлення для одного комп'ютера, системи комп'ютерної мережі тощо [4].

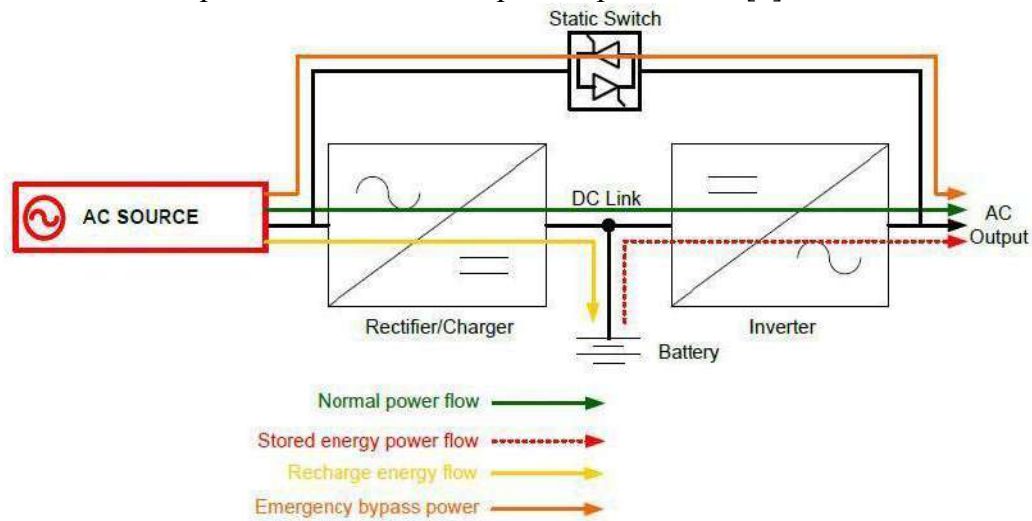


Рисунок 3 – Принцип подвійного перетворення енергії в зарядній станції

Передавання даних на сервер відбуватиметься за допомогою плати wi-fi модуля ESP8266 або ESP32, встановленої в режим точки доступу, або робочої станції, з AVR мікроконтролером, в який буде записано необхідну web сторінку.

#### Висновки

Розглянуто різні типи стабілізаторів (симісторний, релейний, електромеханічний, ферорезонансний та інверторний), досліджено їхні особливості та з'ясовано, що найкращими характеристиками володіє інверторний стабілізатор. В процесі аналізу виявлено, що принцип роботи такого стабілізатора подібний до зарядної станції, тому вирішено спроектувати універсальний пристрій, що буде виконувати функції стабілізатора, зарядного пристрою для акумуляторів та інвертора для резервного живлення електроустаткування. Відповідно останніх два режими можна об'єднати в систему типу UPS. Також необхідно визначити параметри та робочі умови такого пристрою (ємність акумуляторів, діапазон вхідної напруги, максимальна потужність і т.п.).

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. “What Is The Use of Voltage Stabilizer”, [www.scribd.com](https://www.scribd.com/document/520624142/voltage-stabilizer), [Online]. Available: <https://www.scribd.com/document/520624142/voltage-stabilizer>. [Accessed: Mar. 18, 2024].
2. “Servo Type AC Voltage Stabilizer”, <https://www.deepakkumaryadav.in>, [Online]. Available: <https://www.deepakkumaryadav.in/2021/06/Servo%20Type%20AC%20Voltage%20Stabilizer.html>. [Accessed: Mar. 18, 2024].
3. “Стабілізатори напруги”, <https://corelamps.com>, [Online]. Available: <https://corelamps.com/elektormontazhne-obladnannia/stabilizatory-napruhy/>. [Accessed: Mar. 18, 2024].

4. What is the difference between UPS and inverters?, <https://www.xindun-power.com>, [Online]. Available: <https://www.xindun-power.com/industry-news/difference-between-ups-and-inverter-and-stabilizer.html>. [Accessed: Mar. 18, 2024].

## КЛАСИФІКАЦІЯ ПШЕНИЦІ ЗА ДОПОМОГОЮ ВДОСКОНАЛЕНОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ CNN-CAPSNET

<sup>1</sup>Ярослав КУЛИК, <sup>1</sup>Богдан КНИШ,  
<sup>1</sup>Вінницький національний технічний університет  
Yaroslav\_Kulik@i.ua

**Вступ.** Моделі розпізнавання пшениці важливі для сільського господарства, зокрема в точному землеробстві [1]. Ці моделі забезпечують можливість автоматизації та оптимізації процесів вирощування цієї культури. Це особливо актуально при постійному підвищенні вимог до продуктивності та якості сільськогосподарської продукції. Застосування моделей розпізнавання для класифікації пшениці дозволяє підвищити врожайність, оптимізувати використання ресурсів, виявляти хвороби та шкідників, проводити моніторинг стану посівів, покращувати якість продукції тощо

Значення моделей розпізнавання пшениці в сільському господарстві полягає в їхній здатності підвищувати точність оцінки якості зерна, виконувати ідентифікацію сорту та класу насіння та покращувати процеси керування вирощуванням урожаю. Використання моделей значно полегшує та прискорює контроль за дотриманням стандартів вирощування урожаю. За допомогою моделей розпізнавання можна вчасно виявляти ознаки хвороб та шкідників, що дозволяє приймати оперативні заходи для їх контролю та запобігання поширенню, а також моделювати та оцінювати вплив різних факторів на ефективність вирощування пшениці.

Застосування моделей допоможе зменшити витрати, покращити якість продукції, а також відкрити нові можливості для сільськогосподарських підприємств.

*Метою роботи* є вдосконалення архітектури нейронної мережі CNN-CapsNet для класифікації пшениці. Це дасть можливість отримати нову нейромережу із підвищеною точністю для класифікації зображень пшениці, яка може бути використана для прогнозування якості урожаю пшениці та незалежної оцінки класу пшениці.

**Основні результати.** Архітектура CNN-CapsNet формується на основі двох частин, а саме CNN і CapsNet. Згорткові шари використовуються для отримання початкових карт функцій. Потім карти функцій завантажуються в модель CapsNet для виконання остаточної класифікації. Модель CNN використовує архітектуру CNN-CapsNet, сформовану на основі чотирьох згорткових шарів. Кожен згортковий рівень використовує 64, 64, 128 і 128 ядер відповідно. Це «3×3».

Для всіх шарів використовується функція активації «ReLU». Після другого шару згортки розташовується шар проміжного з'єднання. На даний момент розроблено дві окремі моделі. Одна використовується для виявлення випадків на основі двійкового таксономічного призначення «дозріла пшениця» або «недозріла пшениця». Друга модель виконує класифікацію на основі трьох категорій «дозріла пшениця», «недозріла пшениця» та «хвора/пошкоджена пшениця». Приклад класифікації показаний на рисунку 1.

При початковій швидкості навчання 0,001 модель узгоджується з оптимізатором Адама. Функція зменшення ваги використовується для чисельної стабільності. Рекомендується встановити початкове значення 0,5. Обидві моделі навчалися протягом 100 епох. Пакет запуску містить 32 значення, а тестовий пакет містить одне значення. Зображення «64×64» використовуються для навчання та тестування мережі. Навчання завершується методом ранньої зупинки, щоб уникнути наслідків перенавчання.



Рисунок 1 - Приклад 3-класового розпізнавання пшениці

Для перевірки ефективності та адекватності моделі було виконано порівняння даної моделі з іншими по критерію ефективності. Для порівняння використовувались моделі з подібною архітектурою, які поєднують архітектури CNN та CapsNet: FFCDNN [2], grain-CNN [3], CapsNet [4], Faster-RCNN [5]. Для перевірки моделі були використані зображення з бази Wheat-Ears-Detection-Dataset [6]. Запропонована модель показала хороші результати точності, проте дані результати потребують більш ретельної перевірки на більшій кількості зображень з різних наборів даних. Також результати не є стійкими, оскільки в деяких випадках запропонована модель показує кращі результати, в деяких гірші. При цьому середні показники швидкодії моделі є гіршими за більшість моделей. Практичне використання даної моделі потребує комплексної оцінки по інтегральному критерію та врахування більшої кількості факторів.

**Висновки.** У роботі запропоновано модель нейронної мережі CNN-CapsNet із вдосконаленою архітектурою, яка поєднує архітектури нейромереж CNN та CapsNet, відповідно, і дозволяє використати переваги обох архітектур.

Дану модель можна використовувати для прогнозування якості урожаю пшениці та незалежної оцінки класу пшениці, що є важливим зокрема для планування бізнес-процесів сільськогосподарських підприємств та галузі точного землеробства в цілому.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] B. Knysh, Y. Kulyk. Development of an image segmentation model based on a convolutional neural network. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (2 (110)), (2021), pp. 6–15. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.228644>.
- [2] Y. Shi, L. Han, P. González-Moreno, D. Dancey, W. Huang, Z. et al. A fast Fourier convolutional deep neural network for accurate and explainable discrimination of wheat yellow rust and nitrogen deficiency from Sentinel-2 time series data. *Front Plant Sci.*, 2023 Oct 4;14:1250844. doi: 10.3389/fpls.2023.1250844. URL: <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2023.1250844/full>.
- [3] S. Lingwal, K. K. Bhatia, M. S. Tomer. Image-based wheat grain classification using convolutional neural network. *Multimedia Tools and Applications*, 80, 2021, pp. 35441 - 35465.
- [4] Hinton G.E., Krizhevsky A., Wang S.D. Transforming autoencoders. *International Conference on Artificial Neural Networks*. Berlin, Heidelberg: Springer; (2011): 44-51.
- [5] S. Madec, X. Jin, H. Lu, B. De Solan, S. Liu, F. Duyme et al. Ear density estimation from high resolution RGB imagery using deep learning technique. *Agric. For. Meteorol.* 264, 2019, pp. 225–234, doi:10.1016/j.agrformet.2018.10.013.
- [6] Simon Madec, Frederic Baret, Benoit de Solan, Shouyang Liu. The Wheat-Ears-Detection-Dataset (WEDD) Wheat-Ears-Detection-Dataset Dataset from the Ear density estimation from high resolution RGB imagery, 2024. URL: <https://github.com/simonMadec/Wheat-Ears-Detection-Dataset>.

## АСПЕКТИ ПОДІБНОСТІ І ВІДМІННОСТЕЙ КОМП'ЮТЕРНОЇ ДІАГНОСТИКИ В МЕДИЦИНІ ТА В ОЗБРОЄННІ І ВІЙСЬКОВІЙ ТЕХНІЦІ

Юрій ШАБАТУРА, Олександр ПОПОВЧЕНКО  
*Національна академія сухопутних військ імені гетьмана П. Сагайдачного*  
*shabaturayuriy@gmail.com*

Сучасна практика наукових досліджень переконливо свідчить про те, що єдність матеріального світу дуже чітко проявляється не лише на рівні фундаментальних фізичних взаємодій, законів і явищ мікросвіту, вона добре простежується і на більш високих рівнях організації матерії. Як правило, серед складних систем матеріального світу, ця єдність проявляється через подібність у формах і принципах організації та функціонування. Тому в практиці створення, вдосконалення контролю і управління складними технічними системами вчені все більше уваги звертають на те, як ці задачі вирішуються у живій природі. Адже еволюція живого світу нашої планети володіє неймовірно потужним і витонченим інструментом вдосконалення, який абсолютно недоступний сучасним вченим. Цим інструментом є практично необмежений час еволюції, який дозволяє здійснювати безкінечну кількість проб і виправлення помилок. Сьогодні ми не можемо назвати точні межі еволюції тих чи інших об'єктів живої природи, але в середньому він вимірюється мільйонами років. Саме завдяки такому інструменту ми сьогодні маємо можливість спостерігати надзвичайно витончені і довершені форми організації в живій природі. І поза всяким сумнівом людину можна розглядати як абсолютний шедевр в цьому відношенні.

Власне такий хід думок і нашої хвилює нас на ідею використати методи і підходи, які практикуються в медицині з метою діагностики стану здоров'я людини, для виконання діагностики технічного стану складних технічних систем, якими є сучасні зразки озброєння і військової техніки. Поряд з високотехнологічними методами об'єктивного контролю, які дозволяють дуже точно визначати параметри і внутрішні процеси, які протікають в людському тілі, але які водночас, вимагають використання дороговартісного обладнання і розхідних матеріалів, в арсеналі методів лікарської діагностики залишаються і добре апробовані в віках методи пальпації, перкусії та аускультативні. Причому, важливо зауважити, що лікарський досвід і глибокі знання в поєднанні з останніми найпростішими методами, уважним оглядом, опитуванням, контролем температури, пульсу і тиску дозволяють здійснювати правильну діагностику переважної кількості захворювань людини без складної апаратури і лабораторних досліджень практично в будь-яких, в тому числі і в польових умовах.

Зважаючи на те, що чи не найважливішими компонентами успіху в сенсі правильно визначеного діагнозу є лікарський досвід та лікарські знання, ми стикаємося з проблемою суб'єктивного фактору, який часто стає причиною діагностичних помилок. В медичній практиці відомий підхід, який дозволяє мінімізувати суб'єктивний фактор за рахунок використання комп'ютерної технології збереження і використання знань в практиці медичної діагностики. В основі цього підходу лежить принцип нечіткого логічного аналізу.

Сучасні системи озброєння і військової техніки втілюють в собі останні досягнення науки і техніки. Вони є надзвичайно складними і функціонують в жорстких умовах, тому задача швидкого, ефективного і достовірного контролю їх технічного стану є дуже важливою. У вирішенні даної задачі ми скористалися принципом подібності, шляхом запозичення методів медичної діагностики на нечіткій логіці. Результатом такого підходу стало розроблення системи діагностики технічного стану артилерійського озброєння на основі нечіткого логічного аналізу віброакустичних сигналів, які генеруються в процесі пострілів з такого озброєння.

## СИСТЕМА-АСИСТЕНТ СТОМАТОЛОГА НА БАЗІ АРХІТЕКТУРИ U-NET++ ДЛЯ АНАЛІЗУ РЕНТГЕНІВСЬКИХ ЗОБРАЖЕНЬ

<sup>1</sup> Юрій ШАБАТУРА, <sup>2</sup> Володимир РИБАК

<sup>1</sup> «Національна академія сухопутних військ імені гетьмана П. Сагайдачного»

<sup>2</sup> «Національний лісотехнічний університет України»

*rybak.volodymyr.personal@gmail.com*

В останні декілька років ми стали свідками значних проривів у галузі обробки та аналізу медичних зображень завдяки застосуванню алгоритмів машинного навчання та глибокого навчання. Цей розвиток відкриває нові перспективи для покращення якості діагностики та лікування різноманітних захворювань, включаючи ті, що виявляються за допомогою стоматологічних рентгенівських знімків.

Значення своєчасної та точної діагностики в стоматології важко переоцінити. Виявлення карієсу та інших стоматологічних захворювань на ранніх стадіях може не тільки полегшити лікування та зберегти здоров'я зубів пацієнта, але й значно скоротити витрати на подальше лікування. Традиційні методи діагностики, хоча й ефективні, однак мають певні обмеження, зокрема, у випадках, коли потрібно ідентифікувати мікроскопічні ураження або визначити точне розташування патологічних процесів у складних анатомічних структурах.

У цьому контексті, використання систем на базі штучного інтелекту, що здатні аналізувати рентгенівські зображення з високою точністю, відкриває нові можливості для стоматології. Завдяки прогресу в галузі машинного навчання та розробці спеціалізованих нейронних мереж, таких як U-Net, ми тепер маємо змогу значно підвищити ефективність діагностичного процесу. Ці системи не тільки можуть виявляти патологічні зміни, які можуть бути неочевидними для людського ока, але й надають інструменти для кількісної оцінки стану тканин, що є незамінними для планування лікування.

Однак, потрібно зауважити, що із впровадженням будь-яких інноваційних технологій, особливо в такій чутливій сфері, як медицина, виникають питання етики, конфіденційності даних та інтеграції цих технологій у існуючі медичні процеси. Важливо розуміти, що системи на базі штучного інтелекту не мають на меті замінити лікаря-стоматолога, а навпаки, виступати в ролі асистента, який підвищує точність діагностики та допомагає у прийнятті більш обґрунтованих клінічних рішень.

Теоретичний базис запропонованого підходу. В основі даного дослідження лежить використання принципів машинного навчання та глибокого навчання, а також застосування згорткових нейронних мереж (CNN) і специфічної архітектури, відомої як U-Net, для аналізу медичних зображень. Ці технології становлять основу сучасних досліджень у сфері комп'ютерного зору та мають вирішальне значення для прогресу в області медичної діагностики, зокрема в стоматології.

Машинне навчання описує алгоритми, які надають комп'ютерній системі здатність вчитися на доступних даних і робити передбачення або приймати рішення на основі цього навчання без явного програмування для кожного конкретного завдання.

U-Net, який був спеціально розроблений для задач сегментації зображень, особливо корисний у медичних застосунках, де необхідно точно визначити межі об'єктів інтересу, таких як пухлини або ураження карієсом на рентгенівських знімках [2]. Його ефективність у роботі з медичними зображеннями демонструє значний потенціал для підвищення точності діагностики.

Основною характеристикою U-Net є її U-подібна структура, що складається з енкодера (згорткової частини, що зменшує розміри зображення, виокремлюючи при цьому важливі



ознаки), і декодера (розгорткової частини, що відновлює розміри зображення до початкових, визначаючи при цьому межі об'єктів). Спеціальні, так звані "пропускні з'єднання" між відповідними шарами енкодера та декодера допомагають передавати контекстну інформацію безпосередньо в процесі відновлення зображення, що значно покращує точність сегментації [1].

U-Net++, який іноді називають U-Net+3, є подальшим розвитком, що включає більш складну систему пропускних з'єднань та використання модулів глибокого навчання для покращення точності сегментації. У цій архітектурі введено додаткові проміжні шари між енкодером та декодером, що створює більш гнучку та витончену структуру для обробки зображень. Ці додаткові шари сприяють більш детальному аналізу та синтезу ознак, дозволяючи моделі краще адаптуватися до складних задач сегментації, де необхідно розрізнити об'єкти з дуже схожими характеристиками або в умовах низького контрасту на зображенні. На рисунку 1 наведено порівняння варіантів архітектури U-Net.

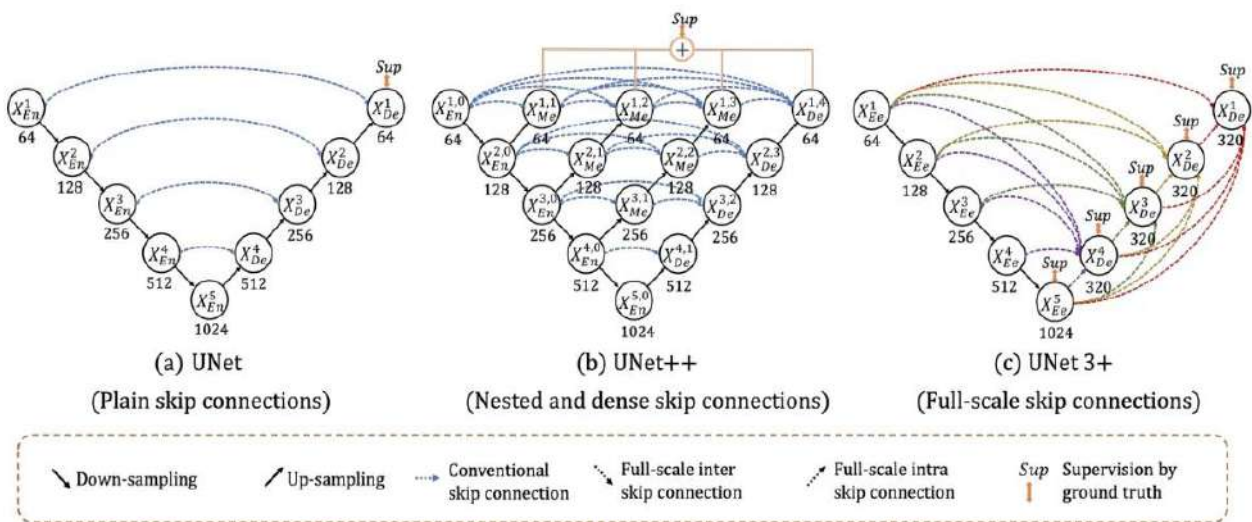


Рис. 1 Порівняння архітектури U-Net, UNet++ та UNet 3+. UNet 3+ переробляє з'єднання пропусків і використовує повномасштабний глибокий контроль для поєднання різномасштабних функцій.

Опис Проблеми. Сучасна стоматологія стикається з рядом викликів, які значно ускладнюють процес діагностики та лікування захворювань порожнини рота. На передньому плані серед цих викликів є потреба в ранньому виявленні та точній локалізації стоматологічних захворювань, таких як карієс, пародонтит, та інші ураження зубів та навколишніх тканин [2]. Точна діагностика є ключовою для успішного лікування, адже вона дозволяє вибрати найбільш ефективні методи лікування та запобігти прогресуванню захворювань.

Однією з основних проблем є труднощі, пов'язані з раннім виявленням захворювань. Багато стоматологічних патологій, включаючи карієс у початкових стадіях, можуть протікати безсимптомно або з мінімальними проявами, які легко упустити як лікарями, так і пацієнтами. Це призводить до того, що діагностика захворювань часто відбувається на пізніх стадіях, коли лікування стає більш складним та дорогорартісним.

Іншою значною проблемою є потреба в підвищенні точності діагностики. Традиційні методи діагностики, включаючи візуальний огляд і рентгенівські знімки, хоча й ефективні, але можуть не завжди надавати достатньо інформації для точного визначення локалізації та масштабу захворювань. Крім того, існує ризик людської помилки, особливо при інтерпретації рентгенівських знімків, що може призвести до неточностей у діагнозах.

Людський фактор відіграє важливу роль у процесі діагностики. Медичний персонал, зокрема стоматологи, часто працюють у умовах високого навантаження, що може призводити до втоми та стресу. Ці фактори негативно впливають на здатність лікарів до концентрації та уважності, збільшуючи ризик пропуску важливих деталей під час огляду пацієнтів та аналізу зображень. В результаті, можуть виникати помилки у діагностиці, що призводить до затримки в лікуванні або навіть до вибору неправильної лікувальної стратегії.

Пропоноване рішення. У відповідь на виклики, ідентифіковані в рамках стоматологічної діагностики, ми пропонуємо комплексне рішення на базі штучного інтелекту, розроблене спеціально для виявлення аномалій зубів за допомогою панорамних рентгенівських знімків. Пропонований підхід заснований на використанні передових алгоритмів глибокого навчання та згорткових нейронних мереж, зокрема, адаптованої версії архітектури U-Net++, яка демонструє високу ефективність у задачах сегментації медичних зображень.

Для тренування та перевірки моделі використовується відкритий набір даних DENTEX, який включає панорамні рентгенівські знімки, отримані з трьох різних установ під стандартними клінічними умовами, але з використанням різного обладнання та протоколів зображення. На рисунку 2 наведено приклад з візуалізації доступного набору даних.



Рис. 2 Приклад візуалізації зображення з набору даних, відображення аномалії згідно з анотацією та отримана цільова маска-зразок

Розроблений в процесі наших досліджень алгоритм використовує модифіковану архітектуру U-Net++ для точного виявлення та класифікації аномальних зубів. Модель навчається ідентифікувати специфічні категорії діагнозів: карієс та глибокий карієс, на основі ієрархічно організованих даних.

Однією з основних перешкод у медичних дослідженнях є обмеженість наборів даних. Тому застосування методів збільшення обсягу даних є вкрай необхідним для поліпшення тренування моделі. У цьому дослідженні ми застосували такі техніки збільшення обсягу даних, як горизонтальне перевертання, вертикальне перевертання, дзеркальне відображення та обертання. На рисунку 3 представлено приклад одного зображення з набору даних та зображення, отримані в результаті процесу збільшення обсягу даних.

Модель тренується в кілька етапів, використовуючи ієрархічно організовані дані для поступового підвищення складності задачі та точності рішень. [4] Початкові етапи фокусуються на виявленні квадрантів і нумерації зубів, що дозволяє моделі краще "зрозуміти" анатомічну структуру зубного ряду. Наступні етапи використовують ці знання для детальної сегментації аномальних зубів з точним визначенням діагнозу.

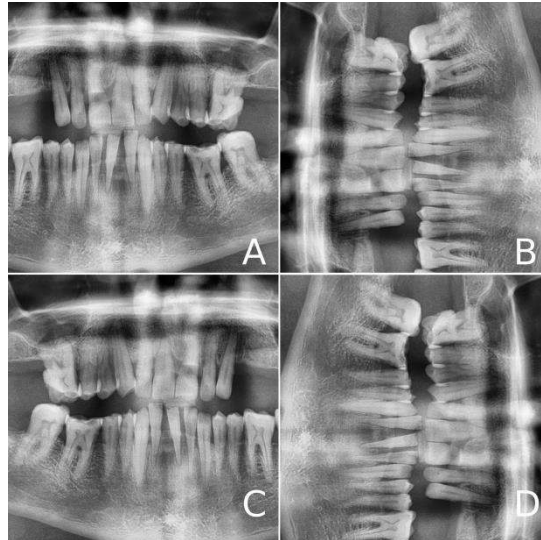


Рис. 3 Зразки доповненого зображення: (A) Оригінал. (B) Повернуте на -90 градусів. (C) Віддзеркалене по горизонталі. (D) Віддзеркалене по вертикалі та повернуте на 90 градусів.

Отримані результати. В ході реалізації нашого дослідження на базі штучного інтелекту для діагностики стоматологічних захворювань ми досягли значних результатів, які демонструють ефективність запропонованого рішення. Використовуючи комплексний набір даних, отримана модель продемонструвала хорошу точність у виявленні та класифікації аномальних зубів на панорамних рентгенівських знімках.

У цьому дослідженні ми оцінюємо продуктивність моделі, використовуючи середньоквадратичну помилку (MSE) як функцію втрат, Intersection over Union (IoU), коефіцієнт Dice та матриці оцінювання точності. Кожна з цих метрик має своє визначення та формулу розрахунку, які надають важливу інформацію про продуктивність моделі у різних аспектах.

- Середньоквадратична помилка (MSE). Ця функція втрат визначає розбіжність між передбаченими та спостережуваними значеннями. Розрахунок здійснюється за формулою:

$$\frac{1}{N} \sum (Y_i - \hat{Y}_i)^2, \quad (1)$$

де N - кількість точок даних,  $\hat{Y}_i$  - спостережувані значення, а  $Y_i$  - передбачені значення. MSE допомагає визначити, наскільки віддалені передбачені значення від фактичних.

- Перетин понад об'єднання (IoU). Використовується для визначення схожості та відмінностей між двома наборами; цей індекс розраховує ступінь схожості між двома групами за формулою:

$$\frac{TP}{TP+FN+FP}. \quad (2)$$

- Коефіцієнт Dice. Застосовується для оцінки ступеня схожості між передбаченою маскою сегментації та маскою сегментації, зазначеною в істині. Обчислюється за співвідношенням:  $\frac{2 \cdot \text{Площа перетину}}{\text{Загальна площа}}$ .
- Точність. Визначається кількістю правильно передбачених точок даних. Розраховується за формулою:

$$\frac{TP+TN}{TP+TN+FN+FP}. \quad (3)$$

У контексті оцінювальних матриць:

- TP (True Positives) відносяться до кількості випадків, коли модель правильно ідентифікує позитивні випадки.

- TN (True Negatives) описують ситуації, коли модель правильно визначає відсутність патології або аномалії.
- FP (False Positives) відбуваються, коли модель помилково позначає відсутність стану як присутній.
- FN (False Negatives) виникають, коли модель не виявляє присутність стану, хоча він є.

Модель, розроблена на основі адаптованої архітектури U-Net++, продемонструвала хороші результати у точності виявлення аномалій. Загальна точність моделі склала приблизно 95%. Це свідчить про високу здатність моделі розрізняти аномальні зуби від здорових з великою впевненістю. В таблиці 1 наведені результати роботи моделі

Таблиця 1. Результати роботи моделі

Набір даних	MSE	IoU	Dice	Точність
Тренувальний	0.09	0.77	0.89	0.98
Оціночний	0.48	0.77	0.90	0.98
Тестовий	0.44	0.67	0.60	0.95

На рисунку 4 наведено зразок результатів сегментації, яка була виконана з використанням моделі U-Net++. Варто відзначити, що U-Net++ показав хороші результати, що свідчить про практичну доцільність даного дослідження.



Рис. 4. Зразок панорамного рентгенівського зображення з набору даних використаного для якісної перевірки моделі U-Net++: (A) Оригінальне зображення (B) цільова маска-зразок (C) U-Net++.

Перспективи майбутнього вдосконалення моделей штучного інтелекту в медицині, зокрема в стоматологічній діагностиці, виглядають обнадійливо. Одним із ключових напрямків є розвиток глибших та більш складних архітектур нейронних мереж, що можуть ефективніше обробляти великі обсяги даних та виявляти найдрібніші аномалії на зображеннях. Також існує значний потенціал для використання технологій машинного навчання для розробки персоналізованих діагностичних інструментів, які б враховували індивідуальні особливості кожного пацієнта. Це дозволить не тільки підвищити точність діагностики, але й забезпечити більш ефективне лікування, адаптоване до особистих потреб пацієнта [6]. Крім того, активне впровадження зворотного зв'язку від користувачів системи

дозволить швидко виявляти недоліки та адаптувати моделі до змінних умов медичної практики, сприяючи безперервному вдосконаленню технологій діагностики на основі штучного інтелекту [7].

Висновок. Узагальнюючи результати нашого дослідження, можна сказати, що використання адаптованої архітектури U-Net++ для аналізу рентгенівських зображень в стоматології демонструє значний потенціал у поліпшенні діагностичних можливостей. Запропонований підхід, що базується на глибокому навчанні та використанні передових методик збільшення даних, не лише підвищив точність виявлення стоматологічних аномалій, але й забезпечив новітні інструменти для аналізу та інтерпретації медичних зображень. Це дослідження відкриває шлях для розвитку персоналізованих лікувальних стратегій, а також надає важливий внесок у розширення можливостей штучного інтелекту в медичній діагностиці. Результати підтверджують, що інтеграція інноваційних технологічних рішень може суттєво покращити якість та ефективність стоматологічної діагностики, сприяючи вчасному виявленню та лікуванню захворювань.

#### ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

- [1] LeCun, Y., Bengio, Hinton, G. (2015). Deep learning. (pp. 436-438).
- [2] R. H. Selwitz, A. I. Ismail, and N. B. Pitts, "Dental caries," *Lancet*, vol. 369, (pp. 51–59), 2007.
- [3] A. Mardiah, "Improving awareness and clean and healthy living behavior among students in preventing dental caries," *Path Sci.*, vol. 9, (p. 7), 2023.
- [4] M. Prados-Privado, J. García Villalón, C. H. Martínez-Martínez, C. Ivorra, and J. C. Prados-Frutos, "Dental caries diagnosis and detection using neural networks: A systematic review," *J. Clin. Med.*, vol. 9, 3579, 2020.
- [5] "DENTEX Challenge Dataset," Zenodo, 2023. [Online]. Доступ: <https://zenodo.org/records/7812323#.ZDQE1uxBwUG>.
- [6] S. V. Deshmukh (2018). "Artificial Intelligence in Dentistry", *Journal of the International Clinical Dental Research Organization*, vol. 10, no. 2, (p. 47).
- [7] D. Tandon, J. Rajawat, and M. Banerjee (2020). "Present and future of Artificial Intelligence in Dentistry", *Journal of Oral Biology and Craniofacial Research*, vol. 10, no. 4, (pp.391–396).

## КОМПЛЕКСНИЙ МЕТОД СЕГМЕНТАЦІЇ РАН ТА КЛАСИФІКАЦІЇ РАНЕВИХ ТКАНИН З ВИКОРИСТАННЯМ ГЛИБОКОГО НАВЧАННЯ ТА СУПЕРПІКСЕЛІВ

<sup>1</sup>Юрій ШАБАТУРА, <sup>2</sup>Богдан ЛУКАЩУК  
<sup>1</sup>Національна академія сухопутних військ,  
<sup>2</sup>Національний лісотехнічний університет України  
*shabaturayuriy@gmail.com, bohdan.lukashchuk@gmail.com*

Комп'ютерний аналіз шкіри людини відіграє ключову роль не лише у дерматологічних дослідженнях, а й у вивченні хронічних виразок та поверхневих ран. В умовах повномасштабного конфлікту значення такої автоматизації зростає, оскільки воно дозволяє оптимізувати роботу медичного персоналу та прискорити процес діагностики та лікування ран, використовуючи телемедицину.

Недавні дослідження акцентують на важливості виявлення, сегментації та класифікації ран на шкірі [1][2][3][4][5], часто застосовуючи набори даних, які охоплюють виразки, що формуються внаслідок хронічної діабетичної стопи [6]. Моделі, навчені на таких наборах даних, демонструють високу здатність узагальнення на різні типи ран.

Особлива увага приділяється не лише площі ураженої ділянки, а й класифікації тканин у межах рани, що має вирішальне значення для вибору методу лікування та прогнозування загоєння. Ми пропонуємо методику, що інтегрує глибоке навчання та класичний аналіз зображень для детальної сегментації рани та класифікації частин її поверхні на три основні складові: грануляція, некроз, фібрин.

Дослідження використовують різноманітні підходи до автоматизованої сегментації та класифікації ран. Автори робіт [7][8], які вирішують задачі автоматизованої сегментації та класифікації ран використовують два різні підходи. Так автори [7] навчають згорткову штучну нейронну мережу (ЗШНМ) U-Net [9] для сегментації рани та класифікації різних частин за один крок. На вхід ЗШНМ надходить зображення, а на виході отримується сегментаційні маска рани та маски 3-х класів поверхні рани. Автори використовують метрику Intersection Over Union (IOU) для оцінки відповідності результату роботи моделі, до вручну анотованих даних і резюмують, що через недостатню кількість даних та складність зображень, IOU деяких класів менша 0.4, а IOU самої рани 0.69. Водночас, автори [8] використовують багатокроковий підхід, не першому етапі якого використовується метод сегментації на основі кластеризації, а не глибокого навчання – SLIC [10], який дозволяє сегментувати групи пікселів із зображення, поєднуючи просторову і кольорову міри відстаней, утворюючи суперпікселі. Другий етап - кожен із виділених суперпікселів класифікується, відповідно до належності до одного з 3-х класів поверхні рани. Третій етап включає об'єднання суперпікселів одного класу для отримання загальної маски. Автори [8] також порівнюють моделі машинного навчання, як от дерева прийняття рішень та метод опорних векторів із ЗШНМ для класифікації суперпікселів та приходять до висновку, що ЗШНМ дає кращі результати. Проте, недоліком є те, що на широкоформатних зображеннях хорошої якості, сегментація цілого зображення методом SLIC, та подальша класифікація кожного суперпікселя є доволі затратними по часу та ресурсах.

Враховуючи переваги та недоліки вищезгаданих досліджень ми пропонуємо підхід до класифікації та сегментації рани, який поєднує позитивні сторони двох вищезгаданих та пом'якшує негативні.

На рис. 1 показано схематичну діаграму пропонованого комплексного методу:

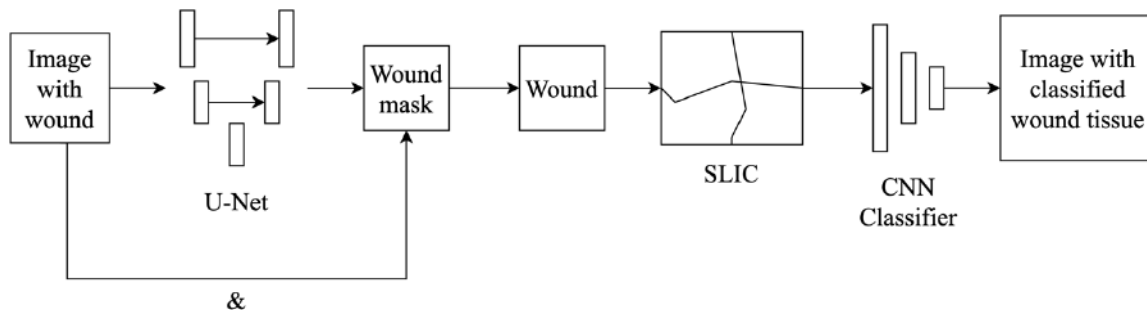


Рис. 1. Візуалізація пропонованого методу класифікації тканин рани

- на вхід подаємо зображення із раною на шкірі
- за допомогою моделі U-Net генеруємо сегментаційну маску рани
- поєднуючи маску рани та оригінальне зображення, обрізаючи їх отримуємо зображення рани
- використовуємо метод SLIC для сегментації рани на суперпикселі
- класифікуємо ЗШНМ кожен суперпиксель на один із 3-х класів: грануляція, некроз, фібрин
- об'єднуємо отриманий результат у одну маску

Вище описаний процес використання методу. Навчання складається з двох етапів:

1. **Навчання моделі сегментації рани U-Net.** Для навчання моделі сегментації ран використовуємо класичну модель U-Net із додавання шарів нормалізації за пакетами навчання [11] та використовуючи різноманітні перетворення для покращення здатності моделі до узагальнення. У якості навчальної та тестувальної вибірки використовуємо набір даних з ранами та масками діабетичної стопи [6] – 810 зображень разом.
2. **Навчання моделі класифікації суперпикселів.** Для навчання моделі класифікації пропонуємо власноруч створену ЗШНМ, для навчання якої використовуємо набір зображень суперпикселів із [8] - 3,974 зображень фібрину, 3,284 грануляції та 448 некрозу та різноманітні техніки подолання дисбалансу класів.

## Висновки

У висновку нашого дослідження ми підкреслюємо, що запропонований нами метод ефективно поєднує сегментацію ран з використанням нейронних мереж та детальну сегментацію на суперпикселі з подальшою їх класифікацією. Це дозволяє нам вирішити критичну проблему нестачі розмічених даних, де для кожного типу тканини необхідна окрема маска. Застосування моделі U-Net для первинної сегментації рани значно знижує необхідність ручної розмітки даних, а використання методу SLIC для подальшого поділу рани на суперпикселі та їх класифікація дозволяє детально аналізувати структуру рани, обмежуючи

аналіз лише ураженою областю. Це не тільки спрощує обробку даних, але й значно підвищує швидкість аналізу, оскільки знімається необхідність обробки цілісного зображення.

Крім того, отримані дані про типи тканин у рані є вкрай важливими для подальших досліджень з прогнозування процесу загоєння рани. Аналіз різноманітності тканин у межах рани може допомогти у виборі ефективних методів лікування та спрогнозувати ймовірний шлях відновлення, враховуючи присутність грануляційної тканини, фібрину, чи некрозу. Таким чином, наш підхід не лише вирішує питання нестачі детально розмічених даних і покращує ефективність обробки зображень, але й відкриває нові можливості для розробки прогнозних моделей загоєння ран, що має важливе значення у клінічній практиці.

### Список використаної літератури

1. S. Chairat, S. Chaichulee, T. Dissaneewate, P. Wangkulangkul, and L. Kongpanichakul, "AI-Assisted Assessment of Wound Tissue with Automatic Color and Measurement Calibration on Images Taken with a Smartphone," *Healthcare*, vol. 11, no. 2, p. 273, Jan. 2023, doi: <https://doi.org/10.3390/healthcare11020273>.
2. G. Scebba *et al.*, "Detect-and-segment: A deep learning approach to automate wound image segmentation," *Informatics in Medicine Unlocked*, vol. 29, p. 100884, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.imu.2022.100884>.
3. Maali Alabdulhafith *et al.*, "Automated wound care by employing a reliable U-Net architecture combined with ResNet feature encoders for monitoring chronic wounds," *Frontiers in Medicine*, vol. 11, Jan. 2024, doi: <https://doi.org/10.3389/fmed.2024.1310137>.
4. P. Jishnu, B. Ganesh Kumar, and S. Jayaraman, "Automatic foot ulcer segmentation using conditional generative adversarial network (AFSegGAN): A wound management system," *PLOS digital health*, vol. 2, no. 11, pp. e0000344–e0000344, Nov. 2023, doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pdig.0000344>.
5. A. Mahbod, R. Ecker, G. Schaefer, and I. Ellinger, "Automatic Foot Ulcer Segmentation Using an Ensemble of Convolutional Neural Networks." Accessed: Mar. 28, 2024. [Online]. Available: <https://arxiv.org/pdf/2109.01408.pdf>
6. C. Wang *et al.*, "FUSeG: The Foot Ulcer Segmentation Challenge," arXiv:2201.00414 [cs, eess], Jan. 2022, Available: <https://arxiv.org/abs/2201.00414>
7. S. Chairat, S. Chaichulee, T. Dissaneewate, P. Wangkulangkul, and L. Kongpanichakul, "AI-Assisted Assessment of Wound Tissue with Automatic Color and Measurement Calibration on Images Taken with a Smartphone," *Healthcare*, vol. 11, no. 2, p. 273, Jan. 2023, doi: <https://doi.org/10.3390/healthcare11020273>.
8. G. Blanco *et al.*, "A superpixel-driven deep learning approach for the analysis of dermatological wounds," *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, vol. 183, p. 105079, Jan. 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2019.105079>.
9. O. Ronneberger, P. Fischer, and T. Brox, "U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation," *arXiv.org*, May 18, 2015. <https://arxiv.org/abs/1505.04597>
10. R. Achanta, A. Shaji, K. Smith, A. Lucchi, P. Fua, and S. Süsstrunk, "SLIC Superpixels Compared to State-of-the-Art Superpixel Methods," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 34, no. 11, pp. 2274–2282, Nov. 2012, doi: <https://doi.org/10.1109/tpami.2012.120>.
11. S. Ioffe and C. Szegedy, "Batch Normalization: Accelerating Deep Network Training by Reducing Internal Covariate Shift," *arXiv.org*, 2015. <https://arxiv.org/abs/1502.03167>



## ШИФРУВАННЯ МЕДИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Олександр РОМАНЮК<sup>1</sup>, Володимир МАЙДАНЮК<sup>1</sup>, Сергій ПАВЛОВ<sup>1</sup>, Наталія ТІТОВА<sup>2</sup>,  
Сергій РОМАНЮК<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Вінницький національний технічний університет

<sup>2</sup>Національний університет «Одеська політехніка»

rom8591@gmail.com

Шифрування медичних зображень – це важливий напрямок захисту конфіденційності пацієнтів і забезпечення безпеки медичних даних. Оскільки медичні зображення, такі як рентген, МРТ, УЗД та інші, містять чутливу інформацію про здоров'я особи, їх необхідно захищати від несанкціонованого доступу, змінення або розголошення.

Медичні зображення можуть бути різних типів, зокрема:

- Рентгенівські знімки використовуються для візуалізації кісток і певних органів.
- Комп'ютерна томографія (КТ) дає детальні зображення внутрішніх органів.
- Магнітно-резонансна томографія (МРТ) використовує магнітні поля для створення детальних зображень м'яких тканин.
- Ультразвукове дослідження (УЗД) використовує звукові хвилі для візуалізації органів і плода під час вагітності.
- Позитронно-емісійна томографія (ПЕТ) використовується для виявлення метаболічних змін в тканинах.

Медичні зображення використовуються для: діагностики захворювань; планування лікування; відстеження прогресу лікування; медичних досліджень.

Існують різні методи шифрування медичних зображень, які забезпечують цю захищеність [1]:

Симетричне шифрування використовує один і той же ключ для шифрування та дешифрування даних. Цей метод швидкий, але вимагає безпечного обміну ключем між відправником і отримувачем.

Асиметричне шифрування використовує пару ключів – відкритий та приватний. Відкритий ключ може бути відомий широкому колу осіб для шифрування даних, але дешифрувати інформацію може лише власник приватного ключа. Цей метод безпечніший для обміну даними через ненадійні мережі, але він повільніший порівняно з симетричним шифруванням.

Гібридне шифрування Комбінує симетричне та асиметричне шифрування, використовуючи сильні сторони обох методів. Зазвичай, симетричний ключ шифрується за допомогою асиметричного шифрування, щоб безпечно передати його між відправником і отримувачем.

Хешування може використовуватись для верифікації цілісності зображень, переконуючись, що вони не були змінені під час передачі.

Фрактальне шифрування медичних зображень є одним із передових методів криптографії, який використовує математичні властивості фракталів для забезпечення безпеки даних. Фрактали — це складні геометричні фігури, які відзначаються самоподібністю на різних масштабних рівнях, і ця властивість може бути використана для створення дуже складних систем шифрування.

Фрактальне шифрування базується на ідеї, що фрактали можуть відтворювати зображення з високим ступенем деталізації, використовуючи відносно прості математичні моделі. Фрактали – це об'єкти або структури, що володіють властивістю самоподібності, тобто вони виглядають майже однаково на будь-якому рівні збільшення. Під час шифрування медичного зображення, алгоритм фрактального шифрування перетворює дані зображення на фрактальний код, який є складним для розшифрування без знання ключа [2].

Фрактальне шифрування базується на ітераційних алгоритмах і використовує самоподібність фракталів для трансформації зображення. Воно включає такі етапи:

1. Розбиття зображення на частини: Медичне зображення розділяється на менші фрагменти або блоки.
2. Пошук самоподібних ділянок: Для кожного фрагмента знаходяться області в зображенні, які можна апроксимувати за допомогою фрактальних трансформацій.
3. Застосування фрактального кодування: Кожен фрагмент зображення кодується за допомогою фрактальних трансформацій, що дозволяє отримати набір параметрів (фрактальний код) для кожного блоку [3,4].
4. Шифрування фрактальних кодів: Отримані фрактальні коди можуть бути додатково зашифровані за допомогою традиційних методів шифрування для підвищення рівня безпеки.

Ключ шифрування у цьому випадку генерується на основі параметрів фрактальних перетворень, які визначають, як зображення буде змінено. Цей метод може включати масштабування, поворот та інші трансформації, які застосовуються до різних частин зображення згідно з фрактальними правилами.

Завдяки складності фрактальних структур, система шифрування може виявитися дуже стійкою до спроб дешифрування без наявності ключа.

Фрактальне шифрування може бути ефективним для великих зображень, оскільки фрактальні правила можуть застосовуватися локально, не вимагаючи обробки всього зображення цілком. Деякі методи фрактального шифрування можуть одночасно зі шифруванням стискати зображення, зменшуючи вимоги до простору для зберігання. Генерація фрактальних ключів і процес шифрування/дешифрування можуть бути обчислювально вимогливими, особливо для великих зображень.

Для використання фрактального шифрування необхідні спеціалізовані алгоритми та програмне забезпечення. Оскільки фрактальне шифрування є досить новим і нішевим напрямком, відсутні універсальні стандарти для його застосування.

Для шифрування медичних зображень використовуються різні програми та платформи, деякі з яких спеціалізуються саме на медичних даних, тоді як інші є більш універсальними рішеннями для шифрування. Ось декілька прикладів програм, які можуть бути використані в цій сфері:

DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) - міжнародний стандарт для зберігання, обміну та передачі медичних зображень. DICOM включає механізми безпеки для шифрування та захисту медичних зображень [5].

GnuPG (GNU Privacy Guard) - безкоштовний інструмент відкритого коду, який дозволяє шифрувати дані та створювати цифрові підписи. GnuPG підтримує асиметричне шифрування, що робить його придатним для безпечного обміну даними, включаючи медичні зображення [6].

TrueCrypt/VeraCrypt - програмне забезпечення для шифрування на рівні диску, яке може захищати медичні зображення збережені на локальних дисках, зовнішніх накопичувачах або USB-пристроях. VeraCrypt є форком (розгалуженням) TrueCrypt і пропонує покращену безпеку [7].

Microsoft BitLocker - Вбудований інструмент шифрування в деяких версіях Windows, який забезпечує шифрування всього диску. BitLocker може захистити дані на жорстких дисках, включаючи медичні зображення, від несанкціонованого доступу [8].

OpenSSL - Потужний інструментарій відкритого коду для роботи з криптографічними протоколами SSL і TLS. OpenSSL може використовуватися для шифрування даних перед їхньою передачею через мережу, включаючи шифрування медичних зображень [9].

FileVault - Вбудована система шифрування в MacOS, яка забезпечує шифрування всього диску. FileVault захищає інформацію на комп'ютерах Mac, включаючи медичні зображення [10].

Ці та інші інструменти допомагають забезпечити конфіденційність і безпеку медичних зображень та інших чутливих даних пацієнтів. Важливо вибрати таке рішення, яке відповідає специфічним потребам і вимогам в сфері охорони здоров'я, а також дотримується відповідних нормативних і законодавчих вимог.

Інновації та нововведення в сфері шифрування медичних зображень відображають постійне прагнення забезпечити кращий захист конфіденційності пацієнтів та ефективність управління даними в охороні здоров'я. Ось кілька напрямків, де спостерігаються інновації.

Квантове шифрування використовує принципи квантової механіки для створення майже непорушного шифру. Воно забезпечує високий рівень безпеки за рахунок квантового розподілу ключів, який дозволяє двом сторонам обмінюватися шифрувальними ключами таким чином, що будь-яка спроба перехоплення ключа змінює його стан, роблячи перехоплення очевидним [11].

Блокчейн-технології пропонують новий підхід до безпечного зберігання та обміну медичними зображеннями. Завдяки децентралізованій природі блокчейну, дані можуть бути захищені від несанкціонованого доступу, модифікації та видалення. Шифрування даних перед їх записом у блокчейн додатково збільшує рівень безпеки [12].

Гомоморфне шифрування дозволяє проводити обчислення над зашифрованими даними без необхідності їх дешифрування. Це означає, що медичні зображення можуть бути аналізовані та оброблені у зашифрованому вигляді, забезпечуючи неперервний захист даних. Це особливо важливо для захисту конфіденційності при дистанційному діагностуванні або колаборативних дослідженнях [13].

Штучний інтелект (ШІ) може бути застосований для розробки більш ефективних та безпечних методів шифрування медичних зображень. ШІ може аналізувати великі обсяги даних для ідентифікації потенційних загроз безпеці та автоматично адаптувати шифрувальні механізми для посилення захисту. Крім того, ШІ може оптимізувати процеси шифрування та дешифрування для покращення швидкості та ефективності [14].

Розподільне шифрування та децентралізоване зберігання забезпечують новий рівень захисту для медичних зображень, розподіляючи зашифровані дані між кількома серверами або вузлами. Це знижує ризик втрати даних або несанкціонованого доступу, оскільки атакувати потрібно одночасно кілька вузлів для доступу до повної інформації. Крім того, цей метод може підвищити доступність даних, оскільки інформація зберігається в декількох місцях.

Технології розпізнавання візерунків і машинного зору можуть бути інтегровані з системами шифрування для автоматизованого визначення та шифрування конфіденційних частин медичних зображень, таких як особисті ідентифікатори пацієнтів або особливо чутливі медичні дані. Це дозволяє захищати важливу інформацію без необхідності шифрування всього зображення, що може спростити подальшу обробку та аналіз [15].

Хоча технологія розширеної реальності (AR) не є прямо пов'язаною з шифруванням, вона може використовуватися для створення додаткового шару безпеки при перегляді медичних зображень. Наприклад, AR може відображати конфіденційну інформацію на медичних зображеннях лише при певних умовах або використовувати біометричні дані для автентифікації користувачів перед наданням доступу до чутливих даних [16].

Штучний інтелект може використовуватися не лише для оптимізації процесів шифрування, але й для створення адаптивних систем шифрування, які здатні самостійно виявляти та реагувати на змінні загрози безпеці. Системи можуть навчатися з часом, ідентифікуючи нові вектори атак та автоматично адаптуючи методи шифрування для забезпечення найкращого захисту даних.

Біометричне шифрування використовує унікальні біометричні дані, такі як відбитки пальців, риси обличчя або райдужку ока, для генерації криптографічних ключів. Це забезпечує високий рівень особистої ідентифікації та безпеки, роблячи шифрування медичних зображень

значно більш індивідуалізованим і безпечним. Однак, це також ставить під сумнів питання конфіденційності та управління біометричними даними [17, 18].

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Майданюк, В. П. Основи теорії інформації та кодування : [Електронний ресурс] / Майданюк В. П., Романюк О. Н., Тужанський С. Є. – Вінниця : ВНТУ, 2022. – 133 с.
2. Свинчук О.В., Барабаш О.В., Олімпієва Ю.І., Ільїн О.Ю. Застосування фрактальних функцій для шифрування даних в системах захисту інформації / ISSN 2412-4338 Телекомунікаційні та інформаційні технології. 2020 № 1(66). – С. 15-24.
3. Maydaniuk V. P., Arseniuk I. R., Lishchuk O. O. Increasing the Speed of Fractal Image Compression Using Two-Dimensional Approximating Transformations / Journal of engineering sciences Журнал інженерних наук Web site: <http://jes.sumdu.edu.ua> DOI: 10.21272/jes.2019.6(1).e3 Volume 6, Issue 1 (2019). URL:[https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/71732/1/Maydaniuk\\_JES\\_2019.pdf;jsessionid=556835563BA701D321655D28CDDD5510/](https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/71732/1/Maydaniuk_JES_2019.pdf;jsessionid=556835563BA701D321655D28CDDD5510/).
4. Майданюк В. П. Аспекти оптимізації швидкості фрактального ущільнення зображень / В. П. Майданюк, О. О. Ліщук, Д. С. Король // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. - 2017. - № 1. - С. 24-32.
5. DICOM. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/DICOM>.
6. GNU Privacy Guard. URL:[https://uk.wikipedia.org/wiki/GNU\\_Privacy\\_Guard](https://uk.wikipedia.org/wiki/GNU_Privacy_Guard).
7. VeraCrypt. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/VeraCrypt>.
8. BitLocker. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/BitLocker>.
9. OpenSSL. URL: <https://www.openssl.org>.
10. FileVault. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/FileVault>.
11. Квантова криптографія. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Квантова\\_криптографія](https://uk.wikipedia.org/wiki/Квантова_криптографія).
12. Блокчейн у медицині. URL: <https://blog.whitebit.com/uk/blockchain-in-medicine/>.
13. Гомоморфне шифрування. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Гомоморфне\\_шифрування](https://uk.wikipedia.org/wiki/Гомоморфне_шифрування).
14. Криптографія, блокчейн, ШІ: як технології захищають ваші кошти у банку. URL:<https://proit.org.ua/kriptoghrafiia-blokchiein-shi-iak-tiekhnologhiyi-zakhishchaiut-vashi-koshti-u-banku/>.
15. Штучний інтелект і машинний зір: можливості технологій. URL: <https://aiconference.com.ua/uk/news/iskusstvenniy-intellekt-i-mashinnoe-zrenie-vozmognosti-tehnologiy-97504>.
16. Імерсивні технології. URL:[https://uk.wikipedia.org/wiki/Імерсивні\\_технології](https://uk.wikipedia.org/wiki/Імерсивні_технології).
17. Луценко М. С., Кузнецов О. О., Прокопович-Ткаченко Д. І., Зверев В. П., Уварова А. О. Порівняльний аналіз біометричних криптосистем / Прикладна радсоелектронска, 2018, Том 17, № 3, 4. С. 182-191.
18. Писаренко Т.В. Аналіз світових технологічних трендів у військовій сфері: монографія [Електронний ресурс]/Т. Писаренко, Т. Кваша, Т. Гаврис та ін., за заг. редакцією Т. В. Писаренко. – К.: УкрІНТЕІ, 2021.- 110с. URL:<https://mon.gov.ua/storage/app/media/innovatsii-transfer-tehnologiy/2021/09/30/Analiz.svit.tekhn.trend.viysk.sferi-2021.30.09.pdf>.

## УЩІЛЬНЕННЯ МЕДИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Олександр РОМАНЮК<sup>1</sup>, Володимир МАЙДАНЮК<sup>1</sup>, Сергій ПАВЛОВ<sup>1</sup>, Наталія ТІТОВА<sup>2</sup>,  
Сергій РОМАНЮК<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Вінницький національний технічний університет

<sup>2</sup>Національний університет «Одеська політехніка»

rom8591@gmail.com

Ущільнення медичних зображень — це процес зменшення обсягу даних, необхідного для зберігання або передачі медичних зображень, таких як рентгенівські, МРТ, КТ знімки та інші. Це дозволяє оптимізувати використання дискового простору та поліпшити швидкість передачі даних, зберігаючи при цьому необхідну якість зображення для медичного аналізу та діагностики. Існує кілька методів ущільнення, які можна класифікувати на дві основні категорії: з втратами та без втрат.

Ущільнення без втрат забезпечує можливість відновлення зображення до його оригінального стану без будь-якої втрати інформації. Цей метод часто використовується в медичній галузі, де точність зображень є критично важливою, наприклад, для точної діагностики [1, 2, 3].

Ущільнення з втратами дозволяє досягти більш значного зниження обсягу файлу за рахунок видалення деякої інформації з зображення. Хоча це може призвести до погіршення якості зображення, ступінь втрати може бути контрольована таким чином, щоб зберегти достатню для деяких застосувань якість [1].

Вибір методу ущільнення залежить від конкретних потреб і вимог до якості зображення. У медицині важливо знайти баланс між ефективністю зберігання/передачі даних і необхідною якістю зображення для забезпечення точної діагностики.

Критерії ущільнення медичних зображень визначаються на основі потреб клінічної практики та технічних вимог до обробки та зберігання зображень. Вибір методу ущільнення та ступінь ущільнення повинні забезпечувати баланс між ефективністю зберігання/передачі даних і збереженням якості зображення, необхідної для точної діагностики та лікування.

Проаналізуємо основні критерії, які важливі при ущільненні медичних зображень.

**Якість зображення:** Важливо забезпечити достатню якість ущільненого зображення для всіх потенційних клінічних застосувань. Для багатьох медичних досліджень, таких як діагностика раку або моніторинг хронічних захворювань, висока точність зображення є визначальною.

**Ступінь ущільнення:** Визначає, наскільки ефективно може бути зменшений обсяг даних без значної втрати інформації.

**Швидкість ущільнення та розпакування:** Ефективність алгоритмів ущільнення також вимірюється швидкістю, з якою зображення можуть бути ущільнені та відновлені. Це особливо важливо для систем телемедицини, де час реакції може бути критичним фактором.

**Сумісність із стандартами:** ущільнення повинно бути сумісним зі стандартами медичних зображень, такими як DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine), щоб забезпечити широку сумісність і легкість обміну даними [3].

**Безпека даних:** при ущільненні медичних зображень важливо забезпечити захист конфіденційності та цілісності пацієнтських даних. Алгоритми ущільнення повинні бути розроблені з урахуванням вимог до безпеки та приватності.

**Адаптивність:** здатність алгоритму ущільнення адаптуватися до різних типів медичних зображень і клінічних сценаріїв також є важливою. Оскільки медичні зображення можуть значно відрізнятися за своїми характеристиками та вимогами до якості (наприклад, рентгенівські знімки порівняно з зображеннями МРТ), алгоритми ущільнення повинні бути здатні оптимально обробляти різні типи даних.

**Відновлюваність:** для методів ущільнення без втрат, важливо, щоб методи забезпечували можливість повного відновлення оригінального зображення без будь-якої втрати інформації, що критично для деяких клінічних досліджень та процедур.

**Взаємодія з клінічними інформаційними системами:** ущільнення та зберігання зображень повинні інтегруватися з існуючими клінічними інформаційними системами, такими як електронні медичні записи (ЕМР), для забезпечення безшовної роботи персоналу та доступу до даних.

Проаналізуємо найпоширеніші алгоритми ущільнення медичних даних.

JPEG (Joint Photographic Experts Group) широко застосовується для ущільнення медичних зображень, особливо в дерматології та інших галузях, де використовуються кольорові зображення. Підтримує ущільнення з втратами та майже без втрат. Дозволяє налаштовувати баланс між якістю зображення та ступенем ущільнення [1].

JPEG 2000 це оновлена версія JPEG, яка забезпечує кращу якість зображення при однаковому ступені ущільнення. Використовується для ущільнення медичних зображень у радіології та інших областях. Підтримує ущільнення з втратами та без втрат, а також прогресивне ущільнення, що дозволяє переглядати зображення в нижчій якості під час його завантаження [1,2].

DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) - стандарт для зберігання та передачі медичних зображень, який включає підтримку різних алгоритмів ущільнення, включаючи JPEG, JPEG 2000, та інші. Дозволяє інтегрувати ущільнені медичні зображення в загальні медичні системи обробки та архівації даних [3].

RLE (Run-Length Encoding) - простий метод ущільнення без втрат, часто використовуваний для зображень з великими ділянками однакового кольору. Ефективний для певних типів медичних зображень, наприклад, деяких типів рентгенівських знімків [2].

LZW (Lempel-Ziv-Welch) - метод ущільнення без втрат, використовуваний для зменшення розміру текстових файлів і зображень. Використовується в форматах файлів GIF та TIFF, які можуть зустрічатися в медичних застосуваннях, де потрібне ущільнення без втрати інформації [2,4].

EZW (Embedded Zerotree Wavelet) - використовується для ущільнення зображень з високою роздільною здатністю, включаючи медичні зображення, як МРТ і КТ. Ґрунтується на вейвлет-перетвореннях. EZW ефективний для ущільнення з втратами та без втрат, забезпечуючи високу якість зображень при значному зниженні обсягу даних [5,6,7].

SPIHT (Set Partitioning in Hierarchical Trees) - алгоритм, заснований на вейвлет-перетвореннях, використовується для ущільнення медичних зображень з високою роздільною здатністю [8].

H.264/MPEG-4 AVC- частіше використовується для відео, H.264 також може застосовуватися для ущільнення медичних відеозаписів, наприклад, з ендоскопій або хірургічних процедур. Забезпечує високий ступінь ущільнення при збереженні якості відео, що є критично важливим для медичних застосувань [9].

HEVC (High Efficiency Video Coding) - Наступне покоління кодека після H.264. HEVC ефективніше ущільнює відеодані, включаючи медичні відеозаписи. Забезпечує краще ущільнення при тій же або навіть кращій якості в порівнянні з H.264, що робить його ідеальним для використання в медичних застосуваннях, де необхідно передавати великі обсяги відеоданих [10].

Кожен з цих алгоритмів має свої унікальні характеристики та області застосування. Вибір конкретного алгоритму для ущільнення медичних даних залежить від багатьох факторів, включаючи тип даних (зображення, відео, аудіо), вимоги до якості та потреби у захисті інформації.

Ущільнення даних разом з захистом інформації є важливим аспектом при обробці та зберіганні чутливих даних, особливо в медичній галузі. Це дозволяє одночасно зменшити

обсяг даних для ефективнішого зберігання та передачі, а також забезпечити захист цих даних від несанкціонованого доступу або витоку. Розглянемо декілька методів

Криптографічне ущільнення комбінує ущільнення даних з криптографічним шифруванням. Процес зазвичай полягає в ущільненні даних перед їх шифруванням. Ущільнення перед шифруванням дозволяє зменшити обсяг даних, що спрощує шифрування та зменшує витрати на зберігання та передачу даних. Алгоритми, як-от ZIP або RAR, можуть бути використані для ущільнення, а AES (Advanced Encryption Standard) або RSA (Rivest–Shamir–Adleman) - для шифрування [4].

Стеганографія дозволяє приховувати наявність самої секретної інформації шляхом вбудовування її в інший носій, такий як зображення або аудіофайл. Хоча стеганографія сама по собі не є методом ущільнення, вона може бути комбінована з алгоритмами ущільнення для зменшення обсягу прихованої інформації перед її вбудовуванням у носій.

Деякі алгоритми ущільнення включають в себе елементи шифрування, щоб забезпечити додатковий рівень захисту даних. Наприклад, алгоритм SecureZIP комбінує ущільнення з потужним шифруванням, забезпечуючи захист даних на рівні файлової системи [11].

Цифрові підписи, що використовують хеш-функції та криптографічні ключі, можуть додатково забезпечити автентичність та непорушність ущільнених і зашифрованих даних. Це забезпечує захист від несанкціонованих змін файлів під час передачі або зберігання.

Блокчейн може бути використаний для забезпечення додаткового рівня захисту медичних даних після їх ущільнення. Дані можуть бути ущільнені, зашифровані, а потім зареєстровані в блокчейні, що дозволяє забезпечити їх цілісність і доступність у безпечному та незмінному реєстрі. Такий підхід може бути особливо корисним у медичних дослідженнях та обміні даними між лікувальними закладами.

Існують спеціалізовані алгоритми, які інтегрують ущільнення та шифрування в одному процесі, оптимізуючи обидва процеси для кращої ефективності. Наприклад, алгоритм BZIP2 може бути використаний разом з шифрувальними інструментами для створення зашифрованих архівів, які ефективно ущільнюються та захищаються від несанкціонованого доступу [12].

Одним з основних викликів інтеграції ущільнення та захисту інформації є забезпечення балансу між ефективністю ущільнення, рівнем шифрування та швидкістю обробки даних. З розвитком квантових обчислень та інших передових технологій, методи ущільнення та захисту даних будуть потребувати адаптації та удосконалення для забезпечення безпеки інформації в майбутньому.

Ущільнення інформації для телемедицини охоплює використання технологій і методів для зменшення обсягу медичних даних без суттєвої втрати інформації. Це дозволяє ефективніше передавати, зберігати та обробляти медичні дані, що особливо важливо при швидкій і точній діагностиці на відстані.

Ущільнення інформації в телемедицині відіграє ключову роль у подоланні бар'єрів, пов'язаних із відстанню та доступом до якісних медичних послуг. У телемедицині можна ущільнювати різні типи даних, включаючи зображення (наприклад, рентгенівські знімки, МРТ), відео (наприклад, відеоконсультації), звук (наприклад, записи серцевих тонів) та текстові дані (медичні записи, результати аналізів).

Існують стандарти ущільнення для медичних зображень, такі як JPEG2000 для зображень та H.264 для відео, які забезпечують оптимальне співвідношення між ступенем ущільнення і якістю зображення.

МРТ або рентгенівські знімки можуть мати великий розмір файлу, що ускладнює їх швидку передачу через Інтернет. Використання стандарту JPEG2000 для ущільнення дозволяє зменшити розмір файлів без значної втрати деталей, необхідних для діагностики. Це дозволяє

лікарям у віддалених регіонах швидко отримувати та аналізувати зображення для надання медичних консультацій.

Для відеозв'язку в реальному часі між пацієнтами та лікарями може використовуватись ущільнення відео за допомогою кодеків, таких як H.264 або H.265, які ефективно ущільнюють відеопотік. Це дозволяє проводити відеоконсультації навіть при обмеженій ширині каналу зв'язку, забезпечуючи високу якість зображення.

Текстові дані, такі як результати лабораторних аналізів, також можуть бути ущільнені для ефективнішого зберігання та передачі. Використання стандартних алгоритмів ущільнення, таких як ZIP [2], може суттєво зменшити розмір цих файлів, спрощуючи їх швидкий обмін між медичними установами або між лікарем та пацієнтом.

У дерматології пацієнти можуть надсилати фотографії шкірних захворювань для оцінки дерматологом на відстані. Ущільнення фотографій до меншого розміру файлу без суттєвої втрати якості дозволяє швидко передавати зображення через Інтернет, забезпечуючи лікарю необхідні деталі для діагностики.

Ущільнення відеоматеріалів для онлайн-навчання дозволяє медичним працівникам отримувати доступ до навчальних курсів без необхідності завантажувати великі відеофайли. Це спрощує процес навчання, особливо в регіонах з обмеженим доступом до швидкісного інтернету, та дозволяє медичним працівникам ефективніше вдосконалювати свої знання та навички.

Для телемедицинських систем, що забезпечують моніторинг стану пацієнтів у реальному часі, важливо ефективно передавати дані з датчиків, такі як пульс, тиск, рівень кисню в крові. Ущільнення цих даних дозволяє зменшити навантаження на мережу та забезпечити швидке оновлення інформації для лікарів, що може бути критично важливим для пацієнтів у критичному стані.

Ущільнення даних спрощує обмін медичною інформацією між різними медичними установами, наприклад, при переведенні пацієнта з одного лікарняного закладу до іншого. Це забезпечує швидкий доступ до медичної історії пацієнта, знімків, аналізів тощо, що може значно покращити якість та швидкість медичного обслуговування.

Ущільнене аудіо та відео дозволяють проводити сеанси телепсихіатрії та психологічної підтримки з високою якістю

У регіонах з обмеженим доступом до спеціалізованих медичних послуг ущільнення даних може сприяти дистанційному консультуванню зі спеціалістами.

Наприклад, ущільнені зображення та відео з медичних обстежень можуть бути швидко передані спеціалістам для оцінки та подальшої рекомендації лікування, що значно скорочує час на діагностику та початок лікування.

Мобільні додатки, що дозволяють користувачам відстежувати показники свого здоров'я, такі як кроки, серцевий ритм, якість сну тощо, також виграють від ущільнення даних. Ущільнення дозволяє ефективно передавати ці дані на сервери для аналізу та зворотного зв'язку від лікаря, забезпечуючи користувачам персоналізовані поради щодо підтримки та покращення здоров'я.

Для пацієнтів, які проходять курс реабілітації після травм або операцій, телереабілітація з використанням ущільнених відеоматеріалів дозволяє отримувати інструкції та контролювати процес відновлення під наглядом лікаря на відстані. Це сприяє ефективності реабілітаційних заходів і дозволяє пацієнтам швидше повертатися до повноцінного життя.

Інновації в області штучного інтелекту та машинного навчання також відкривають нові можливості для розробки більш ефективних алгоритмів ущільнення та шифрування, які можуть автоматично адаптуватися до типу даних та вимог до безпеки. Це дозволить досягти оптимального балансу між ефективністю та безпекою, відповідаючи на зростаючі потреби в обробці та захисті великих обсягів медичних даних.



## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кавка, О. , Майданюк, В. , Романюк, О. і Завальнюк, Є. 2023. Аналіз алгоритмів стиснення зображень із втратами. Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. 58, 3 (Груд 2023), 59–64. DOI:<https://doi.org/10.31649/1999-9941-2023-58-3-59-64>.
2. Петух А. М., Майданюк В. П., Ліщук О. О. Аналіз алгоритмів ущільнення даних та їх програмних реалізацій / ISSN 1999-9941, “Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія”, 2016, No 2. – С. 4-9.
3. DICOM. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/DICOM>.
4. Майданюк, В. П. Основи теорії інформації та кодування : [Електронний ресурс] / Майданюк В. П., Романюк О. Н., Тужанський С. Є. – Вінниця : ВНТУ, 2022. – 133 с.
5. Embedded zerotrees of wavelet transforms. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Embedded\\_zerotrees\\_of\\_wavelet\\_transforms](https://en.wikipedia.org/wiki/Embedded_zerotrees_of_wavelet_transforms).
6. Nidhi Jain , K. Mahima, Pooja Ameta. Embedded Zerotree Wavelet Coding: A Review / International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT) IJERT [www.ijert.org](http://www.ijert.org) NCETECE' 14 Conference Proceedings ISSN: 2278-0181. – pp. 169-171.
7. A. M. Raid, W. M. Khedr, M. A. El-dosuky1, Wesam Ahmed. Image compression using embedded zerotree wavelet /Signal & Image Processing : An International Journal (SIPIJ) Vol.5, No.6, December 2014. – pp. 33-39.
8. NirmalRaj S. SPIHT: A Set Partitioning in Hierarchical Trees Algorithm for Image Compression / EEE Department Sathyabama University, Chennai, India. URL: <https://www.m-hikari.com/ces/ces2015/ces5-8-2015/nirmalrajCES5-8-2015.pdf>.
9. H.264. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/H.264>.
10. H.265. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/H.265>.
11. SecureZIP User Guide. URL: <https://www.cityu.edu.hk/csc/deptweb/education/securezipuserguide.pdf>.
12. bzip2. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Bzip2>.

## ОСНОВНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ ТРИВИМІРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ ГЕНЕТИЧНИХ ЗАХВОРЮВАНЬ

Олександр РОМАНЮК<sup>1</sup>, Роман ЧЕХМЕСТРУК<sup>1</sup>, Наталія ТІТОВА<sup>2</sup>, Сергій РОМАНЮК<sup>2</sup>,  
Сергій КОТЛИК<sup>3</sup>

*<sup>1</sup>Вінницький національний технічний університет  
<sup>2</sup>Національний університет «Одеська політехніка»  
<sup>3</sup>Одеський національний технологічний університет  
rom8591@gmail.com*

На сучасному етапі розвитку медичної науки виявлення і лікування генетичних захворювань є актуальним завданням, що стоїть перед Всесвітньою організацією охорони здоров'я (ВОЗ). Збільшення кількості осіб із генетичними аномаліями підкреслює необхідність оперативної діагностики, яка є ключовою для своєчасного початку лікування чи подальшого втручання для підтримки.

Здобутки в галузі аналізу морфології обличчя, антропометричних вимірювань та програмних засобів для діагностики свідчать про потенційні можливості їхнього використання у діагностиці генетичних захворювань. Особливий інтерес викликає можливість розробки алгоритмів і програмних продуктів, що базуються на полігональних моделях обличчя для виявлення ознак генетичних та психологічних відхилень.

Генетичні захворювання можуть варіюватися від дуже рідкісних станів, які вражають одного із мільйона людей, до відносно поширених, які можуть впливати на одного з кількох сотень.

Вважається, що існує від 5 000 до 8 000 рідкісних захворювань, більшість з яких мають генетичну природу. Разом вони вражають приблизно 6-8% населення світу, що становить від 400 до 500 мільйонів людей.

Для діагностування тривимірних зображень широко використовують тривимірне моделювання [1-6]

Тривимірне моделювання в генетиці може включати:

Створення тривимірних моделей молекул ДНК або білків дльвизначення структурних аномалій, які можуть бути причиною генетичних захворювань.

Аналіз та візуалізація великих наборів генетичних даних для ідентифікації зв'язків між конкретними генетичними варіаціями та захворюваннями.

Використання комп'ютерних моделей для дослідження взаємодій між молекулами, що може допомогти у розробці нових ліків або терапевтичних методів лікування генетичних захворювань.

Тривимірне моделювання дозволяє детально візуалізувати та аналізувати клітинні процеси на молекулярному рівні, що може допомогти у виявленні аномалій або мутацій.

Ця технологія має великий потенціал для покращення діагностики, розуміння механізмів захворювань та розробки цільових методів лікування. Завдяки можливості глибокого аналізу на молекулярному рівні, тривимірне моделювання відкриває нові перспективи у боротьбі з генетичними захворюваннями.

За допомогою молекулярного моделювання можна ідентифікувати конкретні мутації в генах, що відповідають за виробництво білків, та аналізувати, як ці зміни впливають на структуру і функцію білка. Такий підхід допомагає у розробці цільових терапевтичних стратегій, зокрема в дизайні молекул ліків, що можуть взаємодіяти зі зміненими білками та коригувати їхню функцію

Тривимірна модель обличчя в контексті діагностики генетичних захворювань є частиною великої галузі, відомої як комп'ютерна фенотипізація або комп'ютерний візуальний

аналіз. Цей напрямок дослідження зосереджений на використанні алгоритмів машинного навчання та комп'ютерного зору для аналізу обличчя з метою виявлення фенотипічних ознак, які можуть бути пов'язані з певними генетичними захворюваннями або синдромами.

Для діагностички використовують такі етапи.

Зазвичай починається зі збору тривимірних зображень обличчя осіб, які мають певні генетичні умови, та контрольної групи без цих умов.

Тривимірні зображення обличчя аналізуються за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення, яке може ідентифікувати і квантифікувати різноманітні анатомічні ознаки та розміри, такі як відстань між очима, форма носа, контур щелепи тощо.

Використовуючи алгоритми машинного навчання, дослідники аналізують ці дані, щоб виявити шаблони або відхилення, які часто асоціюються з певними генетичними умовами.

Отримані знання можуть допомогти у встановленні діагнозу генетичних захворювань на ранніх стадіях або в дослідженні нових генетичних синдромів.

Важливо забезпечити високу точність та валідність даних, оскільки неправильна інтерпретація може призвести до хибних діагнозів.

Збір та аналіз тривимірних зображень обличчя ставлять питання приватності та конфіденційності даних пацієнтів. Важливо забезпечити, щоб ці дані були захищені та використовувалися етично.

Існує ризик, що використання таких технологій може сприяти стигматизації певних генетичних або фенотипічних особливостей, особливо в культурах з різними уявленнями про красу та нормальність.

Тривимірне моделювання знаходить застосування в діагностиці генетичних захворювань на кількох рівнях, від молекулярних структур до цілих організмів. Ось декілька конкретних прикладів, які ілюструють потенціал цієї технології:

Краниосиностоз - це стан, при якому один або кілька швів на черепі дитини зростаються раніше, ніж це має статися, що може призвести до проблем з розвитком мозку та формою голови. Використовуючи тривимірне сканування черепа, лікарі можуть точно виміряти форму голови дитини та визначити, чи присутній краниосиностоз, що дозволяє планувати лікування та хірургічні втручання.

Синдром Ді Джорджа - це генетичний розлад, який впливає на різні частини тіла і може мати складні фенотипічні ознаки. Тривимірне моделювання обличчя може допомогти ідентифікувати характерні риси, такі як низько посаджені вуха, широкий ніс або зміни в структурі щелепи, що сприяє ранній діагностиці та втручанням.

Муковісцидоз - це генетичне захворювання, яке впливає на дихальну та травну системи. Використовуючи тривимірне моделювання на молекулярному рівні, вчені можуть вивчати структурні мутації CFTR білка, що відіграє ключову роль у розвитку захворювання. Це дозволяє не тільки діагностувати захворювання, але й розробляти цільові ліки, які можуть коригувати або компенсувати ці мутації.

Хвороба Марфана - це спадковий розлад сполучної тканини, який впливає на серце, очі, кровоносні судини та скелет. Тривимірне моделювання серця та інших органів може допомогти ідентифікувати аномалії в структурі та функції, наприклад, розширення аорти, що є ключовою ознакою хвороби.

Синдром Тернера впливає тільки на жінок і дівчат і характеризується відсутністю частково або повністю однієї з X хромосом. Тривимірне моделювання може допомогти в ідентифікації типових фізичних особливостей, які асоціюються з цим станом, наприклад, низький зріст, широка шия та відсутність розвитку певних статевих ознак. Раннє виявлення дозволяє вжити необхідних заходів, включаючи гормональну терапію, для поліпшення якості життя та здоров'я пацієнток.

Розглянемо використання тривимірного моделювання для діагностування хвороби Хантінгтона.

Хвороба Хантінгтона (ХХ) — це спадкове захворювання, яке викликається дефектом у конкретному гені, відомим як ген НТТ. Цей дефект призводить до поступового руйнування деяких нервових клітин у мозку, що спричиняє рухові, когнітивні та психіатричні симптоми. Використання тривимірного моделювання у діагностиці Хвороби Хантінгтона може мати кілька аспектів, від молекулярних досліджень до візуалізації змін у мозку.

На молекулярному рівні тривимірне моделювання дозволяє детально вивчити структуру білка хантингтину, який кодується мутованим геном НТТ. Вчені можуть використовувати ці моделі для розуміння, як зміни в структурі білка впливають на його функцію та як це призводить до симптомів захворювання. Таке дослідження може сприяти розробці молекулярно-цільових терапій, спрямованих на зменшення токсичності або відновлення нормальної функції білка.

На анатомічному рівні тривимірне моделювання може бути застосовано для візуалізації структурних змін у мозку, спричинених Хворобою Хантінгтона. Зокрема, за допомогою МРТ або КТ можна створити детальні тривимірні зображення мозку, що дозволяє виявити зменшення об'єму певних областей мозку, наприклад базальних гангліїв, які відіграють ключову роль у координації рухів. Ці зображення можуть допомогти у підтвердженні діагнозу Хвороби Хантінгтона, особливо у випадках, коли генетичне тестування показує наявність мутації в гені НТТ. Крім того, вони можуть бути корисними для моніторингу прогресування захворювання та оцінки ефективності лікування.

Розглянемо ще один приклад.

Муковісцидоз (цистичний фіброз) є спадковим захворюванням, що впливає на дихальну систему, шлунково-кишковий тракт та інші органи, спричиняючи вироблення густого, липкого слизу, який може призвести до блокування дихальних шляхів та інших ускладнень. Діагностика та дослідження муковісцидозу за допомогою тривимірного моделювання відкривають нові можливості для розуміння захворювання та розробки лікування.

Молекулярне моделювання білка CFTR (Cystic Fibrosis Transmembrane Conductance Regulator), мутації в якому відповідають за розвиток муковісцидозу, є ключовим напрямком у вивченні цього захворювання. Тривимірне моделювання дозволяє детально вивчити структуру білка та його взаємодії з молекулами ліків, що може сприяти розробці нових терапевтичних агентів, які відновлюють функцію білка або модулюють його активність.

Тривимірне моделювання також застосовується для візуалізації змін у легенях, що викликані муковісцидозом. За допомогою високороздільної комп'ютерної томографії (КТ) можна отримати детальні тривимірні зображення легеневої тканини, виявляючи області з утворенням слизу, запаленням, а також структурні зміни, такі як бронхоектази. Це дозволяє не тільки точно діагностувати захворювання, але й оцінювати його прогресування та ефективність лікувальних втручань.

Тривимірне моделювання також може бути застосоване для вивчення механізмів транспорту слизу в дихальних шляхах. Використання комп'ютерного моделювання для симуляції руху слизу через дихальні шляхи допомагає розуміти, як зміни, викликані мутаціями в гені CFTR, впливають на муколітичний кліренс та розвиток хронічних легневих інфекцій.

Тривимірне моделювання в контексті синдрому Дауна має потенціал революціонізувати діагностику, дослідження, а також підхід до освіти та навчання медичних фахівців. Синдром Дауна є генетичною варіацією, при якій людина має три копії 21-ї хромосоми замість звичайних двох. Цей додатковий генетичний матеріал призводить до ряду фізичних особливостей та розвиткових викликів.

Тривимірне сканування обличчя може використовуватися для ідентифікації характерних ознак синдрому Дауна вже у новонароджених. Це включає, але не обмежується, такими рисами, як плоска форма обличчя, особлива форма очей, малий розмір рота та інші особливості. Рання діагностика важлива для планування втручань та підтримки розвитку

дитини. Науковці використовують тривимірне моделювання для створення деталізованих моделей мозку та інших органів, що дозволяє вивчати, як синдром Дауна впливає на різні системи організму на більш глибокому рівні. Це допомагає у виявленні потенційних терапевтичних цілей та розробці стратегій лікування.

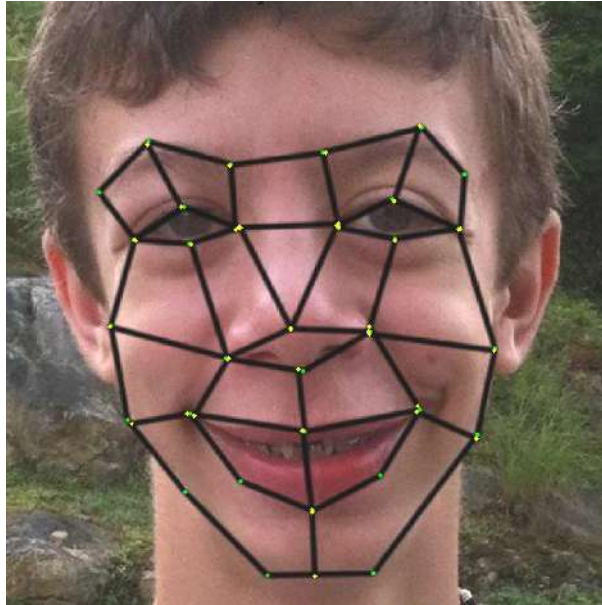


Рисунок 1 – Полігональна модель для генетичного захворювання Синдром Вільямса

Розглянемо використання тривимірного моделювання для діагностики Синдрому Вільямса. Специфічні риси обличчя осіб з синдромом Вільямса, такі як широкий лоб, маленький носик з піднятими кінчиками, повні щоки, широко розставлені очі та довгі верхні щілини очей, можуть бути ідентифіковані за допомогою тривимірного сканування обличчя. Ця технологія може поліпшити точність та швидкість діагностики. З огляду на поширеність серцево-судинних проблем у осіб з синдромом Вільямса, тривимірне моделювання серця та великих судин може допомогти в оцінці анатомічних особливостей та плануванні лікувальних втручань. Такі моделі можуть бути створені на основі даних з МРТ або КТ сканувань. Синдром Вільямса також впливає на розвиток мозку, що відображається у специфічних когнітивних профілях та поведінці пацієнтів. Тривимірне моделювання мозку, створене на основі нейровізуалізаційних даних, може допомогти дослідникам краще зрозуміти структурні зміни в мозку, пов'язані з синдромом, і їх вплив на функціонування.

Розвиток тривимірного моделювання відкриває нові можливості не лише для діагностики та лікування, але й для глибшого розуміння синдрому Вільямса.

Тривимірне моделювання сприяє розвитку персоналізованої медицини, дозволяючи створювати індивідуальні лікувальні плани на основі унікальних анатомічних особливостей кожного пацієнта. Це особливо важливо для осіб з синдромом Вільямса, у яких можуть бути складні серцево-судинні аномалії, що вимагають точної хірургічної інтервенції.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Романюк О. Н. Захарчук І. М. Д. Коробейнікова Т. І. Використання тривимірної графіки у медичній галузі // Матеріали молодіжної науково-практичної інтернет-конференції студентів аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2020)»: збірник матеріалів. – Вінниця: ВНТУ, 2021. – 3 с.

2. Романюк О. Н., Бажан В. М., Михайлов П. І., Чехмestрук Р. Ю. Галузі використання боді-сканерів // Тези доповідей XII Міжнародної науково-технічної конференції «Інформаційно-комп'ютерні технології – 2021 (ІКТ-2021)», м. Житомир, 01 - 03 квітня 2021 р. – Житомир: Житомирська політехніка, 2021. – 205 с. – С. 80-82.
3. Романюк С. О. Метод і система для епідеміологічних досліджень гострих респіраторних захворювань [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.11.17 / Сергій Олександрович Романюк ; Вінницький національний технічний університет. – Вінниця, 2019. – 30 с. – Бібліогр. : с. 20-24 (44 назви).
4. Романюк О.Н. , Захарчук М.Д. , Романюк С.О. , Чехмestрук Р.Ю. , Тітова Л.В. Діагностика генетичних захворювань за тривимірною моделлю обличчя. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXXI міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2023, 17–20 травня 2023 р. / за ред. проф. Сокола Є.І. — Харків : НТУ «ХПІ». — С. 1134.
5. Романюк О.Н., Бажан В.М., Захарчук М.Д. , Романюк О.В., Коробейнікова Т. І. Комп'ютерні програми для медичного діагностування за зовнішніми ознаками людини. Сучасна наука: проблеми та перспективи (частина II): матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції м. Київ, 12-13 січня 2022 року. – Київ: МЦНІД, 2022. – с. 64-66.
6. Романюк О. Н. Використання відбивних властивостей шкіри людини при комп'ютерній діагностиці захворювань [Текст] / О. Н. Романюк, А. Л. Чан, Ю. О. Панфілова // XII Міжнародна науково-практична конференція "Інформаційні технології і автоматизація – 2019", Одеса, 17-18 жовтня 2019 : збірник доповідей. Одеса, 2019. – Ч. 2 . – С. 71-74.

## DEVELOPMENT OF ANTHROPOMETRIC MEASUREMENT METHODS USING THREE-DIMENSIONAL MODELLING

<sup>1</sup>Олександр РОМАНЮК <sup>1</sup>Максим ЗАХАРЧУК  
*rom8591@gmail.com*  
*mz764233@gmail.com*

The current stage of technology development requires continuous improvement of analysis and measurement methods, in particular in the field of anthropometry. One of the most important problems in measuring the weight and mass parameters of the human body is the high accuracy and reliability of the data obtained.

Traditional methods of anthropometry are often limited by two-dimensional approaches and lack of detail. In this context, the use of 3D scanners capable of recording geometric features of the body in three dimensions opens up new prospects for accurate parameter determination, which has significant potential for development in the medical industry and related fields.

Three-dimensional human models are the most realistic, reflecting the anatomical structure, accurately conveying the relief and colour features of the object, and can be modified to change the appearance. A 3D human model is a multifactorial source of information about a patient, allowing to significantly reduce the required amount of user interaction compared to existing methods.

The importance of the accuracy of the data obtained is determined by a significant contribution to improving the reliability and objectivity of anthropometric measurements on three-dimensional models. In the medical field, accurate data on anthropometric parameters play an important role in the diagnosis and treatment of patients. For example, accurate determination of body volume and mass distribution can be critical for the effective treatment of diseases associated with excess body weight.

3D body scanners are used to determine the weight and mass characteristics of a person based on their anthropometric parameters. This makes it possible to create a full-length model of a person's body in 3D space. To do this, they take a set of frames and then assemble them together to create a 3D model.

To determine the mass and weight characteristics of a person using three-dimensional modelling, it is necessary to perform non-contact measurements of some parameters on a three-dimensional model. Therefore, we systematise methods and formulas for further calculations.

To determine the area of a human body, it is proposed to develop a three-dimensional model of a person using three-dimensional scanners. Next, the surface is covered by a polygonal pattern (Figure 1), which consists in replacing the surface with polygons that are adjacent to each other without gaps and do not overlap.

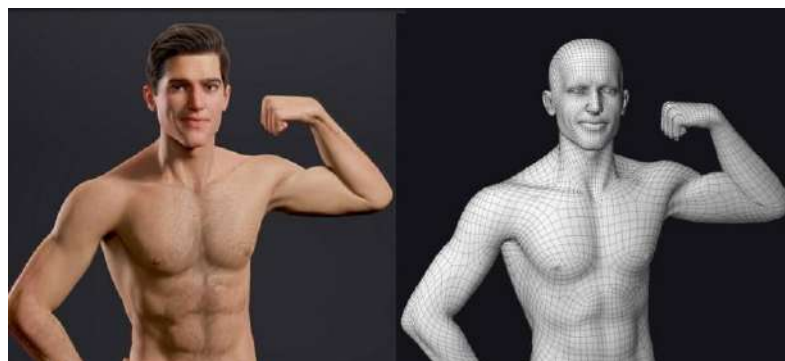


Figure 1 - Polygonal three-dimensional model

In graphics packages, triangulation is performed, the end result of which is a polygonal model with triangles as cells. In this case, tessellation is a preparatory stage. The accuracy of the area determination is determined by the density of the polygonal network. A polygonal network can be expanded to a plane (Figure 2). Using image processing algorithms such as segmentation, body structures can be extracted, creating a point cloud for further modelling.

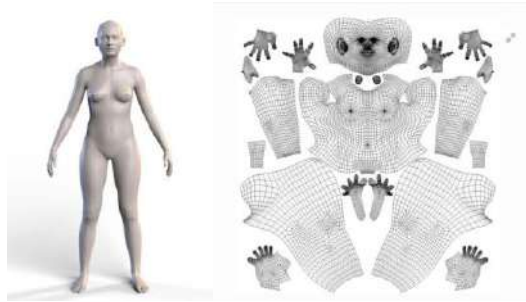


Figure 2 - Expanding a polygonal model on a plane

To determine the surface area, you need to determine the areas of the constituent triangles and find their sum. This will allow you to take into account the peculiarities of the human structure and eliminate the need to divide into male and female. Three-dimensional modelling can be effectively used to accurately determine body volume. Slices of a three-dimensional human model can be made using different types of planes (Figure 3).

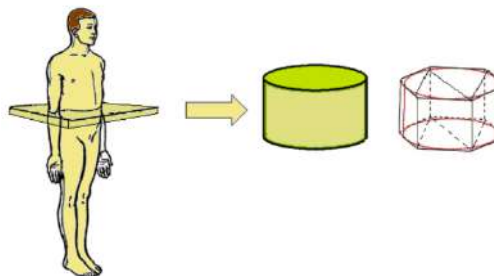


Figure 3 - Stages of segment volume determination

The result is a body segment. The resulting top slice is triangulated to replace the segment with triangular prisms. To do this, use vertical planes that are perpendicular to the base of the segment. Next, the volumetric pixel method is used to determine the curved area and volume of the human body. The extracted structures are converted into a three-dimensional point cloud, where each point corresponds to a voxel with certain  $x,y,z$  coordinates. Information about intensity and geometric properties, such as coordinates, is added to each point.

Suppose  $I(x,y,z)$  – the intensity of a point in three-dimensional space. Define the function  $f(x,y,z)$  so that  $f(x,y,z)=I(x,y,z)$ . This means that the value of the function corresponds to the intensity of the point.

To obtain the function  $f(x)$ , the values on the surface of the body will be used  $f(x,y,z)$ . Then, the function  $f(x)$  can be defined as:

$$f(x)=\max_{y,z} I(x,y,z)$$



To determine the curved area of a triangle, consider the function  $f(x)$ , which represents the coordinates of the points of the body surface in three-dimensional space. To derive the formula for the curved area  $S$ , consider an elementary surface segment between two neighbouring points  $P(x, f(x))$  and  $Q(x+dx, f(x+dx))$ , using the Pythagorean theorem, the length of this segment is:

$$dS = \sqrt{dx^2 + [f'(x)dx]^2}$$

Derive the expression for the integral  $f(x)$ . If  $f(x) = \max_{x,y,z} I(x,y,z)$ , then  $f'(x)$  can be approximated as  $dI/dx$  at points where  $I(x,y,z)$  is the maximum. Determine the curvilinear area of one triangle using the formula:

$$\text{Area}(T_i) = \iint_a^b \sqrt{1 + (df/dx)^2} dx$$

Finding the curvilinear area of one triangle on a segment of a three-dimensional model, derive the formula for the total area of a person's body:

$$S = \sum_{i=1}^n \text{Area}(T_i)$$

To calculate body volume, a similar approach is used,  $A(x)$  - is the cross-sectional area of the body in a plane parallel to the  $x$ -axis. Consider the segment of this section between  $x$  and  $x+dx$ . The area of such a segment is calculated using the Pascal's formula:

$$dA = [R(x)]^2 dx$$

, where  $R(x)$  denotes the curvilinear area of all segments included in the section. Then the volume of the human body will be calculated as:

$$V = \int_a^b \pi [R(x)]^2 dx$$

Determining the basic formulas for calculating the area and volume of a body, it is necessary to develop an algorithm for calculating the distance between two points on a three-dimensional model. For this purpose, it is necessary to use a generalised systematisation of the parameters of three-dimensional models.

Usually, a 3D pose is encoded as a set of common coordinates (e.g. trc files) or orientations (e.g. bvh files, asf/amc files). The parametrization of a 3D model is based on a skeletal frame with  $J$  joints. Therefore, to determine the distance between two points, it is necessary to determine the  $J$  main joints and calculate the parameterisation of the resulting three-dimensional model. The calculated parameterisation will allow you to determine the measurement accuracy and the minimum number of joints required for the measurement.

To measure anthropometric distances on a three-dimensional model, we will use a 16-joint skeletal model (see Figure 4), since the distance in a three-dimensional model is related only to the configuration of the main joints of the body.

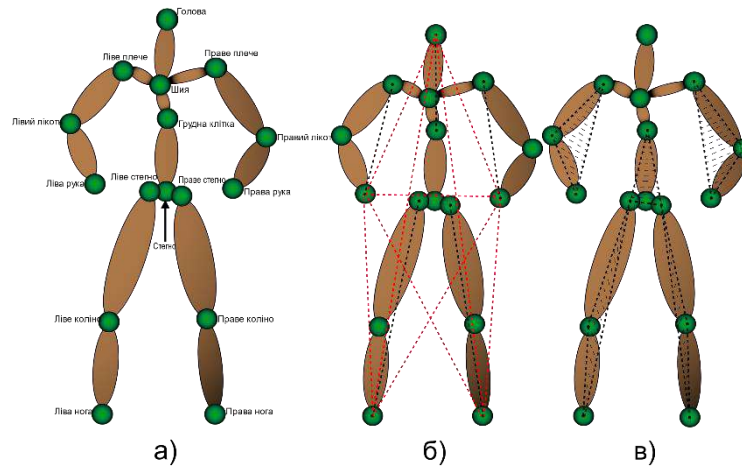


Figure 4 - Skeleton model

a) joints and limbs, б) correlating lines в) planes

The positions of the 16 main joints are automatically determined when creating a three-dimensional model. To calculate the distance between the joints, we use the Euclidean distance formula:

$$f_{JJ\_dJ1,J2} = \|J1J2\|$$

$$f_{JJ\_oJ1,J2} = \text{unit}(J1J2)$$

, where - the corresponding joints,  $\text{unit}()$  - scales the vector to a unit length.

The extended Helen's formula is used to calculate the distance between the joint line  $f_{JJ\_dJ1,J2}$  and an individual joint J:

$$f_{JLdJ,LJ1J2} = 2 * s_{JJ1J2} / f_{JJdJ1,J2},$$

, where  $s_{JJ1J2}$  - is the area of the triangle formed by the joint positions.

To calculate the distance between a joint J and a plane  $PJ1J2J3$ , use the formula for the cross product of two three-dimensional vectors:

$$f_{JPdJ,PJ1J2J3} = f_{JJ\_oJ1,J2} * \text{unit}(f_{JJ\_oJ1,J2} * f_{JJ\_oJ1,J3})$$

Figure 5 shows a visualisation of the above formulas.

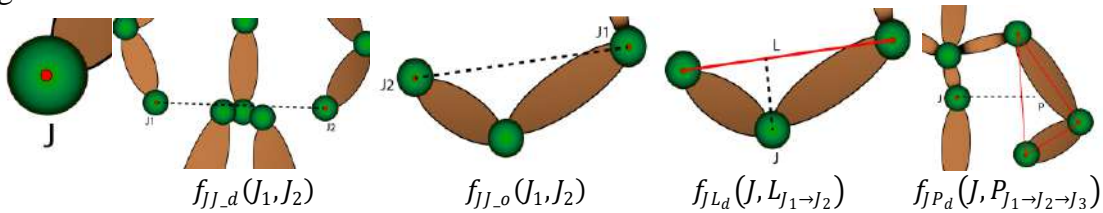


Figure 5 - Measurement visualisation

Convert the formulas of anthropometric metrics for three-dimensional models, to do this, we define a data set that will be a matrix of points  $\{x_1, x_2, \dots, x_{n-1}, x_n\}$  derived from the 3D model. To prevent excessive deviation, care must be taken to ensure that the distance metric does not deviate too far from the original distance metric. For this purpose, a regulariser is introduced.

Suppose that  $d_{ij}$  – is the distance  $L_2$  between  $x_i$  and  $x_j$ . The deviation from the original data ratio is measured using the Mahalanobis formula:

$$|d_{ij} - \hat{d}_{ij}| = |x_i - x_j|^T (x_i - x_j - T * r * I)$$

, where  $r$  is a regulariser,  $I$  is a columnar orthogonal matrix consisting of a set of joint data through which the desired distance line passes. Then the following formula is used to find the distance between two points on a three-dimensional model:

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=0}^n (c_{ik} - c_{jk})^2}$$

, where  $c_{ik}$ ,  $c_{jk}$  – three-dimensional coordinate of the 3D model,  $c_{ik}, c_{jk}$  – three-dimensional coordinates of the 3D model relative to the positions of the joints,  $dE2$  – Euclidean distance between a given point and the nearest joint.

### Conclusion

The algorithms for anthropometric measurements on three-dimensional models have been developed and presented for the first time, using advanced techniques of three-dimensional data processing and anthropometry algorithms. The division of a three-dimensional model into a matrix of points is proposed, which allows to achieve an increase in measurement accuracy. The formulas for calculating the distances between two points on a three-dimensional model are obtained. For the first time, it is proposed to perform anthropometric measurements of a three-dimensional human model at the positions of 16 major joints. The practical significance of the work is the development of algorithms and programs for anthropometric measurements based on theoretical research and their integration into the professional graphics engine `idx3d`.

### REFERENCES

1. Олександр РОМАНЮК, Максим ЗАХАРЧУК, Роман ЧЕХМЕСТРУК, Анатолій СНИГУР, Наталія ПІТОВА. Використання морфінгу зображень для аналізу медичних даних, діагностики та лікуванні захворювань Матеріали II Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю «Актуальні завдання медичної, біологічної фізики та інформатики», 7 квітня 2023 року м. Вінниця, -С.23-25.
2. Романюк О. Н. Захарчук М. Д. Коробейнікова Т. І. Використання тривимірної графіки у медичній галузі // Матеріали молодіжної науково-практичної інтернет-конференції студентів аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2020)» : збірник матеріалів. – Вінниця: ВНТУ, 2021. – 3 с.
3. РОМАНЮК, О., ЗАХАРЧУК, М., СНИГУР, А., КОВАЛЬ, Л., МИХАЙЛОВ, П., & ЧЕХМЕЙСТРУК, Р. (2021). Використання тривимірного моделювання для визначення масо-вагових характеристик людини по її антропометричним параметрам. Прикладні питання математичного моделювання, 4(2.1), 188-198.
4. Романюк О.Н., Кокункін В.Л., Захарчук М.Д., Котлик С.В. Використання морфінгу 3D- зображень обличчя людей в медицині. Інформаційні технології і автоматизація – 2021/ Матеріали XIV міжнародної науково- практичної Конференції . Одеса, 21-22 жовтня 2021р. -Одеса, Видавництво ОНАХТ, 2021 р. –С. 252-255.
5. Романюк О.Н., Захарчук М. Д., Михайлов П.І., Чехмestрук Р.Ю., В.М., Перун І.В. Визначення генетичних захворювань людини за тривимірною моделлю лица . Електронні інформаційні ресурси: створення, використання , доступ. Збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної Інтернет конференції, 9-10 листопада 2021 р . –Суми/Вінниця: НІКО/ВНТУ, 2021. – С. 179-184. .
6. Романюк О.Н., Захарчук М.Д., Чехмestрук Р.Ю., Романюк О.В., Коробейнікова Т.І. Визначення векторів нормалей у довільній точці трикутника. Актуальні проблеми сучасної науки та освіти (частина I): матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції м. Львів, 20-21 січня 2022 року. –Львів: Львівський науковий форум, 2022. – с.64-67.
7. Романюк О. Н, Захарчук М. Д., Коваль Л. Г., Чехмestрук Р. Ю., Михайлов П. І Аналіз воксельної технології. Стан, досягнення та перспективи інформаційних

- систем і технологій / Матеріали XXII Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих вчених, аспірантів та студентів. Одеса, 21-22 квітня 2022 р. - Одеса, Видавництво ОНТУ, 2022 р. С.74-75.
8. Романюк О.Н., Бажан В.М., Захарчук М.Д. , Романюк О.В., Коробейнікова Т. І. Комп'ютерні програми для медичного діагностування за зовнішніми ознаками людини. Сучасна наука: проблеми та перспективи (частина II): матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції м. Київ, 12-13 січня 2022 року. – Київ: МЦНід, 2022. – с. 64-66.
  9. Романюк О.Н., Захарчук М.Д. Метод процедурного текстування. Інноваційні дослідження та перспективи розвитку науки і техніки у XXI столітті, Рівне, 19 жовтня 2023 р. Рівне, Редакційно-видавничий центр Приватного вищого навчального закладу «Міжнародний економіко-гуманітарний університет імені академіка Степана Дем'янчука» , 2023 р. ЧЗ. С.175-178.
  10. Романюк О. Н., Чехмestрук Р. Ю., Станіславенко Є. Г., Вінтонюк В. В., Захарчук М. Взаємозв'язок між векторами нормалі до поверхні, вектором спостерігача та вектором джерела світла для задач рендерингу. The 8 th International scientific and practical conference “Topical issues of modern science, society and education” (February 26-28, 2022) SPC “Sciconf.com.ua”, Kharkiv, Ukraine. 2022. pp 300-303.

## РОЗМІЩЕННЯ ТОЧОК НА ОБЛИЧЧІ ДЛЯ МОРФОЛОГІЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ

Олександр РОМАНЮК<sup>1</sup>, Наталія ПІТОВА<sup>2</sup>, Сергій РОМАНЮК<sup>2</sup>, Олександр РЕШЕТНИК<sup>1</sup>,  
Тетяна КОРОБЕЙНИКОВА<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Вінницький національний технічний університет

<sup>2</sup>Національний університет «Одеська політехніка»

<sup>3</sup>Національний університет «Львівська політехніка»  
rom8591@gmail.com

Морфологічні вимірювання обличчя людини [1-3] - це важлива частина багатьох галузей, включаючи медицину, косметологію, антропологію, і навіть біометричну ідентифікацію. Ці вимірювання можуть включати ширину і висоту обличчя, відстань між очима, довжину носа, ширину губ, а також більш складні параметри, такі як кут щелепи або пропорції обличчя. Ці дані можуть бути використані для ідентифікації особливостей обличчя, діагностування медичних станів, планування хірургічних втручань, а також для створення більш реалістичних манекенів у медицині та косметології.

Загальні морфологічні вимірювання обличчя включають: Верхньо-нижня довжина обличчя (від верхньої точки лоба до кінця підборіддя); ширина обличчя (найширша частина обличчя, зазвичай через скули); інтерокулярна відстань (відстань між центрами зіниць обох очей); довжина носа (від кореня носа до його кінчика); ширина рота (від одного кута рота до іншого); глибина підборіддя (відстань від кінця підборіддя до шиї); кут нижньої щелепи.

Прикладні застосування:

Медицина та хірургія: Для діагностики та лікування деформацій обличчя, планування оперативних втручань.

Ортодонтія: Визначення потреби в корекції прикусу або вирівнюванні зубів.

Косметологія та пластична хірургія: Для планування естетичних процедур, що впливають на зовнішній вигляд обличчя.

Антропологія: Дослідження еволюції людського обличчя, порівняння особливостей обличчя представників різних груп населення.

Розробка точних правил для розташування ключових точок в різних ділянках обличчя має важливе значення в галузі діагностики за фотографією, особливо в медичних дослідженнях.

1. Ділянка очей (рис. 1):

У медичних дослідженнях точне розташування ключових точок в області очей може бути використано для діагностики різних станів, таких як косоокість, близькозорість та інші захворювання зору. У комп'ютерній графіці ці дані також можуть використовуватися для створення реалістичних персонажів із автентичним виразом очей.

Для вимірювання в ділянці очей створені такі правила розташування точок:

- Верхня точка очей: Розташовується на верхній частині зовнішньої крайки очної раковини.
- Нижня точка очей: Визначається на нижній частині нижньої повіки.
- Внутрішній кут очей: Визначення точки на внутрішньому куті очної раковини.
- Зовнішній кут очей: Точка розташовується на зовнішній частині очної раковини.

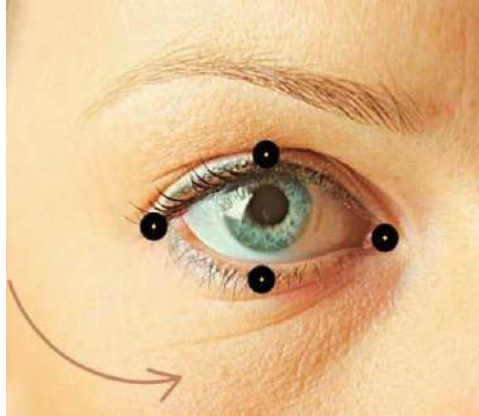


Рисунок 1 – Ключові точки очей

### 2. Ділянка носа (рис. 2):

У медичних дослідженнях точне вимірювання області носа може слугувати інструментом для діагностики аномалій у структурі носової перегородки. У комп'ютерній графіці ці дані можуть використовуватися для створення більш реалістичних та індивідуальних рис персонажів.

Правила кшлюкових точок для вимірювання області носа включають:

- Верхівка носа: Точка на вершині носа.
- Кінчики носа: Визначення точок на кінцях носа.
- Нижнє перенісся: Точка між ніздрями.

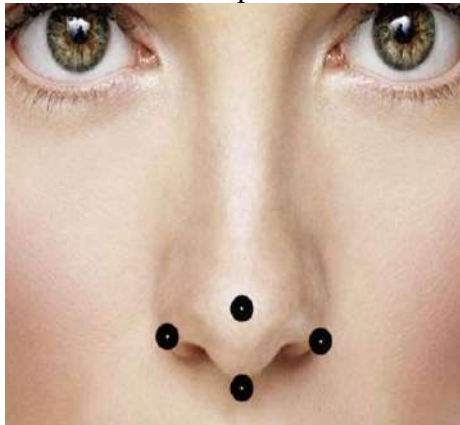


Рисунок 2 – Ключові точки носа

### 3. Ділянка лоба: (рис. 3)

Медичні дослідження можуть використовувати точні вимірювання області лоба для діагностики форми обличчя та аналізу аномалій у структурі черепа. У комп'ютерній графіці це також важливо для створення персонажів з різноманітною анатомією та структурою обличчя.

Правила розташування ключових точок на лобі:

- Верхня точка лоба: Розташована на вершині лоба, найчастіше на лінії волосся.
- Нижня точка лоба: Точка на лінії лоба, між бровами.

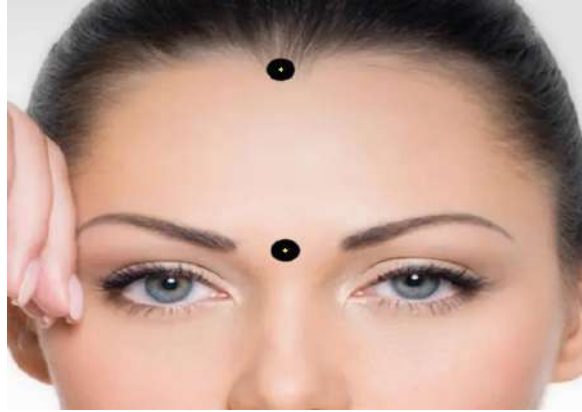


Рисунок 4– Ключові точки лоба

#### 4. Ділянка рота (рис. 5):

У медичних дослідженнях вимірювання області рота може бути використано для діагностики структурних змін у зубах та яснах. У комп'ютерній графіці це має значення для створення деталізованих і реалістичних персонажів із правильним положенням губ та зубів.

Правила розташування точок в області рота включають:

- Верхня точка верхньої губи: Розташовується в центрі верхньої губи.
- Нижня точка нижньої губи: Точка на центрі нижньої губи.
- Кути рота: Точки на зовнішніх кутах рота.

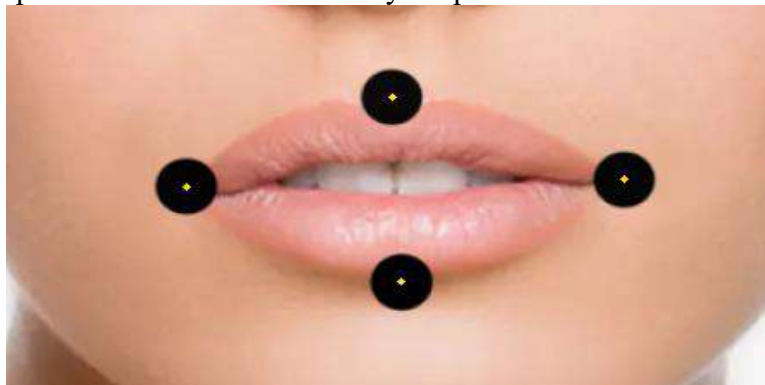


Рисунок 5– Ключові точки рота

#### 5. Ділянка підборіддя (рис. 6):

Медична діагностика за фотографією може включати вимірювання області підборіддя для аналізу асиметрії обличчя та структурних аномалій. У комп'ютерній графіці ці дані можуть бути використані для створення персонажів із унікальною формою та структурою підборіддя.

Правила для вимірювання області підборіддя по точкам включають:

- Верхня точка підборіддя: Точка під нижньою губою.
- Нижня точка підборіддя: Точка на кінці підборіддя.

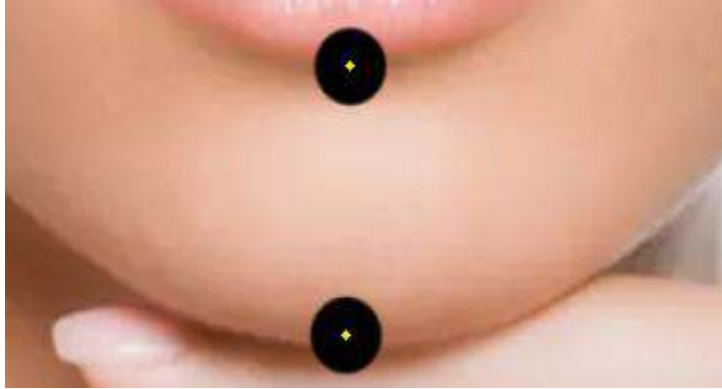


Рисунок 6 – Ключові точки підборіддя

#### 6. Загальна форма обличчя (рис. 7):

У медичних дослідженнях загальна форма обличчя може використовуватися для діагностики синдромів та генетичних аномалій. У комп'ютерній графіці це дозволяє створювати персонажів із різноманітною анатомією, що має значення не лише в ігровій індустрії, але й у медичному моделюванні.

Визначення загальної форми обличчя може бути ключовим кроком у аналізі індивідуальних особливостей. У цьому випадку правила розташування точок обов'язково включають:

- Ширина обличчя: Вимірювання відстані між лівою та правою стороною обличчя.
- Висота обличчя: Відстань від верхньої точки лоба до нижньої точки підборіддя.
- 



Рисунок 8 – Ключові точки форми обличчя

Ці правила вимірювання областей по встановленим точкам обличчя не лише розширюють можливості комп'ютерної графіки у створенні реалістичних персонажів, але також мають потенціал у розвитку технологій діагностики за фотографією для медичних застосувань.



Очікується, що майбутній прогрес у технологіях і методах морфологічних вимірювань обличчя значно розширить їх можливості та застосування. Зокрема, розвиток штучного інтелекту (ШІ) і машинного навчання відкриває нові перспективи для аналізу та інтерпретації даних, що може привести до наступних інновацій:

#### Література

1. Романюк О. Н. Захарчук М. Д. Коробейнікова Т. І. Використання тривимірної графіки у медичній галузі // Матеріали молодіжної науково-практичної інтернет-конференції студентів аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2020)» : збірник матеріалів. – Вінниця: ВНТУ, 2021. – 3 с.
2. Романюк С. О. Нечипорук М. Л. Фотограмметричні комп'ютерні засоби отримання 3D-моделей зображень облич людини [Текст] / С. О. Романюк, // XI міжнародна науково-практична конференція "Інформаційні технології і автоматизація – 2018", Одеса, 4 – 5 жовтня 2018 р. – 2018. – Ч. II. – С. 10-12.
3. Романюк О.Н., Бажан В.М., Захарчук М.Д. , Романюк О.В., Коробейнікова Т. І. Комп'ютерні програми для медичного діагностування за зовнішніми ознаками людини. Сучасна наука: проблеми та перспективи (частина II): матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції м. Київ, 12-13 січня 2022 року. – Київ: МЦНІД, 2022. – с. 64-66.

## ПЕРЕВАГИ ВИКОРИСТАННЯ МОРФІНГУ ЗОБРАЖЕНЬ ДЛЯ ЗАДАЧ ПЛАСТИЧНОЇ ХІРУРГІЇ ТА ДІАГНОСТИКИ Й ЛІКУВАННЯ ЗАХВОРЮВАНЬ

<sup>1</sup>Сергій РОМАНЮК, <sup>1</sup>Наталія ТІТОВА, <sup>2</sup>Олександр РОМАНЮК, <sup>2</sup>Оксана РОМАНЮК  
*Національний університет «Одеська політехніка»*  
*<sup>2</sup>Вінницький національний технічний університет*  
*romaniukoksanav@gmail.com*

На поточному етапі розвитку комп'ютерної графіки технологія морфінгу знайшла застосування в кіноіндустрії, виробництві комп'ютерної анімації та відеоіграх. Також є виправданим застосування морфінгу в медичній сфері, зокрема для дослідження вікових змін та виконання хірургічних втручань у сфері пластичної хірургії [1-4]. Морфінг дозволяє створювати проміжні кадри між початковим і кінцевим зображенням шляхом зміни триангуляційної моделі об'єкта. Такий підхід дозволяє отримувати інтерпольовані значення для поверхонь зображень, на відміну від простого інтерполювання, яке лише визначає проміжні значення між початковим і кінцевим станами. Це робить морфінг особливо корисним у медицині для аналізу розвитку патологій та прогнозування вікових змін.

Морфінг зображень у медицині відіграє важливу роль у візуалізації та аналізі медичних даних. Ця технологія дозволяє лікарям та дослідникам візуально аналізувати зміни, які відбуваються в організмі пацієнта, протягом часу або в результаті лікування. Сфери застосування технології морфінгу зображень у медицині досить широкі, зокрема:

1. Порівняння зображень до та після лікування. Морфінг дозволяє лікарям порівнювати зображення органів чи тканин до та після лікування, щоб оцінити ефективність втручань.
2. Моніторинг прогресу захворювань. За допомогою морфінгу можна візуалізувати прогрес захворювань, таких як рак або хронічні захворювання, забезпечуючи лікарям важливу інформацію для прийняття рішень про лікування.
3. Планування хірургічних втручань. Морфінг може допомогти хірургам планувати складні операції, візуалізуючи, як зміниться анатомія пацієнта в результаті втручання.
4. Освітні цілі. В медичній освіті морфінг зображень може використовуватися для демонстрації анатомічних змін, викликаних різними захворюваннями або лікуванням, студентам медичних спеціальностей.
5. Дослідження та розробка. У фармацевтиці та біомедичних дослідженнях морфінг зображень може використовуватися для моделювання потенційних ефектів нових лікарських засобів на органи та тканини.

Техніка морфінгу може включати використання різних методів обробки зображень, включаючи ресстрацію зображень, щоб забезпечити точне вирівнювання зображень для порівняння, і інтерполяцію, щоб створити плавні переходи між зображеннями. Ці процеси дозволяють медичним фахівцям отримати глибше розуміння стану пацієнта і вибрати найкращий підхід до лікування.

На рисунку 1 наведено приклад інтерфейсу програми для морфінгу зображення обличчя, яка дозволяє користувачам завантажувати початкові та кінцеві зображення, редагувати їх полігональні моделі, встановлювати кількість проміжних кадрів і час їх відображення, а також проводити процедуру морфінгу.

Пластичні хірурги можуть використовувати програму морфінгу для визначення найкращої форми для певних частин обличчя [2]. Наприклад, початковим зображенням може бути тривимірна модель обличчя людини з виділеною ділянкою носа. Хірург здійснює зміни

за естетичними міркуваннями, створюючи кінцеве зображення. Це кінцеве зображення може бути модифіковане шляхом зміни полігональної моделі. Проміжні зображення формуються за допомогою програми, а потім вибирається найоптимальніший варіант.

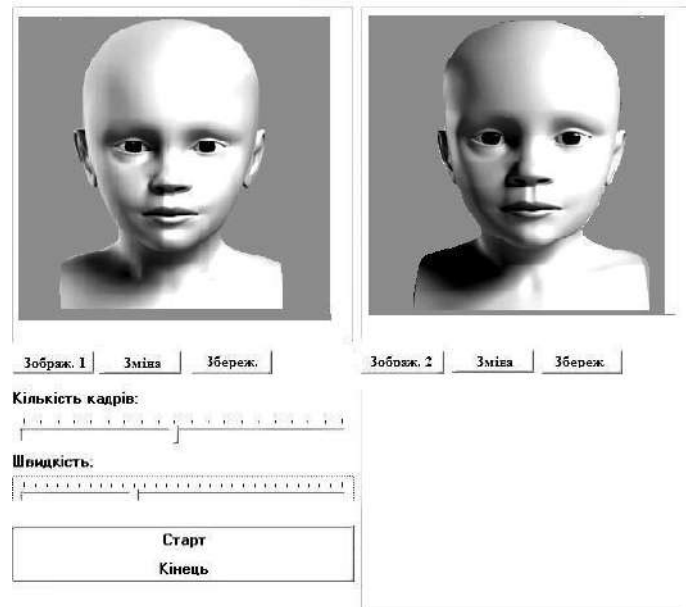


Рис.1. Інтерфейс програми для морфінгу зображення обличчя

Розглянемо декілька прикладів застосування морфінгу зображень у медицині та переваги, які надає ця технологія.

### **Морфінг у пластичній хірургії**

Морфінг у контексті пластичної хірургії зазвичай відноситься до використання спеціалізованого програмного забезпечення для створення цифрових зображень, які візуалізують потенційні результати хірургічного втручання на обличчі або тілі пацієнта. Це дозволяє лікарям та пацієнтам обговорювати очікування та потенційні результати до того, як буде прийняте рішення про операцію.

Морфінг певною мірою можна вважати візуальною хірургією, оскільки хірург на прикладі зображення обличчя пацієнта може продемонструвати процес його трансформації до бажаного ефекту. Перш ніж переходити до реального хірургічного втручання, пацієнт має змогу впевнитись, чи співпадають його уявлення про майбутнє ідеальне обличчя з уявленнями хірурга. Морфінг дозволяє пацієнтам бачити візуальні приклади потенційних результатів хірургічного втручання, що може допомогти їм краще зрозуміти, чого очікувати, і висловити свої побажання більш точно. Це дозволить зробити більш ефективною комунікацію між лікарем та пацієнтом і прийняти більш виважене рішення щодо хірургічного втручання [3].

Від застосування морфінгу зростає і рівень задоволеності пацієнтів. Візуалізація потенційних результатів може допомогти зменшити невизначеність і тривогу пацієнтів, підвищуючи загальну задоволеність процесом та результатами. Для побудови комп'ютерної геометричної моделі, недостатньо одного фото, тому обличчя необхідно сфотографувати з різних кутів, при чому важливо зафіксувати вираз обличчя під час найсильніших емоцій таких як, щастя, здивування і гнів. Це в свою чергу робить процес моделювання бажаного результату ще більш точним.

З етичної точки зору використання морфінгу допомагає пацієнтам приймати більш інформовані рішення щодо хірургічних втручань, які вони можуть вибирати. Оскільки,

технологія морфінгу дозволяє сформувати велику кількість проміжних зображень між початковим та кінцевим (рис.2) [2], то пацієнт має змогу проаналізувати кожен з них, та, за потреби, обрати можливо не ідеальний, але менш радикальний варіант хірургічного втручання, що забезпечить прийнятний візуальний результат, але з меншими ризиками.

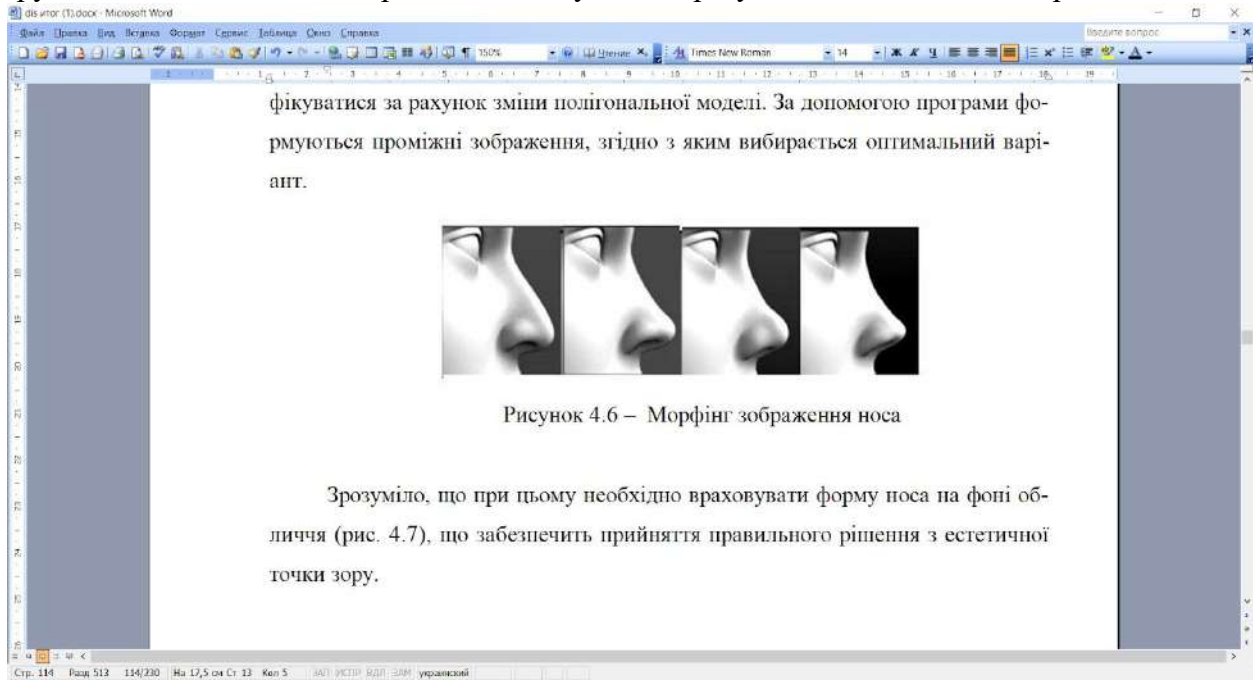


Рис.2. Морфінг зображення носа

Під час «візуальної хірургії» лікар має можливість показати і обґрунтувати обмеження щодо корекційних дій, виходячи з анатомії обличчя людини та запропонувати альтернативні варіанти хірургічного втручання.

Морфінг дозволяє покращити планування хірургічного втручання, адже хірурги можуть використовувати ці візуалізації для планування операцій, враховуючи як очікувані результати, так і специфічні анатомічні особливості пацієнта. Наприклад, при моделюванні носа, необхідно враховувати його форму у контексті обличчя (рис.3), щоб забезпечити прийняття правильного естетичного рішення [2].



Рис.3. Морфінг зображення обличчя для ринопластики

Традиційно, від консультації до операції переходять лише 30% пацієнтів, однак, застосування технології морфінгу дозволяє підвищити рівень конверсії до 80%. Але найголовнішим аргументом застосування морфінгу в пластичній хірургії є впевненість пацієнта в необхідності операції та отриманні бажаного ефекту [3].

Тим не менш, важливо, щоб лікарі і пацієнти розуміли обмеження цієї технології. І використовували морфінг зображень як допоміжний інструмент для планування, а не як точний прогноз результату хірургічного втручання [4].

### **Використання морфінгу для діагностики хвороб**

Використання морфінгу зображень у діагностичній медицині має важливе значення, особливо у випадках, коли потрібно виявити або проаналізувати зміни, що відбуваються в тканинах або органах пацієнта протягом часу. Морфінг зображень може допомогти у визначенні динаміки захворювань, оцінці ефективності лікування, а також у плануванні хірургічних втручань.

Використання машинного навчання та штучного інтелекту для аналізу медичних зображень, таких як рентгенівські знімки, МРТ, УЗД, і інших, дозволяє не тільки ідентифікувати наявні захворювання, але й прогнозувати ризик розвитку певних станів у майбутньому.

Морфінг зображень в цьому контексті може включати процеси, такі як перетворення одного зображення на інше, щоб виділити зміни, які можуть вказувати на розвиток захворювання, або комбінування декількох зображень для створення композитного візуалу, який може допомогти у виявленні складних для діагностики умов. Наприклад, при вивченні захворювань мозку, таких як Альцгеймера чи інші форми деменції, морфінг зображень може бути використаний для демонстрації змін у структурі мозку протягом часу, що дає лікарям краще розуміння процесів, які відбуваються в мозку пацієнта.

Розглянемо деякі з потенційних застосувань морфінгу зображень у медичній діагностиці:

1. Онкологія: Морфінг зображень може бути використаний для візуалізації змін у розмірах та формах пухлин до і після лікування, дозволяючи лікарям оцінити ефективність терапії.
2. Неврологія: У дослідженні мозку морфінг зображень МРТ може допомогти виявити зміни, пов'язані з різними захворюваннями, такими як Альцгеймера або склероз.
3. Ортопедія та реабілітація: Морфінг рентгенівських зображень може виявляти динаміку змін у кістковій структурі або стані суглобів, що дозволяє планувати лікування та реабілітацію.
4. Кардіологія: Аналіз змін у структурі серця і судин за допомогою морфінгу зображень може допомогти виявити ранні ознаки серцевих захворювань або оцінити ризики розвитку патологій.
5. Пластична хірургія та дерматологія: Морфінг зображень широко використовується для демонстрації потенційних результатів пластичних операцій або лікування шкірних захворювань.

Особливо ефективним морфінг може стати при діагностиці хвороб, наприклад при діагностиці родимок. Послідовність етапів підтримки процесу діагностики хвороб на прикладі діагностики родимок з використанням морфінгу зображень наведено на рис.4.

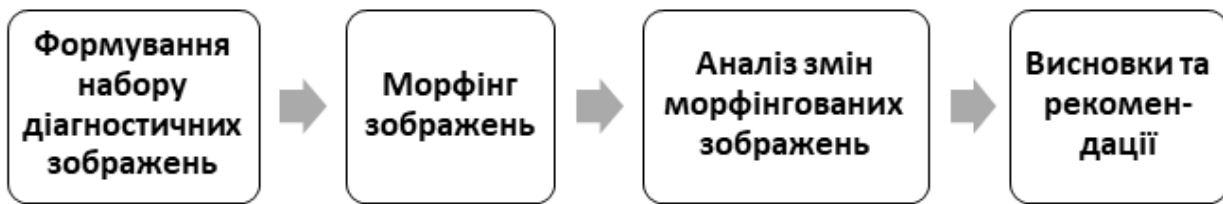


Рис.4. Підтримка процесу діагностики хвороб з використанням морфінгу зображень

На початку дерматологу необхідно зробити декілька дерматоскопічних знімків родимки на шкірі пацієнта протягом кількох візитів. Перший знімок робиться під час початкового огляду, а подальші знімки – через певні інтервали часу для моніторингу змін.

На етапі морфінгу зображень за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення знімки родимки об'єднуються в один візуальний потік, де можна побачити, як змінювалася родимка протягом часу. Програмне забезпечення використовує алгоритми морфінгу для створення плавних переходів між кожним знімком, забезпечуючи плавне «перетікання» одного зображення в інше.

Потім дерматолог аналізує морфінговані зображення, щоб визначити, чи були зміни в розмірі, формі, кольорі або текстурі родимки. Ці зміни можуть вказувати на розвиток меланому.

На заключному етапі дерматолог робить висновки та дає рекомендації щодо подальшого обстеження. Якщо аналіз виявляє підозрілі зміни, дерматолог може рекомендувати біопсію або інші діагностичні процедури для подальшого аналізу. Якщо зміни не викликають занепокоєння, дерматолог може продовжити спостереження з використанням морфінгу зображень для моніторингу родимки.

### **Використання морфінгу для лікування хвороб**

Розглянемо конкретний приклад використання морфінгу зображень у медицині, пов'язаний з моніторингом прогресу лікування меланому, що є одним з найбільш агресивних типів раку шкіри. Пацієнту діагностовано меланому на ранній стадії, і він проходить лікування новітнім імунотерапевтичним препаратом, що спрямований на активізацію імунної системи для боротьби з раковими клітинами. Послідовність етапів підтримки процесу лікування з використанням морфінгу зображень наведено на рис.5.



Рис.5. Підтримка процесу лікування з використанням морфінгу зображень

На початку лікування лікар проводить високоточне зображення ураженої ділянки шкіри за допомогою дерматоскопії та формує діагностичне зображення. Це зображення слугує вихідною точкою для подальшого моніторингу.

Етап послідовного моніторингу передбачає, що кожні кілька тижнів пацієнт проходить повторне зображення тієї ж ділянки шкіри. Ці зображення потім порівнюються з вихідним зображенням за допомогою технології морфінгу.

На етапі аналізу змін за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення лікар аналізує морфологічні зміни в меланомі, порівнюючи розмір, форму, кольорові характеристики та інші візуальні аспекти пухлини на зображеннях до і після лікування.

Морфінг дозволяє створити плавний перехід між зображеннями, візуалізуючи навіть незначні зміни.

На заключному етапі виконується оцінка ефективності лікування. На основі аналізу лікар може оцінити, чи зменшилася меланома в розмірах, чи змінилася її форма або кольорові характеристики, що може свідчити про ефективність лікування. Якщо показники позитивні, лікування продовжують у тому ж напрямку. Якщо ні – розглядається можливість коригування терапії.

### **Планування хірургічних втручань з використанням морфінгу зображень**

Планування хірургічних втручань з використанням морфінгу зображень може включати в себе різні технології та методики, що дозволяють хірургам аналізувати потенційні результати операцій перед їх проведенням [4]. Цей процес зазвичай включає в себе:

1. Збір даних: Збір детальних медичних зображень пацієнта за допомогою таких методів, як МРТ, КТ, ультразвук і т.д.
2. Морфінг зображень: Використання спеціалізованого програмного забезпечення для модифікації існуючих медичних зображень з метою показати можливі зміни, які можуть бути внесені під час хірургічного втручання. Це може включати в себе все, від косметичних змін до складних реконструктивних операцій.
3. Планування операції: Аналіз змінених зображень для розробки найбільш ефективного хірургічного плану, що враховує анатомічні особливості пацієнта та цільові результати.
4. Консультація з пацієнтом: Обговорення з пацієнтом потенційних результатів операції на основі морфінгу зображень, включаючи обговорення можливих ризиків і очікувань.

Такий підхід може значно підвищити точність планування хірургічних втручань і допомогти пацієнтам краще уявити можливі результати їхніх операцій. Він також може сприяти зниженню тривоги у пацієнтів, оскільки вони матимуть більш чітке уявлення про те, чого очікувати після операції.

Щоб забезпечити точніше планування та прогнозування результатів хірургічних втручань, використовуються різні програмні засоби та технології морфінгу зображень.

Спеціалізоване програмне забезпечення може перетворити двовимірні медичні зображення, отримані за допомогою МРТ або КТ, у тривимірні моделі. Це дозволяє хірургам ретельніше вивчати анатомічні особливості пацієнта і планувати операції з більшою точністю.

Програми для морфінгу зображень можуть модифікувати існуючі медичні зображення або 3D моделі для симуляції потенційних результатів хірургічних втручань. Це особливо корисно в косметичній хірургії, де пацієнти хочуть побачити, як можуть виглядати після операції.

Деякі програмні пакети спеціалізуються на конкретних типах хірургічних втручань, таких як імплантація зубів, ортопедичні операції або пластична хірургія. Вони дозволяють хірургам точно планувати операції, виходячи з унікальної анатомії кожного пацієнта.

Технології доповненої реальності (AR) і віртуальної реальності (VR) дозволяють хірургам і пацієнтам візуально взаємодіяти з 3D моделями в більш інтуїтивний і реалістичний спосіб. Це може допомогти в плануванні складних операцій і в освітніх цілях.

Штучний інтелект (ШІ) і машинне навчання використовуються для аналізу великих наборів медичних зображень з метою виявлення патернів і прогнозування результатів хірургічних втручань. Це може підвищити точність планування і зменшити ризики.

Однак застосування таких технологій вимагає дуже точних алгоритмів і досконалого розуміння того, як морфологічні зміни в медичних зображеннях відображають реальний стан

здоров'я людини. Це також підкреслює важливість великих даних і потужності обчислювальних систем для обробки та аналізу цих зображень.

Важливо, щоб як лікарі, так і пацієнти пам'ятали про обмеження цієї технології. Результати морфінгу попри усі свої переваги не гарантують точних результатів операції, і важливо мати реалістичні очікування. Цифрові візуалізації слід використовувати як інструмент для планування, а не як точний прогноз результату хірургічного втручання.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. С. В. Павлов, О. Н. Романюк та С. О. Романюк “Використання морфінгу зображень у медицині”. Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. Вип. 38, № 2. с. 5–9, 2020.
2. О. Н. Романюк, В. Л. Кокушкін, М. Д. Захарчук та С. В. Котлик “Використання морфінгу 3D-зображень облич людей в медицині”, на XIV Міжнар. наук.-практ. конф «Інформаційні технології і автоматизація - 2021», Одеса, 2021, с. 252-255.
3. Barone, M., Cogliandro, A. & Persichetti, P. Can Morphing Influence the Patient's Decision to Undergo Surgery. *Aesth Plast Surg* **46**, 2605–2606 (2022). <https://doi.org/10.1007/s00266-022-02827-5>
4. Z. Fishman, Jerry Liu, Joshua Pope, J.A. Fialkov & C.M. Whyne (2021) Validating 3D face morphing towards improving pre-operative planning in facial reconstruction surgery, *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering: Imaging & Visualization*, 9:5, 480-487, DOI: [10.1080/21681163.2020.1865839](https://doi.org/10.1080/21681163.2020.1865839)



## АНАЛІТИЧНИЙ ПОШУК ІНФОРМАЦІЇ ПРО КІБЕР-ФІЗИЧНІ БІОСЕНСОРНІ СИСТЕМИ В НАУКОМЕТРИЧНИХ БАЗАХ SCOPUS, WEB OF SCIENCE ТА ПРОГРАМІ CITE SPACE

<sup>1,2</sup> Андрій СВЕРСТЮК, <sup>3</sup> Оксана БАГРІЙ-ЗАЯЦЬ, <sup>2</sup> Натан ГОНЧАР

<sup>1</sup> Тернопільський національний медичний університет імені І. Я. Горбачевського МОЗ  
України, Кафедра медичної інформатики

<sup>2</sup> Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя  
Кафедра комп'ютерних наук

<sup>3</sup> Тернопільський національний медичний університет імені І. Я. Горбачевського МОЗ  
України, Кафедра медичної фізики діагностичного та лікувального обладнання  
sverstyuk@tdmu.edu.ua

Обсяги даних наукових досліджень збільшуються з кожним роком, а тому виявляти значущі зв'язки між минулими та сучасними дослідженнями стає дедалі складніше. Одним з основних джерел інформації у цьому контексті стають реферативні бази даних, які забезпечують науковців даними про найбільші досягнення світової науки та технології. Отже, бази цитувань, такі як Web of Science, Scopus є основними осередками трансформації знань і каналами подальшого застосування наукових результатів, як головної інформаційної та соціальної характеристики країни, університету, наукового колективу або окремого науковця. Програма Тому нагальним завданням для України є спонукання науковців до публікації результатів своїх досліджень у зарубіжних журналах, або у виданнях України, що включені до зарубіжних наукометричних баз, що і відображено у законодавчо-нормативній базі, визнано необхідним елементом підготовки та захисту кваліфікаційних робіт, так само як і невід'ємною частиною трансформації публікаційної активності науковців закладів вищої освіти з особистої зацікавленості науково-педагогічних складу в один з найсуттєвіших показників діяльності установи.

Scopus – одна з найбільших у світі наукометричних баз даних, що дозволяє відстежувати цитування статей, які були опубліковані в наукових виданнях. Її власником є видавнича корпорація Elsevier. У Scopus індексується близько 24 000 наукових журналів з різних галузей науки, праці конференцій, видання книг, майже 80% яких містять анотації.

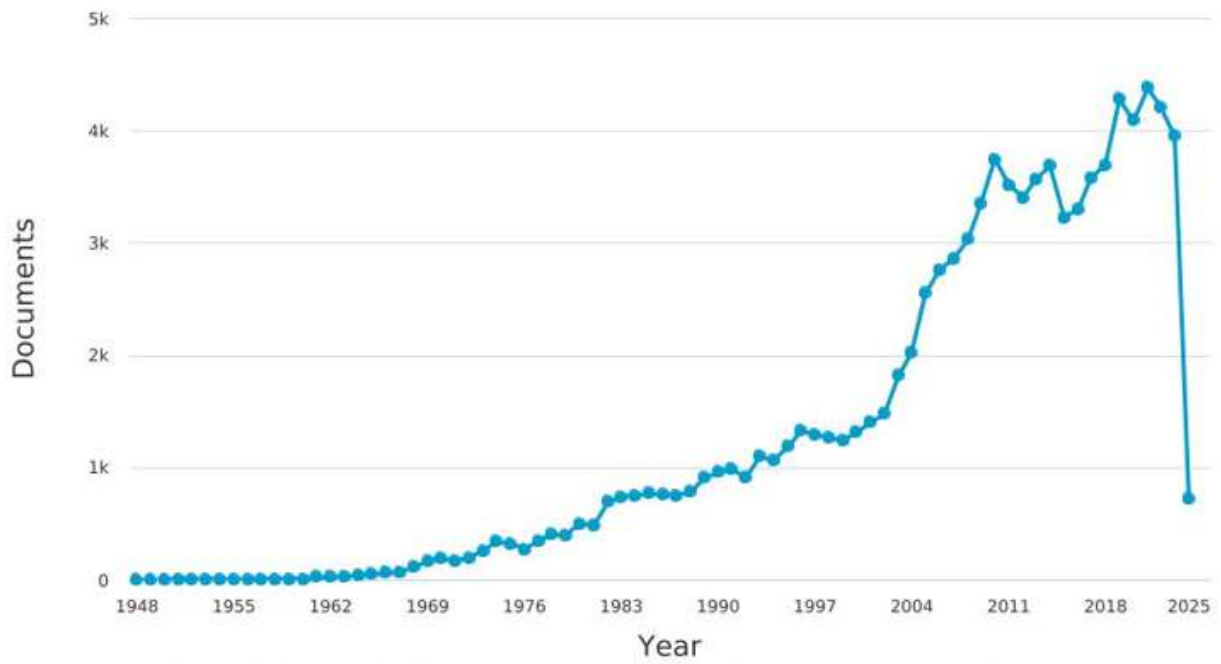
Web of Science (WoS) – платформа, на якій міститься 16 баз даних наукової літератури, проіндексовано понад 170 млн документів, написаних 130 мовами, понад 1,8 млрд документів – у пристатейних списках літератури. Це, по суті, конгломерат баз даних, зібраних на єдиній технологічній платформі. До 2016 року належала Thomson Reuters, а з листопада 2016 була придбана та функціонує під брендом Clarivate Analytics.

В науці та промисловості зростає інтерес до кіберфізичних біосенсорних систем (КФБСС), які є фізичними системами з можливістю інтеграції обчислень та фізичних процесів. Функціонування КФБСС тісно пов'язане з роботизованими та сенсорними системами, які обладнані «розумними» механізмами з достатніми обчислювальними можливостями для ефективного керування. Завдяки постійному науковому прогресу, КФБСС зазнають періодичних змін, які покращують зв'язок між фізичними та обчислювальними компонентами за допомогою «розумних» механізмів, покращуючи таким чином здатність до адаптації, підвищуючи автономність, ефективність, надійність, безпечність та розширюючи їх функціональність.

Здійснено аналітичний пошук статей у Scopus (Рис. 1) та Web of Science (Рис. 2). Для пошуку використано ключові слова cyber-physical system, information system, mathematical model, biosensor, immunosensor.

### Documents by year

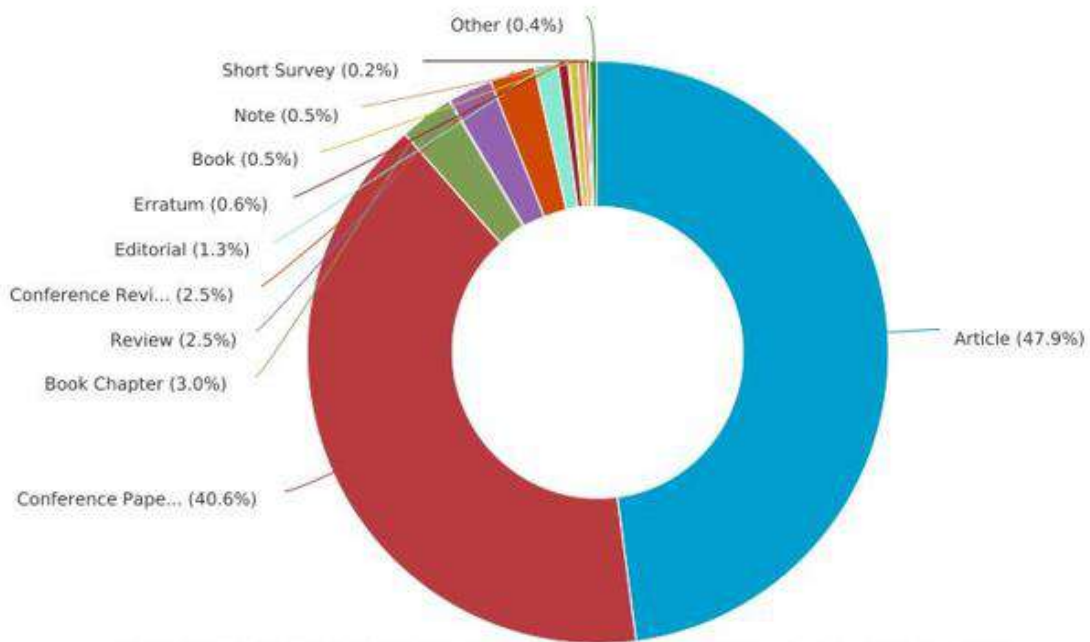
Scopus



a)

### Documents by type

Scopus

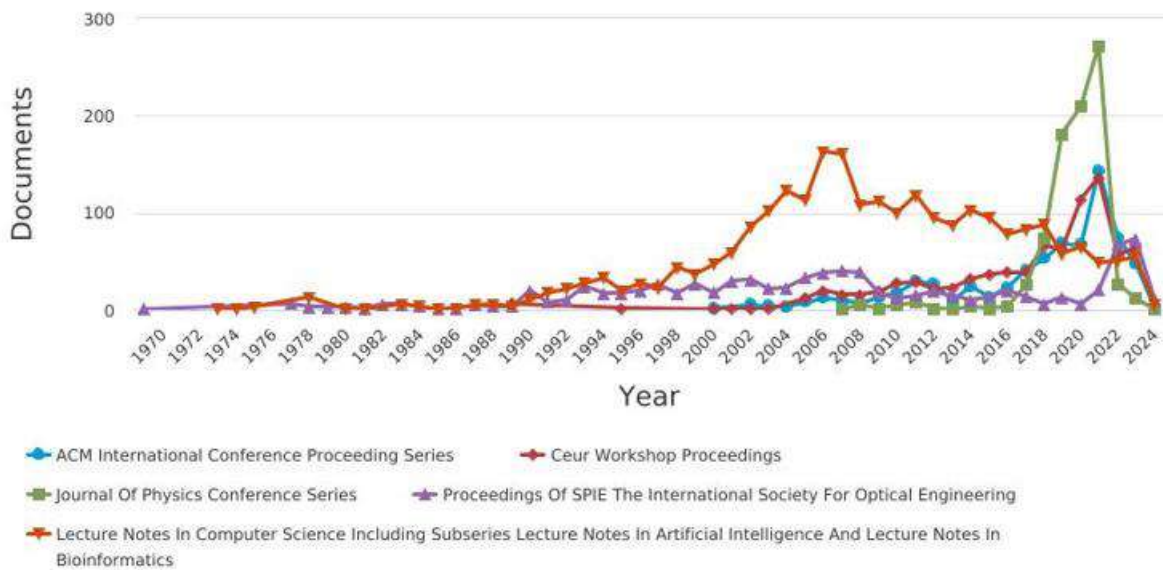


б)

### Documents per year by source

Scopus

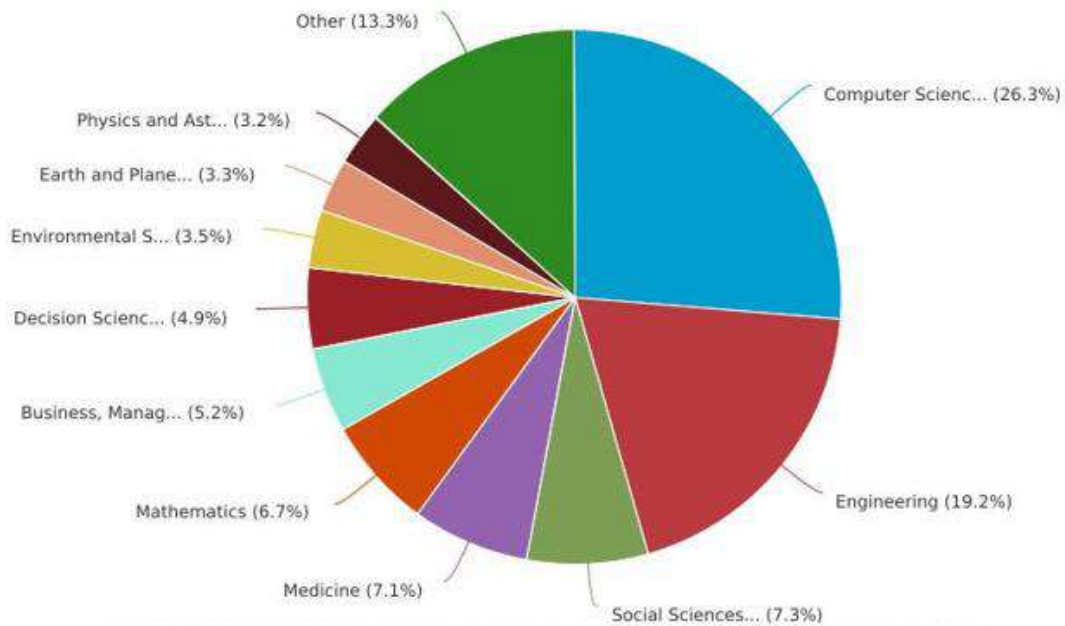
Compare the document counts for up to 10 sources. Compare sources and view CiteScore, SJR, and SNIP data



в)

### Documents by subject area

Scopus



г)

Рисунок 1 – Результати аналітичного пошуку в наукометричній базі даних Scopus: а) по роках; б) по видах публікацій; в) по типах документів в межах років; г) по галузям знань.

Аналізуючи результати аналітичного пошуку, можна констатувати зростання інтересу до теми дослідження КФБСС, зокрема, найбільше наукових публікацій знайдено у країнах США та Китаю (Рис. 1).



Рисунок 2 – Категорії Web of Science (313 документів)

Одним із найпопулярніших інструментів для бібліометричного аналізу є програма Cite Space, яка базується на інтелектуальному аналізі даних, що включає аналіз даних та їх сортування. Інтелектуальний аналіз даних дозволяє робити швидкі прогнози, класифікацію та полегшує прийняття рішень, щодо релевантності пошуку. Cite Space – це програма на основі Java, призначена для аналізу та візуалізації тенденцій і закономірностей у науковій літературі, щоб представити структуру та розподіл наукових знань.

Аналіз Cite Space базується на обраних окремих словах або фразах до чотирьох ключових слів із заголовків, анотацій та описів статей на основі статей за методом LSI (Latent Semantic Indexing), пов'язаних з дослідженням КФБСС. Cite Space аналізує цитати, отримані через публікацію мережі спільного цитування, яка знаходиться в бібліографічній базі даних Web of Science.

Особливістю програми Cite Space є те, що можна вибирати часовий діапазон публікацій, які будуть аналізуватися, враховуючи місяць та рік їх видання. Також можна вибирати типи вузлів кластерів при їх побудові в залежності від авторів, країн, інститутів (університетів), ключових слів, літературних джерел, термінів, цитування авторів та журналів, методи візуалізації та критерії відбору.

На рис.3 наведено карту співпраці та мереж між країнами в галузі дослідження КФБСС.



## ОПРАЦЮВАННЯ ДАНИХ ЛАБОРАТОРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ В ПРОГРАМІ ImageJ

<sup>1</sup>Дмитро ВАКУЛЕНКО, <sup>1</sup>Андрій СЕМЕНЕЦЬ, <sup>1,2</sup>Андрій СВЕРСТЮК, <sup>1</sup>Наталія КЛИМУК, <sup>1</sup>Наталія КРАВЕЦЬ, <sup>1</sup>Олександра КУЧВАРА, <sup>1</sup>Надія ГАНДЗЮК  
<sup>1</sup>Тернопільський національний медичний університет імені І. Я. Горбачевського МОЗ  
України, Кафедра медичної інформатики  
<sup>2</sup>Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя  
Кафедра комп'ютерних наук  
sverstyuk@tdmu.edu.ua

**Вступ.** Протягом останніх років зростає необхідність до медичних, лабораторних та фізичних зображень. Відомо, що структурний стан та фазовий склад матеріалів визначають їх фізичні властивості. Одні і ті ж матеріали, знаходячись у різному структурному стані (аморфному, монокристалічному або полікристалічному) проявляють по різному магнітні, магніторезистивні, електрофізичні, механічні та інші властивості. Для отримання інформації про структурний стан матеріалів необхідно побудувати гістограми залежностей розміру кристалів або гранул від їх кількості на певній ділянці площі зразка. Для цього, використовуючи знімок структури, отриманий за допомогою просвітлюючого електронного мікроскопа, будують вищезазначені гістограми. Для обробки зображень наноструктури плівок можна використовувати спеціальні програми, наприклад, ImageJ.

**Основна частина.** Програма ImageJ є загальнодоступною та заснована на мові Java та використовується для аналізу та обробки зображень, розроблена в National Institutes of Health. ImageJ був створений з відкритою архітектурою, що забезпечує розширюваність за допомогою плагінів Java, а також макросів, що записуються. Користувальницькі модулі отримання, аналізу та обробки можуть бути написані за допомогою вбудованого редактора ImageJ та Java компілятора. Плагіни, написані користувачами уможливають вирішення багатьох завдань аналізу та обробки зображень, дозволяють проводити тривимірну візуалізацію в діапазоні від клітин до рентгенологічних зображень, проводити автоматичні порівняння аж до створення автоматизованих систем вивчення, наприклад, у гематології. Архітектура плагінів ImageJ та вбудована в програму система розробки робить цю платформу дуже популярною для роботи та викладання аналізу та обробки зображень. Зважаючи на необхідність проводити заняття дистанційно дуже зручним є онлайн доступ до програми ImageJ <https://ij.imjoy.io/>

Розглянемо більш детально завдання 1 для підрахунку та аналізу частинок.

Спочатку потрібно відкрити зображення ембріону *File - Open Samples - Embryos*. Зразки медичних зображень та необхідна послідовність дій для студентів, які потрібно виконати представлені в таб. 1.

**Висновки.** Використання програми ImageJ в курсі Медичної фізики з медичною інформатикою і біостатистикою дає змогу майбутнім лікарям отримати навички з обробки медичних зображень, з подальшим застосуванням у різних галузях медицини. Запланованими завданнями з вивчення програми є розширена обробка зображень, отриманих з різних типів цифрової діагностичної апаратури.

Таблиця 1 - Зразки медичних зображень та необхідна послідовність дій для студентів, які потрібно виконати

Медичне зображення	Необхідна послідовність дій для студентів, які потрібно виконати
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Потрібно намалювати лінію поверх масштабної лінійки та виберіть <i>Analyze</i> → <i>Set Scale</i>. У вікні <i>Set Scale</i> введіть <b>100</b> у віконечко “<b>Known Distance</b>” і змініть у віконечку “<b>Unit of Measurement</b>” на <i>um</i>, виберіть “<b>Global</b>”</li> <li>• Потрібно узгодити, що шкала виміру коректна.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Потрібно конвертувати зображення в сіро шкальне: <i>Image</i> → <i>Type</i> → <i>8-bit</i></li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Потрібно виконати наступний крок: <i>Process</i> → <i>Binary</i> → <i>Make Binary</i></li> <li>• Виділити шкалу за допомогою прямокутного інструменту.</li> <li>• Очистити вмістиме, спочатку клацнувши мишею за межами прямокутного (<i>Edit</i> → <i>Clear</i>)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Провести аналіз частинок: <i>Analyze</i> → <i>Analyze Particles</i> Введіть <b>20</b> як мінімальний розмір частинки, перемкнувши “<b>Show Outlines</b>”, вибравши “<b>Display Results</b>”, “<b>Summarize</b>” і “<b>Record Stats</b>” та натисніть “<b>OK</b>”.</li> </ul> <p>Пораховано 25 ембріонів. У вікні даних перерахована площа для кожного ембріона (in <math>\mu\text{m}^2</math>).</p>
<p>Threshold: 0-0                  Count: 25 Total                  Area: 3177.6 <math>\mu\text{m}^2</math>                  Average Size: 127.1 <math>\mu\text{m}^2</math>                  Area Fraction: 3.72%</p>	<p>Кінцевий підрахунок частинок показано в іншому вікні даних.</p>

## ПІДХІД ДО ПРОГНОЗУВАННЯ ПОРУШЕННЯ ЩІЛЬНОСТІ КІСТКОВОЇ ТКАНИНИ

<sup>1</sup>Абубакар САДІК, <sup>1,2</sup>Андрій СВЕРСТЮК

*<sup>1</sup>Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя  
Кафедра комп'ютерних наук*

*<sup>2</sup>Тернопільський національний медичний університет імені І. Я. Горбачевського МОЗ  
України, Кафедра медичної інформатики  
sverstyuk@tdmi.edu.ua*

Точне прогнозування захворювань має важливе значення у медичній сфері. Сучасні дослідження демонструють ефективне поєднання алгоритмів штучного інтелекту та медичних наукових досліджень у галузі охорони здоров'я. Розглядається новаторський метод розробки моделі дерева рішень для оцінки змін у структурному та функціональному стані кісткової тканини. Такий підхід є важливим для вивчення ймовірності розвитку та прогресування порушення щільності кісткової тканини.

Для побудови моделі дерева рішень було використано набір даних з 18 основних факторів: вік, стать, стадія захворювання, відсутність та наявність В-симптомів, зовнішньоклітинні чинники, молекулярні підтипи, міжнародний прогностичний індекс, історія переломів, індекс маси тіла, кількість курсів хіміотерапії, індекс співпадінь Чарльза, мінеральна щільність кістки на діагностичному етапі, мінеральна щільність кістки після завершення хіміотерапії, кількість відсотків зниження мінеральної щільності кісткової тканини після завершення хіміотерапії порівняно з діагностичним етапом, рівень  $\beta$ -2 – мікроглобуліну, лактатдегідрогеназа, площа поверхні тіла, та зміни в структурному та функціональному стані кісткової тканини, ступінь ризику. 115 пацієнтів з порушенням щільності кісткової тканини.

Метою цього дослідження є розробка багатофакторної моделі для прогнозування ризику виникнення порушення щільності кісткової тканини на основі обраного набору клінічних факторів з використанням дерева рішень як інструменту машинного навчання.

Завдання включають:

Збір та обробка даних, зокрема проведення аналізу даних та визначення їх якості та придатності для моделювання.

Розробка багатофакторної моделі шляхом ідентифікації ключових факторів, які впливають на ризик виникнення щільності кісткової тканини.

Застосування алгоритму дерева класифікації та регресії для побудови моделі дерева рішень і врахування взаємозв'язків між факторами.

Перевірка моделі на достовірність та узагальнення до нових даних.

Використання показників продуктивності для оцінки точності та надійності моделі.

Метод багатофакторного аналізу прогнозування ризику вторинного щільності кісткової тканини у пацієнтів з негоджкінськими лімфомами, з урахуванням найбільш поширених та доступних медичних факторів, дозволяє створити математичну модель для оцінки та прогнозування можливого ризику виникнення щільності кісткової тканини. Застосування цієї моделі дає змогу використовувати обмежений набір інформації для запобігання потенційних ризиків, пов'язаних з остеопорозом.

З серед 18 аналізованих початкових факторів та побудованої кореляційної матриці було обрано 11 факторів ризику для прогнозування змін у структурному та функціональному стані кісткової тканини, який вказує на ризик виникнення щільності кісткової. Фактори, які найбільше впливають на виникнення щільності кісткової тканини у досліджуваних пацієнтів, будуть використовуватися для побудови моделі: вік, стать, стадія захворювання, відсутність В-симптомів та наявність В-симптомів, зовнішньоклітинні чинники, молекулярні підтипи, міжнародний прогностичний індекс, історія переломів, індекс маси тіла, кількість курсів хіміотерапії, індекс співвідношення супутніх захворювань Чарльза, мінеральна щільність



кістки на діагностичному етапі, мінеральна щільність кістки після завершення хіміотерапії, на скільки відсотків знизилася мінеральна щільність кістки після завершення хіміотерапії порівняно з діагностичним етапом, рівень  $\beta$ -2-мікроглобуліну, лактатдегідрогеназа та площа поверхні тіла.

Результат побудови дерева рішень щодо ризику виникнення щільності кісткової тканини наведено на рис. 1.

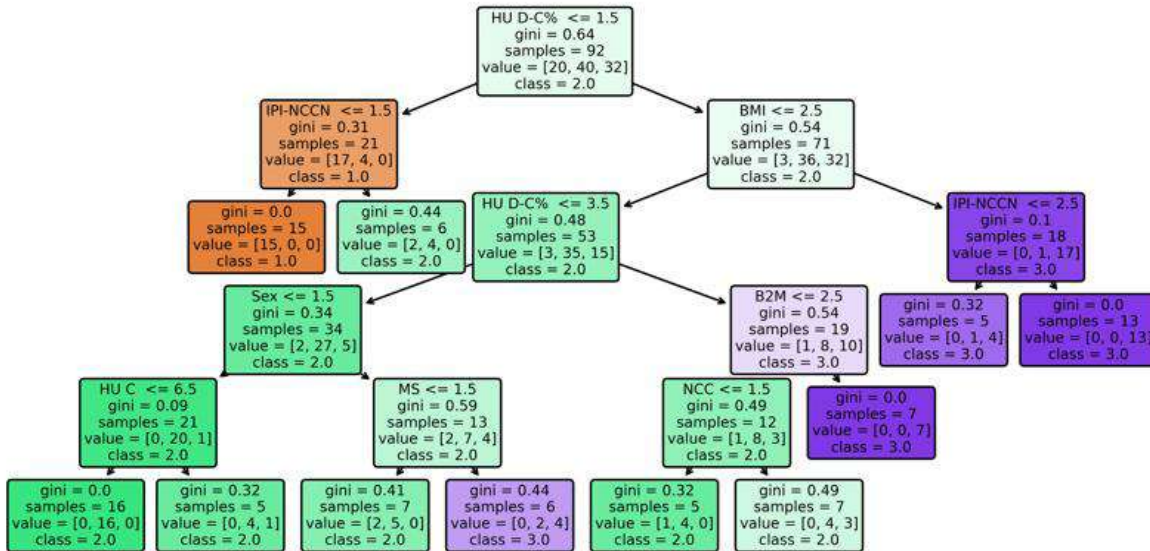


Рис. 1 – Дерево рішень щодо ризику виникнення порушення щільності кісткової тканини.

Первинне розгалуження в дереві рішень базується на відсотковій зміні щільності кісткової мінеральної щільності після хіміотерапії (HU D-C%). Пацієнти з HU D-C%, меншим або рівним 1.50, подальше розділення базується на Міжнародному прогностичному індексі (IPI-NCCN), що призводить до класифікації класу 1.0, якщо IPI-NCCN менше або дорівнює 1.50, і класу 2.0, якщо IPI-NCCN більше 1.50.

Для пацієнтів з HU D-C%, більшим за 1.50, подальші розгалуження здійснюються на основі індексу маси тіла (BMI). Якщо BMI менше або дорівнює 2,50, додаткові розгалуження включають такі характеристики, як стать, молекулярні підтипи (MS), щільність кісткової мінеральної щільності на діагностичному етапі (HU C) та рівень  $\beta$ -2-мікроглобуліну (B2M), що призводить до класифікації для класів 2.0 та 3.0.

Якщо BMI більше 2.50, дерево рішень знову враховує IPI-NCCN для класифікації пацієнтів в Клас 3.0, якщо IPI-NCCN менше або дорівнює 2,50, і Клас 3.0, якщо IPI-NCCN більше 2,50.

Для оцінки якості моделі необхідно отримати класифікаційну точність моделі за допомогою Python, дотримуючись відповідної методики, точність моделі обчислюється, і отримується значення 0.74. Матриця помилок і нормалізована матриця показані на Рис. 3.

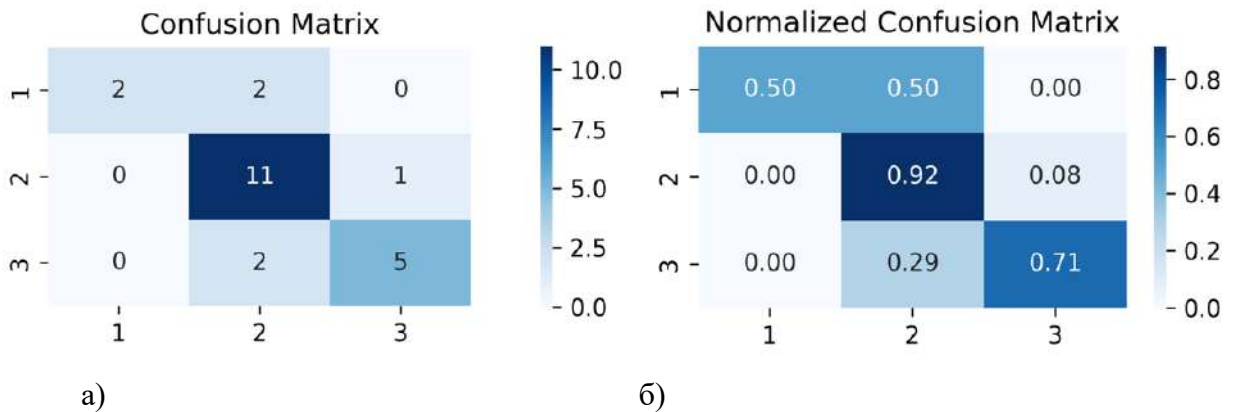


Рис. 3. Оцінювання точності прогнозування: а) матриця помилок; б) нормалізована матриця помилок.

На рис. 4 наведено ROC-криву якості класифікації класів 1-3 (рівнів порушення щільності кісткової тканини).

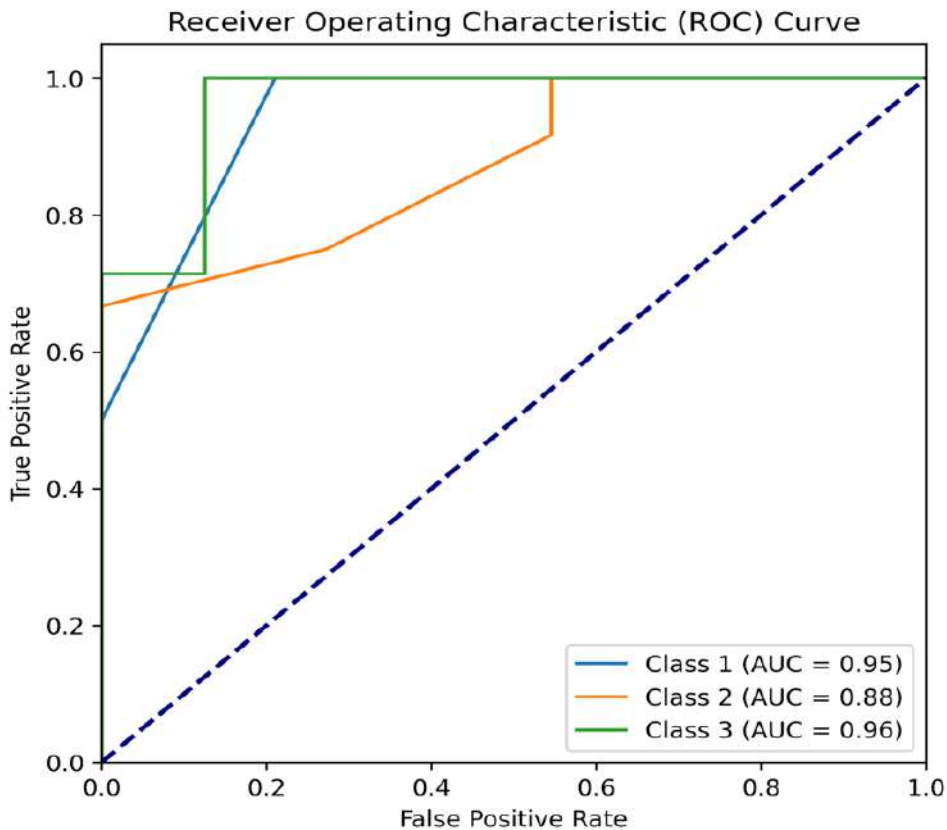


Рис. 4. ROC-крива.

За результатами аналізу ROC-кривої можна зробити висновок про відмінну якість класифікації класів 1 та 2 ( $AUC_1=0.95$  та  $AUC_2=0.96$ ) та високу якість класифікації класу 3 ( $AUC_3=0.88$ ).

## РЕГРЕСІЙНА МОДЕЛЬ ПРОГНОЗУВАННЯ РИЗИКУ НЕВРОЛОГІЧНИХ РОЗЛАДІВ ТА ПОРУШЕННЯ ОПОРНО-РУХОВОГО АПАРАТУ У ПОСТІНСУЛЬТНИХ ПАЦІЄНТІВ

<sup>1</sup>Наталія ШАЛАБАЙ, <sup>1</sup>Світлана ШКРОБОТ, <sup>1</sup>Дмитро КОВАЛЬЧУК,  
<sup>1</sup>Людмила МАЗУР, <sup>1,2</sup>Андрій СВЕРСТЮК  
<sup>1</sup>Тернопільський національний медичний університет імені І. Я. Горбачевського МОЗ  
 України, Кафедра медичної інформатики  
<sup>2</sup>Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя  
 Кафедра комп'ютерних наук  
 sverstyuk@tdmu.edu.ua

Інсульт є важким соматичним захворюванням, що характеризується порушенням мозкового кровообігу, функцій нервової системи та опорно-рухового апарату. Інсульт є однією з основних причин смертності та серйозною глобальною загрозою для здоров'я населення в усьому світі. Саме тому актуальним завданням є прогнозування ризику ризику неврологічних розладів та опорно-рухового апарату. Метою дослідження є розробка багатофакторної регресійної моделі прогнозування ризику неврологічних розладів та порушення опорно-рухового апарату (РНРПОРА) у постінсультних пацієнтів. Основна частина. Обстежено 107 пацієнтів, які перенесли інсульт та перебували на стаціонарному лікуванні в інсультному відділенні Тернопільської обласної клінічної психоневрологічної лікарні. В дослідження були включені постінсультні пацієнти віком від 35 до 83 років з різними симптомами ризику неврологічних розладів та опорно-рухового апарату, а також локалізацією вогнища ураження головного мозку.

Результати дослідження та їх обговорення. Залежно від кількості симптомів та локалізації пошкодження головного мозку в учасників дослідження встановлено ступені РНРПОРА, які наведені у таблиці 1. Для локалізації пошкодження різних ділянок головного мозку використано наступні скорочення: ЛУТП – локалізації ураження тім'яно-потиличної ділянки, ЛУЛП – локалізації ураження лівої півкулі, ЛУПП – локалізації ураження правої півкулі, ЛУП – локалізації ураження потилиці.

Таблиця 1. Ступені РНРПОРА в залежності від кількості симптомів та локалізації пошкодження головного мозку.

СТУПІНЬ РНРПОРА	КІЛЬКІСТЬ СИМПТОМІВ	ЛОКАЛІЗАЦІЯ*	КІЛЬКІСТЬ ПАЦІЄНТІВ ІЗ ЛОКАЛІЗАЦІЯМИ	ЗАГАЛЬНА КІЛЬКІСТЬ ПАЦІЄНТІВ
1	1	ЛУТП	6	49
		ЛУЛП	16	
		ЛУПП	12	
		ЛУП	15	
2	2	ЛУТП	5	40
		ЛУЛП	17	
		ЛУПП	10	
		ЛУП	8	
3	3-5	ЛУТП	2	18
		ЛУЛП	7	
		ЛУПП	1	
		ЛУП	8	

Серед пацієнтів, які були досліджені загалом 1 ступінь РНРПОРА встановлено у 49 (45,8 %) постінсультних пацієнтів, 2 ступінь – в 40 (37,4 %), 3 ступінь – в 18 (16,8 %) осіб відповідно.

Метод багатofакторного математичного аналізу з урахуванням найбільш значущих чинників та варіантів їх вираженості дав можливість створити модель прогнозування РНРПОРА, який розвивається внаслідок спільного впливу низки факторів у пацієнтів. Для побудови відповідної математичної моделі прогнозування відібрано ймовірні чинники, що впливають на РНРПОРА: ЛУЛП, ЛУПП, ЛУП, ЛУТП, симптоми порушень опорно-рухового апарату (СПОРА), головокружіння (ГК), затерпання кінцівок (ЗК), парези (П), гемігіпестезія (ГГ), рухові розлади (РР), які наведені на рис. 1.

Regression Summary for Dependent Variable: КНРПОРА (БНС_						
R= ,91305290 R <sup>2</sup> = ,83366560 Adjusted R <sup>2</sup> = ,81615672						
F(10,95)=47,614 p<0,0000 Std.Error of estimate: ,33038						
N=106	b*	Std.Err. of b*	b	Std.Err. of b	t(95)	p-value
<b>Intercept</b>			0,487491	0,089801	5,42857	0,000000
ЛУЛП	0,047637	0,044155	0,102048	0,094589	1,07886	0,283383
ЛУПП	-0,018057	0,043445	-0,052423	0,126130	-0,41563	0,678621
ЛУП	0,110862	0,043833	0,259182	0,102475	2,52922	0,013079
ЛУТП	0,026132	0,042790	0,094527	0,154786	0,61070	0,542859
СПОРА	0,162505	0,080188	0,170939	0,084350	2,02654	0,045512
ГК	0,256910	0,053490	0,394673	0,082173	4,80297	0,000006
ЗК	0,461299	0,045505	0,785327	0,077468	10,13739	0,000000
П	0,256762	0,054513	0,437118	0,092805	4,71009	0,000008
ГГ	0,317347	0,064374	0,535005	0,108527	4,92972	0,000003
РР	0,391068	0,052782	0,672734	0,090798	7,40911	0,000000

Рис. 1. Результат отримання значущих факторів для прогнозування РНРПОРА

Аналізуючи результати отримання значущих факторів для прогнозування РНРПОРА при проведенні багатofакторного регресійного аналізу спостерігаємо три фактори (ЛУЛП, ЛУПП, ЛУТП) із рівнем значущості меншим 0,05, що стало підставою для їх виключення із подальшого аналізу.

На рис. 2. наведено результат отримання значущих факторів для прогнозування РНРПОРА при проведенні багатofакторного регресійного аналізу в програмі Statistica 10.0 без факторів ЛУЛП, ЛУПП, ЛУТП.

Regression Summary for Dependent Variable: КНРПОРА (БНС						
R= ,91135811 R <sup>2</sup> = ,83057360 Adjusted R <sup>2</sup> = ,81847172						
F(7,98)=68,632 p<0,0000 Std.Error of estimate: ,32829						
N=106	b*	Std.Err. of b*	b	Std.Err. of b	t(98)	p-value
<b>Intercept</b>			0,502462	0,088327	5,68869	0,000000
ЛУП	0,114764	0,043400	0,268305	0,101463	2,64436	0,009533
СПОРА	0,155809	0,078076	0,163895	0,082128	1,99560	0,048753
ГК	0,259493	0,052401	0,398641	0,080500	4,95205	0,000003
ЗК	0,474958	0,043516	0,808580	0,074083	10,91456	0,000000
П	0,259313	0,054009	0,441461	0,091946	4,80132	0,000006
ГГ	0,322488	0,062493	0,543672	0,105355	5,16037	0,000001
РР	0,390136	0,051756	0,671130	0,089033	7,53802	0,000000

Рис. 2. Результат отримання значущих факторів для прогнозування РНРПОРА без факторів ЛУЛП, ЛУПП, ЛУТП.

На основі отриманого результату розроблено математичну модель для визначення коефіцієнта ризику неврологічних розладів та порушення опорно-рухового апарату (КРНРПОРА):

$$\text{КРНРПОРА} = 0,268305 \cdot \text{ЛУП} + \text{СПОРА} \cdot 0,163895 + \text{ГК} \cdot 0,398641 + \\ + \text{ЗК} \cdot 0,808580 + \text{П} \cdot 0,441461 + \text{ГГ} \cdot 0,543672 + \text{РР} \cdot 0,671130 + 0,502462$$

Для оцінювання якості регресійної моделі необхідно було проаналізувати залишкові відхилення, зокрема отримати їх гістограму (рис. 3). Як видно із отриманої гістограми, залишкові відхилення розподілені симетрично, наближаючись до кривої нормального розподілу залишків, тому статистична гіпотеза про їх розподіл на відповідність нормальному закону розподілу не відхиляється.

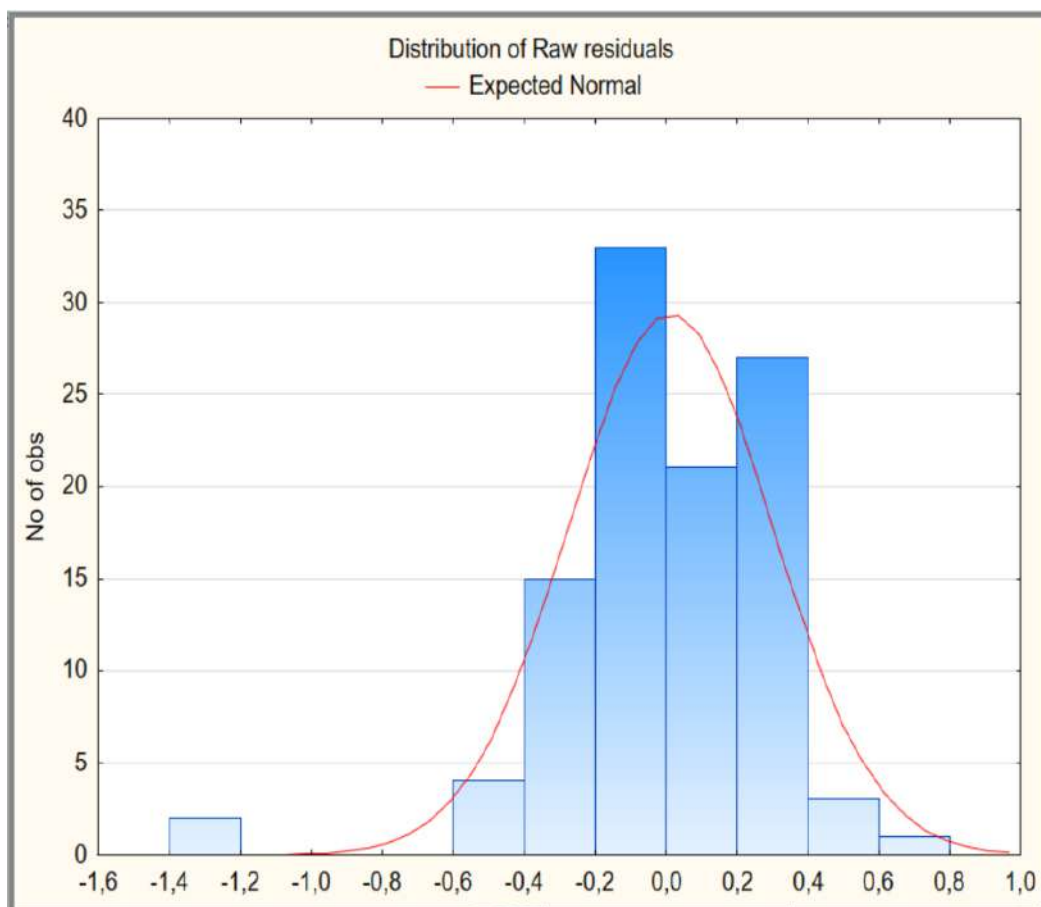


Рис. 3. Гістограма залишкових відхилень багатofакторної регресійної моделі прогнозування ризику неврологічних розладів та порушень опорно-рухового апарату.

З метою додаткового підтвердження залишкових відхилень нормальному закону розподілу було побудовано нормально-ймовірнісний графік (рис. 4). Аналізуючи його дані, зауважуємо відсутність систематичних відхилень від нормально-ймовірнісної прямої. Це дає можливість зробити висновок про розподіл залишкових відхилень за нормальним законом розподілу.

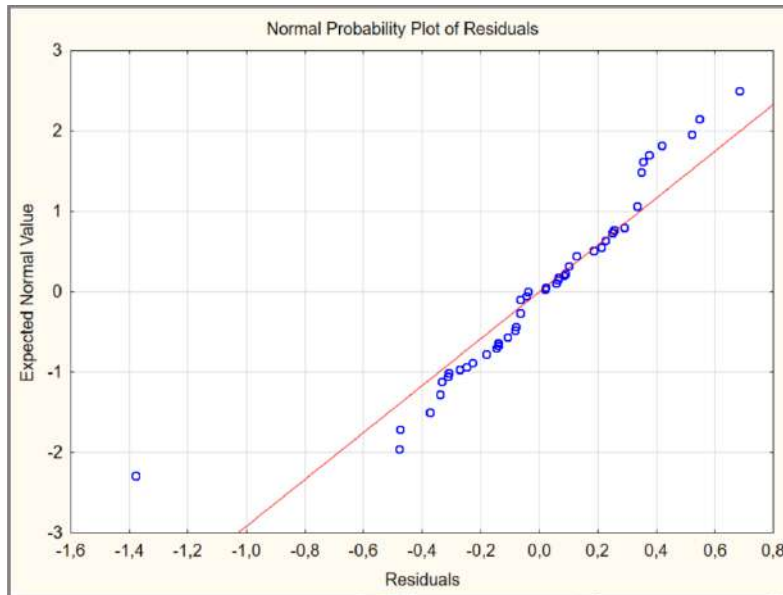


Рис. 4. Нормально-ймовірнісний графік залишкових відхилень багатofакторної регресійної моделі прогнозування ризику неврологічних розладів та порушень опорно-рухового апарату.

Наступним кроком була оцінка прийнятності моделі в цілому, для чого проведено аналіз ANOVA (рис. 5).

Analysis of Variance; DV: КРНРПОРА (БНС)					
Effect	Sums of Squares	df	Mean Squares	F	p-value
<b>Regress.</b>	<b>51,77764</b>	<b>7</b>	<b>7,396806</b>	<b>68,63175</b>	<b>0,000000</b>
Residual	10,56198	98	0,107775		
Total	62,33962				

Рис. 5. Аналіз коефіцієнта детермінації багатofакторної регресійної моделі прогнозування ризику неврологічних розладів та порушень опорно-рухового апарату.

Отримані дані засвідчують високий рівень прийняття моделі прогнозування ризику неврологічних розладів та порушень опорно-рухового апарату в цілому за допомогою аналізу ANOVA, оскільки рівень значущості  $p < 0,001$ , тобто запропонована модель буде більш ефективною для прогнозування порівняно із прогнозуванням з використанням середніх значень.

Для додаткового оцінювання якості математичної моделі РНРПОРА було проаналізовано коефіцієнт детермінації Нейджелкерка ( $R^2$ ), який показує, яка частина факторів врахована при прогнозуванні. Його розглядають як універсальну міру зв'язку однієї випадкової величини з іншими. Коефіцієнт детермінації змінюється від 0 до 1. Чим ближчим є його значення до «1», тим більш якісною є багатofакторна регресійна модель. У запропонованій математичній моделі РНРПОРА коефіцієнт детермінації становить  $R^2 = 0,83$  (в програмі Statistica 10.0  $R^2 = 0,83057360$  (рис.2)). Отже, в моделі прогнозування РНРПОРА враховано 83 % досліджуваних факторів. Коефіцієнт детермінації вказує, наскільки отримані результати підтверджують математичну модель.

Вперше розроблено математичну модель прогнозування РНРПОРА у постінсультних пацієнтів з використанням багатofакторного регресійного аналізу в програмі Statistica 10.0

для прогнозування ризику неврологічних розладів та порушень опорно-рухового апарату. Якість прогностичної моделі визначено коефіцієнтом детермінації ( $R^2$ ), прийнятності моделі оцінено з допомогою аналізу ANOVA. Найбільш значущими факторами із рівнем значущості  $<0,05$  встановлено локалізацію ураження в потиличній ділянці, симптоми порушень опорно-рухового апарату, головокружіння, затерпання кінцівок, парези, гемігіпестезія та рухові розлади.

Запропонована прогностична модель дасть змогу своєчасно визначати РНРПОРА та проводити моніторинг постінсультних пацієнтів, що забезпечить своєчасне проведення комплексу лікувально-профілактичних заходів з метою запобігання ускладнень у пацієнтів із порушеннями мозкового кровообігу та можливістю розробки відповідного медичного калькулятора.

В подальших дослідженнях потрібно провести розрахунок чутливості, специфічності та точності запропонованої математичної моделі прогнозування РНРПОРА у постінсультних пацієнтів з використанням багатофакторного регресійного аналізу, а також здійснити ROC-аналіз.

## МОДЕЛЮВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ КОРЕСПОНДЕНЦІЙ В ЕПІДЕМІЧНИХ ВИПАДКАХ

В'ячеслав СЛАВИЧ, Володимир ВОЛОШАНСЬКИЙ  
*Херсонський національний технічний університет*  
*vslavich@ukr.net*

Матриця кореспонденцій є базисом при плануванні та управлінні пасажирськими перевезеннями міста.

Для її визначення існують різні методи, але основним виступає так званий гравітаційний метод, оскільки фокусується на визначенні умовного центру тяжіння на транспортній мережі.

Відомо, що в період епідемічних випадків, які спостерігалися останніми роками по всьому світу, включаючи і нашу країну, очевидно зменшується кількість пасажирів, які прямують містом.

Це пояснюється тим, що суттєва частина людей вимушено залишається вдома, а разом з цим, як наслідок, відповідно і має зменшуватися і кількість транспортних перевізників, що працюють в регіоні.

Тому в таких випадках доцільним є використання такої моделі розрахунку транспортних кореспонденцій, яка б могла враховувати зазначене вимушене зменшення кількості транспортників, що і визначає мету даної роботи.

Введемо основні параметри моделі визначення транспортних перевезень в зазначених епідемічних випадках:

$P$  – вихідна кількість транспортних засобів на маршрутах;

$K$  – кількість транспортних засобів, що не виходить на маршрут.

Тоді розрахунок кореспонденцій слід визначати з урахуванням наступного коефіцієнту зменшення транспортних засобів на маршрутах міста:

$$=1-KP.$$

Тоді розрахунок величин кореспонденцій районів міста можна визначати за допомогою наступного виразу:

$$K_j = R_i N_j = 1 M z w R_j - O_j,$$

де  $z$  – коефіцієнт завантажен;

$R_j$  – пасажиропотік  $j$ -го району міста;

$O_j$  – кількість пасажиропотоку, що вимушена внаслідок епідемічної ситуації не користується послугами перевізників,  $j$ -го району міста;

$w$  – коефіцієнт обмеження пасажиромісткості;

$N$  – загальна кількість районів міста.

Слід зазначити, що подібним змінам підлягають і інтервали руху між транспортними засобами, які мають обчислюватися для кожного району міста, а також і зазнають змін і час пересування маршрутом.

Таким чином, в роботі запропоновано таку модель розрахунку транспортних кореспонденцій, яку доцільно використовувати у епідемічних випадках. Така модель враховує можливе зменшення транспортних засобів на маршрутах міста, що пояснюється збільшенням захворюваності населення.



## ЛІТЕРАТУРА

1. Павленко О.В., Шраменко Н.Ю., Северін О.О., Горбачов П.Ф., Калініченко О.П. Математичні методи оптимізації транспортних процесів: навчальний посібник. – Харків: Видавництво ЗНАДУ, 2008. – 204 с.
2. Славич В.П. Гібридна модель задачі про максимальний потік вантажу у матричній постановці із додатковими обмеженнями // Проблеми інформаційних технологій. – 2012. - №02(012). – С. 100 – 103.
3. Славич В.П., Калімбет Р.В., Портер К.А. Транспортна задача мінімізації зворотного порожнього пробігу при перевезенні вантажів в умовах наявності обмежень за пропускнуою здатністю ланок мережі // Матеріали VII-ої Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології промислового комплексу – 2021», м. Херсон – 2021. – С. 227–230.
4. Славич В.П., Романовський О.О. Оптимізація міських пасажирських перевезень в умовах епідемічної ситуації // Матеріали II Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю «Актуальні завдання медичної, біологічної фізики та інформатики», м. Вінниця, 2023. – С. 120–122.
5. Славич В.П., Марчук Н.В. Модель визначення пасажирських кореспонденцій м.Херсон в умовах зменшення кількості перевізників // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Синергія науки і бізнесу у повоєнному відновленні Херсонщини», м. Одеса, 2023. – С. 316–318.

## ЗВ'ЯЗОК МІЖ ШВИДКІСТЮ ВІДНОВЛЮВАННЯ СЕРЦЕВОГО РИТМУ ПІСЛЯ ФІЗИЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ ТА ВАРІАБЕЛЬНІСТЮ СЕРЦЕВОГО РИТМУ

Артем МІЩЕНКО, Владислав ЗІНЕЦЬ  
*Донецький національний університет імені Василя Стуса*  
*e-mail: a.mishchenko@donnu.edu.ua*

Оцінка того з якою швидкістю відбувається відновлення серцевого ритму (ВДСР) до базового рівня протягом перших хвилин після виконання фізичної вправи є цінною неінвазивною процедурою оцінки парасимпатичного впливу на роботу серцево-судинної системи. Ще один метод неінвазивної оцінки стану автономної нервової системи - це варіабельність серцевого ритму (ВСР). Це процедура, яка включає дослідження флуктуацій миттєвих тривалостей серцевого циклу в спокої. Як ВДСР так і ВСР мають важливе клінічне застосування, наприклад, є предикторами смертності. На початковому етапі ВДСР відбувається в основному за рахунок парасимпатичної реактивації. Гіпотетично, можна припустити наявність взаємозв'язку між ВДСР так і ВСР. Існуючі дослідження [1-4] з цього питання дають іноді протилежні висновки і в цілому демонструють, що такий зв'язок залежить від ряду чинників, наприклад, вік піддослідних, степінь їх натренованості, положення тіла в якому вимірюють ВСР і т.і. Подальші дослідження такого взаємозв'язку є актуальною проблемою.

В нашій роботі ми досліджували взаємозв'язок між вегетативною модуляцією серцевого ритму в стані спокою, що оцінюється за допомогою ВСР в положенні сидячи та стоячи і також ВДСР після фізичної вправи у здорових людей. Протокол включав три послідовні етапи на кожному з яких у піддослідного синхронно реєструвались сигнали ЕКГ, ФПГ та сигнал дихання. На першому етапі реєстрація здійснювалась в спокої, сидячи, 7 хвилин. На другому, в спокої стоячи, 7 хвилин. На третьому етапі піддослідний присідав упродовж хвилини з заданим ритмом, після чого зупинявся в положенні стоячи і залишався в спокої в такому положенні 7 хвилин. Відповідно до описаного в протоколі, було зібрано експериментальні дані групи з 15 піддослідних, а також 16 повторних вимірювань для одного піддослідного. На основі зібраних даних оцінювались 5 хвилинні показники ВСР часової (SDNN, SDANN, pNN50, SDDSD, rMSSD, CVSD, mNN) та частотної області (TP, VLF, LF, HF, LFn, HF<sub>n</sub>, LF/HF) в спокої сидячи та стоячи. Також оцінювались показники ВДСР в спокої стоячи в різні моменти (0.5-5 хв) після завершення фізичної вправи. Зокрема обчислювались різниці  $\Delta HR_{ti}$  між значеннями частоти серцевих скорочень (ЧСС) відразу після завершення вправи ( $HR_0$ ) та через інтервали  $t_i = \{0.5, 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 4, 5\}$  мін ( $HR_{ti}$ ). Значення ЧСС в відповідні моменти часу оцінювались двома способами: 1) з використанням необробленого часового ряду ЧСС; 2) за допомогою логістичної кривої, що допасовувалась до часового ряду ЧСС. Було проведено кореляційний аналіз між усіма показниками ВСР першої та другої стадій та показниками ВДСР. Нормальність даних перевірялась з використанням тесту Шапіро-Уїлка. Якщо данні були нормальними коефіцієнт кореляції оцінювався за допомогою методу Пірсона, в протилежному випадку за допомогою метода Спірмана. Також проводилось порівняння показників ВСР між етапами 1 та 2 з використанням 95% довірчих інтервалів (ДІ) медіан їх різниць (показник ВСР етапу 2 - показник ВСР етапу 1). Для оцінки ДІ використовувався непараметричний метод бутстрепінга, з кількістю реплікацій 10000.

Порівняння показників ВСР в положеннях сидячи та стоячи показує, що в положенні сидячи переважає парасимпатична модуляція, в положенні стоячи спостерігається помітна парасимпатична зупинка та посилення симпатичної модуляції. Це спостерігалось для групи та одного піддослідного.

Відповідно до гіпотези дослідження можна було б очікувати наявність значної позитивної кореляції між показниками ВСР в спокої, що відображають активність парасимпатичної нервової системи (такими як RMSSD, рNN50, SDD, CVSD) з одного боку та ВДСР в початкові моменти після завершення вправи (HRR0.5 - HRR2). Для результатів групи піддослідних ми побачили дещо іншу картину: 1) для ВСР сидячи кореляції мають виражений часовий характер, найбільші коефіцієнти кореляції спостерігаються для ВДСР 2-3ої хвилини. Немає вираженої домінації кореляцій з показниками ВСР, що представляють активність парасимпатичної нервової системи (ПНС). (кореляції з ВДСР що оцінювалось на основі логістичної кривої має схожий характер). Кореляції позитивні окрім показників ВСР які є відношеннями. 2) для ВСР стоячи збільшується кількість достовірних кореляцій та їх величина. Коефіцієнти кореляції також дещо більші для ВДСР 2-3 хвилини. Також немає вираженої домінації кореляцій з показниками ВСР, що представляють активність ПНС.

На рівні одного піддослідного картина краще узгоджується з гіпотезою. 1) якщо порівняти кореляції показників ВСР сидячи та стоячи то тут як і для групи степінь кореляцій збільшується, збільшується і кількість достовірних кореляцій. 2) Істотно міняється часовий характер, більші кореляції спостерігаються для ВДСР 0.5-2 хвилини. Особливо це помітно для показників ВСР стоячи. Кореляціями, що домінують є кореляції з показниками ВСР, що відображають активність ПНС.

В основі кореляцій між ВСР та ВДСР може лежати кореляція між ВСР та ЧСС в різні моменти часу після виконання фізичної вправи. Показники ВДСР є різницею між ЧСС відразу після завершення вправи та в один з більш пізніх моментів ( $HRR_{ti} = HR_0 - HR_{ti}$ ). Тоді позитивна кореляція ВСР з ВДСР можлива або завдяки позитивній кореляції ВСР зі зменшуваним (максимальним) пульсом, та/або негативною кореляцією з від'ємником (ЧСС в більш пізній момент). Перший варіант ми спостерігали на рівні групи, на рівні одного піддослідного реалізується другий варіант.

В дослідженні взаємозв'язку між ВСР в стані спокою та ВДСР є важливим спосіб оцінки показників ВДСР. Результати можуть істотно відрізнятись коли показники ВДСР оцінюються на основі необробленого часового ряду ЧСС після фізичної вправи або на основі згладжуючої логістичної кривої допасованої до цього ряду.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. M. R. Esco, M. S. Olson, H. N. Williford, D. L. Blessing, D. Shannon, i P. Grandjean, «The relationship between resting heart rate variability and heart rate recovery», *Clin Auton Res*, ed. 20, ed. 1, c. 33–38, Feb 2010, doi: [10.1007/s10286-009-0033-2](https://doi.org/10.1007/s10286-009-0033-2).
2. A. Danieli, L. Lusa, N. Potočnik, B. Meglič, A. Grad, i F. F. Bajrović, «Resting heart rate variability and heart rate recovery after submaximal exercise», *Clin Auton Res*, ed. 24, ed. 2, c. 53–61, Apr 2014, doi: [10.1007/s10286-014-0225-2](https://doi.org/10.1007/s10286-014-0225-2).
3. G. E. Molina, K. E. Fontana, L. G. G. Porto, i L. F. Junqueira, «Post-exercise heart-rate recovery correlates to resting heart-rate variability in healthy men», *Clin Auton Res*, ed. 26, ed. 6, c. 415–421, Dec 2016, doi: [10.1007/s10286-016-0378-2](https://doi.org/10.1007/s10286-016-0378-2).
4. I. Antelmi, E. Y. Chuang, C. J. Grupi, M. do R. D. de O. Latorre, i A. J. Mansur, «Heart rate recovery after treadmill electrocardiographic exercise stress test and 24-hour heart rate variability in healthy individuals», *Arq. Bras. Cardiol.*, ed. 90, c. 413–418, Jun 2008, doi: [10.1590/S0066-782X2008000600005](https://doi.org/10.1590/S0066-782X2008000600005).

## ЗАХИСТ ІНФОРМАЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ МЕДИЧНОЇ УСТАНОВИ

Володимир РУДНИЦЬКИЙ, Наталія ЛАДА, Володимир ДАШКОВСЬКИЙ  
*Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та  
військової техніки*  
RVN\_2008@ukr.net

Однією із особливостей функціонування інформаційної мережі медичної установи полягає в тому, що в ній передається, зберігається і обробляється інформація медичного характеру, яка містить персональні дані пацієнтів. Дана інформація відноситься до персональних даних, і повинна бути захищена від несанкціонованого доступу.

Самим надійним інструментом для забезпечення захисту інформації в наш час вважаються криптографія. Проте вартість використання криптографічних систем достатньо висока, і як правило їх ціна перевищує ціну інформації, яку необхідно захищати. Одним із компромісних варіантів вирішення даного протиріччя є використання мало ресурсної криптографії на основі СЕТ-шифрування. Широкий перелік технологій мало ресурсного потокового СЕТ-шифрування наведений в [1]. Дані технології описують основні підходи до шифрування і можуть модифікуватися, вдосконалюватися і поєднуватися виходячи з особливостей впровадження системи захисту інформації.

Розглянемо особливості функціонування захищеної інформаційної мережі медичної установи. Адміністративні працівники (реєстратура, адміністрація і т.п) повинні мати право допуску абонентів до конфіденційної інформації, при цьому, як правило, самі не можуть отримувати і доповнювати інформацію. Допуск до документів включає в себе три елементи: абонента, документ, час роботи. Абоненти системи (лікарі, допоміжний та ін..) отримують відповідно з допуском визначену інформацію, можуть її доповнювати і дозволяти допуск до неї інших (необхідних) абонентів. По завершенні часу допуску абоненти позбавляються права роботи з даними документами. Адміністратор мережі реалізує доступ абонентам до інформації в архіві, відповідно до допусків, при цьому сам не може отримати доступ до документів. Вся інформація і документи зберігаються в архіві установи.

Захист інформації відповідно до заданих вимог може бути реалізований криптографічною мережею з одним посередником, побудованої на основі трьохоперандної СЕТ-операції з двома ключами  $C(x, y, z)$ , де  $x$  - інформація,  $y$  - закритий ключ абонента,  $z$  - відкритий ключ адміністратора. Трьохоперандна СЕТ-операція представляє собою кортеж двохоперандних СЕТ-операцій  $C(x, y, z) = C(C_1(x, y), C_2(x, y), \dots, C_n(x, y))$ , а двохоперандних СЕТ-операцій  $C(x, y, z) = C(C_1(x, y), C_2(x, y), \dots, C_n(x, y))$ , представляє собою кортеж однооперандних СЕТ-операцій  $C(x, y) = C(C_1(x), C_2(x), \dots, C_m(x))$  [1]. Однооперандні СЕТ-операції утворюють групу операцій, тому будь яка операція може бути модифікована в будь яку операцію, так як  $C_i(C_j(x)) = C_i(x)$ . Відправник інформації на основі двох відомих ключів шифрує інформацію ( $C_j(x, y, z)$ ). Отримувач інформації на основі двох відомих ключів розшифрує інформацію ( $C_i(x, y, z)$ ). Адміністратор мережі, у відповідності від відправника і отримувача, перешифрує інформацію двохоперандною СЕТ-операцією на основі відкритого ключа  $C_i(C_j(x, y, z), z) = C_i(x, y, z)$ . Слід відмітити, що кожен учасник обміну інформацією знає лише свою СЕТ-операцію (алгоритм крипто перетворення) і необхідні йому ключі, що виключає можливість несанкціонованого доступу до інформації.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Архітектура СЕТ-операцій і технології потокового шифрування. Architecture of SET-operations and stream encryption technologies: монографія / В. М. Рудницький, Н. В. Лада, Г. А. Кучук, Д. А. Підласий. – Черкаси: видавець Пономаренко Р.В., 2024. – 374 с.  
<https://dndivsovt.com/index.php/monograph/issue/view/22/22>

## ЗНИКНЕННЯ ПЕРИМЕТРУ ІНФОРМАЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ ЯК ФАКТОР НЕЗАХИЩЕНОСТІ МЕДИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

<sup>1</sup>Людмила АССЕВА

*Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій  
aseewal@i.ua*

Концепція інформаційної системи організації в тому числі, з охорони здоров'я, повністю закритої всередині будівлі або віртуальної організації і, отже, більш зручною для захисту, фактично зникла. Медичні інформаційні системи, Інформаційні системи для закладів охорони здоров'я (Health information systems -HIS) мають величезну цінність, оскільки вони забезпечують безпечне зберігання, ефективний пошук, глибокий аналіз, безперебійний обмін і спільний обмін інформацією про здоров'я пацієнтів. HIS впроваджуються для задоволення потреб пацієнтів, а також для забезпечення безпеки медичних даних, включно з підвищенням рівнів конфіденційності, цілісності і доступності, які необхідні для покращення лікування пацієнтів, адмініструванні закладів, нагляді за захворюваннями, системи підтримки рішень щодо політики охорони здоров'я та моніторингу надання послуг і використання ресурсів [1,2].

Враховуючи специфіку предметної області, фахівці з кібербезпеки стикаються та вирішують відомі і загально розповсюджені проблеми з даними. Однією з них є зникнення захищеного периметра, що викликає з розширенням мережі організації. На тлі зростання кіберзагроз, розширення мережі організації включає в себе зростання кількості локальних, хмарних і периферійних пристроїв і місць розташування, багато з яких знаходяться за межами того, що раніше вважалось периметром. По-перше, все більше клініцистів, партнерів та лікарів-консультантів частіше отримують доступ до програм і даних використовуючи особисті пристрої та мережі для доступу до бізнес-додатків, межа між бізнесом і особистими даними стає розмитою. По-друге, багато пристроїв і таких місць знаходяться поза контролем команди безпеки. Gartner прогнозував [3], що з 2021 року 27 відсотків корпоративного трафіку даних обійдуть захист периметра і будуть безпосередньо передаватися з мобільних і переносних пристроїв в хмару. Очікувалося, що число пристроїв IoT, які, як відомо, є слабкими з точки зору безпеки та вразливості, збільшиться майже втричі протягом 6 років з 26,7 млрд. у 2019 до 75,4 млрд. у 2025 році. Більшість корпоративних робочих навантажень вже знаходяться в хмарі. Тому хмара вимагає нових тактик безпеки для вирішення проблеми природи хмари як середовища, безпеки такої, яка не забезпечується ні хмарними провайдерами, ні локальними інструментами.

Коли відділам інформаційних технологій та командам захисту потрібно було тільки патрулювати периметр, обсяг вхідних і вихідних дій був керованим. За даними Gartner до 2027 року 75% співробітників створюватимуть, модифікуватимуть або використовуватимуть дані та окремі технології поза межами видимості фахівців з безпеки — порівняно з 41% у 2022 році [4]. Обсяг даних сьогодення, що генеруються, на кілька порядків перевищує можливості груп безпеки з контролю за ними. Ця розширена поверхня атаки включає IoT, IoMT (Internet of Medical Things) персональні пристрої і хмару. Захист периметру легко обійти за допомогою розширених загроз, які ухиляються від виявлення.

Існує кілька методів і технологій, які дозволять групам безпеки ефективно захищати свою мережу, як тільки вони визначать можливість факту, що периметр легко обходиться. Всі вони пов'язані з тими засобами, що зосереджені на виявленні зловмисного нестандартного руху в мережі, що є найбільш важливою метою для організацій сьогодні. Брандмауери, захист кінцевих точок, безпечний доступ на основі політики до підключених медичних пристроїв,

даних пацієнтів і програмного забезпечення в екосистемі охорони здоров'я і інші засоби захисту периметра важливі, але їх недостатньо.

В першу чергу слід забезпечити безпечне спілкування. Кожен вузол - це будь-який комп'ютер, датчик, пристрій IoT, IoMT або система, підключена до хмари або мережі, наприклад, ноутбук, смартфон і принтер із загальним доступом. Слід контролювати і аналізувати зв'язок між цими пристроями на предмет виявлення незвичайного або шкідливого трафіку. Якщо злочинець може зламати персональний пристрій, він може перейти звідти до інших пристроїв, до інших вузлів мережі чи середовища медичної інформаційної системи. З огляду на інтенсивність активності серед всіх вузлів зростаючої мережі, командам по забезпеченню безпеки може бути складно стежити за всіма оповіщенням. Один з варіантів збільшити кількість аналітиків, але при нестачі навичок це теж може виявитися складним завданням. Деякі інструменти мережевої аналітики дозволяють користувачам встановлювати поріг для того, що буде генерувати попередження[5]. Підвищення порогу зменшить кількість попереджень, але підвищить ризик пропуску атаки.

Інший варіант - використовувати штучний інтелект (ШІ). Рішення для забезпечення безпеки на базі ШІ може створювати моделі нормальної активності і автоматично виділяти те, що є незвичайним або аномальним, що може вказувати на зловмисну діяльність.

Знання того, що щось передається між двома пристроями або вузлами, недостатньо. Необхідно проаналізувати характер спілкування. Знання того, що деякі рухи є аномальними або незвичайними в порівнянні з встановленими базовими рівнями, корисно. Це перший крок у виявленні загроз, що діють у мережі підприємства чи організації охорони здоров'я. Але є недолік у використанні тільки виявлення аномалій: не всі аномалії є шкідливими. Включення даних про відомі зловмисні дії в раніше згаданий аналіз на основі ШІ може відокремити шкідливі аномалії від доброякісних, майже виключити помилкові спрацьовування і зосередити зусилля груп безпеки на нестандартних інцидентах, що представляє найбільший потенційний ризик.

Для захисту мережі потрібні моніторинг і аналіз нестандартного руху в розширеній мережі. Це оптимально досягається за допомогою ШІ, який може спростити початковий аналіз мережевої активності, відфільтрувати те, що є нормальним, та зосередити зусилля на розслідуванні та усуненні загроз високого ризику [5,6].

Результати аналізу факторів інформаційної безпеки закладають основу для моделювання загроз інформаційної безпеки та інформаційних ризиків роботи медичних інформаційних систем.

1. Health information systems and rehabilitation. [Online] Available: <https://www.who.int/activities/integrating-rehabilitation-into-health-systems/information>
2. Parisasadat Shojaei, Elena Vlahu-Gjorgievska, Yang-Wai. Security and Privacy of Technologies in Health Information Systems: A Systematic Literature Review/ *Computers* 2024, 13(2),41; [Online] Available: <https://doi.org/10.3390/computers13020041>.
3. John DiLullo. The perimeter is vanishing, how will you secure your network? [Online] Available: <https://www.helpnetsecurity.com/2019/04/18/secure-vanishing-perimeter/>
4. Develop and implement a robust and defensible cybersecurity program [Online] Available: <https://www.gartner.com/en/cybersecurity/role/chief-information-security-officer>.
5. Шушура О.М., Довбешко С.В., Золотухіна О.А., Асеева Л.А. Фактори створення стратегії безпеки інформаційних технологій сучасного підприємства. *Телекомунікаційні та інформаційні технології*. 2019. №2(63). С.5–13.
6. 5. Асеева Л.А. Шушура О.М. Оцінка ризиків конфіденційності інформаційної безпеки проєктів на основі нечіткої логіки. *Телекомунікаційні та інформаційні технології*. 2021. № 1 (70). Київ 2021. С. 88–95.

## МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ ВЕБ-САЙТІВ ДЛЯ НИЗЬКОПОТУЖНИХ ТА ОБМЕЖЕНИХ МЕРЕЖ

Артем ПРИЛІПА, Ганна ФІЛАТОВА

*Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"*  
*a.prilipa82@gmail.com*

Перехід до масового використання мобільного інтернету виявив нові виклики у сфері веб-розробки, особливо у контексті оптимізації веб-сайтів для умов з обмеженим доступом до мережі. Це особливо актуально в районах, постраждалих від військових конфліктів або природних катастроф, де інфраструктура інтернету пошкоджена або недоступна. В таких умовах, забезпечення ефективного доступу до веб-ресурсів стає критично важливим не тільки для забезпечення інформаційних потреб, але й для підтримки телемедицини та інших життєво необхідних сервісів [1].

Основні методи дослідження включають теоретичний аналіз існуючих практик і практичне тестування у змодельованих умовах, що відтворюють мережі з низькою пропускну здатністю. Такий підхід дозволить отримати глибоке розуміння того, як різні стратегії оптимізації можуть покращити доступ до веб-ресурсів в обмежених умовах мережі. В контексті телемедицини оптимізація веб-сайтів для обмежених мереж набуває особливого значення. Телемедицина залежить від надійного і швидкого доступу до медичних даних і сервісів, що може бути викликом у районах з обмеженою інтернет-інфраструктурою. Оптимізація веб-сайтів дозволить забезпечити більш ефективний доступ до медичної допомоги, покращуючи якість життя і здоров'я пацієнтів у віддалених або постраждалих районах.

Теоретичні завдання включають аналіз існуючих стратегій веб-оптимізації та інноваційних методів, які можуть бути адаптовані або розроблені для підвищення продуктивності інтернету в обмежених умовах. Вивчення впливу мережевих обмежень на взаємодію користувача з веб-ресурсами та аналіз потенційних методів для їх вирішення становлять ключову частину теоретичної роботи [2].

Очікувані результати дослідження передбачають розробку комплексного підходу до оптимізації веб-сайтів, який буде спеціально призначений для обмежених мереж з низькою пропускну спроможністю. Це включатиме не лише існуючі стратегії, а й нові рішення, що зможуть підвищити доступність веб-сайтів у кризових ситуаціях, забезпечуючи надійний доступ до інформації та телемедичних послуг.

У підсумку, адаптація веб-сайтів і застосунків для медичних послуг до умов обмеженого Інтернету може значно розширити доступ до життєво важливих медичних консультацій, діагностичних послуг та інформації про здоров'я для тих, хто знаходиться в віддалених або кризових регіонах.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- <sup>[1]</sup> F. Hampton, J. Larson, A. Hobson, and D. Hughes, "The Role of Telemedicine in Rural Specialty Care: Priorities and Recommendations from Rural Primary Care Physicians," *Kansas Journal of Medicine*, vol. 17, pp. 6-10, 2024. [Online]. Available: <https://doi.org/10.17161/kjm.vol17.21290>.
- <sup>[2]</sup> D. O. Kovaliuk, O. O. Kovaliuk, O. Yu. Pinaieva, A. Kotyra, and A. Kalizhanova, "Optimization of web-application performance," in *Proc. SPIE 11176, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments 2019*, 1117626, Nov. 6, 2019, [Online]. Available: <https://doi.org/10.1117/12.2537163>.



## GENE ANALYSIS FOR CHEMOTHERAPY PRESCRIPTION

Daria MOLODETSKA  
*Kharkiv National University of Radio Electronics*  
*e-mail: daria.molodetska@nure.ua*

According to a National Cancer Registry of Ukraine (2022) 93,877 people was diagnosed with cancer, with 39,202 deaths, with average of **3,719.42**. 25.1% of people diagnosed with cancer in 2021 lived less than a year. Disease that occurs due to uncontrolled cell growth, spreads to other parts of the body and already killed more than 9,762,000 people all over the world. Hallmarks of cancer and life-threatening alterations are important to be further discussed as they are one of the preventions of spreading this disease [1, 2].

Development and spread throughout the body, possible mechanisms, and strategies of the cruel “killer”. From Normal to Cancer, development of the tissue the most dangerous types of cancer and possible treatment solutions [4]. Efficiency of the chemotherapy is closely related to possible mutations that are individual for every patient and cannot be predicted based on the statistics of any type of cancer [3].

Personalized medicine – second chance for those with rare mutations or certain types of diseases. Its merits in terms of improving the healthcare level and patients’ outcomes. Scopes and Limitations. Pharmacogenomics aka PGx study about the role of the genome in drug response and analysis of the genetic markers to prevent mistreatment, reduce toxicity and be able to predict the result after the patient received the treatment [4].

SNPs (Single Nucleotide Polymorphisms) – one amino acid may change the response to a chemotherapy either positively or negatively or does not change at all; however, if it does it may lead to unreturnable consequences or even death because of inefficient treatment and limited time. Drug metabolism and excretion are essential in ensuring the decline of the plasma drug concentration over time, drug metabolism aka biotransformation. Drug metabolism involves two classes of reactions: Phase I Biotransformation, Phase II Biotransformation [5].

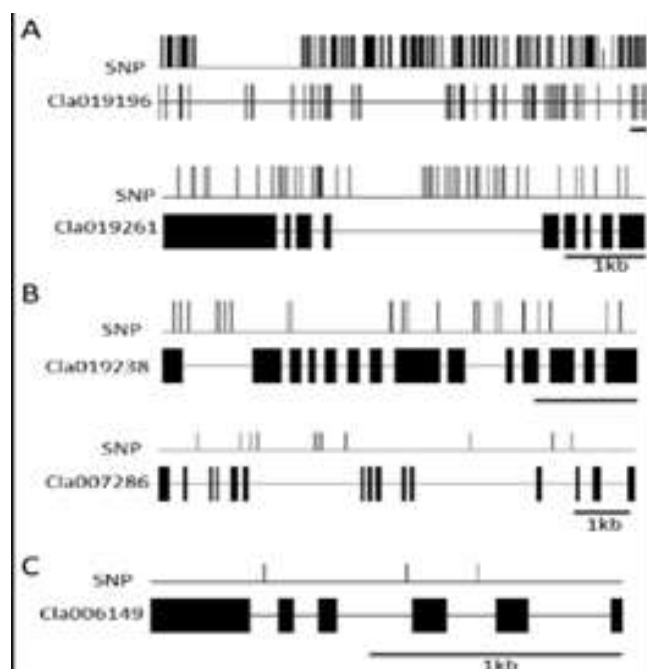


Figure 1 – The picture below clearly illustrates the SNPs which helps better understand the term

The most abundant drug metabolizing enzymes are the Cytochrome P450 (CYP450). CYP – genes that encoding cytochrome P450 enzymes are very polymorphic and multiple CYP variants were found to be clinically relevant biomarkers for the guidance of drug selection and dosing. Testing the TPMT might be useful individuals with low thiopurine methyltransferase (TPMT) activity who are at risk for excessive myelosuppression or severe hematopoietic toxicity when taking thiopurine drugs and for those with hyperactive TPMT activity who have therapeutic resistance to thiopurine drugs which than may lead to hepatotoxicity. Facilitated transport has an extremely important role when metabolising drugs in human body. Regulate entry and exit of physiologically important molecules and they were divided into 2 main groups: Solute Carrier (SLC) transporters for Passive Diffusion and ATP-binding cassette (ABC) transporters for Active Transport.

The first meta-analysis undertaken by (Bu et al., 2016), involved patients with the Arg399Gln mutation in the XRCC1 gene diagnosed with non-small cell lung cancer and treated with cisplatin-based therapy established that specifically the AA (Arg Arg) genotype of XRCC1 had a better overall response to cisplatin chemotherapy. This means that it could be a potential marker for determining the efficiency of treatment with platinum-based therapies.

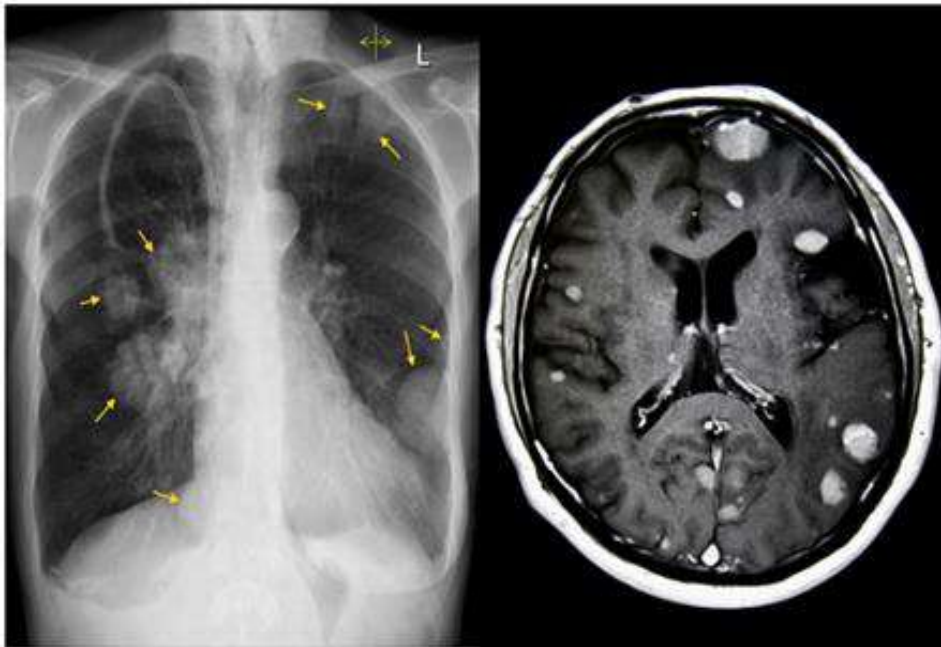


Figure 2 – Demonstration of the metastases using MRI in patients diagnosed with lung and brain cancer respectively. Metastases are one of the main hallmarks of cancer

UGT2B7 840A G is a promotor variant (less protein produced) which causes decreased morphine glucuronidation (Darbari *et al.*, 2007) and so morphine persists longer in the body that may lead to unchangeable consequences. There are some possible challenges when performing a genetic testing including cost, lack of specialists in this area, privacy of the patients' data to make necessary predicting for the future and make a database for statistical calculations.

#### References:

1. Death Statistics - Dead or Kicking. (n.d.). *Dead or Kicking*. <https://deadorkicking.com/death-statistics/worldwide/2023/>
2. Hausman, D. M. (2019). What Is Cancer? *Perspectives in Biology and Medicine*, 62(4), 778–784. <https://doi.org/10.1353/pbm.2019.0046>

3. Малахова О. Ю. Перспективи використання Detectron 2 для аналізу зображень метафазних пластинок хромосом / О. Ю. Малахова, М. Ю. Тимкович, В. В. Семенець // Сучасний стан та перспективи біомедичної інженерії : матеріали Міжнар. наук.-прак. конф., присвяченої 125-річному ювілею Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», 13-14 грудня 2023 р. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – С. 139-141.

4. Starenkiy, V. P., Petrichenko, O. O., Averyanova, L. O. (2017), "External beam radiotherapy facilities in Ukraine. Trends and challenges", Problems of Atomic Science and Technology, No. 6, P. 126-129, available at:

[https://vant.kipt.kharkov.ua/ARTICLE/VANT\\_2017\\_6/article\\_2017\\_6\\_126.pdf](https://vant.kipt.kharkov.ua/ARTICLE/VANT_2017_6/article_2017_6_126.pdf)

5. Averyanova, L. i Starenkiy, V. (2020) «АНАЛІЗ СТАНУ РАДІОТЕРАПЕВТИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ В УКРАЇНІ», *СУЧАСНИЙ СТАН НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ТЕХНОЛОГІЙ В ПРОМИСЛОВОСТІ*, (1 (11)), с. 106–113. doi: 10.30837/2522-9818.2020.11.106.

6. Малахова О. Ю. Огляд перспективи проведення цитогенетичних досліджень у процесі реабілітації пацієнтів із радіаційними ушкодженнями / О. Ю. Малахова, Л. О. Авер'янова // Медико-психологічні аспекти реабілітації й абілітації в епоху турбулентності. Збірник наукових праць за загальною редакцією Заслуженого лікаря України, професора О. А. Панченка. 2021. Київ. КВІЦ, 420 с.– С. 179-181.

## ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СВІТЛОДІОДНОЇ LED-МАСКИ ДЛЯ ПРОФІЛАКТИКИ ТА ЛІКУВАННЯ ЗАХРОРЮВАНЬ ШКІРИ

Ольга КОРОЛОВИЧ

*Харківський національний університет радіоелектроніки*

*e-mail: olha.korolovych@nure.ua*

Світлодіодна терапія чи Light Emitting Diode Therapy (LED-therapy) – це вплив на шкіру світловими хвилями різної довжини. Загальновідомо, що шкіра – найбільший орган та рецепторне поле людини. Завдяки наявності великої кількості нервових закінчень, вона реагує на подразники зовнішнього середовища – тепло, холод, тиск, світло різного спектру. Поглинаючи світлову енергію певного кольору, шкіра формує біологічну відповідь, яка проявляється у підвищенні температури, покращенні кровообігу, прискоренні обмінних процесів та інших ефектах. Знаючи взаємозв'язок між певним кольором та реакцією шкіри, лікарі-дерматологи та косметологи успішно вирішують широкий спектр естетичних та вікових проблем своїх пацієнтів [1].

Світлодіодне випромінювання, перш за все, застосовується для лікування акне та постакне (шрами та плями після висипань), вікових пігментних плям, а також зовнішніх пошкоджень шкіри при таких захворюваннях як екзема, псоріаз тощо. Світлові хвилі різної довжини (від 380 нм до 780 нм) при взаємодії з гемоглобіном трансформуються на теплову енергію. Яка, у свою чергу, стимулює вироблення природного колагену та еластину [1].

На кафедрі біомедичної інженерії Харківського національного університету радіоелектроніки було проведено початкові дослідження, протестували 7 режимів роботи світлодіодів LED-маски. (рис. 1). Спробували в дії добре зарекомендовані у сучасній косметології світлодіоди таких кольорів: червоні (довжина хвилі – 640 нм, проникнення у шкіру від 1 мм до 5 мм) – для омолодження; сині (довжина хвилі – 465 нм, проникнення у шкіру від 1 мм до 2 мм) – для лікування акне; зелені (довжина хвилі – 532 нм, проникнення у шкіру від 0,5 мм до 2 мм) – для усунення пігментації; жовті (довжина хвилі – 580 нм, проникнення у шкіру від 1 мм до 3 мм) – для лімфодренажної дії; блакитні (довжина хвилі – 485 нм, проникнення у шкіру від 1 мм до 2 мм) – для заспокоєння шкіри; фіолетові (довжина хвилі – 385 нм, проникнення у шкіру від 1 мм до 3 мм) – для вікової шкіри; білі (довжина хвилі – 465 нм, проникнення у шкіру від 1 мм до 2 мм) – для підсилення ефекту доглядових засобів.



Рисунок 1 – Початкові дослідження дії світлодіодної LED-маски на шкіру автора роботи

Використання LED терапії слугує лише додатковим методом у косметології та дерматології, а також застосовується для профілактики шкірних захворювань і підсилення лікувальних чи доглядових процедур.

### **Перелік джерел посилання:**

1. Черкасова Є. О. Програмний модуль аналізу дерматоскопічних зображень шкіри обличчя людини з акне / Є. О. Черкасова, К. Г. Селіванова // XXIV Міжнародний молодіжний форум «Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті». Зб. матеріалів форуму. Т. 1. – Харків: ХНУРЕ. 2020. – 216 с. – С. 137-138.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ СЕТ-ОПЕРАЦІЙ ПРИ КОДУВАННІ ІНФОРМАЦІЇ

Володимир ЛАРІН, Вікторія ГМИРЯ, Людмила РОМАНОВСЬКА  
*Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації  
озброєння та військової техніки*  
l\_vv83@ukr.net

Звертаючись за медичною допомогою, пацієнт розраховує не лише на якісну діагностику та ефективне лікування, але й на те, що відомості про його діагноз та обстеження залишаться в таємниці. З огляду на підвищену чутливість персональних даних у сфері охорони здоров'я такі дані вимагають особливого поводження з боку власника, розпорядника чи третіх осіб.

Одним із основних документів у сфері захисту персональних даних є Загальний регламент про захист даних (GDPR). Він відносить дані про здоров'я до спеціальної категорії, що потребує особливого захисту: обробка дозволена лише в інтересах самої особи для управління послугами та системами з охорони здоров'я.

Від початку побудови електронної системи охорони здоров'я (ЕСОЗ) захист даних завжди був пріоритетним завданням. ЕСОЗ – одна з систем в Україні, в якій реалізовані найсучасніші засоби захисту, серед яких: використання користувачами кваліфікованих електронних підписів (КЕП), реалізація архітектурних принципів GDPR (відокремлене зберігання медичних та персональних даних), blockchain-подібні алгоритми, що забезпечують цілісність даних та інші. Так, лише на вході в систему користувачі проходять двофакторну авторизацію: через встановлену МІС та безпосередньо вхід в ЕСОЗ за протоколом OAuth2.

Система має багаторівневий захист та отримала атестат відповідності комплексної системи захисту інформації.

Проте виникають ситуації в інформаційному середовищі, коли медична інформація стає доступною для третіх сторін або відбувається втрата інформації, тому виникає необхідність захисту даних. Саме захист даних можливий за рахунок застосування криптографії.

Традиційно в криптографії використовується достатньо обмежений набір операцій криптографічного перетворення. Це операції додавання за модулями, підстановки, перестановки та зсуви. Також перестановки, зсуви та операції які керуються інформацією. Основною вимогою до можливості застосування будь якої операції в криптоалгоритмі є наявність операції оберненого перетворення. Застосування СЕТ-операцій дозволяє значно збільшити кількість криптографічних перетворень на основі яких будуються криптоалгоритми. Крім того, в процесі побудови та дослідження СЕТ-операцій виявляються нові принципи і підходи для побудови криптоалгоритмів.

Всім відомо що традиційне потокове шифрування полягає в послідовному побітовому додаванню по модулю два інформації і псевдовипадкової (гамуючої) послідовності. В результаті виконання додавання по модулю два, біт інформації, в залежності від значення біта псевдовипадкової послідовності залишиться незмінним, або буде інвертований. Іншими словами, над бітом інформації можуть бути виконані дві операції: операція повтору, якщо біт псевдовипадкової послідовності рівний «0», або операція інверсії, якщо біт псевдовипадкової послідовності рівний «1».

СЕТ-операція – це операція в теорії криптографічного кодування (від англ. Cryptographic Encoding Theory – СЕТ). СЕТ-операція представляє собою пронумерований набір елементарних функцій, кожна з яких формує відповідний вихідний Сі-квант (сі-quantum від англ. cryptographic information quantum - криптографічний інформаційний квант)

інформації на основі обробки вхідних Сі-квантів інформації. Сі-квант – це мінімальний обсяг інформації з яким оперує СЕТ-операція.

Іншими словами, над бітом інформації можуть бути виконані дві операції: операція повтору, якщо біт псевдовипадкової послідовності рівний «0», або операція інверсії, якщо біт псевдовипадкової послідовності рівний «1».

Розглянемо перетворення двох біт інформації  $x_1$  і  $x_2$ . Множина значень двох біт інформації включає в себе чотири елементи: «00», або «01», або «10», або «11». Над двома бітами інформації може бути виконано чотири набори з двох операцій перетворення одного біта інформації: « $x_1 x_2$ » (повтор і повтор); « $x_1 \bar{x}_2$ » повтор і інверсія; « $\bar{x}_1 x_2$ » інверсія і повтор; « $\bar{x}_1 \bar{x}_2$ » інверсія і інверсія. Операція перетворення першого біта інформації ( $x_1$ ), яка формує перший біт результату перетворення ( $y_1$ ), буде першою елементарною функцією.

Операція перетворення другого біта інформації ( $x_2$ ), яка формує другий біт результату перетворення ( $y_2$ ), буде другою елементарною функцією. Перша і друга елементарною функцією забезпечують криптографічне перетворення двох біт інформації. Якщо біт інформації розглядати як Сі-квант інформації, тоді дані набори елементарних функцій представляють собою чотири 2Сі-кванти СЕТ-операції. Дані поєднання елементарних функцій в операції забезпечують перетворювати як двох біт, так і двох байт, або двох слів і т.д. Проте для даного прикладу інтерпретація Сі-кванта інформації як біта інформації спрощує сприйняття суті СЕТ-операцій.

Кожна з розглянутих чотирьох СЕТ-операцій перетворює перший вхідний Сі-квант інформації в перший вихідний Сі-квант інформації а також другий вхідний Сі-квант інформації в другий вихідний Сі-квант незалежно один від іншого. Проте вихідний Сі-квант інформації може бути залежним від обох вхідних Сі-квантів інформації. Залежність вихідного Сі-кванта інформації від декількох вхідних Сі-квантів приводить до значного збільшення СЕТ-операцій.

СЕТ-операція реалізує перетворення одного елемента множини вхідних даних в один елемент множини вихідних даних. Модель СЕТ-операції забезпечує реалізацію перетворення всієї множини вхідних даних в множину вихідних даних.

Поєднання в СЕТ - операціях елементарних функцій, які забезпечують лінійне і нелінійне перетворення вхідних Сі - квантів в вихідні приводить до складності моделей операцій. Застосування дискретно - алгебраїчного опису моделей забезпечує можливість однакового представлення як лінійних так і нелінійних СЕТ - операцій. Дискретно - алгебраїчний опис моделей виявився громіздким і не придатним для моделювання і дослідження багатооперандних СЕТ – операцій.

Варіативність СЕТ-операції визначається кількістю та якістю таблиць підстановки які вона реалізує. Одна однооперандна СЕТ-операція реалізує одну таблицю підстановки. При повторі однооперандних операцій кількість таблиць підстановок, які реалізує трьхоперандна СЕТ-операція буде зменшуватися. Без врахування якості вибраної групи таблиць підстановок можна стверджувати що повтор однооперандних операцій в багатооперандній СЕТ-операції приводить до зменшення варіативності криптоперетворення.

## Література

1. Singh S. The Code Book: The Secret History of Codes and Code-Breaking. – Harper Collins Publishers, Jan. 1, 2011. — 402.
2. Rudnitsky V., Berdibayev R., Breus R., Lada N., Pustovit M. Synthesis of reverse two-bit dual-operated strictly straight cryptographic coding on the basis of another operation. Advanced Information Systems: Quarterly scientific and technical journal. Kharkiv: National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», 2019. Vol. 3, No. 4. - pp. 109–114.
3. Rudnytskyi V., Babenko V., Lada N., Tarasenko Ya., Rudnytska Yu. Constructing Symmetric Operations of Cryptographic Information Encoding. Workshop on Cybersecurity Providing in Information and Telecommunication Systems (CPITS II 2021), October 26, 2021, Kyiv, Ukraine. CEUR Workshop Proceedings. 2022. – pp. 182-194.

## ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ДІАГНОСТИКИ ІНФЕКЦІЙНОГО ЕНДОКАРДИТУ НА ОСНОВІ ЕХОКАРДІОГРАФІЇ СЕРЦЯ

Віктор СИНСГЛАЗОВ, Віталій ДЕМЯНЧУК, Кирило РАЗЯНОВСЬКИЙ, Андрій ШЕРУДА  
*Національний авіаційний університет*  
*Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України*  
*Інститут Серця МОЗ України*  
*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені*  
*Ігоря Сікорського»*  
*svm@nau.edu.ua*

### 1. Інфекційний ендокрадит

Ендокардит – захворювання серцево-судинної системи яке виражається в запаленні ендокардіальної поверхні серця. В залежності від причини виникнення розрізняють інфекційний та неінфекційний. Відповідно до назви, під час інфекційного утворюється запалення в результаті потрапляння бактерій або ж грибків в кровообіг, що згодом осідають на клапанах серця або інших частинах ендокарда, в свою чергу неінфекційний може бути спричинений аутоімунними реакціями, тривалим запаленням, утворенням тромбів або іншими неінфекційними процесами.

Інфекційний ендокардит (ІЕ) зазвичай виникає по краях серцевих клапанів. Ураження, які називаються **вегетациями**, являють собою маси, що складаються з фібрину, тромбоцитів і інфікуючих мікроорганізмів, які утримуються разом агглютинуючими антитілами, що виробляються бактеріями. Оскільки запалення продовжується, виразка може призвести до ерозії або перфорації стулок клапана, що призводить до недостатності клапана, пошкодження провідного шляху (якщо в ділянці перегородки) або розриву синуса Вальсальви (якщо в ділянці аорти).

Інфекційний ендокардит є небезпечною для життя серцевою інфекцією і схильний до виникнення у деяких осіб із захворюваннями кількох серцевих клапанів, із щорічною частотою виявлення ~4.6 на 100 000 осіб з певною лінійною прогресією [1]. Зростання показників стійкості до антибіотиків, атипичних мікробів і навіть грибків нині зачіпають значну частину всіх пацієнтів з ІЕ. Особливо вразливими до захворювання є групи людей з наявними штучним клапаном або стентом. Поєднання цих несприятливих факторів господаря, джерела та збудника призводить до непропорційно високого рівня смертності (~30%), зазвичай раптової та короткочасної, що контрастує з частотою выздоровлення при інших серцево-судинних захворюваннях [2]. Тобто **інфекційний ендокардит** представляє собою досить **розповсюджену** та надзвичайно **летальну** хворобу, яку надто часто виявляють лише під час аутопсії.

### 2. Ехокардіографія

Сучасна методологія виявлення ІЕ включає в себе модифіковані критерії Дюка, наріжним каменем серед яких є ехокардіографія — використання ультразвуку для дослідження серця.

Ехокардіографія регулярно використовується для діагностики, лікування та спостереження за пацієнтами з будь-якими підозрюваними або відомими захворюваннями серця. Це один із найбільш використовуваних методів візуалізації в кардіології. Він може надати велику кількість корисної інформації, включаючи розмір і форму серця (кількісне визначення розміру внутрішньої камери), потужність насоса, розташування та ступінь будь-якого пошкодження тканини та оцінку клапанів. Знімок отриманий з ехокардіографа представляє собою покадровий запис функціонування серцевого м'яза в різних його фазах.



#### Актуальність дослідження

Попри надзвичайно велику компетентність лікарів прикрі похибки трапляються навіть з професіоналами. За даними дослідження [3] з журналу «Cardiovascular Ultrasound» частота помилково негативних перевірок знімків на наявність аномалій клапанів досягає 14.5%. Основними причинами виявились атипічне положення та малий розмір вегетацій. Діагностування подібних випадків потребує дійсно ветеранів своєї справи, на жаль не на всіх пацієнтів вони знайдуться. Звичайна людська похибка може зіграти свою роль під час будь-яких візуальних перевірок, тому необхідним рішенням є інтеграція моделей комп'ютерного зору в процес діагностування, що може допомогти нівелювати людський фактор та підвищити якість діагностики в тандемі з лікарем-кардіологом.

Вчасна діагностика захворювання здатна значно скоротити смертність пацієнтів. За даними [4] загальна смертність становила 24%, 42%, 50% і 56% через 1, 5, 10 і 20 років відповідно. Мова йде не тільки про термінову, миттєву допомогу, якої потребує пацієнт доставлений з приступом, але й про діагностику людей в групі ризику в цілому. Розвиток інструментів ШІ аналізу ехокардіограм та точної діагностики захворювань здатен корінним чином змінити та спростити весь процес виявлення захворювань, що само по собі зменшить вартість необхідних процедур для пацієнтів. Це відкриває двері платної медицини для малозабезпечених верств населення, які найбільш страждають від відсутності вчасної діагностики.

#### Матеріали та формування навчальної вибірки

Набір даних використаний для дослідження представляє собою 668 кадрів з кардіографа з зареєстрованою спеціалістами аномалією (вегетацією та абсцесом) та 632 «чистих» кадри, загалом 1300 в парастернальній та апікальній проекціях. Зображення були вилучені з 20-ти ехокардіограм в форматі DICOM. Набір даних був наданий Інститутом серця МОЗ України та зареєстрований на апараті VIVIDS70-100096. Розмітка даних проводилась кандидатом медичних наук з досвідом більше 10 років.

Початковий формат зображень відповідно був 708 на 1016 пікселів з трьома каналами RGB, згодом оброблений до одноканального сірого зображення розміром 512 на 512 пікселів з зафіксованою цільовою областю.

Зображення були попередньо оброблені за допомогою технік кропінгу, нормалізації та посилення контрасту. Аугментація не використовувалась, з огляду на те, що знімки проводять під тими ж самими ракурсами та за однакових умов.

Приклад зображень з датасету наведено на Рис. 1. Червоним кольором позначаються області з виявленими лікарем аномаліями.

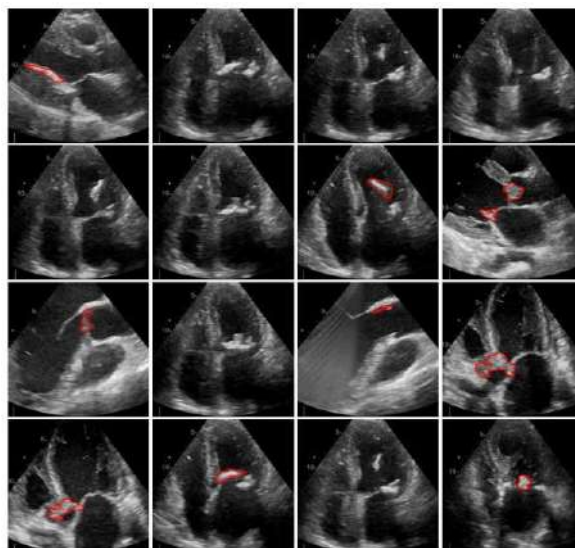


Рис. 1. Знімки з ехокардіографа

### Постановка задачі

Вирішення задачі діагностики ІЕ полягає у пошуку активних вогнищ (вегетацій) на зображеннях ехокардіографії серця пацієнтів. Основним завданням є семантична сегментація зображень на два класи: вегетація та фон.

Для вибірки  $X_1, Y_1, \dots, X_l, Y_l$ , де  $X_i \in \mathbb{R}^{n \times n}$  – це матриця зображення, а  $Y_i \in \{0, 1\}^{n \times n}$  – це бінарна маска того ж розміру, що і оригінальне зображення, де елемент матриці 0 означає відсутність, а 1 присутність вегетації на даному пікселі зображення, створити класифікатор  $f(X)$ , який коректно передбачає бінарну матрицю  $Y$  нової матриці зображення  $XR_{nn}$ .

Посилаючись на отриманий результат можна оцінити наскільки значна множина аномальних пікселів та виставити прогноз щодо здоров'я тканин на знімку (Рис. 2), визначити об'єм вегетації, оцінити ризики та прийняти рішення відносно термінової операції.

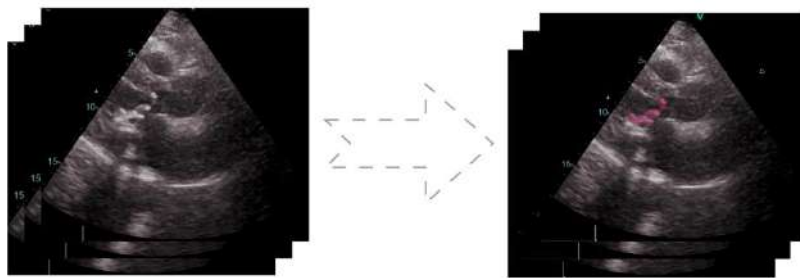


Рис. 2. Розпізнавання аномалій тканин ендокарда

### Сучасні підходи. CNN та ViT

Поставлену в попередньому підрозділі задачу в області комп'ютерного зору класифікують як семантичну сегментацію. На відміну від екземплярної сегментації, даний тип задач виділяється надзвичайно високою точністю і такими ж високими вимогами до обчислюваних ресурсів.

Сучасними класичними методами вирішення задачі семантичної сегментації є глибокі згорткові моделі архітектури encoder-decoder (наприклад, UNet, DeepLabV3+). Однак дослідження останніх двох років показали, що нові архітектури на основі трансформерів, а точніше візуальних трансформерів (Visual Transformers (ViT)), можуть досягти порівняно кращих результатів, аніж класичні згорткові моделі [5].

### Запропонований підхід

Серед нині існуючих масивів моделей сегментації, в даній роботі пропонується використання лише CNN-based, Transformer-based та їх гібридних методів з огляду на потребу в точності прогнозів [6]. Трансформерні та згорткові архітектурні конфігурації можуть бути занадто спеціалізованими на певних класах зображень та погано проводити feature extraction на інших. Операція згортки враховує лише інформативні признаки з певного околу і в процесі глибокого навчання агрегує їх на високому рівні.

Дієвий та ефективний шлях для комбінації розрахунків декількох моделей — використання ансамблів. В роботах [7, 8] ансамблеві методи проявили себе найкращим чином на задачі сегментації медичних зображень. Проте класичні ансамблі не завжди можуть покрити і справедливо врахувати результати моделей, тому було прийнято рішення використовувати ансамбль на основі мета-моделі, агрегації середнього та максимуму [9].

Запропонований підхід Pointwise weighted channel aggregation (PWCA) – це спосіб агрегації на основі мета-моделі, з використанням моделі машинного навчання з одним шаром,

яка отримує на вхід зконкатеновані за каналами маски від кожної окремої моделі-учасниці ансамблю, і на їх основі агрегує свій власний результат (Eq. 1-4).

$$S_i \text{ } S1, SN \text{ – множина сегментаторів} \quad (1)$$

$$P_i \text{ } P1, PK \text{ – множина пікселів} \quad (2)$$

$$M_k(i) = S_k(P_i), \quad M_{ki} M_k, \quad (3)$$

де  $M_{ki}$  – значення-маска  $k$ -го сегментатора в пікселі  $i$ ;

$$PWCA_j M_j 1, \dots, M_j n = i = 1 n w_{ij} M_{ji}; \quad (4)$$

Застосування методу потребує навчання мета-моделі, що проводиться на основі порівняння цільового зображення з еталонними масками. Навчання відбувається за допомогою алгоритму оберненого поширення похибки.

Для розрахунку об'єму вегетації було виведено наступне співвідношення:

$$V = S1 * S2; \quad (5)$$

де  $S1$  та  $S2$  – площі розрахованих масок вегетації в двох перпендикулярних проекціях. Ефективність методу обчислення об'єму була підтверджена в рамках експериментального дослідження.

#### Результати

Початкова вибірка з 1300 зображень була рівномірно розділена на три вибірки: тренувальна (800 зображень, ~61.5%), валідаційна (200 зображень, ~15.5%), тестова (300 зображень, ~23%).

Таблиця 1. Результати підходів на тестовій вибірці

Підхід	Енкодер	IoU	F1 (Dice) score	F2 score	Precision	Recall	Кількість параметрів архітектурної конфігурації
UNet++	ResNet34	0.6043	0.7532	0.8153	0.8632	0.6691	26.1 М
DeepLabV3+	ResNet50	<b>0.7107</b>	<b>0.8308</b>	<b>0.8504</b>	<b>0.864</b>	<b>0.8003</b>	26.7 М
SegFormer	mit_b2	0.5718	0.7274	0.7696	0.8015	0.6686	27.3 М
UNETR	mit_b2	0.6093	0.7569	0.8018	0.835	0.6928	27.5 М
MANET	mit_b2	0.5984	0.7487	0.79	0.8207	0.6897	35.0 М
PAN	ResNet50	0.6868	0.8143	0.8423	0.8625	0.7724	24.3 М

В таблиці 2 представлені результати отримані ансамблями мереж на тестовій вибірці з використанням моделей DeepLabV3+, SegFormer та PAN, дані мережі продемонстрували найкращі результати в рейтингу індивідуального вкладу.

Таблиця 2. Результати агрегації моделей в ансамблі

Тип агрегації	IoU	F1 (Dice) score	F2 score	Precision	Recall
Average	0.6975	0.8218	0.7961	0.8688	0.7796
Maximum	0.6961	0.8207	0.8443	0.7844	0.8607
Мета-модель pointwise weighted channel aggregation	0.7822	0.886	0.8891	0.8912	0.8810

Отримавши навчені моделі та їх результати для знімків в двох перпендикулярних площинах, можна розрахувати об'єм. Приклад зображено на рисунку 3.

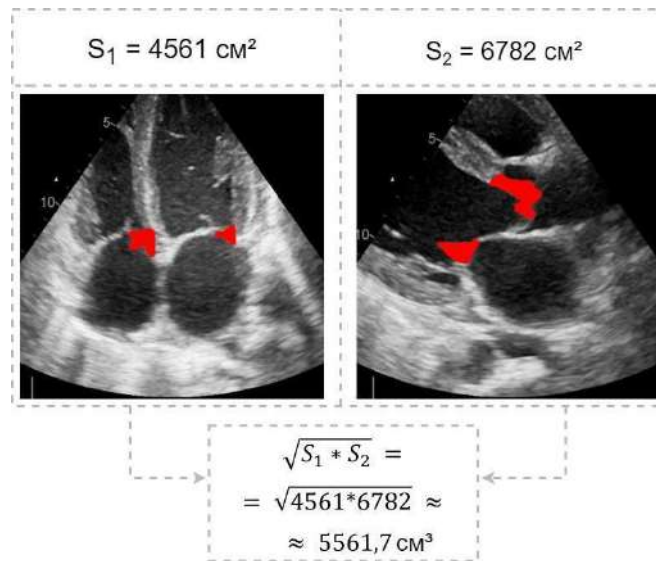


Рис. 3. Приклад розрахунку об'єму

#### Висновки

Були дослідженні гібридні моделі нейронних мереж на основі сучасних візуальних трансформерів для сегментації вегетацій на знімках ехокардіографії для їх подальшого аналізу. Для випробуваних методів була досягнена наступна точність в сегментації iou 0.7822, dice score 0.886. Підхід показав значну ефективність в порівнянні з існуючими методами вирішення задачі сегментації. Крім цього, був розроблений спосіб обрахунку об'єму вегетацій на основі знімків в двох проекціях.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Cresti A, Chiavarelli M, Scalese M, Nencioni C, Valentini S, Guerrini F, D'Aiello I, Picchi A, De Sensi F, Habib G. Epidemiological and mortality trends in infective endocarditis, a 17-year population-based prospective study. *Cardiovasc Diagn Ther.* 2017 Feb;7(1):27-35. doi: 10.21037/cdt.2016.08.09. PMID: 28164010; PMCID: PMC5253443.
- [2] Richard Rezar, Michael Lichtenauer, Markus Haar, Georg Hödl, Jan Marco Kern, Zhichao Zhou, Thomas Wuppinger, Johannes Kraus, Bernhard Strohmer, Uta C. Hoppe, Bernhard Wernly, Infective endocarditis – A review of current therapy and future challenges, *Hellenic Journal of Cardiology*, Volume 62, Issue 3, 2021, Pages 190-200, ISSN 1109-9666, <https://doi.org/10.1016/j.hjc.2020.10.007>.
- [3] Ren, Z., Zhang, J., Chen, H. *et al.* Preoperative false-negative transthoracic echocardiographic results in native valve infective endocarditis patients: a retrospective study from 2001 to 2018. *Cardiovasc Ultrasound* **19**, 2 (2021). <https://doi.org/10.1186/s12947-020-00229-8>
- [4] Netzer RO, Altwegg SC, Zollinger E, Täuber M, Carrel T, Seiler C. Infective endocarditis: determinants of long term outcome. *Heart.* 2002 Jul;88(1):61-6. doi: 10.1136/heart.88.1.61. PMID: 12067947; PMCID: PMC1767177.
- [5] Alexey Dosovitskiy, Lucas Beyer, Alexander Kolesnikov, Dirk Weissenborn, Xiaohua Zhai, Thomas Unterthiner, Mostafa Dehghani, Matthias Minderer, Georg Heigold, Sylvain Gelly, Jakob

Uszkoreit, & Neil Houlsby (2021). An Image is Worth 16x16 Words: Transformers for Image Recognition at Scale. In International Conference on Learning Representations. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2010.11929>

[6] I. Ahmed, M. Ahmad, F. A. Khan and M. Asif, "Comparison of Deep-Learning-Based Segmentation Models: Using Top View Person Images," in IEEE Access, vol. 8, pp. 136361-136373, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3011406.

<https://doi.org/10.48550/arXiv.1706.03762>

[7] DivergentNets: Medical Image Segmentation by Network Ensemble Vajira Thambawitaa Steven A. Hicksa Pål Halvorsena,b and Michael A. Rieglera <https://doi.org/10.48550/arXiv.2107.00283>

[8] An Analysis on Ensemble Learning optimized Medical Image Classification with Deep Convolutional Neural Networks Dominik Müller, Iñaki Soto-Rey and Frank Kramer <https://doi.org/10.48550/arXiv.2201.11440>

[9] Sineglazov V, Riazanovskiy K, Klanovets A, Chumachenko E, Linnik N. Intelligent tuberculosis activity assessment system based on an ensemble of neural networks. Comput Biol Med. 2022 Aug;147:105800. doi: 10.1016/j.combiomed.2022.105800. Epub 2022 Jun 28. PMID: 35809407

## СТВОРЕННЯ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ДІАГНОСТИКИ ДЛЯ КІБЕРФІЗИЧНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ГАЛЬМІВНИХ ТА ГІДРАВЛІЧНИХ СИСТЕМ ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ

<sup>1</sup>Володимир РОМАНЧУК, <sup>1</sup>Олександр ПРОЦАНІН, <sup>1</sup>Марина МІХАЛЄВА, к.т.н., доц.  
*Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного*  
*vovaroman80@gmail.com*

Авторами розробляється та пропонується новий експрес метод для кіберфізичного контролю складу технічної рідини, гальмівної рідини та рідини гідравлічних систем, що забезпечить своєчасне технічне оцінювання ризиків техніки у робочому режимі. Для об'єднання фізичного об'єкту та цифрової техніки, тобто створення кіберфізичної системи управління необхідно встановити залежність параметрів контролю цього об'єкту від електричних показників. Технічні рідини на даний час випробовують в метрологічних лабораторіях лабораторними рутинними методами. На даний час оцінкою якості паливно-мастильних матеріалів та спеціальних рідин займається Хіммологічний центр А2609, який акредитований і формує сертифікати відповідності. Розроблення нових електричних методів автоматизованого контролю можливо при використанні новітніх високоточних приладів та первинних перетворювачів, що теоретично-традиційно на даний час не створені для об'єктів неелектричної природи, якими і є технічні рідини. Нами розробляються структури нових кіберфізичних систем контролю та атласи залежностей стандартних параметрів контролю (наприклад в'язкості або хімічного складу) від адмітансу вимірювальної системи. В цьому і полягає наукова новизна наших досліджень. Вимірювальна система складається з RLC-метра генератора частоти ємнісного сенсора та приймача тестового сигналу з комп'ютерною програмою порівняння з встановленими електричними параметрами в лабораторних умовах. В лабораторних дослідженнях встановлюються градувальні залежності для порівняння та встановлення відповідності рідини стандартним характеристикам експлуатації під час роботи техніки. Адмітанс, тобто комплексна провідність, вимірювальної системи використовується як міра, яка характеризує ефективність передавання сигналів від вимірювальних пристроїв до оброблюючого обладнання. Використання змінного струму дає можливість використовувати у неруйнівному метрологічному методі контролю. А дослідження при широкому діапазоні частот дозволяє запропонованому методу бути дуже чутливим в залежності від електрохімічної природи розчиненої речовини в рідинній суміші та її концентрації. Причиною такої залежності є час релаксації часточок рідини у змінному електричному полі, що знаходиться між електродами ємнісного сенсора. Нами досліджено багатокомпонентні суміші – марки технічних рідин та модельні суміші їх хімічних компонентів та вперше встановлені індивідуальні залежності електричних параметрів (адмітанс) від складу або в'язкості. Концепція адмітансного контролю якості неелектричної природи ґрунтується на вимірюваннях параметрів моделі, якою подається об'єкт в колі змінного струму, а також на умовах та методиках, прийнятих в кваліметрії, дотримання яких дозволить реалізувати всі переваги електричного методу контролю якості. Загальна структура вимірювального засобу для здійснення адмітансного (імітансного) контролю показників якості продукції неелектричної природи різного виду має вигляд та складається об'єкта контролю і первинний перетворювача, що утворюють імітансний сенсор, лінію зв'язку з засобом вимірювальної техніки, вихідним сигналом якого є числовий код, який опрацьовується блоком опрацювання результатів та керування. Запропоновані метод та засоби дозволяють оперативно контролювати стандартний склад технічних рідин та забезпечують безперебійну роботу техніки.

## МОДЕЛЬ ДАНИХ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ВИДАВАННЯ ЕЛЕКТРОННИХ НАПРАВЛЕНЬ НА ДОДАТКОВІ ОБСТЕЖЕННЯ

<sup>1</sup>Юрій БАРИШЕВ, <sup>1</sup>Владислава ЛАНОВА  
<sup>1</sup>Вінницький національний технічний університет  
*yuriy.baryshev@vntu.edu.ua, lanovaia02y@gmail.com*

Анотація: у роботі спроектовано модель даних автоматизованої системи видавання електронних направлень на додаткові обстеження. Результати проектування дозволили висунути вимоги до захисту критеріїв захищеності чутливих даних. Зроблено відповідний висновок, в якому зазначено те, що гібридне поєднання реляційної бази даних та блокчейну надає комплексний підхід до зберігання медичних даних, враховуючи їхні особливості та важливість для різних видів інформації. Визначено перспективу подальших досліджень.

Ключові слова: сімейна медицина, персональні дані, блокчейн, захист інформації, кібербезпека.

### Вступ

Інформація про стан здоров'я пацієнтів, медичні діагнози та історії лікування потребує підвищеного захисту конфіденційності та цілісності. Багато країн встановлюють суворі законодавчі вимоги стосовно захисту персональних даних. Наприклад, GDPR, який застосовується в Європейському Союзі [1]. Невідповідність цим вимогам може призвести до серйозних штрафів та інших санкцій. Тому медичні заклади повинні враховувати ці посилені вимоги безпеки.

Таким чином, постає актуальна задача поєднати сильні сторони бази даних та блокчейну для забезпечення комплексного захисту цілісності, доступності та конфіденційності персональних даних, передбаченого законодавством України, де діє Закон «Про захист персональних даних» [2].

Для забезпечення стійкого рівня захисту необхідно впровадити розмежування прав доступу, захист цілісності, конфіденційності та доступності. Відомі рішення, які виконують такий захист реалізуються за допомогою блокчейну або бази даних. Ті, що реалізовані на блокчейні потребують підвищеного захисту конфіденційності, а ті, що базуються на базах даних – сильно страждають з одного боку через те, що необхідний захист цілісності та доступності, а з іншого – складно переконатись, що база даних захищена від несанкціонованої модифікації. Для забезпечення цілісності, доступності та конфіденційності варто застосувати технологію блокчейн для захисту чутливих даних.

Метою дослідження є покращення захисту цілісності чутливих даних, шляхом поєднання блокчейну та реляційної бази даних задля забезпечення стійкого рівня захищеності та уникнення модифікації цих даних.

Для досягнення мети необхідно розв'язати такі задачі:

- спроектувати реляційну модель даних автоматизованої системи видавання направлень;
- проаналізувати вимоги до безпеки атрибутів;
- зробити відповідні висновки.

### Результати дослідження

Для дослідження предметної області взято реальне електронне направлення, видане 10.08.2022 у ЦПМСД №2 м. Вінниця.

Відповідно до атрибутів предметної області, у результаті проектування було побудовано реляційну модель даних, яка містить 3 основні сутності:

1. Інформація про пацієнта.
2. Інформація про направлення.
3. Інформація про медичний заклад.

Доцільно буде навести діаграму зв'язків сутностей та їх атрибутів (рис. 1).

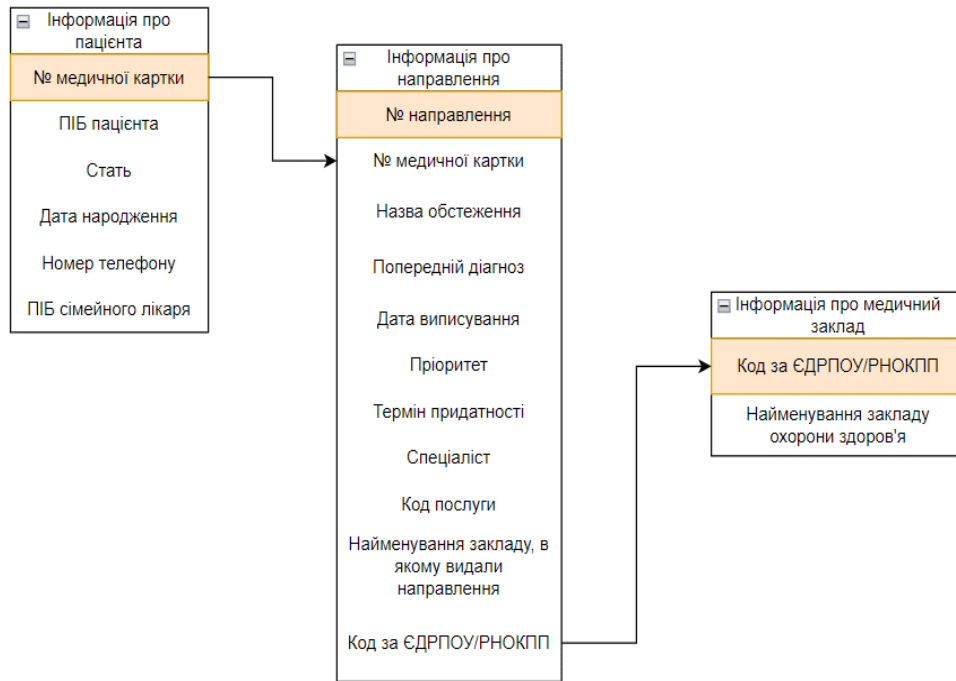


Рисунок 1 – Вигляд реляційної моделі даних

Наведена на рис. 1 база даних є нормалізованою до нормальної форми Бойса-Кодда. Відношення знаходиться в нормальній формі Бойса-Кодда, якщо вся надмірність на основі функціональної залежності була видалена, однак в той самий час, інші типи надмірності можуть все ще існувати [3].

Наступним кроком необхідно проаналізувати вимоги до безпеки атрибутів в спроектованій моделі даних (табл. 1) [4].

Таблиця 1 – Аналіз вимог до безпеки атрибутів

Атрибут	Захист конфіденційності	Захист цілісності	Захист доступності
№ направлення	-	+	+
№ медичної картки	+	+	-
Назва обстеження	+	+	+
Попередній діагноз	+	-	-
Дата виписування направлення	-	-	-
Пріоритет	-	-	+
Термін придатності	-	-	+
Спеціаліст	+	+	+
Код послуги	-	-	-
Найменування закладу ОЗ	-	+	-
Код за ЄДРПОУ/РНОКПП	-	-	+



Блокчейн забезпечує цілісність та доступність даних, однак не гарантує належного захисту конфіденційності, тому необхідно атрибути, які вимагають підвищених вимог цілісності та доступності помістити в блокчейн. Ті, що вимагають захисту конфіденційності та цілісності помістити також в блокчейн, але у вигляді гешів (використавши геш-функцію, для Ethereum-подібного блокчейну, кессак256 [5]), щоб запобігти пошкодженню та модифікації персональних даних. Всі інші атрибути – потрібно помістити в базу даних, оскільки вони повинні бути захищені належним чином та не виставлятися на показ.

### Висновки

Об'єднання реляційних баз даних та блокчейну надає комплексний підхід до зберігання медичних даних, враховуючи їхні особливості та важливість для різних видів інформації. Це сприяє збереженню конфіденційності, захищеності цілісності та знеособленості даних. Попередні практики, де всі дані записуються в один контейнер (блокчейн), мають недолік загальнодоступності та обмеженої масштабованості. Запропонований метод розподілу даних поміж різними платформами вирішує ці проблеми, забезпечуючи належне використання кожної з них, залежно від вимог до даних. Обрана предметна область – сімейна медицина та процес видавання направлень, підкреслює важливість високого рівня захисту даних пацієнтів.

Блокчейн може забезпечити автентичність, недоступність до внесених записів та водночас забезпечити прозорість та відстеженість медичних послуг.

Запропонований підхід сприятиме покращенню надання медичної допомоги та управління медичними процесами в сфері сімейної медицини. У майбутньому планується продовжити роботу над цим проектом для того, аби була можливість впровадити дану систему в Україні.

### ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. K. Hjerpe, J. Ruohonen, V. Leppanen, “The General Data Protection Regulation: Requirements, Architectures, and Constraints”, in *2019 IEEE 27th Int. Requirements Eng. Conf. (RE)*, Jeju Island, Korea (South), 23–27 sept. 2019. IEEE, 2019, doi: <https://doi.org/10.1109/re.2019.00036>
2. Україна, Верховна Рада України. (2010, 1 черв.). Закон України № 2297-VI, *Про захист персональних даних*. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2297-17#Text>
3. M. Arenas, “Boyce-Codd Normal Form”, in *Encyclopedia of Database Systems*. New York, NY: Springer New York, 2018, P. 336. Accessed: 25 March. 2024. doi: [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-8265-9\\_1245](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-8265-9_1245)
4. Ю. В. Баришев, В. С. Ланова, “Метод захищеного зберігання медичних даних на основі реляційної бази даних та блокчейну”, *НаукПраці ВНТУ*, вип. 3, Вер 2023.
5. G. Bertoni, J. Daemen, M. Peeters та G. Van Assche, “Кессак”, in *Advances in Cryptology – EUROCRYPT 2013*. Berlin, Heidelberg: Springer Berl. Heidelb., 2013, p. 313–314. Accessed: 25 March. 2024. doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-642-38348-9\\_19](https://doi.org/10.1007/978-3-642-38348-9_19)

## ВИЗНАЧЕННЯ СПЕЦІАЛІЗАЦІЇ ТА ПОБУДОВА КОРПОРАТИВНИХ БАЗ ДАНИХ ПРИ НАДАННІ ВОЛОНТЕРСЬКИХ НЕЙЛ-ПОСЛУГ

Яна КОВАЛЬЧУК, Вікторія БОЙЧУК  
Українська академія друкарства  
viktoriya.yats@gmail.com

Культура волонтерства та взаємодопомоги ніколи не була чужою в Україні. Особливого сплеску така діяльність набула після російської збройної агресії, яка згодом переросла у широкомасштабне вторгнення [1]. Проектування комп'ютерно орієнтованих інновацій, спеціалізованих на медико-технологічній співпраці та допомозі населенню, зокрема охоплює розробку та оптимізацію багатофункціональних мобільних застосунків. Так, мобільний застосунок з нейл-супроводу та профілактики захворювань нігтів [2] потребує окремого модуля для збору, обробки та вивчення даних про отримувачів волонтерських послуг.

Виконаний аналіз етапів життєвого циклу нейл-супроводу обумовив наявність у проєктованому вебзастосунку двох баз даних. У **базі зображень** міститимуться корпоративні паіл-ескізи, які клієнт може вибрати та відредагувати за власним бажанням. Таку базу доцільно розгорнути у хмарі з інтегруванням технологій Інтернету речей [3]. **База закладів** адмініструватиме інформацію про кабінети і салони з залученням волонтерів. Кожен такий заклад матиме окрему сторінку, в якій знаходитиметься інформація про надавані послуги, перелік волонтерів (майстрів та консультантів), прикріплених до кабінету, та графік їхньої роботи. Після визначення спеціалізації розглянемо особливості структури та стадії побудови обумовлених категорій корпоративних баз даних при наданні послуг з широкого асортименту нейл-послуг (рисунок).

The image shows a screenshot of a web application interface. At the top, there is a table with columns: 'Код', 'Місце розташування', 'Як з нами зв'язатись', 'Графік роботи', 'Майстри', 'Опис', and 'Щементи'. The table contains several rows of data, with the first row highlighted in blue. Below the table, there is a form for editing a record. The form has several fields: 'Код' (1), 'Майстер' (Петренко В.), 'Інформація про майстра' (Працюю майстром ще понад 10 років. Закінчила курси. Працюю з Nail-принтером останні 3 роки, модель FullMate X12), 'Дата' (12.03.2023), 'Час роботи' (10.00-11.30, 11.30-13.00, 13.00-14.30, 15.00-16.30, 16.30-18.00, 18.00 - 19.30), 'місце розташування' (просп. Червоної Калини 32), 'Як з нами зв'язатись' (960000000), 'Графік роботи' (10.00-19.00 без вихідних), 'Опис' (Салон працює з 2009 року. Безліч задовлених клієнтів), 'Салон' (Камелія), and 'Майстри' (Шевченко А., Петренко В.).

Рисунок. Структура компонентів системи керування корпоративними базами даних для підтримки життєвого циклу нейл-послуг

*База зображень* буде вже заповненою, і міститиме проблемні ілюстрації захволювань нігтів, об'єкти декору тощо, які замовник може обрати та надіслати консультативний запит. Як зазначалось, база зображень буде зберігатись на хмарному сервері. Виконані дослідження наявних хмарних серверів показали, що оптимальним варіантом буде Amazon Web Store [4]. *База салонів* міститиме таку інформацію про кабінети, як розміщення, номер телефону, графік роботи, перелік консультантів, короткий опис кабінету та приклади надаваних нейл-послуг. *Проектований* варіант бази салонів з кабінету користувача зображено на рисунку а). Для конкретного салону, обраного з бази, генеруються основні відомості за його бізнес-моделлю (рисунок б).

Відомості про надавача послуг міститимуть посилання на портфоліо конкретного консультанта, де зібрана основна інформація про нього та графік роботи саме цього волонтера. Це спростить роботу кабінетів, адже користувач-клієнт зможе самостійно записатись в електронну чергу до улюбленого майстра без допомоги адміністратора закладу. Приклад такої сторінки відомостей зображено на рисунку в). Тут також можна побачити час роботи волонтера. Там вписані ті години роботи, на які може записатись новий клієнт. Отже, замовник може давати запит на мережу закладів, де може знайти (або вибрати) потрібний салон та записатись до певного майстра на певну дату та годину. Якщо користувач записується на певну годину, то вона зникає зі списку.

Таким чином, представлена структура бази закладів надання волонтерських нейл-послуг з можливістю генерування портфоліо майстра та інтегрованою електронною чергою сприятиме популяризації салону і також підніматиме рейтинг проектованого клієнт-серверного мобільного застосунку нейл-догляду [5], де клієнт може самостійно обирати зображення, редагувати його, також є можливість записатися в бажаний або найближчий за локацією кабінет до бажаного консультанта, отримати статистику, ознайомитися з відгуками. А волонтери матимуть змогу вести статистику та генерувати звітність.

#### ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Ковальчук Я. С. Просування волонтерських запитів засобами мережевих інструментів. Тези доповідей студентської наукової конференції УАД. Львів, 2023. С. 24.
- [2] Бойчук В., Ковальчук Я. Мобільний застосунок волонтерського телемедичного нейл-супроводу. Актуальні завдання медичної, біологічної фізики та інформатики. Матеріали II міжнародної науково-практичної конференції. Вінниця, 2023. С. 107-109.
- [3] Жураковський Б. Ю., Зенів І.О. Технології інтернету речей. Навч. посібник. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського. 2021. 271 с.
- [4] Cloud Computing Services — Amazon Web Services (AWS) [Електронний ресурс] – Режим доступу: [aws.amazon.com](https://aws.amazon.com)
- [5] Бойчук В. Побудова ієрархічної навігаційної мапи мобільного застосунку з nail-догляду. Стан, досягнення і перспективи інформаційних систем і технологій. Матеріали XXIII Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих вчених, аспірантів та студентів. Одеса, 2023. С. 205-207.

## РОЗРОБКА НИЗЬКОБЮДЖЕТНОГО ПРИСТРОЮ МОНІТОРИНГУ ЗАПИЛЕНОСТІ ПОВІТРЯ НА БАЗІ СМАРТФОНА

Артем МІЩЕНКО, Галина ТАРАДІНА  
*Донецький національний університет імені Василя Стуса*  
*e-mail: a.mishchenko@donnu.edu.ua*

Одним із найсерйозніших забруднювачів повітря є завислі тверді частинки (РМ). Відомо про їх негативний вплив на здоров'я людини, особливо це стосується частинок з аеродинамічним діаметром менше 2.5 мкм, (РМ<sub>2.5</sub>). Зокрема показана здатність РМ провокувати захворювання дихальної системи, серцево-судинні захворювання і передчасну смертність. Тривалий вплив високої концентрації РМ<sub>2.5</sub> може спричинити вплив на репродуктивну систему викликати розвиток раку. Під час пандемії коронавірусної інфекції (COVID-19) були проведені дослідження, що показали позитивний зв'язок між забрудненням повітря, зокрема РМ<sub>2.5</sub>, та рівнем захворюваності та смертями від COVID-19.

Доступ до інформації, що стосується рівня забруднення РМ є проблематичним. Як правило у міських районах моніторинг забруднення здійснюється не чисельними станціями моніторингу, враховуючи значну негомогенність розподілу забруднення в межах міста інформація, що може бути отримана таким чином є недостатньою для оцінки ризиків. .

Недоліки традиційної парадигми моніторингу актуалізують зусилля зі створення персональних систем моніторингу твердих частинок. Такі системи мають бути портативними, енергоефективними пристроями моніторингу, які використовують недорогі датчики, та дозволяють миттєво отримати дані стосовно забруднення. Люди, що користуються такими портативними пристроями, можуть відстежувати концентрацію твердих частинок у реальному часі поблизу себе, а також надавати дані моніторингу спільноті. Дані, зібрані від великої кількості активних учасників, відкривають можливості для побудови щільної карти розподілу концентрації твердих частинок.

Робота присвячена розробці портативної бездротової системи для вимірювання щільності пилу в повітрі.

На ринку існують недорогі сенсори для вимірювання частинок речовини, багато з яких використовують оптичні методи. Порівняно з традиційними приладами моніторингу їх перевага: низька ціна, простота експлуатації та обслуговування, а також кращою часовою роздільною здатністю вимірювань (наприклад, від кількох секунд до хвилин). З другого боку вони мають ряд недоліків, що обмежують їх використання. Як правило ці датчики не калібруються виробниками, також їх дослідження показали, що на оптичну реакцію датчиків РМ, як правило, впливають вологість і температура.

В ряді робіт проводили порівняння результатів вимірювань низькобюджетних давачів, та приладів, що дозволяють більш точно визначити щільність пилу. В результаті проведеного літературного аналізу нами було обрано датчик PMS7003 від Plantower. Цей датчик демонструє стабільну роботу протягом кількох місяців вимірювань, високу лінійну кореляцію з приладами порівняння, значну відтворюваність - низьку варіабельність результатів між різними екземплярами [1], помірну чутливість до температури та вологості.

Лазерний датчик PMS7003 використовує принцип лазерного розсіювання для вимірювання щільності твердих часточок в повітрі. Відповідно до заявлених виробником характеристик давач здатен вимірювати щільність пилу в трьох окремих діапазонах: 0.3-1.0, 1.0-2.5 та 2.5-10 мкм. Датчик має вбудований вентилятор. Виміряні дані оцифровуються, та передаються за послідовний порт. Давач повертає дані двох видів: 1) Концентрація (мкг/м<sup>3</sup>) фракцій РМ<sub>1</sub>, РМ<sub>2.5</sub> і РМ<sub>10</sub> видаються з двома коригувальними коефіцієнтами: для «заводського

середовища» («FE»; припускається, що в такому середовищі можуть бути присутніми часточки металів) і для «атмосферного середовища» («AE»). 2) Також давач оцінює кількість частинок на одиницю об'єму (0,1 л повітря) для 6 інтервалів з такими нижніми границями: 0.3 мкм, 0.5 мкм, 1.0 мкм, 2.5 мкм, 5.0 мкм і 10.0 мкм. Більш ефективний підрахунок часточок відбувається при їх розмірі  $\geq 0.5$  мкм. Робочий струм - 100 мА, струм у режимі очікування - 200 мкА. Напруга живлення 5В, але комунікація через послідовний порт здійснюється з напругою 3.3 В. Час відгуку 10 сек. Робоча температура: -10 ... +60°C.

Працює в двох режимах видачі результатів: пасивному та активному. Режим за замовчуванням після включення - активний. У цьому режимі датчик автоматично надсилає дані в послідовний порт. Активний режим може бути двох видів: стабільний та швидкий режим. Якщо концентрація часточок міняється повільно, датчик працюватиме в стабільному режимі з періодом дискретизації 2.3 с. У випадку швидких змін датчик буде автоматично переключено на швидкий режим з інтервалом 200–800 мс, що вища концентрація - коротший інтервал.

В нашій роботі для корегування результатів вимірювань давача PMS7003 ми використовували результати отримані в роботах [2,3]. В роботі [2] порівнювали результати вимірювань за допомогою PMS7003 та референтного пристрою TEOM 1400 а (дозволяє вимірювати  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$  та  $PM_1$ ). Вимірювання здійснювались протягом року в польових умовах, дані від давача PMS7003 отримувались кожної хвилини, накопичені за годину дані усереднювались, ці середні за годину порівнювались зі значеннями від TEOM. Зазначається, що неопрацьовані дані PMS7003 переоцінюють референтні концентрації. Проста лінійна одновимірна модель, що отримувалась припасуванням даних PMS7003 до референтних значень, дозволяє значно покращити результати давача:  $y = a_0 + a_1x + \varepsilon$ . Коефіцієнти регресії наведені в Таблиці S 2 у додаткових матеріалах до роботи [2]. Найкращі результати були отримані для концентрацій  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$  та  $PM_1$  з правками "FE", відповідні моделі мали  $R^2 \approx 0.81$ ,  $RMSE \approx 5.1$  мкг/м<sup>3</sup> для тренувального набору. Ці результати можуть бути додатково покращені при використанні багатовимірної регресії де предикторами виступають різні вихідні дані давача, а також температура та відносна вологість [2].

В роботі [3] порівнювали результати вимірювань за допомогою PMS7003 та пилового спектрометра GRIMM 11-A. Вимірювання проводились в лабораторних умовах, контролювали концентрацію пилу ( $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ ), температуру та вологість. Інтервал між вимірюваннями складав 1 хв. Були побудовані регресійні моделі, що дозволяють скорегувати покази давача PMS7003. Регресійний аналіз проводився окремо для п'яти інтервалів концентрації:  $\leq 40$  мкг/м<sup>3</sup>, 40–80 мкг/м<sup>3</sup>, 80–120 мкг/м<sup>3</sup>, 120–160 мкг/м<sup>3</sup> та 200–230 мкг/м<sup>3</sup>. Результати показали, що результати давачів скориговані відповідно до еталонного пристрою, забезпечили точні значення при концентраціях  $PM_{2.5} \geq 40$  мкг/м<sup>3</sup>.

Блок схема портативного приладу для вимірювання твердих часток показана на рисунку:

Давач BMP-280 дозволяє вимірювати температуру та вологість. Мікроконтролер ESP32S, обладнаний модулями WiFi та Bluetooth, використовувався для керування та збору даних від давачів, а також для обміну даними зі смартфоном. Прошивка мікроконтролера ESP32 запускає його в режимі WiFi точки доступу до якої підключається смартфон. Обмін даними між смартфоном та мікроконтролером здійснюється за протоколом WebSocket. Мікроконтролер виступає в ролі WebSocket сервера. WebSocket клієнт на смартфоні передає команди для зміни конфігурації системи моніторингу, зміни параметрів реєстрації, запуску та зупинки процесу моніторингу. У зворотному напрямку передаються зареєстровані дані.

Мобільний Android додаток виконує такі функції: керує налаштуванням та роботою системи моніторингу; здійснює збір зареєстрованих даних, вимірює поточні GPS координати та здійснює їх прив'язку до поточних даних, зберігає результати в текстовий файл; виводить поточні результати на екран у вигляді текстової інформації та динамічних графіків.

Пристрій було успішно випробувано для моніторингу запиленості повітря в місті Вінниця. Побудовані карти запиленості уздовж маршруту переміщень в межах міста.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. M. Badura, P. Batog, A. Drzeniecka-Osiadacz, i P. Modzel, «Evaluation of Low-Cost Sensors for Ambient PM2.5 Monitoring», *Journal of Sensors*, vol. 2018, p. e5096540, October 2018, doi: [10.1155/2018/5096540](https://doi.org/10.1155/2018/5096540).
2. M. Badura, P. Batog, A. Drzeniecka-Osiadacz, i P. Modzel, «Regression methods in the calibration of low-cost sensors for ambient particulate matter measurements», *SN Appl. Sci.*, vol. 1, no. 6, p. 622, May 2019, doi: [10.1007/s42452-019-0630-1](https://doi.org/10.1007/s42452-019-0630-1)
3. E.-M. Cho *et al.*, «Reliability of Low-Cost, Sensor-Based Fine Dust Measurement Devices for Monitoring Atmospheric Particulate Matter Concentrations», *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 16, no. 8, doi: [10.3390/ijerph16081430](https://doi.org/10.3390/ijerph16081430).

## ЗАСТОСУВАННЯ NI LABVIEW ДЛЯ ОБРОБКИ МЕДИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ З П'ЄЗОКЕРАМІЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ

<sup>1</sup>Максим МУСІЄНКО, <sup>2</sup>Олена МУСІЄНКО

<sup>1</sup>Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького

<sup>2</sup>Чорноморський національний університет імені Петра Могили

*musiyenko2018@gmail.com*

П'єзокерамічні перетворювачі (ПП) досить широко застосовуються в медичній техніці, зокрема, в ультразвукових томографах, в урології для створення потужних ультразвукових полів, у фізіотерапії для створення аерозолів тощо.

Авторами розроблено кілька рішень застосування ПП у вимірювачах артеріального тиску, побудованих за методом Короткова, а також у приладах електрофізіотерапії, зокрема, у приладах для лікування простатиту. Особливістю застосування ПП є можливість працювати як в якості актуаторів (на зворотному п'єзоєфекті), так і в якості давачів (на прямому п'єзоєфекті). Найвідомішим прикладом одночасного застосування ПП є апарати УЗД, де ПП використовується як в якості випромінювача, так і отримувача сигналу. При такій організації побудови використання ПП будь-який електрофізіотерапевтичний прилад із використанням п'єзокерамічних актуаторів при певній перебудові можна використовувати в якості елемента діагностичного пристрою.

В такому випадку актуальним постає питання обробки медичної інформації, яка надходить від ПП в наслідок впливу на нього хвиль від органів людини, що самі піддалися впливу випромінювання від ПП. Для прикладу на рис. 1 показані сигнали, які подаються на п'єзоелемент ректального електрода (рис. 1,а), а також сигнал, який утворюється на ПП під впливом навантаження (передміхурової залози) (рис. 1,б).

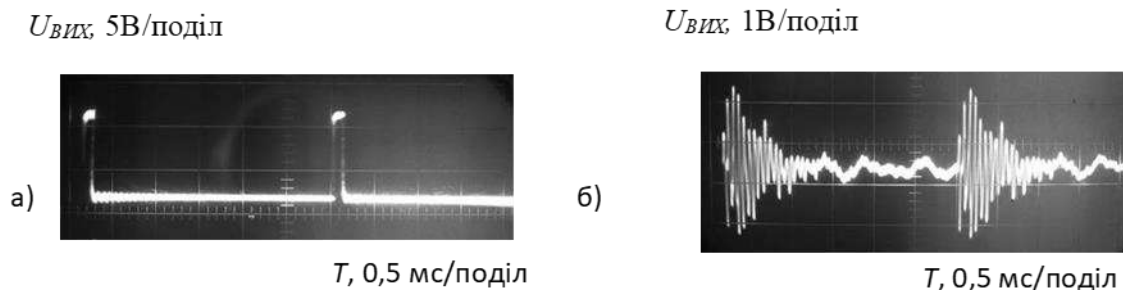


Рис. 1. Форма сигналів п'єзокерамічного перетворювача

Як видно з рис.1, б, сигнал, який утворюється на ПП може нести важливу діагностичну інформацію. В такому випадку постає питання її надійного отримання (без спотворень) та подальшої обробки. На сьогоднішній день існує чимало пакетів прикладних програм, які дозволяють обробити таку інформацію. Проведений авторами аналіз привів до висновку, що одним із перспективних рішень може бути використання пакету графічного програмування NI Labview (National Instruments Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench). Перевагою цього рішення є в комплексному використанні декількох можливостей:

- отримання фізичної інформації та її передачі в комп'ютер;
- застосування широкого спектру фільтрації та обробки сигналів, які містить пакет NI Labview;
- можливості відображення та програмної обробки отриманої інформації;
- простота виконання VI (virtual instrument), що не потребує складних рішень.

Проведені авторами експерименти показали можливість отримання та обробки медичної інформації з ПП за допомогою пакету NI Labview.



## СУЧАСНІ ПРОМЕНЕВІ МЕТОДИ ЛІКУВАННЯ РАКУ

Дмитро ІВАЩУК

*Вінницький національний медичний університет ім. М.І. Пирогова  
e-mail: dm.ivashchuk@gmail.com*

**Актуальність.** Сьогодні рак є другою найпоширенішою причиною смерті у світі. У 2023 році Міжнародна асоціація реєстрації раку повідомила про 20 мільйонів нових випадків онкозахворювань, з яких 9,7 мільйона були летальними. За даними ВООЗ захворюваність продовжить стрімко зростати і у 2050 році зросте на 77% порівняно з 2023 роком. Найбільш розповсюдженим у світі видом раку у чоловіків є рак легень, а у жінок – рак молочної залози.

Променева терапія є одним з основних методів лікування раку. Її метою є знищення ракових клітин шляхом руйнування їх ДНК. Але радіація завдає шкоди здоровим клітинам і призводить до несприятливих побічних ефектів. Характер і ступінь таких небажаних побічних ефектів залежить від дози іонізуючого випромінювання та чутливості органів, які опромінюються [1]. В останні десятиліття сучасна медицина значно просунулась у розробці технік радіаційної терапії, які завдають найбільшої шкоди раковим клітинам і мінімально впливають на здорові.

**Мета.** З'ясувати можливості сучасних променевих методів лікування раку.

**Матеріали та методи.** Аналіз та систематизація результатів профільних досліджень представлених на веб-ресурсах Medscape, PubMed та Google Scholar.

**Результати.** Променева терапія може використовуватись у якості самостійного методу лікування або додатково до хірургічного втручання та систематичної терапії [2]. Проводиться двома методами: брахітерапією та зовнішнім опроміненням.

Брахітерапія — це вид променевої терапії, який полягає в точному розміщенні радіоактивних джерел безпосередньо в пухлині або поруч із нею. Вона є оптимальним способом доставки високих доз радіації до пухлини, зводячи до мінімуму ураження здорових тканин. Існує три види брахітерапії: імпланти з низькою потужністю дози (джерело випромінювання залишається у пухлині на 7 днів), імпланти з високою потужністю дози (термін перебування джерела випромінювання у пухлині становить 10–20 хвилин за раз, лікування проводять у залежності від виду раку двічі на день протягом 2-5 днів або один раз на тиждень тривалістю 2-5 тижнів), постійні імпланти (після встановлення джерела випромінювання катетер видаляють і імпланти залишаються у тілі до кінця життя, але при цьому доза випромінювання щоденно слабшає). Брахітерапія є стандартом лікування [3] пацієнтів з раком шийки матки, раком ендометрію матки, раком передміхурової залози, раком молочної залози.

При зовнішній променевій терапії іонізуючий промінь спрямовується на пухлину за допомогою лінійного прискорювача. Сучасне апаратне та програмне забезпечення дозволяють досягти високої точності опромінення [4].

На сьогоднішній день існують такі види зовнішньої променевої терапії:

1. Тривимірний конформний променевий метод лікування (3D-CRT). Спочатку за допомогою КТ, МРТ і ПЕТ зображень створюється точна об'ємна модель пухлини. Після чого комп'ютерна програма генерує пучки випромінювання, які повністю відповідають формі пухлини. Це допомагає спрямовувати значні дози радіації саме на ракові клітини.
2. Моноізоцентрична техніка. Зменшує дозу опромінення органів ризику (легені та серце). Єдиний ізоцентр розміщують у місці з'єднання тангенціального і надключичного полів.
3. Променева терапія з модульованою інтенсивністю (IMRT). Базується на комп'ютерній генерації нерівномірного потоку. Програма подає пучки різної інтенсивності

випромінювання під кількома різними кутами, що забезпечує точні дози опромінення для ракових клітин і щадні дози для органів ризику та здорової тканини.

4. Об'ємно-модульована променева терапія (VMAT). Забезпечує повний 360° напрямок променя з повним об'ємом дози, що доставляється за одне обертання, і регулюванням потужності дози. Приводить до різного розподілу дози на різні частини пухлини. VMAT є більш точним порівняно з IMRT.
5. Стереотаксична радіотерапія (SBR). Використовується для лікування пухлин черепа. Забезпечує високу дозу на фракцію в одній або кількох фракціях. Доза радіації доставляється безпосередньо до пухлини, зберігаючи прилеглі здорові тканини

**Висновки.** Променева терапія є важливим компонентом лікування злоякісних пухлин.

Сучасний розвиток техніки та програмного забезпечення дозволяє здійснювати опромінення точними високими дозами ракових клітин, мінімізуючи шкоду органам ризику та здоровим тканинам.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Dainiak N. Hematologic consequences of exposure to ionizing radiation. *Experimental Hematology*. Volume 30, Issue 6, June 2002, Pages 513-528. [https://doi.org/10.1016/S0301-472X\(02\)00802-0](https://doi.org/10.1016/S0301-472X(02)00802-0).
2. R. Prasad Srivastava, B. Jha, H. Prasad Lamichhane, and G. Prasiko, Modern Radiotherapy Techniques for Breast Cancer Treatment. *Radiation Oncology*. IntechOpen, Jul. 20, 2022. doi: 10.5772/intechopen.101700.
3. Chargari C, Deutsch E, Blanchard P, Gouy S, Martelli H, Guérin F, Dumas I, Bossi A, Morice P, Viswanathan AN, Haie-Meder C. Brachytherapy: An overview for clinicians. *CA Cancer J Clin*. 2019 Sep;69(5):386-401. doi: 10.3322/caac.21578.
4. Koka K, Verma A, Dwarakanath BS, Papineni RVL. Technological Advancements in External Beam Radiation Therapy (EBRT): An Indispensable Tool for Cancer Treatment. *Cancer Manag Res*. 2022 Apr 11;14:1421-1429. doi: 10.2147/CMAR.S351744.

## ОБРОБКА МЕДИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ ЗА ДОПОМОГОЮ ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

С.К. САПОЖНИКОВ; Л.С. ЯСЕНКО  
*Державний науково-дослідний інститут  
випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки  
serafimsaposhnikow@gmail.com*

На даний момент розвиток засобів обробки зображень розширяє можливості їх застосування, у тому числі в медичній сфері. Швидкість обробки зображень за допомогою штучних нейронних мереж та достовірність отриманих результатів дають можливість використовувати їх для попередньої обробки та аналізу даних, отриманих за допомогою комп'ютерної томографії (КТ), магнітно-резонансної томографії (МРТ), позитрон-емісійної томографії (ПЕТ) тощо.

Підвищення якості медичного обслуговування напряму пов'язане з якістю проведеного аналізу стану пацієнту. Однак збільшення кількості аналізів що проводяться збільшує навантаження на медичний персонал. Застосування штучних нейронних мереж для попередньої обробки даних аналізів може допомогти в зниженні навантаження на медичний персонал, а також збільшенні вірогідності раннього виявлення захворювань.

Основними задачами штучних нейронних мереж можуть стати: попередня обробка зображень з метою впізнавання та виділення маркерів конкретних захворювань; прогнозування розвитку захворювань на основі комплексної оцінки медичних зображень.

На даний момент однією з основних задач, що потребує вирішення для подальшого застосування штучних нейронних мереж в медичній практиці є створення баз даних цифрових медичних зображень. Такі бази даних є необхідним пулом інформації для тренування нейронних мереж.

Отже, штучні нейронні мережі можуть стати наступним словом в розвитку медичного обслуговування. Перевагами їх застосування можуть бути зниження навантаження на медичний персонал, підвищення якості прогнозування розвитку захворювань, покращення раннього попередження про можливий розвиток захворювання. Основною задачею на даний момент є створення бази даних медичних зображень, пристосованої для навчання штучних нейронних мереж певного типу.

## РОЛЬ АЛГОРИТМІВ ГЛИБОКОГО НАВЧАННЯ В ДІАГНОСТИЦІ СТОМАТОЛОГІЧНИХ ЗАХВОРЮВАНЬ НА ОСНОВІ ПАНОРАМНИХ РАДІОГРАФІЙ

Михайло ХОМЯКОВ, Юрій ГУНЧЕНКО,  
Одеський національний морський університет  
*Painkop@gmail.com*

Панорамні рентгенівські знімки є невід'ємною частиною сучасної стоматологічної діагностики, надаючи цінну інформацію про стан зубів, кісток щелепи та прилеглих тканин пацієнта. Ці знімки дозволяють медичним працівникам виявляти різноманітні патології, від карієсу до захворювань пародонту, а також планувати втручання, такі як встановлення імплантатів або ортодонтичне лікування, з великою точністю. Традиційно, інтерпретація таких знімків вимагає високої кваліфікації та досвіду від стоматологів та радіологів, адже правильне розуміння зображень вимагає глибоких знань анатомії людини та специфіки можливих захворювань.

Утім, незважаючи на значний досвід та експертизу фахівців, процес аналізу панорамних рентгенівських знімків часто є часомістким та піддається суб'єктивному впливу, що може призводити до розбіжностей у діагностичних висновках. Це особливо стає важливим у складних випадках, де необхідно визначити тонкі патологічні зміни або оцінити ступінь розвитку захворювань [1-2]. Відтак, пошук шляхів для оптимізації та підвищення об'єктивності діагностичного процесу є важливим напрямком сьогодення.

Впровадження технологій глибокого навчання у процес аналізу рентгенівських знімків відкриває нові горизонти для підвищення якості та ефективності стоматологічної діагностики. Алгоритми глибокого навчання здатні автоматично виявляти складні патерни та взаємозв'язки в зображеннях, що дозволяє ідентифікувати патологічні стани з високою точністю, часто перевищуючи можливості людського ока. Це не тільки спрощує процес аналізу знімків, але й зменшує вплив людського фактору на діагностичне рішення, забезпечуючи більшу стабільність та відтворюваність результатів [3-6].

Таким чином, інтеграція алгоритмів глибокого навчання у стоматологічну практику може суттєво покращити якість діагностичного процесу, роблячи його більш швидким, точним та доступним для ширшого кола пацієнтів. Це, в свою чергу, може позитивно вплинути на якість лікування та його результати, забезпечуючи більш ефективне та своєчасне втручання.

**Мета дослідження.** Огляд сучасних досліджень, присвячених вивченню застосування штучного інтелекту в задачах ідентифікації зубів на панорамних рентгенограмах.

### **Матеріали і методи дослідження.**

Дослідження було проведено за наступним дизайном: літературний пошук з використанням електронних баз даних PubMed, Google Scholar, Web of Science, Scopus для пошуку публікацій, пов'язаних з застосуванням штучного інтелекту в задачах ідентифікації зубів на панорамних рентгенограмах. За пошуковими термінами: «Artificial intelligence», «Deep learning», «Dentistry», «Orthopantomography». Період публікацій за останні 10 років. Була проведена перевірка за назвою, резюме та основним повним текстом публікації на релевантність запиту, яким було лікування переломів нижньої щелепи у дітей. Дослідження без повного тексту, та які не відповідали запиту були виключені.

**Результати та їх обговорення.** Алгоритми глибокого навчання (DL), що є розвиненою гілкою машинного навчання (ML), швидко зарекомендували себе як важливий інструмент у сфері медичних досліджень, завоювавши визнання завдяки своїй здібності ефективно обробляти, аналізувати та витягувати значущу інформацію з величезних наборів даних [1, 2, 4, 6, 7]. Ця здатність особливо цінується в контексті медицини, де обсяги зібраних даних зростають експоненційно. На відміну від традиційних моделей ML, що вимагають детального

ручного визначення та анотації характеристик перед навчанням, DL-моделі демонструють здатність самостійно «вчитися» із сирих даних. Вони автоматично ідентифікують складні патерни та взаємозв'язки без необхідності прямого втручання людини, що робить процес навчання більш ефективним та менш трудомістким. Така властивість DL робить їх ідеально придатними для складних завдань обробки та інтерпретації медичних зображень, де глибокий і всебічний аналіз даних може виявити нові інсайти та покращити точність діагностичних висновків [8-11].

У стоматологічній сфері, застосування DL вже показало вражаючі результати у аналізі панорамних радіографічних знімків, сприяючи ідентифікації та діагностиці широкого спектру станів, включаючи карієс, захворювання пародонта, аномалії розвитку, а також оцінці стану кісткової тканини [12-14]. Завдання ідентифікації зубів на радіографіях є особливо важливим, адже точне розпізнавання та класифікація кожного зуба є критичним елементом для точної діагностики та ефективного планування лікування [15-18].

Деякі дослідження виконували завдання ідентифікації зубів за допомогою виявлення об'єктів на основі DL [4-6]. Інші використовували DL для семантичної сегментації або сегментації екземплярів для ідентифікації зубів. Крім того, у двох дослідженнях на додаток до ідентифікації зубів виконували додаткову задачу нумерації зубів [6, 15]. Була помічена велика варіація в наборах даних, які використовували включені дослідження [6]. При цьому лише у декількох дослідженнях були вказані дані про лікарів-рентгенологів/експертів з оральної рентгенології [2, 3, 5, 6].

Пропускна здатність, економічність та ефективність моделей все ще не дуже добре вивчені, а їх вплив на загальну прийнятність у клінічній практиці потребує подальшого вивчення. Тим не менш ми сподіваємося, що недоліки DL будуть усунені у наших майбутніх дослідженнях. Враховуючи складність анатомії зубів, їх різноманітність за формою та розміром, а також часте перекриття анатомічних меж на радіографічних знімках, розробка та налагодження високоефективних DL-моделей, які можуть з високою точністю ідентифікувати зуби, стає складним завданням. Цей виклик вимагає не лише глибокого розуміння медичної анатомії та стоматологічних патологій, але й передових знань у галузі комп'ютерних наук, алгоритмів обробки зображень та технологій глибокого навчання, що разом сприяють створенню інноваційних рішень для підвищення якості медичної допомоги.

### **Висновки:**

1. Розробка високоефективних моделей глибокого навчання для ідентифікації та діагностики стоматологічних станів стикається зі складнощами, пов'язаними з великою варіативністю анатомії зубів та частим перекриттям анатомічних меж. Тим не менш, інтеграція передових знань з медицини, комп'ютерних наук та технологій глибокого навчання відкриває шляхи до подолання цих викликів і створення нових інноваційних рішень для підвищення якості діагностики.
2. Для майбутніх досліджень необхідно розробити стандартизовану методологію і заздалегідь визначені показники ефективності, щоб підвищити загальну надійність і узагальненість алгоритмів глибокого навчання для діагностичних цілей.
3. Існує потреба в подальших дослідженнях для усунення недоліків існуючих моделей та вивчення їх економічності, ефективності та прийнятності у клінічній практиці. Це включає оцінку впливу алгоритмів глибокого навчання на прийняття клінічних рішень.
4. Необхідно розробити стратегії для створення наборів даних штучного інтелекту, які належним чином збираються, куруються і стають доступними для дослідників у всьому світі, систематично, безпечно і етично.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. C. Kuwada, Y. Ariji, M. Fukuda, Y. Kise, H. Fujita, et al., "Deep learning systems for detecting and classifying the presence of impacted supernumerary teeth in the maxillary incisor region on panoramic radiographs," *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*, vol. 130, pp. 464-469, 2020. doi: 10.1016/j.oooo.2020.04.813.
2. J. H. Lee, S. S. Han, Y. H. Kim, C. Lee, and I. Kim, "Application of a fully deep convolutional neural network to the automation of tooth segmentation on panoramic radiographs," *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*, vol. 129, pp. 635-642, 2020. doi: 10.1016/j.oooo.2019.11.007.
3. F. Leite, A. V. Gerven, H. Willems, T. Beznik, P. Lahoud, et al., "Artificial intelligence-driven novel tool for tooth detection and segmentation on panoramic radiographs," *Clin Oral Investig*, vol. 25, pp. 2257-2267, 2021. doi: 10.1007/s00784-020-03544-6.
4. F. P. Mahdi, K. Motoki, and S. Kobashi, "Optimization technique combined with deep learning method for teeth recognition in dental panoramic radiographs," *Sci Rep*, vol. 10(1), 19261, 2020. doi: 10.1038/s41598-020-75887-9.
5. C. Muramatsu, T. Morishita, R. Takahashi, T. Hayashi, W. Nishiyama, et al., "Tooth detection and classification on panoramic radiographs for automatic dental chart filing: improved classification by multi-sized input data," *Oral Radiol*, vol. 37, pp. 13-19, 2021. doi: 10.1007/s11282-019-00418-w.
6. F. Umer, S. Habib, and N. Adnan, "Application of deep learning in teeth identification tasks on panoramic radiographs," *Dentomaxillofac Radiol*, vol. 51(5), 20210504, 2022. doi: 10.1259/dmfr.20210504.
7. N. Adnan and F. Umer, "Understanding deep learning—challenges and prospects," *J. Pak Med Assoc*, vol. 72, pp. 59-63, 2022. doi: 10.47391/JPMA.AKU-12.
8. Y. W. Chen, K. Stanley, and W. Att, "Artificial intelligence in dentistry: current applications and future perspectives," *Quintessence Int*, vol. 51, pp. 248-257, 2020. doi: 10.3290/j.qi.a43952.
9. M. Chung, J. Lee, S. Park, M. Lee, C. E. Lee, et al., "Individual tooth detection and identification from dental panoramic x-ray images via point-wise localization and distance regularization," *Artif Intell Med*, vol. 111, 101996, 2021. doi: 10.1016/j.artmed.2020.101996.
10. S. Habib and F. Umer, "Comments on 'artificial intelligence applications in restorative dentistry: a systematic review,'" *J. Prosthet Dent*, vol. 127, pp. 196-197, 2022. doi: 10.1016/j.prosdent.2021.08.003.
11. J. Howard, "Artificial intelligence: implications for the future of work," *Am. J. Ind. Med*, vol. 62, pp. 917-926, 2019. doi: 10.1002/ajim.23037.
12. H. Mahmood, M. Shaban, B. I. Indave, A. R. Santos-Silva, N. Rajpoot, et al., "Use of artificial intelligence in diagnosis of head and neck precancerous and cancerous lesions: a systematic review," *Oral Oncol*, vol. 110, 104885, 2020. doi: 10.1016/j.oraloncology.2020.104885.
13. Y. J. Qu, Z. R. Yang, F. Sun, and S. Y. Zhan, "Risk on bias assessment: (6) a revised tool for the quality assessment on diagnostic accuracy studies (quadas-2)," *Zhonghua Liu Xing Bing Xue Za Zhi*, vol. 39, pp. 524-531, 2018. doi: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2018.04.028.
14. T. Shan, F. R. Tay, and L. Gu, "Application of artificial intelligence in dentistry," *J Dent Res*, vol. 100, pp. 232-244, 2021. doi: 10.1177/0022034520969115.
15. G. Silva, L. Oliveira, and M. Pithon, "Automatic segmenting teeth in x-ray images: trends, a novel data set, benchmarking and future perspectives," *Expert Systems with Applications*, vol. 107, pp. 15-31, 2018. doi: 10.1016/j.eswa.2018.04.001.

16. F. Umer and S. Habib, "Critical analysis of artificial intelligence in endodontics: A scoping review," *J Endod*, vol. 48, pp. 152-160, 2022. doi: 10.1016/j.joen.2021.11.007.
17. F. H. Wagner, R. Dalagnol, Y. Tarabalka, T. Y. Segantine, R. Thomé, et al., "U-net-id, an instance segmentation model for building extraction from satellite images—case study in the joanópolis city, brazil," *Remote Sensing*, vol. 12, 1544, 2020. doi: 10.3390/rs12101544.
18. P. F. Whiting, M. E. Weswood, A. W. S. Rutjes, J. B. Reitsma, P. N. M. Bossuyt, et al., "Evaluation of quadas, a tool for the quality assessment of diagnostic accuracy studies," *BMC Med Res Methodol*, vol. 6, 9, 2006. doi: 10.1186/1471-2288-6-9.

## ОЦІНКА ШВИДКОЇ ЗАРЯДКИ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ ВЗДОВЖ АВТОМАГІСТРАЛЕЙ ЗА ДОПОМОГОЮ МОДЕЛЮВАННЯ СКІНЧЕНОЇ БАГАТОСЕРВЕРНОЇ СИСТЕМИ МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ

Марія ФОРКАЛЮК Олег БІСІКАЛО  
*Вінницький національний технічний університет*  
*forkmasha100@gmail.com*

### **Анотація**

Інфраструктура швидкої зарядки вздовж автомагістралей необхідна для полегшення переходу на електромобілі. У цьому дослідженні описано підхід до імітаційного моделювання на основі моделі черг для оцінки станцій швидкої зарядки, обладнаних кількома зарядними пунктами. Результати дають змогу спрогнозувати сукупний попит на електроенергію для кожного майданчика та продуктивність зарядки для майбутніх навантажень від електромобілів. Отримані дані щодо очікуваного часу очікування та потреб у потужності слугують для планування, зокрема визначення розмірів, майбутніх зарядних станцій вздовж автомагістралей.

**Ключові слова:** швидка зарядка, розумна зарядка, статистична оцінка, зарядка вздовж автомагістралей, моделювання на основі подій

### **Abstract**

Fast-charging infrastructure along motorways is required to ease the shift towards electric vehicles (EVs). This study outlines a queueing model-based simulation approach to evaluate fast charging sites, equipped with multiple charging points. The results enable the prediction of the aggregated power demand per site and the charging performance for future EV traffic loads. Critical insights into expectable waiting times and power requirements are gained and serve the planning, in particular the dimensioning, of future charging sites along motorways.

**Keywords:** fast charging, smart charging, statistical evaluation, charging along motorways, event-based simulation.

### **Вступ**

Для зменшення наслідків зміни клімату, перехід на електромобілі видається невідворотним кроком для суттєвого скорочення викидів парникових газів у транспортному секторі [1]. Подолання обмежень дальності поточних технологій електромобілів та відносно повільної підзарядки за допомогою більших і швидших акумуляторів, мабуть, не є ні ефективним, ні раціональним, адже для більшості поїздок надлишкова вага та вартість є непотрібними. Проте для подорожей на довші відстані заряджання має бути інтегроване в планування подорожей. Для забезпечення надійності потрібна надійна та доступна інфраструктура зарядних станцій, особливо вздовж автомагістралей, щоб гарантувати, що поїздки залишатимуться зручними та ефективними в часі, а також зменшити поширену серед користувачів, які не користуються електромобілями, тривогу щодо дальності пробігу.

Існуюча література здебільшого охоплює розгортання розподіленої інфраструктури зарядки змінного струму в житлових районах. [2, 3]. Результати досліджень щодо інтеграції швидких зарядок для поїздок на далекі відстані вздовж автомагістралей, де вони найбільш потрібні, майже не зустрічаються. Однак компанії планують станції для підзарядки з мегаватними потребами в доступі до електромережі. Виникає питання, чи справді необхідне розширення електромереж, які це спричиняють, або ж можливо розумне заряджання може значно зменшити потребу в доступі до електромережі? Відповідь на це питання значною мірою залежить від фактичної динаміки швидкої зарядки електромобілів [4]. На додаток до



технічних та економічних викликів, пов'язаних зі встановленням та експлуатацією інфраструктури, слід також враховувати подальший вплив на електромережу [5].

Розроблена імітаційна модель намагається заповнити існуючу прогалину в дослідженнях, дозволяючи користувачеві прогнозувати попит на швидкісну зарядку вздовж автомагістралей та її ефективність. Вона фокусується на таких ключових параметрах, як сукупний попит на електроенергію та очікувана продуктивність зарядки, а також очікуваний час очікування та потреба в паралельних зарядних пристроях (пунктах зарядки). Розрахований очікуваний час очікування, наприклад, використовується для багатоцільового оптимізатора розподілу електромобілів, розробленого в рамках науково-дослідного проекту eAlloc [6], щоб врахувати загальне бажання водіїв електромобілів не чекати на підзарядку. Представлене дослідження має на меті поглибити сучасне розуміння вимог до інфраструктури швидкої зарядки електромобілів і сприяти створенню більш ефективних і зручних для користувача рішень для зарядки та супутніх послуг, що сприятимуть широкому впровадженню електромобілів.

Мета дослідження - (а) розглянути динамічний попит на електроенергію для швидкої зарядки, (б) змодельовати зарядні майданчики, що пропонують багато паралельно працюючих зарядних станцій, і (в) зручно візуалізувати статистичні результати таким чином, щоб характеристики різних конфігурацій зарядних майданчиків і вимоги до доступу до електромережі стали зрозумілими і чітко вираженими. Результати показують попит на кількість точок зарядки на зарядних майданчиках уздовж автомагістралей і очікуваний попит на електроенергію для будь-якого майбутнього навантаження на електромобілі. Таким чином, підтримується стратегічне планування розвитку інфраструктури електромобілів, а зацікавлені сторони можуть приймати обґрунтовані рішення щодо розгортання розширень зарядної інфраструктури для задоволення майбутніх потреб.

#### Модельовання скінченної багатосерверної системи масового обслуговування

Розроблена симуляція за допомогою мови програмування Java, моделює зарядні станції як скінченну багатосерверну систему масового обслуговування [7, 8], як показано на рисунку 1. Конфігурацію майданчика визначають виділена кількість зарядних пунктів та обмежений простір для очікування.

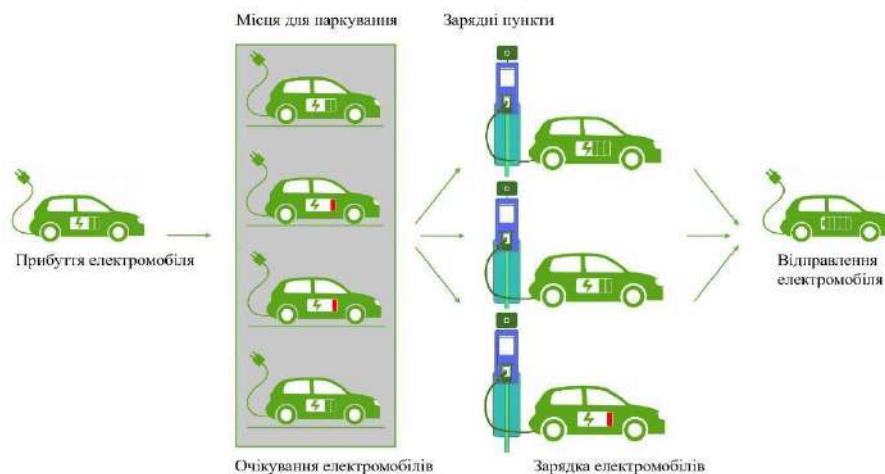


Рисунок 1. Скінченна багатосерверна система масового обслуговування, що моделює зарядну станцію з трьома зарядними пунктами та місцем очікування для чотирьох електромобілів

Припускається, що електромобілі прибувають з від'ємно-експоненціальним розподілом часу між прибуттями, що моделює незалежні прибуття транспортних засобів до місця зарядки. Для процесу зарядки (часу обслуговування) ми припускаємо, що він розподілений за законом Ерланга-2, враховуючи типову схожість часу зарядки, що є результатом більш швидкої

зарядки більших батарей. Попит на зарядку вважається бета-розподілим між 0% і 100% ємності батареї, припускаючи, що середній стан заряду, коли електромобілі прибувають на зарядну станцію, становить від 10% до 30%. Різні розподіли показані на Рисунку 2.



Рисунок 2. Випадкові розподіли, що характеризують прибуття електромобілів, запланований час заряджання та попит на заряджання

Розподіл часу обслуговування не є безпам'ятним, і тому ми не можемо розв'язати систему черг аналітично. Виходячи з цього для оцінки динамічної взаємодії між продуктивністю зарядки та розумною зарядкою на зарядному майданчику використовується моделювання на основі подій. Це передбачає розгляд кривої швидкої зарядки електромобілів, яка не є постійною, зокрема, коли рівень заряду батареї піднімається вище 80%. Ключові показники індивідуальної зарядки та сукупного навантаження на електромережу фіксуються, аналізуються та візуалізуються, щоб виявити ефективність роботи зарядного майданчика, як показано в результатах, представлених нижче.

### Результати дослідження

Зафіксовані зразки продуктивності статистично аналізуються та візуалізуються, щоб визначити ефективність та результативність різних конфігурацій зарядних майданчиків. Для водіїв електромобілів першочергове значення має час очікування та сума, яку вони сплатили за запланований час заряджання. Для оператора зарядного майданчика та оператора прилеглої розподільчої мережі першочергове значення має сукупне навантаження та ефективність обмеження пікової потужності, що забезпечується динамічним обмеженням навантаження, яке реалізується за допомогою розумної зарядки. На Рисунку 3 порівнюються показники часу очікування для двох зарядних майданчиків з різною конфігурацією.

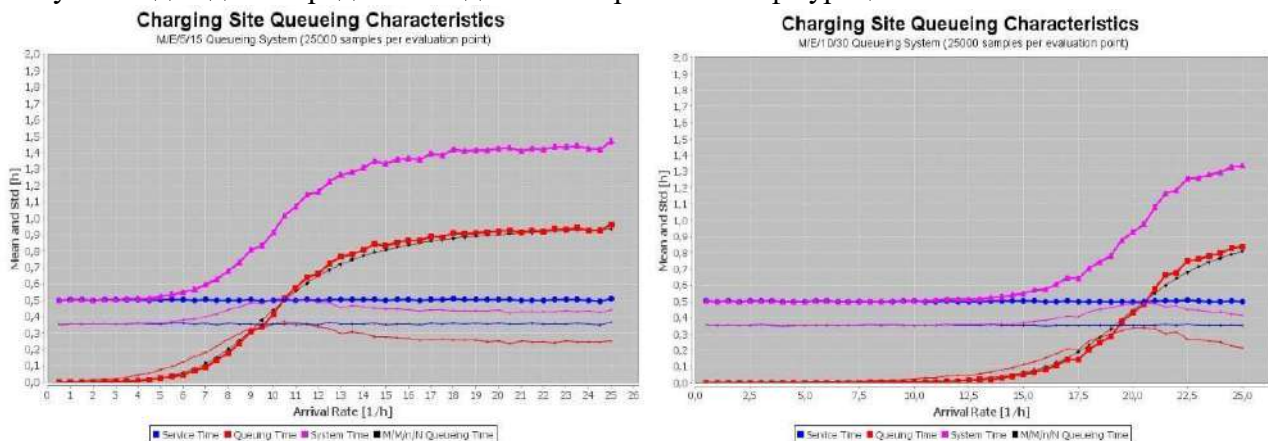


Рисунок 3. Час очікування зі збільшенням швидкості прибуття електромобілів для двох зразків конфігурацій зарядних майданчиків

Зарядний майданчик, показаний зліва, має п'ять зарядних пунктів і десять місць для очікування, майданчик праворуч - десять зарядних пунктів і двадцять місць для очікування, тобто вдвічі більший за розміром. Як наслідок, майданчик, показаний зліва, стає перевантаженим при швидкості прибуття десять електромобілів на годину, тоді як майданчик праворуч залишається некритичним при швидкості прибуття до двадцяти електромобілів на годину.

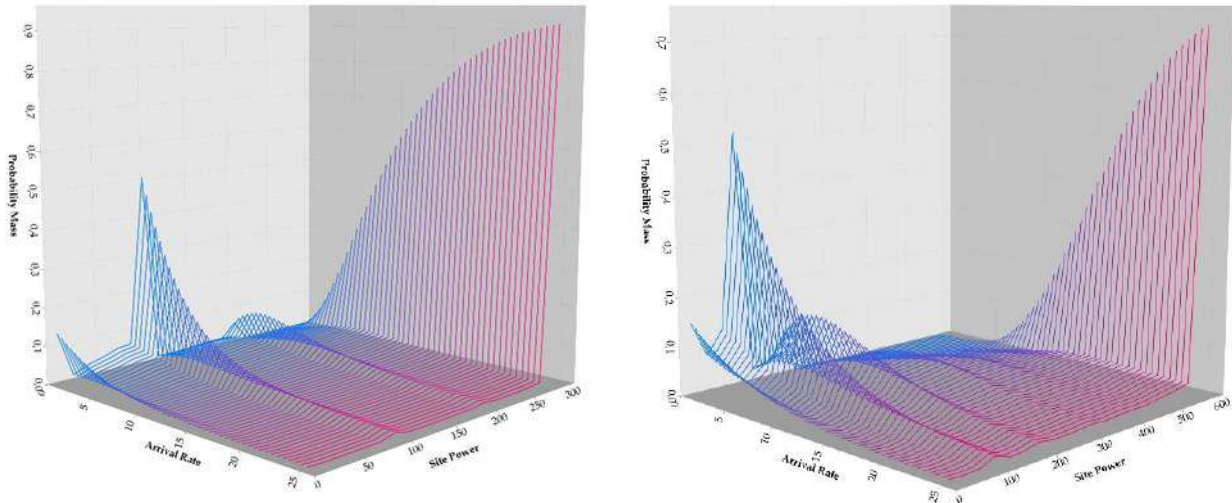


Рисунок 4. Гістограми залежності попиту на електроенергію від частоти прибуття для двох зразків конфігурацій зарядних майданчиків

На рисунку 4 показано зміну попиту на потужність станції зі збільшенням швидкості прибуття електромобілів. Зокрема, ми бачимо коливання, спричинені максимальною потужністю, яку пропонують зарядні пункти, а саме 100 кВт кожна; самі електромобілі могли б заряджатися з вищою потужністю. Проте, максимальна потужність станції, яка для п'яти зарядних пунктів обмежена 300 кВт (з лівого боку) та 600 кВт для десяти зарядних пунктів (з правого боку), у обох випадках є обмежувальним фактором і призводить до зниження швидкості зарядки, якщо зарядна станція використовується інтенсивно.

Якщо ми налаштуємо зарядний майданчик з п'ятьма зарядними пунктами потужністю 150 кВт кожен та встановимо максимальну потужність майданчика на рівні 500 кВт, а також розглянемо більш різноманітне поєднання типів електромобілів, включаючи 30% гібридних електромобілів, які не можуть використовувати швидку зарядку, тобто обмежені максимальною потужністю зарядки 22 кВт, ми побачимо на Рисунку 5, що межа потужності майданчика навряд чи буде досягнута, навіть якщо п'ять разів по 150 кВт перевищить межу потужності майданчика. Цей приклад демонструє хорошу конфігурацію майданчика, де продуктивність і зусилля краще збалансовані.

Аналізуючи різноманітні показники продуктивності різних конфігурацій зарядних майданчиків, можна виявити потенційні вузькі місця та напрямки для вдосконалення інфраструктури зарядки електромобілів. Візуалізація ключових статистичних показників, таких як середнє значення, стандартне відхилення та довірчі інтервали, використовується для надання комплексного уявлення про продуктивність системи при збільшенні транспортного навантаження.

## XYZ Chart

Chart description

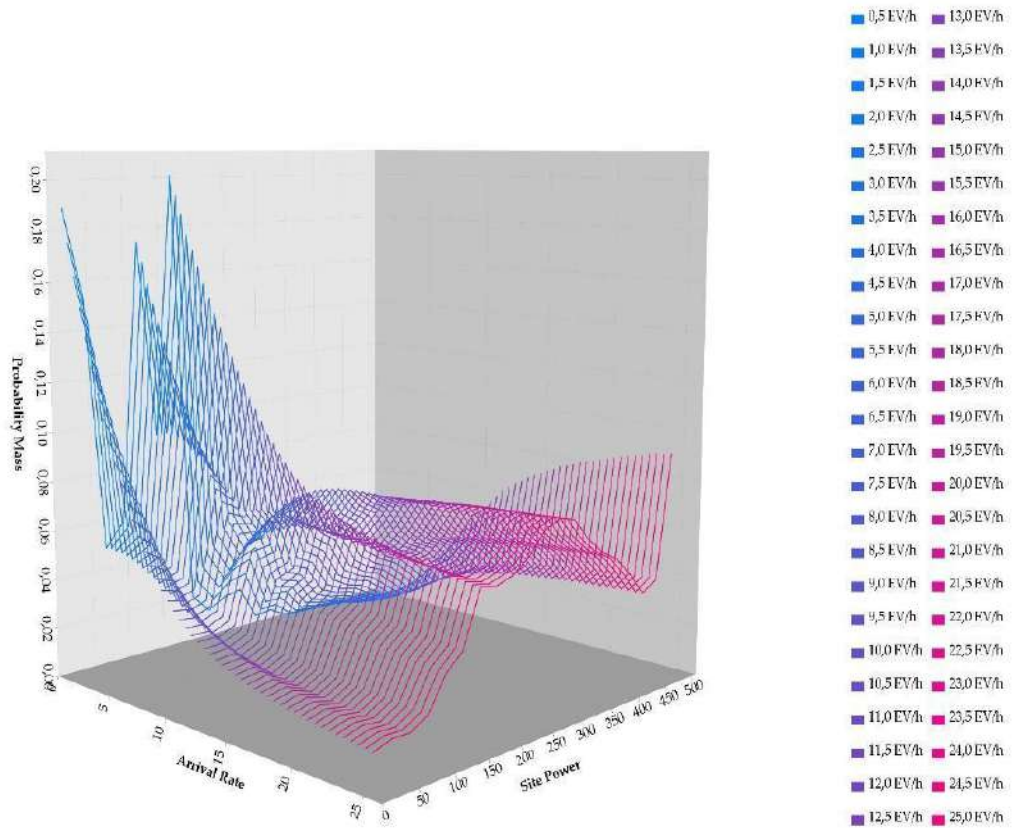


Рисунок 5. Гістограма залежності потужності майданчика від швидкості прибуття електромобілів для добре сконфігурованого зарядного майданчика

### Висновок

Представлений підхід демонструє комплексний інструмент для кращого розуміння майбутніх потреб і проблем продуктивності зарядних станцій для електромобілів уздовж автомагістралей. Імітаційне моделювання на основі подій кінцевої багатосерверної системи масового обслуговування, що моделює зарядну станцію, дає ретельний статистичний аналіз та високоякісну візуалізацію продуктивності станції. Розроблений інструмент дозволяє проводити подальші дослідження, які дають цінну інформацію про динаміку інтелектуальної швидкої зарядки, оскільки вона, ймовірно, буде необхідна вздовж автомагістралей у найближчому майбутньому, коли мобільність в основному базуватиметься на електричних транспортних засобах. Отримані результати підкреслюють важливість належного планування та інвестицій в інфраструктуру зарядних станцій для зручного розміщення очікуваної електрифікації сектору мобільності.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Tang C., Tukker A., Sprecher B., Mogollón J.M., Assessing the European Electric-Mobility Transition: Emissions from Electric Vehicle Manufacturing and Use in Relation to the EU Greenhouse Gas Emission Targets, *Environmental Science & Technology*, vol. 57, no. 1, pp 44-52, 2023, DOI: 10.1021/acs.est.2c06304.

2. Huang Q., Yang L., Hou C., Zeng Z., Qi Y., "Event-Based EV Charging Scheduling in a Microgrid of Buildings," in IEEE Transactions on Transportation Electrification, vol. 9, no. 1, pp. 1784-1796, 2023, DOI: 10.1109/TTE.2022.3201084.
3. Jansson D., Niklasson N., Dimensioning of Charging Infrastructure Using Model-Based Systems Engineering, Dissertation, KTH, Stockholm, Sweden, 2022, retrieved from <https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:kth:diva-325912>.
4. Witt A., Determination of the Number of Required Charging Stations on a German Motorway Based on Real Traffic Data and Discrete Event-Based Simulation, LOGI – Scientific Journal on Transport and Logistics, vol. 14, no. 1, 2023, DOI: 10.2478/logi-2023-0001.
5. Lee Z.J., Sharma S., Johansson D., Low S.H., ACN-Sim: An Open-Source Simulator for Data-Driven Electric Vehicle Charging Research, 2019 IEEE International Conference on Communications, Control, and Computing Technologies for Smart Grids (SmartGridComm), Beijing, China, 2019, pp. 1-6, DOI: 10.1109/SmartGridComm.2019.8909765.
6. eAlloc, "Dynamically Optimizing the Allocation of e-cars to Charging Sites", Austrian Climate and Energy Fund (KLIEN), 3rd call Zero Emission Mobility, <https://projekte.ffg.at/projekt/4031006>, accessed: 2023-03-14.
7. Kleinrock L., "Queuing Systems, Volume I: Theory", John Wiley, 1975.
8. Kleinrock L., Gail R., "Queueing systems: problems and solutions", John Wiley, 1996.

## ПОБУДОВА МІНІМАЛЬНИХ ЕЛЕКТРОННИХ СТРУКТУР КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИХ СИСТЕМ

<sup>1</sup>Олександр ТРУНОВ

*<sup>1</sup>Чорноморський національний університет ім. Петра Могили  
trunovalexandr@gmail.com*

### Вступ

Розвиток мобільних кіберфізичних систем, що реалізують ідею безлюдних технологій потребує наявності блоку взаємодії із зовнішнім середовищем та синтезу результатів аналізу шляхом застосування мобільного додатку. У зв'язку з цим задача максимізації якості або задача мінімізації структури при заданій якості, встає перед проєктантами. Так, приклад її постановки і розв'язку, як задачі динамічного програмування [1] запропоновано у роботі [2]. Однак як свідчить аналіз робіт, що описують структуру перспективних систем спостереження та моніторингу різного призначення стверджується, що якість роботи комп'ютеризованої системи (КС) росте при збільшенні кількості датчиків та застосуванні принципу дублювання [2-3]. Однак, аналіз робіт [4-7] приводить до висновку, що це твердження знаходиться у протиріччі із потребою і тенденцією загальної мінімізації таких систем Hacks – Electronic and IoT Kits [4]. Також для інших пристроїв керування рухом, що побудовані на базі Arduino та Raspberry Pi спостерігається аналогічна картина [8-9]. Тенденція мінімізації загальної структури простежується за описами і у інших застосуваннях, як для загального моніторингу, так і у відновлювальній медицині [3,11]. У зв'язку з цим виникає необхідність постановки задачі аналітичного знаходження мінімальної структури КС.

### Аналіз останніх робіт

Одним із прикладів спроб, що віддзеркалюють пошуки принципів оптимального проєктування розподілених інформаційних систем є робота [5]. Головною її ідеєю є пошук технологічних основ роботи системи та спроби на їх основі відображати та аналізувати перебіг процесів. Так на основі епюр собівартості циклів руху даних пропонується подати процеси, що віддзеркалюватимуть низько ефективні ланки для подальшого удосконалення [5]. Пошуки параметрів, кількісних характеристик та законів максимального прибутку, якості, собівартості разом із введенням образних представлень утворюють методологію побудови моделей руху даних та кількісного аналізу [6]. Однак аналіз блок-схем разом із алгоритмом руху даних та застосуванням різних мір, способів класифікації та аналізу структур різного призначення проводить порівняння, але не ставить задачу оптимального пошуку складу структури [7].

Неменше важливою є робота з інтелектуального діагностування, що найчастіше використовуються в КС керування мобільними та автономними об'єктами [8]. Вона є прикладом пошуків шляхів удосконалення архітектури вбудованої системи, яка містить базу знань. Робота [8] розглядає ефективність інтелектуального діагностування шляхом машинного навчання, що дає можливість покращити якість діагностуючої, а не КС. У основу функціонування покладено різноманітні приклади різних джерел, однак постановка задачі удосконалення системи не ставиться. Розгляд структури КС на рівні низових обчислювальних мереж подано у роботі [9]. Класифікація типів та архітектури, обчислення показників продуктивності і ефективності КС дозволяє кількісно оцінювати систему, але задача її оптимальної будови не ставиться [10]. Таким чином проаналізований перелік робіт [5-10] утворив передумови для аналізу і обчислення статичних характеристик елементів і на їх основі

функціональних показників КС. Однак аналітична постановка і розв'язок задачі про оптимальну структуру КС не ставилась і є не розв'язаною проблемою.

Головною не розв'язаною проблемою є визначення і корекція структури КС відповідно до потреб мінімальної структури при заданій якості або максимальної якості для заданої функціональності.

Мета та задачі дослідження

Метою роботи є вдосконалення аналізу складу і структури КС шляхом постановки та розв'язку задач визначення мінімальної структури за групою показників при заданій якості або максимальної якості для заданої функціональності. Для досягнення цієї мети було поставлено наступні задачі:

Сформуувати цільову функцію та обмеження для задачі пошуку мінімальної структури КС.

Задача про мінімальну структуру або прмаксимальну якість компю'теризованої системи

1. Постановка задачі формування мінімальної структури КС.

Було розглянуто КС моніторингу до складу якої входять як модулі датчиків так і окремі датчики. До складу окремого датчика входять чутливий елемент, блок-підсилювач так і узгоджувач рівня для аналогового, або цифрового сигналу. За цих умов жорсткого функціонального зв'язку, кількість блоків підсилювання і приведення не може бути меншою за кількість чутливих елементів. Таким чином, мінімізація структури в цілому можлива, як за рахунок зменшення кількості чутливих елементів, так і кількості однокристальних контролерів. Як початкове наближення було представлено блок-схему (рис. 1), що утворено із функціональних блоків у максимальному варіанті із  $N$  рядків. Далі було покладено, що початковий склад рядка містить повний перелік функціональних блоків  $M$ . При прийнятих припущеннях та твердженнях, кількість рядків дорівнює максимальній кількості чутливих елементів  $N$ .

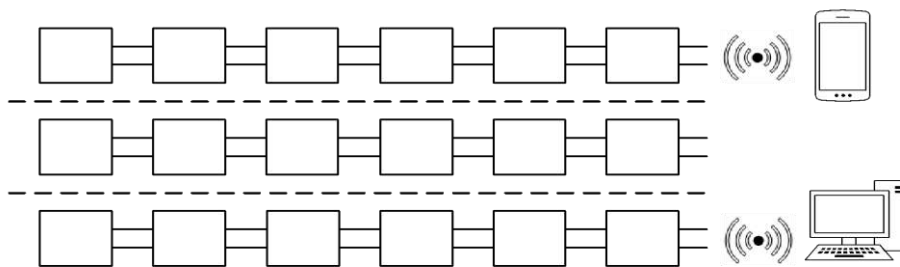


Рисунок 1 – Блок-схема КС визначення прискорення з максимальною структурою

Кожен з рядків містить функціональні блоки, які реалізують повний перелік  $M$  функцій: часової фіксації прискорення, попередньої обробки та передачі даних про сигнал до смартфона. Зазначимо, що кількість цих функцій не обмежена, але зліченна множина. Кожен із блоків цієї множини може мати або одну або декілька функцій. Так, блок 1 перетворює прискорення руху в чутливому елементі у електричний сигнал – одна функція. Блок 2 його підсилює, у блоці 3 сигнал приводиться до вимог аналогово-цифрового перетворювача контролера – блок 4. Всі ці чотири блоки мають по одній функції. Далі сигнал обробляється і передається блоком 5 (дві функції) до блоку 6 (каналу передачі), до робочої станції 7 (одна функція) або до смартфона 8. Ідея представлення початкового стану системи у процесі

проектування на першому етапі блок-схемою максимально можливої структури (рис. 1), запропонована у роботі [11]. Така структура та опис кожного її елементу, властивості якого задано функціями кількісного або якісного виміру, утворює логічно функціональну модель (тобто модель у якій опис структури, зв'язків також доповнено операндами, умовами і логічними операціями над операндами, що представляють алгоритм висновків і зв'язують вхідні та вихідні змінні). Таке представлення зводить задачу на першому етапі проектування до задачі динамічного програмування з відомим початком. Логічне відсікання гілок далі тільки спрощує пошук розв'язку задачі. Також, якщо функції обрано унормованими або унормовано, то задачу пошуку мінімальної структури зведено до задачі динамічного програмування з обмеженнями нерівностями [1, 11].

На основі сформульованих гіпотез та припущень, що було висунуто, для розв'язку задачі застосовано поняття якості. Далі під якістю будемо розуміти: відповідність вимогам споживача за означеним переліком у тому числі з надійності і довговічності. Як кількісний показник її визначено комплексним методом за стандартом, шляхом зіставлення корисного ефекту від споживання у порівнянні з еталоном. На підставі сказаного сформуємо цільову функцію цієї задачі як адитивну із функцій однієї змінної, яка визначає одну із властивостей (одну або декілька у одному блоці, що визначено) та які формують якість:

$$Q(i, j, k) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M f_{i,j}(k), \quad (1)$$

де  $Q(i, j, k)$  – позначено цільову функцію,  $i$  – номер рядка,  $j$  – номер блоку, первинного упорядкування блок-схеми (рис. 1), а  $k$  – елемент варіанту кроку переходу. Для завдання варіантів  $k$  необхідно задати  $i_n$  – номер нового рядка,  $j_n$  – номер нового блоку до якого здійснено перехід. Далі будемо задавати:

$$k = [i_n, j_n]^T.$$

Крім того, введено  $f_{i,j}(k)$  унормовану складову цільову функцію однієї змінної для кожного елементу  $i, j$ , з якого здійснено крок  $k$ .

## 2. Обмеження та таблиці дискретних даних

Далі для формування цільових функцій і порівняння кроків скористаємось базами даних про властивості компонентів, що містять їх характеристики, властивості та протоколи передачі даних. Якщо такі цільові функції однієї змінної кроку  $k$  сформовано, тоді задача запишеться наступним чином:

$$\begin{aligned} \min_{i,j,k} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M f_{i,j}(k); \\ N\Delta t + b_5 = N\Delta t + b_4\Delta t_D \leq T; \quad i = \overline{1, N}, \\ N_{out} \leq b_{4i}; \quad j = \overline{1, M}, \quad k = \overline{4, 5}. \end{aligned} \quad (2)$$

Тут позначено  $N_{out}$  – кількість виходів з блоків узгодження,  $\Delta t$  – час формування підсиленого і узгодженого сигналу у одному каналі,  $b_i$  – максимальна кількість входів АЦП контролера,  $b_5$  – міжопераційні витрати часу з підготовки до передачі даних каналу зв'язку,  $T$  – допустимий час на визначення даних про прискорення. Розв'язок задачі (2) представиться за традиційною схемою розв'язку задач динамічного програмування [1]:



$$\min_{i,j,k} Q(i,j,k) = \sum_{i=1}^{N_{\min}} \left( \sum_{j=1}^3 f_{ij} \right) + Q_4, \quad (3)$$

де  $Q_4$  є функція, що визначається як добуток об'єднання цільових функцій з  $k$  (4) та (5) на функцію рішення в умовах порівняння за декількома еталонами за алгоритмом попередньої нормалізації. Обмеження як правило супроводжуються таблицями дискретних даних по компонентам схеми.

### 3. Оцінка якості процесу.

**Якість** категорія, що визначає суттєві властивості предмету, завдяки яким його однозначно визначено за своєю сутністю та якими його може бути представлено, однозначним кількісним визначенням. Головною функцією контролю якості продукції - встановлення відповідності продукції та процесів вимогам нормативно-технічної документації, зразкам - еталонам; інформація про перебіг виробничого процесу та підтримання його стабільності; захист підприємства від постачань недоброякісних матеріалів, енергоносіїв та таке інше; виявлення дефектної продукції на ранніх етапах; запобігання випуску недоброякісної продукції.

Таким чином, якщо якість формувати виходячи із дворівневої ідеї наявності або відсутності показника (0 або 1) та ймовірнісної його оцінки то сума їх добутоків може представляти цільову функцію для всієї схеми.

Розв'язок задачі про мінімізацію структури як двох кроковий алгоритм урізання

Таким чином, розв'язок (1)-(3), що отримано за принципом Р. Беллмана, представлено як стратегію двох кроків. На першому обрано мінімальну кількість чутливих елементів  $N_{\min}$ .

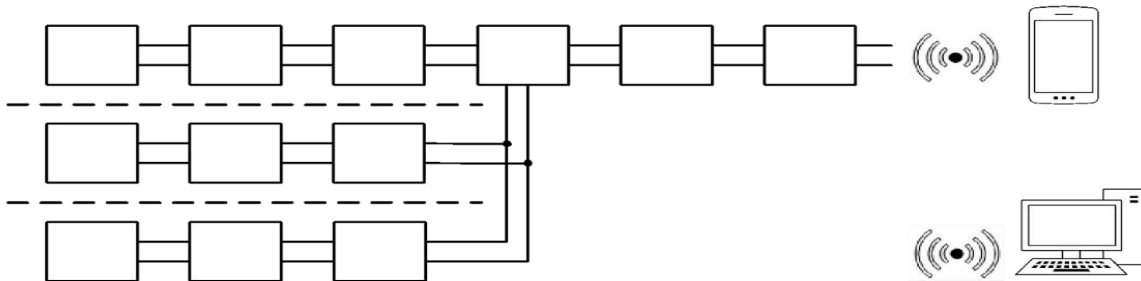


Рисунок 2 – Блок-схема комп'ютеризованої системи визначення прискорення з мінімальною структурою

На другому кроці із бази даних сучасних та доступних контролерів буде обрано елемент, який об'єднає функції контролера та каналу зв'язку. Також одночасно врахує перелік вимог. Як правило до таких вимог відносять відкритість коду, наявність програм, надійність та потрібна кількість входів, яка більше за  $N_{\min}$ . Якщо цю умову виконанено, то кількість контролерів обмежуємо одним. Обрана структура з умови обмеження-нерівності задачі (2) має максимальну якість, оскільки має повний набір функцій.

Як другий приклад задачі формування мінімальної структури розглянемо КС, що забезпечує переміщення механізму позиціонування та орієнтації схвату робота. Такі переміщення реалізує триланковий механізм. Для контролю його роботи запропоновано застосувати датчики контролю трьох складових вектора лінійного прискорення та датчика лінійної координати та двох індуктивних датчиків повороту. Як початкове наближення розглянемо максимально можливу структуру (рис.1) з максимальною кількістю блоків  $M$ . При прийнятих припущеннях та твердженнях, кількість рядків дорівнює максимальній кількості

чутливих елементів усіх датчиків кількістю  $N$ . Кожен з рядків містить функціональні блоки, які реалізують повний перелік  $M$  функцій та інформація про які подана у таблиці 1. На підставі сказаного сформуємо цільову функцію для цієї задачі як адитивну із функцій однієї змінної, яка визначає одну із властивостей (одну або декілька у одному блоці, що визначено) та які формують якість аналогічно означенням і рівнянням (1), (2) та (3).

Таблиця 1 - Значення цільової функції та інших параметрів системи

$i$	$f_{ij}()$	$J$						$k$	$f_{ij}(k)$	Якість, К
		1	2	3	4	5	6			
1	$f_{13}()$	1	1	1	1	2	1	(1,4,A)	8	8
2	$f_{23}()$	1	1	1	0			(1,4,A)	8	8
3	$f_{33}()$	1	1	1	0			(1,4,A)	8	8
4	$f_{41}()$	1						(1,4,D)	6	6
5	$f_{52}()$	1	1		1			(1,4,D)	7	7
6	$f_{62}()$	1	1		1			(1,4,D)	7	7
Всього									19	44
Максимум									36	48

Таким чином, розв'язок другого прикладу, що отримано за принципом Р. Беллмана, як стратегію теж двох кроків реалізовано з використанням матричного відображення. Означена методика дозволяє сформувати мінімальну структуру КС. Крім того, враховуючі вимогу передачі даних за допомогою Wi-Fi модуля, обрано **ARDUINO UNO WIFI REV2**. Плата має інтегрований Wi-Fi модуль. Тип модуля зв'язку, вид мережі, величина напруги живлення, комунікаційний протокол, потужність передавача і чутливість приймача засвідчує, що **ARDUINO UNO WIFI REV2** забезпечить роботу із декількома чутливими елементами акселерометра. Інші характеристики шляхом перевірки переконують у принциповій можливості формування мінімальної структури проведення фізичного моделювання для реєстрації прискорення трьома чутливими елементами акселерометра.

Таким чином, якщо зупинитись на такій мінімальній структурі, то внаслідок так поставленої задачі її розв'язок як структура забезпечить повну функціональну спроможність та мінімізацію компонентів, розмірів та маси при повному виконанні покладених на неї функцій. При формуванні мінімальної структури можливо використовувати інші критерії формування цільової функції, наприклад, такий, як ефективність. При однозначній визначеності цього поняття будуть очевидно враховуватись енергетичні, вартісні та експлуатаційні показники структурних елементів схем. У роботах з механотронних систем пропонується підвищувати ефективність системи шляхом застосування датчиків складових вектора прискорення та гіроскоп як єдиний датчик-індикатор рухів і кутового положення. Останнє тільки підтверджує, що завдання створення схем мінімальної структури є актуальним етапом створення і розвитку електронних систем, у тому числі і приладів відновлення. Запропонована структура, блок-схему якої представлено на рис. 1, умовно показує чутливі елементи датчиків прискорення одним блоком разом із блоком живлення. Прилад механічного відновлення дозволяє працювати без підключення і без вимірювання цих величин, але це зменшує можливості контролю якості та забезпечення відповідності рухів і не дозволяє

здійснювати когнітивний аналіз. Випадок коли необхідно передбачати такі елементи або елементи контролю і діагностування, то схема пошуку мінімальної структури доповнюється паралельними ланцюгами, які враховуються двох кроковими переходами

#### Висновки

1. Двох кроковий підхід до розв'язку задачі пошуку мінімальної структури комп'ютеризованої системи дозволяє враховувати функціонально необхідні зв'язки та обмеження і формувати цільову функцію як сукупність адитивних функцій і обмежень на ресурс.
2. Мінімальна структура формується шляхом покровових з'єднань, розриваючи гілки відсікаються надлишкові функції, а при необхідності контролю та діагностування гілки доповнюється паралельними блоками.
3. Чисельне чи аналітичне представлення цільових функцій не змінює хід розв'язку задачі пошуку мінімальної структури комп'ютеризованої системи.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. R. Bellman, "On the Approximation of Curves by Line Segments Using Dynamic Programming," *Communications of the ACM*, Vol. 4, No. 6, 1961, p. 284.
2. Trunov A. Recurrent Approximation in the Tasks of the Neural Network Synthesis for the Control of Process of Phototherapy // *Computer Systems Healthcare and Medicine*. Denmark, 2017. P. 213–248.
3. Trunov, A., Beglytsia, V., Gryshchenko, G., Ziuzin, V., & Koshovyi, V. (2021). Methods and tools of formation of general indexes for automation of devices in rehabilitative medicine for post-stroke patients. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4(2(112)), 35–46. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.239288>
4. Cooking-hacks.com. Forum by Libelium. <https://www.cooking-hacks.com/index.html> Дата звернення 25.10 2021
5. Возна Н. Я. Дослідження ефективності розподілених інформаційних систем на основі епюр собівартості циклів руху даних // *Наукові вісті інституту менеджменту та економіки «Галицька академія»*. – Івано-Франківськ. – 2006. – №2(10). – С. 74-78.
6. Возна Н. Я. Методологія та інформаційна технологія побудови моделей «блок-схема алгоритму руху даних» в розподілених комп'ютерних системах реального часу. *Збірник наукових праць Буцацького інституту менеджменту і аудиту*. – Бучач. – 2011 – №7. – С. 336-339.
7. Возна Н. Я. Методологія та техніка формування техніко-економічних даних в автоматизованих системах управління // *Вісник Хмельницького національного університету*. – 2005. – №4. – Т.2, Ч.1. – С. 131-133.
8. Локазюк В. М., Поморова О. В., Домінов А. О. Інтелектуальне діагностування мікропроцесорних пристроїв та систем: Навч. посібник для вузів. – Хмельницький, 2001.– 286с.
9. Николайчук Я. М. Низові обчислювальні мережі: Учбовий посібник. – К: УМК ВО, 1990. – 64 с.
10. Николайчук Я. М., Возна Н. Я., Пітух І. Р. Проектування спеціалізованих комп'ютерних систем / Навчальний посібник / – Тернопіль: ТЗОВ «Тернограф», 2010. – 392 с., іл.
11. Byelozorov, Z., Trunov, A. (2021). Increasing quality of the wireless module for monitoring and supervision of sound series of the expanded purpose. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (5 (114)), 28–40. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.247658>

## ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ГЕМОСТАЗУ У ХВОРИХ НА КОРОНАВІРУСНУ ІНФЕКЦІЮ

Галина ТАРАДІНА  
*Донецький національний університет імені Василя Стуса*  
*h.taradina@donnu.edu.ua*

Чисельні дослідження показали, що інфекція SARS-CoV-2 викликає порушення системи гемостазу, сприяє активації коагуляції та пригніченню фібринолітичної системи, що спричиняє протромботичний стан, а, у важких випадках, може спровокувати дисеміноване внутрішньосудинне згортання крові (ДВЗ) і тромботичні події. Дослідження гемостатичних змін, які відбуваються при інфекції SARS-CoV-2 необхідні для подальшого покращення розуміння патогенних механізмів і мають вирішальне значення для розробки нових ефективних терапевтичних підходів клінічного лікування, розробки вакцин та конкретних препаратів, спрямованих на процеси Covid-19 [1].

В роботі проводили комплексне дослідження гемостазу, яке дозволяє оцінити стан різних ланок системи згортання, антизгортуючої і фібринолітичної систем крові. Коагулограма включала кілька найважливіших показників системи гемостазу – кількість, обсяг та ширину розподілу тромбоцитів, активований частковий тромбопластиновий час (АЧТЧ) і протромбіновий час (ТЧ), протромбіновий індекс (ПТІ), концентрація фібриногену, наявність розчинних комплексів мономеру фібрину (РКМФ). Досліджено показники системи згортання крові 463 пацієнтів КНП "КМКЛІ №18" із підтвердженим діагнозом Covid-19 за період 2019-2021 р., які були поділені на 2 категорії: пацієнти, які проходили лікування в умовах стаціонару та хворі, що знаходились на амбулаторному лікуванні. Результати дослідження системи згортання крові представлені за класичною схемою «каскадної» білково-орієнтованої моделі, яка є традиційною для інтерпретації базових коагуляційних тестів, де штучно відтворені умови активації фактора X і утворення протромбіназного комплексу за зовнішнім (протромбіновий час та міжнародне нормалізоване відношення) або внутрішнім контактним (активований частковий тромбопластиновий час) шляхом. Статистичне опрацювання результатів дослідження здійснено у програмному середовищі R, стандартними методами варіаційної статистики. Відмінності у показниках двох досліджуваних груп визначали за допомогою непараметричного критерію Манна-Уїтні.

Відомо, що морфологічні та біохімічні зміни тромбоцитів мають відношення до патофізіології Covid-19. Існують докази того, що багато шляхів активації тромбоцитів активізуються після зараження SARS-CoV-2 або непрямим шляхом через дію запальних цитокінів і пошкодження ендотелію, або безпосередньо через вірусну інфекцію. Крім того, було продемонстровано, що SARS-CoV-2 здатний інфікувати та розмножуватися в мегакаріюцитах у кістковому мозку та легенях. Досі невідомо, чи виробляють ці мегакаріюцити тромбоцити, що несуть віріони. Загалом цитокіновий шторм, утворення тромбіну, дисфункція ендотелію, активація комплементу (C3a), підвищення в'язкості та гіпоксія вважаються основними причинами активації та агрегації тромбоцитів, спричинених SARS-CoV-2 [2, 3].

В нашому дослідженні тромбоцитопенія, визначена як зменшення числа тромбоцитів <100 000 клітин/мкл, на момент поступлення в лікарню спостерігалась лише у 1% пацієнтів, інфікованих SARS-CoV-2. У 89 (19%) пацієнтів із Covid-19 число тромбоцитів було менше нижньої межі допустимого діапазону і складало <180 000/мкл. З них 67 пацієнтів (14%) ті, що знаходились на лікуванні в стаціонарі. Загалом, середнє значення кількості тромбоцитів у хворих, що знаходились на лікуванні в стаціонарі було незначно нижче, ніж у пацієнтів, що лікувались амбулаторно –  $(224 \pm 63) \cdot 10^9$  клітин/л і  $(240 \pm 8) \cdot 10^9$  клітин/л відповідно. Слід

зазначити, що у 60% пацієнтів кількість тромбоцитів знаходилась в межах допустимого діапазону ( $180 \text{ } | \text{ } 360$ )  $10^9$  клітин/л.

Із літературних даних відомо, що середній обсяг тромбоцитів (MPV) також може мати прогностичний потенціал при Covid-19. В нашому дослідженні не було виявлено достовірної різниці між обсягом тромбоцитів двох груп пацієнтів ( $p > 0.05$ ). MPV в межах норми спостерігалось лише у 13% пацієнтів; 82% хворих мають підвищений рівень обсягу тромбоцитів, з них 17% - хворі, що знаходились на амбулаторному лікуванні і 65% - ті, що знаходились в умовах стаціонару. Тенденція до збільшення середнього обсягу тромбоцитів під час SARS-CoV-2 відповідає даним літературних джерел. Слід зазначити, що цей показник вимірювався тільки при госпіталізації, а не впродовж певного періоду після діагностики захворювання. Відомо, що зміна MPV на одну одиницю через кілька днів після початку хвороби може свідчити про збільшення ризику смерті в 1,7 рази [4]

Відповідно до загально визнаного зв'язку між параметрами тромбоцитів і Covid-19, кілька останніх досліджень діагностичної та прогностичної цінності рутинних гемоцитометричних маркерів підкреслили клінічну корисність ширини розподілу тромбоцитів (PDW) при Covid-19, наголошуючи на роль цього показника для розрізнення та стратифікації ризику розвитку критичної хвороби та/або смерті. [5, 6]. В нашій роботі при аналізі лабораторних досліджень не було виявлено достовірної різниці в ширині розподілу тромбоцитів між групами досліджуваних пацієнтів ( $p > 0.05$ ). Значення ширини розподілу тромбоцитів знаходились в межах допустимого діапазону (10-20) у 88% хворих, і тільки у 7% незначно перевищувало верхнє референтне значення. У пацієнтів, що знаходились на амбулаторному лікуванні середнє значення PDW склало  $16,6 \pm 2,1$ . Середнє значення PDW в групі хворих, що лікувались в умовах стаціонару склало  $21,2 \pm 8,4$ , група була гетерогенною за шириною розподілу тромбоцитів – значення варіювали від 10,5 до 22,1. Така гетерогенність обумовлена здатністю тромбоцитів деформуватися, ставати гігантськими, утворювати гомотипні та гетеротипні агрегати, що в кінцевому підсумку призводить до тромбоцитопенічного стану, викликаного руйнуванням або споживанням тромбоцитів, пов'язаним із вивільненням менших і більших тромбоцитів з кісткового мозку, що загалом сприяє збільшенню значень PDW [7].

За даними літературних джерел коагуляційні тести, такі як активованій частковий тромбопластиновий час і протромбіновий час, як правило, вищі у пацієнтів із симптомами Covid-19, ніж у здорових людей [2, 3]. В нашому дослідженні протромбіновий час був вищим у пацієнтів, які проходили лікування в умовах стаціонару ( $18,47 \pm 5,7$ ), порівняно з хворими, які лікувались амбулаторно ( $17,47 \pm 4,0$ ). У 62 (13%) пацієнтів був подовжений протромбіновий час, з них 46 (10%) і 16 (3%) стаціонарних і амбулаторних хворих відповідно.

АЧТЧ час відображає функцію внутрішнього та загального шляхів згортання крові. Тривалість АЧТЧ залежить від рівня високомолекулярного кініногену, прекаллікреїну і факторів згортання XII, XI, VIII і менш чутливий при змінах рівнів факторів X, V, протромбіну і фібриногену. При порівнянні двох груп хворих не було виявлено статистично значущої різниці між значеннями АЧТЧ. Середні показники склали  $38,7 \pm 7,6$  і у пацієнтів, що знаходились на лікуванні в умовах стаціонару і  $37,5 \pm 8,7$  у тих, що знаходились на амбулаторному лікуванні. При цьому зазначимо, що подовжений АЧТЧ мали 124 пацієнти (27%), з них 92 (20%) ті, що проходили лікування в умовах стаціонару і 32 (7%) - ті, що лікувались амбулаторно. Стан зовнішнього шляху згортання крові дозволяють оцінити показники гемостазу протромбіновий індекс (ПТІ) і зворотньо пропорційний параметр міжнародне нормалізоване відношення (МНВ). В нашому дослідженні середні значення ПТІ були вище у хворих, що знаходились на стаціонарному лікуванні.

Фібриноген – фактор згортання крові I, що виробляється в печінці. Завдяки дії коагуляційного каскаду і активних ферментів плазми він перетворюється в фібрин, який бере

участь в утворенні кров'яного згустку і тромбу. З літературних даних відомо, що середня концентрація фібриногену у людей, інфікованих SARS-CoV-2, зазвичай тримається близько верхньої межі норми (~4000 мг/л), що, швидше за все, пов'язано з тривалим запальним процесом в організмі. За рекомендацією експертів Міжнародного товариства з тромбозу та гемостазу, вимірювання концентрації фібриногену у пацієнтів з Covid-19 на момент поступлення в лікарню не є обов'язковим. Однак, враховуючи простоту виконання тесту, його широку доступність та корисність для подальшого моніторингу системи гемостазу під час госпіталізації, на думку багатьох авторів цей параметр слід враховувати при початковій оцінці системи гемостазу у госпіталізованих пацієнтів із Covid-19. В нашому дослідженні середнє значення концентрації фібриногену в групі хворих, що лікувались в умовах стаціонару, були незначно вищі за норму (2000  $\leq$  4000 мг/л) і склало  $4058 \pm 1167,8$  мг/л. У хворих, що знаходились на амбулаторному лікуванні середнє значення показника знаходилось в межах норми -  $3888 \pm 885$ .

Розчинні комплекси мономеру фібрину (РКМФ) - це маркери, пов'язані з фібриногеном, які утворюються шляхом розщеплення тромбіном фібриногену з вивільненням фібринопептиду А. Хоча D-димер утворюється шляхом фібринолізу зшитого фібрину плазміном, наявність розчинних мономерів фібрину вказує на те, що тромбін перетворює фібриноген на фібрин. Мономери фібрину мають сильну тенденцію до полімеризації, і через цю тенденцію вони присутні фізіологічно лише в дуже низькій концентрації. Коли тромбін активує фібрин-стабілізуючий фактор згортання крові (фактор XIII) і зшиває мономери фібрину в полімери, невелика кількість мономеру фібрину може не включатися в згусток, а замість цього циркулює в плазмі з фібриногеном або продуктами розпаду фібриногену з утворенням розчинного мономерного комплексу фібрину. В нормі у здорових людей кількість РКМФ завжди присутня в крові, але їх рівень настільки низький, що приймається як негативний. Дослідження частоти виявлення РКМФ-позитиву серед пацієнтів, які були госпіталізовані з приводу Covid-19 виявили слабкопозитивний результат у 90 пацієнтів. З них 77 – хворі, що проходили лікування в умовах стаціонару і 13 – пацієнти, які лікувались амбулаторно. Позитивний результат виявлений у 27 пацієнтів: 24 та 3 – стаціонарні та амбулаторні хворі відповідно. Різкопозитивний та надмірний тест на РКМФ виявлений у 7 та 3 хворих, що лікувались в умовах стаціонару, відповідно.

Фібрин-мономерні комплекси є фібрин-пов'язаними маркерами внутрішньосудинного згортання крові, наявність яких свідчить про стан гіперкоагуляції перед утворенням тромбу. РКМФ з'являються раніше на початку тромбозу, ніж D-димер, який є продуктом розпаду тромбу [8]. Значення РКМФ можуть бути більш корисними, ніж D-димер, для виявлення аномалій коагуляції Covid-19. Крім того, рівні D-димеру мають високу чутливість, але відносно низьку специфічність для діагностики ВТЕ. За даними літературних джерел [9] рівні РКМФ можуть мати вищу специфічність для ВТЕ, ніж рівні D-димеру, хоча необхідні перевірені дослідження щодо специфічності та чутливості цього маркера. РКМФ є маркером утворення тромбіну, тоді як D-димер є маркером фібринолізу. Рівні РКМФ підвищуються раніше, ніж рівні D-димеру на початку тромбозу. Оскільки періоди підвищення рівнів РКМФ і D-димеру становлять приблизно 1 день і 1-2 тижні відповідно, РКМФ може бути корисним для виявлення тромбозу в гострій фазі.

Підсумовуючи результати проведеного дослідження, слід припустити, що у відповідь на інфікування SARS-CoV-2 гемостатична система збільшує свій протромботичний потенціал завдяки механізмам, головним чином залежним від сильної запальної реакції - цитокинового шторму та ураження ендотелію, а можливо і пригнічення системи фібринолізу. Також не можна виключати прямого, специфічного впливу коронавірусу на окремі складові системи гемостазу, що призводить до збільшення тромбогенного потенціалу зараженого організму, хоча поки що немає вагомих даних, які б підтверджували таку гіпотезу. Лабораторна картина

параметрів гемостазу у хворих на Covid-19 нагадує ДВЗ, але з урахуванням розташування тромбів переважно в легеневій мікроциркуляції, застосування терміну "легенева інтраваскулярна коагулопатія" було б більш відповідним [10]. У той же час не можна не враховувати того, що при аутопсійних дослідженнях у хворих на Covid-19 виявляли тромби також поза легеневим кровообігом, зокрема в нирках. Важливою і відмінною від SIC і ДВЗ особливістю коагулопатії, асоційованої з SARS-CoV-2, є те, що практично не спостерігається геморагічний діатез. Щоб підкреслити відмінність порушень згортання крові у людей, інфікованих SARS-CoV-2, від інших коагулопатій, експерти запропонували термін "Covid-19-асоційована коагулопатія" (CAC), для якої характерні наступні зміни лабораторних показників гемостазу: підвищена концентрація D-димеру та РКМФ; початково підвищена концентрація фібриногену, яка може знизитися у разі прогресування Covid-19; мінімальне подовження ПЧ і АЧТЧ; початково нормальне число тромбоцитів або незначна тромбоцитопенія, яка може посилитися у разі прогресування Covid-19.

Таким чином, клінічні прояви Covid-19 нерозривно пов'язані з порушеннями гемостазу, активації каскаду коагуляції та пригніченню фібринолітичної системи. Детальне дослідження клінічних показників може сприяти не тільки кращому розумінню патофізіологічних механізмів Covid-19, а й вказати нові напрямки можливого лікування інфекції SARS-CoV-2 та кращого моніторингу госпіталізованих пацієнтів.

#### ЛІТЕРАТУРА

- [1] S.T. Abeid, A.A.S. Mezedawee and Y.S.J. Alam, "Exploring the influence of neutrophil-lymphocyte ratio on outcome prediction of severely-ill patients with covid-19", *Wiad Lek.*, vol. 75, no 12, pp. 2926-2932, July 2023. [Online]. Available: <https://10.36740/WLek202212106>. [Accessed 2022].
- [2] J. Zhu, J. Pang, P. Ji and Z. Zhong, "Coagulation Dysfunction is Associated With Severity of Covid-19: A Meta-Analysis", *J. Med. Virol.* vol. 93, no 2, pp. 962–972, February 2021. [Online]. Available: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jmv.26336> [Accessed July 24, 2020].
- [3] H. C. Luo, C. Y. You, S. W. Lu and Y. Q. Fu "Characteristics of Coagulation Alteration in Patients With Covid-19", *Ann. Hematol.* vol. 100, no 1, pp. 45-52, 2021, Jan.2021. [Online]. Available: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00277-020-04305-x> [Accessed October 20, 2020]
- [4] J. He, Y. Wei, J. Chen and F. Chen, "Dynamic trajectory of platelet-related indicators and survival of severe Covid-19 patients". *Crit Care*, vol. 24, no 1, pp. 607, October 2020. [Online]. Available: <https://ccforum.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13054-020-03339-x> [Accessed October 20, 2020]
- [5] A.C. Hardimci, S. Yildiz, E. Ergen and H.Balli, "Association between platelet indices and the severity of the disease and mortality in patients with Covid-19", *Eur Rev Med Pharmacol Sci*, vol. 25, no 21, pp. 6731-6740, 2021. [Online]. Available: <https://www.europeanreview.org/article/27118>. [Accessed 2021].
- [6] Y. Wang, Z. Fan, S. Wang and C. Zhuang, "The diagnostic value of platelet distribution width in patients with mild Covid-19", *J Clin Lab Ana.*, vol. 35, pp 23703, 2021. . [Online]. Available: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jcla.23703>. [Accessed March 27, 2021]
- [7] D. Ligi, C. D. Franca, K. I. Notarte, N. Goldrich, D. Kavteladze, B. M. Henry and F. Mannello, "Platelet distribution width (PDW) as a significant correlate of Covid-19 infection severity and mortality". *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine*, vol. 62, no. 3, 2024, pp. 385-395, 2024. [Online]. Available: <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/cclm-2023-0625/htm>. [Accessed September 20, 2023].
- [8] T. Greenhalgh, M.A. Knight, C. Court, M. Buxton and L. Husain, "Management of post-acute Covid-19 in primary care". *BMJ*, vol. 11, p. 370, 2020. [Online]. Available: <https://www.bmj.com/content/370/bmj.m3026>. [Accessed August 11, 2020].

[9] L. Townsend, H. Fogarty, A. Dyer and I. Martin-Loeches, “Prolonged elevation of D-dimer levels in convalescent Covid-19 patients is independent of the acute phase response”. *J Thromb Haemost*, vol. 19, no 4, pp. 1064-1070, Apr 2021. [Online]. Available: [https://www.jthjournal.org/article/S1538-7836\(22\)00737-1/fulltext](https://www.jthjournal.org/article/S1538-7836(22)00737-1/fulltext). [Accessed Mar 8, 2021].

[10] C. Kawame, H. Kasai, S. Shiohira and T. Sugiura, “Role of Fibrin Monomer Complex in Coronavirus Disease 2019 for Venous Thromboembolism and the Prognosis”. *Intern Med.*, vol. 62, no 20, pp. 2941-2948, Oct, 2023. [Online]. Available: [https://www.jstage.jst.go.jp/article/internalmedicine/62/20/62\\_1322-22/pdf/-char/en](https://www.jstage.jst.go.jp/article/internalmedicine/62/20/62_1322-22/pdf/-char/en). [Accessed August 02, 2023].



## ВИКОРИСТАННЯ ТРИВИМІРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ МОДЕЛЮВАННЯ В МЕДИЦИНІ

Віктор ДАНИЛЕВИЧ, Володимир ДІДИЧ, Андрій ДАНИЛЕВИЧ  
*Вінницький національний медичний університет ім. М.І Пирогова*  
*Vidanlet@gmail.com*

**Актуальність:** Одним із актуальних та перспективних напрямків розвитку сучасної медицини є використання широкого потенціалу технологій тривимірного друку. Науковий і технічний прогрес технологій тривимірного друку набуває всебічного розвитку у світі. Тривимірний друк у медичній галузі є все більш затребуваним при протезуванні стоматології, травматології, щелепно-лицевій хірургії тощо.

**Мета:** дослідити технології тривимірного сканування та тривимірного друку, оцінити перспективи та напрямки розвитку для теоретичної та практичної медицини.

**Матеріали та методи:** аналітичний огляд зарубіжних та вітчизняних наукових джерел у Google Scholar за останні роки, узагальнення та систематизація вивченого матеріалу.

**Результати.** В цілому, процес отримання тривимірної моделі об'єкта можна розділити на певні стандартні етапи: отримання макету, вибір матеріалу для друку, вибір пристрою друку та безпосередньо друк, оцінка якості та придатності виготовленого виробу в залежності від передбачуваного подальшого його застосування. Зрозуміло, що більшість вказаних процесів максимально спрощені для користувача використанням складних високотехнологічних приладів та максимально адаптованого програмного забезпечення. Проте без знань основ технології успіх використання даних технологій буде сумнівним. Так для отримання макетів тривимірної моделі можливо застосування програм створення прототипів моделей за допомогою тривимірного креслення. Даний вид моделювання підходить для розробки унікальних моделей, що не мають аналогів; у інших випадках слід застосовувати відомі геометричні об'єкти та деталі, їх компоновки із можливими відомими трансформаціями. Використання технології сканування об'єктів є процесом фактичного копіювання наявного об'єкту. Сканування може бути лазерним, оптичним, інфрачервоним тощо. Подальша модифікація внутрішньої структури моделі можлива завдяки використанню технологій пошарового моделювання. В залежності від мети, з якою виготовляється та чи інша тривимірна модель, можливе використання різноманітних матеріалів: таких як віск, гіпс, силікон, поліамід, полікарбонат, кераміка, метали. Так широкого використання в медицині набули тривимірні моделі, що створені із використанням адитивних технологій на основі пошарових зображень органів отриманих при комп'ютерно-томографічному скануванні з подальшим перетворенням на тривимірні зображення. Даний вид моделювання широко використовуються при виготовленні протезів у щелепно-лицевій хірургії, ортопедії, протезуванні у стоматологічній практиці. Неабияке значення приділяється розробці біологічно сумісних матеріалів та розробці матеріалів які є сумісними для сучасних діагностичних приладів та не спотворюватимуть зображень оточуючих структур. Окрему низку продуктів тривимірного друку займають тривимірні анатомічні моделі органів та кісток, що дозволяють студенту-медику вивчати внутрішню будову організму та готують їх до застосування своїх знань в майбутній практичній діяльності.

**Висновки:** застосування технологій тривимірного моделювання та 3D-друку є перспективним та важливим напрямком при виготовленні індивідуальних компонентів протезу та цілісних протезів, набувають все більш широкого використання у реконструктивних та пластичних напрямках практичної медицини.

## МОДЕЛЮВАННЯ МЕМБРАННОГО ПОТЕНЦІАЛУ КЛІТИН ЗА ВПЛИВУ ЙОНІВ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ

Галина ГАЛИК, Зоряна ФЕДОРОВИЧ

*Львівський національний медичний університет ім. Д. Галицького*

*galynagalyk@ukr.net*

Забруднення хімічними речовинами навколишнього середовища створює серйозну загрозу для здоров'я людей та екосистеми. Такими речовинами є важкі метали, пестициди, мінеральні та органічні добрива, які містять домішки важких металів. Потрапивши у водні екосистеми, йони важких металів та їх сполуки акумулюються у водних організмах, шляхом біоконцентрації та біоаккумуляції через ланцюг живлення та стають токсичними, коли їх концентрації сягають істотно високого рівня. Важкі метали негативно впливають на йонтранспортувальні системи клітин, що відображається на величині трансмембранного потенціалу (ТМП) [1]. Біоелектричні сигнали відіграють головну роль у функціонуванні живого. Зокрема, на ТМП впливає на багато міжклітинних і внутрішньоклітинних процесів, що регулюють проліферацію, диференціацію, ріст та міграцію клітин, клітинний об'єм, апоптоз. ТМП відіграє ключову роль у розвитку ембріональних клітин, а також впливає на стовбурові клітини та утворення пухлин [2].

Мета роботи – розробка математичної моделі зміни ТМП для зародкових клітин, інкубованих у середовищах з йонами важких металів.

Модель динаміки ТМП зародкових клітин, інкубованих у середовищах, які містять йони важких металів вимагає визначення коефіцієнтів крос-кореляцій між величинами сигналів, реестрованих у контролі та за впливу йонів для заданих часових зсувів; побудова структури, що відображає взаємний вплив параметрів впродовж етапу синхронних поділів зародкових клітин; визначення динаміки ТМП за впливу на клітини йонів важких металів.

Для візуального представлення сили взаємозв'язків між двома сигналами використано кластерний аналіз [3]. Загальний вигляд кореляційних плеяд представлено як центри, що об'єднані ребрами. Ребра вказують на силу та напрям кореляційного зв'язку. Приймається, що порядок розміщення елементів у схемі не враховано. Попарно розглядаються всі можливі комбінації взаємодії між  $n$  значеннями ТМП на досліджуваному часовому проміжку. Отримані сполучення представлено як кількість комбінацій з  $n$  елементів по  $k$  і обчислено за формулою сполучень у факторіальній формі [4]. Побудована математична модель – система лінійних однорідних диференціальних рівнянь, які пов'язують незалежну часову змінну із функціями, що описують ТМП за норми та за впливу йонів важких металів на клітини, містить сталі коефіцієнти, числові значення яких знаходиться в межах  $[-1; 1]$ . Зміни, пов'язані в часі, залежні від сили зв'язків між наступними елементами. Отже, побудовано математичну модель для прогнозування динаміки ТМП у зародкових клітинах під час стадії синхронних поділів за впливу йонів важких металів.

[1] M. Tunegová, R. Toman, V. Tančín, Heavy metals – environmental contaminants and their occurrence in different types of milk, *Slovak Journal of Animal Science*, vol. 49, no. 3, pp. 122-131, 2016. [Online]. Available: <https://www.sjas-journal.org>. [Accessed Sept. 30, 2016].

[2] J. L. Whited, M. Levin, Bioelectrical controls of morphogenesis: from ancient mechanisms of cell coordination to biomedical opportunities, *Current opinion in genetics & development*, vol. 57, pp. 61-69. 2019. [Online]. Available: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) [Accessed Aug 1, 2019]

[3] A. Saxena, L. M. Goyal, M. Mittal, Comparative analysis of clustering methods, *International Journal of Computer Applications*, vol. 118, no. 21, pp. 30-35, 2015. [Online]. Available: [www.ijcaonline.org](http://www.ijcaonline.org). [Accessed Jan. 1, 2015].

[4]. J.A. Anderson, *Discrete Mathematics With Combinatorics*, CA: Prentice Hall; 2003, pp. 224-231.

## РОЗРОБКА СИСТЕМИ РОЗПІЗНАВАННЯ РЕНТГЕНІВСЬКИХ ЗНІМКІВ НА ОСНОВІ DEEP LEARNING

Катерина ГАЗДЮК , Роман МОВЧЕНЮК ,  
*кафедра програмного забезпечення комп'ютерних систем Чернівецького  
національного університету імені Юрія Федьковича*  
*movchenyuk.roman@chnu.edu.ua*

Розробка системи розпізнавання рентгенівських знімків на основі глибокого навчання відображає актуальні потреби сучасної медицини. Ця технологія забезпечує високу точність діагностики, автоматизує процес аналізу зображень і дозволяє швидко реагувати на надзвичайні ситуації, такі як епідемії або катастрофи. Крім того, вона сприяє покращенню доступності медичної допомоги в регіонах з обмеженим доступом до кваліфікованих лікарів та дозволяє персоналізувати лікування, враховуючи індивідуальні потреби пацієнтів.

З використанням великих обсягів медичних даних, система глибокого навчання розвивається в напрямку створення більш точних та надійних моделей. Це сприяє не лише підвищенню якості медичної діагностики, але й формує нові можливості для персоналізованого підходу до лікування пацієнтів, що стає ключовим аспектом в сучасній медичній практиці.

В дослідженні авторів Sharma, Rani і Gupta [1] розглянуто застосування штучного інтелекту для класифікації рентгенівських знімків грудної клітки пацієнтів із COVID-19 та іншими інфекційними захворюваннями. Їх робота спрямована на розробку менш трудомістких методів, які можуть доповнювати або замінювати методи на основі RT-PCR, шляхом створення ефективних моделей глибокого навчання для швидкого скринінгу COVID-19. Використання різних методів підвищення обсягу даних та технік навчання, таких як трансферне навчання, показало високу точність класифікації рентгенівських зображень.

У статті [2] також обговорюється застосування глибокого навчання для аналізу зображень пацієнтів із COVID-19. Вони надають огляд сучасних досліджень та приклади програм глибокого навчання для обробки медичних зображень COVID-19. Роботи [3-4] також розглядають перспективи застосування глибокого навчання в медичних зображеннях, включаючи рентгенівські знімки описують існуючі практики застосування штучного інтелекту для підвищення ефективності роботи працівників медичної сфери [5].

Розроблена інтелектуальна система розпізнавання рентгенівських знімків на основі штучних нейронних мереж з використанням глибокого навчання є комп'ютерною системою, яка використовує штучні нейронні мережі (глибинне навчання) для автоматичного аналізу та інтерпретації рентгенівських зображень, таких як рентгенограми, КТ-сканування та інші медичні знімки.

Основними компонентами системи є:

Дані: Зібрані рентгенівські знімки, на яких виконується навчання та тестування системи. Ці дані мають містити як вхідні зображення, так і відповідні мітки або класифікації (наприклад, інформацію про наявність або відсутність патології, тип захворювання тощо).

Штучна нейронна мережа: Штучна нейронна мережа – це математична модель, яка імітує роботу людського мозку і використовується для розпізнавання паттернів у вхідних даних. Глибинне навчання означає, що мережі мають багато шарів (глибоку структуру), що дозволяє їм автоматично вивчати високоабстрактні функції з даних.

Навчання: На етапі навчання, система використовує зібрані рентгенівські знімки для "навчання" штучної нейронної мережі. Мережа аналізує дані і коригує свої ваги та параметри, щоб зробити передбачення більш точними.

Тестування: Після навчання системи використовується окремий набір рентгенівських знімків, які не брали участі в навчанні, для перевірки точності та ефективності системи.

Класифікація і діагноз: Після успішного навчання та тестування, інтелектуальна система може використовуватися для класифікації рентгенівських знімків на різні класи, такі як патологія, травми або відсутність патології. Вона може надавати інформацію та підтримку лікарям у діагнозі та прийнятті рішень.

У цілому, розробка системи розпізнавання рентгенівських знімків на основі deep learning є важливим напрямком досліджень, який має потенціал значно покращити якість та ефективність медичної діагностики.

1. Sharma, A., Rani, S., & Gupta, D. (2020). Artificial Intelligence-Based Classification of Chest X-Ray Images into COVID-19 and Other Infectious Diseases. *International Journal of Biomedical Imaging*, 2020, Article ID 8889023, 10 pages. <https://doi.org/10.1155/2020/8889023>
2. Bhattacharya, S., Maddikunta, P. K. R., Pham, Q.-V., Gadekallu, T. R., Krishnan, S. R., Chowdhary, C. L., Alazab, M., & Piran, M. J. (2021). Deep learning and medical image processing for coronavirus (COVID-19) pandemic. *Sustainable Cities and Society*, 65, 102589. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102589>
3. Shen, D., Wu, G., & Suk, H.-I. (2017). Deep Learning in Medical Imaging: General Overview. *Korean Journal of Radiology*, 18(4), 570–584. <https://doi.org/10.3348/kjr.2017.18.4.570>
4. Shen, D., Wu, G., Suk, H.-I., & Annual Review of Biomedical Engineering (2017). Deep Learning in Medical Image Analysis. *Annual Review of Biomedical Engineering*, 19(1), 221–248. <https://doi.org/10.1146/annurev-bioeng-071516-044442>
5. Sahiner, B., Pezeshk, A., Hadjiiski, L. M., Wang, X., Drukker, K., Cha, K. H., Summers, R. M., & Giger, M. L. (2018). Deep learning in medical imaging and radiation therapy. *Medical Physics*, 45(1), e454–e485. <https://doi.org/10.1002/mp.13264>

## РОЗРОБКА БАГАТОПАРАМЕТРИЧНОЇ МУЛЬТИАГЕНТНОЇ СИСТЕМИ МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ ПОШИРЕННЯ ІНФЕКЦІЙНИХ ЗАХВОРЮВАНЬ

Катерина ГАЗДЮК, Олександр СРІБНИЙ,  
*кафедра програмного забезпечення комп'ютерних систем Чернівецького  
національного університету імені Юрія Федьковича  
sribnyi.oleksandr@chnu.edu.ua*

Надзвичайно актуальною задачею у сучасному світі є розробка багатопараметричної мультиагентної системи моделювання динаміки поширення інфекційних захворювань, особливо з урахуванням постійного зростання загрози нових пандемій та епідемій. Світ стикається з постійною загрозою нових інфекційних захворювань, таких як грип, вірусні гепатити, захворювання на коронавірус та інші. Розробка ефективних стратегій прогнозування та контролю поширення таких захворювань є надзвичайно важливою для охорони громадського здоров'я. Слід зазначити, що швидкому поширенню інфекційних захворювань через міжнародні мережі транспорту та торгівлі сприяє сучасна глобалізація. Це ставить перед вченими та органами управління складні завдання з розробки та впровадження стратегій контролю. Знання про динаміку поширення інфекцій може сприяти у розробці та оптимізації стратегій запобігання та контролю захворювань, що дозволить ефективніше використовувати ресурси та зберегти життя.

Дослідження останніх років показали, що програмні агенти у багатоагентних системах можуть моделюватися з властивостями та поведінкою, подібними до суспільних відносин. Для конструювання надійних штучних зв'язків важливо розуміти різні підходи до поширення та виникнення норм у таких системах. Стаття [1] розглядає три значущі поняття у вивченні норм: запропоновано модель життєвого циклу, розглянуто різні механізми, які дослідники використовують для аналізу запропонованих норм, і визначено бажані характеристики імітаційних моделей.

У сфері епідеміологічного та екологічного аналізу інфекційних захворювань залишаються основним інструментом математичні моделі [2-5]. Моделі SIR є широко використовуваними в епідеміології, але вони можуть бути некерованими через велику кількість параметрів, особливо у випадку зоонозних та трансмісивних хвороб. Деякі дослідження пропонують альтернативні підходи, такі як моделі на основі мультиагентних систем, які можуть допомогти в розумінні загального поширення хвороби в складних середовищах.

Модель, описана авторами дослідження [6], розглядає два типи моделей (неперервну системну динаміку та дискретний агентний підхід) як співіснуючі при моделюванні великомасштабних епідемій. Автори пропонують багатоагентний підхід, який включає агентів розташування, агентів-учасників та агентів подій для моделювання різних аспектів епідемічних процесів.

Запропонована нами багатопараметрична мультиагентна система моделювання динаміки поширення вірусу дозволить вивчати та аналізувати процес поширення вірусу серед популяції з використанням багатьох параметрів та агентів. В моделі використовується значна кількість параметрів, які можуть впливати на динаміку поширення вірусу. Ці параметри включають такі характеристики, як інфекційна чутливість, час інкубації, рівень імунітету населення, швидкість контактів між людьми та інші фактори, які впливають на поширення вірусу.

Мультиагентний підхід передбачає наявність в моделі окремих агентів, які можуть взаємодіяти один з одним та змінювати свій стан у відповідь на взаємодію з іншими агентами

та зовнішніми факторами. У випадку моделювання поширення вірусу, агентами можуть бути індивідуальні люди або групи людей, які можуть бути вразливими до інфекції, хворими, імунізованими або іншими статусами стосовно вірусу.

Такі моделі можуть бути корисними для прогнозування рівня поширення вірусу у певному населенні, дослідження ефективності різних заходів контролю і превентивних стратегій, оцінки впливу громадських заходів на поширення вірусу та інших аспектів епідеміології та пандемій.

Для розробки використовуються методи агентного моделювання, системи диференціальних рівнянь, машинне навчання та статистичні методи. Ключовими є адекватне відтворення реальних даних та урахування великої кількості змінних, що впливають на поширення вірусу.

Хоча моделі – це спрощені представлення реальності, і їх результати мають бути інтерпретовані з обережністю, вони можуть стати корисним інструментом для управління здоров'ям громади та прийняття рішень в галузі громадського здоров'я.

Отже, розробка багатопараметричної мультиагентної системи моделювання динаміки поширення інфекційних захворювань є важливим напрямом досліджень, який має великий потенціал для захисту громадського здоров'я та зменшення впливу майбутніх пандемій та епідемій..

1. Savarimuthu, B.T.R., & Cranefield, S. "Norm creation, spreading and emergence: A survey of simulation models of norms in multi-agent systems." *Multiagent and Grid Systems*, vol. 7, no. 1, pp. 21-54, 2021. [Online]. Available: <https://content.iospress.com/articles/multiagent-and-grid-systems/mgs00167>
2. Roche, B., Guégan, J.-F., & Bousquet, F. "Multi-agent systems in epidemiology: a first step for computational biology in the study of vector-borne disease transmission." *BMC Bioinformatics*, vol. 9, 2018, p. 435. [Online]. Available: <https://link.springer.com/article/10.1186/1471-2105-9-435>
3. Wang, Y., Ishii, H., Bonnet, F., & Défago, X. "Resilient Consensus for Multi-Agent Systems Under Adversarial Spreading Processes." *IEEE Transactions on Network Science and Engineering*, vol. 9, no. 5, pp. 9780222, Sept.-Oct. 2022. [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9780222>
4. Bellomo, N., Brezzi, F., & Chaplain, M.A.J. "A multi-agent approach to the impact of epidemic spreading on commercial activities." *Mathematical Models and Methods in Applied Sciences*, vol. 32, no. 10, pp. 1931-1948, 2022. [Online]. Available: <https://www.worldscientific.com/doi/abs/10.1142/S0218202522500440>
5. Bădică, A., Bădică, C., Ganzha, M., Ivanović, M., & Paprzycki, M. "Multi-Agent Simulation of Core Spatial SIR Models for Epidemics Spread in a Population." 2020 5th IEEE International Conference on Recent Advances and Innovations in Engineering, 2020. [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9358293>
6. Bădică, A., Bădică, C., Ganzha, M., Ivanović, M., & Paprzycki, M. "Multi-agent Spatial SIR-Based Modeling and Simulation of Infection Spread Management." *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 12744, pp. 37-47, 2021. [Online]. Available: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-77967-2\\_37](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-77967-2_37)
7. Tian, C., Ding, W., & Cao, R. "Extensive Epidemic Spreading Model Based on Multi-agent System Framework." *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 4490, pp. 17-28, 2021. [Online]. Available: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-72590-9\\_17](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-72590-9_17)

## СТРАТЕГІЇ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО УПРАВЛІННЯ БАТАРЕЯМИ В ЕКОСИСТЕМАХ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ

Сергій ВОЛОЩУК

*Чорноморський нац. ун-т ім. Петра Могили, м. Миколаїв, Україна  
confmail4@proton.me*

Оптимізація часу автономної роботи малопотужних пристроїв Інтернету речей (Internet of Things, IoT) стала основним викликом для підключених технологій, які продовжують розвиватися. Потреба в раціональному та ефективному управлінні енергією стає все більш нагальною, оскільки кількість пристроїв Інтернету речей продовжує зростати в усіх секторах - від розумних міст та охорони здоров'я до сільського господарства та промислової автоматизації.

Світ моніторингу в реальному часі, аналізу даних та прийняття інтелектуальних рішень виник завдяки цим компактним і обмеженим в ресурсах пристроям, які сумісні з датчиками і засобами зв'язку. Однак, значні обмеження на тривалість роботи і загальну ефективність накладає притаманна їм обмежена ємність акумулятора. Пристрої Інтернету речей часто розгортаються у віддалених або важкодоступних районах, де заміна та підзарядка батарей неможлива або надто дорога, на відміну від традиційних електронних пристроїв, які можуть покладатися на мережеве живлення або більші запаси енергії в акумуляторах.

Крім того, проблема управління зарядом батареї загострюється складністю сучасних екосистем Інтернету речей. Зазвичай у них є гетерогенні мережі пристроїв з різними робочими профілями, протоколами зв'язку та потребами в енергії. Для розробників, інженерів та системних інтеграторів стало складним завданням збалансувати енергоспоживання цих пристроїв таким чином, щоб максимізувати загальну продуктивність системи та продовжити час автономної роботи.

Гнучкі та масштабовані методи управління батареями також необхідні через динамічність цих застосунків Інтернету речей. Пристрої можуть стикатися з мінливими вимогами до підключення, умовами навколишнього середовища і робочим навантаженням, які вимагають регулювання енергоспоживання в режимі реального часу. Погіршення якості даних, збільшення витрат на обслуговування і зниження надійності пристроїв може призвести до погіршення якості даних, якщо ці проблеми не будуть вирішені ефективно, що підірве ціннісну пропозицію для розгортання пристроїв Інтернету речей.

Незважаючи на значний прогрес, досягнутий в області стратегій управління акумуляторними батареями, ряд ключових питань все ще потребують вирішення та інноваційних рішень. Забезпечення динамічної адаптації до мінливості навколишнього середовища, інтеграція гетерогенних джерел енергії, оптимізація для архітектур периферійних обчислень, вирішення проблем масштабованості та інтероперабельності, а також пріоритетність оптимізації та адаптації, орієнтованих на користувача, є одними з ключових областей, які потребують зосередженої уваги та революційних досягнень.

Сприяння динамічній адаптації до мінливості навколишнього середовища є однією з найактуальніших проблем. З цією метою розробляються алгоритми адаптивного керування живленням, які можуть відстежувати умови навколишнього середовища, такі як температура, вологість і доступність енергії в будь-який час. Ці алгоритми регулюють енергоспоживання пристрою таким чином, щоб оптимізувати використання електроенергії.

Інтеграція гетерогенних джерел енергії, окрім акумуляторів, є ще одним викликом. Пропонується впроваджувати системи збору енергії, які можуть одночасно використовувати різні джерела, наприклад, сонячну, теплову та кінетичну енергію. Така інтеграція, разом з оптимізацією ефективності збору енергії, дозволить підвищити автономність і зменшити залежність від батарей.

У новій архітектурі периферійних обчислень, де пристрої обробляють дані, що зберігаються локально, пропонуються стратегії управління батареями з підтримкою периферійних обчислень. Це включає локальне прийняття рішень для зменшення витрат на зв'язок, динамічне балансування робочого навантаження між периферійними та хмарними ресурсами, а також управління енергоспоживанням з урахуванням ресурсів відповідно до вимог робочого навантаження.

У міру розвитку екосистем Інтернету речей складність та інтеперабельність стають викликом. Щоб досягти цього, рекомендується прийняти стандартизовані протоколи, відкриті архітектури, модульні принципи проектування, уніфіковані платформи управління пристроями та програми тестування на сумісність, щоб забезпечити безперешкодну інтеграцію між різними типами обладнання та платформ.

Крім того, підкреслюється важливість оптимізації та адаптації, орієнтованої на користувача. Для задоволення потреб користувачів та підвищення енергоефективності пропонується створювати персоналізовані батареї на основі вподобань користувачів, механізмів зворотного зв'язку з користувачами, алгоритмів адаптації з урахуванням контексту, прогнозованого управління батареями, а також прозорого моніторингу використання енергії.

Для того, щоб збалансувати масштабованість, оптимізацію продуктивності та енергоефективність акумуляторів, необхідно розробити комплексну методіку управління акумуляторами. Розгортання Інтернету речей у різних сферах може бути підтримане новими алгоритмами і стратегіями, які вирішують невирішені аспекти, з метою досягнення стійкості, надійності та орієнтованості на користувача.



## ВИКОРИСТАННЯ МОВИ ПРОГРАМУВАННЯ PYTHON ДЛЯ ЦИФРОВОЇ БАЗИ ДАНИХ

Ганна ЛУНЬКОВА, Володимир ШКЛЯНКО  
*Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П.Сагайдачного*

У столітті цифрових технологій електронні бази даних стали куди кращими, ніж звичні застарілі фізичні архіви, які займають багато місця і не надають різноманітних можливостей у порівнянні з сучасними цифровими. Таким чином, основні чинники, які сприяють використанню електронних баз даних: заощадження місця; забезпечення вищого рівня безпеки; масштабованість даних; зменшення витрат ресурсів; забезпечення належної роботи дистанційно.

В роботі пропонується створення електронного бланку вихідних даних, що забезпечить єдину систему обліку з подальшим розгортанням інформаційно-аналітичної системи на базі створених баз даних.

Розроблена програма “Вільха” використовує можливості Python як високорівневу мову програмування і яка є однією з найкращих для реалізації архіву з підключеною СУБД. В роботі використані можливості Python для створення графічного інтерфейсу завдяки великому і різноманітному функціоналу бібліотеки Tkinter. Функціонал створених кнопок буде реалізовано так, що при натисненні на неї буде викликане вікно, яке матиме вигляд корінця стандартної форми для заповнення даними.

Апаратне забезпечення розробленої системи в базовому варіанті використання складається з комп’ютеризованих платформ, на яких реалізовані web-сервер та робочі станції. Побудова системи за клієнт-серверною архітектурою дозволяє зберігати дані в одному місці, що гарантує користувачам отримання оновлених даних. Функціональність системи дозволяє авторизацію користувачів та рольовий принцип доступу до БД. Всі користувачі розбиті на групи, кожній з яких надаються відповідні ролям повноваження та права.

Розроблену автоматизовану інформаційно-аналітичну систему пропонується реалізувати у двох варіантах:

1. Мобільна версія, із встановленням на USB флеш-накопичувачі багатоплатформеної збірки web-сервера XAMPP, що містить Apache HTTP-сервер, MySQL, інтерпретатор скриптів PHP, мову програмування Perl, додаткові бібліотеки. Повний пакет Apache HTTP-сервер містить: web-сервер Apache з підтримкою SSL; СУБД MySQL; утиліту phpMyAdmin; модуль PHP; FTP-сервер FileZilla; модуль Perl; сервлет контейнер Apache Tomcat; POP3/SMTP-сервер.

2. Стаціонарна версія з використанням локальної мережі.

Для операційної системи Windows надається панель для управління встановленими на сервері засобами XAMPP Control Panel. Згідно зі сформованими вимогами до системи OPTIMAL OVT, всі дані системи повинні бути розташовані в одному місці.

## ОБҐРУНТУВАННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ НАПРЯМІВ УДОСКОНАЛЕННЯ ЕТАПУ ФОРМУВАННЯ ПРОФЕСІЙНИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ КУРСАНТІВ ЗА РАХУНОК ВПРОВАДЖЕННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ НАВЧАННЯ

Ганна ЛУНЬКОВА, Сергій ФІЛІМОНОВ  
*Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П.Сагадачного*  
*aaga777crow@gmail.com*  
*sergnf@gmail.com*

Розвиток системи та змісту освіти в сучасному світі відбувається у відповідності до глобальних освітніх тенденцій, в рамках яких однією з ключових є перехід від переважно інформативних методів до активних форм навчання, що включають елементи проблемного підходу, наукового пошуку та сприяють розвитку самостійності та критичного мислення майбутнього офіцера. Цей розвиток освіти у світовому контексті визначається важливими тенденціями основними з яких є впровадження проблемно-орієнтованого навчання та стрімкий розвиток використання інтерактивних технологій.

В проведеному протягом двох років педагогічного експерименту на кафедрі електромеханіки та електроніки була запропанована гібридна (blended learning) форма навчання в якій особливе місце займало індивідуалізоване навчання.

Ця форма змішаного навчання надає можливість курсантам працювати власним темпом та зосереджуватися на своїх індивідуальних потребах. Вони можуть самостійно вивчати матеріали, повторювати складні теми та отримувати персоналізовану підтримку від викладачів. Важливим компонентом при цьому є те, що онлайн-компонент змішаної форми навчання дозволяє курсантам мати постійний доступ до матеріалів, що сприяє повторенню та поглибленню знань у зручний для них час.

На підставі вхідного контролю базового рівня знань та контролю знань перед кожним заняттям (лабораторною роботою), були запропоновані в експериментальних групах індивідуалізовані траєкторії навчання, що дозволило підвищити результати навчання та мотивацію курсантів.

Вбудована в навчальний процес нова модель навчання (інвертований та гібридний клас), дозволила проводити навчання під час тривоги, що значно підвищило результати навчання в порівнянні з першим роком експерименту, коли такі моделі не використовувалися. В проектно-орієнтованому класі курсанти працювали над реальними проектами, які вимагають застосування знань та навичок з різних дисциплін.

Використовувались сучасні технології для спільної роботи, комунікації та представлення проектів. Результатом роботи в проектно-орієнтованому класі стала наукова робота курсантів першого курсу .

Очікуваним результатом експерименту стала підвищена мотивація навчання курсантів, яка може бути виміряна (досліджена) підвищенням звернень до відповідних навчальних матеріалів в інформаційно-навчальному середовищі та покращення навчальних досягнень. Впровадження моделі проектно-орієнтованого класу дозволило отримати роботи курсантів за складною тематикою, а саме «Розрахунок координат та центру групової цілі засобами мови програмування Python».

Порівняльний аналіз залишкових знань і результатів навчання показав явне покращення (у варіанті експериментальних груп) або не зниження якості фахової підготовки курсантів (у варіанті контрольних груп).

Лінії тренду на рис. 1 та рис. 2 порівняльних графіків наявно показують лінію тренду з виведеним рівнянням, що дозволяє зробити висновки до результатів даного педагогічного експерименту.

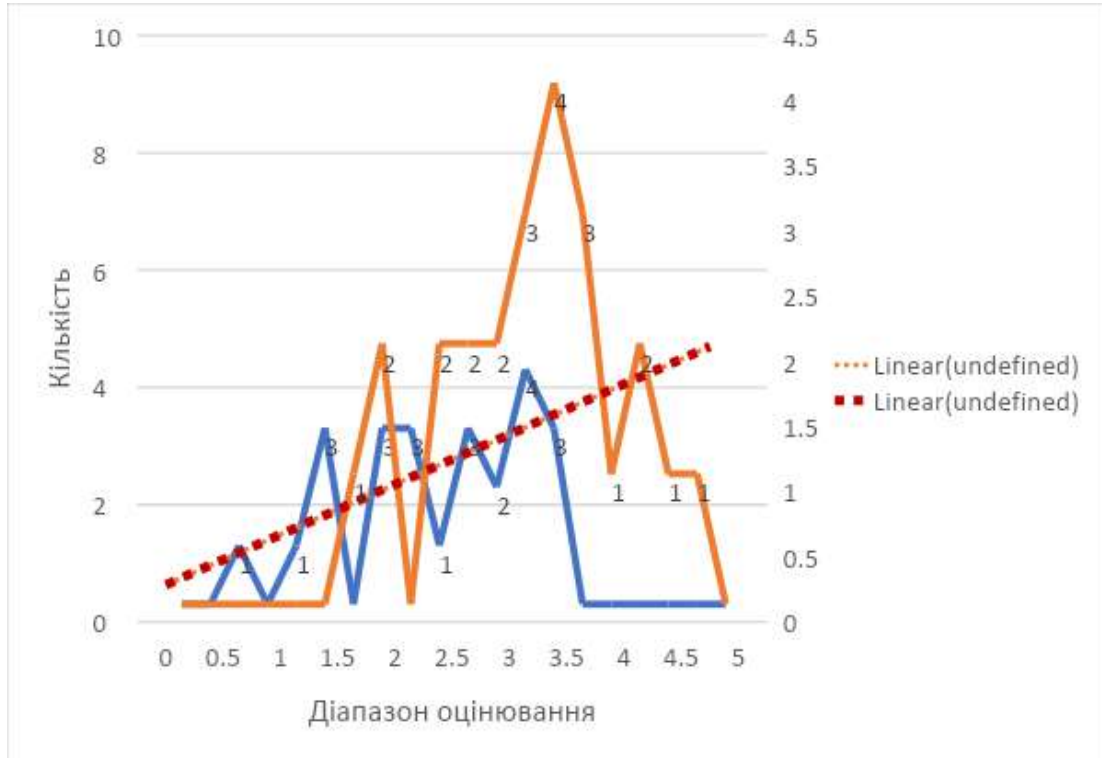


Рис 1. Порівняльний графік залишкових знань і результату навчання дисципліна "Інформаційні технології" група А1 спеціальність В



Рис 2. Порівняльний графік залишкових знань і результату навчання дисципліна "Інформаційні технології" група В1 спеціальність В

На основі аналізу контрольних даних запропоновано:

- методику та методичні матеріали для диференційованого проведення практичних і самостійних занять з метою оцінки індивідуалізованого підходу до навчання слухачів з різнорівневою базовою підготовкою;
- диференціація завдань для проведення практичних і самостійних занять в залежності від рівня знань слухачем на підставі вхідного контролю базового рівня знань;
- обов'язкове проходження допуску до лабораторних робіт у вигляді тестів по ключовим питанням заняття;
- З альтернативний шлях вивчення дисципліни «Інформаційні технології» по індивідуальній траєкторії, що потребує подальшого дослідження;
- перелік тем за фаховими спеціалізаціями для курсантських проектів з ціллю побудови бази даних індивідуальних траєкторій навчання курсантів.

## ВИКОРИСТАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВІДДАЛЕНОГО ДОСТУПУ ДЛЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ З ДИСЦИПЛІНИ «МЕДИЧНА ІНФОРМАТИКА»

Емілія ОСТАПЕНКО

Вінницький національний медичний університет ім. М.І. Пирогова  
 ostemiliya13@gmail.com

Для забезпечення неперервного навчального процесу у важкі часи, такі як пандемія та військова агресія, дистанційна форма навчання стала альтернативою традиційному навчанню у школах та вищих навчальних закладах. Зростання доступу до Інтернету та розвиток технологій зробили можливим проведення ефективного навчання в онлайн-середовищі, дозволило здобувачам освіти мати доступ до навчального матеріалу і комунікації з викладачами.

*Мета дослідження:* проаналізувати особливості використання програмного забезпечення віддаленого доступу та керування комп'ютерами, встановити переваги та недоліки застосування цих програм у дистанційному навчанні.

Проведення практичних занять з дисципліни «Медична інформатика» on-line відбуваються за допомогою платформи для дистанційного навчання Microsoft Teams та хмарних сервісів, що забезпечують продуктивну роботу викладачів зі студентами, використовуючи відеозв'язок, демонстрацію екрана, пакет програм Office 365 тощо. Проте виконання практичної частини з деяких тем, таких як «Моделювання медико-біологічних процесів. Медичний симулятор СКІФ», «Індивідуальні медичні картки (на прикладі MICS Doctor Eleks)» тощо, викликає труднощі, оскільки комп'ютерні програми з цих тем встановлені лише в комп'ютерному класі університету і не можуть бути скопійовані на інші пристрої. В таких випадках застосовується програмне забезпечення віддаленого доступу.

Нині існує багато програм для віддаленого доступу. Наприклад, TeamViewer, AnyDesk, Chrome Remote Desktop, Remote Desktop Connection (від Microsoft), Splashtop, GoToMyPC, LogMeIn, VNC Connect, RealVNC, AeroAdmin тощо. Їх кількість постійно зростає відповідно до потреб користувачів та технологічних можливостей. Розглянемо три популярні програми: TeamViewer, Chrome Remote Desktop, AnyDesk. Згідно наших досліджень маємо наступну порівняльну таблицю.

Функція/Критерій	TeamViewer	Chrome Remote Desktop	AnyDesk
Платформи	Windows, macOS, Linux, Android, iOS	Windows, macOS, Linux, Android, iOS	Windows, macOS, Linux, Android, iOS
Віддалене керування	Так	Так	Так
Передача файлів	Так	Так	Так
Оплата	Деякі функції безкоштовні	Повністю безкоштовно	Деякі функції безкоштовні
Віддалені збори	Так	Ні	Так
Кросплатформенність	Так	Так	Так
Керування доступом	Так	Так	Так
Безпека	Шифрування з кінця в кінець	Шифрування з кінця в кінець	Шифрування з кінця в кінець
Віддалений друк	Так	Ні	Так
Робочий стіл віддаленого користувача	Так	Ні	Так

Програма TeamViewer була випущена в 2005 році і стала однією з найпопулярніших програм для віддаленого доступу та управління комп'ютерами. У 2011 році вперше компанією Google була випущена програма Chrome Remote Desktop, що працює за допомогою браузера Google Chrome. З того часу вона пройшла кілька оновлень і вдосконалень, також стала популярним інструментом для віддаленого керування комп'ютером. У 2014 році була випущена наступна програма – AnyDesk, що стрімко здобула популярність серед користувачів, завдяки своїй високій швидкості, ефективності та простоті використання.

Отже, хоча всі три програми надають можливість віддаленого доступу та керування комп'ютерами, кожна з них має свої унікальні особливості і переваги. AnyDesk відзначається високою швидкістю передачі даних, TeamViewer є одним з найбільш розповсюджених інструментів, а Chrome Remote Desktop простий у використанні і є безкоштовним, проте може бути обмеженим у функціональності порівняно з іншими. Вибір програми залежить від конкретної потреби та вимог користувача.

## ОСОБЛИВОСТІ ПЕДАГОГІЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У СТУДЕНТІВ ВИЩИХ МЕДИЧНИХ ЗАКЛАДІВ УКРАЇНИ

Ірина КУЗЬМІНА  
*Харківський національний медичний університет*  
*irina.u.kuzmina@gmail.com*

Сучасна освітня політика нашої держави визначає найважливіші завдання вищої школи: підготовку компетентного, конкурентоспроможного фахівця, здатного реалізувати професійні завдання у складних економічних і соціокультурних умовах українського суспільства [1].

Розвиток педагогічної науки характеризується пошуком фундаментальних підходів до побудови навчально-виховного процесу, що знаходить відображення в Законах України "Про освіту", "Про вищу освіту", Національній доктрині розвитку освіти України, у яких зазначено, що метою освіти та виховання повинна бути орієнтація сучасної вищої школи на розвиток особистості майбутнього фахівця, котрій притаманна соціальна гідність, громадянськість, висока моральність, свідомість та творчий потенціал.

Проблема професійної підготовки майбутніх лікарів є особливо актуальною, коли українське суспільство активно прагне до вступу в ЄС, коли пріоритетною є система ринкових відносин, у яких основними якостями, що визначатимуть успіх, є кваліфікація людини, рівень її підготовленості [2].

На сучасному етапі реформування медичної освіти в Україні особливої гостроти й актуальності набувають питання забезпечення конкурентоздатності випускників закладів вищої освіти медичного профілю, що ґрунтується на методичних засадах ефективного формування професійних компетентностей майбутніх лікарів, урахуванні особливостей становлення у них професійно значущих якостей.

Основною стратегією розвитку медичної освіти в Україні є необхідність підготовки висококваліфікованого, конкурентоздатного, всебічно освіченого лікаря, здатного гнучко переорієнтовувати спрямування та зміст своєї діяльності у зв'язку із потребами медицини.

Помітне місце в згаданому напрямі займають дослідження підготовки майбутніх лікарів у процесі їхнього професійного навчання у вищих навчальних медичних закладах освіти [3]

Сутність, класифікацію, характеристику та особливості педагогічних технологій; готовність викладачів до їх запровадження у підготовку майбутніх фахівців у закладах вищої освіти висвітлюють науковці А.М. Алексюк, М.В. Гриньова, Г.О. Ковальчук, А.О. Нісімчук, О.С. Падалка, І.П. Підласий, І.Ф. Прокопенко, В.Т. Шпак та інші.

Незважаючи на наявність у сучасній науці значної кількості науково-педагогічних праць, присвячених проблемі підготовки майбутніх лікарів у закладах вищої освіти, вона залишається однією з найбільш дискусійних унаслідок складності самого феномену медичної освіти, невизначеності його місця серед особливостей формування засобами сучасних технологій [4].

Відмітимо, що професія лікаря – унікальна, вона містить комплекс таких характеристик як постійний потяг до самовдосконалення, величезний практичний досвід, знання специфіки даної діяльності, здібності до лікарської праці, знання перспектив розвитку медичної галузі. Сучасний лікар повинен мати високопрофесійну теоретичну і практичну підготовку, володіти методиками профілактики, ранньої діагностики терапії захворювань.

Професійна діяльність лікаря потребує розвинутого вміння адекватно орієнтуватися в численних ситуаціях, вимагає від нього самостійної практичної діяльності, пов'язаної з

творчою активністю, пошуком можливостей реалізації її результатів, здатністю приймати рішення в нестандартних ситуаціях..

Майбутній лікар є носієм високих моральних якостей, що має глибокі етичні знання, володіє методикою етичного й естетичного процесу спілкування. Тому важливою сферою самовдосконалення студента-медика є культурно-моральне й етичне становлення особистості [5].

У процесі професійного навчання у вищому медичному навчальному закладі, теоретичного та практичного пізнання сутності та специфіки своєї майбутньої професії, багатофункціональних обов'язків фахівця, пов'язаних із необхідністю вирішувати завдання організаційного та виховного плану, у студентів формуються суб'єктивні уявлення про основні аспекти їхньої подальшої діяльності [6].

Разом з тим зауважимо, що професійна компетентність випускника медичного закладу вищої освіти розглядаємо як єдність теоретичної підготовки та його готовність на практиці до здійснення професійної діяльності. Професійні компетенції майбутніх лікарів можна визначити як соціальні вимоги до підготовки студента-медика, які необхідні для якісної професійної діяльності.

Безумовно, відмінною рисою медичної освіти є її специфічність, оскільки в центрі уваги – пацієнт як людина, яка відчуває психічні та фізичні страждання, спричинені хворобою. Також особливістю медичної освіти є професіоналізація медичної освіти, котра зумовлена швидким технічним прогресом. Підготовку майбутніх лікарів здійснюють у закладах вищої освіти, підпорядкованих МОЗ та МОН України [7].

Формування професійних компетентностей майбутнього лікаря здійснюється як під час лекцій, так і під час практичної підготовки студентів – реалізується під час проведення практичних, семінарських, лабораторних занять та виробничої практики з використанням різних методів навчання, в яких відтворюється не лише предметний, але й соціальний зміст майбутньої професійної діяльності, а саме: метод аналізу конкретних виробничих ситуацій і ситуаційних задач, ділових ігор, проблемних ситуацій тощо.

Отже, у процесі теоретичного аналізу з досліджуваної проблеми встановлено, що потребує оновлення зміст, форми та методи професійної підготовки майбутніх лікарів. Це зумовлює потребу впровадження педагогічних технологій у викладання навчальних дисциплін майбутніх лікарів [8].

Педагогічні технології у закладах вищої освіти спрямовані на забезпечення: сприятливих умов для здобуття освіти, професійного становлення та розвитку майбутнього фахівця, формування його професійних і особистісних якостей, посилення мотивації навчання; самооцінку своїх можливостей, здібностей, потреби у постійній самоосвіті.

Найбільш поширеними педагогічними технологіями є: орієнтована, модульна, інформаційно-комунікаційна, комп'ютерна, проблемного навчання, кейс-технологія та ін.

Однією з основних умов формування майбутнього медичного фахівця учені розглядають розробку та використання сучасних педагогічних технологій, а їхнє впровадження є виконанням одного з найважливіших завдань сучасної освіти – управління процесом навчання. Вимоги сьогодення вимагають від вищих навчальних закладів досягнення якісно нового рівня подання навчального матеріалу, тому, окрім традиційних, широко використовуються сучасні педагогічні технології [9].

Нашу увагу привертає орієнтована технологія до організації навчально-виховного процесу, що задовольняє потреби студентів і суспільства в цілому. Одним із основних механізмів для виконання даного завдання - організація особистісно-орієнтованого навчання, яка є педагогічною умовою, що сприятиме формуванню професійної готовності до фахової діяльності.



Особистісно-орієнтовані системи освіти вищих навчальних закладів (ВНЗ) студента, забезпечує йому комфортні і умови розвитку, реалізацію природних можливостей майбутніх фахівців.

Освітні технології мають також сприяти розвитку соціальної і професійної мобільності майбутніх фахівців, їх конкурентоспроможності на ринку праці, швидкій адаптації до сучасних освітніх потреб. Застосування системного підходу як методологічної основи - педагогічних досліджень розкриває сутність технології навчання з погляду її змісту, структури і функцій [10].

Основними сутнісними ознаками освітніх технологій виступають: суб'єктна взаємодія, діалогічність, проектність, ресурсна забезпеченість, проблемність, рефлексивність. "Будь-яка навчально-виховна діяльність має сприяти становленню учня як суб'єкта діяльності і соціальних стосунків, оволодіння ним повною структурою діяльності.

Метою навчання є процес педагогічної допомоги студенту в становленні його суб'єктивності, культурної ідентифікації, соціалізації, життєвому самовизначенні.

Педагогічні технології, в яких домінують форми організації навчально-пізнавальної діяльності студентів, максимально забезпечують не лише засвоєння матеріалу, але й сприяють інтелектуальному розвитку особистості, її самостійності, гуманності, уміннями відповідально діяти в життєвих ситуаціях [11].

Таким чином, педагогічні технології сприяють підвищенню якості навчання, посиленню мотивації у навчанні, забезпечують сприятливі умови для здобуття освіти, професійного становлення та розвитку майбутнього фахівця. З метою забезпечення якісного формування компетентностей майбутніх лікарів необхідно розглянути симуляційні технології.

Симуляційні технології розрізняються залежно від рівня технічного засобу симуляції: візуальні, тактильні, реактивні, автоматизовані, апаратні, інтерактивні та інтегровані. Саме симулятори можуть багаторазово і точно відтворити важливі клінічні сценарії і надають можливість адаптувати навчальну ситуацію для кожного студента. Таким чином формуються компетентності володіння загальними і професійними знаннями, навичками; застосування знань на практиці [12].

Симуляційне навчання у професійній підготовці означає, що використовується модель професійної діяльності з метою надання можливості кожному студенту виконати професійну діяльність або її елемент відповідно до професійних стандартів та правил надання медичної допомоги.

**Висновки.** На підставі проведеного аналізу нами виявлено особливості підготовки майбутніх лікарів до формування їх професійних знань, умінь та навичок у закладах вищої освіти. Удосконалення методики викладання учбового матеріалу для підготовки майбутніх фахівців, є складною системою, тривалий процес якого вимагає творчого підходу всього колективу медичного закладу вищої освіти, неперервності впливів на особистість студента з урахуванням специфіки майбутньої професійної діяльності та спектру професійних знань, умінь та навичок, що формуються.

Незважаючи на наявність у сучасній науці значної кількості науково-педагогічних праць, присвячених проблемі підготовки майбутніх лікарів у закладах вищої освіти, вона залишається однією з найбільш актуальних проблем медичної освіти серед особливостей формування засобами сучасних технологій.

#### ЛІТЕРАТУРА.

1. Стинська В., Яцишин З., Кліщ І. Компетентнісний підхід у вищій професійній освіті України. Науковий часопис НПУ імені М.П Драгоманова. Серія 5. Педагогічні науки: реалії та перспективи. 2021. № 1. С. 55 – 68.

2. Бабій С. Основні напрями модернізації освіти: тенденції та перспективи. Вища освіта України. 2014. № 1. С. 28–33.

3. Глушко О. Компетентнісний підхід в освіті : європейський досвід. Науково-педагогічні студії. 2021. № 5. С. 8 – 21.
4. Стинська В. Роль науково-дослідницької діяльності у професійному становленні майбутніх викладачів ЗВО. Матеріали міжнародній науково-практичній конференції «Інноваційний потенціал сучасної освіти та науки». Київ, 2020. С. 240–242.
5. Смагін І. І. Проблеми гармонізації професійних вимог стандартах педагогічної діяльності . Науковий вісник Ужгородського університету. 2019. 2(45). С. 164 - 168.
6. Хоружа Л. Сучасні стратегії трансформації змісту педагогічної освіти. Педагогічна освіта: теорія і практика. Психологія. Педагогіка. 2020. № 33. С. 8 -16.
7. Аширова А. В., Заспа Г. О., Капітан О. В., Кожем'якін О. С. Інформаційна система управління освітньою діяльністю університету. Інформаційні технології – 2021: зб. тез VIII Всеукр. наук.- практ. конф. молодих науковців, (м. Київ, 20 трав. 2021 р.). Київ, 2021.
8. Гула Л. В. Шляхи активізації навчально-пізнавальної діяльності студентів у процесі організації самостійної роботи. Науковий часопис НПУ імені М.П. Драгоманова. Серія 5. Педагогічні науки: реалії та перспективи. 2019. Випуск 72. Том 1. С.126-129.
9. Богославець Г.І. Сучасні підходи до планування діяльності загальноосвітнього навчального закладу. Черкаси: Черкаський інститут післядипломної педагогічної освіти, 2015. 36 с.
10. Тесленко В.В. Формування творчої пізнавальної активності студентів вищих навчальних закладів. Освіта та розвиток обдарованої особистості. 2015. № 1(32). С. 5-11.
11. Білоусова Н. А., Гетало О. В., Яковлева О. С. Підготовка фахівців з оцінки медичних технологій: досвід зарубіжних країн. Фармацевтичний журнал. 2022. 1 (77). с. 63-73.
12. Лазаренко Н. Суперечності , проблеми і парадокси в системі сучасної педагогічної освіти . Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання в підготовці фахівців : методологія, теорія , досвід , проблеми . 2019. № 53. С . 5–9. URL: <https://vspu.net/sit/index.php/sit/article/view/5198>

## ВПЛИВ ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ DXPLAIN У НАВЧАЛЬНУ ПРОГРАМУ ДИСЦИПЛІНИ "СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У СТОМАТОЛОГІЇ" НА НАВЧАЛЬНІ РЕЗУЛЬТАТИ СТУДЕНТІВ

<sup>1</sup>Микола МОЙСЕСЬКО, <sup>1</sup>Лілія ТУРОВСЬКА, <sup>1</sup>Мирослав КУЗИШИН, <sup>1</sup>Юлія МАЗУРЕНКО  
<sup>1</sup>Івано-Франківський національний медичний університет  
*mmoiseyenko@ifnmu.edu.ua*

Діагностика є одним із найбільших викликів у професійній діяльності лікаря, відіграючи ключову роль у досягненні ефективних результатів лікування. Розвиток високого рівня професійних навичок є необхідним для підготовки майбутніх лікарів, причому особливо складним завданням є оволодіння вмінням правильно встановлювати діагноз. Шлях до досягнення майстерності в цій сфері є індивідуальним для кожного студента. Використання систем підтримки клінічних рішень може сприяти цьому процесу під час навчання майбутніх медичних працівників.

Попередні дослідження підкреслюють важливість розвитку клінічного мислення у студентів [1] для ефективного вирішення медичних проблем, розуміючи діагностичний процес як когнітивну діяльність, що необхідна для аналізу та вирішення пацієнтських випадків. Постійне вирішення клінічних задач з різних перспектив і отримання ефективного зворотного зв'язку розглядається як оптимальний спосіб навчання [2].

Належний діагноз є критично важливим не лише для покращення результатів лікування пацієнтів, але й для раціонального використання медичних ресурсів. Робота лікаря включає в себе низку складних завдань, серед яких встановлення діагнозу є одним із найскладніших [3]. Традиційно лікарі покладаються на наукові докази та спрямовані на допомогу пацієнтам, але неминучі помилки в медичній практиці на всіх рівнях надання допомоги вказують на недосконалість цього процесу. Водночас, хоча помилки неможливо повністю уникнути, розуміння їх природи дозволяє знижувати їх вплив і використовувати як цінний досвід для покращення професійної діяльності [4]. В сучасному світі розвиток інформаційно-комунікаційних технологій відкриває нові можливості для впровадження експертних систем підтримки в медичну освіту та клінічну практику, сприяючи зменшенню помилок і підвищенню якості лікування.

Мета даного дослідження полягає у вивченні ставлення студентів-стоматологів до застосування системи підтримки прийняття клінічних рішень DXplain в якості дидактичного інструменту при аналізі клінічних випадків.

Система підтримки прийняття клінічних рішень DXplain [5] — це комп'ютеризована медична довідкова система, розроблена групою дослідників з Лабораторії інформатики (Laboratory of Computer Science) при Массачусетській лікарні загального профілю (Massachusetts General Hospital) у співпраці з Гарвардською медичною школою (Harvard Medical School) для допомоги медичним працівникам у діагностиці та прийнятті клінічних рішень. Між Івано-Франківським національним медичним університетом та The General Hospital Corporation було укладено ліцензійний договір на академічне використання інтернет версії програми DXplain.

Було проведено обсерваційне дослідження з використанням послідовного змішаного методу аналізу. Учасниками дослідження стали студенти другого курсу спеціальності «Стоматологія» Івано-Франківського національного медичного університету. У контексті курсу «Сучасні інформаційні технології у стоматології», студенти мали можливість активно використовувати DXplain для підтримки прийняття клінічних рішень. В кінці курсу було зібрано зворотний зв'язок за допомогою детальної анкети, яка охоплювала такі секції як

«Загальні відомості про респондента», «Досвід використання DXplain», «Оцінка освітнього аспекту» та «Загальне задоволення від курсу».

Підсумки анкетування вказують на високий рівень задоволеності студентів використанням DXplain у навчальному процесі, де 84,9% респондентів позитивно оцінили інтеграцію цієї системи у курс, надаючи їй оцінки 4 та 5 із можливих 5. Цікаво, що 92,3% опитаних студентів рекомендували б використання DXplain іншим студентам для використання під час навчання та при підготовці до фахових іспитів.

З іншого боку, аналіз показав, що рівень попередніх знань студентів у сфері ІТ був оцінений як низький до середнього з середньою оцінкою 2,44 і стандартним відхиленням 0,89. Це може вказувати на потенційні перешкоди у сприйнятті та ефективному використанні технологічних інструментів.

При аналізі легкості використання DXplain середня самооцінка склала 2,63 зі стандартним відхиленням 1,11. Можливим поясненням нижчих оцінок є англomовний інтерфейс програми та відсутність у студентів необхідного рівня професійної компетентності на момент проходження курсу. Це підтверджується тим фактом, що параметр «Легкість використання DXplain» має позитивну кореляцію з інтуїтивністю інтерфейсу (коефіцієнт кореляції  $\sim 0.41$ ), що свідчить про те, що легкість використання програми сприймається в контексті інтуїтивності її інтерфейсу.

Зрозумілість пояснень викладача була оцінена середнім балом 3,56, що свідчить про загалом позитивну оцінку зрозумілості матеріалу, а загальне задоволення курсом— 3,75 з медіаною 4, що вказує на загалом високий рівень задоволення курсом в цілому. Параметр «Зрозумілість пояснень викладача» в свою чергу має сильну позитивну кореляцію з таким параметром як «ефективністю інтеграції DXplain у курс» (коефіцієнт кореляції  $\sim 0.61$ ) та «адекватністю прийняття рішень» (коефіцієнт кореляції  $\sim 0.61$ ), що підкреслює важливість якості викладання для успішного застосування даної програми для прийняття рішень.

Зворотний зв'язок від студентів також підкреслив позитивні аспекти DXplain, такі як швидкість генерації відповідей та глибина діагностичного переліку, включаючи детальний аналіз симптомів та методів лікування у блоках Symptoms та Treatment, що розширює розуміння клінічних випадків та підкріплює навчальний досвід.

Отримані результати вказують на високу ефективність інтеграції DXplain в освітній процес стоматологічного факультету, підкріплюючи значення інноваційних інформаційних технологій у медичній освіті. Думка студентів була позитивною щодо використання DXplain як дидактичного матеріалу на початковому рівні кар'єри, при чому більшість опитаних студентів хотіли б у майбутньому мати доступ до системи. Її використання повинно мати ефективну реалізацію, а також оцінюватися як доповнення до розвитку клінічного обґрунтування. За результатами нашого дослідження рекомендується вводити DXplain як на ранніх етапах медичної підготовки, так і на пізніших клінічних курсах, де застосування цієї системи буде більш мотивованим.

#### ЛІТЕРАТУРА

- [1] N. El-Wakeel and N. Ezzeldin, "Diagnostic errors in Dentistry, opinions of egyptian dental teaching staff, a cross-sectional study," *BMC Oral Health*, vol. 22, no. 1, 2022.
- [2] H. S. Barrows and P. J. Feltovich, "The clinical reasoning process," *Med. Educ.*, vol. 21, no. 2, pp. 86–91, 1987.
- [3] K. W. Eva, R. M. Hatala, V. R. LeBlanc, and L. R. Brooks, "Teaching from the clinical reasoning literature: combined reasoning strategies help novice diagnosticians overcome misleading information: Clinical expertise," *Med. Educ.*, vol. 41, no. 12, pp. 1152–1158, 2007.
- [4] G. Norman, "Building on experience — the development of clinical reasoning," *N. Engl. J. Med.*, vol. 355, no. 21, pp. 2251–2252, 2006.
- [5] P. L. Elkin et al., "The introduction of a diagnostic decision support system (DXplain™) into the workflow of a teaching hospital service can decrease the cost of service for diagnostically challenging Diagnostic Related Groups (DRGs)," *Int. J. Med. Inform.*, vol. 79, no. 11, pp. 772–777, 2010.

## ВИВЧЕННЯ РЕОЛОГІЧНИХ І ГЕМОДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК КРОВІ У КУРСІ МЕДИЧНОЇ І БІОЛОГІЧНОЇ ФІЗИКИ

Сергій СТЕЦЕНКО, Галина МОРОХОВЕЦЬ, Вячеслав ТИМОШЕНКО  
*Полтавський державний медичний університет*  
*tyhaylovych67@gmail.com*

Вивчення реологічних і гемодинамічних характеристик крові, механічних властивостей тканин кровоносних судин у вищій медичній школі є необхідним у розрізі загальних питань біофізики кровообігу. Організація вивчення даної теми має передбачати вивчення наступних структурантів: предмету сучасної біомеханіки, будови серцево-судинної системи, складу крові як суспензії, основних понять гідродинаміки та гемодинаміки – стаціонарної течії та ідеальної рідини, рівняння Бернуллі, в'язкості рідини і крові зокрема, залежності в'язкості крові від швидкості зсуву, формули Пуазейля, ламінарності та турбулентності течій, утворення монетарних стовпчиків і ефекту Фореуса-Ліндквіста.

Окрему увагу при цьому слід приділяти питанню руху еритроцитів через судини, зокрема через мікросудини. Капіляри є кінцевими гілками кровоносної системи, концентрація еритроцитів у них значно впливає на властивості текучості крові. При цьому слід розглядати пластичність та еластичність стінок еритроцитів. Тому важливою є подача теорій поведінки кровотоку в мікросудинах [1]. Для здобувачів вищої освіти медичного профілю вивчення цих теорій сприятиме інтересу до вивчення понять концентраційного градієнта, дифузійних моделей рідин, міграції мікрочастинок, в'язкості суспензій, мембранних процесів. Тут слід акцентувати увагу на тому, що усередині еритроцита знаходиться концентрований розчин гемоглобіну, який поводить себе як в'язка нестислива рідина, а мембрана його є біліпідним шаром, який чинить опір зміні площі. Мембрана також має в'язку стійкість до перехідних деформацій зсуву в площині. Необхідно наголошувати на показниках модуля пружності мембрани еритроцита, пружної деформації, сили адгезії.

Для унаочнення в'язкопружної поведінки мембрани еритроцита корисно використовувати модель Кельвіна-Фойгта, у якій в'язкий та пружний елементи розташовують паралельно [2].

Варто також продемонструвати двовимірний підхід до пояснення в'язкопружних властивостей еритроцита, при якому форма поперечного перерізу кожного еритроцита представлена набором в'язкопружних елементів по периметру та всередині клітин (рис. 1). У моделі внутрішні елементи представляють як внутрішню в'язкість клітини, так і стійкість клітинної мембрани до тривимірних деформацій поза площиною [3, 4].

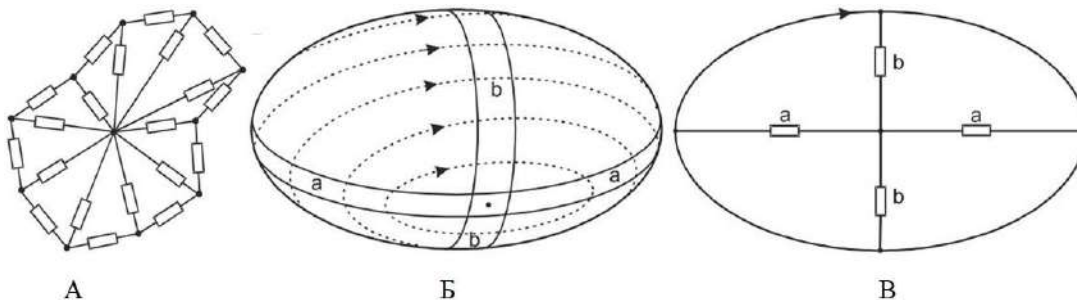


Рис. 1 – Двовимірна модель еритроцита [3]

Необхідно зосереджувати увагу здобувачів на те, що рис. 1 А зображає в'язкопружні елементи, 1 Б – залежність між внутрішніми в'язкими елементами та деформацією мембрани при русі, 1 В – смуги мембрани (a,b) почергово вкорочуються і подовжуються під час руху.

Таким чином, вивчення моделей в'язкопружної поведінки мембрани еритроцита сприятиме розумінню здобувачами поведінки концентрованих суспензій, сприятиме інтересу до вивчення мембранних процесів у клітинах, а також комплексному сприйнятті цих процесів з боку медичної і біологічної фізики, біологічної хімії, фізіології.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Secomb TW. "Mechanics and computational simulation of blood flow in microvessels", *Med Eng Phys.*, vol. 33, №7, p. 800-4. Sep 2011. doi: 10.1016/j.medengphy.2010.09.016
2. Fischer TM. "Shape memory of human red blood cells", *Biophys J.*, № 86, p. 3304–3313. 2004.
3. Secomb TW, Styp-Rekowska B, Pries AR. "Two-dimensional simulation of red blood cell deformation and lateral migration in microvessels", *Ann Biomed Eng.*, № 35, p. 755–765. 2007.
4. Skotheim JM, Secomb TW. "Red blood cells and other nonspherical capsules in shear flow: oscillatory dynamics and the tank-treading-to-tumbling transition", *Phys Rev Lett.*, № 98, p. 078301. 2007.

## EXPANDING ACADEMIC WRITING EXPERIENCE WHEN RESEARCH MATERIALS SUBMITTING THROUGH A WEB-BASED CONFERENCE MANAGEMENT ENVIRONMENT

<sup>1</sup> Tetyana NERODA  
<sup>1</sup> *Ukrainian academy of printing*  
*tetyana.neroda@uad.edu.ua*

**Introduction.** In the context of rapid advancements in medical technologies and scientific discoveries, the ability to express thoughts clearly, objectively, and scientifically and to succinctly present research findings becomes particularly important. Academic writing emerges as a key means for knowledge transmission and consolidating, justification, and demonstration of scientific results, as well as for interaction and information exchange within the medical community. Proficiency in applying academic style is a vital skill for students, as they are required to convey their attainments to others in a format that is understandable and acceptable to society.

Skills in academic writing can be beneficial in medical practice for preparing scientific articles, clinical presentations, medical documentation, and other documents that require structured and precise information delivery. Studying academic writing fosters the development of critical thinking, analysis, and evaluation of information [1]. Later on, these skills will come in handy in medical practice for comprehensive critical evaluation of scientific research, literature, and patient history. Consequently, the acquired analytical techniques, necessary for processing and interpreting complex medical data and clinical cases, assist students in expressing their thoughts and ideas clearly and concisely, which is essential for successful and effective communication with patients, colleagues, and other healthcare professionals.

**Actuality.** Medical staff who possess skills in academic writing are generally considered more authoritative in their field, which can positively impact their career and opportunities for professional growth. Therefore, even if students in medical fields do not plan to engage in scientific research, learning academic writing is an important component of their education, as it fosters the development of a wide range of skills necessary for successful medical practice and professional advancement. In this context, mastering academic writing becomes an integral competency in the preparation of future medical professionals, contributing to their professional development and the improvement of the quality of healthcare delivery.

**Presenting main material.** Preparation and organization of educational and scientific texts, including materials for conferences, require clarity and structured presentation of information. Students have to systematize their thoughts and research results for concise presentation to the audience, which contributes to the development of academic writing skills. Participation in conferences involves public speaking and presentations of scientific materials. Students learn to select key points of their work and clearly articulate them, which enhances their abilities in effective communication and presentation art. During conference preparation, students must exert effort to support their research using scholarly sources and logical arguments. This contributes to the development of analysis and argumentation skills in academic writing. Participation in conferences encourages students to interact with other participants [3] and receive informed evaluation of their work, refining their teamwork skills and ability to accept constructive criticism. Additionally, participating in conferences exposes students to current research and developments in the medical field, helping them expand their knowledge and cultivate critical thinking abilities.

Overall, preparing materials for upcoming publication allows students to actively practice creating structured and logical academic texts, which are key elements in presenting scientific results. They must carefully adhere to the requirements for the listing and formatting of sections in scientific texts, which promotes understanding of academic writing standards. When delineating the topic, students learn to carefully select terminology and formalize ideas precisely and clearly to convey the

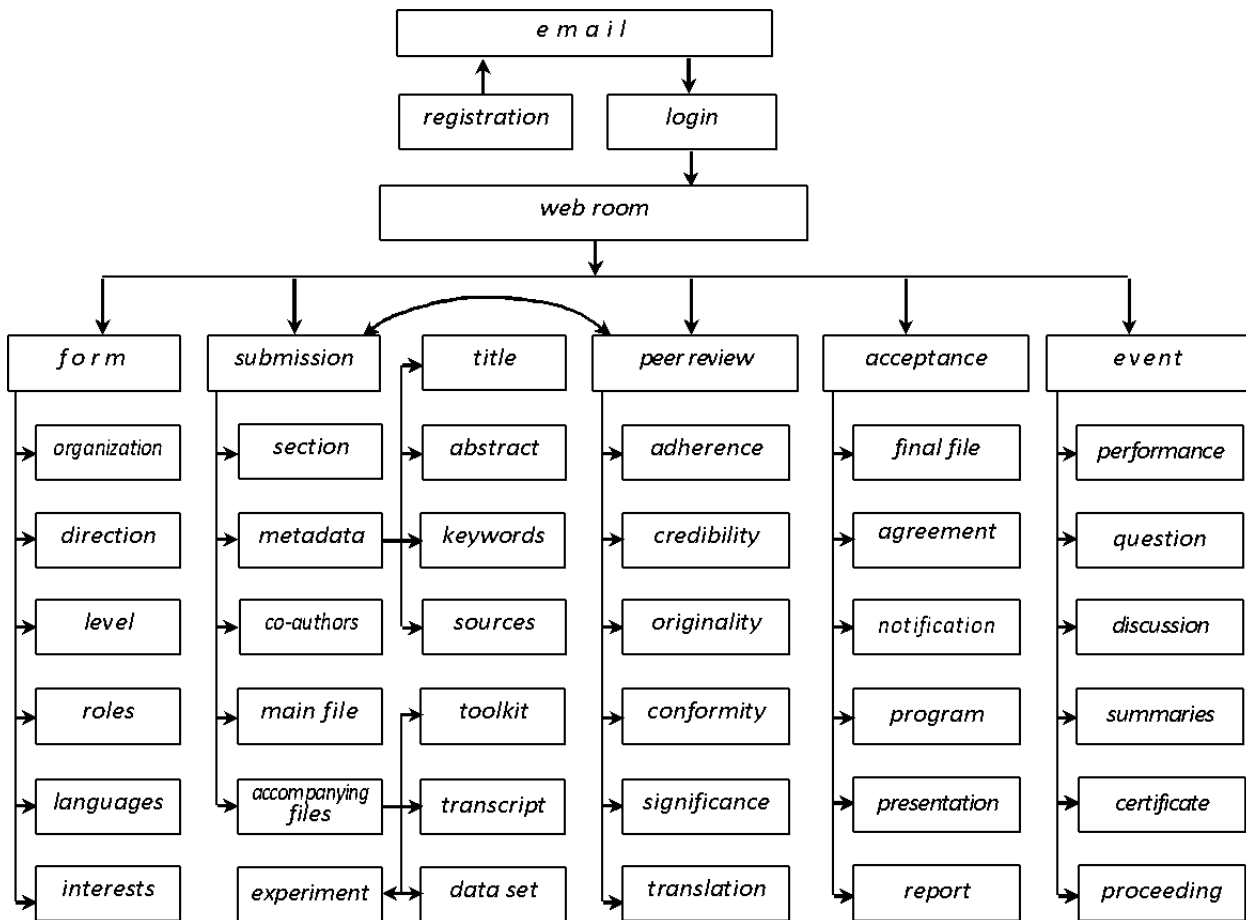
essence of their research. Understanding the needs and expectations of the target audience helps in choosing the appropriate style and means of presenting the subject area. Additionally, the process of formatting materials requires accuracy and objectivity in presenting information, supports authorial argumentation, and ensures the validity and authenticity of results. In the medical and biological fields, it is especially important to adhere to regularity and trueness in data presentation, understand the ethical aspects of scientific research, such as data confidentiality, and adhere to principles of integrity [4].

In mastering the art of academic writing in the preparation of scientific and report texts, a number of specific pedagogically oriented methods are employed [2]. For instance, it is important for students to master the methodology of scientific research, including formulating hypotheses, planning experiments, analyzing data, and drawing conclusions. The process of sourcing appropriate references to support their assertions and research is a complex and responsible task that requires not only technical skills but also a deep understanding of the subject area. By stimulating active search activity and encouraging students to feel like real researchers exploring new horizons of knowledge, this stage forces them to systematically compare and evaluate information from various sources, choose well-founded and reliable information, and allows them to gain a comprehensive understanding of the chosen topic. Thus, searching and treatment sources process is not only a necessary stage in the preparation of written works in the field, but also an important means of developing students' intellectual and analytical abilities [3].

Therefore, thoroughness in providing references to the used sources is a key component of academic integrity, allowing readers to verify the reliability and authenticity of the presented information, its relevance to the topic, and prompting them to refer to additional literature for deeper understanding of the subject area [4]. Providing references demonstrates respect for the work of other researchers and helps avoid suspicions of plagiarism. When completing citations for sources, it is important to adhere to established academic standards of citation and the appropriate style of bibliography depending on the specific requirements of conference organizers. Properly providing references to the used sources is an important element of academic writing that helps maintain intellectual honesty, supports the quality of research, and contributes to the development of the scientific community.

An important component of publishing research results is the process of submitting materials through a web-based conference management environment. This class of cloud content processing services provides students with the opportunity to finally structure their work while adhering to established submission deadlines and rules (Figure). During the *registration* stage and subsequent *login* to the system, the author creates a *web room* (account) in the conference web service, usually receiving credentials via *email*. This stage develops digital literacy skills in using personalized information technologies, which are important for further academic activities. Next, the student selects the *section* that best corresponds to the topic of their work: this stage helps students identify the audience and context in which their research will be presented, thus facilitating better communication and adaptation to the requirements of the scientific fellowship. In the *metadata* make out division, authors enter information about their work, including the *title*, *abstract*, and *keywords*. Here, students are trained to structure and summarize information about their research according to the standards of academic writing. Next, the *file* main text of the research and *accompanying files* are attached and uploaded. This stage provides students with the opportunity to rethink their work and the relationships between the forms of their results, thus contributing to their professionalism. The experience gained from interacting with the functionality of web services helps develop skills in effectively using modern human-machine interfaces and content management technologies. After successfully completing the previous steps, the author reviews the correctness of the metadata and the list of attached materials and confirms their intention to participate in the conference, demonstrating responsibility and independence in conducting scientific research and submitting their results for publication.





Communication processes for handling submissions in web-based conference management system

A significant aspect of the processing of submitted materials by conference organizers is their *peer review*. Conference organizers may provide feedback on the submitted works, including decisions regarding their acceptance or rejection, as well as comments and recommendations for further improvement. At this stage, experts from the selected section analyze and evaluate the work in terms of its *relevance*, *credibility*, and importance to the subject area, identifying the strengths and weaknesses of the research. The submitted materials are considered in terms of their methodology, *adherence* to formatting standards, *originality*, and the *significance* of the results. In the case of submissions in a foreign language, the quality of *translation* is also evaluated. Reviewers provide constructive comments and recommendations for improving the works and potential directions for further research. Students receive feedback on their work, helping them understand their strengths and weaknesses and grasp the intricacies of the scientific communication system, which contributes to further improvement, enhancement of the quality and credibility of publications, and the development of the student scientific community through the exchange of professional knowledge and experience.

After a positive decision from the editorial board regarding the *acceptance* of the paper for participation in the conference, the author receives *notification* and instructions regarding further acts. The next step involves authors confirming their participation using a web service or other means provided by the organizers. Signing the copyright *agreement* is an important step where students can gain experience in formulating and understanding the terms regarding the publication of their work. This requires careful analysis of all clauses of the document and consideration of legal aspects. Further preparation of the *presentation* and *report* involves the ability to succinctly, clearly, and concisely present the results of their research to the audience.

These actions include writing the presentation text, preparing slides, and structuring information for maximum clarity, which are important aspects of academic writing. Finally, by performance the prepared presentation to the audience during the webinar, the student demonstrates their knowledge and research competencies, conveys original ideas, and defends their assertions. This *event* requires students to have skills in structuring information, selecting words carefully, and being confident in public speaking, especially in a foreign language, articulating thoughts, and effectively communicating with the audience. During the conference *performance*, as well as during the question-and-answer session and subsequent *discussion*, students gain experience in time management, focus on active learning, and learn to analyze information before further dissemination. After the presentation, it is important to conduct a comprehensive analysis, identify strengths and weaknesses, acknowledge achievements, recognize mistakes, and determine directions for further improvement.

**Conclusions.** The stages outlined for submitting materials through the conference management web environment provide authors with a convenient and efficient way to perform the entire process of preparing for participation in scientific events. This allows them to focus on the quality and content of their work, minimizing administrative difficulties. However, this process also requires authors to be attentive and adhere to all requirements regarding text structuring and submission deadlines. Thus, by expanding their acquired skills in academic writing, students gain the opportunity to better understand the process of scientific communication, improve their abilities to organize and present research, and enrich their experience in interacting with the scientific fellowship.

## REFERENCES

- [1] Dehghan A, Fazilatfar A. M., Jabbari A. K. (2024). The Impact of Data-Driven Learning on Medical Students' English Academic Writing. *Journal of Medical Education and Development*, 18/4. P. 94-110. doi: 10.18502/jmed.v18i4.15180.
- [2] Kostenko V., Solohor S. M. (2018). How to incorporate academic writing pedagogy in undergraduate and postgraduate medical education. *Wiadomości Lekarskie*, 71/2. P. 261-265.
- [3] Ivaskiv R., Neroda T. (2019). Designing the Integrated Multi-User Media Platform for Educational and Scientific Research Support. *Computer science and information technologies*, 14/3. P. 39-43. doi: 10.1109 / STC-CSIT.2019.8929880.
- [4] Neroda T. (2019). Student scientific creativity as basis of incipience the information culture. *Academic integrity: challenges of the present*, 6. P. 94-98.

## ПРОБЛЕМИ ВИКЛАДАННЯ БІОЛОГІЧНОЇ І МЕДИЧНОЇ ФІЗИКИ ДЛЯ ЗДОБУВАЧІВ ГАЛУЗІ ЗНАНЬ «ОХОРОНА ЗДОРОВ'Я»

Володимир ФЕДІВ, Олена ОЛАР, Тетяна БІРЮКОВА  
*Буковинський державний медичний університет*  
vfediv@ukr.net elena.olar@ukr.net tanokbir@ukr.net

Застосування фізики у медицині культивувалося століттями, від спостережень закономірностей явищ у біологічних структурах до винайдення і появи у повсякденній роботі науковців у галузі медицини та суміжних галузей інструментарію та методів дослідження, перевірених часом. Останні два-три десятиліття максимально прагнуть поєднати набуті впродовж століть знання з комп'ютерними та комунікаційними технологіями. Це сприяло появі найсучасніших неінвазивних діагностичних методів та вивело медичні послуги, в цілому, на новий якісний рівень. Такий стан речей залишатиме привабливими для галузі медицини наукові здобутки в галузі фізики і суміжних дисциплін. З точки зору вищої медичної освіти для здобувачів освіти галузі знань «Охорона здоров'я» дисципліни циклу загальної та частково спеціальної підготовки пов'язані з біологічною та медичною фізикою («Медична та біологічна фізика», «Біофізика з фізичними методами аналізу», а також відповідної спрямованості елективні курси, запропоновані у кожному медичному ЗВО) відіграють важливу роль у формуванні в здобувачів освіти причинно-наслідкових ланцюжків, які важливі для формування клінічного мислення та створюють фундамент для вмінь щодо використання технічних засобів діагностики та інтерпретації результатів сучасних методів дослідження.

Сьогодні в Україні виникла гостра потреба у перегляді ситуації з вивченням фізики та математики, яка виступає елементом формалізації для всіх природничих наук, на етапі базової освіти. Проведені міжнародні дослідження з якості освіти PISA направлені на оцінювання здатності школярів старшої школи застосовувати знання й вміння з природничих дисциплін і математики показали, що рівень знань і вмінь знижується в усіх країнах-учасниках дослідження (країни Організації економічного співробітництва та розвитку - ОЕСР), а в Україні за стандартами PISA учнівська молодь показує відставання приблизно на 1,5 року навчання з математики та рік і вісім місяців з природничо-наукових дисциплін, причому без особливих гендерних відмінностей [1, 2].

Таким чином, на початок навчання у ЗВО вже зафіксована нестача знань і вмінь, які необхідні для опанування наступного рівня освіти. Крім того, на відміну від інших освітніх напрямків, напрямок «Охорона здоров'я» вимагає значно вищих результатів НМТ, тобто здобувачі освіти потенційно повинні мати у порівнянні зі студентами інших ЗВО вищу здатність до навчання. І проблема полягає не тільки у викликах пов'язаних із COVID-19 та веденням бойових дій в Україні. Це загальна тенденція і вона потребує як найшвидшого вирішення.

За нашими багаторічними спостереженнями третина студентів, які вступають на навчання за спеціальностями галузі знань «Охорона здоров'я» не очікують у своєму навчальному плані наявності дисциплін, пов'язаних з фізикою, вони не приділяли їй значної уваги, в тому числі через неналежну увагу до питань з боку викладачів, відсутність представлення у навчальних матеріалах на рівні старшої школи елементів, важливих для медичної галузі в якості прикладів застосування деяких закономірностей і явищ, несформованістю поглядів щодо важливості природничої компоненти у батьків майбутніх студентів, які могли б слугувати елементом зовнішньої мотивації при достатній кількості аргументів та ін. Але зв'язок теми заняття з майбутньою професійною діяльністю здобувачів освіти медичного спрямування забезпечує відносно стійку мотивацію до вивчення

дисципліни. Проведення практичних занять з природничих дисциплін передбачає виконання практичних і лабораторних завдань, які мають на меті формування розуміння студентами фізичного явища, що лежить в основі певного процесу і пов'язано із його застосуванням у майбутній професії. Метою викладання дисциплін фізико-математичного напрямку, безумовно, є тісний зв'язок тих чи інших фізичних явищ чи процесів з їх застосуванням у медицині з метою діагностики, лікування та профілактики захворювань. Для покращення сприйняття та розуміння фізичних явищ/процесів доцільним є використання демонстраційних фізичних моделей, виконання лабораторних досліджень та обробка результатів вимірювань для формування висновків. При поясненні основних фізичних закономірностей викладач акцентує увагу на аспектах, пов'язаних з медициною, що слугуватиме, безумовно, підвищенню мотивації майбутніх спеціалістів до вивчення медичної та біологічної фізики. Сьогодні гостро відчувається проблема вмотивованості здобувачів освіти до вивчення дисциплін природничого напрямку, зокрема математики та фізики. Причиною цього часто є нерозуміння студентами концептуальних зв'язків між природничими дисциплінами і медициною. Основним завданням викладача є подання навчального матеріалу з огляду на майбутню професійну діяльність здобувачів освіти медичного спрямування та акцентування на використанні набутих практичних навиків у майбутньому. Навчально-пізнавальна мотивація найактивніше спонукає студентів до пошуку відповідей на проблемні запитання, за умови, що вони пов'язані з їх фаховою підготовкою, тому необхідно враховувати при викладанні дисциплін майбутню спеціалізацію здобувачів освіти та акцентувати увагу на проблемних питаннях галузі, до якої вони матимуть відношення.

Отже, все вищенаведене, ставить нові цілі і завдання перед викладачами природничих напрямків ЗВО, тому що вони повинні сформулювати відповідні компетентності у здобувачів освіти згідно Стандартів [3,4], які вимагають сучасного рівня навченості майбутнього фахівця, в умовах постійного зменшення кількості аудиторного навантаження, недостатньої кількості систематизованого і узагальненого оновленого навчального і навчально-методичного контенту, над яким потрібно постійно працювати, недостатнього рівня фінансування практичної оснащеності сучасного лабораторного практикуму, низької мотивації у студентів (іноді її відсутність) через низький вхідний рівень знань з фізики у здобувачів освіти та ін.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Результати міжнародного дослідження якості освіти PISA-2022. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://mon.gov.ua/ua/news/rezultati-mizhnarodnogo-doslidzhennya-yakosti-osviti-pisa-2022>. Дата звернення: Бер. 29, 2024
2. Результати PISA-2022 в Україні: наскільки погіршилися навички та знання учнів. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://www.slovoidilo.ua/2023/12/08/infografika/suspilstvo/rezultaty-pisa-2022-ukrayini-naskilky-pohirshylysy-navychky-ta-znannya-uchniv>. Дата звернення: Бер. 29, 2024.
3. Стандарт вищої освіти другого (магістерського) рівня, галузь знань 22 Охорона здоров'я, спеціальність 222 Медицина. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/vishcha-osvita/zatverdzeni%20standarty/2021/11/09/222-Medytsyna.mahistr.09.11.pdf>. Дата звернення: Бер. 29, 2024.
4. Стандарт вищої освіти другого (магістерського) рівня, галузь знань 22 Охорона здоров'я, спеціальність 221 Стоматологія. [Електронний ресурс]. Доступно:

<https://mon.gov.ua/storage/app/media/vishcha-osvita/zatverdzeni%20standarty/2019/06/25/221-Stomatolohiya-mahistr.20.01.22.pdf> .

Дата звернення: Бер. 29, 2024.

5. Стандарт вищої освіти другого (магістерського) рівня (далі – Стандарт), галузі знань 22 Охорона здоров'я спеціальності 226 Фармація, промислова фармація спеціалізації 226.01 Фармація; 226.02 Промислова фармація. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/vishcha-osvita/zatverdzeni%20standarty/2022/11/11/226-Farmatsiya.promyslova.farmatsiya.mahistr-zminy-981-04.11.2022.pdf>. Дата звернення: Бер. 29, 2024.

## ПРОФЕСІЙНИЙ ПОРТРЕТ ВИКЛАДАЧА МЕДИЧНОЇ ТА БІОЛОГІЧНОЇ ФІЗИКИ МЕДИЧНОГО ЗВО

Володимир ФЕДІВ, Олена ОЛАР, Тетяна БІРЮКОВА  
*Буковинський державний медичний університет*  
*vfediv@ukr.net elena.olar@ukr.net tanokbir@ukr.net*

Набуття знань і концептуальне розуміння елементів медичної та біологічної фізики є фундаментальними для успішного навчання студентів-медиків. Фізичні поняття та закономірності, між- та трансдисциплінарні зв'язки медичної і біологічної фізики з клінічними дисциплінами є важливими складовими для розвитку клінічного мислення та наукового критичного мислення майбутнього лікаря. Це, своєю чергою, вимагає від особистості викладача медичної та біологічної фізики ряду важливих професійних якостей та компетенцій, як загальних так і спеціальних [1, 2].

Спробуємо окреслити загальний портрет викладача біофізики медичного ЗВО України, за результатами самоаналізу власної професійної діяльності. Аналіз навчального контенту на практично однаковий перелік навчальних тем, незалежно від ЗВО вказує на те, що всі викладачі намагаються зосереджуватися на зв'язках між фізичними чинниками і медичним обладнанням та закономірностями у біологічних структурах, як джерел і об'єктів впливу фізичних чинників. Слід підкреслити, що змістовна частина матеріалу залежить від переважаючих компетентностей викладачів, що підкреслює необхідність в обміні досвідом щодо конкретних педагогічних активностей між викладачами різних ЗВО, як одного із напрямків підвищення ролі медичної і біологічної фізики в здобутті професійних компетентностей майбутніх медичних працівників в Україні. Враховуючи, що кількість і складність медичних технологій, пов'язаних з галуззю фізики постійно збільшується, а також розширюється база знань про закономірності функціонування живої і неживої матерії, сучасний викладач медичної та біологічної фізики повинен постійно оновлювати та накопичувати наявну в нього базу знань. Сьогодні, в основному, це результат самоосвіти, здебільшого з використанням ресурсів провідних закордонних навчальних та наукових джерел. Основними завданнями викладача медичної та біологічної фізики, як модератора і фасилітатора навчального процесу для здобувача освіти, є необхідність підготовки сучасного, інформативного, валідного, логічно структурованого, зрозумілого для здобувача освіти навчального контенту, забезпеченого практичними роботами та пошук педагогічних інструментів та засобів, які будуть ефективними в опануванні дисципліни студентами першого року навчання, які мають комплекс проблем, а саме недостатній базовий рівень знань, зміни стилю життя та вимоги до процесу навчання з переорієнтацією в бік самостійної роботи та ін.

Важливу роль відіграють загальна методика викладання, яка розвивається в колективах відповідних кафедр з набуттям педагогічного досвіду та методики контролю, які відпрацьовуються постійно визначаючи навчальні наміри та критерії успіху здобувачів освіти. Викладачі застосовують для викладання дисципліни методики проблемно-орієнтованого навчання, інтегрування в особистий досвід студента, роботу здобувачів освіти в командах для вирішення поставлених задач, паралельне використання м'яких навичок, які добре себе зарекомендували у медичній освіті для клінічних дисциплін.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Григорів, Г.В., Альохіна, Н.В. (2021). Психологічний портрет сучасного викладача ЗВО: дослідження та моделювання. *Збірник наукових праць "Педагогічні науки"*, № 94, 38-44.
2. Апостол, О.В. (2019). Професійний імідж викладачів закладів вищої освіти як проблема педагогічної теорії та практики. *Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова. Серія 5 : Педагогічні науки : реалії та перспективи*. Вип. 72 (т.1), 27–31.

## БЛОК ТЕСТОВИХ МЕТОДИК ДЛЯ АНАЛІЗУ ЗДАТНОСТІ СТУДЕНТІВ ДО ОНЛАЙН НАВЧАННЯ

Юрій ГУЛЬЧАК, Анатолій ТЕРЕНЧУК  
Вінницький національний медичний університет ім. М.І. Пирогова  
jurigulchak@gmail.com

**Актуальність.** Сучасний світ переосмислює підходи до освітнього процесу. Пандемія COVID-19, руйнівні війни змінюють напрацьовані багаторічною практикою принципи і методи навчання. Нові інформаційні технології, штучний інтелект завойовують світ, спрощують доступ до знань. Якість навчання все більше стає залежною від індивідуально-психологічних властивостей особистості. На перший план виступають когнітивна і афективна сфери діяльності людини, її здатність самостійно сприймати, осмислювати і застосовувати на практиці нові знання.

При навчанні в дистанційному або змішаному форматах успішність студентів залежить як від форм донесення матеріалів викладачем, так і здатності сприймати і опрацювати поданий матеріал. Індивідуальні якості студента стають одним з важливих факторів успішного навчання. Але, не жаль, їм приділяється недостатньо уваги.

**Мета.** Відбір тестових методик для аналізу індивідуально-психологічних властивостей особи окремого студента сприймати і застосовувати на практиці он-лайн аудіо- та відеоінформацію у дистанційному режимі; співставлення персоналізованих властивостей студента з успішністю його навчання.

**Результати:** Основою дистанційної форми організації освітнього процесу є самостійна робота з матеріалом, поданим викладачем, і вона повинна підтвердити сприйняття і засвоєння матеріалу. Успішність тісно пов'язана з індивідуально-психологічними якостями особистості. Тому в роботі запропоновано дворівневий набір тестових методик, які дозволяють оцінити елементи як когнітивної, так і афективної сфери особистості.

Відібрані тестові методики охоплюють на першому рівні базові когнітивні властивості студента (рис. 1), на другому рівні - його відношення до процесу отримання нових знань.

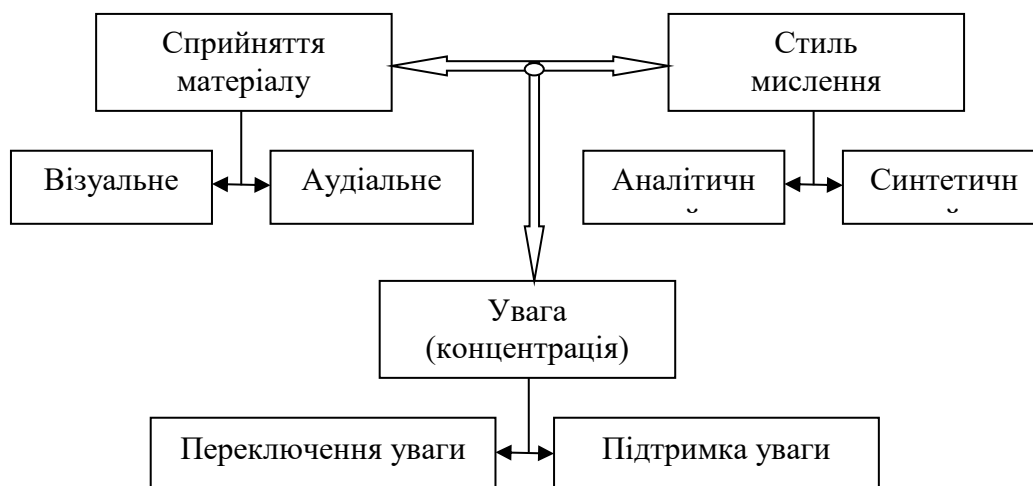


Рисунок 1 – Дворівнева структурна схема тестових методик оцінювання якості знань, отриманих за допомогою он-лайн технологій (когнітивні властивості).

Виділені процеси сприйняття, уваги, мислення як найбільш важливі для персоналізації контингенту студентів під час аналізу їх рівня знань під час он-лайн навчання.

Риси, які характеризують індивідуально-типологічні властивості студента з точки зору процесу отримання нових знань, визначаються такими властивостями як прагнення до саморозвитку і самоосвіти, рівнем самоорганізації тощо (рис.2).

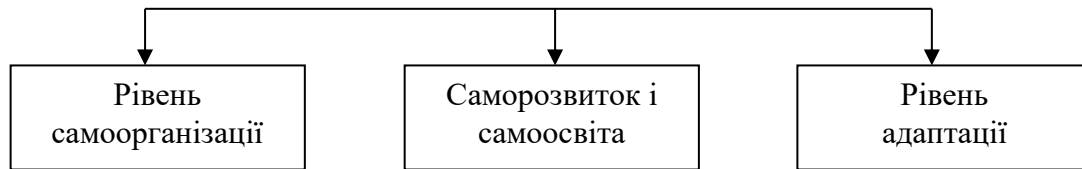


Рисунок 2 – Індивідуально-типологічні властивості студента з точки зору процесу отримання нових знань

Самоорганізація студента, його мотивація впливають на якість як очного, так і дистанційного навчання. Проведені дослідження мали на меті підтвердити або спростувати тезу про силу взаємозв'язку успішності студента і його персональних якостей.

В роботі було досліджено декілька груп студентів першого і другого курсів медичного університету, які відрізняються за спеціальністю (фармація, медична психологія), рівнем загальної підготовки, мотивацією. Усім їм було запропоновано пройти декілька тестів, які відображають різноманітні чинники особистого складу характеру, структури та індивідуально-психологічних особливостей особистості.

Під час оцінювання когнітивних процесів використовувались: тест безперервної продуктивності Continuous Performance Test (CPT) який оцінює реакцію на основні і другорядні (відволікаючі) стимули, візуальні або слухові та тест на концентрацію уваги (Торндайка), тести «Здібність до класифікації та аналізу» (А.А.Кареліна) та «Стилі мислення». Для дослідження індивідуально-типологічних властивостей особистості, самоорганізації студента, його мотивації до навчання використовувались: тест «Діагностика реалізації потреб у саморозвитку» (методика Г. Олпорта); тести на адаптивність та рівень самоорганізації студента.

Для надійності і достовірності тестів були застосовані принцип дублювання (паралельності) тестів та повторення їх через ретестовий період (два і чотири тижні). Для аналізу були відібрані загальновизнані тестові методики і їх вітчизняні тематичні аналоги. Для підтвердження достовірності результатів тестування за можливістю використовувались паралельні форми – два подібні тести з подальшою корекцією результатів.

Були розроблені уніфіковані бланки для аналізу результатів тестування і отримання висновків, а також рекомендацій щодо можливості корегування властивостей особистості, які піддаються корекції або покращенню.

**Висновки:** В результаті аналізу даних тестування були отримані такі результати:

Блок тестів для оцінювання когнітивної сфери особистості показав однозначну кореляцію аналітичного і синтетичного стилів мислення і успішності навчання. В той же час високий рівень концентрації уваги не підтверджує її відповідність високим результатам навчання.

Середній рівень здатності до саморозвитку та самоосвіти підтверджується результатами успішності навчання. Але тестування показало що завищені показники рівня саморозвитку, декларовані самими студентами, не підтверджуються високим рівнем знань.

Рівень адаптування до умов дистанційного навчання знаходиться на межі між середнім і низьким, а в окремих випадках близьким до мінімального. Дані результати потребують додаткових досліджень.

Високий рівень самоорганізації окремих студентів, здатність раціонально витратити свій час підтверджують успішність їх навчання.



## ОРГАНІЗАЦІЯ САМООСВІТНЬОЇ ДІЯЛЬНОСТІ З ФІЗИКИ У ЗАКЛАДАХ ФАХОВОЇ ПЕРЕДВИЩОЇ ОСВІТИ МЕДИЧНОГО ПРОФІЛЮ

1Олександр КОБИЛЯНСЬКИЙ, 1Олексій ЖМУРКО, 1Володимир ТАТАРЧУК  
*Вінницький національний технічний університет*  
*akobilanskiy@gmail.com*

Сучасні дослідження акцентують увагу на важливості підготовки кваліфікованих фахівців, які в подальшому ефективно виконуватимуть свої професійні обов'язки та постійно підвищуватимуть рівень фахової компетентності протягом усього життя. В закладах перед вищої освіти це завдання ускладнюється, оскільки студенти одночасно отримують і загальну середню освіту. Таким чином, викладачі загальноосвітніх предметів стикаються з потребою органічного поєднання професійної підготовки з отриманням загальної середньої освіти. Це породжує проблему стимулювання активності студентів у процесі вивчення фізики та формування їхньої мотивації для досягнення визначених результатів навчання.

Проблема впровадження новаторських методів навчання була предметом дослідження низки вчених, чії висновки відображені у публікаціях [1-3] та інших наукових джерелах. В наукових публікаціях з окресленої проблеми визначено необхідність впровадження інноваційних педагогічних підходів для підвищення ефективності вивчення фізики. Окрім того, важливо враховувати індивідуальні особливості студентів та їхні інтереси під час моделювання освітнього процесу. Новаторські методи та технології можуть стати ефективним інструментом для стимулювання зацікавленості студентів у вивченні фізики та досягнення успішних результатів.

Слід відзначити, що в контексті реформування вищої освіти у сучасному суспільстві роль та функції викладача змінюються: від передачі знань студентам до організації їх освітньої діяльності. Важливість самоосвітньої компетентності набуває великого значення як визначник професійної активності майбутніх спеціалістів. Студенти перетворюються з пасивних слухачів у активних учасників освітнього процесу, які самі визначають свою освітню траєкторію. У такому контексті стає актуальним завдання навчити студентів самостійно вчитися, розвиваючи їх навички самоосвітньої діяльності.

По відношенню до вивчення фізики це ще більш актуалізується, оскільки вимагає від студентів не лише засвоєння фактів і теорій, а й розвитку аналітичного мислення та навичок критичного аналізу. Викладачі повинні стимулювати студентів до самостійних досліджень, експериментів та пошуків нових шляхів розв'язання проблем. Такий підхід допомагає студентам глибше зрозуміти фізичні концепції та застосовувати їх у практичних ситуаціях. В результаті студенти не лише засвоюють матеріал, але й розвиваються як самостійні дослідники.

На основі аналізу наукових публікацій та власного педагогічного досвіду, який відображений у ряді джерел [4-7], ми визначили низку вимог до організації самоосвітньої діяльності студентів в закладах фахової передвищої освіти під час вивчення фізики.

1) Формування мотивації студентів до саморозвитку, зокрема шляхом демонстрації сучасних досягнень у медичній галузі та надання прикладів успішних фахівців, які здобули професійне визнання.

2) Ознайомлення студентів із змістом самоосвітньої діяльності та принципами її здійснення. На жаль, часто студенти навчаються не з внутрішньої потреби та бажання до саморозвитку, а під впливом зовнішніх чинників, таких як страх перед невдачею на екзаменах чи втрата стипендії.

3) Створення проблемних навчальних ситуацій з фізики, які стимулюють їх до пошуку відповідей та самоосвіти.

4) Реалізації заходів щодо формування рефлексії у студентів, що сприятиме їх самоусвідомленню та формуванню відповідальності за власне навчання та розвиток.

Для дотримання вищезазначених вимог доцільно здійснювати планування, яке включатиме як поточні, так і перспективні кроки щодо здійснення самоосвітньої діяльності студента. Важливим є визначення його індивідуальної освітньої траєкторії, а також підбір оптимальних методів та форм для засвоєння та аналізу інформації. Програма самоосвітньої діяльності студента має охоплювати як розвиток та удосконалення фахових навичок, так і поглиблення знань у загальноосвітніх предметах, зокрема в галузі фізики. Забезпечення ефективності самоосвітньої діяльності студентів також передбачає створення системи постійного моніторингу його прогресу та коригування освітнього процесу відповідно до його потреб та індивідуальних особливостей.

У процесі навчання фізики у закладах фахової передвищої освіти необхідно обов'язково враховувати специфіку майбутньої професійної діяльності здобувачів, враховуючи сучасні тенденції у галузі освіти. Важко передбачити, з якими труднощами зіткнеться випускник у практичній діяльності та з якими розділами фізики він буде працювати, тому необхідно забезпечити високий рівень професійної підготовки студентів. Такий підхід дозволить створити основу для подальшого вивчення професійних дисциплін з урахуванням інтегрованого підходу та відповідатиме вимогам сучасного етапу реформування вищої освіти.

Таким чином, організація самоосвітньої діяльності студентів з фізики у закладах фахової передвищої освіти медичного профілю є невід'ємною складовою формування професійної компетентності майбутніх медичних працівників. З метою підготовки висококваліфікованих фахівців, які здатні ефективно використовувати фізичні принципи в медичній практиці, важливо створювати сприятливі умови для самостійного вивчення фізики. Необхідно постійно вдосконалювати методи та форми навчання, впроваджувати інноваційні підходи та використовувати сучасні технології з метою забезпечення якісного вивчення фізики студентами медичних спеціальностей. Здійснення ефективної самоосвітньої діяльності вимагає спільних зусиль викладачів, студентів та адміністрації закладу, а також постійного аналізу та вдосконалення освітнього процесу.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. M. Rostoka, A. Guraliuk, O. Kuzmenko, T. Bondarenko and L. Petryshyn «Ontological Visualization of Knowledge Structures Based on the Operational Management of Information Objects», in *Educating Engineers for Future Industrial Revolutions. ICL 2020. Advances in Intelligent Systems and Computing*. Auer M.E., Rüttemann T., Eds. Cham: Springer, 2021, vol 1329. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-68201-9\\_82](https://doi.org/10.1007/978-3-030-68201-9_82).
2. O. Stryzhak, V. Prychodniuk, and V. Podlipaiev «Model of Transdisciplinary Representation of GEOspatial Information», in «Advances in Information and Communication Technologies. UKRMICO 2018. Lecture Notes in Electrical Engineering». Pchenko M., Uryvsky L., Globa L., Eds., Cham: Springer, 2019, vol 560. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-16770-7\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-030-16770-7_3).
3. В.Б.Дем'яненко і В.М. Дем'яненко «Онтологічні аспекти освітніх сервісів адаптивного навчання», *Наукові записки Нац. пед. ун-т імені М.П. Драгоманова*, вип. СХХХІІІ (133), С. 68–78, 2017.
4. С.В. Дембіцька «Актуальні аспекти розвитку STEM-освіти у навчанні природничо-наукових дисциплін», в *Збірник матеріалів IV Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 70-річчю Льотної академії Національного авіаційного*

- університету, м. Кропивницький, 12-13 травня 2021 р. Кропивницький: Льотна академія НАУ, 2021. С.78-81.
5. С.В. Дембіцька, І. М. Кобилянська і С.С. Пугач «Особливості реалізації навчання впродовж життя фахівців технічних спеціальностей», *Педагогічний альманах*, випуск 46, С. 117–124, 2020. <https://doi.org/10.37915/pa.vi46.117>.
  6. С.В. Дембіцька, І. М. Кобилянська і С.С. Пугач «Самоосвітня діяльність студентів технічних спеціальностей як наукова проблема», *Вісник Національного університету «Чернігівський колегіум» імені Т. Г. Шевченка. Серія: Педагогічні науки*, випуск 12 (168), С.23–28, 2021. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4769229>.
  7. С.В. Дембіцька і Кобилянський О.В. «Самоосвітня діяльність студентів технічних спеціальностей як педагогічна проблема», в *Матеріали Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Тенденції та перспективи розвитку науки і освіти в умовах глобалізації»*: Зб. наук. праць. Переяслав-Хмельницький, Вип. 42, С. 258–260, 2018.

## ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ В ЗВО МЕДИЧНОГО ПРОФІЛЮ

<sup>1</sup>Софія ДЕМБІЦЬКА, <sup>1</sup>Ірина КОБИЛЯНСЬКА  
*<sup>1</sup>Вінницький національний технічний університет  
sofiyadem13@gmail.com*

У XXI столітті стрімкий розвиток інформаційних технологій сприяв поширенню дистанційного навчання у ЗВО, а поширення пандемії Covid-19 та запровадження карантинних заходів значно прискорило перехід від традиційних методів навчання до цифрових форм. Аналіз наявної практики дистанційної освіти в розвинених країнах не лише сприяє глибшому розумінню сутності, змісту, соціальної ролі та функцій цього освітнього явища у сучасному світі, а й дозволяє прогнозувати перспективи його впровадження у майбутньому.

У вітчизняному освітньому середовищі також спостерігається ряд наукових досліджень, присвячених впровадженню дистанційного навчання. Наприклад, у роботі, авторами якої є С. Дембіцька та О. Баранецька [1], розглядаються умови застосування мобільних додатків для виконання лабораторних робіт на відстані. В іншому дослідженні [2] проведено аналіз різних сервісів відеозв'язку з метою забезпечення навчального процесу у контексті змішаного навчання. У науковій роботі [3] розглянуто пропозиції щодо вдосконалення організації самостійної роботи студентів у вищих навчальних закладах у контексті дистанційного навчання.

Проте, незважаючи на значні переваги, дистанційна форма роботи має свої обмеження. Наприклад, визначити, чи виконує конкретний студент поставлене завдання можна лише у віртуальному середовищі. Крім того, відсутність прямого контакту між викладачем та студентом у дистанційному навчанні може утруднити процес формування думок та аргументації студентів порівняно з традиційними умовами навчання. Для успішного функціонування у дистанційній формі роботи необхідні навички самоорганізації, вміння управляти часом та внутрішня мотивація для освоєння навчального матеріалу. Більш того, незважаючи на значні перспективи дистанційного навчання у вищій школі, дистанційні технології в медичних закладах вищої освіти мають свої особливості, оскільки вимагають врахування специфіки медичної освіти та клінічної практики. Це включає не лише передачу теоретичних знань, але й практичне навчання, що потребує відповідних віртуальних інструментів та симуляторів. Крім того, важливо забезпечити взаємодію між студентами та викладачами для ефективного навчання на відстані. Необхідно також забезпечити високий рівень конфіденційності та безпеки даних пацієнтів у процесі навчання. Проблема використання дистанційних технологій в медичних ЗВО обговорювалася в публікаціях [4-7].

Аналіз наукових публікацій та власного практичного досвіду дає підстави констатувати, що впровадження технологій дистанційного навчання в ЗВО медичного профілю потребує зваженого та обґрунтованого підходу. Так, перевагами використання дистанційного навчання в ЗВО медичного профілю є створення можливостей для набуття теоретичних знань, зокрема для великої кількості студентів і осіб з обмеженими можливостями; проведення семінарів для поглиблення лекційного матеріалу та навіть практичних занять у сфері діагностики; використання сучасних програмних засобів, що сприяє технологічності навчального процесу і підвищує його ефективність

Хоча дистанційне навчання має свої очевидні переваги, такі як гнучкість, паралельність та масовість, немає загальноприйнятого методу чи технології, яка б однозначно враховувала особливості освітнього процесу у медичних ЗВО. Отримання знань у певних медичних дисциплінах, таких як анатомія чи гістологія, практично неможливе без участі у секційних заняттях або роботі з мікропрепаратами у лабораторії. Навіть найсучасніші технології поки

що не можуть повністю замінити практичне навчання лікарів у реальних умовах, наприклад, в хірургії, де спостереження за роботою лікаря-хірурга має вирішальне значення. Практичні навички та вміння, які лікар отримує «біля ліжка пацієнта», є невід'ємною частиною його професійної підготовки, адже вони напряду впливають на результати медичної практики і навіть можуть врятувати життя пацієнта. Тому перспективним видається знаходження оптимального поєднання очного та дистанційного навчання для забезпечення ефективної підготовки майбутніх лікарів. Значну частину теоретичного навчання та розвитку навичок у прийнятті рішень можна проводити у форматі дистанційного навчання. Проте для досягнення успішних результатів необхідне ретельне планування освітнього процесу, щоб належним чином балансувати між традиційним та дистанційним навчанням.

Отже, інноваційні технології дистанційного навчання мають великий потенціал у сфері медичної освіти. Вони дозволяють забезпечити доступність освіти для широкого кола студентів, створюють можливості для ефективного навчання та підвищення кваліфікації майбутніх медичних працівників. Однак успішна реалізація цих технологій вимагає комплексного підходу та детального планування, з урахуванням специфіки медичної освіти і потреб студентів. Важливо враховувати як переваги, так і обмеження дистанційного навчання, а також постійно вдосконалювати технічні та методичні аспекти, щоб забезпечити ефективність цього освітнього процесу. Розвиток інноваційних технологій дистанційного навчання в медичній освіті сприятиме підготовці якісних та компетентних медичних фахівців, здатних відповідати сучасним вимогам та викликам у галузі охорони здоров'я.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. С.В. Дембіцька і О.С. Баранецька «Використання мобільних додатків для дистанційного виконання лабораторних робіт з охорони праці в закладах вищої освіти», в *Інноваційні технології в процесі підготовки фахівців. Матеріали V Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції*, 25-26 березня 2021 року: збірник наукових праць. Вінниця: ВНТУ, 2021. С. 69–70.
2. С.В. Дембіцька, І.М. Кобилянська і С.С. Пугач «Вдосконалення організації самостійної роботи студентів ЗВО за умов дистанційного формату навчання», *Науковий вісник МДУ. Серія «Педагогіка та психологія»*, Том 6, № 2, С. 9–19, 2020.
3. С.В. Дембіцька, О.С. Баранецька і С. Лісіца «Порівняльний аналіз сервісів відеозв'язку для забезпечення навчального процесу в умовах змішаного навчання», в *Інноваційні технології в процесі підготовки фахівців. Матеріали V Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції*, 25-26 березня 2021 року: збірник наукових праць. Вінниця: ВНТУ, 2021. С. 67–68, 2021.
4. О.І. Герасименко, Т.Р. Полесова, В.В. Герасименко і Н.С. Кухарева «Дистанційне навчання у професійній підготовці майбутніх лікарів: pro et contra», *Проблеми вищої школи*, Том 22, № 5, С. 38-40, 2021. <https://doi.org/10.22141/1608-1706.5.22.2021.244466>
5. T. Fawns, D. Jones and G. Aitken «Challenging assumptions about “moving online” in response to COVID-19, and some practical advice», *MedEdPublish*, №9(1), p. 83, 2020. <https://doi.org/10.15694/merp.2020.000083.1>
6. О.О. Сікорська і К.С. Орду «Дистанційна освіта у закладах вищої медичної освіти України: недоліки та переваги», *Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. Серія 5. Педагогічні науки: реалії та перспективи*, випуск 84 том 2, с. 75-78, 2021. <https://doi.org/10.31392/NPU-nc.series5.2021.84.2.15>
7. І.С. Лісецька «Дистанційна форма навчання студентів-медиків як виклик сьогодення», *Сучасна педіатрія. Україна*, № 7(111), С. 80–81, 2020.

## РАМКА ЦИФРОВОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ ПРАЦІВНИКА ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я ЯК ОРІЄНТИР ДЛЯ ВДОСКОНАЛЕННЯ ОСВІТНІХ ПРОГРАМ З ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ПРОЦЕСІ ПІДГОТОВКИ МАГІСТРІВ МЕДИЦИНИ

<sup>1</sup>Інна КРИВЕНКО, <sup>1</sup>Кирило ЧАЛИЙ

<sup>1</sup>Національний медичний університет імені О.О. Богомольця  
*i.kryvenko@ntu.ua*

Цифрова трансформація в охороні здоров'я стає все більш поширеною та набуває значного впливу на спосіб надання медичної допомоги, що потребує належного рівня сформованості у лікарів цифрової компетентності (ЦК). Застосування цифрових технологій дає можливість покращити організацію медичної допомоги і догляду за здоров'ям пацієнтів, дозволяє зробити їх більш доступними та ефективними, сприяє оптимізації роботи всієї галузі охорони здоров'я. Сучасна система eHealth України – це комплексна низка інформаційних систем, реєстрів та цифрових інструментів, покликаних підвищити якість медичного обслуговування. Ключовим компонентом eHealth є електронна система охорони здоров'я (ЕСОЗ), яка є головним інструментом для адміністрування коштів в охороні здоров'я та накопичення інформації про здоров'я пацієнта, що дає можливість пацієнтам користуватися різноманітними цифровими сервісами, такими як е-рецепти, е-направлення, медичні висновки тощо. Внаслідок таких значущих для охорони здоров'я цифрових трансформацій актуалізується питання модернізації підготовки лікарів з цифрових технологій з урахуванням сучасних потреб цифрового розвитку галузі, що забезпечуватиме якісне формування ЦК на етапі здобуття вищої медичної освіти та сприятиме готовності до роботи у високотехнологічному середовищі сучасної медицини.

Активна цифрова трансформація галузі і розширення цифрових можливостей медицини підтримується завдяки різноманітним ініціативам Міністерства охорони здоров'я (МОЗ) України. У лютому 2024 р. МОЗ України презентувало Рамку ЦК працівника охорони здоров'я, яка була створена у співпраці з Міністерством цифрової трансформації, Міністерством освіти і науки і Національною службою охорони здоров'я України за сприяння Агентства США з міжнародного розвитку (USAID) «Підтримка реформи охорони здоров'я» [1]. Рамка ЦК є важливим орієнтиром для впровадження освітніх ініціатив, спрямованих на підвищення рівня цифрової грамотності та практичного використання цифрових технологій в охороні здоров'я. Вона була розроблена з урахуванням сучасного досвіду країн, що досягли значного успіху в цифровізації сфери охорони здоров'я. Рамка ЦК відображає сучасний стан та тенденції впровадження інструментів цифровізації в охороні здоров'я. Система знань і вмінь з цифрових технологій, якою повинні володіти працівники охорони здоров'я, представлена у Рамці ЦК п'ятьма сферами, кожна з яких містить п'ять компонентів з відповідними дескрипторами [1]. Серед сфер Рамки ЦК виокремлено: 1) загальна цифрова грамотність; 2) дані ЕСОЗ та інших інформаційних систем; 3) цифрова комунікація, взаємодія та співпраця у цифровому середовищі; 4) цифрові інструменти, пристрої та застосунки в сфері охорони здоров'я; 5) цифрова трансформація в охороні здоров'я.

Перша сфера Рамки ЦК стосується загальних цифрових знань і вмінь, які включають комп'ютерну, інформаційну та медіаграмотність, кібербезпеку, кібергігієну, захист даних, норми та права в цифровому середовищі, оцінювання та вдосконалення власної ЦК.

Друга і третя сфера охоплює відповідні знання і вміння, якими повинен оволодіти працівник охорони здоров'я, для надання лікарської допомоги з використанням цифрових засобів. Система знань та вмінь у цих сферах зосереджена на роботі з даними ЕСОЗ та електронними медичними записами, використанні баз даних, реєстрів, клінічних кодів, класифікаторів та інших інформаційних систем eHealth. Третя сфера представлена знаннями і

вміннями, що стосуються передачі клінічної інформації, телемедицини, дистанційної діагностики, телеконсультування тощо.

Четверта сфера стосується використання цифрових технологій у вузькій фаховій спеціалізації працівника охорони здоров'я. Ця сфера презентована системою знань та вмінь щодо систем підтримки прийняття клінічних рішень на основі інтелектуального аналізу клінічних досліджень, використання розумних мобільних та вбудованих цифрових пристроїв, цифрових засобів охорони здоров'я, інтелектуальних сенсорів, маніпуляторів для пацієнтів, віртуальної та доповненої реальності, інтернетом медичних речей, 3D проектуванням та друком, САД моделюванням тощо, інноваційною діяльністю із використанням новітніх цифрових технологій.

П'ята сфера представлена знаннями і вміннями з підтримки управління, автоматизованих систем управління закладами охорони здоров'я, стратегіями цифровізації закладу охорони здоров'я, цифровізацією громадського здоров'я, застосування дашбордів ефективності роботи, управління ресурсами, системного аналізу діяльності та вирішення проблем у цифровому середовищі.

Традиційно системне формування ЦК для здобувачів магістерського рівня вищої освіти спеціальності 222 «Медицина» передбачено у процесі вивчення дисципліни «Медична інформатика». Ця дисципліна забезпечує формування у майбутніх лікарів фундаментальних навичок щодо використання інформаційних технологій у галузі охорони здоров'я [2, 3]. У більшості закладів вищої медичної освіти (ЗВМО) дисципліна «Медична інформатика» представлена змістовими модулями: 1) вступ до медичної інформатики, дані та інформація; 2) медичні дані, методологія опрацювання та аналізу даних; 3) медичні знання та прийняття рішень; 4) системи, направлені на пацієнтів, та інституційні інформаційні системи в охороні здоров'я. Слід зазначити, що ця дисципліна має свою тривалу історію викладання у ЗВМО ще з 90 років минулого сторіччя, і переважно відмічається усталена структура тем лекцій та практичних занять. До 2020 року дисципліна «Медична інформатика» була обов'язковим компонентом в освітньо-професійних програмах (ОПП) спеціальності «Медицина», «Педіатрія» та «Стоматологія». З метою забезпечення виконання вимог Закону України «Про вищу освіту» щодо дотримання розподілу нормативних та варіативних дисциплін у співвідношенні 75% та 25% відповідно [4], з 2021 року була розширена варіативна складова шляхом запровадження нових тематичних навчальних дисциплін для збалансованого розподілу годин основних та вибіркових дисциплін.

Аналіз сучасного змісту ЦК та примірних навчальних програм з медичної інформатики, а також результати численних опитувань здобувачів вищої медичної освіти, моніторингових досліджень засвідчують наявність низки проблем і викликів у формуванні цієї компетентності на етапі здобуття магістерського рівня освіти. Серед них можна виокремити: 1) обмежена кількість годин на викладання дисциплін з розвитку ЦК та використання інформаційно-комунікаційних технологій; 2) відсутність медичної інформатики у нормативній складовій ОПП ЗВМО; 3) деяка невідповідність дуже швидкого розвитку технологій, з одного боку, та повільного і доволі консервативного процесу модернізації програм та їх змістового наповнення, з іншого боку; 4) недостатнє представлення навчальної інформації щодо сучасних цифрових медичних технологій в існуючих програмах і методичному забезпеченні; 5) переважна зосередженість на формування ЦК у межах сфери 1, що стосується загальної цифрової грамотності, та недостатність розгляду тем для формування цифрових навичок за іншими сферами ЦК Рамки, що стосується роботи з даними ЕСОЗ, цифрової комунікації, співпраці у цифровому середовищі, цифрових інструментів в сфері охорони здоров'я та цифрової трансформації в галузі охорони здоров'я; 6) обмежений доступ студентів і викладачів до демонстраційних версій медичних інформаційних систем, сучасних засобів інформатизації, цифрових сервісів та пристроїв для догляду за здоров'ям пацієнтів;

7) відсутність комплексних методичних матеріалів для організації навчання та формування релевантних цифрових навичок у сфері eHealth.

На основі проведеного дослідження ми вважаємо доцільним доповнити зміст дисципліни «Медична інформатика» такими темами, як:

1) кібербезпека, кібергігієна, захист даних; права та етичні норми в цифровому середовищі; організація робочого середовища лікаря для реалізації вимог щодо захисту інформації та дотримання кібергігієни праці; поняття про електронний цифровий підпис;

2) електронна система охорони здоров'я (ЕСОЗ) України: огляд і характеристика екосистеми її складових; базова інформація про дворівневу архітектуру ЕСОЗ в Україні; медичні інформаційні системи як складова ЕСОЗ; використання МІС для комплексної автоматизації процесів закладу охорони здоров'я; робота з електронними медичними записами в МІС;

3) огляд телемедичних технологій, способи і системи віддаленого консультування та дистанційного нагляду за станом здоров'я пацієнта; телевідеоконсультування, телемедична візуалізація, телерадіологія та лікувально-діагностичне обладнання для телемедицини;

4) сучасні технології зберігання, передавання й оброблення зображень та біосигналів в інформаційних системах; віртуальний пацієнт, віртуальна та доповнена реальність у медичній візуалізації;

5) використання систем підтримки прийняття клінічних рішень на основі інтелектуального аналізу клінічних досліджень; генеративний штучний інтелект для охорони здоров'я; огляд застосувань штучного інтелекту в клінічній практиці лікаря, адміністративних завданнях, сервісах для пацієнтів, наукових дослідженнях та розробці ліків; машинне і глибоке навчання у діагностиці та лікуванні захворювань; чат-боти з підтримкою штучного інтелекту для організації робочого процесу лікаря.

Зазначені теми для оновлення змісту дисципліни «Медична інформатика» відповідають Рамці ЦК працівника охорони здоров'я та стратегічним документам з цифрової трансформації. Важливим є наявність в ОПП обов'язкової дисципліни «Медична інформатика», яка є базовою основою формування ЦК, та вибіркового курсів, які більш поглиблено розкривають зміст окремих компонентів Рамки. До вибіркового курсів можна віднести такі дисципліни, як «Інформаційні технології та основи наукових досліджень», «Медичні інформаційні системи», «Електронна система охорони здоров'я», «Телемедицина та електронне здоров'я» тощо, які включені у різні курси навчання магістрів медицини та відповідають наскрізному логіко-структурному підходу підготовки з цифрових технологій, що забезпечує сталість, принцип наступності, послідовності, та етапності у формуванні ЦК на другому (магістерському) рівні освіти.

Сучасні цифрові технології можуть підтримувати безперервність медичної допомоги та стимулюють перехід до нових моделей медичної допомоги, зосереджених більшою мірою на потребах пацієнтів, реалізації персоналізованих підходів. Цифрова компетентність майбутніх лікарів є вирішальною для сприяння сучасним цифровим інноваціям в зміцненні здоров'я, профілактики, постійній турботі та запобігання захворюванням. Належна підготовка майбутніх лікарів з цифрових технологій, яка комплексно охоплює всі сфери ЦК у відповідності до Рамки, може посприяти підвищенню добробуту громадян і радикально покращити спосіб надання медичних послуг пацієнтам.

Ця публікація підготовлена за підтримки проекту Агентства США з міжнародного розвитку (USAID) «Підтримка реформи охорони здоров'я» у межах виконання грантової програми з розвитку цифрових компетентностей працівників охорони здоров'я та здобувачів медичної та фармацевтичної освіти.



## ЛІТЕРАТУРА

- [1]. "Рамка цифрової компетентності працівника охорони здоров'я України", *moz.gov.ua*. [Online]. Available: [Рамка цифрової компетентності працівника охорони здоров'я України. Версія 1.0.pdf \(moz.gov.ua\)](#). [Accessed: March 30, 2024].
- [2]. О. Чалий, О. Любчик, К. Чалий, О. Чайка, І. Кривенко, Н. Гриценко, А. Криштопа, О. Сисоєв, "Викладання медичної і біологічної фізики та медичної інформатики в європейських університетах", *Неперервна професійна освіта: теорія і практика*, № 3, 71-88, 2021. [Online]. Available: <https://doi.org/10.28925/1609-8595.2021.3.8>. [Accessed: March 30, 2024].
- [3]. І. Кривенко, К. Чалий, "Стійка методологія формування цифрових навичок щодо E-health на етапі здобуття медичної освіти", *Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції "Важливість використання сучасних технологій в освіті" (Дніпро, 15 вересня 2023 р)*, 62-65. Research Europe, 2023. [Online]. Available: <https://researcheurope.org/wp-content/uploads/2023/09/re-15.09.23.pdf>. [Accessed: March 30, 2024].
- [4]. "Закон України «Про вищу освіту», Стаття 62, п. 15. zakon.rada.gov.ua. [Online]. Available: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-18#Text>. [Accessed: March 30, 2024].