

Міністерство освіти та науки України  
ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»

Збірник тез  
Всеукраїнської науково-технічної  
інтернет-конференції

**«АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА  
БІОМЕДИЧНІ І КОМП'ЮТЕРНІ  
ТЕХНОЛОГІЇ»**

26 березня 2025 року

Дніпро, 2025

**УДК 004**

**Автоматизація та біомедичні і комп'ютерні технології: тези доповідей Всеукраїнської науково-технічної інтернет-конференції. (Дніпро, 26 березня 2025 р.) / ДВНЗ «ПДТУ».— Дніпро: ПДТУ, 2025.— 216 с.**

*Випуск підготовлено в рамках  
реалізації міжнародного проєкту  
ERASMUS + «Біоарт»*



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union

**Опубліковані результати теоретичних і експериментальних досліджень, науково-дослідні розробки вчених, науковців, викладачів, аспірантів, фахівців підприємств і організацій України та зарубіжних країн.**

**Оргкомітет висловлює подяку учасникам конференції за надані доповіді.**

**© ДВНЗ «Приазовський державний  
технічний університет»**

## ЗМІСТ

|                                                                                                                                           |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>СЕКЦІЯ 1: АВТОМАТИЗАЦІЯ І КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ.....</b>                                                                              | <b>13</b> |
| <b>УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КОНТРОЛЮ<br/>ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ .....</b>                                    | <b>13</b> |
| Жовтобрух Сргій Анатолійович .....                                                                                                        | 13        |
| Левицька Катерина Романівна .....                                                                                                         | 13        |
| <b>ОЦІНКА ПОКАЗНИКІВ ЕФЕКТИВНОСТІ ЧИСЕЛЬНИХ МЕТОДІВ У<br/>ЗАДАЧАХ КЕРУВАННІ СИЛОВИМ АГРЕГАТОМ.....</b>                                    | <b>15</b> |
| Гітіс Веніамін Борисович .....                                                                                                            | 15        |
| Пономаренко Іван Віталійович .....                                                                                                        | 15        |
| <b>АВТОМАТИЗАЦІЯ ТРАКТУ ТРАНСПОРТУВАННЯ ГІРНИЧОЇ МАСИ<br/>ДРОБАРНОГО ЦЕХУ ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНОГО КОМБІНАТУ .....</b>                     | <b>17</b> |
| Сімкін Олександр Ісакович .....                                                                                                           | 17        |
| Рябченко Анастасія Анатоліївна.....                                                                                                       | 17        |
| <b>ВПЛИВ ЗГЛАДЖУВАННЯ МЕТОДОМ МОДИФІКОВАНОГО РУХОМОГО<br/>СЕРЕДНЬОГО НА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ<br/>ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ .....</b> | <b>20</b> |
| Койфман Олексій Олександрович .....                                                                                                       | 20        |
| Голотюк Микола Віталійович .....                                                                                                          | 20        |
| Ісаєв Андрій Борисович .....                                                                                                              | 20        |
| <b>МЕТОДИКА КОМПЛЕКСНОГО ОЦІНЮВАННЯ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ<br/>ЦИФРОВИХ РАСТРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ .....</b>                                         | <b>23</b> |
| Дубневич Мирослава Миронівна .....                                                                                                        | 23        |
| Сельменська Зоряна Михайлівна.....                                                                                                        | 23        |
| Маїк Людмила Ярославівна .....                                                                                                            | 23        |
| <b>РОЗРОБКА СИСТЕМИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ<br/>ОПАЛЕННЯМ БУДІВЛІ ЗА ДОПОМОГОЮ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ .....</b>                              | <b>26</b> |
| Добровольська Людмила Олександрівна.....                                                                                                  | 26        |
| Солдатов Данило Вікторович.....                                                                                                           | 26        |
| <b>КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ОРГАНІЗАЦІЇ ДИСТАНЦІЙНОГО<br/>ВИКЛАДАННЯ ПРАКТИЧНИХ ДИСЦИПЛІН.....</b>                                        | <b>29</b> |
| Щербаков Сергій Володимирович.....                                                                                                        | 29        |
| Черевко Олена Олександрівна .....                                                                                                         | 29        |

|                                                                                                                                 |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>АЛГОРИТМИ ПЛАНУВАННЯ РУХУ РОБОТИЗОВАНОЇ МОБІЛЬНОЇ ПЛАТФОРМИ У ДВОВІРНОМУ ПРОСТОРІ З УРАХУВАННЯМ ДИНАМІЧНИХ ПЕРЕШКОД.....</b> | <b>31</b> |
| Харчук Владислав Валентинович.....                                                                                              | 31        |
| <b>РОЗРОБКА SCADA-СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ВИРОБНИЦТВОМ ДУТТЯ В УМОВАХ МЕТАЛУРГІЙНОГО КОМБІНАТУ .....</b>                             | <b>33</b> |
| Щербакова Варвара Андріївна.....                                                                                                | 33        |
| <b>МЕТОД ПРОГНОЗУВАННЯ ТРАЄКТОРІЇ РУХУ МОБІЛЬНОЇ ПЛАТФОРМИ В УМОВАХ ДИНАМІЧНИХ ПЕРЕШКОД З ВЕКТОРНИМ МОДЕЛЮВАННЯМ РУХУ .....</b> | <b>35</b> |
| Харчук Владислав Валентинович,.....                                                                                             | 35        |
| <b>AUTOMATION AND ITS ROLE IN THE IMPROVEMENT OF CANNING TECHNOLOGY .....</b>                                                   | <b>37</b> |
| Ya. S. Dziuba.....                                                                                                              | 37        |
| <b>СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ОПТИМІЗАЦІЇ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ.....</b>                                                                  | <b>40</b> |
| Винниченко Артем Артемович .....                                                                                                | 40        |
| Воротнікова Злата Євгенівна .....                                                                                               | 40        |
| <b>СЕКЦІЯ 2: ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ.....</b>                                                                        | <b>44</b> |
| <b>ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ WEBRTC У МОБІЛЬНИХ ЗАСТОСУНКАХ.....</b>                                                              | <b>44</b> |
| Браткевич Валентин Павлович .....                                                                                               | 44        |
| Балалаєва Олена Юріївна .....                                                                                                   | 44        |
| Марченко Ірина Федорівна .....                                                                                                  | 44        |
| <b>СИСТЕМА ОБЛІКУ ТА ІНФОРМАЦІЙНОГО СУПРОВОДЖЕННЯ ТРЕНУВАНЬ З ВЕСЛУВАННЯ.....</b>                                               | <b>47</b> |
| Левицька Тетяна Олександрівна.....                                                                                              | 47        |
| Парахін Руслан Олегович .....                                                                                                   | 47        |
| <b>ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ З ОРГАНІЗАЦІЇ ЗАДАЧ.....</b>                                                   | <b>48</b> |
| Левицька Тетяна Олександрівна.....                                                                                              | 48        |
| Прилуцький Віталій Миколайович.....                                                                                             | 48        |
| <b>СТВОРЕННЯ ОНЛАЙН-ПЛАТФОРМИ ДЛЯ ПРОДАЖУ АНТИКВАРНИХ ТА ВЖИВАНИХ КНИГ .....</b>                                                | <b>50</b> |
| Левицька Тетяна Олександрівна.....                                                                                              | 50        |
| Сукрухо Олександра Віталіївна.....                                                                                              | 50        |

|                                                                                                                                 |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>ПІДВИЩЕННЯ КОРЕКТНОСТІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ<br/>МЕТОДОМ ЗВУЖЕННЯ ОБЛАСТЕЙ ВИЗНАЧЕННЯ.....</b>                            | <b>51</b> |
| Рихальський Олексій Юрійович .....                                                                                              | 51        |
| <b>РОЗРОБКА ІНТЕРАКТИВНОЇ ГРИ НА БАЗІ РУШІЯ UNITY ДЛЯ<br/>НАВЧАННЯ ДІТЕЙ ПРАВИЛАМ БЕЗПЕЧНО-ОРІЄНТОВАНОЇ<br/>ПОВЕДІНКИ .....</b> | <b>54</b> |
| Яковчук Віталій Святославович .....                                                                                             | 54        |
| Бурак Назарій Євгенович.....                                                                                                    | 54        |
| <b>Е-COMMERCE САЙТ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ВІЙСЬКОВОГО СПОРЯДЖЕННЯ<br/>.....</b>                                                         | <b>57</b> |
| Городечний Мар'ян Русланович.....                                                                                               | 57        |
| <b>ВПЛИВ SMART-СИСТЕМ НА НАВЧАЛЬНИЙ ПРОЦЕС.....</b>                                                                             | <b>59</b> |
| Дзень Віталій Євгенович .....                                                                                                   | 59        |
| Борзов Юрій Олексійович .....                                                                                                   | 59        |
| <b>АВТОМАТИЗАЦІЯ КОМУНІКАЦІЙ У НАВЧАЛЬНОМУ ЗАКЛАДІ:<br/>РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ НА ОСНОВІ PYTHON І<br/>FASTAPI .....</b> | <b>62</b> |
| Мигасюк Роман Володимирович.....                                                                                                | 62        |
| Смотр Ольга Олексіївна .....                                                                                                    | 62        |
| <b>ІНТЕРАКТИВНА ОСВІТНЯ ПЛАТФОРМА ЯК ІНСТРУМЕНТ<br/>ПІДВИЩЕННЯ ОБІЗНАНОСТІ З БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ.....</b>                   | <b>65</b> |
| Савич Анастасія Ігорівна.....                                                                                                   | 65        |
| Смотр Ольга Олексіївна .....                                                                                                    | 65        |
| <b>ЗАСТОСУНОК ПОКАЗУ РЕЗУЛЬТАТІВ СПОРТИВНИХ ПОДІЙ У<br/>РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ .....</b>                                                | <b>67</b> |
| Геря Ілля Васильович.....                                                                                                       | 67        |
| Балалаєва Олена Юріївна .....                                                                                                   | 67        |
| <b>ВИКОРИСТАННЯ БІБЛІОТЕКИ PROPHET МОВИ ПРОГРАМУВАННЯ<br/>PYTHON ДЛЯ ОБРОБКИ ЕКОЛОГІЧНИХ ДАНИХ .....</b>                        | <b>70</b> |
| Сідун Наталія Миколаївна.....                                                                                                   | 70        |
| Тузенко Ольга Олександрівна.....                                                                                                | 70        |
| Дерябін Семен Олександрович .....                                                                                               | 70        |
| <b>ЗАСОБИ КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРАФІКИ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ 3D ВЕБГРИ .....</b>                                                               | <b>73</b> |
| Синенко Іван Андрійович.....                                                                                                    | 73        |
| П'ятикоп Олена Євгенівна .....                                                                                                  | 73        |

|                                                                                                                                        |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>ПРОЕКТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА ІНТЕРФЕЙСУ СИСТЕМИ ОБЛІКУ ЗАМОВЛЕННЯ ТА ПРОДАЖУ СТРАВ СХІДНОЇ КУХНІ З УРАХУВАННЯМ UX/UI ПРИНЦИПІВ.....</b> | <b>75</b> |
| Дунаєв Дмитро Олексійович .....                                                                                                        | 75        |
| П'ятикоп Олена Євгенівна .....                                                                                                         | 75        |
| <b>РЕАЛІЗАЦІЯ ЧАТУ В РЕЖИМІ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ З ВИКОРИСТАННЯМ SOCKET.IO.....</b>                                                          | <b>77</b> |
| Купчинський Олексій Олегович .....                                                                                                     | 77        |
| П'ятикоп Олена Євгенівна .....                                                                                                         | 77        |
| <b>ПИТАННЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ЗБОРУ ДАНИХ З ВІДКРИТИХ ДЖЕРЕЛ...</b>                                                                         | <b>79</b> |
| Шевченко Артем Євгенович .....                                                                                                         | 79        |
| П'ятикоп Олена Євгенівна .....                                                                                                         | 79        |
| <b>ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ БАЗАМИ ДАНИХ З РІЗНИМИ ОПЕРАЦІЙНИМИ СИСТЕМАМИ</b>                                         |           |
| Єлфімов Дмитро Сергійович.....                                                                                                         | 81        |
| Воротнікова Злата Євгенівна .....                                                                                                      | 81        |
| <b>ПРИКЛАДИ АРХІТЕКТУРИ МІКРОСЕРВІСІВ В ЕЛЕКТРОННІЙ КОМЕРЦІЇ .....</b>                                                                 | <b>84</b> |
| Дем'ян Іван Олексійович.....                                                                                                           | 84        |
| Воротнікова Злата Євгенівна .....                                                                                                      | 84        |
| <b>СЕКЦІЯ 3: ПРИКЛАДНА МАТЕМАТИКА ТА КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ.....</b>                                                                  | <b>90</b> |
| <b>МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ БАЛІСТИЧНОЇ ТРАЄКТОРІЇ ПОЛЬОТУ СНАРЯДА З УРАХУВАННЯМ ПОВЕРХНЕВОГО ТЕРТЯ .....</b>                           | <b>90</b> |
| Пасічник Анатолій Миколайович.....                                                                                                     | 90        |
| Циба Владислав В'ячеславович .....                                                                                                     | 90        |
| <b>АЛГОРИТМ ОПТИМІЗАЦІЇ МЕРЕЖІ ДЖЕРЕЛ ЗВУКОВИХ.....</b>                                                                                | <b>92</b> |
| <b>СИГНАЛІВ СИСТЕМИ ЕКСТРЕННОГО ОПОВІЩЕННЯ НАСЕЛЕННЯ ..</b>                                                                            | <b>92</b> |
| Пасічник Анатолій Миколайович.....                                                                                                     | 92        |
| Ріпа Михайло Юрійович.....                                                                                                             | 92        |
| <b>КОМП'ЮТЕРНА МОДЕЛЬ БАГАТОЗВ'ЯЗАНОЇ ЕЛЕКТРО-ГИДРОМЕХАНІЧНОЇ СИСТЕМИ ПЕРШОЇ СТУПЕНІ НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ ЦГЗК.....</b>                    | <b>94</b> |
| Кіншаков Василь Юрьєвич .....                                                                                                          | 94        |
| Павлишин Сергій Володимирович .....                                                                                                    | 94        |
| Хілов Віктор Сергійович .....                                                                                                          | 94        |

|                                                                                                                                      |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>ДОСЛІДЖЕННЯ НА КОМП'ЮТЕРНІЙ МОДЕЛІ ДИНАМІЧНИХ<br/>ВЛАСТИВОСТЕЙ ПРИВОДНИХ СИСТЕМ БУРОВОГО ВЕРСТАТУ .....</b>                       | <b>97</b>  |
| Дифорт Віктор Васильович .....                                                                                                       | 97         |
| Павлишина Алена Юріївна .....                                                                                                        | 97         |
| Хілов Віктор Сергійович .....                                                                                                        | 97         |
| <b>ЕФЕКТИВНЕ РОЗПОДІЛЕННЯ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ МІЖ<br/>ПОТОКАМИ І ПРОЦЕСАМИ ПРИ РЕНДЕРИНГУ ТРИВИМІРНИХ<br/>ЗОБРАЖЕНЬ.....</b>     | <b>100</b> |
| Романюк Олександр Никифорович .....                                                                                                  | 100        |
| Бобко Олексій Леонідович .....                                                                                                       | 100        |
| <b>ФОРМУВАННЯ ПРОЦЕДУРНИХ ТЕКСТУР ДЛЯ РЕНДЕРИНГУ .....</b>                                                                           | <b>103</b> |
| Романюк Олександр Никифорович .....                                                                                                  | 103        |
| Новосельцев Олександр Олександрович .....                                                                                            | 103        |
| <b>ПАРАЛЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЧИСЕЛЬНОГО РОЗВ'ЯЗКУ<br/>БАГАТОВИМІРНИХ ЖОРСТКИХ ЗАДАЧ КОШІ.....</b>                                       | <b>106</b> |
| Назарова Ірина Акопівна .....                                                                                                        | 106        |
| Попова Анна Олександрівна .....                                                                                                      | 106        |
| <b>ПРО ДЕЯКІ ПРИКЛАДИ ВИКОРИСТАННЯ СТАТИСТИЧНИХ МЕТОДІВ<br/>ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ .....</b>                                               | <b>108</b> |
| Федосова Ірина Василівна .....                                                                                                       | 108        |
| Борзіло Оксана Олександрівна .....                                                                                                   | 108        |
| <b>КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СЕРЦЕВОГО РИТМУ З<br/>УРАХУВАННЯМ ХАОТИЧНИХ ВПЛИВІВ ТА КАРДІОСТИМУЛЯЦІЇ У<br/>СЕРЕДОВИЩІ МАТЛАВ .....</b> | <b>110</b> |
| Лупаренко Олена Валентинівна.....                                                                                                    | 110        |
| Козлов Микита Андрійович .....                                                                                                       | 110        |
| <b>СЕКЦІЯ 4: СИСТЕМИ ТА МЕТОДИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ .....</b>                                                                          | <b>113</b> |
| <b>МЕТОДИ НА ОСНОВІ ГЛИБОКОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ПРИСКОРЕНОГО<br/>ШИФРУВАННЯ ГРАФІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ .....</b>                                 | <b>113</b> |
| Лужецький Володимир Андрійович.....                                                                                                  | 113        |
| Романюк Олександр Никифорович .....                                                                                                  | 113        |
| Нечипорук Микола Леонідович.....                                                                                                     | 113        |

|                                                                                                                                                 |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ЩОДО ОЦІНКИ РИЗИКІВ,<br/>ПОВ'ЯЗАНИХ ІЗ ЕКСТРЕМАЛЬНИМИ ВИДАМИ СПОРТУ .....</b>                                   | <b>117</b> |
| Волошин В`ячеслав Степанович.....                                                                                                               | 117        |
| Азархов Олександр Юрійович .....                                                                                                                | 117        |
| Алхімова Анастасія Дмитрівна.....                                                                                                               | 117        |
| Лисенко Вікторія Вікторівна.....                                                                                                                | 117        |
| Овдієнко Богдан Сергійович .....                                                                                                                | 117        |
| Полупанова Катерина Максимівна.....                                                                                                             | 117        |
| <b>ПАНШАРПЕНІНГ SENTINEL-2 ЗОБРАЖЕНЬ ЗА ДОПОМОГОЮ<br/>ЗГОРТКОВИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ КАРТОГРАФУВАННЯ<br/>СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ЗЕМЕЛЬ .....</b> | <b>122</b> |
| Каштан Віта Юріївна .....                                                                                                                       | 122        |
| Гнатушенко Володимир Володимирович.....                                                                                                         | 122        |
| <b>НЕЙРОННА МОДЕЛЬ МЕРЕЖІ ВОДОПОСТАЧАННЯ.....</b>                                                                                               | <b>124</b> |
| Миросенко Дмитро Олексійович.....                                                                                                               | 124        |
| Гнатушенко Володимир Володимирович.....                                                                                                         | 124        |
| <b>НАВЧАННЯ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ РУКОПИСНИХ<br/>УКРАЇНСЬКИХ БУКВ І ЦИФР З ВИКОРИСТАННЯМ СИНТЕТИЧНИХ<br/>НАБОРІВ ДАНИХ.....</b>             | <b>127</b> |
| Чичкарьов Євген Анатолійович.....                                                                                                               | 127        |
| Балалаєва Олена Юріївна .....                                                                                                                   | 127        |
| Сергієнко Анастасія Валентинівна.....                                                                                                           | 127        |
| <b>АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ<br/>РІЗНОЇ АРХІТЕКТУРИ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ РУКОПИСНОГО ТЕКСТУ<br/>НА МОВІ ІВРИТ .....</b>     | <b>130</b> |
| Сергієнко Анастасія Валентинівна.....                                                                                                           | 130        |
| <b>ІНТЕГРАЦІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В БАНКІВСЬКИЙ МОБІЛЬНИЙ<br/>ДОДАТОК.....</b>                                                                   | <b>133</b> |
| Шостак Владислав Сергійович .....                                                                                                               | 133        |
| Балалаєва Олена Юріївна .....                                                                                                                   | 133        |
| <b>РОЗРОБКА СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКУ<br/>ЗА ДОПОМОГОЮ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ .....</b>                                                | <b>137</b> |
| Петров Роман Геннадійович .....                                                                                                                 | 137        |
| Балалаєва Олена Юріївна .....                                                                                                                   | 137        |

|                                                                                                                        |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВИКЛАДАННЯ ТА ЗАСВОЄННЯ БІОМЕХАНІКИ .....</b>         | <b>140</b> |
| Подлесний Сергій Володимирович .....                                                                                   | 140        |
| Єршомін Микита Васильович .....                                                                                        | 140        |
| <b>CYBERSECURITY IN AUTOMATED SYSTEMS OF TRANSLATION .....</b>                                                         | <b>143</b> |
| Lyudmyla Kruhlenko .....                                                                                               | 143        |
| Mark Lakhmatov .....                                                                                                   | 143        |
| <b>МЕТОДИ АВТОМАТИЗАЦІЇ СТВОРЕННЯ КОЛЬОРОВИХ ПАЛІТР .....</b>                                                          | <b>146</b> |
| Унегов Артем Владиславович.....                                                                                        | 146        |
| Нечволода Людмила Володимирівна.....                                                                                   | 146        |
| Крикуненко Катерина Миколаївна.....                                                                                    | 146        |
| <b>АНТИЦИПАТИВНІ СИСТЕМИ У ШТУЧНОМУ ІНТЕЛЕКТІ: МЕЖІ МОЖЛИВОСТЕЙ І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ .....</b>                       | <b>148</b> |
| Андрєєв Іван Андрійович .....                                                                                          | 148        |
| Федосова Ірина Василівна .....                                                                                         | 148        |
| <b>АНАЛІЗ ЦІН НА ПРОДУКТИ ХАРЧУВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ.....</b>                                          | <b>151</b> |
| Рейжевський Михайло Ігорович.....                                                                                      | 151        |
| Проніна Ольга Ігорівна.....                                                                                            | 151        |
| <b>ПРОЕКТУВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У ПРОЦЕСІ МЕДИЧНОГО ЛІЦЕНЗУВАННЯ В УКРАЇНІ.....</b> | <b>154</b> |
| Казаченко Олена Геннадіївна .....                                                                                      | 154        |
| П'ятикоп Олена Євгенівна .....                                                                                         | 154        |
| <b>НЕРОМЕРЕЖЕВА МОДЕЛЬ YOLOv6 ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ АВТОМОБІЛІВ НА АЕРОКОСМІЧНОМУ ЗНІМКУ .....</b>                             | <b>156</b> |
| Казимиренко Олексій Володимирович .....                                                                                | 156        |
| <b>ЗАСТОСУВАННЯ ГЕНЕРАТИВНИХ МЕРЕЖ У МЕДИЧНІЙ ВІЗУЛІЗАЦІЇ .....</b>                                                    | <b>158</b> |
| Пацан Олена Сергіївна.....                                                                                             | 158        |
| Юрченко Юрій Юрійович .....                                                                                            | 158        |
| <b>АНАЛІЗ ДНК ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ РАКОВИХ МУТАЦІЙ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ .....</b>                              | <b>161</b> |
| Маргаза Дар'я Юріївна.....                                                                                             | 161        |

|                                                                                                                                            |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>ВИЗНАЧЕННЯ СТРУКТУРИ ПРОМИСЛОВОГО ВИКОРИСТАННЯ СЕРВІСІВ ГЕНЕРАТИВНОГО ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ.....</b>                                       | <b>164</b> |
| Павленко Єгор Вікторович.....                                                                                                              | 164        |
| Гнатушенко Володимир Володимирович.....                                                                                                    | 164        |
| <b>СЕКЦІЯ 5: БІОМЕДИЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ.....</b>                                                                                                | <b>167</b> |
| <b>PROTEINS FUZZY RECOGNITION IN POPULATION GENETICS ELECTROPHORESIS EXPERIMENTS.....</b>                                                  | <b>167</b> |
| Yu. B. Olevska .....                                                                                                                       | 167        |
| V. I. Olevskiy .....                                                                                                                       | 167        |
| <b>ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ЦИФРОВОЇ МЕДИЦИНИ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ТА КОРЕКЦІЇ ВПЛИВУ НЕГАТИВНИХ ФАКТОРІВ НА ПСИХОСОЦІАЛЬНИЙ СТАН ЛЮДИНИ.....</b> | <b>170</b> |
| Белов Володимир Михайлович.....                                                                                                            | 170        |
| Кіфоренко Світлана Іванівна.....                                                                                                           | 170        |
| Лавренюк Микола Васильович .....                                                                                                           | 170        |
| Гонтар Тетяна Михайлівна.....                                                                                                              | 170        |
| Козловська Вікторія Олександрівна.....                                                                                                     | 170        |
| <b>АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ВИГОТОВЛЕННЯ СПИННИХ ІМПЛАНТІВ.....</b>                                                                          | <b>173</b> |
| Тузенко Ольга Олександрівна.....                                                                                                           | 173        |
| Костогриз Микита Іванович.....                                                                                                             | 173        |
| <b>РОЛЬ, ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ЗАСТОСУВАННЯ КЕРАМІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ У ІМПЛАНТАХ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ СЛУХУ.....</b>                           | <b>176</b> |
| Хоменко Олена Сергіївна .....                                                                                                              | 176        |
| Зайчук Олександр Вікторович .....                                                                                                          | 176        |
| Амеліна Олександра Андріївна .....                                                                                                         | 176        |
| Кольцова Ярослава Іванівна.....                                                                                                            | 176        |
| <b>ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ WEMOS D1 MINI У СИСТЕМАХ БІОСЕНСОРИКИ .....</b>                                                                  | <b>179</b> |
| Азархов Олександр Юрійович .....                                                                                                           | 179        |
| Сілі Іван Іванович.....                                                                                                                    | 179        |

|                                                                                                                                                                 |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ГЛИБОКОГО НАВЧАННЯ У ПІДТРИМЦІ ПРИЙНЯТТЯ КЛІНІЧНИХ РІШЕНЬ ПРИ ДІАГНОСТИЦІ СЕРЦЕВО-СУДИННИХ ЗАХВОРЮВАНЬ .....</b>                        | <b>182</b> |
| Коваленко Олександр Сергійович .....                                                                                                                            | 182        |
| Козак Людмила Михайлівна .....                                                                                                                                  | 182        |
| Лозовий Костянтин Сергійович .....                                                                                                                              | 182        |
| Білявенко Леонід Васильович .....                                                                                                                               | 182        |
| Азархов Олександр Юрійович .....                                                                                                                                | 182        |
| Акімова Орина Борисівна.....                                                                                                                                    | 182        |
| <b>ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОГАРНІТУР ДЛЯ КОМП'ЮТЕРНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ ЗАХВОРЮВАНЬ.....</b>                                                                             | <b>186</b> |
| Романюк Олександр Никифорович .....                                                                                                                             | 186        |
| Тітова Наталія Володимирівна .....                                                                                                                              | 186        |
| Романюк Сергій Олександрович.....                                                                                                                               | 186        |
| <b>MICROSTRUCTURE EVOLUTION AND TENSILE/NANOINDENTATION BEHAVIOUR OF LPBF 316L BIOMEDICAL STAINLESS STEEL AFTER PRESTRAINING AND SUBSEQUENT ANNEALING .....</b> | <b>189</b> |
| B.V. Efremenko.....                                                                                                                                             | 189        |
| Yu.G. Chabak .....                                                                                                                                              | 189        |
| <b>COMPARISON OF ELECTROCHEMICAL, WEAR AND CORROSIVE PERFORMANCE OF LASER-BASED POWDER BED FUSION AND WROUGHT BIOMEDICAL TI-6AL-4V ALLOYS .....</b>             | <b>191</b> |
| B.V. Efremenko.....                                                                                                                                             | 191        |
| Yu.G. Chabak .....                                                                                                                                              | 191        |
| A.G. Lekatou .....                                                                                                                                              | 191        |
| <b>ПОШУК І СЕГМЕНТАЦІЯ КАЛЬЦИНАТІВ НА МАМОГРАМАХ .....</b>                                                                                                      | <b>192</b> |
| <b>ЗА ДОПОГОЮ НЕЙРОМЕРЕЖІ U-NET.....</b>                                                                                                                        | <b>192</b> |
| Гадяцький Володимир Юрійович.....                                                                                                                               | 192        |
| Сергєєва Катерина Леонідівна .....                                                                                                                              | 192        |
| <b>НЕЙРОМЕЖЕВА МОДЕЛЬ ДЛЯ АНАЛІЗУ ВПЛИВУ ФАКТОРІВ ОСОБЛИВОСТІ КРАЇНИ НА РІВЕНЬ ЗАХВОРЮВАНОСТІ ПІД ЧАС ПАНДЕМІЇ.....</b>                                         | <b>195</b> |
| Мельников Олександр Юрійович.....                                                                                                                               | 195        |
| Козуб Дмитро Сергійович .....                                                                                                                                   | 195        |

|                                                              |            |
|--------------------------------------------------------------|------------|
| <b>ВПЛИВ ІНСУЛІНОВИХ ПОМП НА ЯКІСТЬ ЖИТТЯ НАСЕЛЕННЯ.....</b> | <b>199</b> |
| Волинець Марія Дмитрівна .....                               | 199        |
| Сілі Іван Іванович .....                                     | 199        |
| <b>ОРГАНІЗАЦІЯ ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ ЯКОСТІ В</b>          |            |
| <b>БІОМЕДИЦИНІ.....</b>                                      | <b>202</b> |
| Алхімова Анастасія Дмитрівна.....                            | 202        |
| <b>ЗАСТОСУВАННЯ МІКРОФЛЮЇДНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У БІОМЕДИЧНІЙ</b>   |            |
| <b>ДІАГНОСТИЦІ.....</b>                                      | <b>204</b> |
| Каверда Катерина Вікторівна.....                             | 204        |
| <b>СИСТЕМА УДАРНО-ХВИЛЬОВОЇ ТЕРАПІЇ.....</b>                 | <b>207</b> |
| Лисенко Вікторія Вікторівна.....                             | 207        |
| <b>БІОСУМІСНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ІМПЛАНТІВ ТА ЇХ ВПЛИВ НА</b>     |            |
| <b>ОРГАНІЗМ.....</b>                                         | <b>210</b> |
| Прилипіна Жанна Андріївна .....                              | 210        |
| <b>СУЧАСНИЙ ЦИФРОВИЙ ФОНЕНДОСКОП З ЕЛЕМЕНТАМИ</b>            |            |
| <b>ВІЗУАЛІЗАЦІЇ З МОЖЛИВІСТЮ ПЕРЕДАЧИ ДАНИХ НА МОБІЛЬНИЙ</b> |            |
| <b>ПРИСТРІЙ ЗА ДОПОМОГОЮ BLUETOOTH.....</b>                  | <b>212</b> |
| Умарова Нермін Єльзамін кизи .....                           | 212        |
| <b>ENHANCING SPEECH THERAPY THROUGH BIOFEEDBACK:</b>         |            |
| <b>INTEGRATING IoT SOLUTIONS .....</b>                       | <b>215</b> |
| Zoran Kadežabek.....                                         | 215        |
| Khrystyna Moskalova.....                                     | 215        |

## СЕКЦІЯ 1: АВТОМАТИЗАЦІЯ І КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ

### УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КОНТРОЛЮ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

**Жовтобрух Сргій Анатолійович,**  
старший викладач кафедри «АтаКТ», ДВНЗ «ПДТУ»  
[zhovtobrukh\\_s\\_a@pstu.edu](mailto:zhovtobrukh_s_a@pstu.edu)

**Левицька Катерина Романівна,**  
студентка групи МА-21, ДВНЗ «ПДТУ»  
[levytska\\_k\\_r@students.pstu.edu](mailto:levytska_k_r@students.pstu.edu)

*Розглянуто актуальні проблеми контролю перевезень на залізничному транспорті та напрям їх вирішення. Вказані переваги взаємодії засобів зважування вагонів з поточною відеофіксацією номеру. Наведено інформаційну складову автоматизованої системи контролю перевезень, необхідної для оптимізації роботи диспетчерів залізничних підрозділів.*

*The current problems of railway transportation control and the direction of their solution are considered. The advantages of interaction between wagon weighing devices and current video recording of the license plate are indicated. The information component of the automated transportation control system, necessary for optimizing the work of railway department dispatchers, is presented.*

Весь процес транспортування, як правило, чітко регламентується і відстежується, але часто виникають ситуації, які пов'язані з експлуатацією технічно непридатних вагонів, підміною вантажу, несанкціонованим проїздом, некоректним зважуванням вагонів. Найбільш продуктивним способом вирішення вказаних проблем є повна автоматизація та контроль всього транспортного ланцюга у віддаленому режимі з мінімальною участю персоналу у виконанні поточних операцій.

На даний момент в системі контролю присутні: диспетчер, який виконує контрольно-логістичні функції, та допоміжний персонал, який фіксує номер/тип

вагонів в журналах, проводить зваження та технічний огляд вагонів. Далі вага та номер/тип вагону заносяться у комп'ютер, який з'єднано з базою даних підрозділу.

Сучасні залізничні тензометричні ваги можуть виконувати зважування вагонів в динамічному (на швидкості до 60 км/год) та статичному положенні. Переваги таких ваг:

- розпізнавання всіх типів вагонів, в тому числі локомотиву, з можливістю виключення його ваги з протоколу;
- автоматичне визначення напрямку і швидкості руху, з реєстрацією неприпустимого режиму швидкості;
- визначення навантаження кожного колеса, осі і візку поточного вагону;
- виявлення перевантаження або недовантаження вагона щодо маси, зазначеної в документах, або маркованого значення його вантажопідйомності, що вводиться оператором;
- документування та передача даних процесу зважування.

Фіксація номеру/типу вагонів виконується в стаціонарному положенні вагонів, на великих швидкостях необхідно впроваджувати система відеофіксації кадрів і розпізнаванням номерів вагонів в момент руху.

Оперативна інформація, що має фіксуватися та надаватися диспетчеру, представлена в таблиці 1.

Таблиця 1. Інформаційна складова автоматизованої системи контролю перевезень

| Об'єкт                               | Параметри                                                                                                                                                                                  |
|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Вагон                                | Номер, вантажопідйомність, рік побудови, дата планового ремонту, поточний пробіг, дата/час прибуття, дата/час подачі, дата/час розвантаження, дата/час завантаження, дата/час відправлення |
| Вантаж                               | Найменування вантажу, вага вантажу, термін доставки, експедитор, країна призначення, країна відправлення                                                                                   |
| Пломби                               | Номер пломби, тип пломби, станція накладення пломб                                                                                                                                         |
| Резерв                               | Код резерву, номер контейнеру, дата подачі в резерв                                                                                                                                        |
| Ремонт                               | Код ремонту, номер контейнеру, вид ремонту, спосіб передачі в ремонт, несправність, дата повернення з ремонту                                                                              |
| Власник/<br>Відправник/<br>Отримувач | Код власника, юридична адреса, назва                                                                                                                                                       |
| Ремонтна організація                 | Код організації, назва, адреса                                                                                                                                                             |
| Огляд                                | Код огляду, номер контейнеру, час/вид/підстава для огляду                                                                                                                                  |

Удосконалення функціональних можливостей систем автоматизованого контролю перевезень надає такі переваги:

- зниження ризиків помилкової фіксації інформації персоналом;
- автоматизоване розпізнавання та облік номерів вагонів, часу проходження вагонів;
- історія «життєвого циклу» вагонів;
- архівування та резервування даних, інформування про нештатні ситуації;
- вивод інформації у вигляді графіків, автоматичне формування звітів, експорт та імпорт даних в зовнішні системи для більшої зручності при подальшій обробці інформації.

## ОЦІНКА ПОКАЗНИКІВ ЕФЕКТИВНОСТІ ЧИСЕЛЬНИХ МЕТОДІВ У ЗАДАЧАХ КЕРУВАННІ СИЛОВИМ АГРЕГАТОМ

**Гітис Веніамін Борисович,**

доцент, канд. техн. наук, ДДМА

[veniamin.gitis@dgma.donetsk.ua](mailto:veniamin.gitis@dgma.donetsk.ua)

**Пономаренко Іван Віталійович,**

магістрант, ДДМА

[dofinchik@gmail.com](mailto:dofinchik@gmail.com)

*Проаналізовано проблеми керування силовими агрегатами та шляхи їх вирішення. Розглянуті існуючі методи чисельного моделювання для задач керування. Проведено дослідження та аналіз ефективності чисельних алгоритмів для задач керування. Розроблено програмний модуль, що демонструє практичну реалізацію чисельних методів у керуванні силовими агрегатами. Наведено приклад роботи розробленого програмного додатка.*

*The problems of power unit control and ways to solve them are analyzed. The existing methods of numerical modeling for control problems are considered. The effectiveness of numerical algorithms for control problems is studied and analyzed. A software module is developed that demonstrates the practical implementation of numerical methods in power unit control. An example of the work of the developed software application is given.*

Силові агрегати використовуються в різних галузях промисловості, включаючи автомобільну, авіаційну, енергетичну та багато інших. Вони є ключовими компонентами, що забезпечують роботу різноманітних механізмів і систем. Тому актуальним є розробка ефективних підходів до керування силовими агрегатами, що дозволить знизити витрати на їх експлуатацію, підвищити надійність та продовжити термін служби обладнання.

Використання диференціальних рівнянь у задачах керування силовим агрегатом надає широкі можливості для точного опису системи, розробки адаптивних і оптимальних законів керування, а також прогнозування її поведінки за різних умов експлуатації.

Розв'язання систем диференціальних рівнянь можливо за допомогою чисельних методів. Вони забезпечують швидкий і точний аналіз навіть складних нелінійних моделей для моделювання роботи силового агрегату в реальному часі.

Серед найпоширеніших чисельних методів можна виділити метод Ейлера, метод Рунге-Кутти та метод скінчених елементів.

Для дослідження ефективності роботи цих методів при розв'язанні диференціальних рівнянь силового агрегату був розроблений програмний додаток. Програма дозволяє отримати вирішення диференціальних рівнянь трьома способами, та побачити який з цих методів вирішує краще ніж інші.

На рис. 1 наведено результати роботи програми.

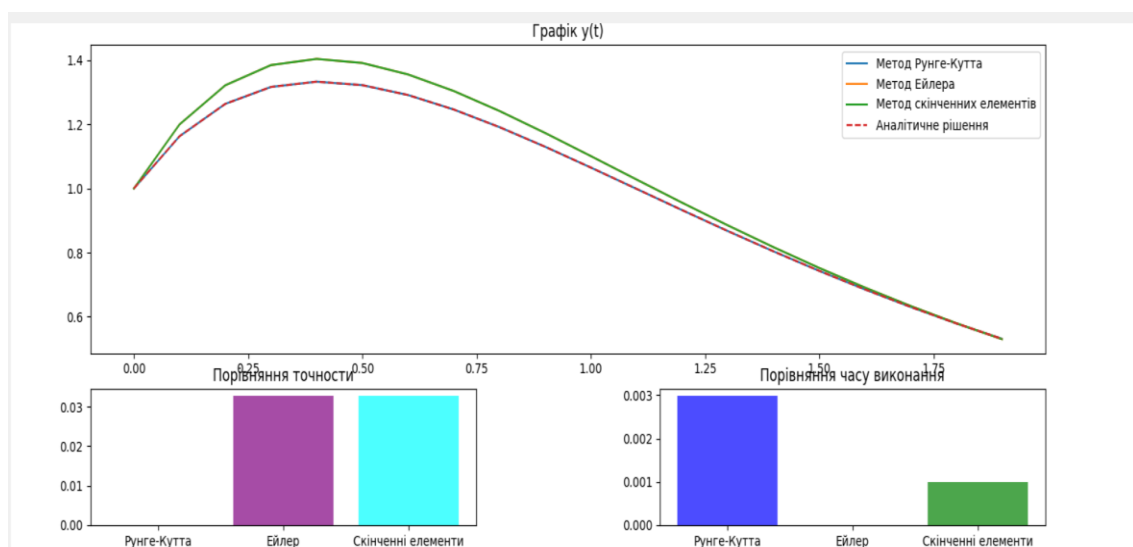


Рисунок 1 – Графік рішення та результати порівняння чисельних методів

Завдяки своїй зручній і простій у використанні інтерфейсу, програма дозволяє швидко налаштувати параметри, та перейти до рішення. Можна встановити параметри рівняння, значення шагу та інші характеристики.

Результати виконаного дослідження можуть бути корисними для інженерів, науковців та розробників, які працюють у галузі автоматизації та керування технічними системами, з метою покращення роботи силових агрегатів.

## АВТОМАТИЗАЦІЯ ТРАКТУ ТРАНСПОРТУВАННЯ ГІРНИЧОЇ МАСИ ДРОБАРНОГО ЦЕХУ ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНОГО КОМБІНАТУ

**Сімкін Олександр Ісакович,**

проф., канд. техн. наук, ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ  
ПОЛІТЕХНІКА»

[a.i.simkin@mipolytech.education](mailto:a.i.simkin@mipolytech.education)

**Рябченко Анастасія Анатоліївна,**

студентка групи 174-24-1м, ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ  
ПОЛІТЕХНІКА»

[a.a.ryabchenko@mipolytech.education](mailto:a.a.ryabchenko@mipolytech.education)

*Розглянуто основне технологічне обладнання тракту дроблення та транспортування гірничої маси дробарного цеху одного з гірничо-збагачувальних комбінатів України. Описано функції та технічні засоби існуючої системи автоматизації, її основні недоліки. Сформульовано основні напрями модернізації системи управління трактом, в т.ч. необхідність використання частотного управління двигунами конвеєрів за допомогою частотних перетворювачів, провадження нових технічних засобів та відеокadrів людино-машинного інтерфейсу.*

*The main technological equipment of the crushing and transporting tract of the rock mass of the crushing shop of one of the mining and processing plants of Ukraine is considered. The functions and technical means of the existing automation system are described, as well as its main shortcomings. The main directions of modernization of the tract control system are formulated, including the need to use frequency control of conveyor motors using frequency converters, the introduction of new technical means and video frames of the human-machine interface.*

Гірничодобувна галузь України відіграє ключову роль у відбудові та розвитку промисловості. Дробарний цех одного з гірничо-збагачувальних комбінатів України (далі – ГЗК) здійснює прийом, дроблення і транспортування гірничої маси на рудозбагачувальні фабрики. Складовою цеху є тракти транспортування гірничої маси. Нижче розглянуті основне технологічне обладнання тракту та діюча система автоматизації.

До складу тракту входять корпус дроблення крупнозернистого обрізу висотою 300 м, обладнаний конусною дробаркою, два стрічкових конвеєри А і Б, вузол перекачування ВП2 з конвеєра А на існуючі конвеєри К1 або К2, два пластинчасті живильники конусної дробарки.

До складу електрообладнання дробарки входять: електродвигун головного приводу дробарки, шафи управління дробаркою, шафа силова, пульт місцевого управління дробаркою, панель оператора, пульт місцевого управління станції рідкої змазки, пульт місцевого управління гідроприводу, перетворювач вимірювальної активної і реактивної потужності двигуна головного приводу, перетворювач вимірювальний змінного струму двигуна головного приводу. Крім того, дробарка оснащена датчиками рівня мастила, температури масла у баку змазки, положення дроблячого конуса та ін.

До складу конвеєрів входять: двигуни, стрічка резинова, ролики, підшипник, корпус підшипника барабана натяжного, датчик контролю сходу стрічки, датчик пориву стрічки, дистанційний вимикач.

Локальна автоматизована система дробарки виконує функції контролю параметрів обладнання, аналізу стану технологічних процесів та механізмами дроблення.

Для керування двигунами стрічкових конвеєрів передбачено комплектний електропривод, який у комплекті із системою керування забезпечує пуск електродвигунів конвеєрів. Для конвеєрів передбачається місцеве керування (для ремонту та випробування), яке здійснюється з постів місцевого управління, та диспетчерське з пульта диспетчера. Можливо також блокування кожного з

конвеєрів (місцеве – з кнопки, дистанційне – автоматичне при спрацюванні датчика аварії).

Крім того, передбачено блокування механізмів дробарок та конвеєрів з аспіраційними установками, огорожами та аварійними тросовими вимикачами вздовж конвеєрів, а також між собою у порядку проходження механізмів по пуску.

Серед недоліків поточної системи можна виділити:

- ☐ низька якість керування електроприводами конвеєрів;
- ☐ застарілі технічні засоби, у т.ч. датчики, перетворювачі, шафи управління;
- ☐ відсутність деяких необхідних задач верхнього рівня, у т.ч. підсистеми обліку техніко-економічних показників, аналізу поточного стану тракту і системи автоматизації, обмежені функції керування трактом.

Економічні виклики спонукають до модернізації технологічних процесів та автоматизації виробництва, тому в рамках виконання майбутньої магістерської роботи планується модернізація автоматизованої системи управління трактом, а саме:

- ☐ впровадження нових технічних засобів автоматизації, в т.ч. датчиків, перетворювачів, контролерів та мережевого обладнання, ПЕОМ.
- ☐ реалізація частотного управління двигунами конвеєрів за допомогою частотних перетворювачів;
- ☐ часткова реалізація підсистеми оптимізації енергоспоживання;
- ☐ доповнити необхідними відеокадрами людино-машинний інтерфейс системи.

Модернізація систем управління технологічними процесами є необхідним кроком для підвищення ефективності та конкурентоспроможності ГЗК. Впровадження нових технологій дозволить забезпечити стабільність виробництва, підвищити рівень безпеки та зменшити витрати на обслуговування обладнання.

## ВПЛИВ ЗГЛАДЖУВАННЯ МЕТОДОМ МОДИФІКОВАНОГО РУХОМОГО СЕРЕДНЬОГО НА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

**Койфман Олексій Олександрович,**

доцент, канд. техн. наук, ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»

[aleksey.koyfman@mipolytech.education](mailto:aleksey.koyfman@mipolytech.education)

**Голотюк Микола Віталійович,**

доцент, канд. техн. наук, ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»

[mykola.golotyuk@mipolytech.education](mailto:mykola.golotyuk@mipolytech.education)

**Ісаєв Андрій Борисович,**

старший викладач кафедри «АтаКТ», ДВНЗ «ПДТУ»

[isaev\\_a\\_b@pstu.edu](mailto:isaev_a_b@pstu.edu)

*В роботі розглянуто згладжування експериментальних даних для кривої розгону статичного об'єкта керування за допомогою методу рухомого середнього. Порівняно різні періоди згладжування. Показано, що найкращі результати для визначення параметрів об'єкта керування дає період з 3-х значень.*

*The paper examines the smoothing of experimental data from the transient response of a static control object using the Simple Moving Average (SMA) method. Various smoothing window sizes were compared. It was demonstrated that the most accurate results for determining the control object's parameters are achieved with a window size of three values.*

Лінія кривої розгону (рис.1) попередньо має бути згладжена для підвищення якості ідентифікації об'єкта керування, наприклад, отримання значень часу запізнення та його постійної часу, при її автоматичній обробці [1, 2]. Коливання значень параметра при реакції об'єкта на ступінчастий вплив при подальшому аналізі можуть суттєво вплинути на параметри налаштування відповідного регулятора.

На рис. 1 представлено вихідну криву розгону, отриману у виробничих умовах.

Для визначення впливу згладжування авторами обрано метод рухомого (ковзного) середнього (англ. - Simple Moving Average, SMA) - найпростіший в

реалізації. Метод було модернізовано – отримані значення прогнозу було зміщено на  $N-1$  значень вліво, де  $N$  – період згладжування або кількість значень для обрахунку середнього.

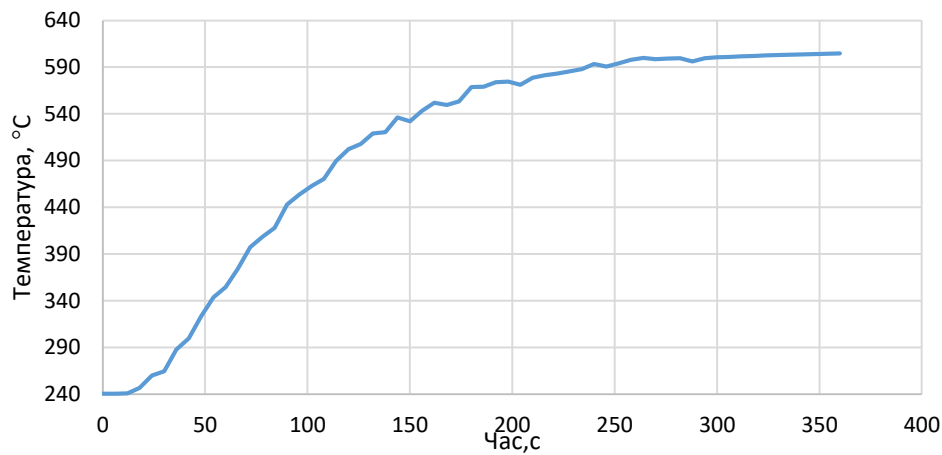
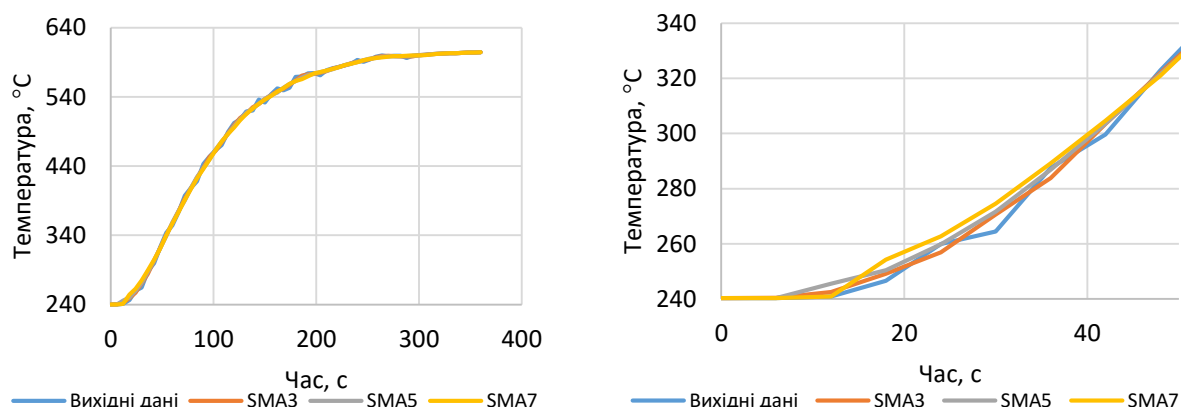


Рисунок 1 – Вихідна крива розгону параметру

Авторами було досліджено вплив періоду згладжування рухомого середнього з використанням набору кривих розгону з дослідження [2]. Було проаналізовано згладжування рухомого середнього з періодами з 3, 5 та 7 значень (рис. 2, а) .



а)

б)

Рисунок 2 – Результати згладжування

Автори звернули увагу, що при оцінювання кожного зі згладжувань коефіцієнт детермінації  $R^2$  дає значення більше 0,99, але підвищення періоду рухомого середнього знижує якість моделювання об'єкта керування після ідентифікації. Детальне вивчення показало (рис. 3), що зниження  $R^2$  пов'язано з погіршенням опису частини затримки кривої розгону – збільшення часу затримки (рис. 2, б).

Кожна з трьох ліній згладжування дає  $R^2 > 0,99$ , але з'ясувалось, що найкращі результати надає період з 3-х значень рухомого середнього (рис. 3).

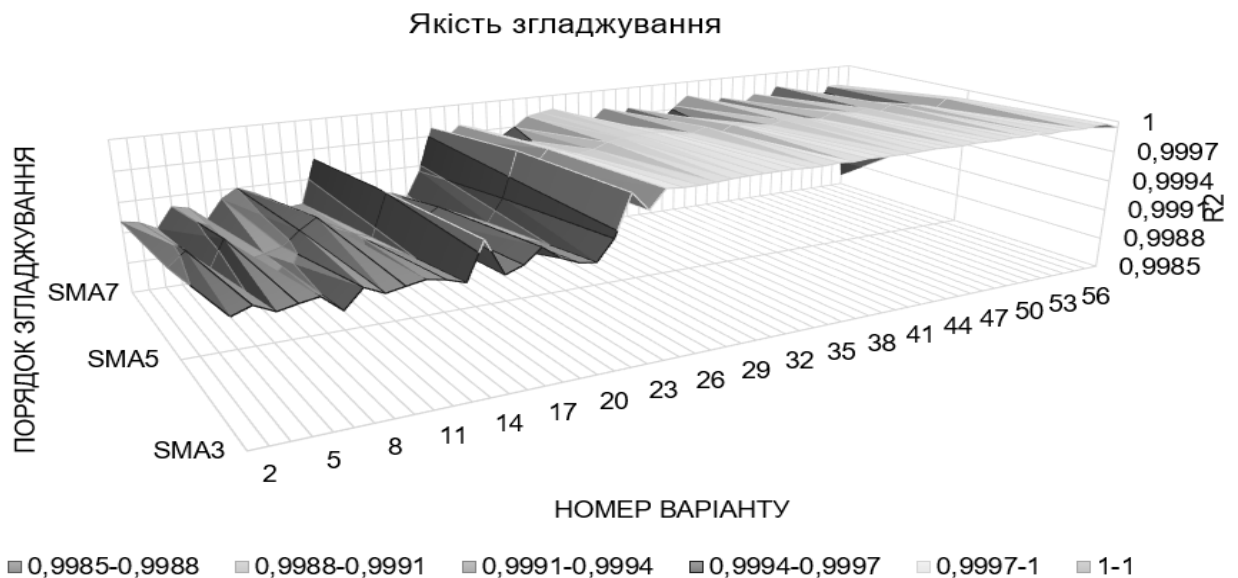


Рисунок 3 – Значення  $R^2$  при різних періодах рухомого середнього для кожного з варіантів дослідження [2].

В подальшому авторами для автоматичної ідентифікації об'єкта керування було обрано рухоме середнє з періодом у 3 значення для згладжування лінії кривої розгону. Використання запропонованої обробки вихідних даних дозволяє підвищити точність отримання параметрів об'єкта керування зі зменшенням статичної похибки при моделюванні реакції об'єкта керування на ступінчастий вплив. Метою наступного дослідження буде визначення впливу згладжування вихідних даних на налаштування регулятора відповідної системи керування.

#### Перелік посилань

1. Койфман О.О., Мірошніченко В.І., Стебелько І.Є. Автоматичне визначення точки перегину при ідентифікації об'єкту керування. Автоматизація та біомедичні і комп'ютерні технології: тези доповідей Всеукраїнської науково-технічної інтернет-конференції. (Дніпро, 12 березня 2024 р.) / ДВНЗ «ПДТУ».– Дніпро: ПДТУ, 2024.– С. 19-23.

2. Koyfman, O. O., Miroshnychenko, V. I., & Simkin, O. I. (2023). Analytical study of methods of identification of control object. MININGMETALTECH 2023 – The mining and metals sector: integration of business, technology and education : Scientific monograph. Riga, Latvia : “Baltija Publishing”, 2023. PP 113-147. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-382-8-7>

3. Moving average [https://en.wikipedia.org/wiki/Moving\\_average](https://en.wikipedia.org/wiki/Moving_average)

## МЕТОДИКА КОМПЛЕКСНОГО ОЦІНЮВАННЯ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ ЦИФРОВИХ РАСТРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ

**Дубневич Мирослава Миронівна,**

доцент, канд. техн. наук, ПІМТ НУ «Львівська Політехніка»

[dubnevychmyroslava@gmail.com](mailto:dubnevychmyroslava@gmail.com)

**Сельменська Зоряна Михайлівна,**

доцент, канд. техн. наук, ПІМТ НУ «Львівська Політехніка»

[zorselm@gmail.com](mailto:zorselm@gmail.com)

**Маїк Людмила Ярославівна,**

доцент, канд. техн. наук, ПІМТ НУ «Львівська Політехніка»

[ludmyla.maik@gmail.com](mailto:ludmyla.maik@gmail.com)

*Якість продукції, зокрема поліграфічної, є визначальною умовою конкурентоздатності на внутрішньому та зовнішньому ринках. Високий рівень сучасної поліграфічної техніки, новітні технології, широкий асортимент поліграфічних матеріалів вимагають запровадження на виробництві комплексних систем контролю якості виконання технологічних операцій та готової продукції, систем автоматизованого управління процесом забезпечення якості на усіх етапах виробництва з використанням відповідного програмного забезпечення. Об'єктивний аналіз може ґрунтуватися лише на абсолютних чисельних значеннях показників якості, їх комплексному аналізі, а не на візуальному оцінюванні, яке ще досить часто використовується при опрацюванні півтонових зображень.*

*The quality of products, in particular printing, is a determining condition for competitiveness in the domestic and foreign markets. The high level of modern printing equipment, the latest technologies, a wide range of printing materials require the introduction of complex quality control systems for the performance of technological operations and finished products, systems of automated control of the quality assurance process at all stages of production using appropriate software. Objective analysis can be based only on certain numerical values of quality indicators, their comprehensive analysis, and not on visual assessment, which is still quite often used in the processing of halftone images.*

Нормативні вимоги до якості поліграфічної продукції встановлюються через призму специфіки зорового сприйняття інформації споживачем, з урахуванням особливостей мислення людини та здатності запам'ятовувати необхідну

інформацію. Людський мозок зчитує візуальні образи значно швидше, ніж текстову інформацію. Тому ілюстрація, зокрема фотозображення, часто використовують у дизайні видань, а також різної поліграфічної та невидавничої продукції, з метою формування фокус-точки. Цифрове растрове зображення на даному етапі розвитку цифрової техніки та поліграфічної технології підлягає вхідному контролю якості та наступному операційному контролю у процесі опрацювання інформації з півтонового образотворчого оригіналу. Цей процес ускладнюється відсутністю стандартної процедури об'єктивного оцінювання якості цифрового фотозображення, а перелік та гранично допустимі значення показників якості не регламентуються жодним нормативним документом. Міжнародні стандарти ISO нормують лише певний перелік технічних показників якості засобів реєстрації, але не описують методику оцінювання та конкретні показники якості цифрових фотозображень. Український стандарт ДСТУ 3772-2013 (від 01.07.2014) «Оригінали для поліграфічного відтворення. Загальні технічні вимоги» регламентує показники якості лише різних типів образотворчих оригіналів на матеріальних носіях і не поширюється на цифрові кольорові фотозображення. Оскільки налагодження наскрізного управління якістю на поліграфічних підприємствах неможливе без об'єктивного контролю, тому питання формулювання методики комплексного оцінювання цифрового півтонового зображення є важливим. Більшість авторів публікацій, присвячених оцінюванню якісних показників цифрових фотозображень, пропонують оцінювати фото візуально. Але таку методику не можна вважати об'єктивною навіть при реалізації на каліброваному моніторі та за стандартизованих умов освітлення.

З метою систематизування усіх чинників впливу на якість цифрового фотозображення було побудовано діаграму причинно-наслідкового зв'язку факторів впливу (рис. 1). Кожен з перелічених показників якості цифрового фотографічного зображення закладається на етапі експонування і залежить від багатьох факторів, більшість з яких динамічно змінюються.

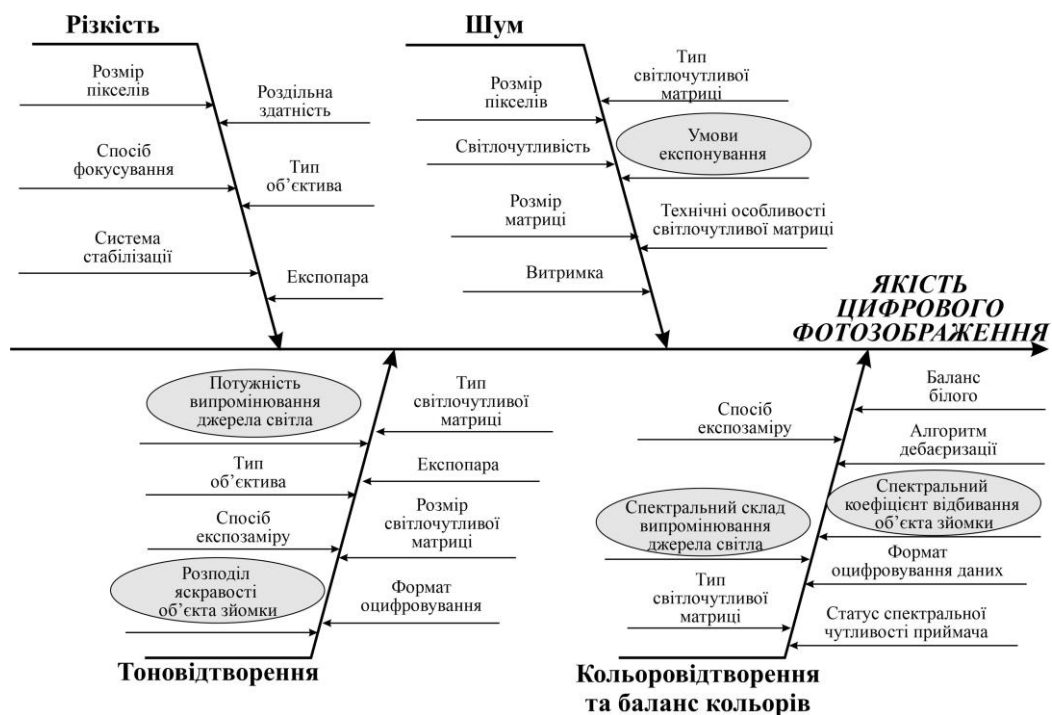


Рисунок 1 – Діаграма зв'язку факторів впливу та якісних показників цифрового фотозображення

Перелічені вище основні показники якості фактично є комплексними і кожен з них кількісно описується рядом простих показників. Тоновідтворення на фотозображенні визначається параметрами точок білого та чорного, відтворенням окремих деталей яскравості по усьому тоновому діапазоні, відтворенням тональності сюжетно вагомих об'єктів, загальним контрастом зображення. Ці показники оцінюють за чисельними значеннями яскравості та по формі гістограми. Кольоровідтворення визначається показником загального колірного тону зображення, точністю відтворення пам'ятних кольорів, балансом кольорів по нейтральних (ахроматичних) кольорах за співвідношенням вмісту основних кольорів на відповідних ділянках. Різкість зображення характеризується шириною розмитості зони у пікселях. Наявність на фотозображенні шумів, кількісно оцінюється величиною стандартного відхилення у рівнях яскравості Std Dev – «Standard Deviation» – палітри «Histogram» у графічному редакторі, наприклад PhotoShop. Чим менше чисельне значення Std Dev, тим менше шумів. При значеннях  $\text{Std Dev} \leq 3$  у півтінях та високих яскравостях та  $\text{Std Dev} \leq 5$  у тінях зображення – прийнятний, малопомітний оком рівень шуму.

Узагальнюючи викладене вище, перед початком опрацювання цифрового фотографічного зображення слід визначити перелічені показники якості та з урахуванням виду майбутньої поліграфічної продукції за результатами послідовного аналізу проводити коректуру цифрового півтонового зображення.

## РОЗРОБКА СИСТЕМИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ ОПАЛЕННЯМ БУДІВЛІ ЗА ДОПОМОГОЮ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

**Добровольська Людмила Олександрівна,**

доцент, канд. техн. наук, ДВНЗ «ПДТУ»

[ludmila\\_dobrovolskaya@ukr.net](mailto:ludmila_dobrovolskaya@ukr.net)

**Солдатов Данило Вікторович,**

студент групи МА-24-М, ДВНЗ «ПДТУ»

[soldatov200318@gmail.com](mailto:soldatov200318@gmail.com)

*Застосування класичних методів для розв'язання задач оптимізації режимів теплопостачання та регулювання мікроклімату приміщень будівель і споруд пов'язане з необхідністю математичного моделювання в кожному конкретному випадку перепланування приміщень або зміни обладнання, використовуваного для їхнього життєзабезпечення.*

*The use of classical methods for solving problems of optimizing heat supply modes and regulating the microclimate of buildings and structures is associated with the need for mathematical modeling in each specific case of redevelopment of premises or changes in the equipment used for their life support.*

Енергозбереження в системах опалення з позиції управління характеризується необхідністю стабільного підтримання температури повітря в приміщеннях будівлі на заданому комфортному рівні за наявності зовнішніх збурень, що діють на будівлю. Енергоефективність визначається здатністю забезпечити мінімально можливе теплоспоживання, при цьому вимоги комфорту виступають обмеженням. Відповідно, коливання, перерегулювання, статична помилка регулювання призводять до неефективного споживання теплової енергії.

Надійного й економічного комфорту опалювальної системи можна досягти за використання нечітких логічних методів управління ними, заснованих на нечіткому вербальному описі процесу за рахунок лінгвістичних правил і керуючих впливів. Нечіткі системи керування мікрокліматом належать до класу інтелектуальних систем, здатних до адаптації до процесів, що постійно змінюються. Побудова систем на базі нечіткої логіки для керування системою

опалення з урахуванням зовнішнього впливу ускладнюється у зв'язку з відсутністю методів і алгоритмів реалізації систем подібного типу, що визначає орієнтованість роботи на розроблення та створення способів і підходів до опису й визначення функцій приналежності параметрів мікроклімату, що розглядаються, і створення бази правил для нечіткого регулятора. Також при створенні систем особливу увагу приділено розробленню алгоритмів роботи контролера і виділенню термів, тобто поданню діапазону абсолютних значень параметрів у вигляді нечітких виразів, для ефективнішого управління.

Пропонується розробка системи енергоефективного управління, на основі нечіткої логіки для регулювання заданих параметрів опалення будівлі, що забезпечує підтримання необхідної комфортної температури повітря в приміщеннях будівлі.

Мікроконтролер, що реалізує нечітку логіку, складається з таких частин: блок фазифікації, база даних, логічний пристрій, блок дефазифікації. Щоб мікроконтролер був зручний і простий в експлуатації, він має бути досить гнучким для застосування в сучасних складних системах і поєднувати в собі простоту і зручність параметричного конфігурування, а також функціональність програмованого контролера. Крім того, необхідний доступ до зміни в ньому параметрів функціональних блоків контурів регулювання і логічного керування, а також параметрів, що характеризують поведінкову модель мікроконтролера.

Використовуючи таку схему нечіткого мікроконтролера, у системі управління на основі нечіткої логіки реалізуються чотири основні ступені процесу управління:

- блок фазифікації перетворює чіткі величини, виміряні на виході керованого об'єкта, на нечіткі величини, описувані лінгвістичними змінними;
- логічний пристрій використовує нечіткі умовні правила, закладені в базі даних, для перетворення нечітких вхідних даних на керівні сигнали;
- блок дефазифікації перетворює нечіткі дані з виходу блоку рішень на чітку величину, яка використовується для керування об'єктом.

Після постановки задачі в базі правил, що складається з умов і висновків, проводять їх оброблення за спеціальними алгоритмами. Ідея обробки полягає в

перетворенні ( $fz$ ) нечітких значень умов і висновків у кількісну форму. Для цього використовують різного роду функції належності: трикутні, трапецеїдальні, дзвоноподібні та інші. Вибір типу функції залежить від розв'язуваного завдання. Операція ( $fz$ ) за аналогією з інтегральними перетвореннями Лапласа, Фур'є та іншими, може бути інтерпретована, як перехід в інший простір. У новому просторі здійснюється обробка нечітких змінних з використанням логічних операцій. Найчастіше для цього застосовують алгоритм Мамдані. Після цього отриманий результат логічного опрацювання з використанням зворотного перетворення (дефазифікації) переводиться у вихідний простір числових змінних. У системі керування з нечіткою логікою необхідну температуру постійно регулюють на основі поточних значень кімнатної температури і вологості. Порівняно з системами, що використовують ПД-регулятори, під час використання нечіткого керування температурні коливання знижуються. Підтримувана температура в приміщенні перебуває на мінімальному допустимому рівні, що знижує енергоспоживання.

У галузі управління технічними системами застосування методу нечіткого моделювання є більш ефективним, ніж методи, засновані на використанні традиційних аналітичних моделей і алгоритмів управління.

## КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ОРГАНІЗАЦІЇ ДИСТАНЦІЙНОГО ВИКЛАДАННЯ ПРАКТИЧНИХ ДИСЦИПЛІН

**Щербаков Сергій Володимирович,**  
доцент, канд. техн. наук, ДВНЗ «ПДТУ»

[sherbakov\\_s\\_v@pstu.edu](mailto:sherbakov_s_v@pstu.edu)

**Черевко Олена Олександрівна,**  
доцент, канд. техн. наук, ДВНЗ «ПДТУ»

[cherevkoea89@gmail.com](mailto:cherevkoea89@gmail.com)

*Розглянуто можливості впровадження методів організації практичної роботи студентів в умовах дистанційного навчання з застосуванням комп'ютерних технологій. В якості прикладу представлено віртуальну лабораторну роботу з проєктування локальної системи автоматичного регулювання на базі програмованого логічного контролера (PLC). Наведено принцип реалізації об'єкта управління з використанням математичного моделювання та організації дистанційного управління засобами SCADA та web-технологій.*

*The possibilities of implementing methods for organizing students' practical work in distance learning conditions using computer technologies are considered. As an example, a virtual laboratory work on the design of a local automatic control system based on a programmable logic controller (PLC) is presented. The principle of implementing a control object using mathematical modeling and organizing remote control using SCADA and web technologies is presented.*

ДВНЗ «ПДТУ» наразі має статус тимчасово переміщеного навчального закладу. За таких умов виникають певні об'єктивні проблеми в викладанні дисциплін, які мають практичну складову. В основному – це обмеженість або відсутність лабораторної бази.

Кафедра автоматизації і комп'ютерних технологій займається підготовкою фахівців у відповідній галузі. Задачі автоматизації технологічних процесів складаються з багатьох етапів. Однією з перших та головних задач, що вирішують студенти, є експериментальне дослідження об'єктів для подальшого проєктування

автоматизованих систем та їх налаштування з метою забезпечення оптимальних якісних характеристик роботи.

Враховуючи дистанційний характер викладання та навчання студентів, наявність та доступність лабораторної бази є дуже важливим фактором, що дає можливість не тільки отримувати теоретичні знання, а й застосовувати їх на практиці.

Одним із простих та доступних рішень поставленої практичної задачі є використання програмних засобів симуляції роботи обладнання та математичних моделей об'єктів. Наприклад, при викладанні курсу «Мікропроцесорні та програмні засоби автоматизації» для імітації роботи об'єкту використовуються числові методи розрахунку моделей з їх подальшою ідентифікацією та реалізацією безпосередньо на базі мікропроцесорного пристрою.

Об'єкт автоматизації може бути представлений математичною моделлю або бути реальним. В залежності від цього необхідні параметри розраховуються числовою моделлю в PLC, або отримуються безпосередньо від датчиків технологічної інформації. Функції регулювання також реалізуються програмно з використанням базових числових алгоритмів. Дистанційне управління стає практично можливим завдяки наявності web-сервера та НМІ-інтерфейсу, що відображає технологічний процес.

Результатом впровадження подібних рішень з використанням локальних мереж або Internet є можливість залучення студентів до опанування практичної складової навчального процесу в дистанційному режимі. А створені таким чином віртуальні лабораторії сприяють розвитку ідеї академічної мобільності.

## АЛГОРИТМИ ПЛАНУВАННЯ РУХУ РОБОТИЗОВАНОЇ МОБІЛЬНОЇ ПЛАТФОРМИ У ДВОВІРНОМУ ПРОСТОРИ З УРАХУВАННЯМ ДИНАМІЧНИХ ПЕРЕШКОД

**Харчук Владислав Валентинович,**

аспірант, ДВНЗ «НТУ ДП»

[Kharchuk.Vl.V@nmu.one](mailto:Kharchuk.Vl.V@nmu.one)

*Розглядаються алгоритми планування маршруту для мобільних роботів в умовах динамічного середовища. Описано основні підходи, такі як методи прогнозування руху, гібридні алгоритми, алгоритми штучного інтелекту та реактивні алгоритми. Особлива увага приділяється здатності цих алгоритмів реагувати на зміни в реальному часі та враховувати рух об'єктів.*

*The proposition discusses adaptive path planning algorithms for mobile robots in dynamic environments. The main approaches, such as motion prediction methods, hybrid algorithms, artificial intelligence algorithms, and reactive algorithms, are described. Special attention is paid to the ability of these algorithms to respond to changes in real time and take into account the movement of objects.*

Планування шляху — це NP (non-deterministic polynomial-time) складна проблема, що полягає у знаходженні шляху з'єднує систему з початкової до кінцевої конфігурації. Складність проблеми зростає зі збільшенням ступенів свободи системи. Оптимальний шлях буде визначено на основі обмежень і умов.

Алгоритми планування враховують рухомі об'єкти навколо нас. Це складне завдання, яке потребує визначення безперервного маршруту від початкової до кінцевої точки, враховуючи такі обмеження, як найкоротший шлях або мінімальний час без зіткнень. Ключове завдання — врахування руху об'єктів, які можуть змінювати своє положення, швидкість і напрямок. Це вимагає постійного коригування маршруту для цього використовуються методи прогнозування руху, сенсорні дані та алгоритми, що адаптуються.

Серед основних алгоритмів, що використовуються для адаптивного планування маршруту, можна виділити наступні алгоритми.

*Методи прогнозування руху* — для забезпечення більш точного планування маршруту важливо не лише виявляти перешкоди, а й прогнозувати їхні майбутні позиції. Підхід на основі векторів враховують простір і час для прогнозування майбутнього місця розташування рухомих об'єктів, що знаходяться в заданому часовому інтервалі. Також використовуються алгоритми на основі моделей руху (наприклад, модель Калмана), що дозволяють зменшити ймовірність зіткнень шляхом планування маршруту на основі прогнозу руху об'єктів.

*Алгоритм на основі гібридної моделі (Genetic Algorithm + A)\** — натхненний процесом природного відбору, поєднує генетичних алгоритмів для пошуку оптимальних шляхів і A\* для точного планування маршрутів, після спеціальних адаптацій дозволяє планувати маршрут в середовищі рухомих перешкод. Його можна використовувати для пошуку оптимального шляху для мобільного робота в складному середовищі.

*Алгоритми штучного інтелекту* можна використовувати для планування шляху різними способами. Серед них можна виділити 2 важливих підходи:

- Нейронні мережі — це тип моделі машинного навчання, який можна використовувати для планування шляху. Наприклад, нейронну мережу можна навчити передбачати найкращий шлях для мобільного робота на основі його поточного середовища.

- Навчання з підкріпленням — це тип машинного навчання, за допомогою якого агент навчається діяти в середовищі, щоб максимізувати винагороду. Його можна використовувати для навчання мобільного робота планувати оптимальний шлях у складному середовищі.

*Реактивні алгоритми* — використовують принципи інтелектуальних агентів, які на основі сенсорних даних виявляють рухомі перешкоди та коригують напрямок руху робота в реальному часі. Такі алгоритми здатні оперативно реагувати на зміни в оточенні.

Методи прогнозування руху, такі як векторні підходи та моделі руху, дозволяють передбачити майбутні позиції об'єктів, що значно зменшує ризик зіткнень. Гібридні алгоритми, зокрема Genetic Algorithm + A\*, комбінують

генетичні алгоритми для пошуку оптимальних шляхів з  $A^*$  для точного планування, що дає змогу адаптуватися до змін у середовищі. Алгоритми штучного інтелекту, включаючи нейронні мережі та навчання з підкріпленням, здатні навчатися на основі даних та дозволяє знаходити найкращі маршрути для рухомих роботів. Реактивні алгоритми, що базуються на принципах інтелектуальних агентів, оперативно реагують на зміни в середовищі, використовуючи дані з сенсорів для корекції маршруту в реальному часі.

## РОЗРОБКА SCADA-СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ВИРОБНИЦТВОМ ДУТТЯ В УМОВАХ МЕТАЛУРГІЙНОГО КОМБІНАТУ

**Щербакова Варвара Андріївна,**  
студентка групи МА-21, ДВНЗ «ПДТУ»  
[shcherbakova\\_v\\_a@students.pstu.edu](mailto:shcherbakova_v_a@students.pstu.edu)

*У роботі розглянуто розробку SCADA-системи для управління турбоповітродувкою в умовах ТЕЦ металургійного комбінату. Запропонована система виконує функції збору, обробки, візуалізації та архівування даних у реальному часі. Реалізовано багатоканальне регулювання технологічних параметрів з візуалізацією технологічного процесу та розробкою підсистеми подачі кисню в дуття.*

*The work considers the development of a SCADA system for controlling a turbo blower in a TPP of a metallurgical plant. The proposed system performs the functions of collecting, processing, visualizing and archiving data in real time. Multi-channel regulation of technological parameters with visualization of the technological process and development of a subsystem for supplying oxygen to the blast are implemented.*

SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) являє собою програмний пакет, призначений для виконання функцій збору, обробки, відображення та архівування інформації про об'єкт моніторингу або управління в реальному часі. ПО даного класу може бути частиною АСУ ТП, АСКОЕ, системи екологічного моніторингу, наукового експерименту, автоматизації будівлі тощо. SCADA-

системи використовуються в усіх галузях діяльності, де потрібно забезпечувати операторський контроль за технологічними процесами.

Об'єктом автоматизації є турбокомпресорна установка для стискання й подачі дуття для доменного виробництва. Завдяки дуттю, що подається у доменну піч, в ній відбуваються всі процеси, необхідні для виробництва чавуну.

Мета роботи – розробка системи візуалізації процесу управління подачею кисню в турбоповітродувку. Технологічний процес відтворено за допомогою функціоналу SCADA-системи (рис. 1). Повітря надходить з навколишнього середовища в сопло Вентурі, паралельно з цим регулююча кількість кисню поступає в сопло і збагачує повітря. Кисень перед попаданням в сопло проходить через регулюючий орган, в якому задається його потрібна кількість. Далі кисень надходить в звужуючий пристрій, де вимірюється витрачена кількість, і поступивши в сопло, змішується з повітрям. Збагачене повітря надходить в компресор, де його тиск піднімається, температура знижується до заданого значення. Збагачене і під тиском повітря надходить в домену піч.

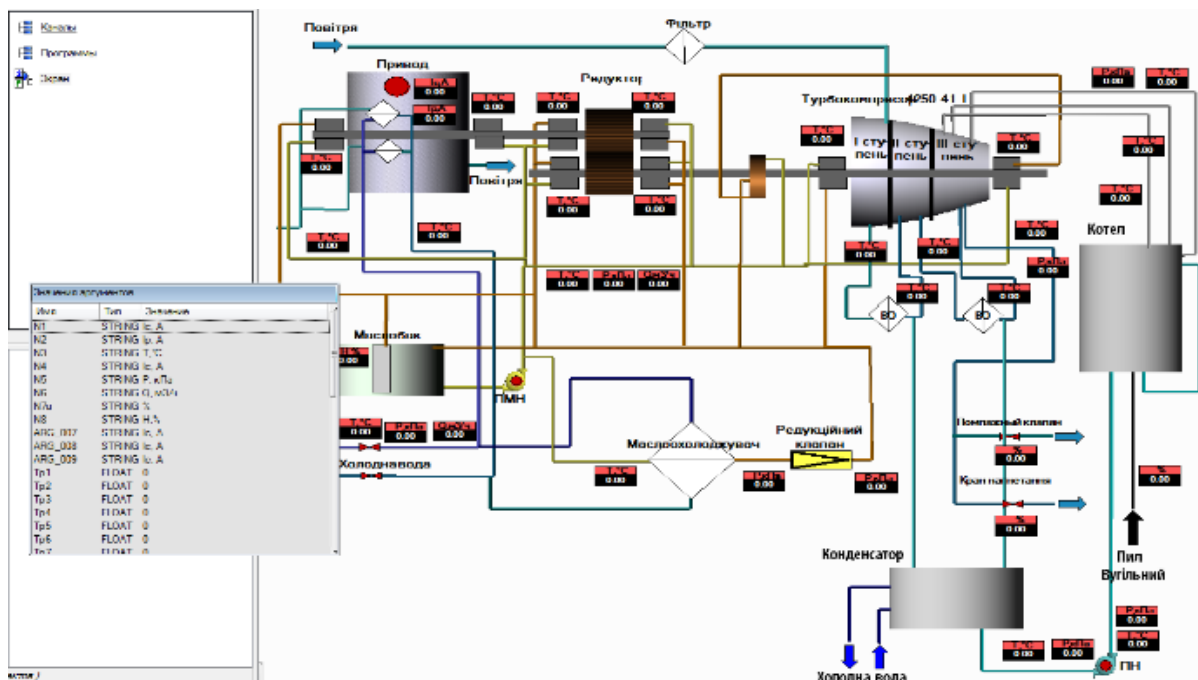


Рисунок 1 – Головний екран SCADA-системи.

Також на базі SCADA-системи розроблено програмне забезпечення з реалізацією функцій регулювання подачі кисню в турбоповітродувку. Реалізовано

багатоканальне управління технологічними параметрами з відображенням перехідних процесів регулювання та архівних трендів.

Використання в системах промислової автоматизації програмного забезпечення подібного класу та функціоналу забезпечує підвищення якості роботи агрегату, суттєво впливає на його продуктивність, економічність, технологічні характеристики та роботу в цілому.

## МЕТОД ПРОГНОЗУВАННЯ ТРАЄКТОРІЇ РУХУ МОБІЛЬНОЇ ПЛАТФОРМИ В УМОВАХ ДИНАМІЧНИХ ПЕРЕШКОД З ВЕКТОРНИМ МОДЕЛЮВАННЯМ РУХУ

**Харчук Владислав Валентинович,**  
аспірант, ДВНЗ «НТУ ДП»  
[Kharchuk.Vl.V@nmu.one](mailto:Kharchuk.Vl.V@nmu.one)

*У роботі запропоновано метод прогнозування траєкторії руху мобільної платформи у двовимірному просторі з урахуванням динамічних перешкод. Розроблено модифікацію алгоритму  $D^*$  Lite, яка дозволяє не тільки планувати оптимальний маршрут, але й прогнозує рух перешкод. Для цього було використано вектори, які показують швидкість і напрямок руху перешкод, що дозволяє точніше прогнозувати їхні переміщення в реальному часі. Це забезпечує ефективну адаптацію до змін у середовищі, роблячи його рух безпечнішим і ефективнішим.*

*This paper proposes a method for predicting the trajectory of a mobile platform in a two-dimensional space, considering dynamic obstacles. A modification of the  $D^*$  Lite algorithm has been developed, which not only plans the optimal route but also predicts the movement of obstacles. Vectors representing the speed and direction of the obstacles are used to more accurately predict their movements in real-time. This ensures effective adaptation to changes in the environment, making the platform's movement safer and more efficient.*

Важливою складовою процесу конвертерної плавки є утилізація газів, що відходять від конвертера. Для цього використовують котли-утилізатори різних

типів і конструкцій. Прямим чином установка котла-утилізатора не впливає на показники роботи конвертера. Однак позитивний вплив визначається, по-перше, збільшенням коефіцієнта використання тепла конвертерної установки в цілому до 40 %; по-друге, застосування потужних димососів для створення штучної тяги при встановленні котлів-утилізаторів дозволяє форсувати теплову роботу конвертера за рахунок кращої організації руху газів в котлі та більш гнучкого регулювання аеродинаміки робочого простору котла. У кінцевому рахунку це призводить до збільшення продуктивності конвертера та зниження питомих витрат палива.

Основною особливістю роботи котла є циклічність надходження конвертерних газів і, як наслідок, різка зміна теплового навантаження. Теплосприйняття охолоджувача в процесі плавки змінюється від нуля у період між продувками до максимуму в момент продувки, що викликає значні коливання тиску, різке набухання рівня води в барабані котла на початку і його падіння в кінці продувки.

Проаналізовано існуючу систему контролю рівня води у барабані-сепараторі. Рівень вимірюється гідростатичним методом за допомогою датчика перепаду тиску, підключеного до барабана-сепаратора через стандартну двокамерну зрівняльну посудину. Виявлено, що в існуючій системі вимірювання не враховуються такі суттєві технологічні особливості: показання рівнеміра залежать від різниці щільності води і пари, яка значно варіюється зі зміною тиску пари в барабані; на практиці тиск у барабані помітно відрізняється від номінального значення і змінюється у досить широкому діапазоні. В результаті існуючий метод не може забезпечити достатню точність вимірювання рівня при відхиленні тиску від номінального значення.

Запропоновано метод вимірювання рівня конденсату в барабані-сепараторі з корекцією вимірювання по різниці щільності води і пари та по тиску пари в барабані.

Застосування корекції по тиску пари дозволило знизити похибку вимірювання рівня у 2,5 рази в порівнянні з вихідним методом. Підвищення точності вимірювань означає поліпшення якості управління технологічним процесом і безпеку експлуатації барабанної установки.

Запропонована методика корекції вимірювання рівня води придатна для більшості посудин, що працюють під тиском, в яких вода та її пара знаходяться у стані насичення. Це можуть бути акумулятори парових котлів, випаровувачі,

деаератори та ін. При цьому необхідно, щоб окрім рівня води в посудині контролювалися тиск або температура пари, а інформація про значення цих параметрів збиралася і оброблялася мікропроцесорним пристроєм.

## AUTOMATION AND ITS ROLE IN THE IMPROVEMENT OF CANNING TECHNOLOGY

**Ya. S. Dziuba,**

Master of the Department of Nutrition Technology, SNAU

[adzb033@gmail.com](mailto:adzb033@gmail.com)

*У роботі проаналізовано роль автоматизації в удосконаленні технології виготовлення консервів, зокрема в аспекті стерилізації та упаковки. Проведено огляд сучасних автоматизованих систем керування, таких як SCADA, що забезпечують високоточний контроль за технологічними процесами та оптимізують використання ресурсів. Розглянуто переваги автоматизації безперервних виробничих ліній, які зменшують вплив людського фактора та підвищують економічну ефективність підприємств. Особливу увагу приділено використанню інноваційних технологій для вдосконалення виробничих процесів.*

*The work analyzes the role of automation in improving the technology of making canned food, in particular in the aspect of sterilization and packaging. A review of modern automated control systems, such as SCADA, providing high-precision control over technological processes and optimizing the use of resources, has been carried out. The advantages of automation of continuous production lines that reduce the influence of the human factor and increase the economic efficiency of enterprises are considered. Special attention is paid to the use of innovative technologies to improve production processes.*

In modern food production, automation plays a key role in improving the efficiency, stability of technological processes and the quality of final products. The production of canned food requires strict adherence to heat treatment, sterilization and packaging, which complicates the production using traditional control methods. The use of

automated control systems allows you to optimize these processes, reducing the risks of deviations and increasing the safety of products.

The purpose of the work is to analyze the role of automation in improving the technology of making canned food based on a review of modern research and development in this area.

Automation of production processes is an important tool for improving the technology of making canned meat. The use of modern automated control systems, in particular SCADA, makes it possible to effectively control and optimize key stages of production, among which sterilization is of particular importance. The introduction of such technologies provides high-precision control of temperature conditions and processing time, which reduces the likelihood of microbiological contamination and increases the shelf life of products.

Automated systems significantly reduce the influence of the human factor, which contributes to improving the stability of the quality of the final product. They provide the ability to analyze the efficiency of the production process in real time, allowing you to optimize the use of raw materials, water and energy resources. This is of particular importance in the face of rising resource costs and the need to improve the economic efficiency of the food industry.

Automation of the food industry plays an important role in improving production processes, increasing their efficiency and ensuring stable product quality. Studies devoted to the analysis of technological aspects of sterilization of canned products focus on the introduction of automated control systems. Automated control of sterilization parameters contributes to the rational use of energy resources, reducing the duration of high-temperature processing and reducing the risk of obtaining products of unsatisfactory quality.

Special attention is paid to the automation of the container sealing process, which is a critical stage in the production of canned products. The study proposes an advanced virtualized bottle sealing facility integrating the Hardware in the Loop (HIL) technique, combining real-world equipment with a virtual environment to accurately simulate and optimize process parameters. This integration allows for high-precision control of sealing

processes, which is important for ensuring the tightness of packaging and maintaining product quality.

In addition to industrial applications, researchers see SCADA as an effective tool for training future engineers, particularly in the field of automation of production processes. The introduction of such systems in the educational process provides students with the opportunity to acquire practical skills in working with automated control systems, which significantly increases the level of their professional training and ensures readiness for effective work in real production enterprises. The integration of SCADA into the curriculum allows students not only to get acquainted with the theoretical foundations of automation, but also to gain experience in the use of advanced technologies, which is an important aspect for the training of highly qualified specialists capable of introducing innovative solutions into the industry.

An innovative approach to monitoring food production is represented by a cyberphysical system (CPS) for processing olives using digital doubles (DT), 3D SCADA and VR. This system communicates with physical devices through OPC-UA, increasing productivity, product quality and improving automated control systems. It opens up new opportunities for the intellectualization of the food industry and the integration of advanced technologies into traditional production.

To optimize the sterilization of canned meat in small enterprises, an automated system for an electric autoclave was developed. It uses the OWEN PR200 programmable logic controller and the SIMP Light ENT SCADA system for remote parameter monitoring. 18 programmable modes are described, in particular for sterilization of canned meat, monitored through pressure sensors and thermometers. Heating of the autoclave is carried out through a logic controller or SCADA system, simplifying control and increasing efficiency.

Automation of canned food production processes increases the efficiency, safety and stability of production. The introduction of SCADA and cyberphysical systems reduces the impact of the human factor, optimizes resources and improves product quality. Innovative technologies such as digital twins and virtual reality open up new possibilities for improving sterilization and packaging. Automation is a key element in the development of canned food technology.

## СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ОПТИМІЗАЦІЇ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ

**Винниченко Артем Артемович,**  
студент групи МА-23, ДВНЗ «ПДТУ»  
[vynnychenko\\_a\\_a@students.pstu.edu](mailto:vynnychenko_a_a@students.pstu.edu)

**Воротнікова Злата Євгенівна,**  
доцент, к.т.н., ДВНЗ «ПДТУ»  
[vorotnikova\\_z\\_j@pstu.edu](mailto:vorotnikova_z_j@pstu.edu)

*У роботі проаналізовано сучасні підходи, які використовуються в промислових автоматизованих системах для прискорення виробничих процесів. Приділено особливу увагу застосуванню систем управління виробництвом (ERP), технологій Інтернету речей (IoT), алгоритмів машинного навчання та штучного інтелекту, методу ощадливого виробництва (Lean Manufacturing), інтегрованого планування, реінжинірингу бізнес-процесів.*

*The paper analyzes modern approaches used in industrial automated systems to accelerate production processes. Special attention is paid to the use of enterprise resource planning (ERP) systems, Internet of Things (IoT) technologies, machine learning and artificial intelligence algorithms, Lean Manufacturing, integrated planning, and business process reengineering.*

В сучасному світі ефективне управління виробництвом відіграє ключову роль у забезпеченні конкурентоспроможності підприємств. Розвиток технологій і постійно змінювані потреби ринку вимагають від компаній постійного вдосконалення та оптимізації виробничих процесів.

Застосування системи управління виробництвом (ERP) є ключовим аспектом сучасних методів управління виробництвом. ERP-системи представляють собою інтегровані програмні рішення, які дозволяють автоматизувати і координувати широкий спектр бізнес-процесів, включаючи запаси, виробництво, фінанси, ресурси управління людиною та іншими аспектами діяльності підприємства. Одним з основних переваг ERP-системи є централізоване зберігання та обробка даних, що дозволяє підвищити оперативність і точність прийняття рішень на всіх рівнях управління. Завдяки автоматизації процесів управління та обробки інформації, ERP-системи допомагають оптимізувати виробничі процеси,

покращити планування та контроль за ресурсами, скоротити витримку та знизити ризик помилок. ERP-системи також дозволяють підвищити ефективність використання ресурсів підприємства, таких як матеріальні, фінансові та людські ресурси. Вони забезпечують можливість моніторингу та аналізу виробничих даних у реальному часі, що дозволяє оперативно реагувати на зміни в бізнес-середі та приймати обґрунтовані рішення для оптимізації виробничих процесів. Завдяки можливостям інтеграції з іншими інформаційними системами та технологіями, ERP-системи забезпечують гнучкість і масштабність впровадження, що дозволяє адаптувати їх під конкретні потреби та особливості виробничого підприємства. Це особливо важливо в умовах швидко змінюваного ринку і стрімко розвиваються технологій.

Lean Manufacturing, або «тоще виробництво», це стратегія управління, спрямована на мінімізацію потужностей і максимізацію ефективності виробничих процесів. Цей підхід включає в себе ряд методів та інструментів, розроблених для оптимізації виробничих операцій. Одним із основних принципів Lean Manufacturing є стремління до видалення всіх видів енергії, таких як вихідні запаси, переробка, очікування та ін., що дозволяє досягти максимальної ефективності виробництва при мінімальних витратах. Застосування методів Lean Manufacturing включає в себе такі інструменти, як 5S, канбан, стандартизація процесів, поліпшення безперервного процесу (Kaizen), стандартизація роботи та інші. Наприклад, метод 5S спрямований на створення і підтримку порядку і чистоти на виробничому місці, що дозволяє підвищити ефективність процесів і знизити ризик помилок. Крім того, Lean Manufacturing акцентує увагу на залученні співробітників у пошук і впровадження вдосконалення виробничих процесів. Застосування принципу Kaizen дозволяє постійно вдосконалювати процеси та прагнути до постійного покращення якості та продуктивності. Одним із основних переваг методів Lean Manufacturing є можливість зниження витрат, підвищення якості продукції, скорочення часу виробництва та підвищення рівня обслуговування клієнтів. Цей підхід також дозволяє підвищити гнучкість виробництва та адаптацію до змінних умов ринку, що є важливою перевагою в сучасному бізнес-світі.

Технології Інтернету речей (IoT) дозволяють збирати дані з різних пристроїв і обладнання на виробничій лінії, передавати і аналізувати їх в реальному часі, що забезпечує більш точне і оперативне управління виробництвом. Застосування IoT у виробництві дозволяє автоматизувати моніторинг та управління обладнанням, що сприяє покращенню процесів обслуговування та передотримання простору. Наприклад, за допомогою датчиків IoT можна контролювати роботу обладнання, визначати його стан і прогнозувати можливі збої або поломки, що дозволяє проводити профілактичні роботи і запобігати потері часу і ресурсів. Іншим важливим аспектом використання IoT в управлінні виробництвом є можливість покращення моніторингу та управління цепочкою поставок. Завдяки технології IoT можна відстежувати переміщення матеріалів і готової продукції на всіх етапах виробництва і логістики, що забезпечує більш ефективне планування і управління запасами, скорочує час доставки і знижує ризики втрати або пошкодження вантажів. Таким чином, використання технологій Інтернету в управлінні виробництвом дозволяє істотно підвищити ефективність, гнучкість і надійність виробничих процесів, що дозволяє підвищити конкурентоспроможність підприємств і забезпечити більш високу якість продукції.

Технології машинного навчання та штучного інтелекту дозволяють компаніям збирати та аналізувати величезні обсяги даних, виявляти закономірності та тенденції, а також прогнозувати поведінку виробничих систем. Алгоритми машинного навчання використовуються для оптимізації виробничих процесів, управління запасами, прогнозування споживання, планування виробництва та багатьох інших аспектів управління. Наприклад, вони можуть автоматично аналізувати дані про виробничу діяльність і передбачати можливі збої або простой обладнання, що дозволяє оперативно реагувати на потенційні проблеми та мінімізувати простой. Системи управління виробництвом на основі штучного інтелекту можуть адаптуватися до змінних умов і пропонувати оптимальні стратегії управління для досягнення поставлених цілей. Крім того, штучний інтелект використовується для створення інтелектуальних систем моніторингу та управління, здатних аналізувати дані в реальному часі та приймати самостійні

рішення на основі отриманої інформації. В цілому, застосування алгоритмів машинного навчання та штучного інтелекту в управлінні виробництвом допомагає компаніям підвищити ефективність виробництва, скоротити витримку, підвищити якість продукції та забезпечити більш гнучке та адаптивне управління виробничими процесами.

Також технології інтегрованого планування (IBP) дозволяють використовувати сучасні системи автоматизації для балансування завантаження ліній, прогнозування споживання та управління запасами. Процес інтегрованого бізнес-планування синхронізує стратегічне й оперативне управління. Об'єднуючи дані про продаж, маркетинг, виробництво, закупівлю, логістику та фінанси, IBP створює єдину систему підтримки прийняття рішень для зацікавлених сторін, видаляючи організаційні та технологічні бар'єри, погоджуючи та синхронізуючи стратегічні та тактичні плани в необхідних часових горизонтах.

Використовується і реінжиніринг бізнес-процесів, але він вимагає великих капіталовкладень. Повна реконструкція виробничих процесів для кардинального підвищення їх ефективності. Про реінжиніринг процесів зазвичай розмірковують зрілі компанії, в яких процеси вже описані та вибудовані. Наступає етап, коли існуюча модель потребує переосмислення: бізнес розвивається і вимагає нових і більш ефективних рішень.

Сучасні методи управління виробництвом надають підприємствам можливість значно підвищити ефективність їх діяльності та залишатися конкурентоспроможними на ринку. Однак успішна реалізація цих методів вимагає комплексного підходу та впровадження інноваційних технологій.

## СЕКЦІЯ 2: ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ

### ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ WEBRTC У МОБІЛЬНИХ ЗАСТОСУНКАХ

**Браткевич Валентин Павлович,**  
студент групи ВТ-24-М, ДВНЗ «ПДТУ»  
[bratkevych\\_v\\_p@students.pstu.edu](mailto:bratkevych_v_p@students.pstu.edu)

**Балаласва Олена Юріївна,**  
доцент, канд техн. наук, ДВНЗ «ПДТУ»  
[balalaeva\\_e\\_u@pstu.edu](mailto:balalaeva_e_u@pstu.edu)

**Марченко Ірина Федорівна,**  
доцент, канд техн. наук, ДВНЗ «ПДТУ»  
[marchenko\\_i\\_f@pstu.edu](mailto:marchenko_i_f@pstu.edu)

*У роботі наведено процес інтеграції технології WebRTC у месенджер для забезпечення відеозв'язку в реальному часі. Розглянуто основні компоненти WebRTC, такі як getUserMedia, RTCPeerConnection та RTCDataChannel, а також архітектуру рішення, що включає Signaling server, STUN/TURN servers та клієнтську логіку. Описано результати тестування, які підтверджують стабільність з'єднання, високу якість відео та інтерактивність. Наведено плани подальшого розвитку проекту.*

*The paper presents the process of integrating WebRTC technology into a messenger to provide real-time video communication. The main components of WebRTC, such as getUserMedia, RTCPeerConnection and RTCDataChannel, are considered, as well as the solution architecture, which includes Signaling server, STUN/TURN servers and client logic. The test results are described, which confirm the stability of the connection, high video quality and interactivity. Plans for further development of the project are presented.*

WebRTC є передовою технологією, що дозволяє здійснювати аудіо- та відеозв'язок у реальному часі без використання додаткових плагінів або стороннього програмного забезпечення. Вона активно використовується в мобільних застосунках для відеоконференцій, телемедицини, дистанційної освіти

та соціальних мереж. WebRTC забезпечує високу якість зв'язку, мінімізує затримки та підтримує багатоплатформність. Завдяки відкритому коду та стандартам, технологія легко інтегрується у мобільні додатки. Однак є певні виклики, зокрема безпека, сумісність із пристроями та оптимізація мережевої продуктивності. Подальший розвиток WebRTC сприятиме покращенню комунікаційних рішень у цифровому середовищі.

У даній роботі представлено результати інтеграції технології WebRTC у месенджер, який забезпечує відеозв'язок між клієнтами в режимі реального часу. Завдяки використанню WebRTC вдалося створити рішення, яке не потребує додаткових плагінів або стороннього програмного забезпечення, що значно спрощує доступ кінцевих користувачів до високоякісного відеоз'єднання.

WebRTC базується на відкритих вебстандартах і дозволяє безпосередньо інтегрувати аудіо- та відеозв'язок у веб- та мобільні застосунки. Основними компонентами, які було використано у месенджері, стали:

- `getUserMedia` – забезпечує доступ до камери та мікрофона користувача, дозволяючи захоплювати відео- та аудіо потоки;
- `RTCPeerConnection` – встановлює пряме з'єднання між користувачами для передачі медіа-даних з мінімальною затримкою;
- `RTCDataChannel` – використовується для обміну текстовими повідомленнями та іншими даними в режимі реального часу, що сприяє покращенню синхронізації між учасниками дзвінка.

Для забезпечення надійного відеозв'язку було розроблено наступну архітектуру:

- `Signaling server`: реалізовано на базі `WebSocket`, який відповідає за обмін повідомленнями між клієнтами для встановлення з'єднання; завдяки цьому клієнти отримують інформацію про наявність інших учасників, координують обмін SDP та ICE кандидатами;
- `STUN/TURN servers`: впроваджені для обходу обмежень NAT та забезпечення стабільності з'єднання, особливо у випадках роботи в умовах обмеженого мережевого середовища;

– клієнтська логіка: написана з використанням сучасних JavaScript/TypeScript бібліотек, що дозволяють легко управляти мультимедійними потоками та забезпечують адаптивну роботу застосунку на різних пристроях (мобільних, планшетах та десктопах).

Після інтеграції WebRTC у месенджер було проведено низку тестувань, які показали наступні результати:

– стабільність з'єднання: відеодзвінки працюють без значних затримок навіть у середовищі з нестабільним інтернет-з'єднанням завдяки використанню STUN/TURN серверів;

– висока якість відео: завдяки адаптивному кодуванню і механізмам обробки шуму та ехо-компенсації, зображення і звук передаються з високою якістю;

– інтерактивність: використання RTCDataChannel дозволило інтегрувати функції обміну текстовими повідомленнями під час відеодзвінків, що забезпечило зручність комунікації;

– подальший розвиток технології WebRTC у проекті планується зосередити на покращенні адаптивності під час роботи в різних мережевих умовах, а також розширенні функціоналу за рахунок інтеграції додаткових сервісів (наприклад, запис дзвінків, розширена аналітика якості з'єднання).

Таким чином, інтеграція технології WebRTC у месенджер для відеозв'язку дозволила створити високоефективний та зручний інструмент для комунікації між клієнтами. Отримані результати підтверджують, що використання сучасних технологій відкритого коду сприяє створенню інноваційних рішень, що відповідають потребам сучасних користувачів. Правильна реалізація ключових компонентів WebRTC забезпечує стабільність, високу якість зв'язку та кросплатформність застосунку.

## СИСТЕМА ОБЛІКУ ТА ІНФОРМАЦІЙНОГО СУПРОВОДЖЕННЯ ТРЕНУВАНЬ З ВЕСЛУВАННЯ

**Левицька Тетяна Олександрівна,**

к.т.н., доцент кафедри комп'ютерних наук ДВНЗ «ПДТУ»

[TLevitiisys@gmail.com](mailto:TLevitiisys@gmail.com)

**Парахін Руслан Олегович,**

студент групи КН-21, ДВНЗ «ПДТУ»

[parakhin\\_r\\_o@students.pstu.edu](mailto:parakhin_r_o@students.pstu.edu)

*Робота присвячена розробці автоматизованої системи обліку та інформаційного супроводу тренувань з веслування, що пропонує готове комплексне рішення для водних станцій та тренерів, які бажають цифровізувати процес тренувань та підняти зацікавленість та обізнаність веслувальників.*

*The work is dedicated to the development of an automated system for accounting and informational support for rowing trainings, offering a ready-made comprehensive solution for clubs and coaches who want to digitize the training process and increase the interest and awareness of rowers.*

Завдання інформаційного супроводження тренувань з веслування є актуальним як для професійних спортсменів, так і для веслувальників-аматорів, що займаються цим видом спорту для підтримки форми та стану здоров'я. Якісний цифровий аналіз дій веслувальника під час тренування в реальному човні на воді є заохочувальним фактором, що підтримує зацікавленість в досягненні цілей та трекінгу ключових показників. Розробка фізичного пристрою “розумного весла” та мобільного додатку дозволяє реалізувати це завдання у дешевій та зрозумілій для користувачів формі.

Пріоритетами системи є простота, надійність, захищеність від спроб модифікації спортивних результатів та зручність використання під час тренувань в човні на воді, де не має можливості зосереджувати багато часу та уваги на екрані смартфона.

Інтеграція системи планування та обліку тренувань для клубів надає зручний досвід користування як для веслувальників, так і для тренерів та адміністраторів. Веслувальники в єдиному додатку бачать не лише поточне тренування, а й розклад майбутніх чи історію попередніх тренувань, також маючи можливість доєднатися

до наступного. Адміністратори та тренери клубів мають можливість встановлювати розклад тренувань, запрошувати на них команди або індивідуальних учасників, вести статистичний облік відвідуваності водних станцій.

В результаті було розроблено інформаційну систему, що автоматизує облік та інформаційний супровід тренувань, є дешевою за вартістю обладнання та зручною у використанні. Новизна розробленої системи обліку та формування тренувань полягає у адаптації під потреби саме групових тренувань в човні на воді, в той час як абсолютна більшість рішень для клубів на ринку пропонує планування та облік класичних індивідуальних тренувань в залі. Новизна розробленого фізичного пристрою-трекеру зусиль веслувальника полягає у прямому відстежуванні фактичних показників, що якісно відрізняється від конкурентів (смарт-годинників тощо), які фізично не мають доступу до цих вимірювань та спираються лише на опосередковані дані акселерометрів/гіроскопів/датчиків пульсу для приблизної оцінки дій веслувальника.

## ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ З ОРГАНІЗАЦІЇ ЗАДАЧ

**Левицька Тетяна Олександрівна,**

к.т.н., доцент кафедри комп'ютерних наук ДВНЗ «ПДТУ»

[TLevitiisys@gmail.com](mailto:TLevitiisys@gmail.com)

**Прилуцький Віталій Миколайович,**

студент групи КН-21, ДВНЗ «ПДТУ»

[prylutskyi\\_v\\_m@students.pstu.edu](mailto:prylutskyi_v_m@students.pstu.edu)

*Робота присвячена розробці та вдосконаленню програмного забезпечення для організації задач, що включає набір основних функцій поряд з інноваційними можливостями, які відповідають потребам підприємств, команд і окремих користувачів. Важливою метою є покращення існуючих рішень, аналіз конкурентів і усунення недоліків, що можуть ускладнювати ефективне управління задачами. Сучасні цифрові технології сприяють зростанню попиту на інтелектуальні системи управління завданнями, що робить дану тему актуальною та значущою.*

*The project is dedicated to the development and improvement of task management software, offering a set of core functions along with innovative features that meet the needs of businesses, teams, and individual users. The key objective is to enhance existing solutions by analyzing competitors and addressing shortcomings that may hinder effective task management. Modern digital technologies drive the growing demand for intelligent task management systems, making this topic relevant and significant.*

Проблема ефективної організації задач є особливо актуальною в умовах зростаючої кількості інформації та завдань, що виконуються одночасно. В Україні спостерігається дефіцит високоякісного програмного забезпечення, яке б дозволяло легко керувати процесами планування, розподілу обов'язків і контролю виконання завдань.

Важливим питанням є створення веб-орієнтованої системи, що надає користувачам зручний інструмент для управління завданнями, автоматизації процесів та ефективного контролю робочих потоків. Основним завданням є спрощення організації роботи команд та індивідуальних користувачів шляхом інтуїтивного інтерфейсу, гнучкого налаштування і можливості інтеграції з іншими сервісами. Запропонована система дозволяє не лише структурувати задачі, але й комунікувати, відстежувати прогрес та аналізувати продуктивність.

Об'єктом дослідження є розробка програмного рішення, яке сприяє оптимізації роботи з задачами та підвищенню продуктивності. Веб-додаток включає основні модулі, такі як «Головна», «Проекти», «Календар», «Аналітика», «Налаштування», «FAQ», а також індивідуальні сторінки для задач, профілів користувачів та панелі адміністратора. Ключові розділи містять інструменти для створення, редагування, пріоритезації задач, комунікації між учасниками та відстеження виконання завдань у реальному часі.

У результаті було розроблено платформу, що значно спрощує управління задачами та покращує організацію робочих процесів. Новизна системи полягає в інтеграції сучасних технологій штучного інтелекту для автоматизації планування, забезпеченні інтуїтивного інтерфейсу та можливості персоналізації під потреби користувачів. Запропоноване рішення сприятиме ефективній організації роботи в сучасному цифровому середовищі та підвищенню загальної продуктивності.

## СТВОРЕННЯ ОНЛАЙН-ПЛАТФОРМИ ДЛЯ ПРОДАЖУ АНТИКВАРНИХ ТА ВЖИВАНИХ КНИГ

**Левицька Тетяна Олександрівна,**

к.т.н., доцент кафедри комп'ютерних наук ДВНЗ «ПДТУ»

[TLevitiisys@gmail.com](mailto:TLevitiisys@gmail.com)

**Сукрухо Олександра Віталіївна,**

студентка групи КН-21, ДВНЗ «ПДТУ»

[sukrukho\\_o\\_v@students.pstu.edu](mailto:sukrukho_o_v@students.pstu.edu)

*Робота присвячена створенню онлайн-платформи для продажу антикварних та вживаних книг, що пропонує набір основних послуг поряд з унікальними функціональними можливостями, задовольняючи потреби колекціонерів, книголюбів та продавців, забезпечує зручний пошук, купівлю та обмін літературою. Мається на меті вдосконалювати веб-сайт, аналізуючи конкурентів та враховуючи недоліки, яких потрібно запобігти. Розвиток мережі Інтернет та електронних бібліотек засмучує поціновувачів паперових видань. Планується зосередитися на проблемі нестачі таких проектів на сьогоднішній день. Саме тому дана тема є актуальною та значущою.*

*The project is dedicated to the creation of an online platform for selling antique and used books, offering a range of essential services along with unique functional features that meet the needs of collectors, book lovers, and sellers, ensuring convenient search, purchase, and exchange of literature. The goal is to improve the website by analyzing competitors and addressing shortcomings that need to be avoided. The development of the Internet and electronic libraries disappoints enthusiasts of printed editions. The focus will be on the problem of the lack of such projects today. That is why this topic is relevant and significant.*

Проблема доступності антикварних та вживаних книг є актуальною в наш час, особливо з огляду на стрімкий розвиток цифрових технологій, які витісняють друковані видання. У нашій країні існує нестача спеціалізованих онлайн-платформ, які б об'єднували продавців та покупців таких книг, сприяли їх обміну та популяризації колекціонування.

Актуальним питанням є створення веб-орієнтованої системи, яка дозволяє користувачам зручно знаходити, купувати та продавати рідкісні та вживані книги.

Завданням роботи є автоматизація процесу продажу та обміну книг, що забезпечить комфортну взаємодію між продавцями, покупцями та колекціонерами. Розроблена система зосереджена на створенні зручного онлайн-середовища для любителів друкованих видань, де вони зможуть не лише здійснювати угоди, а й обговорювати літературу, ділитися відгуками та формувати книжкову спільноту.

Об'єктом дослідження є спрощення процесу пошуку та придбання антикварних і вживаних книг, а також підтримка культурної цінності друкованої літератури. Веб-сайт складається із семи основних контентних сторінок: «Головна», «Каталог», «Відгуки», «Блог», «Про нас», «Контакти», «FAQ», а також сторінок конкретних книг, реєстрації, особистого кабінету користувача та кошика. Основні сторінки містять інформацію про наявні книги, новини книжкового світу, рекомендації щодо збереження старовинних видань та історії рідкісних книг.

У результаті було розроблено веб-платформу, що дозволяє значно полегшити процес купівлі, продажу та обміну книг між користувачами. Новизна системи полягає у врахуванні недоліків існуючих аналогів, забезпеченні зручного та інтуїтивного інтерфейсу, який сприяє розвитку книжкової культури та підтримці друкованої літератури в сучасному цифровому середовищі.

## ПІДВИЩЕННЯ КОРЕКТНОСТІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МЕТОДОМ ЗВУЖЕННЯ ОБЛАСТЕЙ ВИЗНАЧЕННЯ

**Рихальський Олексій Юрійович,**  
викладач, ПВНЗ «Європейський університет»  
[alexey.rykhalskiy@e-u.edu.ua](mailto:alexey.rykhalskiy@e-u.edu.ua)

*Коректність програмного забезпечення є не менш важливим за швидкість його розробки. Сучасні системи мають надавати механізми перевірки вхідних параметрів, щоб запобігти некоректним обчисленням та помилкам у роботі. У сучасних складних системах ціна помилки дуже велика. Особливо це стосується медицини. Розглядається сучасний функціонал мов програмування та компіляторів.*

*The correctness of software is no less important than the speed of its development. Modern systems must provide mechanisms for validating input parameters to prevent*

*incorrect computations and operational errors. In today's complex systems, the cost of an error is very high — this is especially true in the medicine domain. The paper explores modern features of programming languages and compilers.*

Метою доповіді є огляд можливостей сучасних мов програмування для запобігання передачі неправильних значень тим самим підвищуючи коректність програмного забезпечення. Підходи та конкретні приклади будуть розглянуті з використанням мови програмування Scala, але інші мови програмування, такі як Haskell, Rust, Java також можуть бути використані.

Опис проблеми. В сучасному програмуванні будь яке моделювання в кінцевому вигляді описується функцією:

$$f: A \Rightarrow B,$$

де:

$f$  — назва функції,  $A$  — вхідний параметр,  $B$  — вихідний параметр (результат функції, результат моделювання). Важливо підкреслити, що  $A$  та  $B$  також можуть бути кортежами, тобто  $A = \langle A1, A2, \dots, An \rangle$ ,  $B = \langle B1, B2, \dots, Bn \rangle$  тобто функція  $f$  може приймати та/або повертати декілька значень.

В прикладах, які ми будемо розглядати,  $A \equiv Double$ ,  $B \equiv Double$ , тобто будемо розглядати будь яку функцію  $f: Double \Rightarrow Double$ . Тривіальними прикладами таких функцій можуть бути:  $y = 2 \cdot x$ ,  $y = x^2$ , та ін.

В наданих прикладах нема ніякої проблеми, тому що ці функції мають область визначення  $(-\infty, +\infty)$ .

Але що якщо функція має вигляд:

$$y = \sqrt{x} \tag{1}$$

$$y = 1/x \tag{2}$$

$$y = \sqrt{x - 5} \tag{3}$$

Цілком очевидно, що ці функції не є визначеними в діапазоні  $(-\infty, +\infty)$ .

Функція (1) визначена в діапазоні  $[0, +\infty)$ .

Функція (2) визначена в діапазонах  $(-\infty, 0)$  та  $(0, +\infty)$ .

Функція (3) визначена в діапазоні  $[5, +\infty)$ .

Таким чином, ми маємо справу зі звуженням області визначення функції. У більшості мов програмування цьому аспекту не приділяється належної уваги, і сигнатура функції зазвичай залишається у вигляді  $f: Double \Rightarrow Double$ . Обмеження

області визначення здебільшого зазначаються в документації або коментарях до коду. Такий підхід часто призводить до того, що інженер, який використовує відповідну функцію або більш складу модель (незалежно від предметної галузі), не звертає належної уваги на ці обмеження. У результаті до моделі можуть передаватися некоректні значення параметрів, що, своєю чергою, спричиняє отримання хибних результатів моделювання. Це може призвести до помилкових управлінських або технічних рішень, а в критичних сферах, таких як медицина, — до серйозних негативних наслідків.

Ця проблема стає ще більш вираженою в сучасному моделюванні, коли модель переноситься з однієї предметної площини до іншої. Проблема особливо загострюється у випадку, коли текст моделі (код функції) є складним, або згенерований LLM і розробник не має до нього доступу. В цьому випадку діапазон визначення функції взагалі втрачається.

Запропоновані підходи для вирішення цієї проблеми використовують сучасні можливості мов програмування та компіляторів. Далі будуть приклади на мові програмування Scala з використанням бібліотеки *refined*.

Звичайний код для реалізації функції (1) виглядає таким чином:

```
def f1(x: Double): Double = math.sqrt(x)
```

Якщо функція буде викликана зі значенням параметра, наприклад  $-1$ , то ми гарантовано отримаємо помилку і наша програма або «зламається», або ми отримаємо неправильний результат.

З використанням бібліотеки *refined*, код буде виглядати наступним чином:

```
def f1(x: Refined[Double, NonNegative]): Double = math.sqrt(1)
```

Тобто ми явним чином накладаємо додаткові обмеження. Відтепер,

**val y = f1(9)** — пройде фазу компіляції та буде отримано коректний результат, а

**val y = f1(-9)** — навіть не пройде фазу компіляції, і відповідно не буде можливості запустити цей код.

В даному випадку *NonNegative* – це предикат (функція *Double* => *Boolean*), який застосовується до значення, яке передається. Бібліотека має багато зручних вбудованих предикатів, але інженер-користувач може визначити будь який предикат релевантний його предметній площині. Якщо передане значення не пройшло перевірку предикатом, то компіляція зупиняється і розробник знає про

проблему на ранніх стадіях, що запобігає виникненню помилки при реальному застосуванні програмного продукту.

#### Перелік посилань

1. Рихальський О. Ю. Методи підвищення коректності програмного забезпечення: сучасний функціонал компіляторів та інші підходи // VII Всеукраїнська науково-технічна конференція «Комп'ютерні технології: інновації, проблеми, рішення». 02–03 грудня 2024 р. Україна, м. Житомир. <https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2025/01/43-1.pdf>

2. Валькман, Ю. Р., Гриценко, В. И., Рыхальский, А. Ю. Модельно-параметрическое пространство: теория и применение. – Киев : Наук. думка, 2012. – 192 с.

## РОЗРОБКА ІНТЕРАКТИВНОЇ ГРИ НА БАЗІ РУШІЯ UNITY ДЛЯ НАВЧАННЯ ДІТЕЙ ПРАВИЛАМ БЕЗПЕЧНО-ОРІЄНТОВАНОЇ ПОВЕДІНКИ

**Яковчук Віталій Святославович,**

старший інженер, ЛДУ БЖД

[vitaly.jakov4uk@gmail.com](mailto:vitaly.jakov4uk@gmail.com)

**Бурак Назарій Євгенович,**

доцент, канд. техн. наук, ЛДУ БЖД

[nazar.burak.ac@gmail.com](mailto:nazar.burak.ac@gmail.com)

*У тезі представлено розробку інтерактивної освітньої гри на рушії Unity, спрямованої на формування у дітей базових навичок безпечної поведінки. Проведено аналіз використання гейміфікації в навчанні, визначено ключові механіки, що сприяють ефективному засвоєнню матеріалу. Реалізовано ігровий процес із поступовим ускладненням завдань та інтерактивними підказками. Виконано тестування гри та проаналізовано її вплив на рівень знань і мотивацію користувачів. Отримані результати демонструють перспективність запропонованого підходу для впровадження в освітні практики.*

*Annotation. The thesis presents the development of an interactive educational game on the Unity engine, aimed at teaching children basic safety skills. The study analyzes the use of gamification in education and identifies key mechanics that enhance knowledge retention. The gameplay is designed with gradually increasing difficulty and interactive*

*hints. The game was tested, and its impact on users' knowledge and motivation was analyzed. The results demonstrate the potential of the proposed approach for implementation in educational practices.*

У сучасному світі технологій гейміфікація навчального процесу є ефективним підходом до підвищення рівня знань та мотивації учнів. Веб-ігри дозволяють інтегрувати освітні елементи у знайомий для дітей інтерактивний простір, роблячи навчання захопливим і доступним. У даній тезі представлено розробку освітньої веб-гри на рушії Unity, що спрямована на навчання дітей правилам безпечної поведінки. Головна мета проекту – створення ефективного інструменту, який поєднує навчання та розваги, використовуючи інноваційні методи гейміфікації.

Веб-гра розроблена для дітей молодшого шкільного віку (1-2 класи) з акцентом на інтерактивне навчання. Основними темами гри є правила безпечної поведінки під час пожежі, поводження з небезпечними предметами та реагування у критичних ситуаціях. В основі методології навчання лежать принципи проблемного підходу: гравець стикається із завданнями, які потрібно вирішити шляхом вибору правильних дій. Неправильні відповіді супроводжуються поясненнями, що сприяє кращому засвоєнню матеріалу.

Unity обрано як основний рушій для розробки через його потужні можливості для створення 2D-ігор і підтримку WebGL. Основними технічними особливостями проекту є:

- різні рівні для унікального досвіду кожного проходження.
- інтерактивні підказки для пояснення правильних рішень.
- аналіз успішності гравця через збереження даних про виконані завдання.
- гнучка система керування персонажем та адаптивність.

Для ілюстрації реалізованої функціональності на Рисунку 1 представлено типовий ігровий рівень, що демонструє ключові механіки навчального процесу. На зображенні відображено інтерактивний простір, у якому гравець взаємодіє з об'єктами та персонажами, вирішуючи завдання, пов'язані з правилами безпечної поведінки.

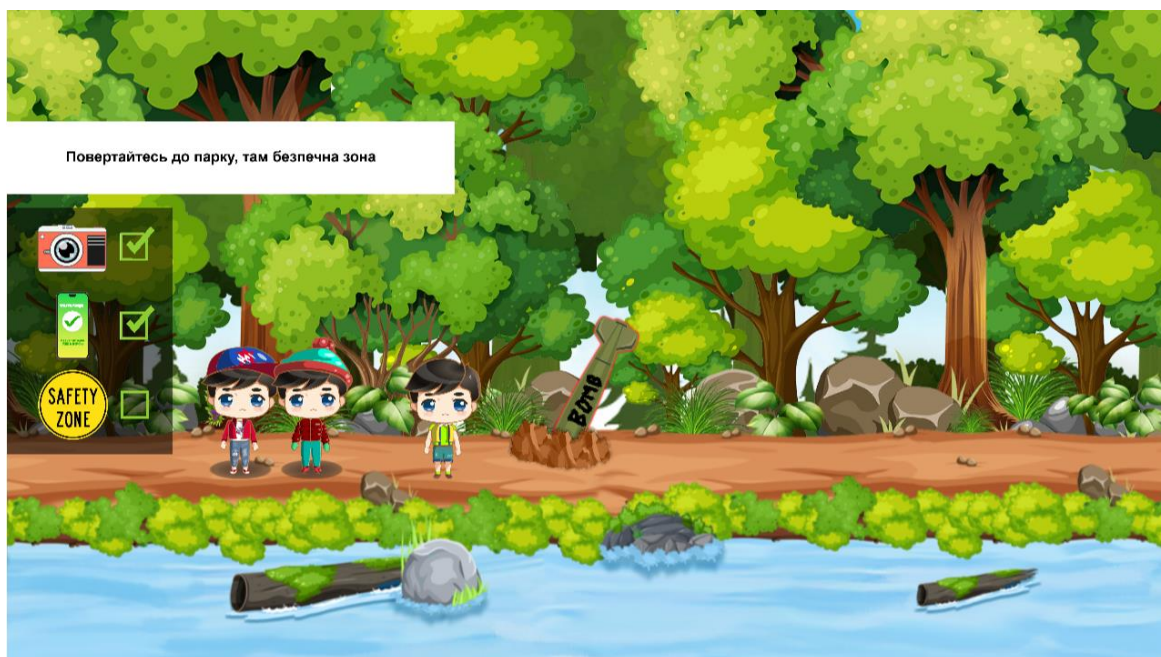


Рисунок 1 – Типовий ігровий рівень інтерактивної веб-гри.

Структура рівня побудована таким чином, щоб забезпечити поступове ускладнення завдань, адаптуючись до рівня знань користувача. Кожна сцена містить певну ситуацію, що імітує реальні обставини, з якими дитина може зіткнутися в повсякденному житті. Завдання гравця – обрати правильний алгоритм дій серед запропонованих варіантів.

Важливим елементом є система зворотного зв'язку: у разі неправильного вибору гра надає інтерактивну підказку, що пояснює наслідки помилкового рішення та вказує на правильний варіант. Це сприяє не лише запам'ятовуванню інформації, а й розвитку критичного мислення. Крім того, дизайн рівня оптимізовано для забезпечення інтуїтивної взаємодії, що підвищує залученість гравця та ефективність навчання.

Розроблена веб-гра демонструє високу ефективність у навчанні дітей безпечної поведінки. Гейміфікація дозволяє не лише залучати учнів до активного засвоєння матеріалу, а й робить процес навчання більш цікавим та інтерактивним. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на розширення функціоналу гри, інтеграцію штучного інтелекту для персоналізації навчального процесу та впровадження більш складних рівнів взаємодії з користувачем.

Для оцінки ефективності різних методів навчання була розроблена тестова форма, яка дозволила зібрати дані про рівень засвоєння матеріалу дітьми 1-2 класів.

Дослідження охоплювало дві групи по 20 дітей: перша група навчалася за допомогою інтерактивної гри, друга — за традиційною методикою (підручники, розповіді, ілюстрації). Тестування було розроблено з урахуванням особливостей дітей цього віку, які ще не мають достатніх навичок читання та письма.

Таким чином, тестування підтвердило гіпотезу про те, що інтерактивні навчальні методи сприяють кращому засвоєнню матеріалу, підвищують мотивацію дітей і зменшують когнітивне навантаження, що особливо важливо для молодших школярів. Водночас традиційні методи мають свої переваги, зокрема в розвитку навичок читання та уважності до деталей, що вказує на доцільність поєднання обох підходів у сучасному навчанні.

Підбиваючи підсумки важливо зазначити, що змінення форми навчання ефективно не лише для дітей, а й для людей старшого віку (студентів, аспірантів, викладачів, докторів). Усе це підтверджується вагомими результатами дослідження.

## E-COMMERCE САЙТ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ВІЙСЬКОВОГО СПОРЯДЖЕННЯ

**Городечний Мар'ян Русланович,**

аспірант, ЛДУ БЖД

[mgorodechniy10@gmail.com](mailto:mgorodechniy10@gmail.com)

*У роботі розглядається проблема створення ефективного e-commerce сайту для реалізації військового спорядження. Проаналізовано сучасні підходи до розробки таких платформ, їхні особливості, вимоги до безпеки, функціональності та зручності використання. Запропоновано концепцію інноваційного онлайн-магазину, що поєднує передові веб-технології, адаптивний дизайн та оптимізовану структуру користувацького досвіду.*

*The paper examines the challenges of developing an effective e-commerce website for military equipment sales. Modern approaches to platform development, key features, security requirements, and user experience considerations are analyzed. A concept for*

*an innovative online store that integrates advanced web technologies, adaptive design, and an optimized user interface is proposed.*

Розробка e-commerce платформи для військового спорядження вимагає врахування специфічних вимог до асортименту продукції, ліцензування, безпеки даних та зручності здійснення замовлень. Важливим аспектом є інтеграція з платіжними системами, забезпечення захисту особистої інформації та відповідність законодавчим нормам. Одним із ключових викликів є оптимальне структурування каталогу товарів, що дозволить користувачам швидко знаходити необхідне спорядження.

На сучасному ринку представлені різні платформи, зокрема офіційні магазини постачальників військового спорядження та універсальні маркетплейси. Основними недоліками існуючих рішень є обмежений функціонал для користувачів, недостатня інтерактивність вибору товарів та слабка адаптація до потреб різних категорій покупців.

Запропонована концепція передбачає створення інтуїтивно зрозумілого інтерфейсу, використання адаптивного дизайну на основі Bootstrap та Figma, а також інтеграцію сучасних технологій для покращення взаємодії з користувачами. Впровадження динамічного фільтрування, персоналізованих рекомендацій та інтегрованої системи порівняння товарів підвищить ефективність вибору продукції.

Головною перевагою такого підходу є його масштабованість, що дозволяє легко додавати нові функції, адаптувати платформу до змін ринку та забезпечити стабільну роботу сайту при високих навантаженнях. Крім того, інтеграція із зовнішніми API для перевірки наявності товарів та автоматичного оновлення цін сприятиме актуальності пропозицій для клієнтів.

Таким чином, розробка сучасного e-commerce сайту для реалізації військового спорядження створить ефективний онлайн-ресурс, що відповідатиме вимогам безпеки, функціональності та доступності. Це сприятиме покращенню користувацького досвіду та підвищенню довіри клієнтів, що, у свою чергу, позитивно вплине на розвиток галузі в цілому.

## ВПЛИВ SMART-СИСТЕМ НА НАВЧАЛЬНИЙ ПРОЦЕС

**Дзень Віталій Євгенович,**  
викладач, аспірант, ЛДУ БЖД  
[vitaliy.dzen.303@gmail.com](mailto:vitaliy.dzen.303@gmail.com)

**Борзов Юрій Олексійович,**  
доцент, канд. техн. наук, ЛДУ БЖД  
[uob1968@gmail.com](mailto:uob1968@gmail.com)

*Сучасний розвиток інформаційно-комунікаційних технологій сприяє трансформації освітнього процесу, забезпечуючи його гнучкість, персоналізацію та ефективність. У даній роботі розглянуто ключові аспекти впровадження smart-систем у вищу освіту, їхні переваги, виклики та перспективи розвитку. Проаналізовано існуючі цифрові освітні платформи, адаптивні технології навчання та системи управління освітнім процесом. Особлива увага приділена мобільним додаткам та аналітичним інструментам, що оптимізують навчальний процес і підвищують його ефективність.*

*The modern development of information and communication technologies contributes to the transformation of the educational process, ensuring its flexibility, personalization, and efficiency. This study examines the key aspects of implementing smart systems in higher education, their advantages, challenges, and prospects for development. Existing digital educational platforms, adaptive learning technologies, and educational management systems are analyzed. Special attention is given to mobile applications and analytical tools that optimize the learning process and enhance its effectiveness.*

Розвиток цифрових технологій суттєво впливає на вищу освіту, сприяючи модернізації навчального процесу та його адаптації до потреб сучасного суспільства. Використання smart-систем дозволяє зробити навчання гнучкішим, доступнішим і персоналізованим, що забезпечує підвищення мотивації студентів і покращення результатів їхньої успішності. Впровадження таких технологій охоплює широкий спектр освітніх рішень, зокрема системи управління навчальним процесом, адаптивні освітні платформи, мобільні додатки та аналітичні інструменти для оцінювання навчальної діяльності [1].

Одним із ключових напрямів розвитку smart-освіти є використання систем управління навчанням, які спрощують організацію освітнього процесу, забезпечують ефективну комунікацію між викладачами та студентами і дозволяють автоматизувати багато адміністративних процесів. Важливу роль відіграють адаптивні освітні платформи, які застосовують штучний інтелект для персоналізації навчального контенту, підлаштовуючи складність матеріалу під рівень підготовки кожного студента. Використання мобільних додатків у навчальному процесі забезпечує гнучкість доступу до освітніх матеріалів і сприяє розвитку практичних навичок студентів, особливо у сфері програмування та інших технічних дисциплін. Аналітичні інструменти, що базуються на великих даних, дозволяють здійснювати моніторинг успішності студентів, аналізувати їхню активність та адаптувати методи навчання відповідно до індивідуальних потреб.

Незважаючи на значні переваги впровадження smart-систем, існують певні виклики, пов'язані з технічною підтримкою, кібербезпекою, а також необхідністю підготовки викладачів до роботи з цифровими технологіями. Подальші дослідження у цій сфері можуть бути спрямовані на вдосконалення адаптивних освітніх платформ, розвиток технологій віртуальної та доповненої реальності у навчанні, а також інтеграцію штучного інтелекту для створення ефективних персоналізованих траєкторій навчання.

Проведене дослідження [2] підтвердило ефективність впровадження smart-систем у навчальний процес. Використання мобільних додатків для навчання програмуванню дозволило студентам покращити практичні навички, що підтверджується зростанням середнього балу тестування з 58,68 до 61,19, що становить 4,3% покращення у порівнянні з традиційними методами навчання. Порівняння результатів відображені у таблиці 1. Адаптивні освітні платформи, такі як Duolingo, сприяли підвищенню результатів студентів на 18%, а їхня залученість до навчального процесу зросла на 89% завдяки інтерактивному підходу. Впровадження аналітичних систем, зокрема Google Analytics, дозволило покращити моніторинг активності студентів, що сприяло 15%-му зростанню ефективності комунікації між викладачами та студентами. Отримані результати

свідчать про те, що інтеграція smart-технологій не лише покращує якість освіти, але й створює умови для персоналізованого та ефективного навчального середовища.

Таблиця 1. Порівняння результатів використання мобільного додатку та традиційного навчання

| Метод навчання      | Середній результат (балів) | Приріст |
|---------------------|----------------------------|---------|
| Традиційне навчання | 58,68                      | —       |
| Мобільний додаток   | 61,19                      | 4,3%    |

Впровадження smart-систем у вищу освіту сприяє вдосконаленню освітнього процесу, забезпечує індивідуалізований підхід до навчання та покращує доступність освітніх ресурсів. Подальший розвиток цифрових технологій відкриває нові можливості для інтеграції інноваційних рішень у систему вищої освіти, що сприятиме підготовці висококваліфікованих фахівців у сучасному інформаційному суспільстві.

Перелік посилань.

1. Kim K. Ubiquitous Learning Supporting System for Future Classroom in Korea. Proc. Soc. for Information Technology and Teacher Education : Int'l Conf., K. McFerrin et al., eds. 2008, Mar. P. 2648–2657.

2. Придатко О.В., Дзень В.Є., Кунинець М. С. Розробка та дослідження інноваційної технології мобільного навчання для підготовки розробників програмного забезпечення. 2019.

## АВТОМАТИЗАЦІЯ КОМУНІКАЦІЙ У НАВЧАЛЬНОМУ ЗАКЛАДІ: РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ НА ОСНОВІ PYTHON І FASTAPI

**Мигасюк Роман Володимирович,**

аспірант, ЛДУ БЖД

[migasuiqr@gmail.com](mailto:migasuiqr@gmail.com)

**Смотр Ольга Олексіївна,**

доцунт, канд. техн. наук, ЛДУ БЖД

[olgasmotr@gmail.com](mailto:olgasmotr@gmail.com)

*Автоматизація комунікацій у закладах освіти є важливим кроком цифрової трансформації навчального процесу. Запропонована система базується на централізованому API-сервісі, який забезпечує швидкий доступ до розкладу занять та дозволяє викладачам надсилати повідомлення студентам. Реалізація API на основі FastAPI та PostgreSQL гарантує високу продуктивність, масштабованість і гнучкість інтеграції з іншими сервісами. Основні функції API включають отримання розкладу за групою, курсом або викладачем, розсилку повідомлень та персоналізацію контенту. Використання асинхронних технологій дозволяє оптимізувати обробку запитів та зменшити навантаження на систему. Запропоноване рішення сприяє покращенню комунікації між учасниками освітнього процесу та підвищенню його ефективності.*

*The automation of communication in educational institutions is a crucial step in the digital transformation of the learning process. The proposed system is based on a centralized API service that provides quick access to class schedules and allows teachers to send messages to students. The API, developed using FastAPI and PostgreSQL, ensures high performance, scalability, and seamless integration with other services. Key features include retrieving schedules by group, course, or instructor, sending notifications, and personalizing content. The use of asynchronous technologies optimizes request processing and reduces system load. This solution enhances communication between participants in the educational process and improves overall efficiency.*

Автоматизація комунікацій у навчальних закладах є важливим напрямком цифрової трансформації освітніх процесів. В умовах зростаючої кількості

інформації та необхідності її швидкої обробки постає потреба у створенні зручних і гнучких інструментів для управління розкладом занять, повідомленнями від викладачів та іншими інформаційними потоками.

У багатьох навчальних закладах існують веб-сайти з електронним розкладом, однак вони часто не зберігають параметри користувача (групу, курс), що призводить до необхідності повторного введення даних при кожному зверненні. Тому актуальним є створення централізованого API-сервісу, який дозволить отримувати розклад занять, фільтрувати інформацію за групами та забезпечить можливість викладачам надсилати повідомлення студентам. Головна перевага такого підходу – можливість інтеграції API з будь-якими клієнтськими додатками.

Сучасні технології дозволяють значно покращити ефективність навчального процесу, забезпечуючи швидкий доступ до необхідної інформації. Автоматизовані системи не лише спрощують взаємодію між студентами та викладачами, а й зменшують навантаження на адміністративний персонал, що займається розподілом інформації.

Крім того, використання API як стандартного способу доступу до розкладу занять дозволяє легко інтегрувати систему з іншими платформами та сервісами. Це відкриває можливість для розробників створювати нові функціональні рішення, такі як мобільні додатки, персоналізовані повідомлення чи аналітичні панелі для викладачів та студентів, що сприяє покращенню організації навчального процесу.

Вибір технологій: Для розробки інформаційної системи обрано мову програмування Python через її високу популярність, багатий набір бібліотек та підтримку асинхронного програмування. Основним веб-фреймворком для реалізації API було обрано FastAPI, який забезпечує:

- Високу продуктивність завдяки використанню асинхронної обробки запитів.
- Зручну інтеграцію з базою даних через SQLAlchemy.
- Вбудовану підтримку OpenAPI для автоматичної генерації документації.

У якості системи управління базами даних обрано PostgreSQL через її масштабованість, високу продуктивність і надійність.

Архітектура системи: Інформаційна система побудована за архітектурою клієнт-сервер, де серверна частина реалізована на FastAPI, а клієнти можуть отримувати дані через HTTP-запити. Основні функціональні можливості API:

- Отримання розкладу занять за групою, курсом, викладачем.
- Розсилка повідомлень викладачів до студентів певних груп.
- Фільтрація інформації для зручності користувачів.
- Гнучкість інтеграції – можливість розробки будь-якого інтерфейсу (веб, мобільний додаток, чат-бот тощо).

Переваги FastAPI: FastAPI було обрано через ряд переваг перед іншими фреймворками:

- Асинхронність – дозволяє обробляти запити швидше, що особливо важливо при роботі з великими обсягами даних.
- Підтримка автоматичної валідації – спрощує розробку і забезпечує коректність обробки вхідних даних.
- Зручна інтеграція з базами даних – підтримка SQLAlchemy та інших ORM.

Розробка API-системи для отримання розкладу занять та автоматизації комунікацій у навчальному закладі є актуальним завданням, що сприяє підвищенню ефективності навчального процесу. Вибір технологій на основі Python, FastAPI та PostgreSQL дозволив створити продуктивний, масштабований та зручний у використанні сервіс. Завдяки відкритості API будь-які розробники можуть створювати власні фронтенд-рішення для студентів та викладачів, що робить систему гнучкою та масштабованою.

## ІНТЕРАКТИВНА ОСВІТНЯ ПЛАТФОРМА ЯК ІНСТРУМЕНТ ПІДВИЩЕННЯ ОБІЗНАНОСТІ З БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

**Савич Анастасія Ігорівна,**

аспірант, ЛДУ БЖД

[anastasiasavychh@gmail.com](mailto:anastasiasavychh@gmail.com)

**Смотр Ольга Олексіївна,**

доцунт, канд. техн. наук, ЛДУ БЖД

[olgasmotr@gmail.com](mailto:olgasmotr@gmail.com)

*У роботі розглянуто проблему підвищення обізнаності з безпеки життєдіяльності шляхом використання інтерактивних освітніх платформ. Проаналізовано наявні ініціативи та їхні переваги й недоліки. Запропоновано концепцію інтерактивної платформи «Твоя безпека 24/7», яка адаптується до вікових особливостей користувачів. Платформа включає мультимедійні ресурси, ігри та симуляції для ефективного засвоєння матеріалу. Її гнучкість і доступність забезпечують навчання у будь-який час. Впровадження такої платформи сприятиме зниженню ризиків та підвищенню рівня знань у сфері безпеки.*

*The paper considers the problem of raising awareness of life safety through the use of interactive educational platforms. Existing initiatives, their advantages and disadvantages are analyzed. The concept of the interactive platform “Your Safety 24/7” is proposed, which adapts to the age characteristics of users. The platform includes multimedia resources, games and simulations for effective learning. Its flexibility and accessibility allow for training at any time. The implementation of such a platform will help reduce risks and increase the level of security knowledge.*

Безпека життєдіяльності є галуззю наукових знань, що досліджує природу загроз для людини та навколишнього середовища, а також методи їх запобігання та мінімізації наслідків. Тож її слід вважати обов'язковою для вивчення в освітньому процесі. Зростання кількості природних, техногенних та соціальних загроз вимагає ефективних підходів до навчання основам безпеки життєдіяльності.

На даний момент в Україні існує кілька ініціатив, спрямованих на підвищення обізнаності про безпеку:

1. Платформа «Дія. Цифрова Освіта» - це державна онлайн-платформа, створена для підвищення цифрової грамотності населення України та забезпечення доступу до якісної цифрової освіти. Однією з ключових цілей платформи є підвищення обізнаності громадян щодо основ безпеки життєдіяльності через доступні курси та навчальні матеріали.

2. Офіційний сайт Державної служби з надзвичайних ситуацій України (ДСНС). На офіційному сайті ДСНС можна знайти матеріали, що стосуються безпеки життєдіяльності, зокрема надання першої допомоги, правила безпеки під час пожеж та стихійних лих.

3. Інтерактивний портал «Клас безпеки» - це платформа від ДСНС, яка містить підбірку навчальних матеріалів з правил безпечної поведінки, інтерактивних ігор та відео, що допомагають дітям засвоїти порядок правильних дій у різних надзвичайних ситуаціях.

Під час аналізу доступних продуктів даної тематики, я оцінила їхні основні переваги та недоліки, серед яких:

- офіційність та надійність, однак обмежена інтерактивність.
- доступність та широкий спектр тем, проте недостатня адаптація для різних вікових груп.

На нашу думку, актуальним рішенням, що забезпечить підвищення рівня обізнаності у сфері безпеки життєдіяльності серед різних груп населення, є розробка інтерактивної освітньої платформи «Твоя безпека 24/7». Вона сприятиме підвищенню рівня знань та формуванню необхідних навичок безпечної поведінки. Платформа адаптуватиме навчальний процес до потреб різних вікових груп.

Позитивний аспект цього рішення - гнучкість та масштабованість. Освітня платформа дозволяє легко додавати нові модулі та оновлювати інформацію, на відміну від статичних підручників чи відеоуроків. Орім того, інтегровані тести і завдання з елементами взаємодії гарантують автоматичне й точне оцінювання рівня знань аудиторії.

Інтерактивний формат навчання активізуватиме користувачів і сприятиме більш ефективному засвоєнню матеріалу. Для цього на платформі варто

передбачити ряд різноманітних мультимедійних ресурсів, ігри та симуляції ситуацій. Такі методи дозволять наочно продемонструвати принципи поведінки в різних надзвичайних ситуаціях. Щоб забезпечити ефективність навчання необхідно врахувати специфіку кожної вікової категорії, тож контент необхідно поділяти відповідно до: віку, рівня знань та навичок.

Важливою є доступність у будь-який час і з будь-якого місця, тобто 24/7. Щоб, користувачі мали змогу навчатися за зручним для них графіком, використовуючи комп'ютер, планшет або смартфон. Це забезпечить можливість навчання у комфортному темпі без обмежень щодо місця чи часу.

Завдяки такому підходу, інтерактивна освітня платформа «Твоя Безпека 24/7» буде ефективним інструментом для формування навичок безпечної поведінки серед широкого кола користувачів, що сприятиме зниженню ризику травм та інших небезпек у повсякденному житті.

## ЗАСТОСУНОК ПОКАЗУ РЕЗУЛЬТАТІВ СПОРТИВНИХ ПОДІЙ У РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ

**Геря Ілля Васильович,**  
студент групи МА-23, ДВНЗ «ПДТУ»  
[heria\\_i\\_v@iipstu.edu](mailto:heria_i_v@iipstu.edu)

**Балалаєва Олена Юріївна,**  
доцент, канд техн. наук, ДВНЗ «ПДТУ»  
[balalaeva\\_e\\_u@pstu.edu](mailto:balalaeva_e_u@pstu.edu)

*Робота присвячена розробці застосунку для трансляції спортивних подій в реальному часі, оптимізованого для високих навантажень. Запропоновано архітектуру з використанням Next.js, Socket.IO, каскадного кешування та персоналізованих сповіщень. Виявлено, що застосування цих технологій забезпечує стабільну роботу та покращує користувацький досвід.*

*The work is devoted to the development of an application for broadcasting sports events in real time, optimized for high loads. An architecture using Next.js, Socket.IO,*

*cascading caching, and personalized notifications is proposed. It is found that the use of these technologies ensures stable operation and improves the user experience.*

Актуальна проблема в галузі спортивних додатків полягає у складності імплементації наявних рішень для забезпечення стабільної передачі даних при високих навантаженнях. Масштабні спортивні події створюють екстремальні навантаження на інфраструктуру, з якими традиційні підходи на основі REST API або базових WebSocket з'єднань не здатні ефективно впоратися.

Метою даної роботи є комплексне рішення проблем показу результатів спортивних подій в реальному часі шляхом впровадження інноваційної багаторівневої архітектури з використанням Next.js з Server-Side Rendering для оптимального початкового завантаження, високопродуктивних WebSocket з'єднань через Socket.IO з батчингом даних та механізмом автовідновлення зв'язку. Система доповнюється каскадним кешуванням на всіх рівнях (від Service Worker до Redis), гнучкою системою персоналізованих push-сповіщень з розумним групуванням, та потужними аналітичними інструментами для постійного моніторингу продуктивності. Це дозволяє забезпечити безперебійну роботу застосунку навіть за умови екстремальних навантаженнях та надати користувачам плавний, персоналізований досвід перегляду спортивних подій у реальному часі.

Розглянемо основні функціональні можливості запропонованого застосунку.

#### 1. Оптимізація продуктивності та швидкодії.

Для забезпечення максимальної швидкодії застосунку були впроваджені передові практики оптимізації. Next.js з SSR використовується для початкового рендерингу сторінок, що значно покращує метрики First Contentful Paint (FCP) та Time to Interactive (TTI). Впроваджено динамічний імпорт компонентів та «лініве» завантаження зображень, що зменшує розмір початкового бандлу.

Архітектура real-time оновлень побудована на WebSocket з'єднанні через Socket.IO, що забезпечує двоспрямований зв'язок з мінімальною затримкою. Для оптимізації кількості з'єднань використовується механізм батчингу оновлень – дані групуються та надсилаються пакетами кожні 200мс. Впроваджено механізм відновлення з'єднання з прогресивно зростаючою затримкою (exponential backoff) при втраті зв'язку.

Кешування реалізовано на декількох рівнях: Service Worker для кешування статичних ресурсів, Redis для кешування API-відповідей, та React Query для

клієнтського кешування. Це дозволяє суттєво зменшити навантаження на сервер та прискорити відображення даних.

### *Система сповіщень та персоналізації*

Розроблено комплексну систему push-сповіщень з використанням Service Workers та Firebase Cloud Messaging (FCM). Впроваджені сповіщення для різних типів подій: голи, початок/кінець матчу, важливі моменти. Механізм групування сповіщень дозволяє уникнути спаму при великій кількості одночасних подій.

Персоналізація реалізована через систему користувацьких налаштувань, що зберігаються в Redux Persist з синхронізацією через API. Впроваджено механізм розумних підписок, який аналізує патерни користувацької поведінки та автоматично пропонує релевантний контент. Система фільтрації використовує IndexedDB для локального зберігання великих наборів даних та швидкого пошуку.

Реалізовано механізм A/B тестування різних варіантів відображення сповіщень та персоналізованого контенту з використанням Feature Flags та інтеграцією з LaunchDarkly для гнучкого керування експериментами.

### 2. Аналітика та моніторинг.

Впроваджено комплексну систему моніторингу з використанням Sentry для відстеження помилок та New Relic для моніторингу продуктивності. Налаштовано детальне логування клієнтських подій з використанням custom middleware в Redux для відстеження користувацьких дій та станів додатку.

Створено власний дашборд на базі Grafana для візуалізації метрик у реальному часі, що включає:

- латентність оновлень даних;
- кількість активних WebSocket з'єднань;
- відсоток успішних push-сповіщень;
- метрики залучення користувачів по різних сегментах.

Система моніторингу також включає автоматизовані E2E тести на базі Cypress, які регулярно перевіряють критичні шляхи користувача та продуктивність основних функцій додатку.

Таким чином, розроблено застосунок для перегляду спортивних подій у реальному часі, який забезпечує безперебійну роботу навіть за умови екстремальних навантажень та надає користувачам персоналізований досвід.

## ВИКОРИСТАННЯ БІБЛІОТЕКИ PROPHET МОВИ ПРОГРАМУВАННЯ PYTHON ДЛЯ ОБРОБКИ ЕКОЛОГІЧНИХ ДАНИХ

**Сідун Наталія Миколаївна,**

асистентка, ДВНЗ «ПДТУ»

[sidun\\_n\\_m@pstu.edu](mailto:sidun_n_m@pstu.edu)

**Тузенко Ольга Олександрівна,**

доцент, канд техн. наук, ДВНЗ «ПДТУ»

[tuzenkooa@gmail.com](mailto:tuzenkooa@gmail.com)

**Дерябін Семен Олександрович,**

студент групи ВТ-21, ДВНЗ «ПДТУ»

[mr.semen123321@gmail.com](mailto:mr.semen123321@gmail.com)

*Роботу присвячено огляду бібліотеки Facebook Prophet як інструмента аналізу стохастичних екологічних даних, зокрема даних якості повітря у вигляді часових рядів. Описано можливості моделі щодо виявлення трендів, сезонності, роботи з пропущеними значеннями та шумом. Розглянуто переваги Prophet у порівнянні з класичними та нейромережевими підходами. Огляд може слугувати орієнтиром для дослідників у сфері екологічного прогнозування.*

*This work presents an overview of the Facebook Prophet library as a tool for analyzing stochastic environmental data, particularly air quality time series. It highlights the model's features such as trend and seasonality detection, handling of missing values, and robustness to noise. The review outlines Prophet's advantages over classical and neural network approaches. The material serves as a practical guide for researchers in environmental forecasting.*

Прогнозування екологічних показників, зокрема якості повітря, є важливим завданням для оцінки ризиків і планування заходів. Дані про концентрації газоподібних забруднювачів та дрібного пилу часто мають складну сезонну динаміку, тренди та значний рівень випадкових коливань (стохастичний шум). Традиційні статистичні моделі на зразок ARIMA вимагають стаціонарності ряду та регулярних вимірів, а сучасні нейромережі (LSTM тощо) потребують великих обсягів даних і складного налаштування. В таких умовах перспективним інструментом є бібліотека Prophet (Facebook Prophet) – алгоритм прогнозування часових рядів, розроблений Facebook у 2017 році спеціально для автоматизації та

спрощення аналізу часового ряду з урахуванням трендів, сезонності та інших ефектів.

Prophet – адитивна модель прогнозування часових рядів, яка складається з кількох компонентів: глобального тренду  $g(t)$  (лінійного або логістичного), сезонних коливань  $s(t)$  (річних, тижневих, добових тощо), ефектів свят/подій  $h(t)$  (для особливих дат) та випадкового залишку  $\varepsilon(t)$ . Така структура особливо добре підходить для екологічних даних, які часто мають виражені періодичні паттерни (добові цикли забруднення від трафіку, тижнева різниця між буднями і вихідними, сезонні зміни між зимою і літом тощо).

Для отримання надійного прогнозу важливо правильно підготувати початкові дані перед передачею їх у модель Prophet. Дані потрібно привести до табличного вигляду з датою (стовпець  $ds$ ) і значенням метрики (стовпець  $y$ ). Формат дати має відповідати стандарту (наприклад, “YYYY-MM-DD HH:MM:SS”). Якщо дані агрегуються до денної середньої або годинної гранулярності, потрібно впевнитись, що мітки часу узгоджені з цим кроком. Prophet стійкий до відсутніх значень. Їх можна просто позначити як NA і модель проігнорує ці точки при навчанні. Рекомендується явні артефакти або недійсні виміри (напр. код помилки сенсора “-1” або фізично неможливі значення) замінити на NA. На відміну від багатьох моделей, немає потреби інтерполювати чи заповнювати ці пропуски середніми значеннями – Prophet достатньо гнучкий, щоб скористатися нерегулярними спостереженнями і екстраполювати тренд через проміжки часу. Сильні викиди (аномально високі або низькі концентрації) бажано перевірити та вирішити, як їх врахувати. Prophet частково робастний до них, наприклад, якщо в ряді є поодинокі піки, модель за рахунок регуляризації тренду не буде намагатися їх пояснити трендом чи сезонністю, а залишить у залишках. Проте надзвичайно екстремальні і поодинокі викиди, які є явними помилками, краще вилучити або замінити на NA перед навчанням. Інший підхід – внести ці дати як особливі регресори або свята (holidays) у Prophet, щоб модель могла окремо врахувати їх вплив. У цілому, Prophet добре працює на «зашумлених» даних: навіть при наявності численних аномалій алгоритм здатний будувати адекватний прогноз, оскільки “виняткові” точки не

спотворюють основну модель. В реальній практиці моніторингу повітря це значна перевага, адже вимірювання часто містять шум та сплески.

За замовчуванням Prophet автоматично додає річну та тижневу сезонність (для денних даних) або добову (для годинних даних). Ці компоненти обчислюються як набори фур'є-гармонік, що дозволяє гнучко апроксимувати періодичні коливання. Якщо ж відомо, що в даних сезонність відсутня або незначна, можна відключити певні компоненти (параметри `yearly_seasonality`, `weekly_seasonality`). Навпаки, якщо є специфічні цикли (наприклад, сезон опалення взимку або циклічність по місяцях), Prophet дозволяє додати кастомну сезонність (через метод `add_seasonality`). Окремою перевагою у роботі даної бібліотеки є згладжування та інтервали прогнозу. Для дуже шумних рядів прогноз вийде відносно згладженим: дрібні флуктуації будуть проігноровані. Натомість Prophet генерує довірчі інтервали (`yhat_lower` та `yhat_upper`), які ростуть у ширині в міру віддалення в майбутнє. Специфічною є поведінка на короткому та довгому горизонті у порівнянні із стандартними моделями. Для короткострокового прогнозу (наприклад, на кілька днів вперед) Prophet враховує останні спостереження, але не моделює автокореляцію явно. Високий шум в даних призводить до того, що метрики помилки (MAE, RMSE) на прогнозах будуть значними. Prophet дозволяє оцінити якість моделі на історичних даних за допомогою крос-валідації, а розбіжності між метриками (наприклад, RMSE значно більше за MAE) можуть вказувати на наявність викидів і високої варіативності. Окремою перевагою є використання додаткових регресорів. Якщо частина шуму все ж пояснювана якимись відомими факторами, Prophet дозволяє включити їх в модель.

Таким чином, загалом Prophet демонструє надійну поведінку на стохастичних даних, формуючи прогноз, що відображає основні тенденції і цикли, але не намагається передбачити кожну випадкову зміну. Це робить його цінним для аналізу трендів та середнього рівня забруднення, тоді як для прогнозування екстремальних подій або короткочасних піків можуть знадобитися додаткові підходи (наприклад, моделі для аномалій чи фізичні моделі розповсюдження забруднень).

## ЗАСОБИ КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРАФІКИ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ 3D ВЕБГРИ

**Синенко Іван Андрійович,**  
студент групи КН-21, ДВНЗ «ПДТУ»  
[ivansynenko701@gmail.com](mailto:ivansynenko701@gmail.com)

**П'ятикоп Олена Євгенівна,**  
доцент, канд техн. наук, ДВНЗ «ПДТУ»  
[piatykop\\_o\\_je@pstu.edu](mailto:piatykop_o_je@pstu.edu)

*У даній роботі розглядається реалізація гри з використанням Three.js, особливий акцент зроблено на маніпуляції 3D-об'єктами, алгоритмах оптимізації рендерингу та методах інтеграції взаємодії користувача з тривимірним середовищем.*

*This paper discusses the implementation of a game using Three.js, with particular emphasis on 3D object manipulation, rendering optimization algorithms, and methods for integrating user interaction with the 3D environment.*

Комп'ютерна графіка відіграє фундаментальну роль у сучасних веб-іграх, забезпечуючи не лише візуальну складову, але й впливаючи на продуктивність, взаємодію користувача та загальну ігрову динаміку. Впровадження WebGL, Three.js та суміжних технологій відкриває можливості для реалізації високоякісних тривимірних сцен без потреби у сторонніх додатках або плагінах. Розвиток графічних API у веб-середовищі дозволяє досягти ефективного рендерингу та інтеграції складних графічних алгоритмів у реальному часі.

Представлена гра є модифікацією класичної головоломки, в якій реалізовано чотири одночасно видимі ігрові поля. Такий підхід розширює концепцію традиційного ігрового процесу, вимагаючи від користувача розподілу уваги між кількома просторово розташованими елементами. Архітектура камери у грі забезпечує інтуїтивну навігацію та підтримує зміну ракурсів для оптимального сприйняття сцени.

Розробка тривимірного інтерактивного середовища вимагала вирішення ряду складних технічних задач:

- визначення оптимального співвідношення між роздільною здатністю текстур, кількістю полігонів та продуктивністю рендерера.

- мінімізація викликів малювання (draw calls), використання InstancedMesh для рендерингу повторюваних об'єктів.

Для вирішення цих проблем гру реалізовано з використанням Three.js. Це що дозволило створити гнучку та високопродуктивну систему рендерингу.

Для рендерингу усіх сторін ігрового поля використано чотири THREE.PerspectiveCamera, що забезпечують одночасний вивід різних частин сцени. Підсумкове зображення формується шляхом комбінування рендерів кожної камери. Для оптимізації обчислень використано THREE.WebGLMultipleRenderTarget, що дозволяє обробляти кілька буферів паралельно, зменшуючи кількість draw calls. Використання THREE.TextureAtlas дає змогу згрупувати текстури в один атлас, зменшуючи кількість звернень до пам'яті й прискорюючи рендеринг. Для ефективного рендерингу повторюваних об'єктів застосовано THREE.InstancedMesh, що мінімізує навантаження на GPU. Використання Frustum Culling виключає з обчислень об'єкти, що знаходяться поза полем зору камери, оптимізуючи продуктивність. Для зниження перерахунків при оновленні сцени використовується THREE.Cache, що зберігає попередньо обчислені стани об'єктів.

На рис. 1 показано приклад гри в тривимірному просторі.

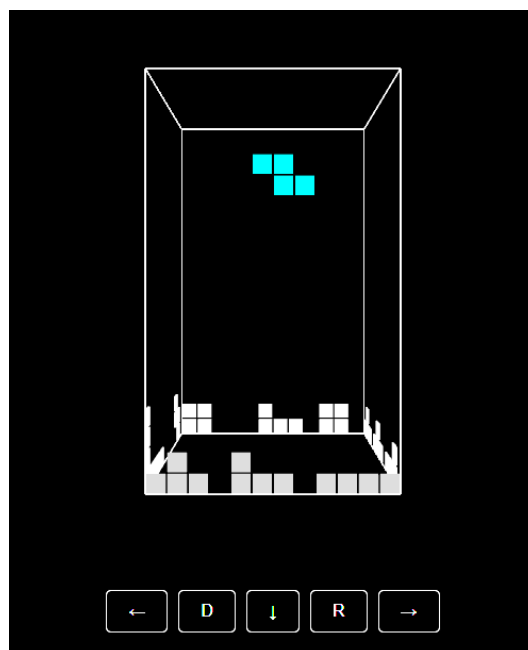


Рисунок 1 – Реалізація гри в браузері

Використання Three.js дозволило створити графічно насичену та високопродуктивну гру з інтерактивними механіками та оптимізованим рендерингом. Завдяки використанню сучасних підходів до графічного програмування та алгоритмів оптимізації, вдалося досягти ефективного балансу між продуктивністю та якістю візуального відображення.

## ПРОЕКТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА ІНТЕРФЕЙСУ СИСТЕМИ ОБЛІКУ ЗАМОВЛЕННЯ ТА ПРОДАЖУ СТРАВ СХІДНОЇ КУХНІ З УРАХУВАННЯМ UX/UI ПРИНЦИПІВ

**Дунаєв Дмитро Олексійович,**  
студент групи КН-21, ДВНЗ «ПДТУ»

[dunaiev\\_d\\_o@students.pstu.edu](mailto:dunaiev_d_o@students.pstu.edu)

**П'ятикоп Олена Євгенівна,**  
доцент, канд техн. наук, ДВНЗ «ПДТУ»

[piatykop\\_o\\_je@pstu.edu](mailto:piatykop_o_je@pstu.edu)

*Описано проектування інтерфейсу веб-сайту "Китайчик" для обліку замовлень і продажу страв східної кухні, Обґрунтовано колірну палітру, типографіку та оптимізацію зображень для покращення користувацького досвіду.*

*The design of the interface of the «Kitaychik» website for accounting of orders and sales of oriental cuisine dishes is described. The color palette, typography and image optimization are substantiated to improve the user experience.*

Розробка інтерфейсу веб-сайту "Китайчик" для обліку замовлень і продажу страв східної кухні передбачає створення зручного та привабливого дизайну, який відповідатиме принципам UX/UI і задовольнятиме потреби користувачів. На головній сторінці сайту розміщуватимуться слайдери з акціями, логотипи ресторанів-партнерів і кнопка пошуку, що забезпечить швидкий доступ до ключових функцій і приверне увагу до актуальних пропозицій. Такий підхід полегшує навігацію, дозволяючи клієнтам одразу ознайомитися з доступними ресторанами та їхніми меню, що є важливим аспектом зручного UX. Зображення страв стануть центральним елементом інтерфейсу: при натисканні на страву в меню

відкриватиметься окрема сторінка з її фотографією, складом, ціною та вагою порції. Це додасть інтерактивності та допоможе користувачам приймати обґрунтовані рішення щодо замовлення, підкреслюючи зручність і прозорість дизайну.

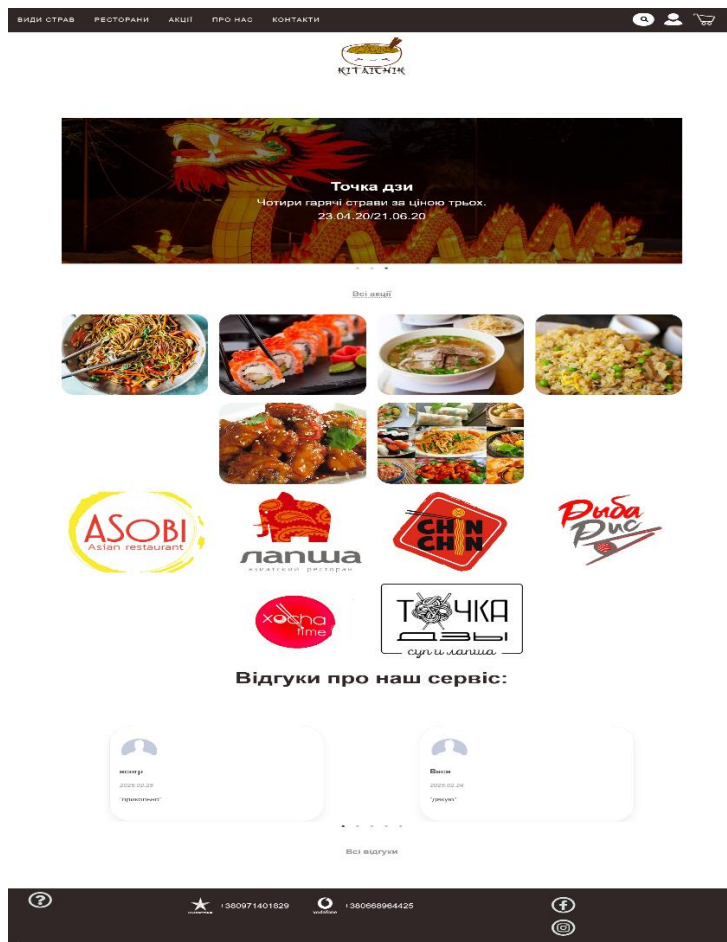


Рисунок 1 – Головна сторінка сайту "Китайчик"

Кольори сайту – коричневий і білий. Коричневий у меню, логотипі та футері символізує тепло східної культури й акцентує навігацію, а білий фон забезпечує легкість і чистоту, полегшуючи сприйняття, що підкреслює унікальність дизайну. Ця палітра створює затишок, а білий фон підтримує мінімалістичний стиль, популярний серед сучасних сервісів. Коричневий додає автентичності, а білий робить дизайн свіжим і сучасним.

Шрифт Open Sans (16 пікселів для тексту, 20 пікселів для заголовків) із Google Fonts гарантує читабельність на різних DPI, із масштабуванням до 14 пікселів на мобільних через медіа-запити. Зображення мають розміри 400×300 пікселів (до 150 КБ) для карток, 800×400 пікселів (до 200 КБ) для слайдерів. Шрифт адаптується до екранів, а зображення завантажуються швидко, що покращує досвід. Великі

заголовки виділяють ключові елементи, а оптимізація зображень знижує час завантаження.

Естетика підкреслена іконками соціальних мереж і кнопкою підтримки у футері, оптимізованими зображеннями та читабельним дизайном. Інтерфейс "Китайчик" поєднує східний стиль, адаптивність і зручність, відповідаючи сучасним UX/UI стандартам. Іконки додають практичності, а дизайн підкреслює автентичність. Оптимізація зображень підвищує швидкість, а футер полегшує доступ до контактів.

## РЕАЛІЗАЦІЯ ЧАТУ В РЕЖИМІ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ З ВИКОРИСТАННЯМ SOCKET.IO

**Купчинський Олексій Олегович,**  
студент групи КН-21, ДВНЗ «ПДТУ»  
[kupchynskyi\\_o\\_o@students.pstu.edu](mailto:kupchynskyi_o_o@students.pstu.edu)

**П'ятикоп Олена Євгенівна,**  
доцент, канд техн. наук, ДВНЗ «ПДТУ»  
[piatykop\\_o\\_ye@pstu.edu](mailto:piatykop_o_ye@pstu.edu)

*У даній роботі розглядається використання бібліотеки Socket.io для реалізації функціоналу чата у веб-платформі керування командними проєктами. Аналізуються переваги вебсокет-з'єднань у порівнянні з традиційними HTTP-запитами, а також механізми обробки реального часу в середовищі Node.js. Представлено архітектурні рішення та підходи до забезпечення продуктивності, безпеки та масштабованості системи.*

*This paper examines the use of the Socket.io library for implementing chat functionality in a web-based team project management platform. The advantages of WebSocket connections over traditional HTTP requests are analyzed, along with real-time processing mechanisms in the Node.js environment. Architectural solutions and approaches to ensuring system performance, security, and scalability are presented.*

Комунікація у реальному часі є невід'ємною частиною сучасних систем управління проєктами. Традиційний підхід на основі HTTP-запитів має затримки та високе навантаження на сервер, що робить його менш ефективним для реалізації

чата. Використання WebSockets через бібліотеку Socket.io забезпечує швидкий та інтерактивний обмін повідомленнями без постійних запитів до сервера.

Чат є частиною веб-платформи та інтегрується у загальну архітектуру застосунку, де клієнтська частина – реалізована на React.js з використанням WebSocket API для зв'язку з сервером. Серверна частина – побудована на Node.js та Express.js із використанням бібліотеки Socket.io. База даних – NoSQL MongoDB для збереження історії повідомлень, користувачів.

Чат реалізовано через Socket.io, який забезпечує двосторонню комунікацію між клієнтом і сервером. Основні події:

- Підключення клієнта (socket.on('connect', callback));
- Надсилання повідомлень (socket.emit('message', data));
- Отримання повідомлень (socket.on('message', callback));
- Відключення клієнта (socket.on('disconnect', callback)).

Для організації безпеки, управління доступом та захисту даних реалізовано:

- аутентифікацію через JWT-токени для перевірки користувачів.
- авторизацію ролей для обмеження доступу до певних каналів.
- шифрування повідомлень на рівні протоколу WebSocket.

Результат роботи чату приведено на рисунку 1

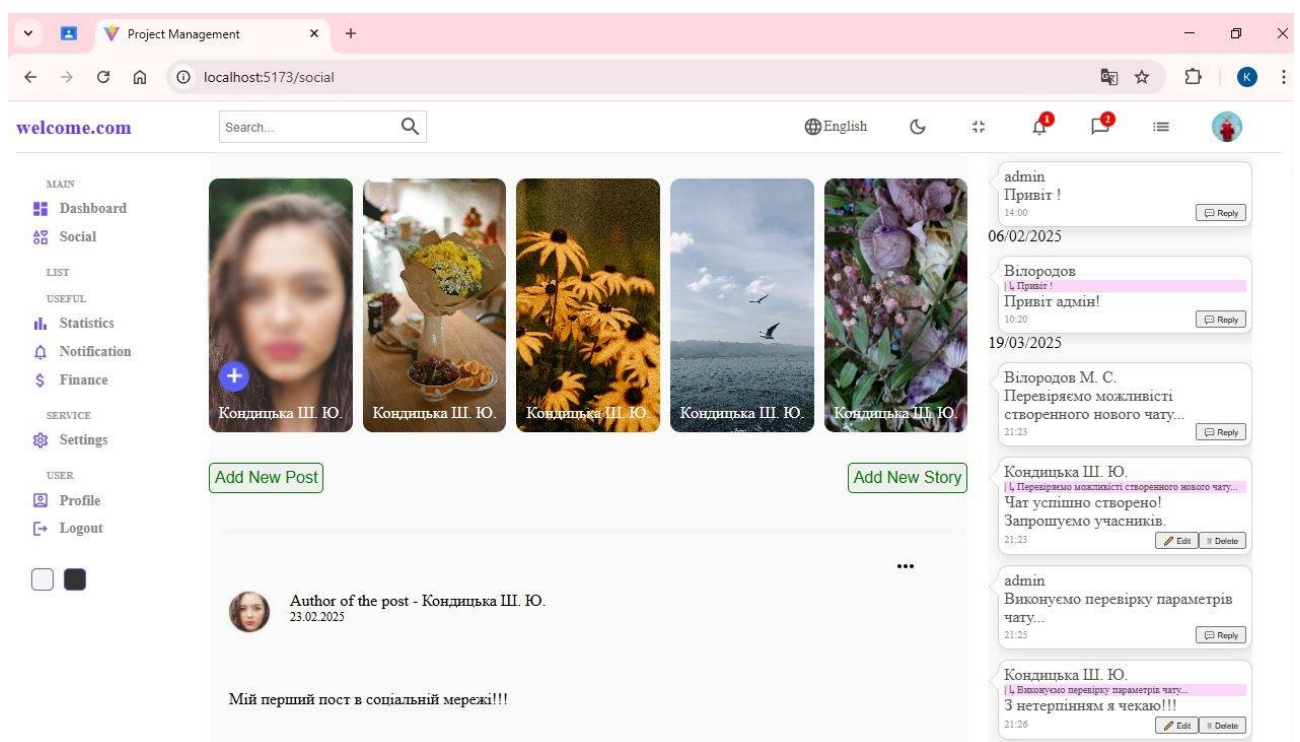


Рисунок 1 – Результат реалізації чату

Використання Socket.io дозволило ефективно реалізувати чат у веб-платформі керування проєктами, забезпечуючи швидку та безперебійну комунікацію між користувачами. Інтеграція з базою даних, безпекові механізми та масштабованість роблять систему надійною та готовою до розширення. Подальші дослідження можуть включати впровадження push-нотифікацій та AI-аналітики для покращення взаємодії користувачів.

## ПИТАННЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ЗБОРУ ДАНИХ З ВІДКРИТИХ ДЖЕРЕЛ

**Шевченко Артем Євгенович,**  
студент групи КН-24-М, ДВНЗ «ПДТУ»

[piatykop\\_o\\_ye@pstu.edu](mailto:piatykop_o_ye@pstu.edu)

**П'ятикоп Олена Євгенівна,**  
доцент, канд техн. наук, ДВНЗ «ПДТУ»

[piatykop\\_o\\_ye@pstu.edu](mailto:piatykop_o_ye@pstu.edu)

*У роботі досліджено процес автоматизованого збору даних про українську музику з платформи Spotify за допомогою API. Розроблено веб-додаток на базі фреймворку Remix і мови TypeScript для отримання та обробки інформації про альбоми, виконавців і музичні характеристики композицій.*

*The study explores the process of automated data collection on Ukrainian music from the Spotify platform using its API. A web application was developed based on the Remix framework and TypeScript to retrieve and process information about albums, artists, and musical characteristics of tracks.*

Популяризація україномовної музики у світі сприяє збереженню та поширенню української культурної ідентичності. Через музику можна представити історію, традиції та сучасну творчість, руйнуючи стереотипи та формуючи позитивний імідж країни. Люди слухають музику за своїми вподобаннями, визначеними жанрами. Оптимальні рекомендації потребують класифікації, що відповідає людським вподобанням. Тому важливо створити вибірку сучасної української музики, що потребує автоматизації збору даних.

Сьогодні доступно багато відкритих даних. Тому процес їх збору, очищення та обробки є важливим напрямком досліджень. Вебскрейпінг та використання API є основними методами збору даних. API забезпечує швидкий і надійний доступ до структурованої інформації у зручному форматі (JSON). Дослідження API в музичній сфері демонструють його важливість для організації даних, аналізу музичних уподобань та інтеграції на цифрових платформах. Spotify є ключовою платформою для аналізу прослуховувань, жанрової класифікації та поведінки користувачів. Тому робота присвячена розробці вебдодатку для збору даних про українську музику з музичного стрімінгового сервісу Spotify через API.

Вебдодаток створено на основі фреймворку Remix та мови TypeScript.

Вибір цього підходу дозволяє об'єднати серверний і клієнтський код в одній кодовій базі, а запуск здійснюється через локальний сервер Vite.

Для авторизації передбачено два варіанти: для застосунків із сервером та без нього. Серверна авторизація використовує секретний ключ для отримання токенів автентифікації та оновлення. Це дозволяє автоматично продовжувати сесію без повторної автентифікації користувачем.

Для створення запитів до Spotify API створено HTTP-клієнт з декількома перехоплювачами для додавання необхідних заголовків авторизації. Було реалізовано методи для отримання інформації про альбоми, виконавців, плейлисти та музичні характеристики композицій. Усього отримано 12 характеристик кожної композиції. Дані об'єднано в єдиний JSON-об'єкт, який використано для подальшої обробки. Дані, зібрані у JSON-файли було оброблено за допомогою Python у Jupyter Notebook наступним чином:

- імпорт JSON-файлів у форматі DataFrame;
- видалення зайвих полів (зовнішні ключі, посилання на зображення);
- збереження унікальних ідентифікаторів альбомів та виконавців у форматі CSV;
- додавання жанрової інформації на основі виконавців.

Оскільки Spotify визначає жанри лише для виконавців, а не окремих пісень, виникла потреба у додатковому зборі даних про всіх виконавців плейлистів. Це дозволило розширити набір жанрової інформації.

Таким чином, на основі 20 офіційних плейлистах Spotify, що охоплювали популярні композиції 2019-2023 років, було зібрано широку базу даних із 1 106 композицій, що входять до 1 057 альбомів 568 унікальних виконавців.

Було виявлено 193 унікальні жанри, однак після фільтрації лишилося лише 63 реальних жанри. Деякі жанри містили регіональні позначки (наприклад, "Ukrainian pop"). Крім того, багато менш популярних виконавців не мали визначених жанрів, що ускладнює автоматичну класифікацію. Аналіз вибірки показав, що жанрова класифікація композицій є неповною, оскільки Spotify визначає жанри лише на рівні виконавців. Це ускладнює автоматизацію класифікації музики, тому необхідна додаткова обробка.

Наступні етапи роботи будуть зосереджені на вдосконаленні жанрової класифікації за допомогою методів машинного навчання. Це дозволить автоматично категоризувати українську музику та покращити алгоритмічні рекомендації.

## ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ БАЗАМИ ДАНИХ З РІЗНИМИ ОПЕРАЦІЙНИМИ СИСТЕМАМИ

**Єлфімов Дмитро Сергійович,**  
студент групи КН-22, ДВНЗ «ПДТУ»  
[yelfimov\\_d\\_s@students.pstu.edu](mailto:yelfimov_d_s@students.pstu.edu)

**Воротнікова Злата Євгенівна,**  
доцент, канд техн. наук, ДВНЗ «ПДТУ»  
[vorotnikova\\_z\\_j@pstu.edu](mailto:vorotnikova_z_j@pstu.edu)

*В роботі розглянуто різні види СУБД та унікальні особливості деяких операційних систем. Також проаналізовано особливості використання СУБД в різних операційних системах.*

*The paper examines different types of DBMSs and the unique features of some operating systems. It also analyzes the features of using DBMSs in different operating systems.*

Бази даних відіграють критично важливу роль у сучасному програмному забезпеченні, оскільки вони забезпечують ефективне зберігання, організацію та

управління даними. Їх значення постійно зростає з огляду на експоненційне збільшення обсягів даних, що генеруються різними додатками та системами. Бази даних дозволяють структурувати дані у логічний та організований спосіб, що полегшує їх пошук, доступ та управління. Вони забезпечують надійне зберігання великих обсягів даних, запобігаючи їх втраті або пошкодженню. Також вони надають механізми для забезпечення цілісності даних, такі як обмеження цілісності, ключі та транзакції, що гарантує їх достовірність та узгодженість. Бази даних також є основою для багатьох бізнес-додатків, таких як системи управління взаємовідносинами з клієнтами (CRM), системи управління ресурсами підприємства (ERP) та системи електронної комерції.

При розробці програмного забезпечення критично важливо враховувати, що вибір бази даних залежить від операційної системи. Кожна ОС має свої особливості, які впливають на сумісність, продуктивність та функціонал баз даних. Оскільки не всі бази даних універсальні, а деякі, як Microsoft SQL Server, оптимізовані під конкретні ОС (Windows), необхідно ретельно перевірити підтримку ОС та наявність необхідних драйверів для інтеграції з іншими частинами програми.

Вибір між реляційними та нереляційними базами даних – це питання, яке вирішується залежно від конкретних потреб проекту. Якщо пріоритетом є цілісність даних та складні запити, то реляційні бази даних є найкращим вибором. Для проектів, які вимагають масштабованості та гнучкості, нереляційні бази даних будуть більш ефективними.

У реляційних БД жорстка структура як таблиць. Вся інформація там зберігається в стовпцях та рядках. Отже, структурованість — одна з головних переваг SQL баз даних.

Основні переваги РСУБД: ACID-транзакції (Atomicity, Consistency, Isolation, Durability), структуровані дані та SQL-запити, зрілість та широке використання. Недоліки також є: складність масштабування для великих обсягів даних, жорстка схема, яка може бути негнучкою, потенційні проблеми з продуктивністю для складних запитів. Використання в різних ОС: Linux (MySQL, PostgreSQL, Oracle

Linux), Windows (MySQL, Microsoft SQL Server), macOS (PostgreSQL, MySQL), Unix (DB2, Oracle Solaris).

Бази даних NoSQL можна розділити на чотири типи: сховища типу ключ-значення (DynamoDB, Redis.), документні сховища (MongoDB, Couchbase), стовпцеве сховище (Apache Cassandra, Scylla), графове сховище (Neo4J, Datastax Enterprise).

Основні переваги NoSQL: гнучкість схеми та масштабованість, висока продуктивність для певних типів даних, підтримка великих обсягів неструктурованих даних. Недоліки: відсутність ACID-транзакцій в деяких NoSQL БД, складність виконання складних запитів, різноманітність підходів, що ускладнює вибір. Використання в різних ОС: Linux (MongoDB, Redis, Cassandra), Windows (MongoDB, Redis), macOS (MongoDB, Redis), Unix (Cassandra, Redis).

Вибір СУБД для різних операційних систем - це важливий етап розробки програмного забезпечення, який вимагає уважного розгляду особливостей кожної операційної системи. Різні ОС мають свої унікальні характеристики, які впливають на сумісність, продуктивність та функціональність баз даних. Критерії вибору: тип даних та структура, вимоги до масштабованості та продуктивності, ACID-транзакції або BASE-модель, наявність драйверів та підтримка мов програмування, ліцензування та вартість.

Операційні системи мають унікальні властивості, що необхідно враховувати при виборі СУБД:

- Linux: переваги відкритого коду, широка підтримка;
- Windows: інтеграція з .NET, зручні інструменти адміністрування;
- macOS: зручність розробки, інтеграція з інструментами Apple;
- Unix: немає вбудованого графічного інтерфейсу і всі операції та програми потрібно налаштовувати вручну.

## ПРИКЛАДИ АРХІТЕКТУРИ МІКРОСЕРВІСІВ В ЕЛЕКТРОННІЙ КОМЕРЦІЇ

**Дем'ян Іван Олексійович,**

студент групи КН-22, ДВНЗ «ПДТУ»

[demian\\_i\\_o@students.pstu.edu](mailto:demian_i_o@students.pstu.edu)

**Воротнікова Злата Євгенівна,**

доцент, канд техн. наук, ДВНЗ «ПДТУ»

[vorotnikova\\_z\\_j@pstu.edu](mailto:vorotnikova_z_j@pstu.edu)

*У роботі проаналізовано підходи до побудови архітектури великих бізнес-сервісів на основі мікросервісної структури. Приділено особливу увагу проблемам масштабованості. У результаті дійшли висновку, що архітектура мікросервісів має ряд істотних переваг: послуги дуже прості та спрямовані на якісне виконання одного завдання; кожна послуга може бути створена з використанням найкращого та найбільш підходящого для роботи інструменту; системи, побудовані таким чином, за своєю суттю слабо пов'язані; в рамках цієї моделі кілька розробників та команд можуть здійснювати поставки щодо незалежно один від одного; вони відмінно підходять для безперервного постачання, дозволяючи випускати часті версії, при цьому зберігаючи доступність та стабільність решти системи.*

*The paper analyzes approaches to building the architecture of large business services based on the microservice structure. Special attention is paid to scalability issues. As a result, it was concluded that the microservice architecture has a number of significant advantages: services are very simple and aimed at high-quality performance of one task; each service can be created using the best and most suitable tool for the job; systems built in this way are inherently loosely coupled; within this model, several developers and teams can deliver relatively independently of each other; they are excellent for continuous delivery, allowing for frequent releases while maintaining the availability and stability of the rest of the system.*

Архітектура великомасштабних систем Google, Twitter, eBay та Amazon на сучасному етапі розвитку перетворилася на щось схоже на набір багатомовних мікросервісів (мікросервіси можуть бути написані кількома мовами).

eBay розпочав свою діяльність у 1995 році як монолітний додаток на Perl, який засновник написав за вихідні, присвячені Дню праці, у 1995 році. Потім він перейшов на монолітну програму C++, яка в результаті містила 3,4 мільйона рядків коду в одній DLL. Далі був перехід на більш розподілену секційовану систему на Java. На сьогоднішній день eBay – це багатомовний набір мікросервісів.

Еволюція Twitter виглядає дуже схоже. Починався як монолітний додаток Ruby on Rails. Далі перейшли на поєднання Javascript та Rails на фронтенді з великою кількістю Scala на бекенді. Зрештою вони прийшли до набору багатомовних мікросервісів.

Схожим шляхом пішла компанія Amazon. Почав з монолітної програми C++, перейшла на сервіси написані на Java і Scala.

Протягом багатьох років зусилля по масштабуванню в Amazon були зосереджені на тому, щоб зробити внутрішні бази даних масштабованими для зберігання більшої кількості товарів, більшої кількості клієнтів, більшої кількості замовлень та підтримки кількох міжнародних сайтів. У 2001 році стало зрозуміло, що фронтенд-додаток більше не може масштабуватися. Бази даних були поділені на невеликі частини і навколо кожної частини створено інтерфейс служб, який був єдиним способом доступу до даних.

Бази даних стали загальним ресурсом, що ускладнювало масштабування всього бізнесу. Процеси front-end та back-end були обмежені у своїй еволюції, оскільки вони були спільними для багатьох різних команд та процесів. Їхня архітектура слабо пов'язана і побудована навколо сервісів. Сервісно-орієнтована архітектура дала їм ізоляцію, яка б швидко і незалежно будувати безліч програмних компонентів. Виріс у сотні сервісів та ряд серверів додатків, які агрегують інформацію із сервісів. Програма, яка відображає веб-сторінки Amazon.com, є одним із таких серверів програм. Те саме стосується програм, які обслуговують інтерфейс веб-сервісів, додаток обслуговування клієнтів та інтерфейс продавця.

Amazon хотів побудувати відкрите суспільство навколо своїх сервісів. Веб-сервіси було обрано, тому що вони прості. Але це лише за периметром. Усередині

це сервісно орієнтована архітектура, але можливо отримати доступ до даних лише через інтерфейс.

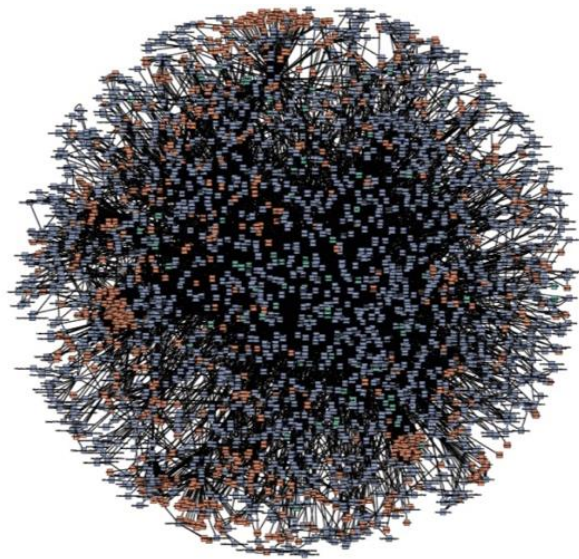


Рисунок 1 – Структура мікросервісів в Amazon

Сервіси – це незалежні одиниці, що надають функціональність у Amazon.

Amazon також організований всередині з погляду команд. Якщо є нова бізнес-ідея або проблема, яку необхідно вирішити, формується команда (8-10 осіб максимум). Членам команди призначаються повноваження і вони уповноважені вирішувати проблему як послугу будь-яким зручним для них способом. Для інтеграції нової послуги використовується широке А/В тестування. Вони бачать, який вплив, і проводять багато вимірів. Вони створюють спеціальну інфраструктуру для управління залежностями та виконання розгортання. Результатом процесу розгортання є віртуальна машина. Починає роботу така команда з прес-релізу про те, які функції побачить користувач, і працює у зворотному напрямку, щоб переконатися, що створює щось цінне. А дизайн є настільки мінімальним, наскільки це можливо.

Amazon використовувала мікросервіси для спрощення та скорочення конвеєра. Розбиття структур на окремі додатки дозволило розробникам зрозуміти, де були вузькі місця, якою є природа цих уповільнень, і дозволило розробникам перебудувати їх як сервісно-орієнтовану архітектуру, кожна з невеликою командою, виділеною для однієї конкретної служби.

Те, що починалося як очищення системи, закінчилося еволюцією одного з найбільших онлайн-гравців у сучасній архітектурі. Поряд із цією зміною Amazon проклала шлях іншим компаніям і випустила низку рішень з відкритим вихідним кодом, таких як AWS (Amazon Web Services), які тепер поширені повсюдно.

Інфраструктура для Amazon, як і для Google, є великою конкурентною перевагою. Вони можуть створювати дуже складні програми з примітивних сервісів, які власними силами щодо прості. Вони можуть масштабувати свою роботу незалежно, підтримувати безпрецедентну доступність системи та швидко вводити нові сервіси без необхідності масштабного переналаштування.

Компанія Coca Cola Company – 3800 продуктів по всьому світу та дочірні компанії у всіх країнах світу – зіткнулася з проблемою з'єднання організацій на різних континентах та підтримки їх зростання. Глобальна ІТ-група Coca Cola вирішила використовувати мікросервіси та API для досягнення цієї мети та поступово замінити своє застаріле програмне забезпечення. У цьому випадку швидкі зміни були б неможливі через численні рішення, впроваджені по всьому світу (ERP, перетворення, репозиторії).

Компанія вирішила перейти до нової архітектури з використанням моделі Dev-Ops. В рамках неї було введено структуру, розділену на окремі додатки, за допомогою яких можуть бути вирішені будь-які проблеми, що стосуються швидкості та гнучкості. З іншого боку, GIT створила бібліотеку модулів, що повторно використовуються (звану Anypoint Platform), організовану в домени, які доступні всім суб'єктам у групі. Завдяки базі готових до використання сервісів проекти в масштабах всієї організації та проекти зовнішніх партнерів можуть бути реалізовані у більш короткі терміни та з меншими витратами.

Поряд із змінами в технологіях та архітектурі, Coca Cola зосередилася на процесах та людях. Компанія перейшла від моделі COE до моделі C4E (Center 4 Excellence) та отримала синергію за рахунок співробітництва та обміну в рамках усієї системи.

Коли BestBuy.com був на 10 місці в рейтингу Internet Retailer Top 500, компанія досягла точки, коли внесення навіть простих змін та оновлень в їхню ІТ-систему

стало надзвичайно складним і навіть небезпечним, оскільки компанія не могла ефективно підготуватися до піків трафіку у святкові дні. Їхня екосистема додатків стала надмірно складною і просто застрягла на місці.

Процес трансформації розпочався у 2010 році з побудови графів залежностей взаємопов'язаних модулів у рамках монолітної платформи, потім розробники почали впроваджувати мікросервіси. Best Buy використовувала шаблон Strangler для заміни старої системи на мікросервіси, крок за кроком.

Gilt.com виросла зі стартапу до модного бренду вартістю 1 млрд доларів у США. Компанія спеціалізується на флеш-розпродажі люксових брендів, які за своєю природою викликають величезні сплески трафіку, які починаються за 15 хвилин до початку розпродажів, а потім швидко знижуються протягом наступних 2 годин.

Gilt реконструювала свою монолітну архітектуру, засновану на Ruby on Rails, в архітектуру мікросервісів у 2011 році. Цього разу вони ґрунтувалися на технологіях Scala, Docker та AWS та спочатку створили 156 сервісів. Поряд із перебудовою своєї системи Gilt також реорганізувала команди, які працюють над стратегічними ініціативами. Їхньою метою було зробити так, щоб код можна було легко і швидко запускати у виробництво.

Перехід на мікросервіси приніс Gilt позитивні результати, включаючи зниження залежностей між командами, паралельну реалізацію ініціатив, підтримку кількох технологій та спрощення впровадження інновацій.

Історія переходу Netflix на мікросервіси розпочалася у 2009 році, вони створили свою архітектуру мікросервісів на AWS. Процес переходу проходив поетапно: спочатку було переміщено кодування фільмів та інші додатки, які не орієнтовані на клієнта. Потім відокремлено елементи, орієнтовані на клієнта, такі як реєстрація облікових записів, вибір фільмів, вибір пристроїв та налаштування. Netflix знадобилося 2 роки, щоб розділити свій моноліт на мікросервіси, і в 2011 році оголосили про закінчення редизайну своєї структури та організації її з використанням архітектури мікросервісів.

Сьогодні додаток Netflix використовує понад 500 мікросервісів та API-шлюзів, які щодня обробляють понад 2 мільярди запитів до API Edge.

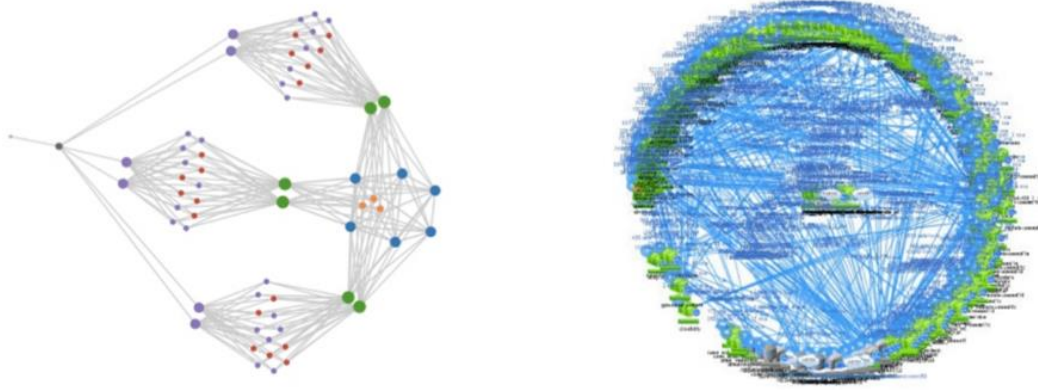


Рисунок 2 – Архітектура Netflix: спрощена та фактична схема

Мікросервіси – це підхід, який при правильному застосуванні та з повагою до людей та процесів, які вже існують в організації, приносять приголомшливі результати. Вони не тільки допомагають розбити великі системи та великі проблеми на дрібніші частини, з якими легше впоратися, але й роблять культуру компанії більш відкритою, готовою до змін та більш незалежною. На щастя, такі компанії, як Amazon, eBay та Netflix, прагнуть поділитися цим досвідом, а також рішеннями, які вони вигадали, щоб збагатити середовище з відкритим вихідним кодом.

## СЕКЦІЯ 3: ПРИКЛАДНА МАТЕМАТИКА ТА КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ

### МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ БАЛІСТИЧНОЇ ТРАЄКТОРІЇ ПОЛЬОТУ СНАРЯДА З УРАХУВАННЯМ ПОВЕРХНЕВОГО ТЕРТЯ

**Пасічник Анатолій Миколайович,**  
професор, доктор фіз.-мат. наук, ДДТУ  
[panukr977@gmail.com](mailto:panukr977@gmail.com)

**Циба Владислав В'ячеславович,**  
аспірант, ДДТУ  
[aksel1455@gmail.com](mailto:aksel1455@gmail.com)

*В роботі наведено результати дослідження балістичної траєкторії польоту снаряда з урахуванням поверхневого тертя із використанням математичної моделі із шістьма степенями свободи (6DOF). Встановлено, що відсутність аеродинамічного тертя збільшує бокове відхилення снаряда, яке спричинено дією сили Магнуса, при цьому відхилення дальності польоту незначне. При великих кутах кидання спостерігається незначне збільшення бокового відхилення та збільшення дальності польоту до 1.0%. При збільшенні сил аеродинамічного тертя бокове відхилення та дальність польоту зменшуються.*

*The paper presents the results of the study of the ballistic trajectory of a projectile taking into account surface friction using a mathematical model with six degrees of freedom (6DOF). It was found that the absence of aerodynamic friction increases the lateral deviation of the projectile, which is caused by the action of the Magnus force, while the deviation of the flight range is insignificant. At large angles of launch, there was a slight increase in the lateral deviation and an increase in the flight range of up to 1.0%. With an increase in aerodynamic friction forces, the lateral deviation and flight range decrease.*

Дослідження математичної моделі балістичної траєкторії польоту снаряда з урахуванням впливу різних фізичних факторів польоту має достатньо актуальне як наукове так і прикладне значення. В даній роботі наведено результати дослідження впливу сил аеродинамічного тертя на бічне відхилення та дальність польоту снаряда. В якості математичної моделі застосовано модель з шістьма степенями

свободи (6DOF). Для різного врахування аеродинамічного тертя було введено параметр  $k$  (для  $k = 0$  аеродинамічне тертя не враховується, при  $k = 1,5$  - аеродинамічне тертя збільшене на 50%). Дослідження виконувалось для снаряда 105 мм HE M1 при початкових кутах кидання 15, 30, 45, 60 та 70 градусів.

Для початкової швидкості снаряда 494 м/с та значенні параметра  $k = 0$ , бокове відхилення становить 8,06 % при 15° та збільшується до 18,34% при 60°. При початковому куті кидання 70° різниця бокового відхилення зменшується до 12,77%. При значенні параметрі  $k = 1,5$ , що відповідає збільшеному аеродинамічному тертю на 50%, бокове відхилення зменшується на величину на 3,73% при 15° до 7,97% при 70°, рис. 1.

Відхилення в дальності польоту при швидкості снаряда 494 м/с та  $k = 0$  незначне та становить 0,05% - 0,09% для кутів кидання від 15 до 60 градусів, але при початковому куті кидання 70° дальність польоту збільшується на 0,85%. При  $k = 1,5$  дальність польоту для кутів кидання 15-60 градусів зменшується на 0,02%-0,03%, а при куті більше 60° – збільшується до 0,32%, рис. 2.

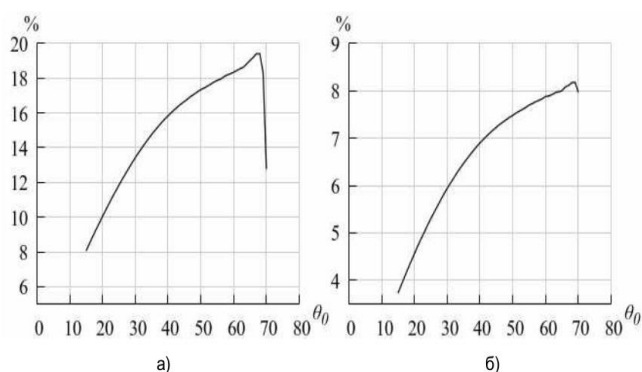


Рисунок 1 – Залежність бокового відхилення траєкторії польоту снаряду від кута кидання при параметрі  $k$ : а)  $k=0$  ; б)  $k=1,5$ .

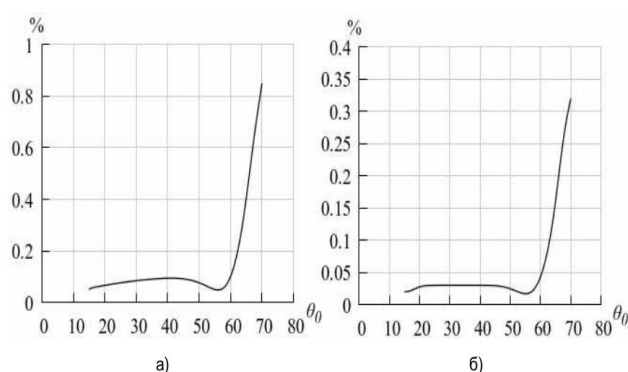


Рисунок 2 – Залежність відхилення дальності польоту траєкторії польоту снаряду від кута кидання при параметрі  $k$ : а)  $k=0$  ; б)  $k=1,5$ .

Результати дослідження показують, що відсутність впливу аеродинамічного тертя сильно збільшує бокове відхилення снаряда, яке викликано підвищеною дією сили Магнуса, при цьому відхилення дальності польоту незначне. При великих кутах кидання спостерігається послаблення збільшення бокового відхилення та відносно суттєве збільшення дальності польоту до ~1.0%. При збільшенні сил аеродинамічного тертя бокове відхилення рівномірно зменшується для всіх розглянутих кутів. Дальність польоту для кутів кидання до 60° незначно зменшується, а для кутів більше 60° спостерігається збільшення на 0.32%.

## АЛГОРИТМ ОПТИМІЗАЦІЇ МЕРЕЖІ ДЖЕРЕЛ ЗВУКОВИХ СИГНАЛІВ СИСТЕМИ ЕКСТРЕННОГО ОПОВІЩЕННЯ НАСЕЛЕННЯ

**Пасічник Анатолій Миколайович,**  
професор, доктор фіз.-мат. наук, ДДТУ

[panukr977@gmail.com](mailto:panukr977@gmail.com)

**Ріпа Михайло Юрійович,**  
аспірант, ДДТУ

[ripami25@gmail.com](mailto:ripami25@gmail.com)

*В роботі запропоновано алгоритм оптимального розміщення джерел звукових сигналів системи екстреного оповіщення населення. Розглянуто можливість врахування топографічних особливостей, густоти та акустичних характеристик забудови території для забезпечення рівномірного покриття та нормативного рівня звукового тиску. Запропонований алгоритм оптимізації базується на використанні методу діаграм Лагерра-Вороного, що дозволяє формувати ефективні зони покриття, мінімізуючи витрати на встановлення та експлуатацію системи. Представлений підхід сприяє покращенню надійності та ефективності екстреного оповіщення, знижуючи ризик пропуску важливої інформації для населення.*

*The paper proposes an algorithm for optimal placement of sound signal sources for the emergency alert system. The possibility of taking into account topographic features, density and acoustic characteristics of the territory's development to ensure uniform coverage and regulatory sound pressure level is considered. The proposed optimization algorithm is based on the use of the Laguerre-Voronoi diagram method, which allows forming effective coverage areas, minimizing the costs of installing and operating the system. The presented approach helps to improve the reliability and efficiency of emergency alerting, reducing the risk of missing important information for the population.*

Сьогодні, ефективність систем екстреного оповіщення населення напряму залежить від правильності розміщення відповідних джерел розповсюдження звукових сигналів. У випадку недостатнього покриття території – це призводить до появи місць у системі, де швидкість реагування людей буде занадто малою або

відсутньою, а в протилежному випадку, коли кількість таких джерел занадто велика – це призводить до акустичного дискомфорту і перевищення нормативного рівня звукового тиску. Таким чином, з урахуванням акустичних характеристик середовища, топографії та густоти забудови побудова та дослідження математичної моделі задачі оптимального розміщення джерел звукових сигналів є достатньо актуальною як з наукової так і з практичної точок зору. У зв'язку з цим, існує потреба у розробці методів оптимізації розміщення джерел звукових сигналів з урахуванням наведених факторів для підвищення ефективності оповіщення населення та мінімізації витрат на обслуговування системи.

Для вирішення поставленої задачі запропоновано алгоритм оптимізації із використанням діаграм Лагерра-Вороного, що дозволяє будувати оптимальні зони покриття для джерел звукових сигналів, у відповідності з яким:

1. Провести поділ території на зони покриття з урахуванням параметрів джерел та характеристик середовища.
2. Визначити дальність розповсюдження звукових сигналів з урахуванням щільності забудови, висоти встановлення джерел та їх акустичних характеристик.
3. Розрахувати оптимальну кількість звукових джерел і місця їх розміщення для забезпечення рівномірного покриття території.
4. Провести перевірку відповідності параметрів звукового тиску нормативним.

Запропонований алгоритм дозволяє врахувати реальні інфраструктурні характеристики території оповіщення та технічні параметри обладнання генерації звукових сигналів. Для підвищення Ефективність запропонованого підходу для проектування систем екстреного оповіщення міських територій може бути підвищена за рахунок використання реальних акустичних вимірювань.

Можливості застосування запропонованого підходу продемонстровано на прикладі розрахунку місць розміщення джерел звукових сигналів системи оповіщення для модельної території міста. Показано можливості урахування акустичних характеристик будівель території оповіщення та забезпечення параметрів нормативного рівня звукового тиску.

Запропонований підхід може бути інтегрований в сучасну цифрову систему моніторингу та диференційованого оповіщення за зонами підвищеної небезпеки.

## КОМП'ЮТЕРНА МОДЕЛЬ БАГАТОЗВ'ЯЗАНОЇ ЕЛЕКТРО-ГІДРОМЕХАНІЧНОЇ СИСТЕМИ ПЕРШОЇ СТУПЕНІ НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ ЦГЗК

**Кіншаков Василь Юрьєвич,**

студент групи 141-23-1п, МІП

[vasyl.kinshakov@mipolytech.education](mailto:vasyl.kinshakov@mipolytech.education)

**Павлишин Сергій Володимирович,**

студент групи 141-24-1п, МІП

[serhii.pavlyshyn@mipolytech.education](mailto:serhii.pavlyshyn@mipolytech.education)

**Хілов Віктор Сергійович,**

професор, д-р техн. наук, МІП

[victor.khilov@mipolytech.education](mailto:victor.khilov@mipolytech.education)

*Розроблено на принципах електрогідравлічної подібності комп'ютерну модель багато-зв'язаної електро-гідромеханічної системи першого ступеня насосної станції ЦГЗК. Модель реалізована в середовищі математичного розширення пакету Simscape бібліотеки об'єктів із зосередженими параметрами домену Electrical системи MATLAB Simulink. Модель дозволяє розрахувати, аналізувати та прогнозувати статичні та динамічні характеристики та навантаження електро-механічного обладнання та елементів гідравлічної системи насосної станції, обладнаної взаємо-зв'язаною багато-двигуною приводною системою.*

*A computer model of a multi-connected electro-hydraulic system of the first stage of the Central Mining and Processing Plant pumping station has been developed based on the principles of electro-hydraulic similarity. The model is implemented in the environment of the mathematical extension of the Simscape package of the library of objects with lumped parameters of the Electrical domain of the MATLAB Simulink system. The model allows calculating, analyzing and predicting the static and dynamic characteristics and loads of the electromechanical equipment and hydraulic system of the pumping station equipped with an interconnected multi-motor drive system.*

На першому ступені насосної станції ЦГЗК працює станція з паралельно підключеними 11 насосами з 10 приводними синхронними двигунами по 2,2 МВт і одним асинхронним двигуном 630 кВт напругою 6 кВ.

Для дослідження статичних та динамічних процесів у багато-зв'язаній електро-гідромеханічній системі використовуємо метод електрогідравлічних аналогій – метод аналізу гідравлічних схем, гідромашин та гідро обладнання, заснований на систематичному перенесенні теорії електричних схем у гідродинаміку.

Диференціальні рівняння, що описують взаємозалежність електричних параметрів у довгій лінії з розподіленими параметрами при нехтуванні витоків через ізоляцію, мають вигляд:

$$-\frac{\partial U}{\partial x} = L \frac{\partial I}{\partial t} + RI; -\frac{\partial U}{\partial t} = \frac{1}{C} \frac{\partial I}{\partial x},$$

де  $U$  – напруга, В;

$I$  – сила струму, А;

$L, R, C$  – відповідно індуктивність ділянки кола, активний опір та ємність, Гн, Ом, Фарад;

$t$  – поточний час, с;

$x$  – лінійна координата, м.

Система рівнянь для потоку рідини у трубі має схожий вигляд:

$$-\frac{\partial P}{\partial x} = \frac{\rho_0}{S} \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{2a}{S} Q; -\frac{\partial P}{\partial t} = \frac{\rho_0 c^2}{S} \frac{\partial Q}{\partial x},$$

де  $Q$  – об'ємна витрата, м<sup>3</sup>/с;

$S$  – площа поперечного перерізу, м<sup>2</sup>;

$P$  – тиск, Н/ м<sup>2</sup>;

$c$  – швидкість звуку, м/с;

$\rho_0$  – щільність рідини, кг/ м<sup>3</sup>;

$a$  – коефіцієнт тертя, Нс/ м<sup>4</sup>.

Із зіставлення цих ідентичних за структурою систем рівнянь для довгої електричної лінії і для труби з потоком рідини, робиться висновок про їх фізичну подібність, тобто їх фізичні величини подібні один до одного. Це дозволяє провести аналогію між гідромеханічними параметрами багато-зв'язаної системи насосної станції та її електричним аналогом.

Таблиця 1. Електрогідравлічна аналогія

| Трубопровідна лінія | Тиск $P$          | Втрати $Q$        | Опір потоку $2a/S$ | Ємність гідравлічна $S/(\rho_0 c^2)$ | Інерційна маса $\rho_0/S$ |
|---------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------------------------|---------------------------|
| Розмірність         | Н/ м <sup>2</sup> | м <sup>3</sup> /с | Нс/ м <sup>4</sup> | м <sup>3</sup>                       | кг/ м <sup>5</sup>        |
| Електрична лінія    | Напруга           | Сила струму $I$   | Опір струму $R$    | Ємність електрична $C$               | Індуктивність $L$         |
| Розмірність         | Вольт             | Ампер             | Ом                 | Фарад                                | Генри                     |

Аналогії лінійних елементів: зміна перерізу труби (зміна гідравлічного опору, дросельні засувки) враховується в моделі зміною активного опору; гідравлічна ємність накопичувального відстійника враховується в комп'ютерній моделі відповідно до електричної ємності конденсатора (енергія заряду, накопичена конденсатором – аналогічна потенційній енергії, накопиченій у відстійнику); індуктивність котушки аналогічна сумарному моменту інерції роторів насоса з лопатями та приводного двигуна (енергія магнітного поля котушки еквівалентна кінетичній енергії, запасеної в механічних частинах приводу).

Електричним аналогом гідронасоса із синхронним приводом є джерело струму із послідовно включеною індуктивністю. Струм джерела струму – це витрата рідини, а індуктивність моделює момент інерції ротора синхронного двигуна та ротора насоса. Спад напруги на ділянці кола – це гідравлічний тиск.

Електричним аналогом гідронасоса з асинхронним приводом є джерело струму з послідовно включеними індуктивністю та активним опором. Струм джерела струму – це витрата рідини, а індуктивність моделює момент інерції ротора асинхронного двигуна та ротора насоса; активний опір моделює статизм механічної характеристики асинхронного двигуна.

Гідравлічний опір трубопроводів моделюється активним опором, а накопичувальна ємність відстійника – електричною ємністю.

Модель реалізована в середовищі математичного розширення пакету Simscape бібліотеки об'єктів із зосередженими параметрами домену Electrical системи MATLAB Simulink, де реалізована гібридна фізична та математична модель багато-зв'язаної електро-гідромеханічної системи першого ступеня насосної станції ЦГЗК.

Розроблена на принципах електрогідравлічної подоби математична модель багато-зв'язаної електро-гідромеханічної системи першого ступеня насосної станції ЦГЗК дозволяє розрахувати, аналізувати та прогнозувати статичні та динамічні характеристики та навантаження елементів насосної станції, обладнаною багато-двигунною приводною системою.

## ДОСЛІДЖЕННЯ НА КОМП'ЮТЕРНІЙ МОДЕЛІ ДИНАМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПРИВОДНИХ СИСТЕМ БУРОВОГО ВЕРСТАТУ

**Дифорт Віктор Васильович,**

студент групи 141-24-1п, МІП

[viktor.dyfort@mipolytech.edu.ua](mailto:viktor.dyfort@mipolytech.edu.ua)

**Павлишина Алена Юріївна,**

студентка групи 141-24-1п, МІП

[alona.pavlyshyna@mipolytech.edu.ua](mailto:alona.pavlyshyna@mipolytech.edu.ua)

**Хілов Віктор Сергійович,**

професор, д-р техн. наук, МІП

[victor.khilov@mipolytech.edu.ua](mailto:victor.khilov@mipolytech.edu.ua)

*Одержані динамічні характеристики гідросистеми, які ґрунтуються на базі фундаментальних співвідношень: балансів витрати мастила, моментів і потужностей на валу гідро двигуна. Отримана та проаналізована математична модель об'єкту керування з використанням стандартних динамічних ланок з відомими характеристиками, які дозволяють синтезувати систему автоматичного керування приводом спусково-під'ємних операцій та подача поставу.*

*The dynamic characteristics of the hydraulic system are obtained, which are based on the fundamental relationships: balances of lubricant consumption, moments and powers on the shaft of the hydraulic motor. A mathematical model of the control object is obtained and analyzed using standard dynamic links with known characteristics, which allow synthesizing an automatic control system for the drive of lowering and lifting operations and the supply of the supply.*

Бурові верстати нового покоління для буріння підризних свердловин оснащені приводною системою спуско-піднімальних операцій (СПО) і містить гідронасос (ГН) і гідродвигун (ГД). ГН приводиться в дію регульованим електроприводом за

системою перетворювач частоти – асинхронний двигун. Натяг канатно-поліспасової системи (КПС) здійснюється ГД.

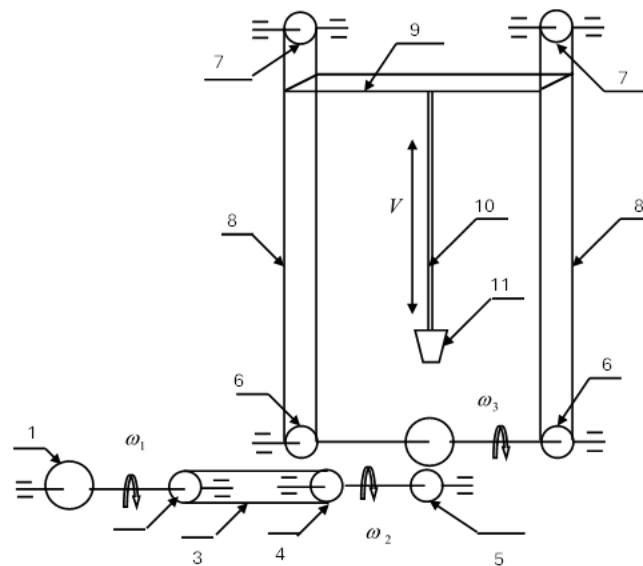


Рисунок 1 – Комп'ютерна модель гідросистеми

На рис.1 наведена кінематична схема об'єкта керування приводом СПО і подачі поставу. Ротор привідного двигуна 1 з кутовою частотою  $\omega_1$  обертає ГН 2, внаслідок чого створюється тиск і відповідно витрачається мастило у гідросистемі, яке по трубопроводу 3 надходить у ГД 4, вал якого обертається з кутовою частотою  $\omega_2$ . Редуктор 5 знижує частоту обертання  $\omega_2$  до величини  $\omega_3$ . На вихідні вали редуктора насаджені шківи 6, які спільно зі шківами 7 і канатами 8 КПС утворюють зусилля поступального переміщення з лінійною швидкістю  $V$  натискної траверси голівки бурового снаряда 9 разом з буровим поставом 10 і шарошковим долотом 11.

Дослідження динамічних процесів виконане з припущенням, що двигун і механізм мають зосереджені параметри:

$J_1$  – сумарного моменту інерції ротора двигуна 1 і обертових частин гідронасоса

$J_2$  – зведеного сумарного моменту інерції обертових частин гідродвигуна 4, редуктора 5, шківів 6 і 7;

$J_3$  – зведеного сумарного моменту інерції канатів, що поступально рухаються 8, натискної траверси головки бурового снаряда 9, поставу 10 і шарошки 11.

Сукупність диференціальних рівнянь, що описують динаміку асинхронного двигуна у системі координат, пов'язаної з вектором основного потокозчеплення, має такий вигляд:

$$\left. \begin{aligned} \frac{d\psi_r}{dt} &= -\frac{R_r}{L_r}\psi_r + k_r R_r I_d; \\ \frac{dI_d}{dt} &= -\frac{R_s + k_r^2 R_r}{L'_s} I_d + \frac{k_r R_r}{L'_s L_r} \psi_r + \omega_{\psi r} I_{s2} + \frac{1}{L'_s} U_d; \\ \frac{dI_q}{dt} &= -\frac{R_s + k_r R_r}{L'_s} I_q - \omega_{\psi r} I_d - \frac{k_r}{L'_s} p_n \psi_r \omega + \frac{1}{L'_s} U_q; \\ \frac{d\omega}{dt} &= (k_m \psi_r I_q - M_c) / J, \end{aligned} \right\}$$

де  $\psi_r, L_r, R_r$  – потокозчеплення, індуктивність і резистивний опір ротора;

$I_d, I_q$  – поперечна і поздовжня складові струму статора двигуна;

$R_s, L'_s$  – резистивний опір та індуктивність статора;

$\omega_1, \omega_{\psi r}, p_n$  – кутові частоти обертання ротора, потокозчеплення ротора і кількість пар полюсів обмотки статора;

$U_d, U_q$  – поперечна і поздовжня складові напруги статора;

$M_m$  – взаємоіндукція між статором і ротором (індуктивність контуру  $M_m$  н

а

м Модель реалізована в середовищі математичного розширення пакету Simscape бібліотеки об'єктів із зосередженими параметрами домену Electrical системи MATLAB Simulink, де реалізована гібридна фізична та математична модель багато- зв'язаної електро-гідромеханічної системи СПО та подачі поставу на вибій.

і З аналізу одержаної результатів роботи математичної моделі об'єкту керування приводом подачі та СПО встановлено, що в об'єкті керування для реалізації раціонального способу керування процесом буріння з підтримкою потоку потужності в зоні руйнування породи на постійному рівні, необхідно контролювати, окрім традиційних координат – струму і частоти обертання двигуна, ще і технологічні координати – тиск у гідросистемі, частоту обертання валу ГД і лінійну швидкість переміщення поставу, що потребує відповідного вмикання контурів управління.

$k_r = M_m L_r, k_s = M_m L_s, L'_s = \sigma L_s, \sigma = 1 - k_s k_r, k_m = 3 p_n k_r^2, \sigma$  – коефіцієнт розсіювання;  $J$  – динамічний момент інерції механічної ланки приводу.

## ЕФЕКТИВНЕ РОЗПОДІЛЕННЯ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ МІЖ ПОТОКАМИ І ПРОЦЕСАМИ ПРИ РЕНДЕРИНГУ ТРИВИМІРНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

**Романюк Олександр Никифорович,**

професор, докт. техн. наук, ВНТУ

[rom8591@gmail.com](mailto:rom8591@gmail.com)

**Бобко Олексій Леонідович,**

аспірант, ВНТУ

[oleksii.bobko@gmail.com](mailto:oleksii.bobko@gmail.com)

Балансування навантаження полягає у розподілі обчислювальних завдань між різними процесорами, ядрами або машинами таким чином, щоб максимально ефективно використовувати доступні ресурси, зменшити час обробки і збільшити загальну продуктивність системи.

Критеріями ефективного балансування навантаження є прозорість, масштабованість і адаптивність. Система повинна бути здатна автоматично адаптуватися до змін у навантаженні і доступності ресурсів, реагуючи на коливання в обчислювальних потребах без втручання користувача. Це вимагає використання передових технологій моніторингу і аналітики, а також розробки гнучких алгоритмів, що можуть бути налаштовані під конкретні умови експлуатації.

У практичному сенсі, імплементація ефективного балансування навантаження в архітектуру рендерингу може значно покращити час відгуку і знизити витрати на обчислювальні ресурси, забезпечуючи при цьому більш високу якість зображення і більш стабільну роботу системи в умовах великої кількості завдань.

При реалізації балансування навантаження важливо враховувати динамічність обчислювального середовища, особливо у сфері графічного рендерингу, де вимоги до ресурсів можуть різко змінюватися в залежності від складності сцени або динаміки анімації. Один із підходів до вирішення цього — використання алгоритмів, що базуються на пріоритетах та обчислювальних залежностях між

задачами. Це дозволяє системі адаптуватися до змін у навантаженні, динамічно перерозподіляючи ресурси для оптимізації загальної продуктивності.

Автоматизація процесів балансування навантаження дозволяє зменшити потребу в ручному втручанні, що особливо важливо в умовах великих дата-центрів або обчислювальних хмар, де може бути задіяно тисячі процесорів. Сучасні рішення для масштабування, такі як Kubernetes або Docker Swarm, включають вбудовані засоби для балансування навантаження, що дозволяє їм ефективно розподіляти роботу між контейнерами та вузлами.

Система балансування навантаження повинна бути адаптивною, щоб відповідати на змінні умови роботи та обробки. Це може включати в себе аналіз часу відповіді, обсягів оброблених даних та інших критичних метрик, щоб визначити, коли та як перерозподіляти ресурси. Алгоритми машинного навчання та штучного інтелекту можуть бути використані для покращення цих процесів, дозволяючи системі "вчитися" з попередніх досвідів та оптимізувати свою поведінку.

Ефективне балансування навантаження також вимагає комплексних систем моніторингу та профілювання, які можуть відстежувати стан системи в реальному часі та надавати дані для прийняття рішень. Це включає в себе збір і аналіз метрик, таких як використання ЦПУ, пам'яті, дискового простору та мережі, а також виявлення помилок або "вузьких місць", які можуть впливати на продуктивність.

Завдяки цим стратегіям і технологіям можна забезпечити, що кожен ресурс використовується максимально ефективно, тим самим збільшуючи загальну продуктивність і знижуючи загальні витрати на обчислювальні потужності. Балансування навантаження — це не просто про технічні аспекти, це також про стратегічне планування і управління ресурсами, що є ключовим для успішного виконання великомасштабних обчислювальних проєктів.

Однією з основних викликів у балансуванні навантаження є забезпечення і ефективного розподілу ресурсів між завданнями, які можуть мати дуже різні вимоги. Наприклад, у великих рендерингових задачах деякі частини можуть бути значно важчими або складнішими для обробки. В таких ситуаціях, алгоритми

балансування, які враховують не тільки кількість завдань, але й їх складність, можуть значно покращити продуктивність.

Стратегії оптимізації: 1. Динамічне перерозподілення: Використання алгоритмів, що можуть динамічно змінювати розподіл ресурсів на основі поточних потреб і доступності ресурсів. Це може включати алгоритми, які реагують на мінливу обчислювальну складність або змінні параметри системи. 2. Пріоритизація завдань: Визначення пріоритетів для завдань на основі їхньої важливості або терміновості, що дозволяє системі спочатку обробляти більш критичні або часово чутливі завдання. 3. Використання адаптивних алгоритмів: Розробка алгоритмів, які адаптуються до змін у вхідних даних або умовах виконання, дозволяючи покращити продуктивність без сталого моніторингу та втручання людини. 4. Сегрегація ресурсів: Відокремлення ресурсів за типами завдань, забезпечуючи, що високопріоритетні або ресурсно-вимогливі задачі мають достатньо ресурсів без конкуренції з менш критичними задачами. 5. Масштабування за запитом: Використання хмарних технологій для масштабування ресурсів вгору або вниз в залежності від потреб, забезпечуючи оптимальне використання ресурсів та зниження витрат. Використання аналітики та машинного навчання Сучасні рішення для балансування навантаження часто інтегруються з розширеними аналітичними інструментами та платформами машинного навчання.

Ці технології дозволяють аналізувати великі обсяги даних про виконання системи, виявляти тенденції та автоматично коригувати параметри системи для оптимізації продуктивності. Наприклад, можливо прогнозувати піки навантаження і відповідно адаптувати ресурси, щоб зустрічати підвищені вимоги без зайвих затрат.

Ефективне балансування навантаження є фундаментальним для успішної експлуатації великих паралельних обчислювальних систем, зокрема в галузях, де потрібне високошвидкісне рендеринг, як у графічному дизайні, анімації та відеоіграх. Розвиток технологій і підходів до балансування навантаження продовжує відкривати нові можливості для оптимізації обчислювальних процесів, забезпечуючи кращу продуктивність, зниження витрат і підвищення загальної ефективності систем.

## ФОРМУВАННЯ ПРОЦЕДУРНИХ ТЕКСТУР ДЛЯ РЕНДЕРИНГУ

**Романюк Олександр Никифорович,**

професор, докт. техн. наук, ВНТУ

[rom8591@gmail.com](mailto:rom8591@gmail.com)

**Новосельцев Олександр Олександрович,**

аспірант, ВНТУ

[sasha\\_novoseltsev@icloud.com](mailto:sasha_novoseltsev@icloud.com)

Методи формування процедурних текстур базуються на алгоритмічному генеруванні візерунків та структур поверхні об'єктів без використання збережених зображень. Основною ідеєю процедурної текстуризації є опис текстури математичними функціями, які дозволяють динамічно створювати деталізовані поверхні з високою варіативністю та масштабованістю. Одним із найпоширеніших методів є шумові функції, зокрема Perlin noise та Simplex noise, які генерують псевдовипадкові значення, що імітують природні структури, такі як дерево, мрамур, хмари чи вогонь. Також застосовуються фрактальні алгоритми, які дозволяють отримувати складні багаторівневі текстури шляхом накладання декількох шарів шуму з різними частотами та амплітудами (наприклад, фрактальний шум. Крім того, використовуються параметричні та аналітичні функції, які описують геометричні візерунки, такі як смуги, клітинки, хвилі тощо. Процедурні текстури можуть бути тривимірними, що дозволяє уникнути ефекту розтягування чи швів при покритті складних моделей. Завдяки високій гнучкості, процедурні методи активно використовуються в комп'ютерній графіці, відеоіграх, анімації та візуалізації, особливо коли потрібна висока деталізація та варіативність при збереженні мінімального обсягу пам'яті.

Ще одним важливим методом є використання стохастичних процесів, які вводять елемент випадковості у формування текстур. Це дозволяє створювати нерегулярні поверхні, які важко відтворити за допомогою традиційних методів. Наприклад, метод Монте-Карло може застосовуватись для генерації зернистих або шумоподібних структур. Також часто використовують комбінування кількох процедурних функцій, що дає змогу досягати більшої складності та

натуралістичності текстур. Наприклад, поєднання фрактального шуму з градієнтами дозволяє створити ефект ерозії чи зістарювання поверхонь.

Загалом, методи формування процедурних текстур мають значні переваги у порівнянні з традиційними растровими підходами: вони економлять пам'ять, забезпечують масштабованість без втрати якості, дозволяють отримувати унікальні результати та легко піддаються параметризації. Однак, складність реалізації та обчислювальні витрати можуть бути вищими, особливо для високоякісних або реалістичних текстур.

Складність створення деяких реалістичних текстур може бути досить високою, оскільки для досягнення правдоподібного вигляду необхідно ретельно налаштовувати параметри функцій або розробляти складні алгоритми. До того ж, не всі типи поверхонь легко відтворити процедурно — наприклад, текстури з чітко визначеними елементами, логотипами чи рукописними малюнками краще реалізовувати за допомогою растрових методів. Однак сучасні підходи дозволяють поєднувати процедурну генерацію з растровими зображеннями, створюючи гібридні методи, що поєднують найкращі властивості обох підходів. Наприклад, можна використовувати процедурно згенеровану карту нормалей або карту висот для додавання рельєфу на базову текстуру, що зберігається у вигляді зображення. Такий підхід активно використовується у фізично коректному рендерингу, де різні карти — кольору, шорсткості, металічності, нормалей — можуть бути як згенерованими, так і намальованими вручну. Крім того, у сфері машинного навчання набувають популярності методи генерації текстур за допомогою нейронних мереж, однак і тут процедурні текстури мають своє місце, наприклад, у якості навчальних даних або початкових шаблонів. Високий рівень абстракції, який надають процедурні методи, також дозволяє створювати текстури не тільки для візуального рендерингу, але й для інших цілей — наприклад, у фізичних симуляціях, моделюванні рослинності, ґрунтів, мікроструктур матеріалів. У підсумку, методи формування процедурних текстур становлять потужний інструмент у арсеналі комп'ютерної графіки, забезпечуючи баланс між гнучкістю, реалістичністю та ефективністю, що робить їх незамінними у сучасних системах візуалізації.

Метод Перліна — це один із найвідоміших способів генерації псевдовипадкового шуму, який широко використовується для створення натурально виглядаючих текстур, таких як хмари, вогонь, мармур, дерево тощо. Його розробив Кен Перлін у 1983 році для використання в комп'ютерній графіці. Основна ідея полягає у генерації "гладкого" шуму, який змінюється поступово, без різких стрибків, що дозволяє імітувати природні явища. Алгоритм працює шляхом визначення ґратки, у вершинах якої генеруються випадкові вектори напрямку. Потім для кожної точки простору обчислюється відстань до сусідніх вузлів ґратки, проєктується ця відстань на напрямні вектори, після чого результати інтерполуються за допомогою згладжувальної функції (зазвичай кубічної). Цей процес забезпечує плавний перехід значень у просторі, утворюючи послідовну шумову текстуру. Щоб створити більш складні текстури, застосовується техніка октавного шуму: до основного шуму додають декілька його копій з різними масштабами (частотами) і амплітудами, що формує так званий фрактальний шум. Метод Перліна є ефективним, компактним і легко реалізується, а також дозволяє створювати як двовимірні, так і тривимірні текстури.

Метод турбулентності — це модифікований варіант шумових методів, який використовується для створення складних візуальних ефектів із хаотичною або мозаїчною структурою. Його часто застосовують для імітації природних матеріалів із нестійким, нерівномірним візерунком, таких як дим, хмари, рідини, а також текстур дерева або мармуру. Турбулентність будується на базі шуму Перліна або іншого подібного шуму, але з використанням модуля (absolute value) від значень шуму. Суть методу полягає у підсумовуванні декількох шарів шуму з різними частотами та амплітудами.

Метод турбулентності особливо ефективний у поєднанні з кольоровими градієнтами або деформацією координат текстурування, що дозволяє створити ефекти, схожі на вогонь, воду або дим у русі. Як і інші процедурні методи, він є параметричним і добре масштабується, що робить його популярним у рендерингу як статичних, так і анімованих сцен.

## ПАРАЛЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЧИСЕЛЬНОГО РОЗВ'ЯЗКУ БАГАТОВИМІРНИХ ЖОРСТКИХ ЗАДАЧ КОШІ

**Назарова Ірина Акопівна,**

доцент, канд. техн. наук, ДВНЗ «ДонНТУ»

[iryna.nazarova@donntu.edu.ua](mailto:iryna.nazarova@donntu.edu.ua)

**Попова Анна Олександрівна,**

магістрантка, ДВНЗ «ДонНТУ»

[anna.popova.kita@donntu.edu.ua](mailto:anna.popova.kita@donntu.edu.ua)

Паралельне моделювання чисельного розв'язку багатовимірних жорстких задач Коші є важливим напрямом досліджень в області чисельних методів та високопродуктивних обчислень. Задачі Коші для систем звичайних диференціальних рівнянь (СЗДР) з жорсткими умовами потребують застосування спеціалізованих алгоритмів, здатних ефективно обробляти велику кількість обчислень за короткий час. Паралельна реалізація методів, в свою чергу, дозволяє значно скоротити час виконання, що особливо важливо при вирішенні жорстких задач або задач з особливостями, таких як моделювання фізичних/хімічних процесів, динаміка багатьох тіл або інші складні системи. Для таких задач зазвичай використовують неявні чисельні схеми, що забезпечують стійкість та збіжність розв'язків навіть при великих значеннях кроку інтегрування.

Неявні чисельні схеми, на відміну від явних, вирішують систему рівнянь на кожному кроці інтегрування, що дозволяє контролювати стійкість чисельних методів при жорстких задачах. Вони зазвичай є більш стабільними та придатними для розв'язування задач з великими коефіцієнтами або дуже малими часами, коли явні методи можуть призвести до чисельних нестабільностей.

Одним із важливих аспектів чисельного розв'язку жорстких задач є керування кроком інтегрування. Для забезпечення необхідної точності і стійкості розв'язків застосовуються адаптивні методи, які автоматично змінюють крок інтегрування залежно від величини апостеріорної локальної похибки на поточному етапі. Це дозволяє збільшити крок інтегрування там, де зміни розв'язку повільні, і зменшити його в областях, де розв'язок змінюється швидко або де виникають складні динамічні процеси.

Реалізація паралельних методів чисельного розв'язку передбачає розподіл обчислень між кількома процесорами або комп'ютерами, що дозволяє одночасно виконувати чисельні операції для різних частин задачі. Це забезпечує суттєве зниження загального часу обробки та дозволяє застосовувати чисельні методи для задач, які раніше були надто об'ємними або складними для вирішення за допомогою традиційних одиночних комп'ютерів.

В докладі розглядається ефективність використання повністю неявних методів Рунге-Кутти на основі різницевої схем Радона, Лобатто тощо. У якості методів оцінки локальної похибки застосовано правило подвійного перерахунку, ідея вкладеності та технологія екстраполяції Річардсона-Ромберга.

Особливості паралельних методів розв'язку СЗДР включають в себе:

- 1) комбінацію системного та внутрішнього паралелізму методу для ефективного використання доступних обчислювальних ресурсів;
- 2) неявні чисельні схеми, які забезпечують стійкість чисельних розв'язків навіть при великих значеннях кроку інтегрування, важливі для жорстких задач;
- 3) адаптивне керування кроком інтегрування, яке дозволяє автоматично налаштовувати крок в залежності від динаміки задачі для досягнення оптимального співвідношення точності та швидкості обчислень;
- 4) вибір ефективних алгоритмів для паралельних обчислень, що мінімізують комунікаційні витрати між процесами і забезпечують баланс навантаження між обчислювальними одиницями.

Програмна реалізація розроблених методів проводилась на високопродуктивній архітектурі HPE APOLLO 9000 під назвою HAWK суперкомп'ютерного центру HLRS (Штутгарт) з використанням інтерфейсу MPI.

Паралельне моделювання чисельного розв'язку з використанням неявних чисельних схем та адаптивного керування кроком інтегрування є важливим інструментом для розв'язання багатовимірних жорстких задач Коші. Це дозволяє значно підвищити ефективність обчислень, досягти більш точних результатів і використовувати високопродуктивні обчислювальні ресурси для вирішення складних наукових та інженерних задач.

## ПРО ДЕЯКІ ПРИКЛАДИ ВИКОРИСТАННЯ СТАТИСТИЧНИХ МЕТОДІВ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

**Федосова Ірина Василівна,**  
професор, д-р пед. наук, ДВНЗ «ПДТУ»  
[fedosova\\_i\\_v@pstu.edu](mailto:fedosova_i_v@pstu.edu)

**Борзіло Оксана Олександрівна,**  
асистентка, ДВНЗ «ПДТУ»  
[borzilo\\_o\\_o@pstu.edu](mailto:borzilo_o_o@pstu.edu)

*Статистичні методи прийняття рішень використовуються якщо є умови невизначеності. У роботі розглянуто особливості теорії ухвалення рішень за умов невизначеності, окреслені проблеми, котрі при цьому виникають, правила відбору стратегій, а також наслідки цього вибору. Представлений алгоритм постановки завдання ухвалення рішень допоможе при розв'язанні типових задач цієї тематики.*

*Statistical decision-making methods are used when there are conditions of uncertainty. The paper examines the features of the theory of decision-making under uncertainty, outlines the problems that arise in this case, the rules for selecting strategies, and the consequences of this choice. The presented algorithm for formulating a decision-making problem will help in solving typical problems in this field.*

Статистика пов'язана з питаннями прийняття рішень за умов невизначеності. Область її застосування охоплює багато точних наук, а також стосується аналізу ситуацій, що часто виникають у повсякденному житті, в яких не цілком очевидно, як слід чинити в тому чи іншому конкретному випадку.

Існує два роди невизначеності. Невизначеність першого роду зумовлена випадковістю. Інший тип невизначеності виникає, коли невідомо, який із законів випадкових подій діє у даному конкретному випадку.

Однією з найцікавіших проблем теорії ухвалення рішень є проблема знаходження всіх допустимих стратегій. Існують деякі особливості теорії ухвалення рішень. Одна з цих особливостей полягає в тому, що важко визначити досить добрий критерій для вибору кращої стратегії. Наприклад, у багатьох завданнях, які стосуються промисловості, приблизно відома ймовірність різних станів природи. В інших випадках мінімум максимуму середніх втрат виявляється настільки малим, що істотно поліпшити спосіб вибору стратегії в порівнянні з правилом мінімаксу середніх втрат неможливо.

Важливо, що вибираючи правило прийняття рішень (стратегію), необхідно врахувати наслідки цього вибору. Часто буває так, що дві досить розумні особи, маючи різні таблиці втрат, можуть зовсім по-різному реагувати на ті самі вихідні дані, незважаючи на те, що вони користуються загальними критеріями. Це ілюструє зв'язок між теорією та науковими методами. По суті, кожен вчений, який ставить експеримент і робить з нього якісь висновки, вже залучений до процесу прийняття рішення, де величинами, що відіграють роль вартості, є час, гроші, що йдуть на експеримент, а також величина шкоди, заподіяної суспільству, і втрата своєї репутації, якщо висновки вченого містять серйозні помилки.

Не так уже й рідко доводиться чути про абсурдність «науково обґрунтованих» висновків. Занадто мало реального життя може бути визначено досить суворо. Навіть якщо мільйон разів підкинути монету, ми все одно не знатимемо точної ймовірності падіння її гербом вгору, причому в оцінці цієї ймовірності цілком припустимі великі помилки, хоча вони й мало ймовірні.

Висновки. Для постановки завдання ухвалення рішення необхідні:

Набір можливих дій  $a_1, a_2, \dots$

Перелік можливих станів природи  $\theta_1, \theta_2, \dots$

Завдання про прийняття рішення може бути сформульовано лише тоді, коли є можливість вибору тієї чи іншої дії з кількох наявних. Цей вибір має залежати від стану природи. Труднощі вирішення питання у тому, якому з дій віддати перевагу, зазвичай випливають із того, що ми не знаємо, який із наявних можливих станів природи  $\theta_1, \theta_2, \dots$  відповідає дійсності.

3. Таблиця втрат, що дозволяє визначити ціну кожної з дій  $a_1, a_2, \dots$  при кожному з можливих станів природи  $\theta_1, \theta_2, \dots$  Таблиця втрат дозволяє також легко обрати найкраще з можливих дій, якщо відомий стан природи.

Часткову інформацію про стан природи може дати експеримент, що призводить до одного з можливих результатів спостережень  $z_1, z_2, \dots$  Ймовірності різних результатів спостережень залежить від того, яким є насправді стан природи. Таблиця частот настання різних результатів відбиває цю залежність. Експеримент, забезпечуючий отримання великого обсягу інформації, — це експеримент, у якому частоти наступу конкретних результатів істотно залежить від стану природи. Перелік стратегій  $s_1, s_2, \dots$ , кожна з яких є правилом, котре встановлює, яку дію зробити в тих інших умовах.

4. Таблиця середніх втрат, що дає оцінку різних стратегій. Користуючись цією таблицею, слід визначити, яку стратегію у сенсі деякого критерію вважатимуться досить хорошою. За наявності добре поставленого експерименту, що дає достатньо

інформації, обов'язково існуватимуть такі стратегії, для яких середні втрати мають тенденцію бути невеликими.

Проміжним кроком у обчислення даних для таблиці середніх втрат є складання таблиці ймовірностей дій для кожної зі стратегій. Ця таблиця відповідає питанням, як часто при деякому певному стані природи дана стратегія призводить до використання даного впливу.

## КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СЕРЦЕВОГО РИТМУ З УРАХУВАННЯМ ХАОТИЧНИХ ВПЛИВІВ ТА КАРДІОСТИМУЛЯЦІЇ У СЕРЕДОВИЩІ MATLAB

**Лупаренко Олена Валентинівна,**  
доцент, канд. техн. наук, ДВНЗ «ПДТУ»  
[luparenko\\_e\\_v@pstu.edu](mailto:luparenko_e_v@pstu.edu)

**Козлов Микита Андрійович,**  
студент групи КМ-21, ДВНЗ «ПДТУ»  
[kozlov\\_m\\_a@students.pstu.edu](mailto:kozlov_m_a@students.pstu.edu)

*У роботі здійснено математичне моделювання серцевого ритму з урахуванням хаотичних впливів, таких як стрес, фізичні навантаження та фібриляція. Використано модифіковану модель ФіцХ'ю-Нагумо для опису електрофізіологічної активності серцевого м'яза. Запропоновано адаптивний підхід до кардіостимуляції, що враховує зміну ритму і вплив зовнішніх факторів. Реалізація проведена у середовищі MATLAB, що дозволяє візуалізувати фазові портрети та ЕКГ-сигнал.*

*This work presents mathematical modeling of heart rhythm considering chaotic influences such as stress, physical load, and fibrillation. A modified FitzHugh-Nagumo model is used to describe the electrophysiological activity of the heart muscle. An adaptive approach to cardiac stimulation is proposed, accounting for rhythm changes and the influence of external factors. The implementation is carried out in the MATLAB environment, enabling the visualization of phase portraits and ECG signals.*

Серцевий ритм є складною нелінійною системою, яка може змінюватися під впливом різних факторів: фізичного навантаження, стресу, медикаментозного лікування та патологій, таких як аритмія або фібриляція передсердь. У нормальних умовах серце працює в регулярному режимі, однак за певних обставин може перейти до хаотичного стану, що загрожує життю.

Один із підходів до дослідження таких явищ – використання моделі ФіцХ'ю-Нагумо (FHN), яка є спрощеною версією моделі Ходжкіна-Хакслі. Ця модель описує динаміку збудливих клітин, зокрема серцевих. Вона широко використовується в біофізиці для аналізу електрофізіологічних процесів у нервовій та серцево-судинній системах.

Моделю ФіцХ'ю-Нагумо визначається системою двох звичайних диференціальних рівнянь:

$$\begin{aligned}\frac{dV}{dt} &= V - \frac{V^3}{3} - W + I_{stim} + \xi(t) \\ \frac{dW}{dt} &= \varepsilon(V + a - bW)\end{aligned}, \quad (1)$$

де  $V$  – мембранний потенціал,  $W$  – відновлювальний процес (аналог іонних каналів у клітині),  $\varepsilon$  – параметр повільного відгуку,  $a, b$  – параметри моделі, що визначають поведінку системи,  $I_{stim}$  – зовнішній стимул (наприклад, кардіостимуляція),  $\xi(t)$  – випадкові збурення, що моделюють хаотичну активність серця.

Для чисельного розв'язку рівнянь системи ФіцХ'ю-Нагумо методом Ейлера розроблено програму у середовищі MATLAB. Код дозволяє змінювати параметри моделі та аналізувати її поведінку.

```
% == Диференціальні рівняння ==
dV = V(k) - (V(k)^3)/3 - W(k) + stimulus + fibrillation_noise + load_boost;
dW = eps * (V(k) + a - b * W(k));
% == Метод Ейлера ==
V(k+1) = V(k) + dV * dt; % Оновлення мембранного потенціалу
W(k+1) = W(k) + dW * dt; % Оновлення відновлювальної змінної
```

Рисунок 1 – Фрагмент коду для чисельного розрахунку

Для більшої реалістичності у модель додано кілька важливих факторів.

- Фібриляція – це хаотична активність серця, що може спричинити аритмію. Вона моделюється випадковими збуреннями:

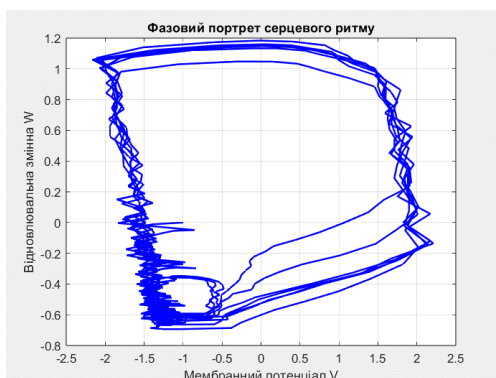
$$\xi(t) = \gamma \cdot (1 - med\_factor) \cdot randn(), \quad (2)$$

де  $\gamma$  – інтенсивність хаотичних імпульсів,  $med\_factor$  – вплив медикаментів (чим більше, тим слабше хаотичні коливання). При збільшенні  $\gamma$  серцевий ритм стає нерегулярним, що можна побачити на фазовому портреті (рис.2).

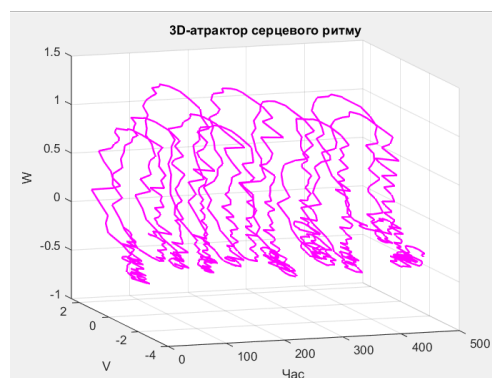
- Фізичне навантаження: при фізичній активності серце починає битися швидше. Це моделюється періодичним збільшенням ритму:

$$load\_boost = load\_factor \cdot (0.5 + rand()), \quad (3)$$

де  $load\_factor$  визначає інтенсивність впливу.



а)  $\gamma = 0,3$



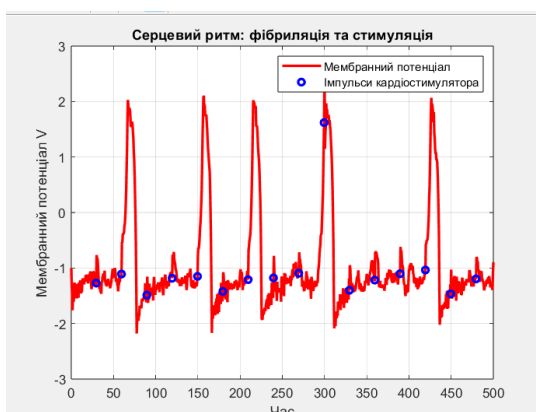
б)  $\gamma = 1,3$

Рисунок 2 – Фазовий портрет та 3D-атрактор серцевого ритму

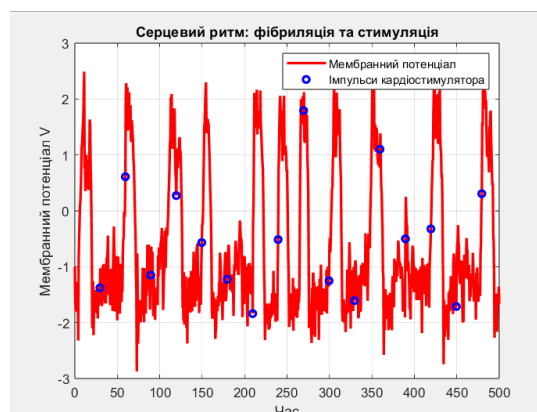
- Кардіостимуляція: кардіостимулятор подає імпульси з періодом  $stim\_period$ , що викликає регулярне скорочення серця (рис.3):

$$I_{stim} = \begin{cases} stim\_amp, & \text{якщо } k \bmod \frac{stim\_period}{dt} = 0 \\ 0, & \text{інакше} \end{cases} \quad (4)$$

де  $stim\_amp$  – амплітуда імпульсу (сила стимуляції).



а)  $\gamma = 0.3, load\_factor = 0.2$



б)  $\gamma = 1.3, load\_factor = 0.7$

Рисунок 3 – Серцевий ритм для різних параметрів моделі

Таким чином, модель ФіцХ'ю-Нагумо ефективно відображає динаміку серцевого ритму. Кардіостимуляція допомагає стабілізувати ритм при фібриляції. Фазові портрети дозволяють аналізувати патології серцевої діяльності. Отримані результати можуть бути використані для розробки медичних пристроїв.

## СЕКЦІЯ 4: СИСТЕМИ ТА МЕТОДИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

### МЕТОДИ НА ОСНОВІ ГЛИБОКОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ПРИСКОРЕНОГО ШИФРУВАННЯ ГРАФІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

**Лужецький Володимир Андрійович,**  
професор, докт. техн. наук, ВНТУ  
[lva.kzi2002@gmail.com](mailto:lva.kzi2002@gmail.com)

**Романюк Олександр Никифорович,**  
професор, докт. техн. наук, ВНТУ  
[rom8591@gmail.com](mailto:rom8591@gmail.com)

**Нечипорук Микола Леонідович,**  
аспірант, ВНТУ  
[mykola.nec@gmail.com](mailto:mykola.nec@gmail.com)

Методи на основі глибокого навчання для прискореного шифрування графічних зображень є інноваційним напрямом у сфері інформаційної безпеки, який активно розвивається в останні роки. Основна ідея полягає в тому, що замість класичних криптографічних підходів, де чітко задається алгоритм шифрування, процес захисту інформації виконується за допомогою нейронних мереж, здатних самостійно навчатися перетворенню зображень у захищений формат. Один з найпоширеніших підходів — використання автокодерів, де енкодер виконує функцію шифрування, а декодер — дешифрування. У такій архітектурі модель навчається на парах зображення — «зашифроване» зображення, з метою забезпечення максимальної втрати інформації для стороннього спостерігача при збереженні можливості повного відновлення оригіналу за допомогою відповідного декодера. Перевагою такого підходу є його висока швидкодія, зокрема при використанні GPU, а також адаптивність моделі до різних типів зображень.

Ще один напрям — використання генеративно-змагальних мереж GAN, де одна нейромережа (генератор) відповідає за створення шифрованого зображення, а інша (дискримінатор) — за спробу його дешифрувати без знання ключа. У процесі навчання моделі змагаються між собою, покращуючи як стійкість шифрування, так і якість відновлення. Це дозволяє досягти високого рівня безпеки без класичних

криптографічних операцій. Крім того, перспективним напрямом є використання трансформер-архітектур, які добре працюють із піксельними послідовностями та дозволяють реалізовувати складні залежності між частинами зображення

Серед переваг методів глибокого навчання для шифрування зображень варто відзначити можливість реалізації «end-to-end» шифрування, високу швидкість обробки при використанні апаратного прискорення (GPU/TPU), гнучкість та здатність до адаптації під конкретні типи даних. До недоліків можна віднести потребу в великому обсязі даних для навчання, складність забезпечення теоретичних гарантій криптостійкості та можливість атак на саму модель. Проте, з урахуванням стрімкого розвитку апаратного забезпечення та алгоритмів глибокого навчання, ці методи мають великий потенціал у сфері швидкого та безпечного шифрування графічної інформації, особливо у системах реального часу, мобільних додатках та захисті мультимедійного контенту.

Ще одним важливим аспектом використання методів глибокого навчання для шифрування зображень є можливість інтеграції адаптивних механізмів контролю складності та якості шифрування. Наприклад, нейромережа може динамічно змінювати глибину кодування або рівень спотворення залежно від контексту, типу зображення або потреб користувача. Це особливо актуально для систем із обмеженими ресурсами, таких як мобільні пристрої чи IoT. Окрім цього, дослідники експериментують з поєднанням методів глибокого навчання та класичних криптографічних протоколів. Наприклад, попереднє шифрування може виконуватись за допомогою AES або хаотичних карт, а подальше перетворення здійснюється нейромережею для додаткового рівня захисту або спотворення структури даних, що робить криптоаналіз набагато складнішим. Також з'являються рішення, які дозволяють здійснювати обмежене зчитування зашифрованих зображень без повної дешифрації, наприклад, для попереднього аналізу змісту або класифікації, що особливо важливо у хмарних середовищах або при збереженні конфіденційності медичних знімків. Останні дослідження також демонструють можливість використання квантово-стійких нейромережових шифрувальних схем, здатних протистояти атакам з використанням квантових комп'ютерів, шляхом ускладнення моделі шифрування і використання нетривіальних функцій активації та багаторівневих архітектур. Варто зауважити, що зростає інтерес до пояснюваного шифрування, де моделі надають інтерпретовану інформацію про те,

як саме здійснюється трансформація зображення, що дозволяє підвищити довіру до нейромережових систем безпеки. Незважаючи на те, що глибоке навчання ще не замінює традиційну криптографію в повному обсязі, ці методи вже зараз пропонують ефективні та прискорені рішення для шифрування графічних зображень, зокрема у випадках, коли потрібна одночасна швидкість, масштабованість і здатність до адаптації.

У сфері застосування глибокого навчання для шифрування зображень також набуває популярності концепція диференційованого шифрування, при якій різні ділянки зображення захищаються з різним рівнем складності залежно від їхнього вмісту або важливості. Це дозволяє зменшити обчислювальні витрати, не втрачаючи при цьому рівня безпеки для критичних фрагментів. Наприклад, обличчя або конфіденційна інформація в документі може бути зашифрована складніше, ніж фон чи інші малозначущі елементи. Для реалізації цього підходу застосовуються сегментуючі нейронні мережі, які попередньо аналізують зображення і визначають його важливі області, після чого ці ділянки шифруються за допомогою більш глибоких трансформацій. Крім того, активно досліджуються моделі, які можуть одночасно здійснювати шифрування та стеганографію, приховуючи зображення всередині інших зображень або шумових структур за допомогою генеративних мереж. Такі моделі здатні створювати стегоносії, які візуально не відрізняються від оригіналу, але містять у собі зашифровану інформацію, що може бути відновлена лише за допомогою певного декодувального ключа або моделі. Ці технології відкривають нові можливості для захисту авторських прав, цифрового водяного знакування та забезпечення конфіденційності в медіа. Не менш перспективними є методи, що базуються на крос-модальному навчанні, коли текстова інформація або аудіо сигнал виступає як ключ до дешифрації зображення, що значно ускладнює несанкціонований доступ.

У контексті практичного впровадження методів глибокого навчання для шифрування графічних зображень важливу роль відіграє оптимізація архітектури нейронних мереж та використання ефективних алгоритмів навчання. Зокрема, застосування глибоких згорткових мереж (CNN) дозволяє не лише шифрувати зображення, а й ефективно враховувати просторові залежності між пікселями, що підвищує якість трансформації та рівень захисту. Крім того, використання механізмів attention, характерних для трансформерів, надає моделі здатність

виявляти найбільш значущі частини зображення та приділяти їм більшу обчислювальну увагу, що дозволяє покращити безпеку при збереженні швидкодії. Особливу увагу приділяють також методам навчання з підкріпленням, де модель навчається вибирати оптимальні стратегії шифрування в залежності від поставлених цілей — максимального приховування, швидкості, стійкості до атак чи балансу між цими параметрами. Додатково, розробляються адаптивні шифрувальні моделі, здатні працювати в умовах змінного середовища, наприклад, змінної пропускної здатності мережі чи обмежень на потужність пристрою, і автоматично спрощувати або ускладнювати шифрування відповідно до ситуації. Такий підхід особливо корисний у мобільних додатках або при передаванні даних у нестабільних мережах. Зважаючи на зростання загроз у сфері кібербезпеки, зокрема розвиток нейромережових атак, таких як *adversarial attacks*, дослідники також працюють над підвищенням стійкості шифрувальних моделей до таких втручань. Це включає захист від модифікацій вхідних зображень, підробки вихідних даних або спроб обернення нейронного перетворення. Створюються також гібридні системи, які комбінують традиційні криптографічні алгоритми з глибоким навчанням на рівні окремих етапів — наприклад, коли ключ генерується нейронною мережею, а саме шифрування здійснюється за допомогою класичних методів. Такий підхід дозволяє поєднати математичну надійність із гнучкістю та адаптивністю нейромереж. У перспективі, очікується активне впровадження подібних методів у системи відеоспостереження, охорони здоров'я, цифрової ідентифікації, автономних транспортних засобів і розумних міст, де зображення генеруються у великих об'ємах і потребують негайного та безпечного захисту. Таким чином, глибоке навчання поступово формує нову парадигму у сфері шифрування зображень, поєднуючи швидкодію, інтелектуальну адаптацію та високий рівень інформаційної безпеки.

## ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ЩОДО ОЦІНКИ РИЗИКІВ, ПОВ'ЯЗАНИХ ІЗ ЕКСТРЕМАЛЬНИМИ ВИДАМИ СПОРТУ

**Волошин В'ячеслав Степанович,**  
професор, докт. тех. наук, ДВНЗ «ПДТУ»  
[vsvlshn52@gmail.com](mailto:vsvlshn52@gmail.com)

**Азархов Олександр Юрійович,**  
професор, докт. мед. наук, ДВНЗ «ПДТУ»  
[azarhov\\_a\\_y@pstu.edu](mailto:azarhov_a_y@pstu.edu)

**Алхімова Анастасія Дмитрівна,**  
студентка групи БМІ-21, ДВНЗ «ПДТУ»  
[alkhimova\\_a\\_d@students.pstu.edu](mailto:alkhimova_a_d@students.pstu.edu)

**Лисенко Вікторія Вікторівна,**  
студентка групи БМІ-21, ДВНЗ «ПДТУ»  
[vktoriaa7777@gmail.com](mailto:vktoriaa7777@gmail.com)

**Овдієнко Богдан Сергійович,**  
студент групи БМІ-24, ДВНЗ «ПДТУ»  
[ovdiienko\\_b\\_s@pstu.edu](mailto:ovdiienko_b_s@pstu.edu)

**Полупанова Тетяна Максимівна,**  
студентка групи БМІ-24, ДВНЗ «ПДТУ»  
[polupanova\\_t\\_m@students.pstu.edu](mailto:polupanova_t_m@students.pstu.edu)

*Відносно нові види спорту, такі як роуп-джампінг, автоперегони, сучасні види гірськолижного спорту є дуже привабливими для сучасної молоді і не тільки. Світові результати травм і смертей спортсменів досить вражаючі. Як правило, це кісткові травми, розриви внутрішніх органів і т. д. Результати дослідження показали, що основний подієвий ризик в роуп-джампі походить від суб'єктивних дій двох людей – джампера і інструктора – і найбільш активно проявляється в граничній фазі польоту, а саме при переході від вільного падіння до реодинамічного руху тіла стрибун.*

*Relatively new sports, such as rope jumping, car racing, and modern types of skiing, are very attractive to today's youth and beyond. The global statistics of injuries and deaths among athletes are quite striking. These are usually bone fractures, internal organ ruptures, etc. The research results showed that the primary event risk in rope jumping comes from the subjective actions of two individuals—the jumper and the instructor—and it most actively manifests during the critical phase of flight, specifically when transitioning from free fall to the re-dynamic movement of the jumper's body.*

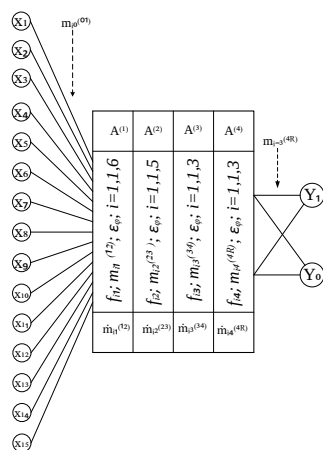
Відносно нові види спорту, такі як роуп-джампінг, автоперегони, сучасні види гірськолижного спорту є дуже привабливими для сучасної молоді і не тільки. Світові результати травм і смертей спортсменів досить вражаючі. Як правило, це кісткові травми, розриви внутрішніх органів і т. д. Як правило, такі види спорту мають високе технічне забезпечення. Але при цьому тут, як ніде в інших випадках, роль біологічних і психологічних факторів в однієї ризикоутворюючій події вкрай висока. Психологічною основою таких видів спорту, звичайно ж, є потреба в викиді адреналіну, переконання підтвердити своє «єго», або це просто струс для психологічного застою організму. Це може дати людині почуття рішучості, здатність долати страх, невпевненість. У певному сенсі такі вимоги мають право на існування, але їх не можна порівнювати з ризиком травмування, часто несумісним з життям.

Основні види небезпек і серії ризикоутворюючих заходів для цих видів спорту представлені в таблиці 1. Водночас такі означення вхідних сигналів у вигляді маркувань  $X_i$ , є підставою для формування моделі нейронної мережі для оцінки ризиків за методикою, що описана в попередніх публікаціях авторів (рис. 1).

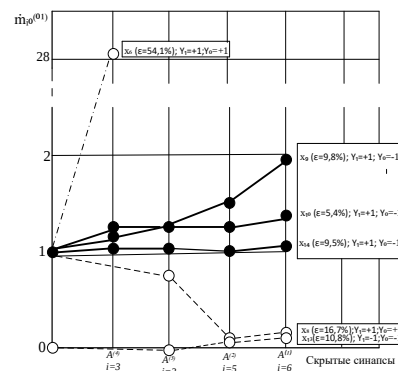
Таблиця 1. Основні види небезпек у низки екстремальних видах сучасного спорту

| Роуп-джампінг                                      | Автоперегони                                                             | Гірськолижний спорт                                                  |
|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| Падіння з висоти                                   | Зіткнення з бар'єрами або іншими автомобілями на трасі                   | Зіткнення з перешкодами (дерева, каміння, паркани)                   |
| Топографічні перешкоди для стрибків                | Вихід з ладу гальмівної системи автомобіля                               | Вихід з ладу кріплень або лиж (поломка, відстібання)                 |
| Знос матеріалу еластичного каната                  | Помилки пілота (неправильний розрахунок повороту, перевищення швидкості) | Помилки спортсмена (неправильна техніка спуску, втрата рівноваги)    |
| Початковий неправильний розрахунок довжини мотузки | Помилки команди (неправильне налаштування машини, затримка на піт-стоп)  | Тренерські помилки (неправильна оцінка траси, недостатня підготовка) |
| Метеорологічні умови                               | Погані погодні умови (дощ, туман, слизька траса)                         | Погані погодні умови (снігопад, сильний вітер, ожеледиця)            |

|                                |                                                                 |                                                    |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Ліміт висоти падіння           | Вибух або займання палива при аварії                            | Лавини або танення снігу на трасі                  |
| Помилки джампера перед стартом | Висока швидкість і втрата контролю (занос, виліт за межі траси) | Висока швидкість і падіння на крутих схилах        |
| Помилки інструктора на старті  | Пошкодження шини (прокол, знос)                                 | Нерівності траси (нерівності, ділянки льоду)       |
| Помилки джампера на старті     | Втома гонщика через тривалі перегони                            | Фізична втома або травми (вивихи, переломи)        |
|                                | Сміття на трасі від інших машин                                 | Погана видимість через туман або сонячні відблиски |



а)



б)

Рисунок 1 – Модель чотирисинапсної нейронної мережі  $NM$  для прогнозування та запобігання потенційним ризикам, пов'язаним з екстремальними видами спорту (а) та залежності в ній вагових коефіцієнтів вхідних сигналів від конфігурації прихованих синапсів у моделі  $NM$  на прикладі роуп-джампінгу (б).

Покажемо, як працює нейронна мережа, що має цілцю оцінку ризику будь якої спортивної події.

Класична послідовність ризикууючих подій, очікування яких може призвести тільки до двох з них. Або це реальний ризик, як подія «А», вона стане рівною одиниці. Або це подія «О» і її ризик дорівнюватиме нулю. Таким чином, система переходить зі стану невизначеності події в стан чітко визначеної ризикууючої події. Вона характеризується своїм енергетичним вмістом, що є джерелом пошкодження для спортсмена.

Дуже зручно представляти систему показаних ризикоутворюючих подій у вигляді набору заздалегідь заданих вхідних сигналів  $X_i$  для нейромережевої моделі  $NM$  односпрямованої дії (див. рис. 1, а), на виході якої є відомі сигнали про реалізацію ( $Y_1$ ) потенційного ризику, або його відсутність ( $Y_0$ ) у передбаченій мережі подій, що передували їм. Кількість прихованих шарів синапсів і число нейронів для обраної моделі визначається виключно силою вагових коефіцієнтів вхідних сигналів  $x_i$ , що позначаються як  $m_{i0}^{(01)}$ ,  $i = 1,1,15$ , в порівнянні з їх прихованими значеннями в кожному наступному шарі синапсів.

При цьому корекція вагових коефіцієнтів вхідних сигналів здійснюється методом градієнтного спуску.

Апріорі приймемо в якості першого прихованого синапсного шару (позначимо його як  $A^{(1)}$ , що складається з  $i = 6$  нейронів) з функціями активації послідовно  $f_{i1}$ , ( $i = 1,1,6$ ). Його синапси відповідають за технічні умови роботи системи, що забезпечує технічний вид спорту. Вагові коефіцієнти цього шару позначаються як  $m_{i1}^{(12)}$ . Другий синапсний шар  $A^{(2)}$  з кількістю нейронів  $i = 5$  та з активаційними функціями  $f_{i2}$ , ( $i = 1,1,5$ ) буде відповідати за управління сигналами, пов'язаними з чисто організаційною стороною спортивної процедури, а саме, вони пов'язані з попередньою підготовкою технічних систем, попередніми інструктажами спортсмена і т. д. Вагові коефіцієнти цього прихованого шару позначаються як  $m_{i2}^{(23)}$ . Третій спрощений синапсний шар  $A^{(3)}$  складається з трьох нейронів, для кожного з яких є функції активації  $f_{i3}$ , ( $i = 1,1,3$ ). Він відповідає за чисто суб'єктивні сигнали і події, з якими стикається спортивна система, у вигляді причинно-наслідкового зв'язку між спортсменом, тренером і забезпечувальною технічною системою, якщо такі з'являються в моделі. До них можна віднести, наприклад, приховані медичні причини для спортсмена, які виявляються під час змагання. Вагові коефіцієнти тут позначаються як  $m_{i3}^{(34)}$ . У прихованому синапсному шарі передбачено ще один, четвертий синапс  $A^{(4)}$ , з функціями активації  $f_{i4}$ , ( $i = 1,1,3$ ) трьох нейронів, який повинен реагувати своїми бінарними відгуками на можливі випадкові сигнали (якщо такі, згідно з умовами задачі, з'являються в моделі) або спонтанно виникають причинно-наслідкові зв'язки, що призводять до появи нових вихідних сигналів, які раніше не враховувалися при

програмуванні моделі. Наприклад, непереборний страх у джампера, різка зміна погоди на автотрасі, вітер, шквали, поява на траєкторії гірського спуску незапланованих об'єктів. У цьому шарі можна продублювати управління сигналами синапсів, що пов'язані з різкими змінами здоров'я спортсмена під час змагань. Вагові коефіцієнти цього шару позначаються як  $m_{iR}^{(4R)}$ , розуміючи наступний відкритий шар  $R$  як вихід системи у вигляді сигналів  $(Y_1, Y_0)$ . В цілому, вагові коефіцієнти для кожного вихідного сигналу, в межах кожного з синапсних шарів і для кожного з видів спорту обираються індивідуально, в залежності від зовнішніх умов.

Подібна нейронна мережа надає у розпорядження користувачеві траєкторію поступових потенційних подій у часовому інтервалі з вказівкою послідовності їх переважностей та енергетичних станів з наближенням до дійсного часу, пропонує одну з них  $(Y_1)$ , як найбільш переважну та забезпечену необхідною енергією, в якості ризикоутворюючої події з фактичним виконанням. Траєкторія потенційних ризикоутворюючих подій з часом конкретизується шляхом відсіювання тих з них, які протирічать змінним причинно-наслідковим зв'язкам і не мають або розгублюють енергію що необхідна для їх реалізації.

Результати дослідження показали, що основний подієвий ризик в роуп-джампі походить від суб'єктивних дій двох людей – джампера і інструктора – і найбільш активно проявляється в граничній фазі польоту, а саме при переході від вільного падіння до реодинамічного руху тіла стрибуну. Найчастіше такі причини виявляються вже після проходження «точки неповернення», що є суттєвою причиною реалізації ризиків. Модель  $NM$  у вигляді послідовності подій  $X_{i1}(\tau_1) \cdot m_{i1} \rightarrow X_{i2}(\tau_2) \cdot m_{i2} \rightarrow \dots \rightarrow X_{i(j-1)}(\tau_{j-1}) \cdot m_{i(j-1)} \rightarrow \{Y_1, Y_0\}(\tau_0) \cdot m_{i0}$  дозволяє самостійно, в процесі навчання і тестування, відсікати ті потенційні ризикоутворюючі події  $Y_0(\tau_0)$ , які в конкретній ситуації не здатні привести до реалізації закладеного до них ризику і зосередитися на подіях, які гарантовано призведуть до реалізації реального ризику.

Аналогічним чином, основний подієвий ризик у автоперегонах стає найбільш пов'язаним із суб'єктивними діями людей, що обслуговують вид спорту, зокрема – готують техніку та пілота, а також помилки пілотів та команди дають майже 50% ризикоутворюючих подій. Гірськолижний спорт надає свою низку найбільш

реальних подієвих ризиків, це насамперед, неправильна техніка спуску, втрата рівноваги, зіткнення з перешкодами та незрівняна фізична втома, тренерські помилки, які в підсумку надають більш 50% ризикоутворюючих подій.

Таким чином, незважаючи на технічну насиченість цих видів спорту і залежність від оснащення, основні подієві ризики в них пов'язані саме з людськими факторами, що робить ці види спорту суттєво небезпечними, та ризикоутворюючими як для професіоналів, так і для аматорів.

## ПАНШАРПЕНІНГ SENTINEL-2 ЗОБРАЖЕНЬ ЗА ДОПОМОГОЮ ЗГОРТКОВИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ КАРТОГРАФУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ЗЕМЕЛЬ

**Каштан Віта Юріївна,**

доцент, канд. техн. наук, НТУ «ДП»

[kashtan.v.yu@nmu.one](mailto:kashtan.v.yu@nmu.one)

**Гнатушенко Володимир Володимирович,**

проф., д-р. техн. наук, НТУ «ДП»

[hnatushenko.v.v@nmu.one](mailto:hnatushenko.v.v@nmu.one)

*Робота присвячена розробці методу підвищення інформативності супутникових зображень Sentinel-2 за допомогою паралельної залишкової архітектури на основі згорткових нейронних мереж. Оцінено ефективність інтеграції 10-метрових каналів для підвищення просторової здатності зображень. Результати показали високий рівень точності та мінімальні артефакти, що підтверджує ефективність запропонованого підходу для картографування сільськогосподарських угідь.*

*The paper is devoted to developing a method for increasing the information content of Sentinel-2 satellite images using a parallel residual architecture based on convolutional neural networks. The effectiveness of integrating 10-meter channels to improve the spatial resolution of the images was evaluated. The results showed high accuracy and minimal artifacts, confirming the proposed approach's effectiveness for mapping agricultural land.*

З огляду на зростання чисельності населення та зміни в раціоні харчування, забезпечення глобальної продовольчої безпеки набуває особливої важливості, що потребує збільшення та вдосконалення сільськогосподарського виробництва. Сучасні технології, такі як супутникове спостереження Землі та хмарні обчислення, надають нові можливості для моніторингу сільського господарства. Завдяки цим інструментам можна отримати детальну інформацію про стан сільськогосподарських культур на національному рівні в рамках агросистем. Враховуючи, що більшість даних дистанційного зондування Землі є цифровими, відбувається поступовий перехід до цифрових методів обробки цих даних. Це спричиняє потребу в оптимальних методах та алгоритмах для ефективної обробки супутникових знімків. На етапі попередньої обробки часто виникають труднощі через відсутність універсальних підходів для поліпшення початкових зображень.

Важливою задачею є розробка автоматизованих технологій обробки супутникових зображень для покращення інформативності та тематичної обробки даних. Сучасні підходи, що використовують машинне навчання та штучний інтелект, сприяють автоматизації процесів корегістрації зображень та паншарпенінгу, що дозволяє поєднувати високу просторову та спектральну роздільні здатності.

Основною метою дослідження є створення методу підвищення інформативності супутникових зображень Sentinel-2 за допомогою паралельної залишкової архітектури на основі згорткових нейронних мереж. Це досягається шляхом інтеграції чотирьох 10-метрових каналів Sentinel-2 для підвищення просторової здатності, що дозволяє підвищити точність та деталізацію зображень. Такий підхід є критичним для більш ефективного використання даних Sentinel-2 для картографування сільськогосподарських земель. Для перевірки ефективності запропонованої технології було здійснено завантаження оригінальних даних з низькою роздільною здатністю (20 м, 10 м) та їх обробка за допомогою навчених нейронних мереж. Результати показали, що зображення, отримані за допомогою запропонованого методу, відтворюють спектральні та просторові характеристики з високою точністю та мінімальним рівнем артефактів. Результати, отримані за основними метриками якості ( $RMSE = 3.64$ ,  $CC = 0.997$ ,  $ERGAS = 5.91$ ,  $SAM = 0.52$ ,  $UIQI = 0.999$ ,  $SRE = 0$ ) підтверджують високу ефективність запропонованого підходу.

## НЕЙРОННА МОДЕЛЬ МЕРЕЖІ ВОДОПОСТАЧАННЯ

**Миросенко Дмитро Олексійович,**

аспірант, НТУ «ДП»

[myrosenko.D.O@nmu.one](mailto:myrosenko.D.O@nmu.one)

**Гнатушенко Володимир Володимирович,**

проф., д-р. техн. наук, НТУ «ДП»

[hnatushenko.v.v@nmu.one](mailto:hnatushenko.v.v@nmu.one)

*Робота присвячена питанню створення та використання нейронної моделі водопровідної мережі для розробки комп'ютерних програм автоматизованого управління мережею водопостачання великої розмірності та складної топологічної структури.*

*The work is devoted to the issue of creating and using a neural model of a water supply network to develop computer programs for automated control of a large-scale water supply network with a complex topological structure.*

Досягнення ефективної системи управління водопостачанням має велике соціальне значення. З іншого боку, споживання та розподіл води має значний вплив на довкілля. Зменшення витрат може також призвести до зниження тарифів для споживачів. В решті-решт моніторинг та ефективне управління мережами водопостачання є критично важливими для запобігання аваріям та забезпечення безпеки населення. Для вирішення зазначених питань в даній роботі запропоновано модель мережі водопостачання на основі апарату штучних нейронних мереж.

Для визначення складу нейронної моделі взятий за основу топологічний граф як модель відображення на площині просторової розгалужено-кільцевої сегментної топологічної структури мережі водопостачання. Топологічний граф є орієнтованим в напрямку току води графом з поміченими ребрами та вершинами, визначає об'єкти мережі, їх взаємозв'язки, спосіб відображення топологічної структури мережі і традиційно використовується для гідравлічних розрахунків. Вершинам графа відповідають початкова вершина – насосна, проміжні вузли – колодязі/камери (надалі – колодязі), кінцеві вузли – абоненти, ребра графа – ділянки водогонів.

Мітками вершин є назва насосної, номери вузлів, для абонентів – назва, технічні параметри, мітками ребер є технічні параметри ділянки – довжина, тиск, витрата, тощо. Орієнтація графу визначається міткою ділянки «стрілка», напрям якої відповідає напрямку току води. Побудована нейронна модель складається із геопросторової інформаційної моделі бази даних, математичної моделі топологічної структури водопровідної мережі та обчислювальної моделі гідравлічних розрахунків.

Геоінформаційна модель бази даних забезпечує комплексною актуальною просторовою та технічною інформацією про об'єкти мережі. Тензори метаданих параметрів об'єктів: насосних T.NS, ділянок T.U, колодязів T.Kol, засувок T.Z, абонентів T.Ab, магістральних водогонів T.Mag, матриці інциденцій кільцевих підграфів T2.Kolco та тензор TN.Topograf метаданих нейронної моделі – визначають склад Концептуальної схеми реляційної структури Баз Даних – таблиці значень параметрів об'єктів і нейронної моделі та взаємозв'язки цих таблиць у відповідності до топологічної структури мережі. Джерелом інформації про топологічну структуру є електронні топографічні карти масштабів М1:500, М1:2000, у складі яких умовними знаками топографічних планів нанесені об'єкти водопровідної мережі та топологія їх розташування. Геодезичні координати розташування об'єктів визначаються із електронних карт, значення технічних параметрів об'єктів визначаються по результатам інвентаризації.

Математична модель топологічної структури складається із математичних моделей сегментів-нейронів: нейрон Ne1 – перший сегмент Насосна–Ділянка\_1–Вузол-Сток; нейрони NeI – проміжні сегменти Вузол-Виток–Ділянка\_i–Вузол-Сток; нейрони NeK – кінцеві сегменти «Вузол-Виток-Ділянка-Абонент»; нейрони NeKlc кільцевих підграфів мережі. Вихідні дані Вузла-Стоку кожного нейрона є одночасно вхідними даними Вузла-Витоку суміжного в напрямку току нейрона. Вся нейронна мережа із результатами гідравлічних розрахунків розташовується в цифровій моделі топологічної структури – матриці тензора TN.Topograf, в якому кожен рядок матриці відповідає одному нейрону. В першому рядку матриці – нейрон Ne1, в інших – послідовно розташовуються суміжні в напрямку току води нейрони NeI та NeK. Нейрон NeKlc записується в таблицю кільцевих підграфів

Бази Даних. В рядках нейронів вказані номери записів таблиць Бази Даних із значеннями геодезичних та технічних параметрів об'єктів мережі.

Топологічний граф визначає зв'язки нейронів – Вузли-Стоки сегментів нейронів NeI або NeI є одночасно Вузлами-Витоками суміжних в напрямку току води сегментів. Зв'язок сегментів забезпечується тим, що у векторі параметрів кожного сегменту нейронів NeI або NeI параметр Вузла-Стоку «Номер вузла NWS» дорівнює параметру Вузла-Витоку «Номер вузла NWK» суміжного в напрямку току сегменту. Сегменти кільцевого підграфу додатково зв'язані тим, що сегмент одного кільця є одночасно сегментом суміжного кільця.

Тензор TN.Torograf визначає Обчислювальну модель гідравлічного розрахунку: розрахунок провадиться в послідовності суміжних в напрямку току води нейронів NeI, NeI, NeK, NeKlc; персептрон нейронів NeI, NeI, NeK – функція NF1, яка по формулі Дарсі-Вейсбаха обчислює втрату тиску ділянки DN, тиск H, витрату Q, п'єзометр P; персептрон нейрону NeKlc - функція NFKlc «Гідравлічна ув'язка кільцевого підграфу водопровідної мережі».

Геопросторова нейронна модель аварійної ситуації водопровідної мережі забезпечує комп'ютерну підтримку швидкого, в режимі реального часу, усунення аварії та відновлення роботи мережі після її усунення. При усуненні аварії виконується наступне: пошук на електронній карті аварійної ділянки по вказаній адресі; визначення на карті місцевості найближчих вузлів - колодязів, в яких розташовані засувки для виключення аварійної ділянки; гідравлічний розрахунок часу закриття засувок для уникнення гідравлічного удару. «Навчання» нейронної моделі провадиться шляхом побудови цифрової моделі топологічної структури – тензору TN.Torograf та формуванням таблиць Бази Даних значень параметрів об'єктів мережі. Після навчання Обчислювальна модель управляє розрахунками гідравлічного стану для комплексу задач управління водопровідною мережею, результати розрахунків пересилаються на електронну карту. Таким чином нейронна модель забезпечує вирішення наступних задач: розрахунок гідравлічного стану, визначення економічних діаметрів труб, оптимальне управління та енергозбереження, усунення аварій, контроль якості води, тощо.

## НАВЧАННЯ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ РУКОПИСНИХ УКРАЇНСЬКИХ БУКВ І ЦИФР З ВИКОРИСТАННЯМ СИНТЕТИЧНИХ НАБОРІВ ДАНИХ

**Чичкар'ов Євген Анатолійович,**  
професор, д-р. техн. наук, ДУІТ, м. Київ  
[influence@meta.ua](mailto:influence@meta.ua)

**Балаласва Олена Юріївна,**  
доцент, канд. техн. наук, ДВНЗ «ПДТУ»  
[balalaevaeu@gmail.com](mailto:balalaevaeu@gmail.com)

**Сергієнко Анастасія Валентинівна,**  
доцент, канд. техн. наук, ДВНЗ ПДТУ  
[sergienko\\_a\\_v@pstu.edu](mailto:sergienko_a_v@pstu.edu)

*Побудовано кілька моделей для розпізнавання рукописних українських букв та цифр. Показано, що значний вплив на точність розпізнавання надає глибина моделі та обсяг тренувальної вибірки. Урахування глибини моделі та обсягу тренувальної вибірки підвищує точність розпізнавання.*

*Several models for recognizing handwritten Ukrainian letters and numbers have been constructed. It has been shown that the model depth and training sample volume have a significant impact on recognition accuracy. Increasing the model depth and training sample volume increases recognition accuracy.*

В останні роки велика увага приділяється технологіям розпізнавання рукописного тексту, оскільки вони надають можливості автоматичної обробки рукописного тексту в різних наукових і бізнес-додатках.

Ця робота присвячена дослідженню можливостей розпізнавання українських рукописних літер і цифр за допомогою згорткових нейронних мереж та аналізу впливу обраної архітектури нейронної мережі на точність і надійність розпізнавання. Крім того, досліджено технологію та особливості генерації повністю або частково синтетичного набору даних з урахуванням аугментації при формуванні навчального набору даних, вплив його обсягу на результати розпізнавання.

Для навчання моделі для розпізнавання було створено два набори даних. Перший - шляхом друку зображень літер і цифр з використанням відповідного шрифту. Кількість згенерованих зображень варіювалася від 2 до 48 для кожного символу, використовувався набір шрифтів з українськими гліфами (48 шрифтів). Наприклад, для 32 зображень на символ одного шрифту загальний обсяг набору даних склав 116 736 зразків. Друга версія набору даних була побудована з використанням зображень із набору даних CoMNIST, який містить зображення літер російського алфавіту RGBA розміром 278x278 пікселів. Але цей набір даних обмежений, оскільки він практично не містить малих літер, а також не містить специфічних українських літер. Крім того, кількість зображень різних літер дещо відрізняється. При побудові повного набору даних до колекції рукописних зображень було додано згенеровані набори пропущених великих і малих літер, а також згенеровані налітербори других малих літер українського алфавіту та цифр. Усі зображення були перетворені у формат RGB 32x32 пікселів.

Для виділення областей зображень, що містили літери або цифри (які потім розпізнавалися), було використано інструменти з бібліотеки OpenCV. Алгоритм попередньої обробки зображення та виділення області, що містить літери або цифри, включав наступні етапи: 1) фільтрація зображення для зниження рівня шуму; 2) бінаризація зображення для відсікання шумів; 3) виділення контурів за допомогою функції `cv2.findContours` та їх сортування, області зі складними літерами виділялись за допомогою морфологічної трансформації (використано кілька ітерацій); 4) виділення областей розпізнавання у вигляді набору прямокутників, що містять контури букв і цифр. Безпосередньо для розпізнавання вибрані області інтересу вирізалися з вихідного зображення, до них знову застосовувалася бінаризація, після чого отримані зображення окремих символів (без розширення або інших спотворень) масштабувалися до розміру 32x32x3.

Дослідження технології розпізнавання проводилися з архітектурами ResNet або ResNetV2, MobileNet або MobileNetV2, DenseNet.

Однак при розпізнаванні символів на реальних написах різко виявилася різниця між досліджуваними варіантами архітектури щодо можливості розпізнавання

символів. Для оцінки точності розпізнавання попередньо було створено декілька написів, що містять великі та малі літери та цифри (прямо написані від руки). Розмір навчального набору даних істотно впливає на надійність розпізнавання символів. Генерація 1536 зображень на літеру або цифру (32 зображення на кожен символ для 48 типів шрифтів) фактично є межею прийнятної точності розпізнавання. Зменшення обсягу навчальної вибірки призводило до значного зниження точності розпізнавання (від 100% точності до 40-60% при зменшенні вибірки в 4 рази). Але збільшення розміру вибірки призводить до помітного збільшення часу, витраченого на навчання моделі. Збільшення роздільної здатності зображень навчальних зразків мало вплинуло на результати через насиченість. Вибір методу побудови набору даних (з або без CoMNIST) фактично не вплинув на цей висновок. Збільшення розміру навчального набору даних для всіх розглянутих архітектур призвело до незначного підвищення точності розпізнавання (наприклад, з 96% до 99% при чотирьохкратному збільшенні розміру навчального набору). Точність розпізнавання реальних написів на рівні 80-90% була досягнута при розмірі навчальної вибірки щонайменше 700, а краще більше 1500 зображень на клас (або не менше 4 зображень на символ для набору даних на основі CoMNIST).

При використанні частково згенерованого набору даних збільшення розміру навчальної вибірки призводить до незначного підвищення точності розпізнавання (подібно до повністю згенерованого набору даних). Наприклад, для DenseNet121 збільшення кількості зображень з 2 до 4, а потім 8/символ забезпечило підвищення точності розпізнавання реальних зображень з 79% до 83%, а потім до 88%. Перехід від архітектури DenseNet121 до архітектур DenseNet169 і DenseNet201 також призводить до підвищення точності розпізнавання, але для невеликих вибірок ефект більш виражений, ніж для повномасштабних. Подібні висновки можна зробити для архітектур сімейства ResNetV2.

Загалом, порівнюючи досягнуту точність розпізнавання реальних зображень і швидкість навчання моделі, найкращу продуктивність забезпечили моделі сімейства DenseNet або ResNetV2.

## АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ РІЗНОЇ АРХІТЕКТУРИ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ РУКОПИСНОГО ТЕКСТУ НА МОВІ ІВРИТ

**Сергієнко Анастасія Валентинівна,**  
доцент, канд техн. наук, ДВНЗ ПДТУ  
[sergienko\\_a\\_v@pstu.edu](mailto:sergienko_a_v@pstu.edu)

*У роботі досліджено ефективність використання різних архітектур нейронних мереж для розпізнавання рукописного тексту на івриті. Враховано специфічні особливості мови, такі як відсутність розділення між літерами та наявність нікуд. Проведено експерименти з використанням CNN, RNN, LSTM та Transformer-базованих моделей. Оцінено точність за метриками CER і WER. Дослідження проводилося на базі набору даних HHD, що містить близько 1000 зображень рукописних документів. Результати свідчать, що Transformer-моделі, зокрема TrOCR, демонструють найкращі результати завдяки здатності ефективно аналізувати контекст та структуру тексту. Подальші дослідження спрямовані на адаптацію моделей до різних стилів рукописного тексту.*

*The paper examines the effectiveness of different neural network architectures for recognizing handwritten Hebrew text. Language-specific features such as the absence of letter separation and the presence of diacritics are considered. Experiments were conducted using CNN, RNN, LSTM, and Transformer-based models. The study was performed on the HHD dataset, which contains approximately 1000 images of handwritten documents. Accuracy was evaluated using CER and WER metrics. Results indicate that Transformer models, particularly TrOCR, outperform classical CNN+RNN approaches due to their superior ability to analyze context and text structure. Further research aims to adapt models to different handwriting styles.*

Розпізнавання рукописного тексту є актуальною задачею комп'ютерного зору та обробки природної мови. В івриті літери записуються справа наліво. Алфавіт складається з 22 приголосних літер, причому п'ять із них мають додаткову форму, яка використовується в кінці слова. У рукописному письмі застосовуються рукописні варіанти літер, які значно відрізняються від друкованих, що

використовуються в текстах, надрукованих стандартним шрифтом. Рукописні літери івриту мають більш округлі обриси, а також відсутність великої та малої регістрів. В алфавіті немає окремих літер для голосних звуків, проте іноді над або під літерами розміщують спеціальні діакритичні знаки (нікудот), що позначають голосні. Однак у більшості текстів вони не використовуються, і правильне читання визначається контекстом. Ще однією особливістю івриту є висока схожість між окремими літерами та висока варіативність почерку, що ускладнює їх автоматичне розпізнавання. Через це обробка зображень рукописних і друківаних текстів івритом є складним завданням для систем оптичного розпізнавання символів (OCR). У цій роботі аналізуються різні підходи на основі глибоких нейронних мереж.

Дослідження проводилося на основі набору даних HND (Handwritten Hebrew Dataset) що є спеціалізованим ресурсом, призначеним для досліджень у галузі розпізнавання рукописного тексту на івриті і містить близько 1000 зображень рукописних документів, зібраних з різних джерел та написаних різними авторами.

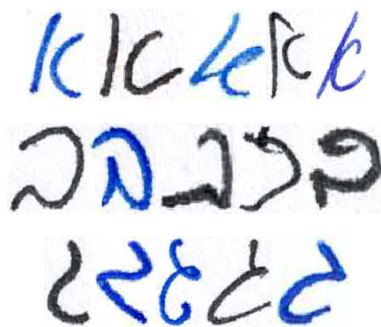


Рисунок 1 – Приклади літер з тестового набору даних (כ, נ, ז)

Досліджено кілька архітектур нейронних мереж:

- CNN+LSTM (CRNN) – класичний підхід для OCR, що поєднує згорткові мережі для витягування ознак і рекурентні мережі для послідовної обробки;
- CNN+CTC-loss – архітектура, що використовує згорткові мережі разом із функцією Connectionist Temporal Classification (CTC), яка дозволяє працювати без жорсткої прив'язки до розмітки символів;
- TrOCR (Transformer-based OCR) – підхід, заснований на трансформерах, що враховує контекст та структуру тексту.

Для кожної моделі проводилася обробка в декілька етапів:

- 1) препроцесинг даних: бінаризація, нормалізація, аугментація даних (обертання, змазування, зміна контрасту);
- 2) навчання моделей за допомогою Adam і SGD оптимізаторів з адаптивним підбором гіперпараметрів;
- 3) розрахунок CER і WER та аналіз помилок;
- 4) оцінка продуктивності кожної архітектури.

За допомогою мови програмування Python 3.9 був створений тестовий додаток для дослідження обраних моделей. Імпортувались бібліотеки TensorFlow, PyTorch, OpenCV, NumPy, Pandas та Transformers, середовище Google Colab та локальний сервер з графічним прискорювачем (GPU NVIDIA RTX 3090) для навчання та тестування моделей. Метриками для оцінювання продуктивності були ER (Character Error Rate) – частота помилок на рівні символів та WER (Word Error Rate) – частота помилок на рівні слів.

Результати показали, що нейронна мережа на базі архітектури CNN+LSTM (CRNN) показала непогані результати для текстів без нікудот, але мала труднощі з довгими словами та варіативними почерками. CER становив 12,4%, WER – 21,8%. CNN+CTC-loss добре справлялася з текстами без нікуд, але за їх наявності точність суттєво падала: CER – 10,7%, WER – 19,2%. TrOCR (Transformer) показала найкращі результати завдяки здатності аналізувати контекст. CER – 5,3%, WER – 10,1%.

Результати підтвердили, що традиційні CNN+LSTM і CNN+CTC підходи працюють добре, але їх ефективність падає в умовах варіативного почерку та нікуд. Натомість TrOCR забезпечив найкращу точність і адаптивність до різних стилів написання, що робить його найбільш перспективним для розпізнавання рукописного івриту. Ефективність сильно залежить від якості навчальних даних та використання додаткових методів підготовки. Подальші дослідження зосереджуватимуться на удосконаленні адаптації моделей до індивідуальних стилів написання, а також на оптимізації обчислювальної ефективності.

## ІНТЕГРАЦІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В БАНКІВСЬКИЙ МОБІЛЬНИЙ ДОДАТОК

**Шостак Владислав Сергійович,**  
студент групи МА-23, ДВНЗ «ПДТУ»

[shostak\\_v\\_s@pstu.edu](mailto:shostak_v_s@pstu.edu)

**Балаласва Олена Юріївна,**  
доцент, канд. техн. наук, ДВНЗ «ПДТУ»

[balalaevaeu@gmail.com](mailto:balalaevaeu@gmail.com)

*Робота присвячена розробці мобільного банківського додатку з інтеграцією ШІ. Розглянуто можливості голосового та текстового асистента, автоматичного аналізу витрат, прогнозування фінансових тенденцій тощо. Виокремлено необхідні технології: обробка природної мови, машинне навчання, комп'ютерний зір. Зроблено висновок про можливості застосування ШІ для автоматизації та персоналізації банківських операцій.*

*The work is devoted to the development of a mobile banking application with AI integration. The possibilities of voice and text assistant, automatic analysis of expenses, forecasting of financial trends, etc. The necessary technologies are highlighted: natural language processing, machine learning, computer vision. A conclusion is made about the possibilities of using AI for automation and personalization of banking operations.*

Сучасні банківські мобільні додатки здебільшого пропонують стандартні функції, такі як переведення грошей, управління рахунками та оплата послуг. Однак для користувача, який шукає персоналізований досвід, таких функцій часто недостатньо. Інтеграція ШІ в банківські послуги сприяє поліпшенню фінансового обліку та підвищенню зручності використання. Врахування індивідуальних потреб клієнтів, автоматизація операцій і надання персоналізованих рекомендацій підвищують ефективність взаємодії з банком. При цьому використання обробки природної мови (NLP) дозволяє клієнтам ефективно взаємодіяти з банківськими системами через текстові або голосові запити, що спрощує виконання операцій.

Метою даної роботи є розробка концепту інтеграції штучного інтелекту в мобільний банківський додаток, що дозволить покращити досвід користувачів завдяки автоматизації та персоналізації банківських операцій.

Додаток пропонує наступні інноваційні функції на основі ШІ.

1. Голосовий та текстовий асистент для запитів. Користувач може задавати текстові або голосові запити, наприклад: «Яка моя найбільша покупка цього місяця?», «Скільки я витратив на транспорт?» або «Які бренди одягу я купував цього року?». ШІ обробляє ці запити через технології обробки природної мови (NLP) і повертає корисні результати або виконує операції.

2. Автоматичне категоризування витрат та аналіз бюджету. ШІ автоматично категоризує транзакції користувача та надає щомісячні звіти. Користувач може переглядати витрати по категоріях та отримувати рекомендації по оптимізації бюджету. Наприклад, «Ви витратили більше, ніж зазвичай, на покупки в супермаркетах. Можливо, варто зменшити витрати в цій категорії?».

3. Прогнозування витрат та персоналізовані фінансові рекомендації. На основі історії транзакцій, ШІ може прогнозувати майбутні витрати, а також надавати персоналізовані поради щодо економії та інвестицій: «На основі вашої історії витрат, ви можете заощадити 10% на транспорті, якщо виберете інший вид транспорту» або «Ви могли б інвестувати в акції X для диверсифікації портфеля».

4. Фінансові нагадування та цілі. Користувач може встановити фінансові цілі або нагадування. Наприклад: «Нагадати мені в кінці місяця про депозит, який я планую відкрити» або «Моя мета - заощадити 5000 гривень до кінця року. Яка поточна прогресія?». ШІ стежить за прогресом користувача в досягненні цілей і надає поради з оптимізації заощаджень, щоб швидше досягти мети.

5. Моніторинг кредитного рейтингу та заощаджень на кредитах. Додаток може відслідковувати кредитний рейтинг користувача та пропонувати способи його покращення. Наприклад: «Ваш кредитний рейтинг знизився на 20 пунктів за останні два місяці. Спробуйте скоротити заборгованість» або «Якщо ви погасите кредит на картці зараз, ви зекономите 15% на відсотках». ШІ аналізує ситуацію з кредитами та боргами і дає рекомендації щодо поліпшення фінансової ситуації.

6. Інтелектуальні транзакції. Користувач може віддати команду на переказ коштів або виконання інших операцій через текст або голос. ШІ аналізує команду, перевіряє реквізити та автоматично виконує переказ: «Поповни рахунок на 200 доларів» або «Перекинь 500 грн на картку мами».

7. Інвестиційний помічник. Додаток пропонує користувачеві можливість інвестувати в акції, криптовалюту та фонди. ШІ може допомогти користувачу вибрати найкращі інвестиційні стратегії на основі його профілю, а також пропонувати автоматизовані стратегії для довгострокових інвестицій.

8. Аналіз потенційних інвестицій в нові ринки. За допомогою аналізу великих даних та ШІ додаток може рекомендувати нові ринки для інвестицій: «Ринок акцій в Індії показує зростання на 20% за останній квартал. Це може бути цікаво для вашого портфеля» або «Криптовалюта X зросла на 50 % за останні два тижні. Можливо, варто інвестувати».

9. Розпізнавання покупок через фото. Користувач може сфотографувати чек або квитанцію, а ШІ автоматично розпізнає деталі покупки та додасть їх до категорії витрат. Наприклад: Користувач фотографує чек з магазину, і додаток автоматично додає витрату в категорію «Продукти» або «Одяг» в залежності від розпізнаного товару. Це полегшує процес введення даних і категоризації витрат.

10. Підтримка фінансових порад на основі подій: Додаток може підказувати користувачеві важливі фінансові кроки в залежності від поточних подій. Наприклад: «Тепер, коли на ваших рахунках більше 10 000 грн, вам можуть бути доступні інші фінансові продукти з кращими умовами. Можливо, вам варто звернути увагу на вклад або кредит з низьким відсотком» або «Враховуючи, що на ринку нафтопродуктів очікується підвищення цін, варто переглянути ваші витрати на транспорт». ШІ аналізує поточні події та ринкові зміни і надає поради.

11. Функція «Фінансовий виклик». Це інтерактивна функція, де ШІ може ставити користувачеві «фінансові виклики», наприклад: «Спробуйте зменшити витрати на їжу на 15% наступного місяця. Я дам вам кілька підказок для цього» або «Використовуйте більше безготівкових операцій, щоб заощадити на комісіях». Користувач може вибирати приймати цей виклик або ні, а ШІ дає практичні поради.

Це потребує наступних технологій:

- обробка природної мови (NLP): для розуміння голосових і текстових запитів використовуються сучасні технології, такі як BERT, spaCy, або GPT-3;
- машинне навчання та прогнозування: алгоритми на основі регресії та класифікації допомагають аналізувати транзакції та надавати прогнози;

- комп'ютерний зір для аналізу чеків і документів: використання OCR (Tesseract, Google Vision API) для розпізнавання чеків, та документів;
- фреймворки для AI та машинного навчання: TensorFlow та PyTorch для навчання моделей, що аналізують витрати, Scikit-learn для класифікації транзакцій;
- онтологічні бази знань та семантичний пошук: використання технологій, таких як Knowledge Graph від Google або RDF/SPARQL;
- блокчейн для безпеки та прозорості: перевірка та підтвердження транзакцій, смарт-контракти для управління депозитами або інвестиціями;
- Big Data: Apache Kafka або Apache Flink для аналізу фінансових транзакцій у реальному часі, Hadoop та Spark для обробки великих обсягів даних;
- роботизація фінансових процесів (RPA): автоматизація рутинних фінансових операцій за допомогою UiPath або Blue Prism, інтелектуальні боти;
- фінансові API та інтеграція з банківськими сервісами: PSD2 API для підключення до банків та отримання аналітики за рахунками користувача, Open Banking API для зручного керування рахунками в різних банках з одного додатку;
- API для виконання транзакцій: інтеграція з API таких платіжних систем, як Visa, MasterCard для виконання міжнародних переказів і внутрішніх транзакцій, а також з платформами для торгівлі криптовалютою, наприклад Coinbase або Binance;
- безпека: методи мультифакторної аутентифікації та високий рівень шифрування даних (AES, RSA) для безпеки транзакцій та особистої інформації.

Таким чином, мобільний банківський додаток з інтеграцією ШІ є інноваційним рішенням, яке значно покращує досвід користувачів, автоматизуючи та персоналізуючи банківські операції. Завдяки голосовому та текстовому асистенту, автоматичному аналізу витрат та прогнозуванню фінансових тенденцій, користувачі можуть легко і зручно керувати своїми фінансами. Це рішення є значно більш ефективним порівняно з традиційними банківськими додатками.

## РОЗРОБКА СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКУ ЗА ДОПОМОГОЮ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ

**Петров Роман Геннадійович,**  
студент групи КМ-21, ДВНЗ «ПДТУ»

[petrov\\_r\\_h@students.pstu.edu](mailto:petrov_r_h@students.pstu.edu)

**Балаласва Олена Юріївна,**  
доцент, канд. техн. наук, ДВНЗ «ПДТУ»

[balalaevaeu@gmail.com](mailto:balalaevaeu@gmail.com)

*У статті розглянуто підхід до оптимізації світлофорного регулювання на міському перехресті з використанням глибинного навчання з підкріпленням. Представлено розробку адаптивної системи керування на основі нейронної мережі Deep Q-Network (DQN), яка динамічно корегує тривалість світлофорних фаз залежно від транспортної ситуації. Моделювання проведено в середовищі SUMO з використанням програмного інтерфейсу TraCI. Результати експериментів демонструють значне покращення ефективності регулювання у порівнянні зі стандартним режимом роботи світлофора, зокрема, зменшення загального часу очікування транспортних засобів на перехресті більше ніж на 40%. Проведені тестування підтверджують стабільність роботи системи та її здатність адаптуватися до змінних умов трафіку.*

*The article explores an approach to optimize traffic light control at urban intersections using deep reinforcement learning. The development of an adaptive control system based on Deep Q-Network (DQN) neural network is presented, which dynamically adjusts traffic light phases depending on the traffic situation. Modeling was conducted in the SUMO environment using the TraCI programming interface. Experimental results demonstrate significant improvement in regulation efficiency compared to the standard traffic light operation mode, particularly reducing the total waiting time of vehicles at the intersection by more than 40%. The conducted tests confirm the stability of the system and its ability to adapt to changing traffic conditions.*

Проблема оптимізації світлофорного регулювання на міських перехрестях є актуальним завданням, спрямованим на підвищення ефективності дорожнього

руху та зменшення затримок транспортних засобів. Традиційні системи керування з фіксованими циклами не забезпечують достатньої гнучкості в умовах динамічного транспортного потоку. Застосування методів штучного інтелекту, зокрема глибинного навчання з підкріпленням, дозволяє створити адаптивні системи керування, здатні оптимізувати роботу світлофорів у реальному часі.

Основною метою дослідження є мінімізація заторів на перехресті шляхом оптимізації циклів світлофорного регулювання. Задача полягає у знаходженні оптимальної стратегії керування світлофором, яка мінімізує середній час очікування транспортних засобів та довжину черг на перехресті. Для вирішення поставленої задачі обрано метод навчання з підкріпленням, а саме Deep Q-Network (DQN). Вибір DQN обґрунтований здатністю працювати з неперервними просторами станів, що характерно для транспортних систем; можливістю навчання безпосередньо з досвіду без попередньої моделі середовища; ефективністю у задачах з дискретним простором дій, що відповідає керуванню світлофором; стабільністю навчання завдяки використанню replay buffer та target network.

Реалізація системи керування базується на взаємодії між симулятором SUMO та алгоритмом DQN через інтерфейс TraCI.

У якості функції винагороди використовується зміна сумарної затримки транспортних засобів (1). Така функція стимулює агента до мінімізації загального часу очікування в системі.

$$r_t = D_t - D_{t+1}, \quad (1)$$

де  $t$  – момент часу симуляції;

$D$  – час очікування всіх машин.

Навчання моделі здійснювалося протягом 5 епох, кожна з яких тривала 100000 кроків симуляції. На кожному кроці агент отримував поточний стан перехрестя та обирав одну з можливих фаз світлофора. Аналіз результатів навчання показав, що на початковому етапі навчання спостерігалися значні коливання загального часу очікування з піковими значеннями до 140000 секунд; на фінальному етапі навчання максимальні значення загального часу очікування не перевищували 1400 секунд,

що в 100 разів менше порівняно з початковим етапом; спостерігалася більш стабільна поведінка системи з меншою амплітудою коливань часу очікування.

Для оцінки ефективності розробленої системи проведено порівняльний аналіз із стандартним світлофорним регулюванням на 15 різних сценаріях транспортного руху. Результати показали зменшення загального часу очікування транспортних засобів на понад 40%; більш стабільну динаміку зростання часу очікування; кращу адаптивність системи до змін у транспортному потоці (рис. 1).

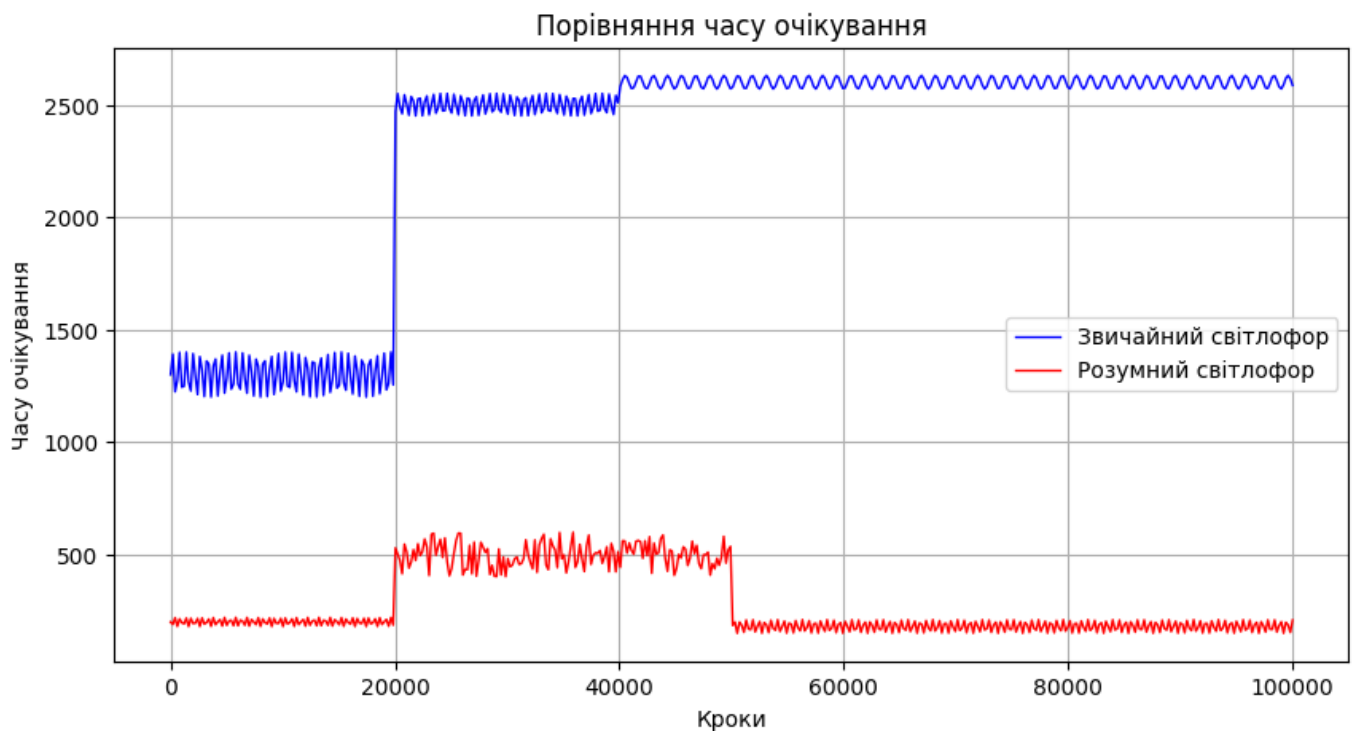


Рисунок 1 – Порівняння часу очікування

На основі проведеного дослідження можна зробити наступні висновки. Розроблена система адаптивного керування на основі DQN демонструє значне підвищення ефективності регулювання порівняно зі стандартним режимом роботи світлофора. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на розширення функціональності системи та вивчення її роботи в більш складних умовах, зокрема в рамках транспортної мережі міста, що дозволить оцінити можливості координації роботи суміжних перехресть та оптимізації транспортних потоків на рівні району чи міста в цілому.

## ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВИКЛАДАННЯ ТА ЗАСВОЄННЯ БІОМЕХАНІКИ

**Подлесний Сергій Володимирович,**

доцент, канд. техн. наук, ДВНЗ «ДДМА»

[spodlesny2318@gmail.com](mailto:spodlesny2318@gmail.com)

**Єрємін Микита Васильович,**

асистент, ДВНЗ «ДДМА»

[nikyer@gmail.com](mailto:nikyer@gmail.com)

*Розглядається актуальна проблема модернізації викладання біомеханіки в ЗВО з використанням методів штучного інтелекту (ШІ). Представлено аналіз сучасних досліджень щодо застосування ШІ в освіті, огляд методів ШІ, придатних для використання в біомеханічній освіті (машинне навчання, нейронні мережі, віртуальна реальність), та аналіз існуючих освітніх платформ та інструментів, що використовують ШІ. Методика викладання біомеханіки з використанням ШІ включає інтерактивні 3D-моделі, віртуальні лабораторії, інтелектуальну навчальну систему та інструменти аналізу даних. Показано, що використання методів ШІ значно підвищує якість засвоєння навчального матеріалу, покращує мотивацію та залученість студентів. Студенти, які навчалися з використанням ШІ, продемонстрували кращі навчальні результати.*

*The current problem of modernizing the teaching of biomechanics in higher education using artificial intelligence (AI) methods is considered. An analysis of modern research on the application of AI in education is presented, a review of AI methods suitable for use in biomechanics education (machine learning, neural networks, virtual reality), and an analysis of existing educational platforms and tools that use AI. The methodology for teaching biomechanics using AI includes interactive 3D models, virtual laboratories, an intelligent learning system, and data analysis tools. It is shown that the use of AI methods significantly increases the quality of learning material, improves student motivation and engagement. Students who studied using AI demonstrated better learning outcomes.*

Традиційно, викладання біомеханіки у вищих навчальних закладах базується на комбінації лекцій, лабораторних робіт та практичних занять. Однак, незважаючи на ефективність, традиційні підходи до викладання біомеханіки мають ряд

обмежень. Ці обмеження підкреслюють необхідність пошуку нових, більш ефективних методів викладання біомеханіки. Використання методів штучного інтелекту може стати ключовим кроком у модернізації біомеханічної освіти.

Сучасні дослідження демонструють зростаючий інтерес до використання штучного інтелекту (ШІ) в освіті. ШІ застосовується для створення персоналізованих навчальних програм, адаптивного тестування, автоматичної оцінки завдань, розробки інтелектуальних тьюторів та чат-ботів. Дослідження показують, що ШІ може підвищити мотивацію студентів, покращити їхні навчальні результати та зробити процес навчання більш ефективним. Особлива увага приділяється використанню ШІ для аналізу великих обсягів даних про навчальну діяльність студентів, що дозволяє виявляти їхні індивідуальні потреби та проблеми. Використання ШІ в освіті дозволяє зробити навчання більш доступним, зокрема для студентів з особливими освітніми потребами. Сучасні дослідження вказують на зростаючу тенденцію використання ШІ в освіті, але також наголошують на необхідності врахування етичних аспектів та ризиків, пов'язаних з його застосуванням.

Для використання в біомеханічній освіті придатні різноманітні методи штучного інтелекту. Машинне навчання може застосовуватися для аналізу біомеханічних даних, таких як дані аналізу рухів, з метою виявлення закономірностей і створення персоналізованих рекомендацій для студентів, а також для автоматичної оцінки завдань та надання зворотного зв'язку. Нейронні мережі можуть бути використані для створення інтерактивних 3D-моделей та симуляцій, що покращують візуалізацію складних біомеханічних процесів, а також для прогнозування рухів та аналізу біомеханічних параметрів. Віртуальна та доповнена реальність дозволяють створювати інтерактивні навчальні середовища, в яких студенти можуть проводити експерименти та аналізувати рухи в реалістичних умовах, візуалізуючи складні біомеханічні процеси для наочного та захоплюючого навчання. Інтелектуальні тьютори та чат-боти можуть надавати студентам індивідуальну підтримку, відповідати на їхні запитання та автоматизувати рутинні завдання викладачів.

Існує безліч освітніх платформ та інструментів, що використовують штучний інтелект для персоналізації навчання, адаптивного тестування та автоматичної оцінки завдань. Деякі платформи застосовують ШІ для створення інтерактивних навчальних матеріалів та віртуальних лабораторій. Також існують інструменти, що використовують ШІ для аналізу даних про навчальну діяльність студентів та надання їм персоналізованих рекомендацій. Необхідно провести аналіз існуючих освітніх платформ та інструментів, що використовують штучний інтелект, з точки зору їхньої придатності для використання у викладанні біомеханіки. Важливо виявити платформи та інструменти, які можуть бути використані для створення інтерактивних 3D-моделей, симуляцій та віртуальних лабораторій, необхідних для викладання біомеханіки. Цей огляд літератури дозволить визначити найбільш перспективні напрямки використання штучного інтелекту в біомеханічній освіті та розробити ефективну методику викладання.

Дослідження показало, що застосування методів штучного інтелекту (ШІ) у викладанні біомеханіки значно підвищує якість засвоєння навчального матеріалу студентами. Використання інтерактивних 3D-моделей, віртуальних лабораторій та інтелектуальних навчальних систем сприяло покращенню розуміння складних біомеханічних процесів. ШІ позитивно вплинув на мотивацію та залученість студентів, зробивши навчання більш цікавим та захоплюючим. Студенти, які навчалися з використанням методів ШІ, продемонстрували значно кращі навчальні результати, ніж студенти, які навчалися за традиційними методами.

ШІ є ефективним інструментом для модернізації викладання біомеханіки та підвищення якості освіти. Персоналізація навчання за допомогою ШІ дозволяє враховувати індивідуальні потреби та можливості кожного студента. Візуалізація складних біомеханічних процесів за допомогою ШІ сприяє кращому розумінню та засвоєнню матеріалу. Використання ШІ сприяє розвитку практичних навичок студентів та їхньої самостійності у навчанні. Використання ШІ дає змогу викладачам більш ефективно контролювати та керувати навчальним процесом.

Для ефективного впровадження методів ШІ в навчальний процес необхідно розробити та впровадити інтелектуальні навчальні системи для викладання біомеханіки, використовувати інтерактивні 3D-моделі та віртуальні лабораторії для

візуалізації складних біомеханічних процесів, забезпечити персоналізацію навчання за допомогою ШІ, враховуючи індивідуальні потреби та можливості студентів. Також необхідно провести навчання викладачів з використання методів ШІ в навчальному процесі, створити умови для використання віртуальної та доповненої реальності, для поглиблення процесу навчання. Важливо проводити постійний моніторинг та оцінку ефективності використання методів ШІ в навчальному процесі та враховувати етичні аспекти використання ШІ в освіті та забезпечити захист персональних даних студентів. Ці висновки та рекомендації можуть слугувати основою для подальшого розвитку та впровадження інноваційних методів навчання з використанням штучного інтелекту в біомеханічній освіті.

## CYBERSECURITY IN AUTOMATED SYSTEMS OF TRANSLATION

**Lyudmyla Kruhlenko,**

associate professor of the Department of Translation and Interpretation, SIHE  
“Pryazovskyi State Technical University”

[kruhlenko\\_l\\_v@pstu.edu](mailto:kruhlenko_l_v@pstu.edu)

**Mark Lakhmatov,**

student of BME-23, SIHE “Pryazovskyi State Technical University”

[lakhmatov\\_m\\_v@students.pstu.edu](mailto:lakhmatov_m_v@students.pstu.edu)

The rapid advancement of automated translation technologies has revolutionized global communication by enabling swift and accessible translation across languages, as well as artificial intelligence (AI) has advanced the field of translation, leading to the widespread adoption of automated translation systems (ATS). However, alongside these advantages come significant cybersecurity challenges that demand careful consideration. This paper explores the current state of cybersecurity in ATS, identifying key vulnerabilities, analyzing existing threats, and proposing potential mitigation strategies. The research highlights the importance of a multi-layered approach to securing ATS, encompassing technical, organizational, and legal aspects.

Automated translation systems (ATS) powered by AI and machine learning have become indispensable tools in today's interconnected world. They enable seamless communication across language barriers, facilitating international trade, global collaboration, and cultural exchange. However, the increasing reliance on ATS has also exposed them to a range of cybersecurity threats, potentially compromising the integrity, confidentiality, and availability of sensitive information.

ATS are susceptible to several vulnerabilities, including data poisoning, model evasion, reverse engineering, data breaches and denial of service. Malicious actors can inject biased or corrupted data into training datasets, leading to inaccurate translations and potentially biased outputs. At the same time attackers can manipulate input data to bypass security measures and exploit vulnerabilities in the translation model, leading to unintended outputs or data leakage. ATS models can be reverse engineered to extract sensitive information, such as training data, model parameters, and proprietary algorithms. Security breaches can expose sensitive user data, including personal information, confidential documents, and intellectual property. Attackers can overload ATS with malicious requests, disrupting service availability and hindering communication.

The vulnerabilities outlined above expose ATS to a variety of threats, such as data manipulation, espionage, disruption of operations, reputation damage and financial loss. Observing data manipulation and espionage it can include altering translations to spread misinformation, propaganda, or malicious content, stealing confidential information, such as trade secrets or sensitive documents. In case of reputational damage and financial loss there is a threat of causing service outages and hindering critical communication, compromising the trustworthiness and reliability of ATS, exploiting vulnerabilities to gain unauthorized access to financial data or assets.

Automated translation, powered by artificial intelligence (AI) and neural networks, has become a crucial tool in business, diplomacy, academia, and media. Popular platforms such as Google Translate, DeepL, and Microsoft Translator leverage machine learning to improve translation accuracy. But addressing cybersecurity concerns in ATS requires a multi-layered approach and consider technical, organizational and legal measures. From technical point of view there must be implementing robust data cleaning and validation

processes to prevent data poisoning, strengthening model defences against adversarial attacks and reverse engineering, employing encryption, access control, and other security measures to protect sensitive data as well as implementing intrusion detection systems, security monitoring, and incident response protocols.

Some organizational measures can include educating users about cybersecurity risks and best practices, adopting secure coding practices and vulnerability testing throughout the development lifecycle, and establishing clear policies and procedures for data access, usage, and disposal.

Using ATS it's better to consider some legal measures as data privacy regulations complying with relevant data privacy laws and regulations, such as GDPR and CCPA, establishing legal frameworks to address cybersecurity incidents and hold perpetrators accountable.

As technology continues to evolve, future automated translation systems will likely incorporate blockchain for secure data management, federated learning for privacy-preserving AI training, and improved natural language processing (NLP) techniques to enhance translation accuracy while maintaining cybersecurity standards. Integrating cybersecurity into translation technology development will be key to ensuring safe and trustworthy cross-linguistic communication in the digital age.

Cybersecurity is paramount for the safe and reliable operation of automated translation systems. By understanding the vulnerabilities, threats, and mitigation strategies, we can ensure the integrity, confidentiality, and availability of these critical tools. A comprehensive approach encompassing technical, organizational, and legal measures is essential to build a secure and trustworthy ecosystem for ATS. Automated translation offers immense benefits but also presents critical cybersecurity challenges. Addressing these risks through encryption, secure infrastructure, ethical AI practices, and continuous monitoring can enhance the safety and reliability of automated translation systems. As technology advances, integrating robust cybersecurity measures will be essential to maintaining secure and effective global communication.

## МЕТОДИ АВТОМАТИЗАЦІЇ СТВОРЕННЯ КОЛЬОРОВИХ ПАЛІТР

**Унегов Артем Владиславович,**

студент, ДДМА

[artemunegov@gmail.com](mailto:artemunegov@gmail.com)

**Нечволода Людмила Володимирівна,**

доцент, канд. техн. наук, ДДМА

[Lylyne4v@gmail.com](mailto:Lylyne4v@gmail.com)

**Крикуненко Катерина Миколаївна,**

асистентка, ДДМА

[lady.babenko87@ukr.net](mailto:lady.babenko87@ukr.net)

*Стаття розглядає автоматизацію створення кольорових палітр у дизайні, зокрема використання алгоритмів, машинного навчання та статистичних методів. Розглянуто сучасні інструменти та їхню роль у генерації гармонійних колірних комбінацій, а також вплив психології кольору. Підкреслено перспективи розвитку автоматизованих рішень для дизайну та цифрових продуктів.*

*The article discusses the automation of color palette creation in design, including the use of algorithms, machine learning, and statistical methods. Modern tools and their role in generating harmonious color combinations, as well as the influence of color psychology, are considered. The prospects for the development of automated solutions for design and digital products are emphasized.*

У сучасному світі, де дизайн і візуальна естетика набувають все більшої ваги в цифрових продуктах, автоматизація створення кольорових палітр стає важливим інструментом як для професіоналів, так і для аматорів. Розвиток інформаційних технологій та штучного інтелекту дозволяє впроваджувати інноваційні підходи до генерації гармонійних колірних комбінацій, що відповідають як загальновизнаним нормам естетики, так і специфічним вимогам конкретних проектів.

Сучасні інструменти, такі як Adobe Color, Coolers і Colormind, демонструють ефективність алгоритмічного підходу до автоматизованого створення палітр. Наприклад, Colormind використовує глибоке навчання для аналізу величезної бази даних кольорових комбінацій, тоді як Adobe Color дозволяє користувачам генерувати палітри на основі теорії кольору та власних зображень.

Основою автоматизації процесу створення палітр є використання алгоритмів, що дозволяють аналізувати численні комбінації кольорів та обирати оптимальні варіанти. Один із найперспективніших підходів – використання методів машинного навчання для розпізнавання закономірностей у виборі кольорів. Наприклад, нейронні мережі можуть навчатися на основі успішних палітр у графічному дизайні, виявляючи тенденції та стилістичні особливості. GAN (Generative Adversarial Networks) застосовуються для генерації унікальних колірних комбінацій, що можуть враховувати як класичні правила гармонії, так і інноваційні тенденції.

Крім штучного інтелекту, важливу роль відіграють статистичні та евристичні методи. Наприклад, кластеризація k-means дозволяє знаходити найбільш поширені кольорові групи в наборах даних, що може бути корисним для автоматичного виділення основних відтінків у зображеннях або брендбуках. Використання математичних моделей дозволяє створювати палітри, що відповідають вимогам певної сфери – наприклад, спокійні відтінки для медичних сайтів або контрастні комбінації для реклами.

Окрім точності алгоритмів, важливим є також зручний користувацький інтерфейс. Інтерактивні інструменти повинні дозволяти змінювати параметри генерації, встановлювати обмеження та навіть вносити ручні коригування, що підвищує гнучкість і персоналізацію процесу. Вдалий приклад такого підходу – Figma, яка інтегрує можливості ручного вибору кольорів із автоматизованими рекомендаціями.

Важливим аспектом автоматизації є також психологія кольору. Врахування культурних особливостей і емоційного сприйняття кольорів дозволяє створювати палітри, що викликають очікувані реакції користувачів. Дослідження, такі як роботи Е. Гольдштейна (The Organism, 1934), Кріса Дж. Бояціса та Рену Варгезе (Children's Emotional Associations with Colors, 1994), підтверджують, що різні кольори мають різний емоційний вплив на людину. Це пояснює часте використання певних кольорів в маркетингових і дизайнерських стратегіях.

Автоматизація створення кольорових палітр має значний потенціал у різних сферах – від дизайну інтер'єрів і моди до цифрового маркетингу, відеоігор та веб-

розробки. Використання алгоритмічних рішень дозволяє швидко знаходити ефективні колірні поєднання, оптимізуючи процеси розробки та підвищуючи естетичну привабливість кінцевих продуктів.

Отже, автоматизація створення кольорових палітр поєднує технологічні інновації з мистецькими підходами, що сприяє ефективному використанню кольору в дизайні. Подальший розвиток цієї сфери включає вдосконалення алгоритмів машинного навчання, розширення можливостей взаємодії користувачів із системами генерації кольорів та інтеграцію психологічних аспектів у процес створення палітр. Це відкриває нові перспективи для дизайнерів, брендів і розробників цифрових продуктів, дозволяючи їм швидше та ефективніше знаходити візуально привабливі рішення.

## АНТИЦИПАТИВНІ СИСТЕМИ У ШТУЧНОМУ ІНТЕЛЕКТІ: МЕЖІ МОЖЛИВОСТЕЙ І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

**Андрєєв Іван Андрійович,**  
студент групи КН-24-М, ДВНЗ «ПДТУ»

[andrieiev.i.a@students.pstu.edu](mailto:andrieiev.i.a@students.pstu.edu)

**Федосова Ірина Василівна,**  
професор, д-р пед. наук, ДВНЗ «ПДТУ»

[fedosova.i.v@pstu.edu](mailto:fedosova.i.v@pstu.edu)

У швидко змінюваному світі технологій штучного інтелекту з'являється нова концепція - антиципативний штучний інтелект.

Антиципативний ШІ переосмислює взаємодію людини з технологіями, переходячи від реактивних систем до тих, що передбачають і готуються до людських потреб ще до того, як самі їх усвідомлюють. Від оптимізації повсякденних завдань до сприяння рятувальним втручанням — ця нова сфера має величезний потенціал.

Сама концепція представляє собою значний крок уперед у розвитку можливостей штучного інтелекту. На відміну від традиційних ШІ-систем, які

реагують на введені користувачем дані або задані сценарії, антиципативний ШІ спрямований на передбачення та підготовку до майбутніх подій або потреб користувача ще до їхнього виникнення.

Роберт Розен, один із піонерів досліджень у сфері антиципативних систем, визначив таку систему як таку, що містить прогностичну модель самої себе та/або свого середовища, що дозволяє їй змінювати свій стан на основі прогнозів майбутніх подій.

Модель, визначена формально, є комутативним функторіальним кодуванням і декодуванням між двома системами у модельному відношенні. Інтуїтивно можна розглядати «модель» у загальноприйнятому значенні:

- Спрощений опис системи, представлений як основа для теоретичного розуміння;
- Концептуальне або ментальне представлення об'єкта;
- Аналог іншої структури, відмінної від системи, що вивчається, але яка поділяє з нею важливий набір функціональних властивостей.

Ключовим аспектом у формулюванні теорії антиципативної поведінки є поняття «модель». Постає питання сутності природи відношення між двома системами, яка дозволяє стверджувати, що одна з них є моделлю для іншої. Сутність цієї властивості полягає в тому, що ми можемо дізнатися щось нове про досліджувану систему, вивчаючи іншу систему, яка є її моделлю.

По суті, модельне відношення полягає у визначенні кодування та відповідного декодування характеристик однієї системи у відповідні характеристики іншої системи таким чином, що імплікація в моделі відповідає причинності в системі. Отже, в точному математичному сенсі теорема про модель стає прогнозом щодо системи. Якщо ці міркування викладені суворо, то результатом є загальна теорія модельного відношення.

Цю ситуацію можна зобразити графічно у вигляді рисунка 1.

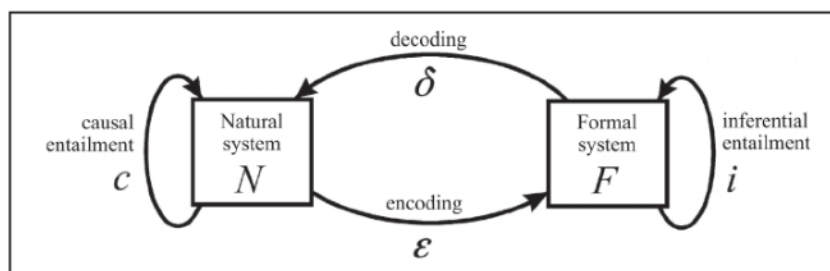


Рисунок 1 – Прототипне модельне відношення

Модельне відношення існує між природною системою N та формальною системою F, коли між їхніми структурами наслідків існує відповідність. Необхідна умова цієї відповідності передбачає всі чотири стрілки та може бути виражена як: «незалежно від того, чи йдеться шляхом c, чи послідовно шляхами  $\epsilon$ , i,  $\delta$ , досягається однієї й тієї ж точки». Можна виразити наступним чином:

$$\rightarrow \xrightarrow{\epsilon} \xrightarrow{i} \xrightarrow{\delta} \rightarrow$$

Якщо це відношення виконується, то F є симуляцією N. Якщо, крім того, інферентне наслідування i саме впливає з кодування  $\epsilon$  причинного наслідування c, тобто якщо  $\xrightarrow{(c)} \xrightarrow{\epsilon} \xrightarrow{(i)}$  також виконується, то F є моделлю N, а N — реалізацією F.

Таблиця 1. Приклади застосування

| Сфера          | Приклад                                            | Опис                                                                                                                                          |
|----------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Розумний дім   | Nest (Google)                                      | Використовує антиципативний ШІ у своїх термостатах, навчаючись вашим уподобанням і розпорядку дня для автоматичного налаштування температури. |
| Прогноз погоди | GraphCast (Google DeepMind), PanguWeather (Huawei) | ШІ-моделі прогнозування погоди, які за точністю перевершують або дорівнюють традиційним метеорологічним системам.                             |

Антиципативні ШІ-системи використовують передові алгоритми машинного навчання, величезні масиви даних і складні прогностичні моделі для передбачення майбутніх сценаріїв і поведінки користувачів. Вони безперервно навчаються на основі минулих взаємодій, даних про навколишнє середовище та моделей поведінки користувачів, що дозволяє їм з часом робити дедалі точніші прогнози.

Важливо підходити до розробки та впровадження зважено, де користувачі повинні повністю розуміти, як використовуються їхні дані, і мати контроль над тим, якою інформацією вони діляться.

Антиципативні ШІ-системи потребують значних обсягів якісних даних для ефективного навчання. Однак у багатьох випадках точні дані можуть бути недоступними або складними для збору, особливо в гуманітарних контекстах або регіонах із обмеженою інфраструктурою. Без надійних наборів даних моделі ШІ не можуть бути належним чином навчені, що може призвести до неточних прогнозів або упереджених результатів.

## АНАЛІЗ ЦІН НА ПРОДУКТИ ХАРЧУВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

**Рейжевський Михайло Ігорович,**  
студент групи КМ-24-М, ДВНЗ «ПДТУ»

[regevsky03@gmail.com](mailto:regevsky03@gmail.com)

**Проніна Ольга Ігорівна,**  
доцент, канд. техн. наук, ДВНЗ «ПДТУ»

[pronina.lelka@gmail.com](mailto:pronina.lelka@gmail.com)

Аналіз кошика споживача в Україні є актуальною задачею зважаючи та поточну ситуацію. Оскільки моніторинг цін на харчові продукти є важливим аспектом економічної та соціальної стабільності. Вплив інфляції, сезонності, зміни попиту та пропозиції ускладнюють прогнозування змін вартості харчового кошика споживача. Використання нейронних мереж дозволяє автоматизувати процес аналізу цінових коливань та підвищити точність прогнозування, що сприятиме ефективному плануванню витрат як для споживачів, так і для виробників.

Метою даного дослідження є розробка нейронної мережі для аналізу та прогнозування зміни цін на основі історичних даних, макроекономічних показників та факторів сезонності.

Розроблена нейрона мережа має 4 шари: вхідний шар містить 10 нейронів, що відповідають за ключові фактори (історичні ціни, рівень інфляції, обмінний курс, сезонність, рівень доходів населення тощо); два приховані шари, перший прихований шар містить 8 нейронів, другий прихований шар містить 5 нейронів; вихідний шар представлений одним нейроном для прогнозування майбутньої ціни.

Для того, щоб виконати поставлено завдання необхідно було спочатку підготувати вибірку на основі якій буде проводитись навчання та прогнозування. Для цього були видалені аномальні значення та пропущені дані, після чого було проведено нормалізація числових параметрів для покращення стабільності навчання. Також було використано ковзного середнього для згладжування сезонних коливань.

Після підготовки був проведений етап навчання. Для цього було використано набір даних за останні 10 років, саму вибірку було розділено на навчальну (80%) та тестову (20%) від загальної кількості даних вибірки. Для оптимізації ваг розробленої нейронної мережі, було використано метод градієнтного спуску.

Після навчання розроблена нейронна мережа була протестована, а саме було зроблено перевірку точності прогнозування на тестових даних та проведення оцінки ефективності моделі за допомогою метрики середньоквадратичної помилки (MSE). Останнім етапом було проведено визначення кореляції між фактичними та прогнозованими значеннями.

На рисунку 1 відображено динаміку змін вартості харчового кошика споживача за останні 10 років. Графік ілюструє вплив сезонності, рівня інфляції та макроекономічних факторів на ціноутворення. Аналіз цих коливань дозволяє виявити тренди та прогнозувати подальші зміни, що є ключовим аспектом у розробці ефективної моделі прогнозування. Наприклад можна відслідкувати доволі різке подорожчання продукту (масло – Butter) з 65 гривень до понад 150 за окремі преміальні версії продукту.

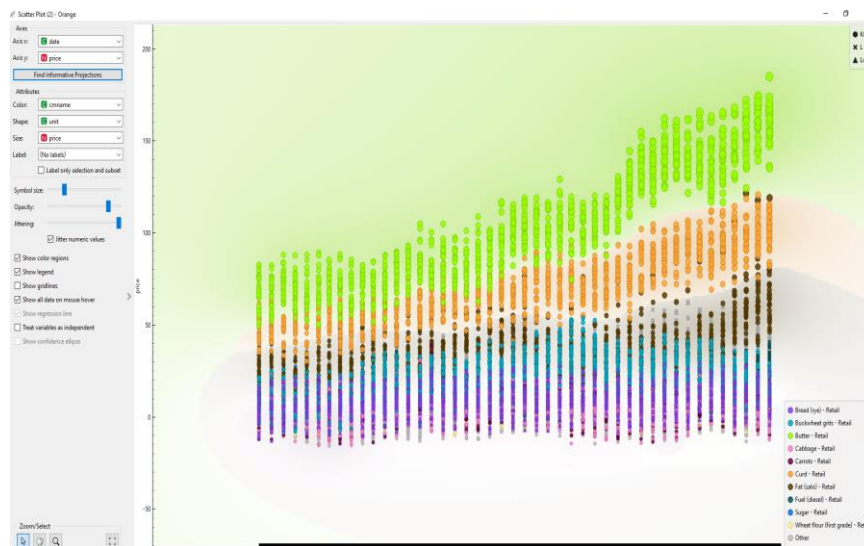


Рисунок 1 – Графік коливання цін

На рисунку 2 зображено візуальний звіт, який містить результати роботи нейронної мережі з аналізу та прогнозування цін. На осі Y представлені цінові показники а на осі X — індексний номер товару. Звіт включає оцінку точності моделі, значення середньоквадратичної помилки (MSE) та кореляцію між прогнозованими та фактичними цінами. Прогнозування базується на трендових коливаннях цін, а також на короткострокових і довгострокових коливаннях, що допомагає оцінити ефективність алгоритму та його здатність адаптуватися до змін на ринку для більш точних прогнозів на найближчий місяць. Прогнозування на більш довгі строки не є можливим через велику кількість факторів таких як (війна, інфляція, ускладнення логістики та інше)

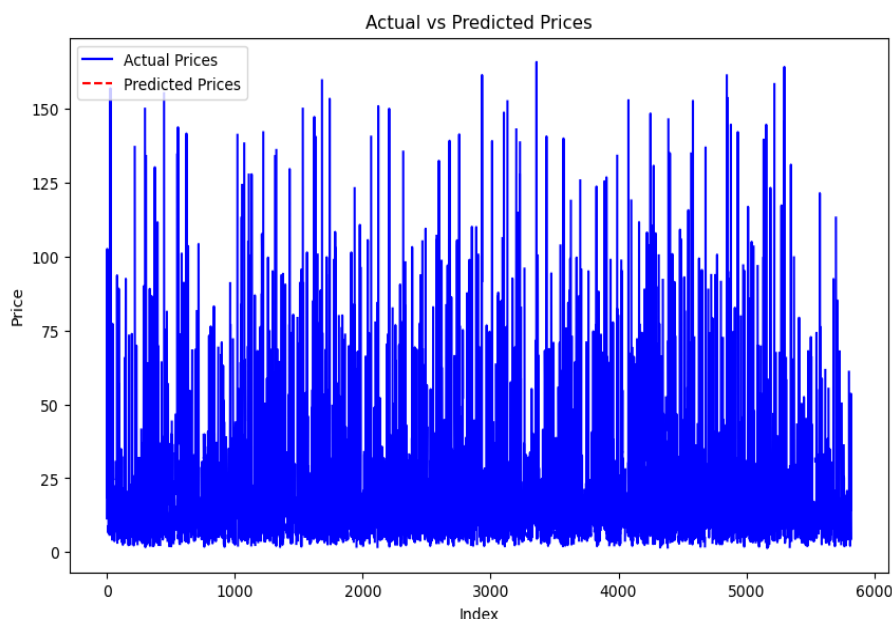


Рисунок 2 – Звіт неймерережі

Призначення розробленої нейронної мережі полягає у прогнозуванні змін цін на основні продукти харчування в Україні, ідентифікацію факторів, що найбільше впливають на динаміку цін та можливість формування аналітичних звітів для урядових організацій, бізнесу та споживачів.

Розроблена нейронна мережа дозволяє ефективно відслідковувати та аналізувати динаміку змін цін на харчовий кошик українських споживачів, що сприятиме підвищенню економічної стабільності та покращенню планування витрат споживачів і підприємств.

## ПРОЕКТУВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У ПРОЦЕСІ МЕДИЧНОГО ЛІЦЕНЗУВАННЯ В УКРАЇНІ

**Казаченко Олена Геннадіївна,**  
студентка групи КМ-24-М, ДВНЗ «ПДТУ»

[kazachenko\\_o\\_h@students.pstu.edu](mailto:kazachenko_o_h@students.pstu.edu)

**П'ятикоп Олена Євгенівна,**  
доцент, канд. техн. наук, ДВНЗ «ПДТУ»

[piatykop\\_o\\_je@pstu.edu](mailto:piatykop_o_je@pstu.edu)

*У роботі розглядається проблема автоматизації процесу отримання медичних ліцензій в Україні. Запропонована інтелектуальна система підтримки прийняття рішень (ІСППР) дозволяє аналізувати пошукові запити, прогнозувати ринкові тенденції та відстежувати зміни у законодавстві. Основні компоненти системи включають автоматизований аналіз даних, прогнозування попиту, моніторинг нормативних змін та візуалізацію інформації. Впровадження такого рішення сприятиме оптимізації процесів ліцензування, зменшенню часових витрат та підвищенню ефективності стратегічного планування у сфері медичних послуг.*

*This paper addresses the problem of automating the medical licensing process in Ukraine. The proposed Intelligent Decision Support System (IDSS) enables the analysis of search queries, market trend forecasting, and legislative change tracking. The key components of the system include automated data analysis, demand forecasting, regulatory monitoring, and information visualization. The implementation of this solution will help optimize licensing procedures, reduce time costs, and enhance strategic planning efficiency in the medical services sector.*

Отримання медичної ліцензії в Україні – це складний та багатоступеневий процес, що вимагає значних ресурсів для збору, обробки та аналізу інформації. Відсутність централізованої системи для автоматизованого моніторингу запитів та прогнозування попиту призводить до затримок, неефективного планування та додаткових витрат.

На сьогоднішній день процес отримання медичних ліцензій супроводжується низкою труднощів, серед яких:

- відсутність єдиної системи для збору та обробки даних;
- значні витрати часу на аналіз інформації вручну;
- неможливість оперативного реагування на зміни в законодавстві;
- відсутність ефективних прогнозних моделей щодо змін попиту.

Дане дослідження спрямоване на розробку інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень (ІСППР), яка автоматизує аналіз пошукових запитів, прогнозує тенденції ринку та відстежує зміни у законодавчій базі щодо ліцензування медичних установ. На рисунку 1 показана діяльність усіх учасників процесу ліцензування.

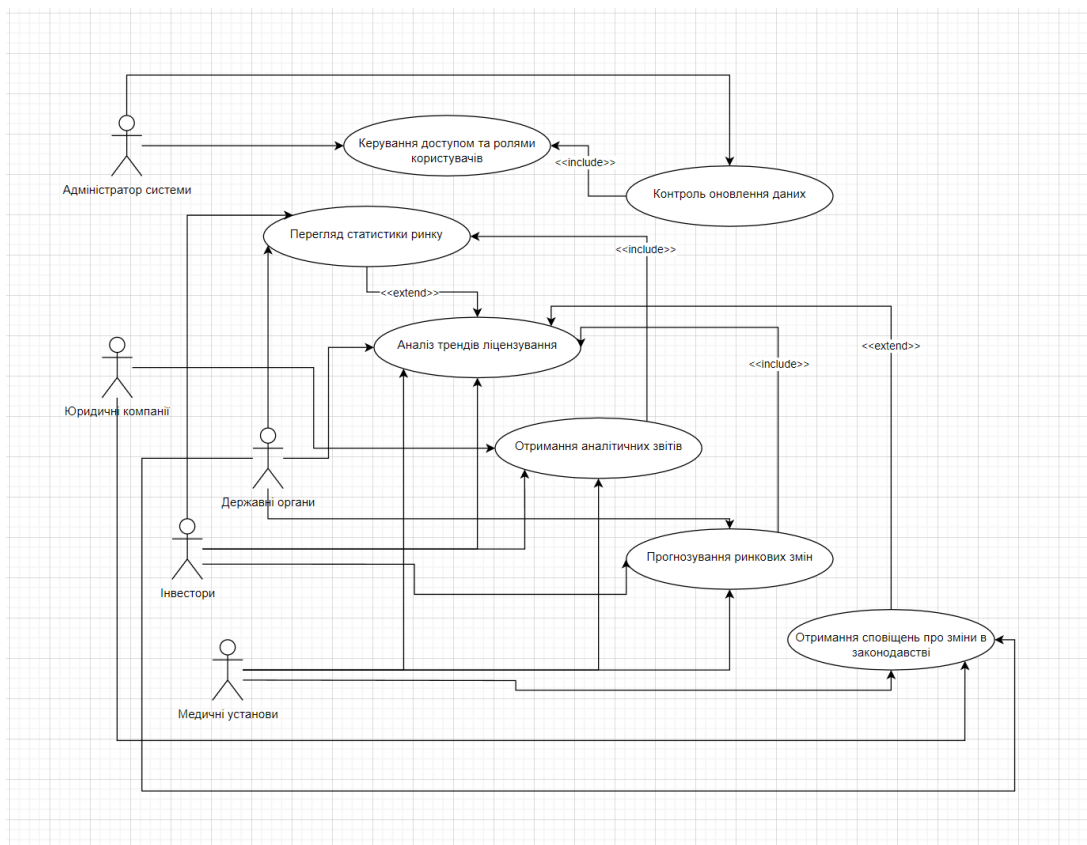


Рисунок 1 – Діаграма співвідношення між учасниками процесу

Запропонована системи передбачає такі процеси:

- автоматизований аналіз пошукових запитів – моніторинг даних з Google Trends, Serpstat та інших аналітичних платформ.
- прогнозування ринкових тенденцій – використання машинного навчання для визначення закономірностей та передбачення змін у попиті.
- моніторинг законодавчих змін – інтеграція з офіційними ресурсами для автоматичного оновлення нормативної інформації.
- візуалізація даних – створення інтуїтивного інтерфейсу з графіками, таблицями та звітами.
- інформування користувачів про важливі зміни у сфері ліцензування.

Впровадження інтелектуальної системи дозволить:

- зменшити витрати часу на обробку даних;
- автоматизувати аналіз попиту та законодавчих змін;
- покращити якість стратегічного планування у сфері медичного ліцензування.

Запропонована система сприятиме підвищенню ефективності процесу отримання медичних ліцензій, мінімізуючи людський фактор у зборі та аналізі даних. Це зробить ринок ліцензування більш прозорим, а процес прийняття рішень – швидшим та обґрунтованим.

## НЕРОМЕРЕЖЕВА МОДЕЛЬ YOLOv6 ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ АВТОМОБІЛІВ НА АЕРОКОСМІЧНОМУ ЗНІМКУ

**Казимиренко Олексій Володимирович,**

аспірант, НТУ «ДП»

[kazymyrenko.o.v@nmu.one](mailto:kazymyrenko.o.v@nmu.one)

*У роботі розглянуто застосування архітектури YOLOv6n для виявлення автомобілів на аерокосмічних знімках, отриманих з відкритої платформи OpenAerialMap. Завдяки оптимізованій архітектурі, модель демонструє високу ефективність, зокрема за метриками точності (97.9%), повноти (94.8%), F1-міри (96.32%) та mAP (97.6%).*

*The paper considers the application of the YOLOv6n architecture for vehicle detection in aerial images obtained from the OpenAerialMap platform. Due to the optimized architecture, the model demonstrates high efficiency, in particular, in terms of accuracy (97.9%), completeness (94.8%), F1-measure (96.32%), and mAP (97.6%).*

Виявлення об'єктів є фундаментальною задачею комп'ютерного зору, що передбачає визначення як категорії об'єкта, так і його локалізації на зображенні. Дистанційне зондування забезпечує значні переваги у порівнянні з наземними методами збору даних, зокрема завдяки широкому полю огляду, що дозволяє ефективно отримувати інформацію про транспортні засоби. Виявлення автомобілів на аерофотознімках знаходить застосування у сферах міського планування, аварійно-рятувальних операцій, управління дорожнім рухом тощо.

Особливості аерокосмічних знімків, зокрема велика відстань знімання, спричиняють значну варіативність просторових сцен у порівнянні зі стандартними природними зображеннями. Це ускладнює задачу виявлення об'єктів через велику кількість дрібних об'єктів, масштабну дисперсію та високу щільність розташування транспортних засобів, наприклад, територіях паркувальних майданчиків. Багато сучасних методів глибокого навчання, таких як Faster R-CNN, Cascade R-CNN і CenterNet, є ефективними для виявлення об'єктів у стандартних умовах, але демонструють знижену точність при обробці аерокосмічних знімків.

Одним із підходів до покращення виявлення об'єктів на знімках є метод багатомасштабної класифікації, що базується на аналізі карт ознак, який дозволяє підвищити ефективність розпізнавання об'єктів різного розміру. Архітектура YOLO характеризується високою швидкістю обробки, але її попередні версії мали труднощі з точністю позиціонування та розпізнаванням дрібномасштабних об'єктів, що обмежувало її ефективність у складних сценах. Ці обмеження стали основою для подальших досліджень, що призвели до вдосконалення архітектури YOLO і підвищення точності виявлення об'єктів. Зокрема, версія YOLOv6n має оптимізовану архітектуру, яка включає мобільні блоки та полегшені шари, що дозволяє знижувати обчислювальні витрати без втрати продуктивності.

Метою даної роботи є дослідження можливостей YOLOv6n у завданні виявлення автомобілів на аерокосмічних знімках, з використанням ключових метрик ефективності, таких як точність (Precision), повнота (Recall) та F1-міра.

Експериментальне дослідження проведено на основі знімків із відкритої платформи OpenAerialMap.

Отримані результати засвідчили високу ефективність YOLOv6n: Precision – 97.9%, Recall – 94.8%, F1 Score – 96.32%, mAP – 97.6%. Ці показники демонструють перевагу моделі у точності та надійності виявлення автомобілів на аерокосмічному зображенні. YOLOv6n виявила здатність ефективно ідентифікувати об'єкти з низьким рівнем хибнопозитивних та хибнонегативних результатів, що робить її оптимальним вибором для задач аналізу аерокосмічних знімків.

Таким чином, у роботі проведено дослідження YOLOv6n для виявлення автомобілів на аерокосмічних знімках. Отримані результати демонструють переваги цієї моделі за метриками точність, повнота та F1-міра та підтверджує її здатність до виявлення транспортних засобів з мінімальною кількістю помилок.

## ЗАСТОСУВАННЯ ГЕНЕРАТИВНИХ МЕРЕЖ У МЕДИЧНІЙ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ

**Пацан Олена Сергіївна,**

студентка, ДТЕУ

[alena.sheketa@gmail.com](mailto:alena.sheketa@gmail.com)

**Юрченко Юрій Юрійович,**

старший викладач, ДТЕУ

[y.yurchenko@knute.edu.ua](mailto:y.yurchenko@knute.edu.ua)

*Розглядається застосування генеративних змагальних мереж у медицині. Визначено принципи роботи GAN, їхню роль у покращенні медичної візуалізації та діагностиці захворювань. Розглянуто перспективи використання GAN для персоналізованої медицини. Описано переваги технології, зокрема підвищення якості зображень та синтез нових медичних даних. Водночас окреслено основні виклики при використанні таких технологій.*

*Annotation. This paper explores how Generative Adversarial Networks contribute to medicine. It explains the principles of GAN operation and their role in improving medical imaging. The discussion covers the potential of GANs in personalized medicine. The text highlights the advantages of GAN, such as enhancing image quality and generating data. In addition, it addresses the key challenges related to implementing these technologies.*

Сучасна медицина перебуває на етапі стрімкого розвитку завдяки впровадженню інноваційних цифрових технологій, де одним з найперспективніших напрямів є використання генеративних змагальних мереж, які відкривають нові можливості для аналізу, обробки та синтезу медичних даних. Застосування штучного інтелекту у медичній візуалізації сприяє автоматизації процесу аналізу знімків, розширенню наборів даних, компенсуючи нестачу реальних клінічних даних.

Генеративні змагальні мережі (Generative Adversarial Networks, GAN) – це тип штучних нейронних мереж, який дозволяє генерувати реалістичні дані на основі аналізу великих вибірок. Самі ж мережі були створені у 2014 році американським дослідником в галузі машинного навчання Яном Гудфелоу та його колегами.

Основний принцип GAN полягає в конкуренції двох нейромереж – генератора і дискримінатора. Генератор створює дані у бажаній формі, намагається створити зображення, максимально подібне до оригінального, щоб обдурити дискримінатор, тоді як дискримінатор намагається розрізнити справжні дані від синтезованих, порівнює зображення, оброблене генератором з вихідним зображенням. У ході навчання генератор виробляє зображення, що майже не відрізняються від справжніх, що є основною метою генеративних змагальних мереж.

Вони застосовуються в галузях, пов'язаних із зображеннями, відіграють велику роль у медицині, зокрема у покращенні діагностики, синтезі медичних зображень та моделюванні біологічних процесів. Особливе значення GAN мають у такій сфері, як медична візуалізація, оскільки дозволяють покращити роздільну здатність зображень МРТ, комп'ютерній томографії (КТ), рентгенографії задля ранньої діагностики захворювань. Варто зазначити, що отримання якісних медичних зображень є важливим для виявлення дрібних структур в організмі людини, а покращення якості зображень вимагає підвищення дози радіації у деяких медичних пристроях, що може збільшити ризик розвитку раку у пацієнтів. До того ж, рухи пацієнта створюють шум в цих пристроях, що спонукає науковців знайти спосіб, що знизить дозу рентгенівського опромінення пацієнтів, наприклад, при КТ. При цьому, потрібно, щоб не погіршувалася точність та співвідношення сигнал-шум (SNR) на КТ-зображеннях. Для вирішення цих проблем було використано GAN, яке дозволило створення високоякісних низькодозових КТ-знімків органів з меншою кількістю шуму і артефактів, без значних обчислювальних навантажень.

Основні напрямки використання таких мереж у медичній візуалізації (рис.1):

1) Сегментація медичних знімків, що використовується як метод автоматичного розпізнавання та виділення певних органів або патологій на зображеннях.

2) Реконструкція, що є процесом, у якому модель відтворює зображення з неповних або пошкоджених даних. У GAN реконструкція часто передбачає створення високоякісних знімків із низькороздільних, зашумлених вхідних даних.

3) Аугментація знімків, що використовується в обробці даних, за умови коли обсяг даних обмежений, а різноманітність клінічних випадків критично важлива, аугментація незамінна. Вона включає застосування різних перетворень, таких як обертання, масштабування, генерування нових навчальних прикладів та модифікацію існуючих моделей машинного навчання.

4) Реєстрація зображень, що передбачає вирівнювання кількох знімків одного й того ж об'єкта, отриманих у різний час чи за допомогою різних методів, що сприяє мультимодальному поєднанню даних з різних джерел для комплексної діагностики. Часове вирівнювання допомагає відстежувати прогрес захворювань та ефективність лікування.

5) Синтез зображень – це техніка, що використовує дані мережі для створення синтетичних зображень, які мають характеристики, подібні до реальних даних пацієнтів. Синтез зображень допомагає подолати проблему браку даних, забезпечує збереження конфіденційності пацієнтів, оскільки чим більший набір даних, тим краще система навчається і тим точнішими будуть її рішення.



Рисунок 2 – Напрямки роботи генеративних мереж

Попри значні переваги, використання генеративних мереж при візуалізації медичних даних стикається з рядом викликів, серед яких: ризик генерації некоректних зображень, висока обчислювальна складність, етичні та правові питання та необхідність великих обсягів медичних даних, що є конфіденційними і це ускладнює доступ до них.

Отже, генеративні змагальні мережі відкривають нові можливості у сфері медицини, популярність GAN та мереж на їх основі зростає як засіб вирішення проблеми нестачі великих наборів даних у медичній візуалізації. Синтетичні медичні зображення, створені за допомогою цих мереж, сприятимуть підвищенню надійності процесів діагностики та лікування завдяки розширенню наборів даних. Незважаючи на виклики, ця технологія має потенціал стати одним із ключових інструментів у медицині майбутнього.

## АНАЛІЗ ДНК ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ РАКОВИХ МУТАЦІЙ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

**Маргаза Дар'я Юрїївна,**  
студентка, ДТЕУ  
[margazadaria@gmail.com](mailto:margazadaria@gmail.com)

*Прогрес у сфері секвенування ДНК та розвиток методів штучного інтелекту (ШІ) відкривають нові можливості для виявлення онкогенних мутацій на ранніх їх стадіях. У даній роботі розглядаються сучасні алгоритми глибокого навчання, а також машинного навчання, які застосовуються для аналізу генетичних змін. Також проведено огляд баз даних мутацій та оцінено ефективність різних моделей. На додаток до цього, запропоновано методологію обробки даних ДНК, використовуючи алгоритми Random Forest та глибокі нейронні мережі. Застосування цих підходів може значно покращити точність діагностики та персоналізоване лікування онкологічних захворювань.*

*Progress in the field of DNA sequencing and the development of artificial intelligence (AI) methods open up new opportunities for the detection of oncogenic mutations in their early stages. This paper reviews modern deep learning algorithms, as well as machine*

*learning, used to analyze genetic changes. A review of mutation databases is also conducted and the effectiveness of various models is evaluated. In addition, a methodology for processing DNA data using Random Forest algorithms and deep neural networks is proposed. The use of these approaches can significantly improve the accuracy of diagnostics and personalized treatment of cancer.*

Онкологічні захворювання є однією з головних причин смертності у світі, і їх чисельність лише продовжує зростати. Генетичні мутації відіграють ключову роль у розвитку раку, оскільки можуть призводити до неконтрольованого поділу клітин. Саме тому розвиток методів виявлення їх на ранніх стадіях є критично важливим для покращення ефективності терапії.

Традиційні методи аналізу ДНК, такі як секвенування наступного покоління (NGS) та полімеразна ланцюгова реакція (PCR) дозволяють з високою точністю виявляти мутації, однак вони потребують значних ресурсів, що обмежує їх широкомасштабне застосування. Саме тому новітні підходи, засновані на штучному інтелекті, здатні доповнити або навіть замінити деякі традиційні методи, значно прискоривши процес аналізу та зменшивши ймовірність помилкових діагнозів.

## 1 Методи виявлення мутацій ДНК

### 1.1 Традиційні методи секвенування

Одним із основних і точних методів є секвенування за Сенгером. Він дозволяє визначати точну послідовність ДНК, але є занадто повільним для аналізу великих обсягів даних.

Більш сучасним є метод Next-Generation Sequencing (NGS), здатний паралельно секвенувати мільйони фрагментів ДНК, що значно пришвидшує процес.

Ще одним методом є Whole-Exome Sequencing (WES) метод, який використовується для аналізу екзонів, де розташована більшість мутацій, що впливають на функції білків.

Попри усю ефективність цих методів, вони генерують величезні обсяги даних. Саме тому з'являється необхідність застосування алгоритмів ШІ.

### 1.2 Використання штучного інтелекту в аналізі мутацій

Методи штучного інтелекту дозволяють швидко аналізувати великі масиви генетичних даних та виявляти закономірності, які складно помітити людині.

Глибоке навчання (Deep Learning), що включає в себе конволюційні (CNN) та рекурентні (RNN) нейронні мережі ефективно обробляють графічні представлення мутацій, визначаючи аномальні патерни, та виявляють мутації, які можуть спричинити зміни в експресії генів.

Алгоритми машинного навчання (ML), до яких входять Random Forest, XGBoost і Support Vector Machines (SVM) здатні класифікувати мутації за рівнем ризику та передбачати їх вплив на функції білків.

Використання цих методів дає змогу не лише автоматизувати процес аналізу, а й значно підвищити його точність.

## 2 Практичне застосування: класифікація мутацій за допомогою Random Forest

Щоб продемонструвати ефективність машинного навчання, розглянемо алгоритм Random Forest, який використовується для класифікації мутацій за рівнем онкогенного ризику.

```
# Генеруємо залежності, які відображають реальні патерни мутацій
n_samples = 1000
genes = ["TP53", "BRCA1", "BRCA2", "EGFR", "KRAS"]
mutation_types = ["Missense", "Nonsense", "Frameshift", "Silent"]

# Логіка для визначення класу мутації
def assign_class(gene, mutation_type):
    if gene == "TP53" and mutation_type in ["Missense", "Nonsense"]:
        return "Pathogenic"
    if gene in ["BRCA1", "BRCA2"] and mutation_type in ["Frameshift", "Nonsense"]:
        return "Pathogenic"
    if gene == "EGFR" and mutation_type == "Missense":
        return "Pathogenic"
    return "Benign"

# Генеруємо дані
data = []
for _ in range(n_samples):
    gene = np.random.choice(genes)
    mutation_type = np.random.choice(mutation_types)
    mutation_freq = np.random.uniform(5, 70)
    impact_score = np.random.uniform(1, 10)
    mutation_class = assign_class(gene, mutation_type) # Використовуємо нашу функцію
    data.append([gene, mutation_type, mutation_freq, impact_score, mutation_class])

# Створюємо DataFrame
df = pd.DataFrame(data, columns=["Gene", "Mutation_Type", "Mutation_Frequency", "Impact_Score", "Mutation_Class"])

# Кодуємо текстові значення у числа
df["Gene"] = df["Gene"].astype("category").cat.codes
df["Mutation_Type"] = df["Mutation_Type"].astype("category").cat.codes
df["Mutation_Class"] = df["Mutation_Class"].map({"Benign": 0, "Pathogenic": 1})

# Визначаємо кореляцію ознак
plt.figure(figsize=(6, 4))
sns.heatmap(df.corr(), annot=True, cmap="coolwarm", fmt=".2f")
plt.title("Кореляція ознак")
plt.show()

# Розбиття на тренувальні та тестові дані
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(df.drop(columns=["Mutation_Class"]),
                                                    df["Mutation_Class"], test_size=0.2, random_state=42)

# Покращений Random Forest
model = RandomForestClassifier(n_estimators=500, max_depth=10, min_samples_split=5, class_weight="balanced", random_state=42)
model.fit(X_train, y_train)

# Оцінка точності
y_pred = model.predict(X_test)
print("Accuracy:", accuracy_score(y_test, y_pred))
print("Classification Report:\n", classification_report(y_test, y_pred))
```

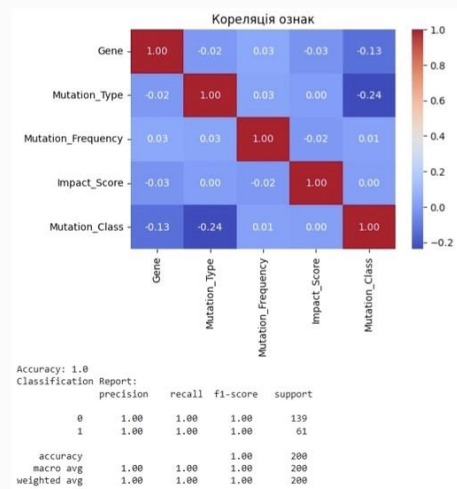


Рисунок 1 – Класифікація мутацій за допомогою Random Forest

Як бачимо, модель показала результат із точністю у 100%, яку можуть не мати більшість традиційних методів.

Використання штучного інтелекту в аналізі ДНК відкриває нові перспективи для раннього виявлення раку. Глибокі нейронні мережі та алгоритми машинного навчання дозволяють обробляти величезні масиви даних, значно підвищуючи точність діагностики. Подальші дослідження у цій сфері можуть сприяти розробці персоналізованих підходів до лікування онкологічних захворювань.

## ВИЗНАЧЕННЯ СТРУКТУРИ ПРОМИСЛОВОГО ВИКОРИСТАННЯ СЕРВІСІВ ГЕНЕРАТИВНОГО ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

**Павленко Єгор Вікторович,**

аспірант, НТУ «ДП»

[Pavlenko.Yeh.V@nmu.one](mailto:Pavlenko.Yeh.V@nmu.one)

**Гнатушенко Володимир Володимирович,**

проф., д-р. техн. наук, НТУ «ДП»

[hnatushenko.v.v@nmu.one](mailto:hnatushenko.v.v@nmu.one)

*Робота присвячена дослідженню структури та наповненості сервісами, які разом з інтерфейсами до великих мовних моделей створюють систему для використання генеративного штучного інтелекту (ШІ) в практичних задачах бізнесу. Проведено аналіз проблем використання наявних реалізацій інтерфейсів до генеративного ШІ. Запропоновані попередній набір та можлива структура сервісів.*

*The work is dedicated to studying the structure and service composition that, together with interfaces to large language models, will create a system for utilizing generative artificial intelligence (AI) in practical business tasks. An analysis of the challenges in using existing implementations of interfaces to generative AI has been conducted. A preliminary set and a possible structure of services have been proposed.*

Відомий сервіс спілкування з генеративним штучним інтелектом ChatGPT був запущений наприкінці листопада 2022 року. GPT-4 був представлений в березні 2023 року. За цей період GPT пройшов шлях від забавки, до інструменту, який намагаються інтегрувати у свої продукти підприємства, стартапи та розробники по всьому світу. Зазвичай, першим кроком є створення прототипу. Створити прототип на базі сервісів спілкування з генеративним ШІ від різних лабораторій досить легко. Але, перехід від прототипу до промислового використання часто є серйозним викликом. Під промисловим використанням розуміється факт застосування ШІ в бізнес-процесах підприємств з достатньою надійністю результатів та економічним сенсом. Впровадження може бути складним, значною мірою через імовірнісну природу цих моделей. В роботі запропоновано набір по наповненню та вибору структури сервісів, які разом у взаємодії зі ШІ, створять

систему, здану до промислового використання. Розглянемо запропоновану на рисунку 1 схему.

## Production AI-assisted System

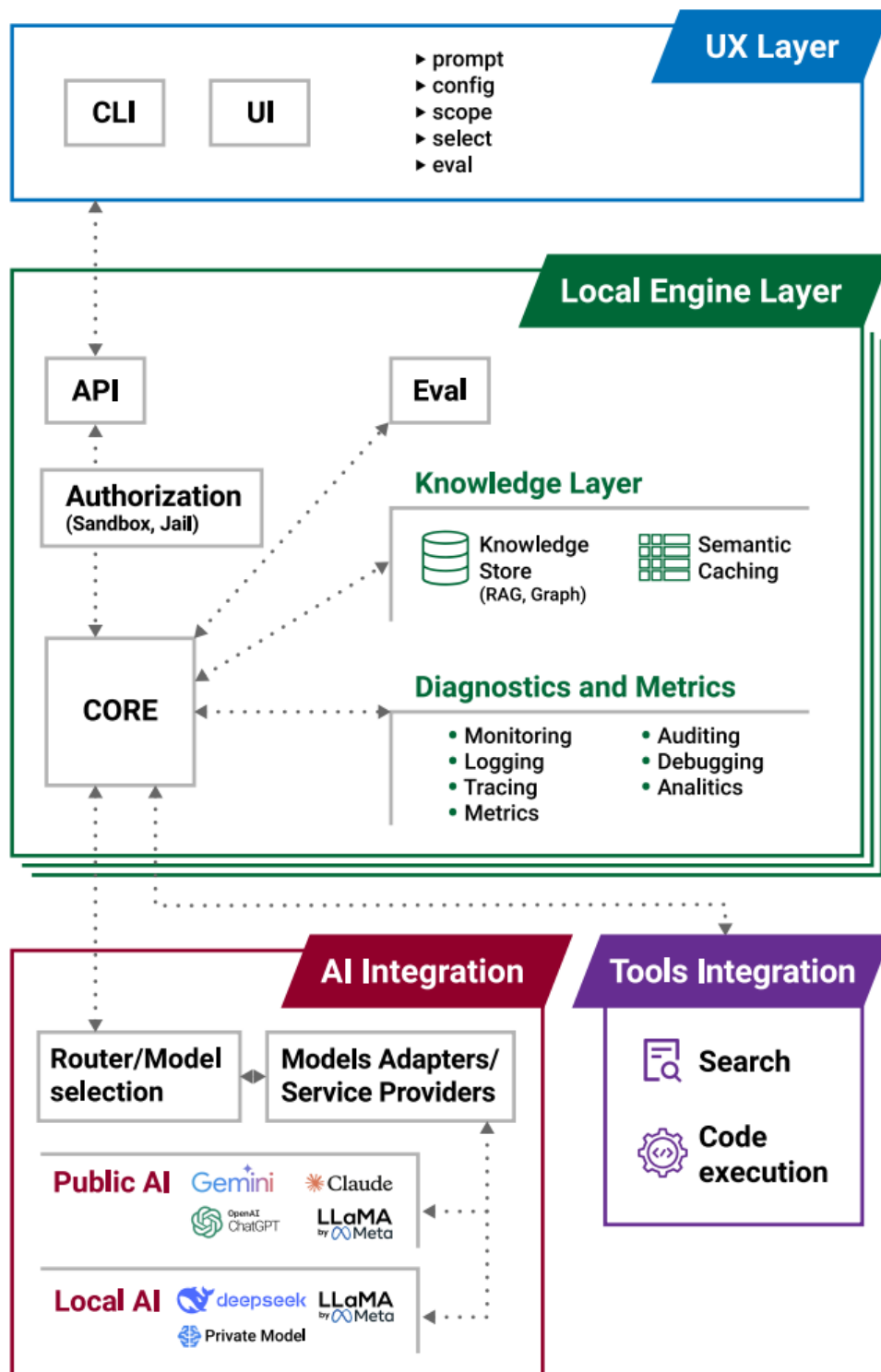


Рисунок 1 – Запропонована структура сервісів

*Користувацький досвід (UX Layer).* За причини недоліків генеративного ШІ на великих мовних моделях, які заважають отримувати надійний та детермінований результат, вважаємо за доцільне будувати не автоматичну систему, а систему-

помічника для людини. Людина залишається відповідальним за кінцевий результат, оцінює відповіді, які пропонує ШІ, вказує задачу та обмеження.

«Локальна» обчислювальна підсистема (*Local Engine Layer*). Головна підсистема. Оркестратор всієї системи. Складається з елементів: - API для взаємодії з системою; - Core — ядро – оркестратор; - Eval — автоматизована система оцінювання відповідей моделей.

*Knowledge Layer* — шар знань про проєкт, що включає в себе підготовлені та оброблені дані проєкта. Можуть імплементувати RAG, графові бази знань, інші системи. До цієї системи можна також віднести семантичний кеш викликів ШІ, хоча він також відноситься до системи інтеграції ШІ.

*Diagnostics and Metrics* — промислова (професійна) система має включати системи логування, відстежування виконання та моніторингу. Також для розробки і аналізу має бути присутня можливість робити debug та збирати статистику.

*Authorization (Sandbox, Jail)* — для промислової системи може стати важливим розділення прав доступу до інформації підприємства. Додатково, в систему діагностики має входити можливість аудиту.

*Інтеграція мовних моделей (AI Integration)*. Інтерфейси до мовних моделей відрізняються. Для нівелювання цих відмінностей та побудови взаємодії з сервісами мовних моделей використовуються “Models Adapters/Service Providers” для зменшення затримки відповіді, та оптимізації використання коштів використовується компонента “Router/Model selection”, яка працює разом з “Semantic Caching”.

*Інтеграція інструментів (Tools Integration)*. Для доповнення можливостей системи їй надається можливість оперувати різними інструментами. Інтеграція може відбуватись за допомогою Model Context Protocol (MCP).

Таким чином, нами запропоновано структуру та розглянуто наповнення системи сервісів, що має забезпечити достатню надійність результатів та економічний сенс використання ШІ в бізнес-процесах підприємств.

## СЕКЦІЯ 5: БІОМЕДИЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ

### PROTEINS FUZZY RECOGNITION IN POPULATION GENETICS ELECTROPHORESIS EXPERIMENTS

**Yu. B. Olevska,**

associate professor, PhD, docent, Dnipro University of Technology

[olevska.yu.b@nmu.one](mailto:olevska.yu.b@nmu.one)

**V. I. Olevskiy,**

professor, DSc, professor, Dnipro University of Technology

[olevskiy.v.i@nmu.one](mailto:olevskiy.v.i@nmu.one)

*Показано ефективність розробленого авторами методу нечіткого аналізу при обробці даних гель-електрофорезу тканин дощових черв'яків. Вивчався вплив лазерного випромінювання на зміну генотипу популяції черв'яків. Щоб підтвердити цей ефект, необхідно було встановити появу нових або зникнення існуючих білків у межах доказової біології. Використання запропонованої методики дозволяє визначити наявність цього ефекту.*

*The effectiveness of the fuzzy analysis method developed by the authors in the processing of gel electrophoresis data of earthworm tissues is shown. The effect of laser radiation on changing the genotype of the worm population was studied. To confirm this effect, it was necessary to establish the appearance of new or the disappearance of existing proteins within evidence-based biology. The use of the proposed technique allows you to determine the presence of this effect.*

The most promising direction for the computational biology development is recognition of high-molecular substances because of the sensitivity of the recognition procedure to noise and deviations. We have developed a fuzzy method for processing protein gel- electrophoresis data under denaturing conditions, which allows us to draw conclusions about the range of mass values of the protein under study, taking into account the uncertainty of the marker position and protein trace. This paper analyzes the practical application of this method for protein recognition in earthworm populations.

One of the methods for improving soil fertility in agriculture is vermicultivation of bio humus using *Eisenia foetida* worms of the Lumbricidae family. To assess resistance to stress and associated genetic modifications that ensure the formation of new qualities in the population, animals were irradiated with a laser. Soil and sapropel samples were tested for germination after biotransformation by worms which were exposed to an LGN-208B laser with a wavelength of 0.63  $\mu\text{m}$  and a radiation power of 1 mW. Bio humus obtained from animals of these groups was used for wheat germination, and we obtained the dependence of the percentage of grown grains on the time of irradiation. A threefold increase in germination was found exactly in those samples that were transformed by 10-15 minutes irradiated animals.

It has been suggested that the improvement in bio humus quality is due to either the presence of new proteins or the absence of some existing proteins in irradiated worms compared to non-irradiated ones. To test this hypothesis, the biological material of the worms was studied using electrophoretic method. A fuzzy analysis of the results was performed for populations after 15-minute irradiation for sapropel and soil (Figure 1).

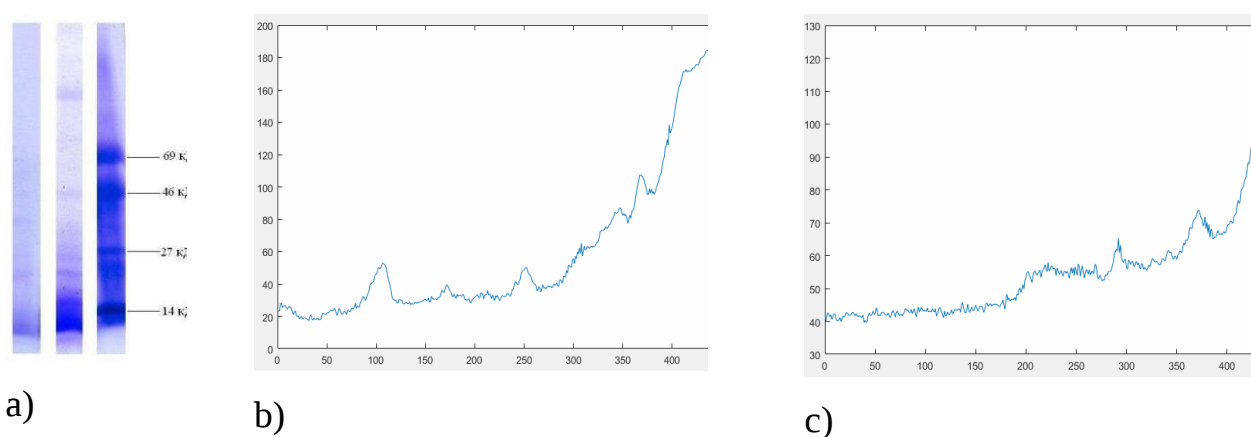


Figure 1 – Data processing for 15-minute irradiation (axes in pixels):

- a) input electrforegramm of biological material of the parent form (left strip), the new generation (in the middle) and markers of known proteins (on the right);
- b) intensity profile for new generation;
- c) intensity profile for parent forms.

The results of the study do not allow the hypothesis to be completely tested using only biological methods due to the closeness of various proteins of the parental forms and the new generation of worms, so mathematical processing of the results is necessary. Each electropherogram contained samples of biological material of the parent form, the new generation and markers of known proteins.

In our method, we consider the correspondence of proteins as the overlap of their membership functions, which makes it possible to obtain mass boundaries for such proteins (Figure 2). The overlap boundary has intersection points where its derivative has a first-order discontinuity. For coincidental proteins, the overlap reaches a level of 0.95 and even more, and we can obtain refined protein boundaries using level lines.

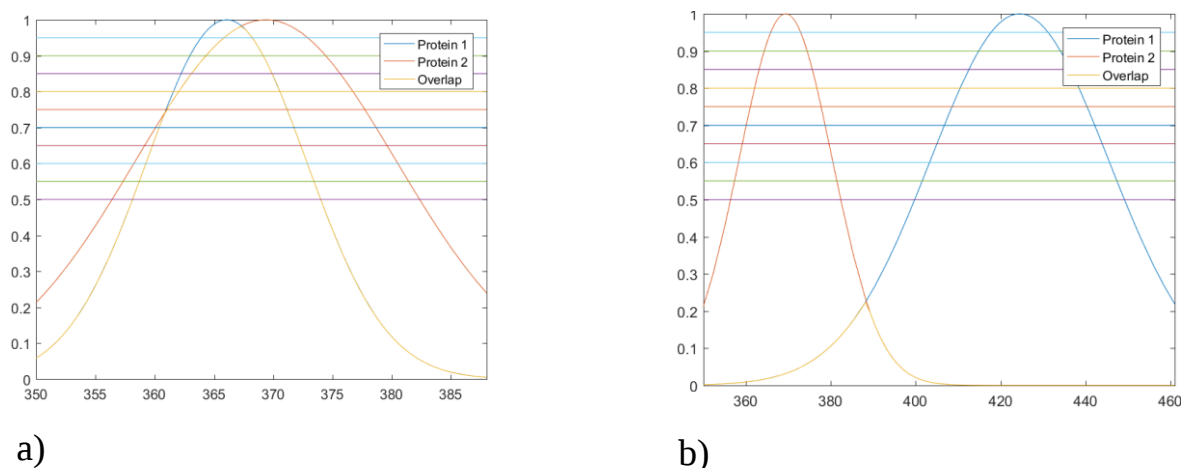


Figure 2 – Examples of overlap for membership functions of visually matching proteins in different cases (horizontal axis is in pixels): a) match; b) mismatch.

Thus, after processing the experimental data, the initial hypothesis can be considered proven in a fuzzy sense. Further research should be aimed at refining the method and correctly expanding the necessary experimental data. The effectiveness of the fuzzy analysis method developed by us in processing the data of gel electrophoresis of earthworm tissues is demonstrated. The results of an experiment to study the effect of laser radiation on changes in the genotype of a population of worms were processed. The input hypothesis about the presence of altered proteins in the irradiated worms of the new generation can be presented as proven in a vague sense. Using our method allows us to determine the presence and reliability of this effect.

## ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ЦИФРОВОЇ МЕДИЦИНИ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ТА КОРЕКЦІЇ ВПЛИВУ НЕГАТИВНИХ ФАКТОРІВ НА ПСИХОСОЦІАЛЬНИЙ СТАН ЛЮДИНИ

**Бєлов Володимир Михайлович,**

проф., д-р мед. наук, Інститут інформаційних технологій та систем НАНУ  
[motj@ukr.net](mailto:motj@ukr.net)

**Кіфоренко Світлана Іванівна,**

пр.н.сп., д-р біол.наук, Інститут інформаційних технологій та систем НАНУ  
[skifor@ukr.net](mailto:skifor@ukr.net)

**Лавренюк Микола Васильович,**

доцент, канд. ф-мат. наук, Інститут інформаційних технологій та систем НАНУ  
[mykolalav@ukr.net](mailto:mykolalav@ukr.net)

**Гонтар Тетяна Михайлівна,**

пр.н.сп., канд. біол.наук, Інститут інформаційних технологій та систем НАНУ  
[gtn\\_kiev@ukr.net](mailto:gtn_kiev@ukr.net)

**Козловська Вікторія Олександрівна,**

аспірантка, Інститут інформаційних технологій та систем НАНУ  
[vittoria13apr@gmail.com](mailto:vittoria13apr@gmail.com)

*Наукове дослідження спрямовано на розробку комплексного підходу до оцінки та корекції психологічного стану людини що перебуває за умов негативного впливу стресогенних, в тому числі і глобальних психогенних факторів. Надання психологічної підтримки особам, які перебувають в таких умовах – багатоаспектна і досить складна проблема. Вважаємо за доцільне залучити до її розв'язання засоби сучасних інформаційних технологій. Розробка запропонованої інформаційно-комп'ютерної технології включає методи оперативної діагностики психологічного стану людини, методи кваліфікаційного підбору корегувальних і реабілітаційних заходів з залученням при цьому вольових можливостей постраждалих з урахуванням їх характерологічних властивостей та силі особистого «Я».*

*The scientific research is aimed at developing a comprehensive approach to assessing and correcting the psychological state of a person who is under the negative influence of stressogenic, including global psychogenic factors. Providing psychological support to*

*people who are in such conditions is a multifaceted and rather complex problem. We consider it advisable to involve modern information technology in its solution. The development of the proposed information and computer technology includes methods of operational diagnostics of a person's psychological state, methods of qualified selection of corrective and rehabilitation measures with the involvement of the volitional capabilities of the victims, taking into account their characterological properties and the strength of the personal "I".*

В центрі уваги наших розробок – проблема створення комп'ютерної системи підтримки прийняття діагностичних і реабілітаційних рішень, що пов'язані з психогеніями. Враховуючи обставини і стан, в якому наразі перебуває сучасне суспільство в Україні, потреба в розробленні і удосконаленні доступу до психологічної підтримки стає вкрай необхідною. На наш погляд, розробка методів оперативної діагностики психологічного стану людини, кваліфікаційний підбір корегувальних, реабілітаційних заходів вимагає активне залучення індивідуальних вольових можливостей людини, урахування характерологічних властивостей та їх силовий прояв. Саме характер є тим визначальним ключовим фактором, що формує поведінку особистості в складних ситуаціях і визначає напрямок його подальшої життєдіяльності.

Завданнями дослідження були: розроблення методів оцінювання психосоціального стану здоров'я людини з урахуванням психогенних травм різної етіології; розроблення комплексу комп'ютерних програм автоматизованого тестування для експрес-діагностики психосоціального стану здоров'я людини; розроблення алгоритму та комп'ютерної програми для оцінювання характеру особистості «ТОХО-20»; розроблення комп'ютерної системи підтримки прийняття рішень щодо реабілітації психосоціального стану здоров'я людини з урахуванням характерологічних властивостей.

Архітектура та функціональне наповнення розробленого програмного комплексу має модульну структуру, у складі якої містяться модулі: інформаційні, формально-логічні (що реалізують та синхронізують зв'язки та відносини) та

модулі, що реалізують користувальницький інтерфейс. Робота виконана в середовищі розробки Embarcadero RAD Studio на мові програмування DELPHI. Загальна принципова структура, яка була закладена в програмне забезпечення для реалізації, надана на рис.1. Інформаційний ресурс представлено спеціалізованими базами даних, розкласифікованими за певними критеріями. При цьому використано технологію реляційного моделювання, згідно з якою інформаційними модулями є ієрархічно організовані електронні таблиці, узгоджена взаємодія між якими підтримується спеціальними програмними процедурами та реалізується за допомогою системи управління базами даних. Зберігання інформації та обмін даними між модулями здійснюється за допомогою файлової системи та динамічно завантажуваних бібліотек (DLL). Інтерактивний інтерфейс підтримує діалог користувача з програмою, реалізує візуалізацію діагностично-реабілітаційної інформації, забезпечує можливість доступу до списків типів реабілітаційних заходів та вибору конкретних дій оздоровлення залежно від силового прояву властивостей характеру.

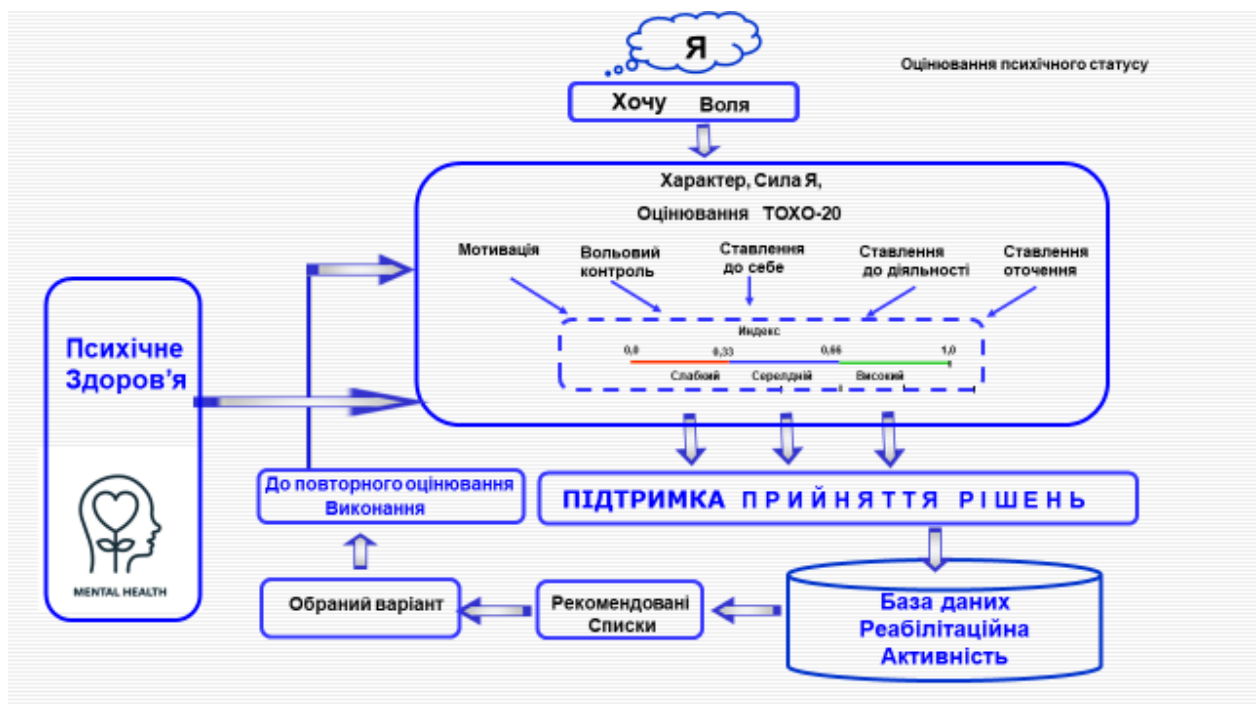


Рисунок 1 – Загальна принципова структура системи підтримки прийняття реабілітаційних рішень з урахуванням особливостей характеру

Створення сучасної інформаційної технології цифрової медицини для оцінювання та корекції впливу психогенних факторів на психосоціальний стан людини надасть можливості зробити процес виявлення, оцінювання, моніторингу та корекції цих змін більш прогнозованим, а можливо і керованим. Запропонована комплексна система експрес-тестування, інформаційної оцінки стану психічного статусу здоров'я та його корегування базується переважно на використанні здоров'язберігаючих технологій як альтернативи медикаментозним технологіям, обмежує споживання ліків при захворюваннях та девіантних порушеннях, зменшує строки перебування в лікувальних закладах, пом'якшує процес переходу на інвалідність. Ефект реабілітації залежить від ступеня включення самого пацієнта в оздоровчий процес, від його усвідомленого прагнення позбутися небажаних наслідків впливу стресогенних факторів. Результати роботи можуть бути широко впроваджені в лікувальні та реабілітаційні заклади.

## АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ВИГОТОВЛЕННЯ СПИННИХ ІМПЛАНТІВ

**Тузенко Ольга Олександрівна,**  
доц., канд. техн. наук, ДВНЗ «ПДТУ»  
[tuzenkooa@gmail.com](mailto:tuzenkooa@gmail.com)

**Костогриз Микита Іванович,**  
студент групи ВТ-21, ДВНЗ «ПДТУ»  
[kostnikita2003@gmail.com](mailto:kostnikita2003@gmail.com)

*У роботі розглянуто актуальну проблему автоматизації процесу виготовлення спинних імплантів, зокрема – розпізнавання та перевірки батч-номерів. Запропоновано систему комп'ютерного зору, яка використовує методи машинного навчання, нейронні мережі, виявлення об'єктів і оптичне розпізнавання символів для ідентифікації маркування на поверхні імплантів. Такий підхід дозволяє зменшити потребу в ручному контролі, підвищити точність і швидкість перевірки. В роботі підкреслено важливість забезпечення можливості*

*простежити виробів у контексті медичних стандартів безпеки. Інтеграція запропонованої системи у виробничий цикл сприяє підвищенню ефективності та якості продукції.*

*This work addresses the urgent problem of automating the manufacturing process of spinal implants, with a focus on the recognition and verification of batch numbers. A computer vision system is proposed that utilizes machine learning methods, neural networks, object detection, and optical character recognition to identify markings on the implant surface. This approach reduces the need for manual control and improves the accuracy and speed of verification. The study emphasizes the importance of product traceability in accordance with medical safety standards. Integration of the proposed system into the production cycle enhances both efficiency and product quality.*

На теперішній час актуальним та важливим напрямом, що сприяє покращенню якості життя пацієнтів та розвитку технологій у медичній сфері, є виробництво різних сімейств спинних імплантів. Останні десятиліття можна спостерігати збільшення кількості захворювань хребта. Це пов'язано зі старінням населення та збільшення кількості людей із сидячим способом життя. Також зростає кількість захворювань хребта, таких як остеохондроз, грижі дисків та інші дегенеративні зміни. Сучасні технології, такі як 3D-друк або автоматизовані верстати та нові матеріали (наприклад, біосумісні полімери та титани), дозволяють створювати імпланти, які краще відповідають анатомії пацієнта та мають покращені біомеханічні властивості. Розвиток хірургічних технік потребує створення більш інноваційних та ефективних спинних імплантів, що робить їх виробництво важливим напрямом. Зі збільшенням інтересу до персоналізованої медицини зростає потреба в індивідуально виготовлених імплантах, які враховують особливості конкретного пацієнта. Постійне проведення клінічних випробувань та досліджень у галузі спинних імплантів дозволяє покращувати їх ефективність та безпеку, що підвищує інтерес до їх виробництва. Позитивний результат операції з імплантами та термін їхньої служби визначається грамотністю підбору моделей. Значення мають матеріал виробу, його розмір та форма. Ці характеристики

підбирають до кожного з пацієнтів в індивідуальному порядку, враховуючи його анатомічні особливості.

Однією з найбільших світових компаній у галузі медичних технологій є Medtronic, яка активно займається науковими дослідженнями та розробками, прагнучи покращувати існуючі технології та створювати нові рішення для медичної практики. Компанія працює у більш ніж 150 країнах та спеціалізується на розробці та виробництві медичних пристроїв, технологій та рішень, які допомагають лікувати різні захворювання та покращувати якість життя пацієнтів.

Процес виготовлення імплантів включає: підготовку сировини; механічну обробку матеріалу; виготовлення імпланту з вставленням штифту; гравіювання імпланту; фінішну обробку; перевірку та контроль якості пакування; підготовку до відправки. Під час обробки матеріалів можуть виникати різноманітні дефекти, які здатні вплинути на якість готового виробу. Основними видами дефектів є: забруднення матеріалу; недоліки на поверхні імпланту; відхилення штифта імпланту; дефекти гравіювання. Виявлення дефектів має відбуватися якомога раніше, щоб зменшити їхній вплив на кінцевий продукт і забезпечити безпеку пацієнтів. Раннє виявлення дефектів дозволяє уникнути додаткових витрат і затримок, пов'язаних із переробкою чи заміною дефектних імплантів.

Одним із ключових етапів у виробництві імплантів є нанесення унікального номера партії (батч-номера) на поверхню імпланту. Цей процес здійснюється за допомогою лазерного або механічного гравіювання, що забезпечує чіткість і тривалу стійкість нанесеного номера. Гравіювання дозволяє швидко ідентифікувати імплант, забезпечуючи його простежуваність та відповідність вимогам контролю якості.

Батч-номер є ідентифікатором групи продукту, наданим виробником для забезпечення повної простежуваності та контролю якості. Точне відстеження батч-номерів є критично важливим для дотримання нормативних вимог, запобігання змішуванню продукції та забезпечення безпеки пацієнтів.

Головною метою дослідження є створення системи, яка автоматизує процес розпізнавання та перевірки батч-номерів, зменшуючи потребу в ручному втручанні

і одночасно підвищуючи точність, швидкість і якість виробництва. Робота фокусується на розробці системи комп'ютерного зору для ідентифікації та верифікації батч-номерів, а також на інтеграції цієї системи у виробничий процес. Застосовуючи методи машинного навчання, нейронні мережі, виявлення об'єктів та оптичне розпізнавання символів, система має на меті забезпечити точну перевірку батч-номерів на поверхні імплантів.

## РОЛЬ, ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ЗАСТОСУВАННЯ КЕРАМІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ У ІМПЛАНТАХ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ СЛУХУ

**Хоменко Олена Сергіївна,**

доцент, канд. техн. наук, ДВНЗ «УДУНТ»

[o.s.khomenko@ust.edu.ua](mailto:o.s.khomenko@ust.edu.ua)

**Зайчук Олександр Вікторович,**

професор, д-р техн. наук, ДВНЗ «УДУНТ»

[o.v.zaichuk@ust.edu.ua](mailto:o.v.zaichuk@ust.edu.ua)

**Амеліна Олександра Андріївна,**

доцент, канд. техн. наук, ДВНЗ «УДУНТ»

[o.a.amelina@ust.edu.ua](mailto:o.a.amelina@ust.edu.ua)

**Кольцова Ярослава Іванівна,**

доцент, канд. техн. наук, ДВНЗ «УДУНТ»

[ya.i.koltsova@ust.edu.ua](mailto:ya.i.koltsova@ust.edu.ua)

*В роботі показана принципова можливість зниження температури спікання алюмооксидної кераміки, яка застосовується при виготовленні біоінертних імплантів для відновлення слуху. Спосіб передбачає модифікацію кераміки шляхом додавання скла магнійалюмосилікатної евтектичної системи до 12 мас.%. При нагріванні скло інтенсифікує рідкофазне спікання, знижуючи температуру випалу. В той же час, при охолодженні за заданим режимом, сприяє утворенню кордієриту, що підвищує міцність матеріалу. Результати досліджень являють як науковий, так і практичний інтерес для біомедичної інженерії, оскільки свідчать про започаткування нових для аудіології та отології матеріалів.*

*The paper shows the fundamental possibility of reducing the sintering temperature of aluminium oxide ceramics used for the manufacture of bioinert implants for hearing restoration. The method involves modifying the ceramic by adding glass of a magnesium-alumina-silica eutectic system up to 12 wt%. When heated, the glass intensifies liquid-phase sintering, reducing the firing temperature. At the same time, when cooled according to a given regime, it promotes the formation of cordierite, which increases the strength of the material. The research results are of both scientific and practical interest for biomedical engineering, as they indicate the development of new materials for audiology and otology.*

Керамічні матеріали відіграють важливу роль у відновленні слуху, особливо при хірургічному лікуванні приглухуватості. Вони використовуються для виготовлення імплантів, протезів та інших медичних пристроїв, оскільки мають високу біосумісність та достатню міцність, а задані властивості добре корегуються змінами в технологічному процесі виробництва таких матеріалів. При виготовленні керамічних імплантів для аудіології та отології принципово розрізняють два типи – біоактивна склокераміка та інертна високоміцна оксидна кераміка.

Біоактивна склокераміка – містить оксиди фосфору, натрію, кальцію і кремнію. Такий матеріал стимулює остеointegraцію (зрощення з кістковою тканиною) і використовується у виробництві кісткових імплантів для середнього вуха.

Оксидна кераміка на основі оксидів алюмінію та цирконію ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{ZrO}_2$ ) має інертні властивості до біологічного середовища, характеризується високою механічною міцністю та зносостійкістю. Такі матеріали використовуються у виготовленні протезів слухових кісточок (стремінця, коваделка, молоточка), в кохлеарних імплантах, як ізоляційний матеріал.

Керамічні матеріали для слухових імплантів мають численні переваги: висока біосумісність – не викликає відторгнення та алергічних реакцій, довговічність – не піддається корозії та має високу зносостійкість, стабільність – не змінює своїх властивостей у вологому середовищі організму, висока звукопровідність – покращує передачу звукових хвиль у внутрішнє вухо.

Разом із тим, існують і недоліки керамічних імплантів. Зокрема, крихкість матеріалів на основі оксидів  $\text{Al}_2\text{O}_3$  та  $\text{ZrO}_2$  можуть приводити до появи тріщин або поломки протезу при раптовому ударі чи навантаженні. Кераміка не має еластичності, що може бути проблемою для слухових кісточкових протезів, які повинні адаптуватися до мікрорухів у середньому вусі. Але одним з найбільших недоліків є складність у виготовленні та обробці таких матеріалів – виробництво мікропротезів зі складною геометрією вимагає високотехнологічних методів (лазерне різання, 3D-друк), а випадок потребує надзвичайно високих температур, що обмежує їх виробництво та збільшує вартість.

Метою даної роботи було поставлено дослідити вплив модифікації алюмооксидної кераміки скломатеріалом евтектичного кордієритового складу на її температуру синтезу та механічну міцність на стиск.

Для цього попередньо було отримане магнійалюмосилікатне скло, яке при повторній термічній обробці за певним режимом здатне до утворення кристалічної фази кордієриту –  $\text{Mg}_2\text{Al}_3[\text{AlSi}_5\text{O}_{18}]$ . Основна ідея додавання такого скломатеріалу в кераміку на основі глинозему полягала в тому, що скломатеріал при нагріванні розплавляється та стимулює рідкофазне спікання напівфабрикату при температурах, нижчих, ніж спікається матеріал без добавок. В процесі охолодження скломатеріал піддається керованій кристалізації з утворенням кордієриту, що сприяє формуванню механічно міцного матеріалу.

З одного боку відомо, що додавання  $\text{MgO}$  сприяє покращенню біосумісності матеріалу, а з іншого – переведення цього оксиду у зв'язану кристалічну форму, разом з частиною алюмінію і кремній оксиду, гальмує розчинення склофази, яка містить оксид алюмінію і могла б спричиняти токсичний ефект. Результати досліджень наведені в таблиці 1.

Із таблиці видно, що додавання скла до 12 мас. % дозволяє знизити температуру спікання кераміки на  $70\text{--}110^\circ\text{C}$ , при цьому механічна міцність матеріалу практично не змінюється, а для складів №3 та 4 навіть незначно збільшується.

Таблиця 1. Дослідження впливу скла кордієритового евтектичного складу на властивості глиноземистого керамічного матеріалу

| № складу | Вміст кордієритового скла, % | Температура спікання, °C | Водопоглинання, % | Механічна міцність на стиск, МПа |
|----------|------------------------------|--------------------------|-------------------|----------------------------------|
| 1        | Без добавок                  | 1680                     | 0,15              | 480                              |
| 2        | 4                            | 1655                     | 0,21              | 465                              |
| 3        | 8                            | 1590                     | 0,19              | 470                              |
| 4        | 12                           | 1570                     | 0,07              | 498                              |

І хоча температури випалу композиційного матеріалу на основі глинозему у цій роботі залишаються досить високими, отримані результати свідчать про перспективу досліджень, спрямованих на поєднання кордієритового скла та алюмооксидної кераміки. Керамічні матеріали продовжують удосконалюватися і залишаються перспективними у біомедичній технології для застосування у слухових імплантах та протезах.

## ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ WEMOS D1 MINI У СИСТЕМАХ БІОСЕНСОРИКИ

**Азархов Олександр Юрійович,**  
професор, докт. мед. наук, ДВНЗ «ПДТУ»  
[azarhov\\_a\\_y@pstu.edu](mailto:azarhov_a_y@pstu.edu)

**Сілі Іван Іванович,**  
доцент, канд. техн.наук, ДВНЗ «ПДТУ»  
[sili\\_i\\_i@pstu.edu](mailto:sili_i_i@pstu.edu)

WEMOS D1 MINI – це компактний мікроконтролер на базі ESP8266, що широко використовується в біоінженерних дослідженнях завдяки своїм можливостям бездротового зв'язку та низькому енергоспоживанню. Його стабільність залежить від якості живлення, температурних умов, електромагнітних перешкод та надійності Wi-Fi-з'єднання. Для оцінки роботи мікроконтролера необхідно проводити тестування напруги живлення, стабільності зв'язку та впливу зовнішніх факторів.

WEMOS D1 MINI is a compact microcontroller based on the ESP8266, widely used in bioengineering research due to its wireless communication capabilities and low power

consumption. Its stability depends on power quality, temperature conditions, electromagnetic interference, and Wi-Fi connection reliability. To assess the microcontroller's performance, it is necessary to test power voltage, connection stability, and the influence of external factors.

WEMOS D1 MINI є компактним мікроконтролером на базі ESP8266, що широко використовується для розробки вбудованих систем, Інтернету речей (IoT) і біоінженерних застосувань. Важливо оцінити стабільність його роботи в умовах використання з біосенсорами, оскільки біомедичні та біотехнологічні проекти вимагають високої надійності та точності вимірювань. WEMOS D1 MINI має наступні технічні характеристики: процесор ESP8266EX (32-бітний Tensilica L106, 80/160 МГц), 4 МБ Flash-пам'яті, підтримку Wi-Fi (2,4 ГГц), робочу напругу 3,3 В, низьке енергоспоживання та GPIO з підтримкою I2C, SPI, UART, PWM, ADC. Його стабільність у біоінженерних застосуваннях залежить від кількох факторів.

По-перше, живлення та енергоспоживання. Відомо, що WEMOS D1 MINI споживає малу кількість енергії, що є перевагою для автономних систем, але нестабільне живлення може спричинити збої у роботі. По-друге, температурна стабільність - робочий діапазон температур (-40°C до 125°C) дозволяє використовувати мікроконтролер у різних умовах, але підвищена температура може впливати на стабільність сигналу Wi-Fi та точність АЦП. По-третє, електромагнітні перешкоди - біоінженерні середовища, особливо в лабораторіях, можуть містити джерела електромагнітних перешкод, що можуть спричинити втрату з'єднання чи некоректні вимірювання. Ще одним важливим фактором є достовірність бездротового зв'язку, в умовах біоінженерних експериментів важлива надійність передачі даних, а Wi-Fi-з'єднання ESP8266 може бути нестабільним у насичених мережевих середовищах або при великих відстанях до точки доступу. Для оцінки стабільності WEMOS D1 MINI у біоінженерних застосуваннях слід використовувати такі методи: моніторинг напруги живлення за допомогою осцилографа, вимірювання стабільності Wi-Fi-з'єднання під час тривалого експерименту, аналіз впливу температури на точність АЦП, тестування в умовах підвищеного електромагнітного фону. У порівнянні трьох мікроконтролерів (рис.1.) – Arduino Uno, WEMOS MINI та STM Nucleo F042, при

підключенні сенсора до аналогових портів, було проведено тестування точності зчитування аналогових сигналів.

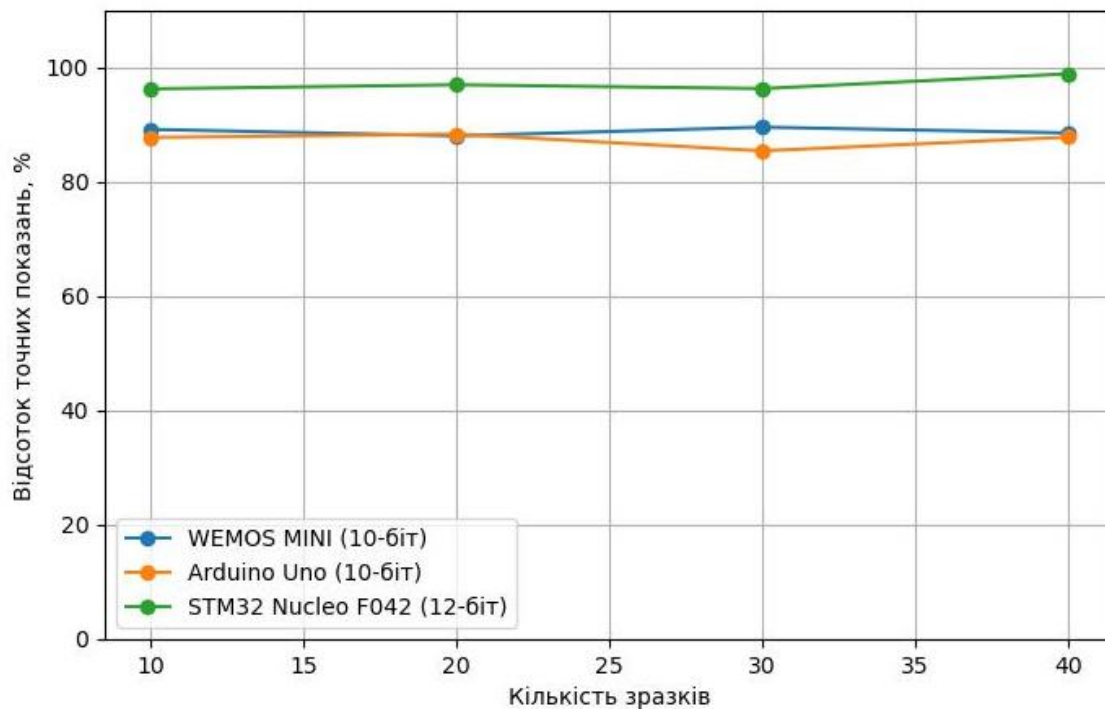


Рисунок 1 – Порівняння точності АЦП мікроконтролерів

Результати показали, що найкращу точність продемонстрував STM Nucleo. Однак, WEMOS MINI, показав достатньо добрі результати на рівні Arduino Uno для використання в біомедичних задачах, де точність не є критичною, а важливіші компактність та зручність інтеграції в системи з обмеженими ресурсами.

## ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ГЛИБОКОГО НАВЧАННЯ У ПІДТРИМЦІ ПРИЙНЯТТЯ КЛІНІЧНИХ РІШЕНЬ ПРИ ДІАГНОСТИЦІ СЕРЦЕВО- СУДИННИХ ЗАХВОРЮВАНЬ

**Коваленко Олександр Сергійович,**

професор, докт. мед. наук, Інститут інформаційних технологій та систем НАН  
України

[askov49@gmail.com](mailto:askov49@gmail.com)

**Козак Людмила Михайлівна,**

пр. наук. сп, докт. біолог. наук, Інститут інформаційних технологій та систем  
НАН України

[lmkozak52@gmail.com](mailto:lmkozak52@gmail.com)

**Лозовий Костянтин Сергійович,**

аспірант, Інститут інформаційних технологій та систем НАН України

[lmkozak52@gmail.com](mailto:lmkozak52@gmail.com)

**Білявенко Леонід Васильович,**

аспірант, Інститут інформаційних технологій та систем НАН України

[lmkozak52@gmail.com](mailto:lmkozak52@gmail.com)

**Азархов Олександр Юрійович,**

професор, докт. мед. наук, ДВНЗ «ПДТУ»

[azarhov\\_a\\_y@pstu.edu](mailto:azarhov_a_y@pstu.edu)

**Акімова Орина Борисівна,**

студентка групи БМІ-22, ДВНЗ «ПДТУ»

[akimova.arina.2005@gmail.com](mailto:akimova.arina.2005@gmail.com)

**Волинець Марія Дмитрівна,**

студентка групи БМІ-22, ДВНЗ «ПДТУ»

[volynets\\_m\\_d@students.pstu.edu](mailto:volynets_m_d@students.pstu.edu)

*Серцево-судинні захворювання (ССЗ) залишаються однією з найголовніших причин смертності у світі, вони щороку спричиняють понад 31% усіх летальних випадків. Своєчасна діагностика є критично важливою для зменшення смертності та попередження важких ускладнень. Застосування глибокого навчання у системах підтримки прийняття клінічних рішень щодо діагностики ССЗ значно підвищує точність та ефективність діагностичних процесів. Подальше поширення цих систем потребує вирішення питань інтерпретації результатів,*

*генералізації моделей на різноманітних популяціях пацієнтів і інтеграції в клінічні процеси.*

*Cardiovascular diseases (CVD) remain one of the leading causes of mortality worldwide, accounting for over 31% of all deaths each year. Timely diagnosis is critically important for reducing mortality and preventing severe complications. The use of deep learning in clinical decision support systems for diagnosing CVD significantly enhances the accuracy and effectiveness of diagnostic processes. The further spread of these systems requires addressing issues related to the interpretation of results, generalization of models across diverse patient populations, and integration into clinical processes.*

Серцево-судинні захворювання (ССЗ) залишаються однією з найголовніших причин смертності у світі, вони щороку спричиняють понад 31% усіх летальних випадків. Своєчасна діагностика є критично важливою для зменшення смертності та попередження важких ускладнень. Використання технологій штучного інтелекту, зокрема глибокого навчання, відкриває нові можливості для покращення діагностичних процедур і прогнозування перебігу ССЗ. Системи підтримки прийняття рішень (СППР), які засновані на нейронних мережах, можуть ефективно обробляти медичні дані, такі як електрокардіографічні записи (ЕКГ), зображення, а також лабораторні аналізи.

Теоретичні основи. Розробка СППР у кардіології базується на поєднанні методів аналізу медичних сигналів, технологій комп'ютерного зору та машинного навчання. Згорткові нейронні мережі (CNN), рекурентні мережі (наприклад, LSTM, GRU) та трансформерні моделі довели свою ефективність при роботі з часовими даними. Для аналізу ЕКГ застосовують адаптовані нейромережі ResNet-50 і DenseNet-121, які здатні ефективно працювати з одновимірними сигналами. Використання механізмів залишкових та щільних з'єднань вирішує проблему зникаючого градієнта, сприяючи більш якісному навчанню глибоких мереж.

Методологія дослідження. Ефективність нейромережевих моделей залежить від правильної попередньої обробки сигналів ЕКГ. Цей процес включає такі кроки: (1)

видалення шумів за допомогою фільтрації або вейвлет-перетворень; (2) поділ сигналу на кардіоцикли; (3) нормалізацію параметрів сигналу; (4) розширення наборів даних завдяки часовим зміщенням, додаванню шуму та зміні частоти дискретизації. Важливо мати якісний набір даних, що охоплює 5000-10000 ЕКГ із різноманітними патологіями.

Архітектурні рішення. Найефективнішими нейронними мережами вважаються гібридні, тобто такі, що поєднують CNN для аналізу просторових особливостей сигналу та двонаправлені LSTM (BiLSTM), які використовуються для обробки темпоральних залежностей. Такі комбінації часто можуть забезпечувати вищу діагностичну точність, якщо порівнювати їх з використанням окремих, незалежних моделей. Використання механізмів уваги (attention mechanisms) дозволяє фокусуватися на найбільш важливих сегментах сигналу, наприклад при виявленні аритмій та ішемічних станів. Підбір оптимальних гіперпараметрів зазвичай доцільно проводити через байєсівську оптимізацію чи генетичні алгоритми.

Емпіричні результати. Практичні дослідження підтвердили високу точність нейромережевих моделей при аналізі ЕКГ. Зокрема, архітектури на основі ResNet-50 мають точність 92,5–95,7% у діагностиці ішемічної хвороби серця, чутливість 91,8–96,2% і специфічність 89,5–93,4%. Гібридні моделі CNN-BiLSTM показали ще більш ефективні результати, їх точність досягає 94,8–97,2%. Аналіз одного запису ЕКГ триває лише 1,5–2,5 секунди на стандартному обладнанні (NVIDIA Tesla V100), що дозволяє застосовувати такі моделі в режимі реального часу. Порівняння з класичними методами діагностики демонструє статистично значуще підвищення точності на 12,7–15,3% ( $p < 0,001$ ).

Клінічне застосування. Інтеграція СППР у практику клінічних установ потребує створення зручних та зрозумілих інтерфейсів, а також забезпечення сумісності з медичними інформаційними системами. Важливим є використання таких методів, які дозволяють пояснювати результати аналізу, таких як LIME та SHAP. Це дає

змогу лікарям краще зрозуміти логіку моделі та підвищує довіру до автоматичних рекомендацій.

Масштабування та стійкість моделей. Одним із головних викликів при впровадженні СППР є забезпечення стійкості моделей при роботі з даними різних популяцій пацієнтів та при використанні обладнання різних виробників. Проблема доменної адаптації вирішується через використання методів трансферного навчання та технік доповнення даних. Дослідження показують, що моделі, навчені на різноманітних наборах даних, демонструють кращу генералізацію. Важливим є також забезпечення стійкості до атак та навмисних маніпуляцій з даними. Сучасні підходи включають використання методів змагального навчання (adversarial training) та методів виявлення аномалій у вхідних даних для підвищення безпеки систем.

Економічна ефективність та оцінка впливу. Впровадження СППР на основі нейронних мереж вимагає значних початкових інвестицій у програмне та апаратне забезпечення, проте в довгостроковій перспективі демонструє високу економічну ефективність. Дослідження показують зниження витрат на діагностику на 18-25% та скорочення часу перебування пацієнтів у стаціонарі на 12-17%. Також спостерігається зменшення кількості помилкових діагнозів та непотрібних додаткових обстежень. Оцінка впливу таких систем на клінічні результати вимагає проведення довгострокових досліджень, які демонструють зниження смертності від ССЗ на 8-11% при комплексному впровадженні СППР у клінічну практику.

Перспективи досліджень. Майбутні роботи можуть бути спрямовані на створення багатомодульних систем, які поєднують аналіз ЕКГ з іншими діагностичними даними (лабораторні аналізи, ехокардіографія); запровадження федеративного навчання для забезпечення конфіденційності медичних даних; розвиток персоналізованих алгоритмів із урахуванням індивідуальних особливостей пацієнтів; розробку систем, здатних до самостійного адаптивного навчання в умовах конкретного медичного закладу.

Висновки. Застосування глибокого навчання у системах підтримки прийняття клінічних рішень щодо діагностики ССЗ значно підвищує точність та ефективність діагностичних процесів. Подальше поширення цих систем потребує вирішення питань інтерпретації результатів, генералізації моделей на різноманітних популяціях пацієнтів і інтеграції в клінічні процеси. Основний фокус майбутніх досліджень – на створенні мультимодальних та персоналізованих рішень, здатних враховувати індивідуальні особливості пацієнтів.

## ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОГАРНІТУР ДЛЯ КОМП'ЮТЕРНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ ЗАХВОРЮВАНЬ

**Романюк Олександр Никифорович,**

професор, докт. техн. наук, ВНТУ

[rom8591@gmail.com](mailto:rom8591@gmail.com)

**Тітова Наталія Володимирівна,**

професор, докт. техн. наук, НУ «ОП»

[titova.n.v@op.edu.ua](mailto:titova.n.v@op.edu.ua)

**Романюк Сергій Олександрович,**

ст. викладач, канд. техн. наук, НУ «ОП»

[3dvntu@gmail.com](mailto:3dvntu@gmail.com)

Використання нейрогарнітури для діагностування захворювань є перспективним напрямком у медицині та нейротехнологіях, оскільки дозволяє проводити неінвазивний моніторинг мозкової активності та виявляти порушення на ранніх стадіях. Зазвичай такі пристрої використовують електроенцефалографію (ЕЕГ) або інші методи зчитування сигналів мозку, при цьому ЕЕГ-датчики реєструють електричну активність мозку.

Серед основних хвороб, які можна діагностувати за допомогою нейрогарнітури, виділяють неврологічні розлади, такі як епілепсія, де пристрій допомагає виявити судомну активність, хвороба Паркінсона, що характеризується моторними аномаліями, та хвороба Альцгеймера, яка супроводжується когнітивними

порушеннями. Також можливе діагностування психічних захворювань, включаючи депресію та тривожні розлади, що проявляються змінами в активності певних ділянок мозку, а також синдрому дефіциту уваги, де аналізуються патерни уваги та імпульсивності. Нейрогарнітура також корисна для виявлення судинних захворювань мозку, зокрема інсульту, що характеризується порушенням кровообігу, та мігрені, де аналізуються тригери головного болю. Додатково пристрої можуть використовуватися для аналізу фаз сну, виявлення розладів, таких як апное, та діагностики хронічної втоми.

Серед переваг використання нейрогарнітури варто відзначити її неінвазивність, що виключає необхідність операцій чи проколів, швидку діагностику, яка займає лише кілька хвилин, можливість моніторингу в домашніх умовах, а також персоналізований підхід завдяки адаптації алгоритмів до конкретного пацієнта. Перспективи розвитку цієї технології включають інтеграцію з телемедициною, що дозволить передавати дані лікарям у реальному часі, використання штучного інтелекту для підвищення точності діагностики та прогнозування хвороб, а також створення автономних нейрогарнітур, що будуть бездротовими та портативними для персонального використання.

Дослідники також активно працюють над інтеграцією нейрогарнітур із мобільними додатками та хмарними сервісами, що дозволить користувачам отримувати детальний аналіз мозкової активності в реальному часі та передавати результати лікарям для віддаленого моніторингу. Такі рішення особливо корисні для пацієнтів із хронічними неврологічними захворюваннями, які потребують регулярного контролю.

Штучний інтелект та машинне навчання відіграють важливу роль у вдосконаленні нейрогарнітур, адже вони допомагають розпізнавати складні патерни мозкової активності, що можуть бути невидимими для традиційних методів діагностики. Завдяки цьому можна досягти більшої персоналізації в аналізі стану пацієнтів, що дозволить прогнозувати ризики розвитку певних захворювань та рекомендувати індивідуальні профілактичні заходи.

Крім того, розробники працюють над створенням мінімалістичних і комфортних нейрогарнітур, які можна буде носити протягом дня без дискомфорту. Це відкриває можливості для постійного моніторингу психоемоційного стану людини.

У майбутньому нейрогарнітури можуть стати не лише інструментом діагностики, а й засобом терапії, наприклад, через стимуляцію певних ділянок мозку для покращення когнітивних здібностей, зменшення симптомів депресії або лікування посттравматичних розладів.

Аналіз мозкової активності за допомогою нейрогарнітури виконується у кілька етапів, починаючи з реєстрації сигналів, їхньої обробки, аналізу та візуалізації результатів. Спочатку нейрогарнітура, оснащена електродами, зчитує електричні імпульси, що генеруються нейронами. Вона може використовувати сухі або гелеві електроди: перші не потребують спеціального гелю, але можуть давати слабший сигнал, тоді як другі забезпечують кращий контакт зі шкірою, проте вимагають підготовки перед використанням. Для отримання якісних даних користувач повинен перебувати у спокійному стані без зайвих рухів, оскільки м'язові скорочення та зовнішні електромагнітні перешкоди можуть впливати на точність запису.

Наступний етап – фільтрація та очищення сигналів. Вихідні дані містять багато шумів, які можуть виникати через моргання, рухи м'язів обличчя, електромагнітні завади або навіть серцеві імпульси. Тому застосовуються алгоритми цифрової обробки сигналів, такі як фільтрація високочастотних шумів, видалення артефактів руху та м'язової активності за допомогою алгоритмів, наприклад, незалежного компонентного аналізу, а також нормалізація та стандартизація сигналів для подальшої обробки.

Після фільтрації виконується аналіз патернів мозкової активності. Для цього використовуються різні методи, зокрема перетворення Фур'є, що дозволяє розкласти сигнал на частотні компоненти та виявити специфічні патерни, такі як альфа-, бета- або тета-ритми. Також застосовуються алгоритми машинного навчання та нейромережі, що тренуються на великих масивах даних для

розпізнавання хворобливих станів та поведінкових особливостей. Крім того, проводиться крос-аналіз каналів, який дозволяє порівнювати активність різних зон мозку та виявляти асиметрії або аномальні патерни, що можуть вказувати на певні неврологічні або психічні порушення.

Інтерпретація отриманих результатів здійснюється у вигляді графіків мозкової активності, теплових карт активності різних зон мозку або індексів когнітивного стану, що відображають рівень стресу, концентрації чи релаксації. На основі отриманих даних формується підсумковий звіт, і якщо виявлено аномалії, система може рекомендувати консультацію з лікарем, надавати персоналізовані рекомендації щодо корекції способу життя.

Розвиток штучного інтелекту та вдосконалення нейрогарнітур значно підвищують точність і швидкість цього процесу, відкриваючи нові можливості для ранньої діагностики захворювань та моніторингу стану здоров'я в реальному часі.

## MICROSTRUCTURE EVOLUTION AND TENSILE/NANOINDENTATION BEHAVIOUR OF LPBF 316L BIOMEDICAL STAINLESS STEEL AFTER PRESTRAINING AND SUBSEQUENT ANNEALING

**B.V. Efremenko,**

Pryazovskyi State Technical University, Department of Biomedical Engineering  
[efremenko\\_b\\_v@pstu.edu](mailto:efremenko_b_v@pstu.edu)

**Yu.G. Chabak,**

Pryazovskyi State Technical University, Department of Biomedical Engineering  
[chabak\\_y\\_g@pstu.edu](mailto:chabak_y_g@pstu.edu)

Additive manufacturing is increasingly used to produce metallic biomaterials, and post-processing is gaining increasing attention for improving the properties of as-built components. This work focuses on improving the tensile and nanoindentation behavior of laser powder bed fused (LPBF) biomedical 316L stainless steel through work-

hardening followed by recrystallization annealing. Specimens in two initial states (as-built and after thermal stabilization at 900 °C) were uniaxially tensile prestrained at room temperature to a plastic strain of 0.12, corresponding to approximately 75% of the maximum work hardening. After prestraining, they were annealed at 900 °C or 1050 °C for 1 hour. Cold prestraining increased the yield tensile strength (YTS) of the LPBF 316L by 1.2-1.7 times (to 690-699 MPa) and the ultimate tensile strength (UTS) by approximately 1.2 times (to 762-770 MPa), accompanied by a 1.5-fold decrease in ductility. Subsequent annealing of prestrained LPBF 316L steel resulted in recovery and partial static recrystallization. This led to a decrease in YS to 403-427 MPa and an increase in ductility and strain hardening rate; UTS and nanoindentation hardness were less affected by annealing. Post-LPBF thermal stabilization hindered static recrystallization and increased its onset temperature. The changes in mechanical properties during processing are discussed concerning the evolution of microstructure and crystalline features (micro-strain, crystal size, dislocation density) determined by XRD and EBSD analyses. Regardless of the processing route and despite the significant work-hardening before breakage, all tensile specimens exhibited ductile fracture characterized by the formation of fine and ultra-fine dimples, consistent in size with the cellular structure observed in the as-built specimens. The combination of prestraining and subsequent annealing enhances the tensile strength of LPBF 316L steel while preserving sufficient ductility, resulting in a strength-ductility product of 40.3 GPa·%.

## COMPARISON OF ELECTROCHEMICAL, WEAR AND CORROSIVE PERFORMANCE OF LASER-BASED POWDER BED FUSION AND WROUGHT BIOMEDICAL TI-6AL-4V ALLOYS

**B.V. Efremenko,**

Pryazovskyi State Technical University, Department of Biomedical Engineering  
[efremenko\\_b\\_v@pstu.edu](mailto:efremenko_b_v@pstu.edu)

**Yu.G. Chabak,**

Pryazovskyi State Technical University, Department of Biomedical Engineering  
[chabak\\_y\\_g@pstu.edu](mailto:chabak_y_g@pstu.edu)

**A.G. Lekatou,**

University of Ioannina, Greece  
[chabak\\_y\\_g@pstu.edu](mailto:chabak_y_g@pstu.edu)

Wrought and Laser-based Powder Bed Fusion (LPBF) 3D-printed Ti-6Al-4V alloys were comparatively investigated in terms of microstructure, corrosion, micro-mechanical and tribological properties. Testing included nanoindentation, cyclic polarization in simulated body fluid (SBF, 37 °C), and dry and SBF “Ball-on-Plate” sliding. The microstructure of wrought Ti-6-4 mainly consisted of very fine rods of V-rich  $\beta$  (bcc) phase uniformly dispersed within an  $\alpha$  (hcp) matrix, in a lamellar pattern. Lamellae with the same orientation formed coarse grains, with their boundaries defined by primary  $\alpha$  phase. The microstructure of LPBF Ti-6-4 was that of fine-grained martensite featuring fish scale-like and radial flow-like patterns. Both alloys showed very low corrosion rates (order of  $10^{-5}$  mA/cm<sup>2</sup> or  $10^{-4}$  mm/y) and true passivity (order of  $10^{-4}$  mA/cm<sup>2</sup>) in simulated body fluid (SBF) at 37 °C. Neither alloy underwent localized corrosion. Nevertheless, the LPBF alloy presented greater corrosion rates and passivity currents attributed to its martensitic structure. LPBF Ti-6-4 featured slightly higher nanoindentation modulus (by ~3 %), nanohardness and yield strength (by ~32 %), as compared with wrought Ti-6-4. On the other hand, the WR alloy showed higher indentation ductility as follows from the higher plasticity index (by ~8 %). The LPBF alloy exhibited better tribological behavior under dry-sliding conditions in terms of ~14% lower volume loss and ~5% lower friction coefficient. Under wet sliding in the SBF solution, the volume losses of both the LPBF and WR alloys increased while their wear

resistances were levelled-off. Under SBF sliding, the advantage of the LPBF alloy was diminished due to more intensive wear-accelerated corrosion induced by the unstable, stressed martensitic structure. Overall, the results demonstrate the suitability of LPBF Ti-6Al-4V for biomedical applications.

## ПОШУК І СЕГМЕНТАЦІЯ КАЛЬЦИНАТІВ НА МАМОГРАМАХ ЗА ДОПОГОЮ НЕЙРОМЕРЕЖІ U-NET

**Гадяцький Володимир Юрійович,**

аспірант, НТУ «ДП»

[gadiatskyi.v.i@nmu.one](mailto:gadiatskyi.v.i@nmu.one)

**Сергєєва Катерина Леонідівна,**

доцент, канд. техн. наук, НТУ «ДП»

[sergieieva.k.l@nmu.one](mailto:sergieieva.k.l@nmu.one)

*Рак молочної залози є одним з найпоширеніших онкологічних захворювань у світі за кількістю випадків і рівнем смертності серед жінок. Рання діагностика раку є важливим фактором успішного лікування, однак малі розміри новоутворень ускладнюють їх своєчасне виявлення фахівцями. У роботі запропоновано складові інформаційної технології нейромережевої сегментації зображень молочної залози на основі архітектури U-Net для виявлення кальцинатів за даними маммографії. Застосування технології до вибірки рентгенологічних зображень підтвердило можливість виявлення та сегментації кальцинатів із точністю 83% за метрикою Дайса. Отримані результати є основою для розробки програмного забезпечення підтримки прийняття рішень у медичній діагностиці.*

*Breast cancer is one of the most prevalent oncological diseases in the world in terms of the number of cases and mortality rate among women. Early diagnosis of cancer is an important factor in successful treatment, but the small size of neoplasms makes it difficult for specialists to detect them on time. The components of information technology for neural network segmentation of breast images based on the U-Net architecture are proposed for detecting calcifications from mammography data. Applying technology to a sample of X-ray images demonstrated the possibility of finding and segmenting calcifications with an 83% accuracy by Dice metric. The results are the basis for developing decision-support software for medical diagnostics.*

Рак молочної залози є найпоширенішим онкологічним захворюванням серед жінок у світі. За даними GLOBOCAN, він посідає п'яте місце серед причин смертності від раку, що підкреслює важливість своєчасного раннього виявлення новоутворень для успішного лікування та зниження летальності. Результати рандомізованого контрольованого популяційного дослідження "Mammography Screening with Artificial Intelligence trial" (MASAI, 2021–2022), показали, що скринінг молочної залози із залученням штучного інтелекту забезпечує такий самий рівень виявлення раку, як і подвійне читання без допомоги штучного інтелекту, водночас знижуючи на 44% робоче навантаження.

Кальцинати молочної залози – це відкладення солей кальцію, які є рентгенонепрозорими на мамографії. Більшість з них є доброякісними, але деякі можуть мати зв'язок із раком. Здатність діагностувати та належним чином класифікувати кальцинати є одним з важливих етапів аналізу мамограм.

Метою дослідження є розробка складових інформаційної технології автоматизованого виявлення та сегментації кальцинатів на мамограмах за допомогою нейромережі на базі архітектури U-Net для підвищення ефективності аналізу мамограм і зниження навантаження на фахівців.

В роботі розроблено складові технології пошуку і сегментації кальцинатів на мамограмах за допомогою нейромережевої моделі на основі архітектури U-Net, що складається з чотирьох рівнів енкодера і декодера, з розширенням у вигляді механізмів уваги, що дозволяють покращити виділення дрібних структур на зображеннях, на базі фреймворку TensorFlow. Для тренування моделі використано датасет INbreast, що забезпечує необхідні верифіковані анотовані дані щодо сегментації кальцинатів. Основними етапами технології є: попередня обробка зображень (очистка від артефактів сканування, розбиття зображення на плитки, нормалізація); аугментація для підвищення варіативності даних; імплементація, налаштування та тренування моделі. Якість сегментації оцінена з використанням коефіцієнта схожості Дайса (Dice Similarity Coefficient, DSC), що дозволяє

кількісно оцінити ступінь перекриття між передбаченою нейромережею маскою та еталонною, забезпечуючи об'єктивну оцінку точності моделі.

Результатом дослідження є нейромережева модель, натренована для виявлення і сегментації кальцинатів на мамографічних зображеннях. Тренувальний і валідаційний датасет складаються з 1102 та 333 пар зображень (зображення – бітова маска сегментації) відповідно. Модель тренувалася протягом 321 епохи, що зайняло 50 хвилин на GPU NVIDIA GeForce RTX 4090. Найвища точність на валідаційній вибірці за метрикою Дайса була досягнута на 220-й епосі та склала 83% (рис. 1). Тренування завершено способом раннього виходу на 320 епосі (рис. 2).

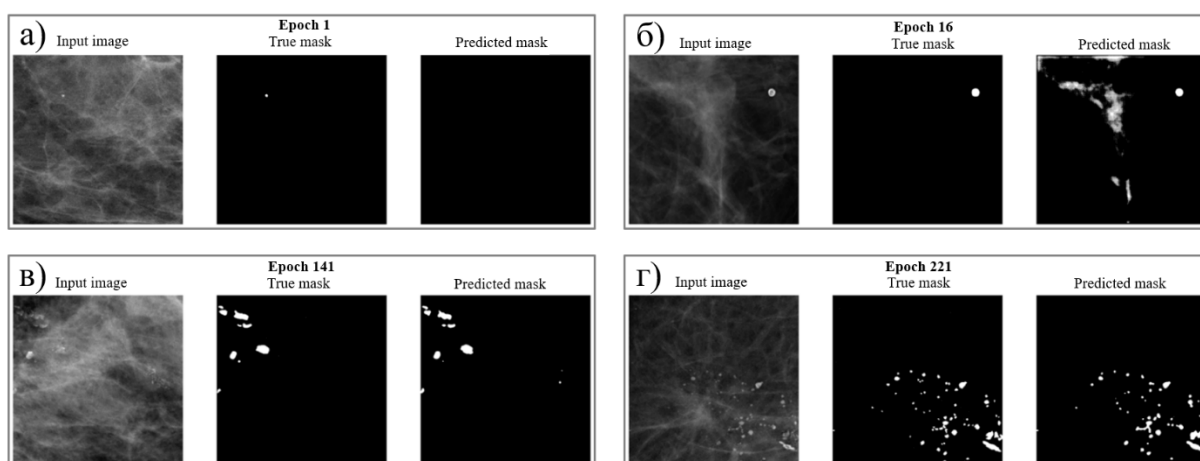


Рисунок 1 – Прогрес тренування моделі. Епохи: а) 1; б) 16; в) 141; г) 221.

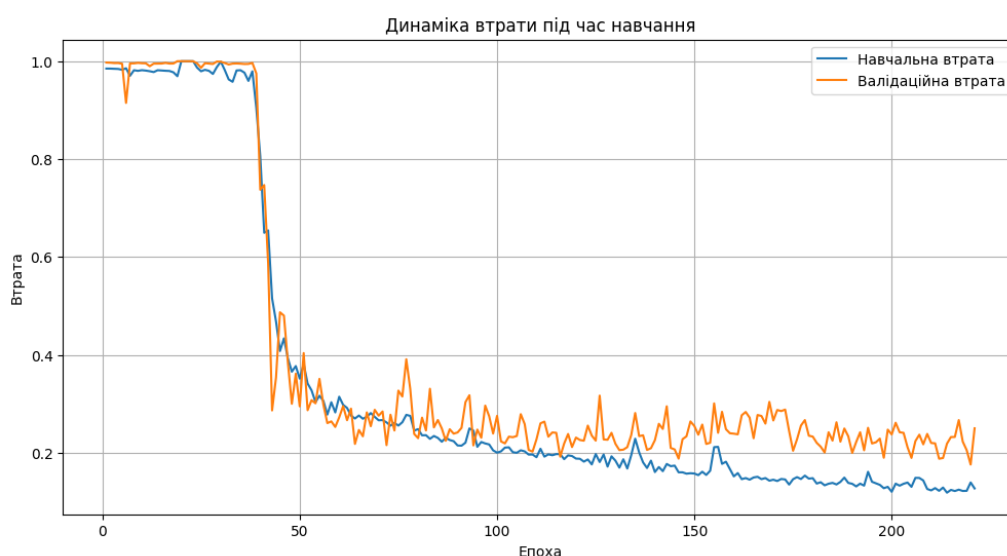


Рисунок 2 – Графік втрат на тестовій і валідаційній вибірках (за коефіцієнтом Дайса)

Розроблено нейромережеву модель U-Net, що дозволяє з точністю 83% виявляти кальцинати за даними мамографії. Модель є складовою інформаційної технології, призначеної для впровадження в системи підтримки прийняття рішень у сфері мамографічного скринінгу. Планується розширення технології шляхом автоматичної класифікації кальцифікатів за категоріями BI-RADS, а також покращення точності моделі з використанням даних із різних апаратів і методів візуалізації (CBIS-DDSM, VinDr-Mammo тощо). Окрім цього, передбачено розробку нейромережових рішень для виявлення та класифікації інших ознак раку молочної залози, таких як масові утворення (новоутворення), асиметрії тканин та архітектурні спотворення.

## НЕЙРОМЕЖЕВА МОДЕЛЬ ДЛЯ АНАЛІЗУ ВПЛИВУ ФАКТОРІВ ОСОБЛИВОСТІ КРАЇНИ НА РІВЕНЬ ЗАХВОРЮВАНOSTІ ПІД ЧАС ПАНДЕМІЇ

**Мельников Олександр Юрійович,**

доцент, канд. техн. наук, ДДМА

[alexandr@melnikov.in.ua](mailto:alexandr@melnikov.in.ua)

**Козуб Дмитро Сергійович,**

студент, ДДМА

[dima.kozub13@gmail.com](mailto:dima.kozub13@gmail.com)

*В роботі досліджується вплив різних факторів на рівень захворюваності населення на прикладі статистики COVID-19 у п'яти країнах: Бразилії, Німеччині, Японії, Україні та США. Для прогнозування рівня захворюваності запропоновано штучну нейронну мережу.*

*The paper examines the impact of various factors on the incidence rate of the population using the example of COVID-19 statistics in five countries: Brazil, Germany, Japan, Ukraine, and the USA. An artificial neural network is proposed to predict the incidence rate.*

У сучасних умовах цифровізації охорони здоров'я важливого значення набувають інформаційні системи, які дозволяють не лише аналізувати епідеміологічну ситуацію, а й прогнозувати динаміку захворюваності з урахуванням низки чинників. Було поставлено задачу створити модель для дослідження впливу різних факторів на рівень захворюваності під час пандемії.

Раніше автори створили застосовували нейронні мережі для оцінювання ефективності протиепідемічних заходів та прогнозування зміни відсотка інфікованих та перенесених хвороб у тяжкій формі. Основними вхідними факторами при цьому були наявність обов'язкового «маскового режиму», введення карантину, запровадження дистанційного навчання, наявність можливості вільної вакцинації та запровадження обов'язкової вакцинації, відсоток вакцинованих. Як продовження дослідження було поставлено завдання дослідити впливу факторів особливості країни на рівень захворюваності під час пандемії.

Дані для аналізу можна отримати з джерела «Our World in Data». Для дослідження будемо використовувати такі країни: Бразилія, Німеччина, Японія, Україна, США. Перелік вхідних факторів наведено в табл. 1.

Таблиця 1. Перелік вхідних факторів

| Фактор         | Назва              | Опис                                                                        | Тип даних | Призначення                                                   |
|----------------|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-----------|---------------------------------------------------------------|
| T<br>Vol<br>Op | Кліматичні умови   | Дані про середньомісячну температуру, вологість, кількість опадів у регіоні | Числові й | Для аналізу впливу клімату на захворюваність                  |
| Age            | Вік населення      | Середній вік або розподіл за віковими категоріями                           | Числові й | Врахування впливу вікових груп на ризик захворюваності        |
| G              | Густота населення  | Кількість осіб на квадратний кілометр                                       | Числові й | Аналіз впливу густоти населення на розповсюдження захворювань |
| PZ             | Перелік протиепіде | Інформація про використані заходи:                                          | Текстовий | Оцінка ефективності різних заходів                            |

|    |                                                                       |                                                 |              |                                                                             |
|----|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------|-----------------------------------------------------------------------------|
|    | мічних заходів                                                        | карантин, вакцинація, обмеження мобільності     |              |                                                                             |
| CN | Чисельність населення                                                 | Загальна кількість осіб у регіоні               | Числові      | Аналіз загального впливу розміру популяції на рівень захворюваності         |
| E  | Соціально-економічні умови                                            | Рівень доходів, доступ до медичних              | Категорійний | Врахування впливу умов життя на тяжкість перебігу та частоту захворюваності |
| V  | Рівень вакцинації                                                     | Відсоток населення, що отримало вакцинацію      | Числові      | Аналіз впливу вакцинації на рівень захворюваності                           |
| Sm | Сукупна кількість підтверджених смертей від COVID-19 на мільйон людей | Кількість підтверджених смертей на мільйон осіб | Числові      | Аналіз впливу смертності на рівень захворюваності                           |

Вихідний фактор –  $Z$  – рівень захворюваності – частка населення, що захворіла за певний період (кількість випадків на мільйон осіб). Він надає можливість здійснити прогнозування загального рівня захворюваності. Для прогнозування цього рівня захворюваності ( $Z$ ) запропоновано тришарову нейронну мережу. Вхідний шар містить 10 нейронів (перелік факторів наведено в табл. 1), далі два приховані шари з 5 нейронів кожний. Вихідний шар має 1 нейрон, оскільки потрібно передбачити одне значення (рис. 1).

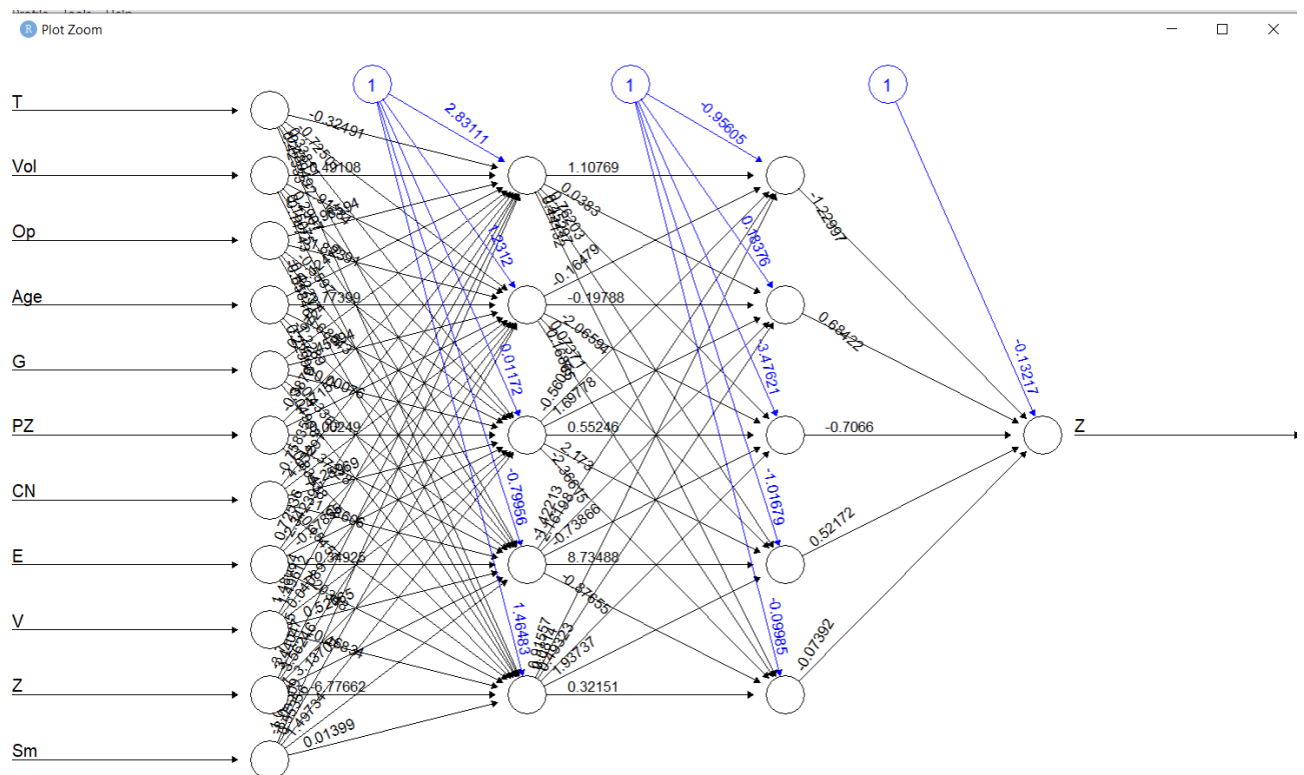


Рисунок 1 – Архітектура нейронної мережі

У ході дослідження було встановлено, що рівень захворюваності значною мірою залежить від таких факторів, як густота населення, рівень вакцинації та соціально-економічні умови. Отримані результати можуть бути використані для вдосконалення стратегій протиепідемічних заходів та покращення управлінських рішень у сфері охорони здоров'я. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на розширення набору факторів та удосконалення методів моделювання.

## ВПЛИВ ІНСУЛІНОВИХ ПОМП НА ЯКІСТЬ ЖИТТЯ НАСЕЛЕННЯ

**Волинець Марія Дмитрівна,**  
студентка групи БМІ-22, ДВНЗ «ПДТУ»

[volynets\\_m\\_d@students.pstu.edu](mailto:volynets_m_d@students.pstu.edu)

**Сілі Іван Іванович,**  
доцент, канд. техн.наук, ДВНЗ «ПДТУ»

[sili\\_i\\_i@pstu.edu](mailto:sili_i_i@pstu.edu)

*Цукровий діабет з однією з найпоширеніших хронічних неінфекційних хвороб у світі. Інсулінова помпа – це без перебільшення унікальний та сучасний прилад, який повністю імітує роботу підшлункової залози, тобто, вона безперервно транспортує інсулін в організм, забезпечуючи повноцінну життєдіяльність. Використання інсулінових pomp має значний позитивний вплив на якість життя пацієнтів із цукровим діабетом. Завдяки більш точному глікемічному контролю, зниженню ризиків гіпо- та гіперглікемії, а також спрощенню процедур введення інсуліну, пацієнти можуть досягти більшої свободи в повсякденному житті.*

*Diabetes is one of the most common chronic non-communicable diseases in the world. An insulin pump is, without exaggeration, a unique and modern device that fully mimics the function of the pancreas, continuously delivering insulin to the body, ensuring proper functioning. The use of insulin pumps has a significant positive impact on the quality of life for patients with diabetes. Thanks to more precise glycemic control, reduced risks of hypo- and hyperglycemia, and simplified insulin delivery procedures, patients can achieve greater freedom in their daily lives.*

Цукровий діабет з однією з найпоширеніших хронічних неінфекційних хвороб у світі. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, кількість людей із діабетом з кожним роком зростає, і ця тенденція залишається стійкою.

Інсулінова помпа – це без перебільшення унікальний та сучасний прилад, який повністю імітує роботу підшлункової залози, тобто, вона безперервно транспортує інсулін в організм, забезпечуючи повноцінну життєдіяльність.

Перші інсулінові помпи були громіздкими машинами, які використовувалися тільки в дослідницьких цілях. Зараз розмір помпи залежить від моделі пристрою,

зазвичай він не перевищує розміри банківської картки. Також інсулінова помпа містить насос та складається з екрана дисплея, місця для інсулінового контейнера та тонкої канюлі, яка прикріплюється до тіла.

Помпа цілодобово подає програмований базальний інсулін, який адаптований до 24-годинного профілю глюкози пацієнта. На потребу в інсуліні може впливати фізіологія людини, тип і тривалість щоденної активності, графік роботи, фізичні вправи, хвороба, прийом супутніх ліків тощо.

Потенційні переваги безперервної підшкірної інфузії інсуліну (терапія інсуліновою помпою) у порівнянні з багаторазовими ін'єкціями інсуліну представлені у таблиці 1.

Ідеальним кандидатом для початку терапії інсуліновою помпою є мотивований пацієнт, який обізнаний у важливих аспектах самообслуговування діабету та бажає кращого глікемічного контролю. Пацієнт повинен бути знайомий з підрахунком вуглеводів, а також мати реалістичні очікування щодо кількості необхідних зусиль і переваг, які будуть отримані від переходу на інсулінову помпу.

Таблиця 1. Потенційні переваги безперервної підшкірної інфузії інсуліну (терапія інсуліновою помпою) у порівнянні з багаторазовими ін'єкціями інсуліну

| Критерії                     | Інсулінова помпа                                                                                                                                               | Багаторазові ін'єкції інсуліну                                                 |
|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| Програмована подача інсуліну | Дозволяє більш точно відповідати фізіологічним потребам                                                                                                        | -                                                                              |
| Використання інсуліну        | Використовує лише інсулін короткої або швидкої дії, що мінімізує піки та варіабельність, пов'язану з абсорбцією                                                | Використовуються інсуліни різної тривалості дії, що може ускладнювати контроль |
| Частота ін'єкцій             | Використовується одне місце ін'єкції протягом 72 годин, таким чином зменшуючи варіації абсорбції та навантаження, пов'язане з лікуванням, від кількох ін'єкцій | Потребує багаторазових ін'єкцій щодня                                          |

|                           |                                                                                 |                                                                         |
|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| Глікемічний контроль      | Зниження глікемічної варіабельності та покращення глікемічного контролю         | Гірший контроль через варіабельність абсорбції та неточність дозування  |
| Ризики                    | Зниження ризику тяжкої гіпоглікемії та потреби у невідкладній медичній допомозі | Вищий ризик гіпоглікемії через обмежену можливість точної корекції дози |
| Госпіталізація та витрати | Зменшення потреби в госпіталізації та вартості медичної допомоги                | Частіше виникає необхідність коригувати терапію, що збільшує витрати    |
| Якість життя              | Покращення якості життя та задоволеності лікуванням                             | Менш зручне використання, що впливає на якість життя                    |

Найновіший прогрес у технології інсулінової помпи став першим, хоч і крихітним, кроком до розробки справжньої інсулінової помпи з сенсорним керуванням. Ці пристрої оснащені функцією «Автоматичне відключення». Це дозволяє автоматично зупиняти подачу інсуліну, якщо датчик виявляє фактичний або прогнозований рівень гіпоглікемії. Це значно знижує ризик важкої гіпоглікемії, особливо в нічний час.

Використання інсулінових pomp має значний позитивний вплив на якість життя пацієнтів із цукровим діабетом. Завдяки більш точному глікемічному контролю, зниженню ризиків гіпо- та гіперглікемії, а також спрощенню процедур введення інсуліну, пацієнти можуть досягти більшої свободи в повсякденному житті.

Інноваційні функції, такі як автоматичне відключення подачі інсуліну, підвищують безпеку та комфорт лікування, що сприяє зниженню стресу та покращенню емоційного стану.

## ОРГАНІЗАЦІЯ ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ ЯКОСТІ В БІОМЕДИЦИНІ

**Алхімова Анастасія Дмитрівна,**  
студентка групи БМІ – 21, ДВНЗ «ПДТУ»  
[alkhimova\\_a\\_d@students.pstu.edu](mailto:alkhimova_a_d@students.pstu.edu)

*Організація та забезпечення системи якості в біомедицині – це комплекс заходів, спрямованих на встановлення, підтримку та вдосконалення якості медичних виробів, біотехнологічних продуктів, лабораторних досліджень та клінічних процесів.*

*The organization and assurance of the quality system in biomedicine is a set of measures aimed at establishing, maintaining, and improving the quality of medical devices, biotechnological products, laboratory research, and clinical processes.*

Організація та забезпечення системи якості в біомедицині Система якості в біомедицині є комплексом заходів, стандартів і регламентів, які забезпечують безпеку, ефективність і відповідність біомедичних продуктів та послуг встановленим вимогам та нормам, що стосуються їх розробки, виробництва та використання.

Вона охоплює всі етапи життєвого циклу продукції, починаючи з досліджень і розробки, і завершується виробництвом, зберіганням, транспортуванням та клінічним застосуванням. Важливим аспектом системи якості є дотримання міжнародних та національних стандартів, таких як ISO 9001 для загального управління якістю, ISO 13485 для медичних виробів, GMP (належна виробнича практика), GLP (належна лабораторна практика) та GCP (належна клінічна практика).

Ці стандарти регулюються міжнародними організаціями, зокрема Європейським агентством з лікарських засобів (ЕМА) та Управлінням з контролю за продуктами і ліками США (FDA). Основні принципи функціонування системи якості в біомедицині включають контроль усіх етапів розробки та виробництва для забезпечення відповідності стандартам і вимогам регуляторних органів.

Важливим елементом є ризик-менеджмент, що включає виявлення, оцінку та мінімізацію ризиків, пов'язаних із безпекою продукції. Крім того, система якості передбачає трасованість, тобто чітке обліковування та документування всіх процесів для можливості їхнього відстеження та контролю.

Для забезпечення високої якості та безпеки біомедичних продуктів важливим є безперервне вдосконалення системи управління якістю, що включає постійний моніторинг, аудит і впровадження нових покращень.

Використання системи якості в біомедицині охоплює різні сфери, зокрема фармацевтичне виробництво, де контролюється якість лікарських засобів, а також виготовлення медичних приладів та обладнання, що повинні відповідати міжнародним стандартам безпеки та ефективності.

Система якості також важлива для клінічних досліджень, оскільки забезпечує дотримання етичних та наукових стандартів при тестуванні нових методів лікування.

В сфері біотехнологій та регенеративної медицини система якості допомагає стандартизувати розробку біоматеріалів, клітинних та генно-інженерних технологій, що є важливими для створення нових методів лікування та відновлення організму.

Організація та забезпечення системи якості в біомедицині є ключовим елементом для гарантування безпеки та ефективності медичних продуктів і послуг.

Відповідність міжнародним стандартам і регламентам на всіх етапах виробництва та застосування дозволяє створювати продукцію, яка відповідає високим вимогам якості та безпеки.

Використання системи якості забезпечує не лише контроль і мінімізацію ризиків, а й сприяє безперервному вдосконаленню процесів у біомедичній сфері, що в кінцевому результаті підвищує довіру до медичних технологій та покращує здоров'я пацієнтів.

## ЗАСТОСУВАННЯ МІКРОФЛЮЇДНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У БІОМЕДИЧНІЙ ДІАГНОСТИЦІ

**Каверда Катерина Вікторівна,**  
студентка групи БМІ – 21, ДВНЗ «ПДТУ»  
[kaverda\\_k\\_v@students.pstu.edu](mailto:kaverda_k_v@students.pstu.edu)

*За останнє десятиліття мікросистемні пристрої пройшли етап свого становлення і сформували широкі можливості прикладного застосування в різних областях. Одним із варіантів мікросистемних пристроїв є рідинні мікросистеми (РМСТ), які містять мережу мікроканалів для перенесення та дослідження біологічних рідин в мікро- або нанолітрових дозах. Аналіз існуючих підходів показав, що проектування РМСТ повинно базуватись на використанні моделей багатокомпонентних і багатозфазних потоків та складних мультифізичних перетворень в мікроканалах.*

*In the last decade, microsystem devices have gone through a stage of development and have formed wide opportunities for applied use in various fields. One of the types of microsystem devices is microfluidic systems (MFST), which contain a network of microchannels for the transport and study of biological fluids in micro- or nanoliter doses. An analysis of existing approaches showed that the design of MFST should be based on the use of models of multi-component and multi-phase flows, as well as complex multiphysical transformations in microchannels.*

За останнє десятиліття мікросистемні пристрої пройшли етап свого становлення і сформували широкі можливості прикладного застосування в різних областях. Одним із варіантів мікросистемних пристроїв є рідинні мікросистеми (РМСТ), які містять мережу мікроканалів для перенесення та дослідження біологічних рідин в мікро- або нанолітрових дозах. Такі інтегровані рідинні мікросистеми ще називають мікропотоківими (або мікрофлюїдними) пристроями, оскільки властивості і поведінка біорідин у мікроканалах сильно відрізняється від властивостей аналогічних рідин у макро-об'ємах. Можливість точного контролю параметрів мікросередовища у відповідних часових і розмірних масштабах є

однією з головних переваг застосування РМСТ для молекулярної біології, клітинної цитометрії, біохімічних аналізів, синтезі ферментів, виявлення білків тощо.

Біомедичні тести завжди проводять з обмеженою кількістю рідини в умовах строгого обліку концентрацій, температури та контролю забруднення. Ці фактори дають змогу передбачити, що найближчим часом діагностичні РМСТ отримають значний розвиток. Модульна конструкція та одноразовий характер автоматизованих тестів значно спрощують саму процедуру діагностики та мінімізують ризики забруднення, зараження чи помилки.

Рідинні мікросистеми мають дві специфічні відмінності, які відрізняють їх від MEMS та напівпровідникових ІС і накладають додаткові вимоги на технологію їх проектування. На відміну від ІС і подібно до MEMS, РМСТ є мультидисциплінарними пристроями в яких відбуваються процеси різної природи (фізичні, хімічні, біологічні, електричні, інформаційні). Взаємодія цих процесів створює додаткові проблеми для формування математичних моделей та розв'язання задач автоматизованого проектування. Однак, на відміну від MEMS, в РМСТ досліджують біологічні рідини та суміші зі складними біохімічними перетвореннями. Біологічні рідини це субстанції, які є неоднорідними за своєю природою. Вони можуть містити незмішувані компоненти рідин з різною в'язкістю, колоїдні розчини, біологічні об'єкти типу вірусів, бактерій, клітин або макромолекул. Кінетика біохімічних процесів, в загальному випадку, залежить від складу, концентрації і температури рідинної суміші в кожній локальній точці РМСТ. Отже, для проектування РМСТ необхідно побудувати модель потоку, яка б описувала стан рідинної суміші в усіх точках системи мікроканалів.

Згідно класичного блочно-ієрархічного підходу до проектування, РМСТ розділяють на ієрархічні рівні та виконують проектування елементів кожного рівня незалежними проектними процедурами. Однак, поведінка та властивості рідинної суміші роблять кожну РМСТ, по суті, унікальним пристроєм, який вимагає

розроблення власних математичних моделей та методів розв'язування рівнянь цих моделей. Один і той же потік рідини на різних ієрархічних рівнях буде описуватись різними законами (моделями). Чим важливішими і чим чутливішими є фізичні чи біохімічні процеси в рідинній суміші, тим точніші і детальніші моделі потрібно застосовувати для моделювання мікропотоків. Для РМСТ практично весь об'єм мікроканалів представляє собою "мікрорівень", який, з формальної точки зору, потрібно описувати за допомогою рівнянь мікрорівня тобто рівнянь молекулярної динаміки. Таке моделювання описує рух кожної окремої молекули, і вимагає величезних обчислювальних ресурсів, що не під силу класичним робочим станціям.

Вирішення цього протиріччя лежить в застосуванні мультимасштабної моделі мікропотуку, а саме: потік рідинної суміші описується загальними рівняннями для макрорівня, а в певних доменах (або в певні моменти часу) модель макрорівня об'єднують з моделлю мезорівня і/або моделлю мікрорівня, які уточнюють поведінку або параметри рідини.

Аналіз існуючих підходів показав, що проектування РМСТ повинно базуватись на використанні моделей багатокомпонентних і багатофазних потоків та складних мультифізичних перетворень в мікроканалах. Саме із-за наявності рідинних мікропотоків, процес проектування РМСТ вимагає використання макро-/мезо-/мікро- моделей потоку на усіх рівнях проектування. Однак, існуючі засоби автоматизованого проектування традиційно розбивають процес проектування на незалежні ієрархічні рівні, що не дає змоги суміщати різнорівневі моделі. Це не дає змогу врахувати вплив мікроскопічних ефектів рідини на макроскопічні параметри потоку в елементах РМСТ. А застосування мікромоделі потоку для проектування РМСТ на макрорівні є неможливим із-за великих обчислювальних затрат. Тому, процес проектування РМСТ є строго висхідним, вимагає застосування різнорідних САПР, здійснюється в основному методом "проб і помилок", що в цілому дає низький рівень автоматизації та невисоку якість проектних рішень.

Отже, існує науково-прикладна проблема підвищення автоматизації проектування проточних РМСТ в аспектах пов'язаних з описом складних потоків та мультифізичних перетворень рідинних сумішей. Зазначена проблема відбиває фундаментальне протиріччя між традиційними підходами і засобами автоматизованого проектування та особливістю проектування РМСТ, на подолання якого спрямовано дане дисертаційне дослідження. У дисертаційній роботі подано вирішення зазначеної науково-прикладної проблеми за рахунок розробленої методології автоматизованого мультимасштабного проектування,

вдосконалених моделей і методів мультимасштабного моделювання мікропотуку рідинної суміші, а також розробленого гетерогенного середовища проектування.

## СИСТЕМА УДАРНО-ХВИЛЬОВОЇ ТЕРАПІЇ

**Лисенко Вікторія Вікторівна,**

студентка групи БМІ – 21, ДВНЗ «ПДТУ»

[vktoriaa7777@gmail.com](mailto:vktoriaa7777@gmail.com)

*Ударно-хвильова терапія (УХТ) є сучасним методом лікування, що ґрунтується на використанні акустичних хвиль для стимуляції процесів регенерації та відновлення тканин. Метод широко застосовується в медицині, зокрема в ортопедії, фізіотерапії та реабілітації.*

*Shock wave therapy (SWT) is a modern treatment method based on the use of acoustic waves to stimulate tissue regeneration and recovery processes. The method is widely used in medicine, particularly in orthopedics, physiotherapy, and rehabilitation.*

Основні принципи ударно-хвильової терапії. Механізм дії:

Генерація акустичних хвиль, які проникають у тканини. Покращення кровообігу та мікроциркуляції. Стимуляція метаболічних процесів та регенерації клітин. Зменшення больового синдрому та запалення. УХТ Радіальна –

використовується для лікування м'язових спазмів та запальних процесів. Фокусована – застосовується для глибокого впливу на кісткові структури та зв'язки. Планарна – рівномірний розподіл хвиль для великих зон впливу.

Основні переваги:

- Неінвазивний метод.
- Відсутність побічних ефектів при правильному використанні.
- Швидке відновлення пацієнтів.
- Зменшення потреби у медикаментозному лікуванні.

Сучасні апарати УХТ оснащені системами 3D-візуалізації та навігації, що дозволяє точно націлювати ударні хвилі на уражені ділянки. Розробляються нові протоколи лікування та комбіновані методики, що поєднують УХТ з іншими методами регенеративної медицини. Система ударно-хвильової терапії (УХТ) має два основні види, які відрізняються способом генерації та передачі ударних хвиль: Радіальна ударно-хвильова терапія (pУХТ).

Принцип дії: Ударні хвилі генеруються за допомогою пневматичного або електромагнітного ударного генератора, який передає енергію на аплікатор. Аплікатор створює радіально поширювані ударні хвилі, які впливають на поверхневі та середні шари тканин. Енергія хвилі зменшується з глибиною проникнення.

Застосування: Лікування тендинітів, ентезопатій, м'язових болів, тригерних точок, целюліту. Вплив на великі площі тканин. Поверхнево розташовані ділянки.

Переваги: Простота застосування. Відносно невисока вартість обладнання. Можливість обробки великих зон. Недоліки: менш глибоке проникнення. відносна болючість процедури. Фокусована ударно-хвильова терапія (фУХТ):

Принцип дії: Ударні хвилі генеруються за допомогою електрогідравлічного або п'єзоелектричного генератора. Хвилі фокусуються в певній точці, забезпечуючи високу концентрацію енергії на заданій глибині. Глибина проникнення та точка фокусування можуть регулюватися.

Застосування: Лікування глибоких уражень тканин, таких як п'яткова шпора, артрози, несправжні суглоби, кальцифікати. Точковий вплив на глибоко розташовані ділянки.

Переваги: Висока точність впливу. Глибоке проникнення. Менша болючість.

Недоліки: Більш складне обладнання. Вища вартість процедури. неможливість обробки великих зон.

Вибір виду УХТ залежить від: Локалізації та глибини ураження. Характеру захворювання. Необхідної інтенсивності впливу. Індивідуальних особливостей пацієнта. Важливо, щоб процедура УХТ проводилася кваліфікованим фахівцем з використанням сертифікованого обладнання.

Перспективи розвитку. Використання штучного інтелекту для персоналізації процедур. Інтеграція з іншими методами реабілітації.

Подальший розвиток технологій, таких як інтеграція штучного інтелекту для індивідуалізації лікування, підвищить ефективність процедур та зробить їх ще доступнішими для пацієнтів. Мінімальні ризики при правильному застосуванні УХТ має низький рівень побічних ефектів та добре переноситься пацієнтами, що робить її оптимальним вибором для комплексної терапії. Науковий інтерес подальші дослідження сприятимуть розширенню показань до використання ударно-хвильової терапії та вдосконаленню методик її застосування.

Ударно-хвильова терапія – це перспективний метод лікування, який відкриває нові можливості для регенеративної медицини. Її неінвазивність, безпека та ефективність роблять її цінним інструментом для лікування широкого спектру захворювань. Подальші дослідження та розробки дозволять розширити клінічні застосування УХТ та покращити результати лікування.

## БІОСУМІСНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ІМПЛАНТІВ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ОРГАНІЗМ

**Прилипіна Жанна Андріївна,**  
студентка групи БМІ – 21, ДВНЗ «ПДТУ»  
[sili i i@pstu.edu](mailto:sili_i_i@pstu.edu)

*Біосумісним з кістковою тканиною може вважатися матеріал, який в достатній мірі інертний щодо остеоіндукції і активний щодо остеокондукції. Біоактивні небіологічні матеріали - це матеріали, які включаються в іонний обмін і метаболізм кісткового матриксу та частково або повністю заміщуються кістковою тканиною в процесі її регенерації.*

*A material can be considered biocompatible with bone tissue if it is sufficiently inert regarding osteoinduction and active in terms of osteoconduction. Bioactive non-biological materials are those that participate in ion exchange and the metabolism of the bone matrix and are partially or completely replaced by bone tissue during its regeneration.*

Згідно з визначенням W. Wagner біосумісні матеріали - це матеріали, що мають синтетичне походження і застосовуються в медицині для забезпечення спільної роботи з біологічною системою. Біосумісним з кістковою тканиною може вважатися матеріал, який в достатній мірі інертний щодо остеоіндукції і активний щодо остеокондукції. Пояснити це положення можна таким чином. Остеоіндуктивними властивостями володіють тільки специфічні білки - остеоіндуктори. Тому подібні властивості притаманні тільки біологічним матеріалами і препаратів, що містять ці білки і специфічні фактори росту. Небіологічні матеріали не можуть викликати експресію генів, що відповідають за мітоз і диференціацію остеогенних клітин в остеобласти, і, отже, будь-яка активність цих матеріалів по відношенню до геному стовбурових мезенхімальних клітин, швидше за все, буде надавати неадекватне або негативний вплив на процес остеоіндукції. Виходячи з вищесказаного, матеріал імплантату, з одного боку, не повинен впливати на геном клітин організму, пригнічувати білки-остеоіндуктори,

пригнічувати мітоз остеогенних клітин, а в подальшому діяльність остеобластів і остеоцитів.

З іншого боку, поверхню матеріалу повинна забезпечувати адсорбцію білків і адгезію клітин, органічного і мінерального компонентів кісткового матриксу, а також його фізико-хімічний зв'язок з поверхнею імплантату. З точки зору активності по відношенню до остеокондукції і взаємодії з кістковим матриксом V. Strunz (1984) і J. Osborn (1985) розділили біосумісні матеріали на біоактивні, біоінертні і біотолерантні. Біоактивні небіологічні матеріали - це матеріали, які включаються в іонний обмін і метаболізм кісткового матриксу та частково або повністю заміщуються кістковою тканиною в процесі її регенерації. Характерною особливістю цих матеріалів є повна або часткова їх деградація (розсмоктування) з часом і заміщення нормальної кістковою тканиною. Біоактивними матеріалами є кальцій-фосфатні сполуки, сульфат кальцію, біоскла і матеріали на основі деяких високомолекулярних полімерів. Кальцій-фосфатні матеріали (трикальційфосфат і гідроксиапатит) отримують не тільки з біологічної сировини, а й методами хімічного осадження, синтезу або спікання. Будучи аналогом головного компонента мінеральної основи кістки, гідроксиапатит має виражені остеокондуктивні властивостями, забезпечує адгезію білків і клітин кісткової тканини, активно включається в іонний обмін і метаболізм кісткового матриксу, підтримує іонні і ковалентні зв'язки з мінералами кістки. Створюючи оптимальні умови для остеокондукції, гідроксиапатит в той же час піддається остеокластичній розробці, розчиняється в рідкому середовищі і розсмоктується протягом 6-10 місяців. Причому його резорбція в губчатому шарі кістки відбувається швидше, ніж в компактному.

## СУЧАСНИЙ ЦИФРОВИЙ ФОНЕНДОСКОП З ЕЛЕМЕНТАМИ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ З МОЖЛИВІСТЮ ПЕРЕДАЧИ ДАНИХ НА МОБІЛЬНИЙ ПРИСТРІЙ ЗА ДОПОМОГОЮ BLUETOOTH

**Умарова Нєрмін Єльзамін кизи,**  
студентка групи БМІ – 21, ДВНЗ «ПДТУ»  
[umarova\\_n\\_e@students.pstu.edu](mailto:umarova_n_e@students.pstu.edu)

*У статті розглядається сучасний цифровий фонендоскоп, що поєднує можливості візуалізації аускультативних даних та бездротової передачі інформації на мобільні пристрої за допомогою Bluetooth. Такий пристрій значно розширює діагностичні можливості лікарів, дозволяючи не лише прослуховувати серцеві та легеневі звуки, а й аналізувати їх графічне зображення в реальному часі.*

*The article discusses a modern digital stethoscope that combines the capabilities of visualizing auscultatory data and wirelessly transmitting information to mobile devices via Bluetooth. Such a device significantly expands the diagnostic capabilities of doctors, allowing them not only to listen to heart and lung sounds but also to analyse their graphical representation in real time.*

Проаналізовано основні технічні характеристики цифрових фонендоскопів, переваги їхнього використання, зокрема високу точність, зниження рівня шуму та можливість збереження даних. Особлива увага приділяється потенціалу дистанційного моніторингу пацієнтів, що є важливим для розвитку телемедицини.

Результати дослідження свідчать про те, що цифрові фонендоскопи можуть значно підвищити ефективність діагностики, сприяти навчанню медичних працівників та полегшити доступ до якісної медичної допомоги.

У сучасній медицині технологічний прогрес суттєво змінює підходи до діагностики, дозволяючи лікарям застосовувати новітні цифрові технології для покращення точності та ефективності обстежень. Одним із найважливіших інструментів лікаря є фонендоскоп, який традиційно використовується для аускультатії серцевих, легневих та інших звуків організму. Проте класичні

акустичні фонендоскопи мають низку обмежень, таких як недостатня гучність звуків, вплив навколишнього шуму та неможливість збереження даних для подальшого аналізу. Впровадження цифрових технологій дозволяє значно покращити якість звукового сигналу, забезпечити його аналіз та використання для дистанційної діагностики.

Одним із найбільш перспективних рішень у цій сфері є сучасний цифровий фонендоскоп, що поєднує традиційні методи аускультативної діагностики з новими можливостями, такими як візуалізація звукових хвиль та бездротова передача даних на мобільний пристрій через Bluetooth. Ця технологія дозволяє лікарям не лише прослуховувати серцеві та легеневі звуки, але й аналізувати їх візуально у вигляді графіків, спектрограм або інших цифрових відображень. Крім того, збережені аускультативні дані можна порівнювати у динаміці, що сприяє більш точному діагностуванню захворювань та відстеженню стану пацієнтів.

Основні аспекти дослідження:

#### 1. Технологічні особливості сучасного цифрового фонендоскопа

- Використання високочутливих електронних сенсорів для точного виявлення звуків серця, легень та інших органів.
- Система активного шумозаглушення, яка дозволяє зменшити вплив сторонніх звуків та підвищити якість сигналу.
- Регулювання частотного діапазону для більш точного виявлення патологічних змін у серцевих та легневих звуках.

#### 2. Функція візуалізації аускультативних даних

- Цифровий фонендоскоп здатний перетворювати звук у графічне представлення, що значно полегшує аналіз патологічних шумів.
- Використання програмного забезпечення для аналізу та інтерпретації отриманих даних.
- Можливість збереження та порівняння аудіозаписів у динаміці, що дає змогу лікарю оцінювати зміни стану пацієнта.

- Потенціал використання в медичній освіті для навчання студентів та молодих лікарів методам аускультації.

### 3. Передача даних через Bluetooth та інтеграція з мобільними пристроями

- Можливість синхронізації цифрового фонендоскопа зі смартфонами, планшетами та комп'ютерами.

- Використання спеціальних мобільних додатків для збереження та обробки отриманих даних.

- Функція відправлення результатів обстеження колегам або у медичні заклади для проведення консилиумів.

- Взаємодія з телемедичними платформами, що дозволяє лікарям проводити дистанційні консультації та діагностику.

### 4. Практичне застосування в медицині

- Використання цифрових фонендоскопів у лікарнях, приватних клініках, на виїзних консультаціях та в умовах невідкладної допомоги.

- Можливість віддаленого моніторингу пацієнтів із хронічними захворюваннями, такими як серцева недостатність, бронхіальна астма або хронічна обструктивна хвороба легень (ХОЗЛ).

- Використання в умовах пандемій та епідемій для дистанційного обстеження пацієнтів, що зменшує ризик поширення інфекційних захворювань.

- Застосування у ветеринарній медицині для діагностики серцево-легеневих захворювань у тварин.

Впровадження цифрових фонендоскопів із функцією візуалізації та передачею даних через Bluetooth відкриває нові можливості для підвищення якості медичної допомоги. Завдяки поєднанню високої точності, мобільності та інтеграції з цифровими системами, ці пристрої сприяють розвитку телемедицини, покращують ефективність діагностики та забезпечують лікарів додатковими інструментами для якісного лікування пацієнтів.

## ENHANCING SPEECH THERAPY THROUGH BIOFEEDBACK: INTEGRATING IoT SOLUTIONS

**Zoran Kadežabek,**

Bachelor of Electrical Engineering and Information Technology, Key Expert in the Department for Internet of Things, Development and Training Centre for the Metal Industry – Metal Centre Čakovec

[kristina@metalskajezgra.hr](mailto:kristina@metalskajezgra.hr)

**Khrystyna Moskalova,**

Assist. Prof., PhD, Senior Associate in the Research and Development Department, Development and Training Centre for the Metal Industry – Metal Centre Čakovec

[kristina@metalskajezgra.hr](mailto:kristina@metalskajezgra.hr)

*У роботі досліджується інтеграція механізмів біологічного зворотного зв'язку в логопедії, з акцентом на ролі технологій Інтернету речей (IoT) у вдосконаленні терапевтичної практики. Розлади мовлення вражають мільйони людей у всьому світі та можуть суттєво погіршити комунікацію, соціальну взаємодію та якість життя. Ефективне лікування вимагає не лише кваліфікованої терапії, але й інструментів, які можуть персоналізувати та покращити терапевтичний процес.*

*In this work, the integration of biofeedback mechanisms into speech therapy is explored, emphasizing the role of Internet of Things (IoT) technologies in advancing therapeutic practices. Speech disorders affect millions of people worldwide and can significantly impair communication, social interaction, and quality of life. Effective treatment requires not only skilled therapy but also tools that can personalize and enhance the therapeutic process.*

In recent years, the application of modern technologies in healthcare has become increasingly important, particularly in fields where traditional methods may benefit from greater precision, adaptability, and user engagement. For individuals with speech difficulties—whether caused by developmental disorders, neurological conditions, or injuries—innovative tools can provide new opportunities for progress. By leveraging cutting-edge technologies, it is possible to offer more efficient, accessible, and responsive therapy, tailored to the unique needs of each patient.

This work emphasizes the value of integrating real-time physiological feedback through IoT solutions to improve therapeutic outcomes. The collaboration between the Development and Training Centre for the Metal Industry – Metal Centre Čakovec and experts from the medical and health technology industries exemplifies a multidisciplinary approach to addressing these challenges and delivering impactful solutions in rehabilitative care.

Biofeedback in speech therapy involves providing real-time physiological data to patients, enabling them to gain awareness and control over specific bodily functions. By incorporating IoT devices, therapists can monitor parameters such as muscle activity, breathing patterns, and articulation in real time, offering immediate feedback to patients. This technological integration facilitates personalized therapy sessions, enhances patient engagement, and potentially accelerates progress.

The work highlights case studies where IoT-enabled biofeedback tools have been implemented, demonstrating improvements in patient outcomes and therapy efficiency. These tools not only aid in tracking patient progress but also allow for remote monitoring, making therapy more accessible to individuals in various settings.

The authors advocate for continued research and development in this domain, suggesting that the fusion of speech therapy and IoT technologies holds significant promise for the future of rehabilitative healthcare. This work exemplifies how interdisciplinary collaboration can lead to innovative solutions that enhance patient care and therapy effectiveness.