

# АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ СУЧАСНОЇ МЕДИЦИНИ: ТОМ 26, ВИПУСК 1 (93), 2026

ВІСНИК Української медичної стоматологічної академії

НАУКОВО-ПРАКТИЧНИЙ ЖУРНАЛ

Заснований в 2001 році

Виходить 4 рази на рік

<https://pdmu.edu.ua/>

## Зміст

### КЛІНІЧНА МЕДИЦИНА

<b>Бабеня Г. О., Дєньга О. В., Дєньга Е.М., Шнайдер С. А.</b> .....	4
ВІКОВІ ОСОБЛИВОСТІ УЛЬТРАЗВУКОВИХ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ КІСТКОВОЇ ТКАНИНИ У ДОРΟΣЛИХ ОСІБ ЯК ПЕРЕДУМОВА ФОРМУВАННЯ ПАРОДОНТАЛЬНОЇ ПАТОЛОГІЇ У ПОХИЛОМУ ВІЦІ	
<b>Буяк П. З., Лембрик І.С.</b> .....	8
СТАН ОКРЕМИХ ПОКАЗНИКІВ ПРООКСИДАНТНОЇ СИСТЕМИ ТА БІОЕЛЕМЕНТНОГО СТАТУСУ В ДІТЕЙ ІЗ ІГА-АСОЦІЙОВАНИМ ВАСКУЛІТОМ	
<b>Гринь К.В.</b> .....	14
СОЦІАЛЬНО-ДЕМОГРАФІЧНІ ФАКТОРИ ЯК ПЕРЕДУМОВИ РОЗЛАДІВ АДАПТАЦІЇ У ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ	
<b>Доценко С.Я., Акімова Л.С.</b> .....	19
ОЦІНКА КЛІНІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТОЛПЕРИЗОНУ ГІДРОХЛОРИДУ У ПАЦІЄНТІВ З ХРОНІЧНИМ МІОФАСЦІАЛЬНИМ БОЛЬОВИМ СИНДРОМОМ	
<b>Драбовська І.А.</b> .....	28
ВПЛИВ СХЕМ ХІМІОТЕРАПІЇ БЕНДАМУСТИН+РИТУКСИМАБ ТА ФЛУДАРАБІН+ЦИКЛОФОСФАМІД+РИТУКСИМАБ НА ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ЖИТТЯ ПАЦІЄНТІВ ІЗ В-КЛІТИННОЮ ЛІМФОЦИТАРНОЮ ЛЕЙКЕМІЄЮ	
<b>Жеков І.І.</b> .....	34
ОСОБЛИВОСТІ РЕЗУЛЬТАТІВ ХІРУРГІЧНОГО ЛІКУВАННЯ АНЕВРИЗМ ВИСХІДНОЇ АОРТИ У ПАЦІЄНТІВ З ІШЕМІЧНОЮ ХВОРОБОЮ СЕРЦЯ ЗАЛЕЖНО ВІД СТАТІ	
<b>Кожем'яка М.О., Солов'юк О.О.</b> .....	40
КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА МІОФАСЦІАЛЬНОГО БОЛЬОВОГО СИНДРОМУ ПРИ ДЕГЕНЕРАТИВНО-ДИСТРОФІЧНИХ ПАТОЛОГІЯХ ХРЕБТА У ПАЦІЄНТІВ МОЛОДОГО ТА СЕРЕДНЬОГО ВІКУ	
<b>Козін О.А., Павленко С.М.</b> .....	47
ІНТРАОПЕРАЦІЙНЕ ПЛАНУВАННЯ ТАКТИКИ РЕАБІЛІТАЦІЙНОГО ПЕРІОДУ ХВОРИХ З ПЕРЕЛОМАМИ ПРОКСИМАЛЬНОГО ВІДДІЛУ СТЕГНА	
<b>Корбило А.А.</b> .....	52
ІНТРАОПЕРАЦІЙНИЙ ПЕРІОД У ПАЦІЄНТІВ РІЗНОГО ВІКУ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ НЕЙРОАКСІАЛЬНОЇ АНЕТЕЗІЇ ПІД ЧАС ЕНДОПРОТЕЗУВАННЯ СУГЛОБІВ НИЖНЬОЇ КІНЦІВКИ	
<b>Михалюк Є.Л., Кулинич Р.Л., Крайдашенко О. В.</b> .....	60
КЛІНІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ МІОФАСЦІАЛЬНОГО БОЛЬОВОГО СИНДРОМУ У ПАЦІЄНТІВ З ТРИВОЖНО-ДЕПРЕСИВНИМИ РОЗЛАДАМИ	
<b>Оганісян Е.В., Скрипник І.М., Маслова Г.С., Пілат І.О.</b> .....	68
ВПЛИВ S-АДЕМЕТІОНІНУ НА ПОКАЗНИКИ СИСТЕМИ ОКСИДУ АЗОТА У ХВОРИХ НА МЕТАБОЛІЧНО-АСОЦІЙОВАНУ СТЕАТОТОЧНУ ХВОРОБУ ПЕЧІНКИ У ПОЄДНАННІ ІЗ ІШЕМІЧНОЮ ХВОРОБОЮ СЕРЦЯ	
<b>Попов А.І.<sup>1</sup>, Перфільєв О.В.<sup>1</sup>, Леонтьєва Ф.С.<sup>1</sup>, Морозенко Д.В.<sup>1</sup>, Томас Т.С.<sup>1</sup>, Лантінов О.В.<sup>1</sup></b> .....	75
МЕТАБОЛІЧНІ ПОРУШЕННЯ У ПАЦІЄНТІВ З ДЕГЕНЕРАТИВНИМИ ЗАХВОРЮВАННЯМИ ПОПЕРЕКОВОГО ВІДДІЛУ ХРЕБТА ПЕРЕД МІКРОДИСКЕТОМІЄЮ	
<b>Щукін С.П.</b> .....	82
РОЛЬ МІНІФЛЕБЕКТОМІЇ ЯК ДОПОВНЕННЯ ДО ЕНДОВЕНОЗНИХ МЕТОДІВ У ЛІКУВАННІ РЕЦИДИВНОЇ ВАРИКОЗНОЇ ХВОРОБИ НИЖНІХ КІНЦІВОК	

**СТОМАТОЛОГІЯ**

*Андрієнко К.Ю., Федотова О.Л., Погоріла АВ., Дюдіна І.Л., Сідорова О.В.* ..... 88  
 ПІДГОТОВКА ОРТОПЕДИЧНОГО ЛІКУВАННЯ ПАЦІЄНТІВ ІЗ ЗАХВОРЮВАННЯМИ ПАРОДОНТА ЗІ ЗНИЖЕННЯМ ВИСОТИ ПРИКУСУ

*Годованець О.І., Муринок Т.І., Митченко М.П.* ..... 94  
 ОСОБЛИВОСТІ ПЕРЕБІГУ ПІСЛЯОПЕРАЦІЙНОГО ПЕРІОДУ У ДІТЕЙ ГРУП СПОСТЕРЕЖЕННЯ ПІСЛЯ ВИДАЛЕННЯ ТРЕТЬОГО МОЛЯРА ЗА ОРТОДОНТИЧНИМИ ПОКАЗАННЯМИ

*Січкоріз Х.А.<sup>1</sup>, Лабуш Ю.З.<sup>1</sup>, Виноградова О.М.<sup>1</sup>, Мигаль О.О.<sup>1</sup>, Ільницька О.М.<sup>2</sup>, Кардашевська О.І.<sup>3</sup>* ..... 100  
 СТАН АНТИМІКРОБНОГО І АНТИОКСИДАНТНОГО ЗАХИСТУ ТА МІСЦЕВОГО ГУМОРАЛЬНОГО ІМУНІТЕТУ ПОРОЖНИНИ РОТА В ОСІБ ІЗ ХРОНІЧНИМИ ЗАХВОРЮВАННЯМИ ШЛУНКОВО-КИШКОВОГО ТРАКТУ

*Снігур Ю.Р., Гасюк П.А.* ..... 106  
 ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ІНТРАОРАЛЬНОГО СКАНУВАННЯ СЕРЕД СТОМАТОЛОГІЧНИХ КЛІНІК ТА ЛІКАРІВ-СТОМАТОЛОГІВ ЗА ДАНИМИ АНКЕТУВАННЯ

*Ткаченко П.І., Білоконь С.О., Доленко О.Б., Коротич Н.М., Буря Л. В., Попело Ю.В., Лохматова Н.М., Морарь Д.А.*... 113  
 ЦИТОЛОГІЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ В ДІАГНОСТИЦІ ПАТОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ГОЛОВИ ТА ШИЇ У ДІТЕЙ

*Янішен І.В., Петроченко Г.В.* ..... 119  
 МЕТОДИКА ВИГОТОВЛЕННЯ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ШИН-КАП З УДОСКОНАЛЕНОЇ БЕЗАКРИЛОВОЇ ПЛАСТМАСИ

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА МЕДИЦИНА ТА БІОЛОГІЯ**

*Буханченко О.П.*..... 123  
 ОСОБЛИВОСТІ БУДОВИ КРАЙОВОГО ШАРУ ПУЛЬПИ В ІНТАКТНИХ ЗУБАХ ЛЮДИНИ

*Гойдіна В.С.<sup>1,2</sup>* ..... 127  
 ВПЛИВ ХІМІОТЕРАПЕВТИЧНОГО ПРЕПАРАТУ ДОКСОРУБИЦИНУ В РІЗНИХ ДОЗАХ НА КЛІТИННУ ЛІНІЮ L929

*Малишевський І.О.<sup>1</sup>, Хіміч С.Д.<sup>2</sup>* ..... 132  
 КЛІНІКО-МОРФОЛОГІЧНА ОЦІНКА ПІДВИЩЕНОЇ ТРАВМАТИЗАЦІЇ ТКАНИН ПРИ ОПЕРАЦІЯХ НА ОРГАНАХ ЧЕРЕВНОЇ ПОРОЖНИНИ У ОСІБ З ОЖИРІННЯМ

*Матвєєнко М. С.<sup>1</sup>, Гладких Ф. В.<sup>1,2</sup>, Чиж М. О.<sup>3</sup>, Карафуліді О.В.<sup>4</sup>, Козлова Т. В.<sup>1</sup>* ..... 137  
 АД'ЮВАНТИ ДЛЯ МОДИФІКАЦІЇ АНТИНОЦИЦЕПТИВНОЇ АКТИВНОСТІ ДИКЛОФЕНАКУ НАТРІЮ (ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ)

*Назаренко С.М.*..... 144  
 ВПЛИВ ЕПІГАЛОКАТЕХІН-3-ГАЛАТУ НА УТВОРЕННЯ АКТИВНИХ ФОРМ ОКСИГЕНУ ТА НІТРОГЕНУ У М'ЯКИХ ТКАНИНАХ ПАРОДОНТА ПІСЛЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ ЧЕРЕПНО-МОЗКОВОЇ ТРАВМИ

*Робота Д.В., Паєлов С.В.* ..... 149  
 ВИВЧЕННЯ ВПЛИВУ ОПТИМІЗАТОРІВ ADAM ТА SGDM НА НАВЧАННЯ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ U-NET ДЛЯ СЕГМЕНТАЦІЇ ЕПІТЕЛІАЛЬНИХ КОМПОНЕНТІВ НОРМАЛЬНОЇ ТКАНИНИ КИШЕЧНИКА

*Рябушко Р.М., Костенко Г.В., Костенко В.О.* ..... 154  
 ВПЛИВ КВЕРЦЕТИНУ НА ПОКАЗНИКИ ЛІПІДНОГО МЕТАБОЛІЗМУ В СИРОВАТЦІ КРОВІ ЩУРІВ ЗА УМОВ ТРИВАЛОГО ПСИХОЕМОЦІЙНОГО СТРЕСУ

*Федорченко В. І.<sup>1</sup>, Ананьєва М. М.<sup>2</sup>, Лобань Г. А.<sup>1</sup>, Гасюк Н. І.<sup>3</sup>, Зайцев І. А.<sup>4</sup>* ..... 159  
 ДИСБІОТИЧНІ ЗМІНИ МІКРОБІОТИ ГЛОТКИ: ЕПІДЕМІОЛОГІЧНА РОЛЬ *SPHINGOMONAS PAUCIMOBILIS*

**ФІЗИЧНА РЕАБІЛІТАЦІЯ**

*Горошко В. І., Сєрков О. Ю.* ..... 164  
 КАРДІОРЕАБІЛІТАЦІЯ УЧАСНИКІВ БОЙОВИХ ДІЙ З ПОСТТРАВМАТИЧНИМ СТРЕСОВИМ РОЗЛАДОМ І МЕТАБОЛІЧНИМИ ПОРУШЕННЯМИ

*Олійник О.Є.<sup>1</sup>, Олійник-Алдушина Є.О.<sup>1</sup>, Карпінський М.Ю.<sup>2</sup>, Карпінська О.Д.<sup>2</sup>* ..... 170  
 ВПЛИВ АБДУКТОРІВ СТЕГНА НА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОСТУРАЛЬНОГО БАЛАНСУ В УМОВАХ ДИСПЛАСТИЧНОГО КОКСАРТРОЗУ

*Неханевич О.Б.<sup>1</sup>, Грицюк І. В.<sup>1,2</sup>* ..... 178  
 ВПЛИВ РАНЬОЇ ІНТЕНСИВНОЇ ХОДЬБИ НА ВІДНОВЛЕННЯ РІВНОВАГИ ТА ЗНИЖЕННЯ РИЗИКУ ПАДІННЯ ПІД ЧАС РЕАБІЛІТАЦІЇ ПАЦІЄНТІВ З ГОСТРИМ ПОРУШЕННЯМ МОЗКОВОГО КРОВООБІГУ

**ФАРМАЦІЯ**

*Отрішко І.А.<sup>1</sup>, Ветрова К.В.<sup>1</sup>, Безугла Н.П.<sup>2</sup>, Сахарова Т.С.<sup>3</sup>, Шелест К.О.<sup>1</sup>* ..... 183  
 КЛІНІКО-ФАРМАЦЕВТИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ПРИХИЛЬНОСТІ ДО ЛІКУВАННЯ ОСІБ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ СУЧАСНИХ ЛІКАРСЬКИХ ЗАСОБІВ, ЩО МІСТЯТЬ КОМПЛЕКС ВІТАМІНІВ ГРУПИ В

**КЛІНІЧНИЙ ВИПАДОК**

*Задорожна С.М.* ..... 191  
 ЗАСТОСУВАННЯ ДІОДНОГО ЛАЗЕРА ЯК АД'ЮВАНТНОГО МЕТОДУ В СТОМАТОЛОГІЇ

**ОГЛЯДИ ЛІТЕРАТУРИ**

*Бабієнко В.В.*..... 198  
 ХАРАКТЕРИСТИКА ТРИВАЛОСТІ ЖИТТЯ В ЄВРОПЕЙСЬКИХ КРАЇНАХ

*Burdina V.R.<sup>1</sup>, Yesselbayeva A.K.<sup>2</sup>, Bojarska Z.O.<sup>3,4</sup>, Nevoit G.V.<sup>5</sup>, Aravitska M.G.<sup>6</sup>, Danylchenko S.I.<sup>1</sup>* ..... 205  
 MULTIMODAL APPROACHES IN PHYSICAL REHABILITATION OF CHILDREN WITH AUTISM SPECTRUM DISORDERS: A REVIEW OF EVIDENCE-BASED METHODS

(+61.7%) and restoration of its coupling (+83.9%), as well as reduced peroxynitrite levels (–22.4%). Conclusions. Under experimental conditions, EGCG administration normalizes key parameters of the nitric oxide system in periodontal soft tissues, as evidenced by decreased total and inducible NOS activity, increased cNOS activity with restoration of its coupling, and reduced peroxynitrite levels, indicating attenuation of nitrosative stress. These findings suggest that EGCG contributes to the restoration of redox homeostasis in periodontal tissues following TBI, likely through modulation of redox-sensitive signaling pathways, including activation of the Nrf2/ARE pathway and inhibition of NF- $\kappa$ B–mediated inflammatory responses.

DOI 10.31718/2077-1096.26.1.149

УДК: 616.34:611.018.7:612.08

*Робота Д.В., Павлов С.В.*

## **ВИВЧЕННЯ ВПЛИВУ ОПТИМІЗАТОРІВ ADAM ТА SGDM НА НАВЧАННЯ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ U-NET ДЛЯ СЕГМЕНТАЦІЇ ЕПІТЕЛІАЛЬНИХ КОМПОНЕНТІВ НОРМАЛЬНОЇ ТКАНИНИ КИШЕЧНИКА**

Запорізький державний медико-фармацевтичний університет, м. Запоріжжя, Україна

*Анотація. Впровадження комп'ютерних технологій у медичну практику докорінно змінює підходи до аналізу гістопатологічних даних, перетворюючи цифрову патологію на необхідний елемент діагностичного процесу. Використання повнослайдових зображень у поєднанні з методами глибокого навчання дозволяє автоматизувати складні завдання, такі як сегментація тканинних структур. Одним із ключових викликів у цьому напрямку є забезпечення високої точності розпізнавання дрібних морфологічних елементів на зображеннях високої роздільної здатності, що критично залежить від архітектури нейронної мережі та параметрів її навчання. Ці аспекти безпосередньо впливають на надійність автоматизованих систем підтримки прийняття рішень, особливо при аналізі структур кишечника, де важливо чітко розмежовувати епітеліальні та стромальні компоненти. Відсутність обґрунтованого підходу до вибору алгоритмів оптимізації може призводити до втрати діагностично значущої інформації та появи артефактів сегментації. У цьому дослідженні розглянуто вплив різних алгоритмів оптимізації в архітектурі U-Net на якість піксельної класифікації епітеліальних субкомпонентів (крипт та поверхневого епітелію) нормальної тканини кишківника. У ході проведеного дослідження оцінено ефективність застосування оптимізаторів Adam та SGDM для навчання згорткової нейронної мережі U-Net з енкодером ResNet50. Проведено порівняльний аналіз отриманих моделей на наборі гістологічних даних та визначено найбільш оптимальну конфігурацію для даного типу морфологічних структур. Отримані експериментальні результати демонструють суттєву перевагу використання оптимізатора Adam, який забезпечує високі показники якості сегментації та стабільність навчання: Global Accuracy: 0.96, Specificity: 0.93, відносний приріст Specificity порівняно з SGDM склав +14.81%. Отримані результати підтверджують перспективність використання адаптивних методів оптимізації в задачах цифрової патології для високогранульованої сегментації. Застосування алгоритму Adam дозволяє мінімізувати кількість хибно-позитивних передбачень у стромальних ділянках, що значно підвищує точність морфометричного аналізу та має важливе значення для подальших фундаментальних та клінічних досліджень у галузі онкології.*

Ключові слова: цифрова патологія, глибоке навчання, U-Net, сегментація зображень, алгоритми оптимізації, лабораторна діагностика.

Всі матеріали поширюються на умовах ліцензії Creative Commons Attribution License International CC-BY, яка дозволяє іншим розповсюджувати роботу з визнанням авторства цієї роботи і першої публікації в цьому журналі © Всі автори, 2025

Надійшла/Received: 19.11.2025. Прийнята/Accepted: 5.01.2026. Опублікована/Published: 9.02.2026.

ISSN 2077-1096 (print), ISSN 2077-1126 (online)

### **Вступ**

Використання комп'ютерних технологій для аналізу гістопатологічних медичних зображень набуло критично важливого значення як для фундаментальних наукових досліджень, так і для рутинної діагностичної практики [1, 2]. Основу цього напрямку становить цифрова гістопатологія, яка передбачає високоточне сканування гістологічних зрізів тканин, що призводить до генерації повнослайдових зображень (WSI), які вирізняються надзвичайно великою роздільною здатністю та об'ємом [1]. Ця цифровізація, під-

силена прогресом у галузі штучного інтелекту (ШІ) та глибокого навчання, відкриває значні клінічні перспективи: від прогнозування патологічних станів до точної локалізації осередків ураження безпосередньо на зображенні [3, 4, 5].

Ключовим етапом комп'ютерного аналізу WSI, особливо при діагностиці колоректального раку, є піксельна класифікація (сегментація) тканин. Це включає фундаментальний поділ на основні гістологічні компоненти – строму та епітелій. Такий розподіл є принципово важливим, оскільки епітеліальний відділ є основною зоною, де відбуваються інтенсивні злоякісні перетво-

рення, тоді як строма відображає реактивні зміни у мікрооточенні пухлини [6]. У цьому контексті, ізоляція епітеліального компоненту нормальної кишкової тканини є критичною для встановлення надійної базисної лінії, що дозволяє достовірно оцінювати патологічні зміни та, як наслідок, підвищувати загальну діагностичну точність [7, 8]. Більше того, необхідною є не просто загальна сегментація епітелію, а його детальний розподіл на субкомпоненти, зокрема крипти та поверхневий епітелій, оскільки їхня морфологічна та функціональна цілісність має вирішальне значення для підтримки гомеостазу і розуміння механізмів ранніх стадій захворювання [7].

Для автоматизації високоточної сегментації складних медичних зображень, включаючи гістопатологічні структури, найбільше визнання отримала архітектура U-Net [9]. Її характерна симетрична U-подібна будова, що складається з кодувальника (encoder), декодувальника (decoder) та скіп-з'єднань (skip connections), дозволяє мережі одночасно ефективно витягувати глибокі семантичні ознаки (контекст) і зберігати необхідну просторову деталізацію (точність локалізації) [9]. Сучасні модифікації U-Net часто включають інтеграцію механізмів уваги (attention mechanisms), що надає моделі можливість зосереджуватися на клінічно та структурно важливих ділянках [10], а також варіації у використанні семантичних (глибоких) і просторових (поверхневих) ознак для оптимізації продуктивності сегментації [11].

Незважаючи на значні досягнення, залишається відкритим питання щодо оптимальної конфігурації архітектурних елементів U-Net для досягнення максимальної точності у високогратуальному завданні класифікації епітеліальних субкомпонентів (крипт та поверхневого епітелію) саме на великомасштабних WSI. Тому, систематичне дослідження впливу комбінацій різних характеристик U-Net (від глибини мережі до імплементації уваги) на точність сегментації мікроскопічних структур є необхідним для розробки найбільш надійного та клінічно застосовного інструменту.

Важливим аспектом підвищення точності сегментації в архітектурах типу U-Net є вибір оптимального алгоритму оптимізації, оскільки саме він визначає швидкість збіжності моделі, стабільність навчання та чутливість до локальних мінімумів. Найбільш широко застосовуваними у медичній сегментації є Adam та Stochastic Gradient Descent with Momentum (SGDM). Алгоритм Adam, завдяки адаптивному коригуванню швидкості навчання й використанню моментів першого та другого порядку, забезпечує швидку збіжність та високу стабільність на гетерогенних гістопатологічних даних [12]. Водночас SGDM, який інтегрує класичний стохастичний градієнтний спуск із механізмом прискореного руху (momentum), часто демонструє кращу узагальнювальну здатність моделі та меншу схильність до перенавчання, що робить його конкурентним

інструментом у сегментаційних завданнях високої складності [13]. Порівняння цих оптимізаторів у контексті U-Net є особливо важливим, оскільки їхня ефективність може суттєво відрізнятись залежно від архітектурної глибини, складу пропускаючих з'єднань та типу морфологічних структур, що сегментуються у повнослайдових гістологічних зображеннях.

### Мета дослідження

Оцінити ефективність використання алгоритмів оптимізації Adam та SGDM в архітектурі U-Net для досягнення високоточної піксельної класифікації (сегментації) епітеліальних компонентів (крипт та поверхневого епітелію) нормальної тканини кишківника на повнослайдових зображеннях.

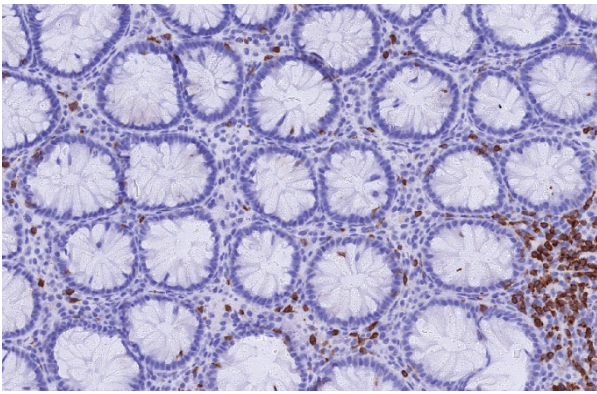
### Матеріали та методи дослідження

Матеріалом для дослідження слугували датасет, сформований із 12 гістологічних повнослайдових зображень (Whole Slide Images, WSI) тканин кишківника, отриманий з відкритого наукового репозиторію DataverseNO (ідентифікатор: <https://doi.org/10.18710/TLA01U>), які були використані для детального аналізу та високоточної піксельної класифікації (сегментації) епітеліального компоненту нормальної тканини кишківника. Попередня підготовка та ручна анотація даних здійснювалася за допомогою відкритого програмного забезпечення QuPath (версія 0.5.1), де, використовуючи скрипти на мові програмування Groovy, проводилися візуалізація WSI, ручна анотація структур та подальший експорт-імпорт зображень (плиток) розміром 512x512 пікселів разом із відповідними масками істинності (ground truth masks).

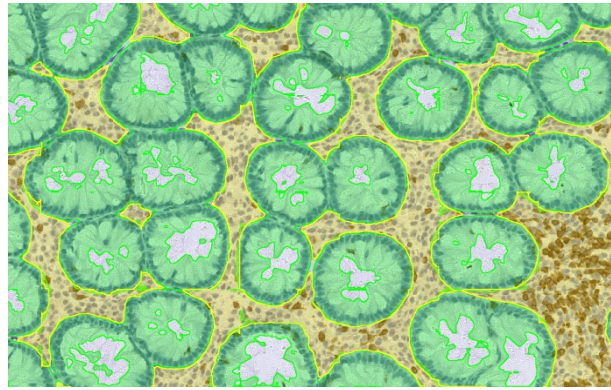
Формування кінцевого датасету та його поділ на навчальну (80%) та тестову вибірки (20%) було виконано мовою програмування Python (версія 3.12) в середовищі Jupyter Notebook. Методологія навчання ґрунтувалася на підході керуваного навчання (supervised learning), а для розробки моделей піксельної класифікації (сегментації) застосовувався фреймворк PyTorch (версія 2.5.1).

В якості базової архітектури для сегментації була обрана згортоква нейронна мережа U-Net з інтегрованим енкодером ResNet50. Сегментація була сфокусована на точному розмежуванні епітеліальних компонентів кишківника, а саме крипт та поверхневого епітелію, від решти гістологічних структур, для чого були визначені класи: Epithelium, Stroma та Background. Ключовим аналітичним завданням дослідження було проведення порівняльного аналізу ефективності роботи архітектури U-Net залежно від обраного методу оптимізації - Adam або SGDM.

Для візуального контролю та підтвердження коректності роботи алгоритмів використовувалася метод накладання (overlay) згенерованих сегментаційних масок на вихідні повнослайдові зображення з імуногістохімічним маркуванням CD3 (рис. 1).



а)



б)

Рис. 1. Візуалізація зразків з CD3-маркерами (зображення з ресурсу DataverseNO, ідентифікатор: <https://doi.org/10.18710/TLA01U>): а) вихідне зображення фрагмента тканини кишківника з візуалізацією CD3-позитивних лімфоцитів (коричневе забарвлення); б) приклад накладання результатів роботи моделі (overlay), де зелений колір відповідає зоні прогнозованого епітелію

### Результати

Порівняльна оцінка ефективності оптимізаторів Adam та SGDM у задачі сегментації епітеліальних компонентів нормальної кишкової тканини показала істотну різницю в якості навчання моделей. Аналіз проводився за двома ключовими метриками: Global Accuracy та Specificity, що відображають загальну точність роботи моделі та здатність правильно розпізнавати негативні класи (фон і стромальні ділянки), відповідно.

Оптимізатор Adam продемонстрував істотно

вищу ефективність. Його середнє значення Global Accuracy становило 0.96, що на 6.7 % перевищує показник SGDM (0.90). Перевага Adam була ще більш вираженою за метрикою Specificity: 0.93 проти 0.81, що відповідає різниці у 12.9 %, тобто майже у 1.6 раза нижчій помилці ідентифікації негативного класу порівняно зі SGDM. Це свідчить про те, що Adam значно точніше сегментує межі крипт та поверхневого епітелію, знижує кількість хибнопозитивних передбачень і краще адаптується до локальних морфологічних варіацій (табл. 1).

Оптимізатор	Global Accuracy	Specificity
Adam	0.96	0.93
SGDM	0.90	0.81

Додатково було розраховано відносне покращення (Relative Improvement, RI) для обох метрик. Для Global Accuracy використання Adam забезпечило приріст RI = +6.67 %, тоді як для Specificity приріст склав RI = +14.81 %. Це підкреслює, що оптимізатор Adam не лише швидше збігається, а й формує більш стабільне та узагальнювальне представлення морфологічних ознак епітелію.

Статистичний аналіз показав, що відмінності між оптимізаторами є не лише чисельно значущими, але й методологічно обґрунтованими. Adam демонструє кращу стабільність градієнтів завдяки адаптивному масштабуванню, що знижує коливання під час проходження через складні топологічні ділянки WSI. Натомість SGDM схильний до затримок у збіжності та частіше пропускає дрібні морфологічні структури, що в задачі високороздільної сегментації призводить до втрати точності.

Візуальна експертна оцінка результатів сегментації, яка була зроблена на підставі прогнозованих масок на вихідні гістологічні зображення, показала, що модель U-Net, навчена з використанням оптимізатора Adam, забезпечує морфологічно коректне та просторово точне відтворення епітеліальних компонентів. Контури

крипт, апікальна поверхня епітелію та межі епітелій-stroma відтворювалися чітко, без залучення стромальних або фонових ділянок, що повністю відповідає класичним гістологічним критеріям норми. Така висока узгодженість між автоматизованою сегментацією та патоморфологічною оцінкою візуально підтверджує отримані числові показники Global Accuracy та Specificity і свідчить про практичну придатність моделі для подальшого морфометричного аналізу

### Обговорення результатів дослідження

Отримані нами показники якості сегментації епітеліальних компонентів нормальної слизової кишківника вказують на суттєву залежність продуктивності U-Net від вибору оптимізатора. Поєднання архітектури U-Net, яка давно вважається стандартом де-факто в медичній сегментації завдяки ефективному використанню як локальних, так і глобальних ознак зображення, з оптимізатором Adam дало значно кращі результати порівняно з класичним SGDM за метриками Global Accuracy та Specificity [14].

У нашому експерименті Adam досяг Global Accuracy 0.96 і Specificity 0.93, тоді як SGDM продемонстрував лише 0.90 та 0.81 відповідно. Таким чином, абсолютне зростання Global

Accuracy склало 0.06, що відповідає приблизно відносному покращенню на 6–7%, а для Specificity приріст 0,12 відповідає покращенню майже на 15%. З погляду практичної морфометрії це означає істотне зниження частки хибнопозитивних пікселів, які помилково відносяться до епітелію, і відповідно зменшення «забруднення» стромальних і фонового компонентів. Для подальших кількісних підрахунків імунних клітин у чітко визначених епітеліальних зонах така різниця несе безпосередній вплив на точність усіх наступних біостатистичних висновків.

Перевага Adam добре узгоджується з його теоретичною природою. Алгоритм Adam використовує адаптивні оцінки першого та другого моментів градієнта, що забезпечує різні ефективні швидкості навчання для різних параметрів моделі, робить оптимізацію стійкішою до шумових та розріджених градієнтів і прискорює збіжність у задачах з високою розмірністю параметрів, до яких належать й сегментаційні мережі для повнослайдових зображень [15]. Для гістологічних WSI, де структура тканини є гетерогенною, а межі між криптами, поверхневим епітелієм і строמוю часто розмиті, така адаптивність дозволяє моделі краще підлаштовуватися до локальних морфологічних варіацій, не втрачаючи глобальної стабільності навчання.

Натомість SGDM базується на класичному стохастичному градієнтному спуску з імпульсом. Імпульс суттєво прискорює збіжність уздовж напрямків, в яких градієнт стабільно зберігає знак, але вимагає тонкого налаштування пари «швидкість навчання плюс коефіцієнт імпульсу». При недосконало підібраних гіперпараметрах така схема схильна або до коливань навколо мінімуму, або до «проскоку» дрібних деталей, особливо на складних межах епітелій–строма. Це добре узгоджується з висновками Sutskever та співавторів, які показали, що ефективність SGDM з імпульсом критично залежить від правильної ініціалізації та налаштування імпульсу [13]. Отже, нижча Specificity SGDM у нашому випадку може відобразити саме недостатню здатність такого оптимізатора коректно відпрацьовувати складні локальні патерни на межі класів. Результати також добре вписуються у сучасний тренд досліджень, що системно порівнюють оптимізатори в задачах медичної сегментації. Mortazi та співавтори, аналізуючи різні оптимізатори в задачі кардіальної MPT сегментації, продемонстрували, що адаптивні методи сімейства Adam забезпечують швидшу збіжність та високі значення Dice, проте можуть відрізнитися за здатністю до узагальнення порівняно з класичним SGDM що підкреслює необхідність контекстно залежного вибору оптимізатора [16]. У нашому дослідженні задача сегментації нормальної кишкової слизової має виражену дрібногранульовану структуру, тому пріоритет набуває максимально точне відтворення локальної морфології навіть ціною дещо більш агресивної адаптивної оптимізації, що

пояснює перевагу Adam над SGDM.

Додатково важливо, що наші результати узгоджуються з роботами, де U-Net успішно застосовується для томографічних та гістопатологічних задач з використанням адаптивних оптимізаторів. Наприклад, при сегментації легень на КТ та аналізі впливу гіперпараметрів U-Net показано, що налаштування параметрів навчання, включно з оптимізатором, істотно впливає на стабільність і розкид метрик, а використання Adam асоціюється з високою середньою точністю при прийнятному стандартному відхиленні [17]. У дослідженнях на гістопатологічних наборах також описано успішне застосування Adam для класифікації та сегментації, що підтверджує релевантність нашого вибору оптимізатора у контексті морфологічних зображень високої роздільної здатності.

З погляду подальших етапів роботи з моделлю, різниця між Specificity 0,93 та 0,81 має принципове значення. Для подальшого підрахунку імунних клітин, щільності інфільтрації чи просторових патернів в епітеліальних компонентах накопичені помилки сегментації неминуче транслюються у систематичні зсуви в оцінках біомаркерів. Висока Specificity Adam означає, що епітеліальні маски менш «забруднені» пікселями строми, отже, ймовірність хибної інтерпретації локальної імунної мікрооточення значно нижча. Таким чином, вибір Adam як оптимізатора на етапі сегментації є не лише технічним, а й методологічно критичним рішенням, яке підвищує достовірність усієї подальшої просторової аналітики.

## Висновки

1. У ході дослідження встановлено, що оптимізатор Adam забезпечує істотно вищу точність сегментації епітеліальних компонентів нормальної кишкової тканини порівняно з SGDM, що підтверджується значеннями Global Accuracy 0.96 проти 0.90 та Specificity 0.93 проти 0.81.

2. Отримані переваги Adam пояснюються його здатністю адаптивно коригувати швидкість навчання для різних параметрів моделі, завдяки чому мережа краще враховує локальні морфологічні варіації крипт і поверхневого епітелію та демонструє стабільнішу збіжність під час навчання.

3. Аналіз результатів показав, що нижча Specificity SGDM пов'язана з його меншою чутливістю до дрібних структурних особливостей епітелію, що зумовлює більшу кількість хибнопозитивних передбачень у стромальних та фонових ділянках і знижує точність морфометричної інтерпретації.

4. Виявлені відмінності між оптимізаторами мають не лише числову, а й методологічну значущість, оскільки точність сегментації епітеліальних структур безпосередньо впливає на подальші етапи цифрової патології, включно з підрахунком клітин та просторовим аналізом мікрооточення.

5. На основі отриманих даних Adam може бути рекомендований як оптимальний вибір для сегментаційних моделей типу U-Net у задачах високогранульованого аналізу гістологічних повнослайдових зображень, тоді як застосування SGDM доцільно розглядати лише у випадках додаткових експериментів з ретельним налаштуванням гіперпараметрів.

#### ORCID авторів

Робота Д.В. – <https://orcid.org/0000-0003-2205-3579>

Павлов С.В. – <https://orcid.org/0000-0003-3924-4515>

#### Особистий внесок авторів

Робота Д.В.: а) концепція та дизайн, б) збір та узагальнення даних, в) написання рукопису, г) аналіз та інтерпретація результатів, д) редагування рукопису.

Павлов С.В.: а) концепція та дизайн, е) остаточне затвердження рукопису.

#### Конфлікт інтересів

Конфлікт інтересів: відсутній

#### References

- Barua B, Chyrmang G, Bora K, Saikia MJ. Optimizing colorectal cancer segmentation with MobileViT-UNet and multi-criteria decision analysis. *PeerJ Comput Sci.* 2024;10:e2633. doi: 10.7717/peerj-cs.2633.
- Robota DV, Burlaka BS. Selecting an effective method of color normalization for histological images of intestinal tissues in deep learning model development. *Actual Problems of Modern Medicine.* 2025;25(1):203-210. doi:10.31718/2077-1096.25.1.203
- Xue X, Kamata S-I. Contextual Mixing Feature Unet for Multi-Organ Nuclei Segmentation. *Front Signal Process.* 2022;2:833433. doi: 10.3389/frsip.2022.833433.
- Sharma N, Gupta S, Almogren A, Bharany S, Altameem A, Rehman AU. Advanced gastrointestinal tract organ differentiation

- using an integrated swin transformer U-Net model for cancer care. *Front Phys.* 2024;12:1478750. doi: 10.3389/fphy.2024.1478750.
- He H, Zhang C, Chen J, Geng R, Chen L, Liang Y, et al. A Hybrid-Attention Nested UNet for Nuclear Segmentation in Histopathological Images. *Front Mol Biosci.* 2021;8:614174. doi: 10.3389/fmolb.2021.614174.
- Huang L, Miron A, Hone K, Li Y. Segmenting Medical Images: From UNet to Res-UNet and nnUNet. *arXiv.* 2024;2407.04353. doi: 10.48550/arXiv.2407.04353.
- Noben M, Vanhove W, Arnauts K, Santo Ramalho A, Van Assche G, Vermeire S, et al. Human intestinal epithelium in a dish: current models for research into gastrointestinal pathophysiology. *United European Gastroenterol J.* 2017;5(8):1073–1081. doi: 10.1177/2050640617722903.
- Zeisberg M, Neilson EG. Biomarkers for epithelial-mesenchymal transitions. *J Clin Invest.* 2009;119(6):1429–1437. doi: 10.1172/JCI36183.
- Mahbod A, Schaefer G, Dorffner G, Hatamikia S, Ecker R, Ellinger I. A dual decoder U-Net-based model for nuclei instance segmentation in hematoxylin and eosin-stained histological images. *Front Med.* 2022;9:978146. doi: 10.3389/fmed.2022.978146.
- Islam Sumon R, Bhattacharjee S, Hwang Y-B, Rahman H, Kim H-C, Ryu W-S, et al. Densely Convolutional Spatial Attention Network for nuclei segmentation of histological images for computational pathology. *Front Oncol.* 2023;13:1009681. doi: 10.3389/fonc.2023.1009681.
- Bui P-N, Le D-T, Bum J, Choo H. Multi-scale Feature Enhancement in Multi-task Learning for Medical Image Analysis. *arXiv.* 2024;2412.00351. doi: 10.48550/arXiv.2412.00351.
- Kingma DP, Ba J. Adam: A Method for Stochastic Optimization. *arXiv.* 2014;1412.6980. doi: 10.48550/arXiv.1412.6980.
- Sutskever I, Martens J, Dahl G, Hinton G. On the importance of initialization and momentum in deep learning. *Proc Mach Learn Res.* 2013;28(3):1139–1147.
- Xu Y, Quan R, Xu W, Huang Y, Chen X, Liu F. Advances in Medical Image Segmentation: A Comprehensive Review of Traditional, Deep Learning and Hybrid Approaches. *Bioengineering.* 2024;11(10):1034. doi: 10.3390/bioengineering11101034.
- Kingma DP, Ba J. Adam: A Method for Stochastic Optimization. *arXiv.* 2017;1412.6980v9. doi: 10.48550/arXiv.1412.6980.
- Mortazi A, Cicek V, Keles E, Bagci U. Selecting the best optimizers for deep learning-based medical image segmentation. *Front Radiol.* 2023;3:1175473. doi: 10.3389/fradi.2023.1175473.
- Pereira YS, Silva DG, Barroso RC, Meneses AAM. Analysis of U-Net Neural Network Training Parameters for Tomographic Images Segmentation. *Lat Am J Comput.* 2023;10(2):85–95. doi: 10.5281/zenodo.8071468.

#### Summary

INVESTIGATING THE IMPACT OF ADAM AND SGDM OPTIMIZERS ON U-NET TRAINING FOR SEGMENTATION OF EPITHELIAL COMPARTMENTS IN NORMAL INTESTINAL TISSUE

Robota D.V., Pavlov S.V.

Keywords: digital pathology, deep learning, U-Net, image segmentation, optimization algorithms, laboratory diagnostics.

The integration of computer technologies into medical practice is fundamentally transforming approaches to histopathological data analysis, positioning digital pathology as an essential component of the diagnostic workflow. The use of Whole Slide Images (WSIs) in combination with deep learning methods enables the automation of complex tasks, including tissue structure segmentation. A key challenge in this field is achieving high accuracy in the recognition of small morphological elements within high-resolution images, which critically depends on neural network architecture and training parameters. These factors directly influence the reliability of automated decision-support systems, particularly in the analysis of intestinal tissue, where precise differentiation between epithelial and stromal components is essential. The absence of a well-founded strategy for selecting optimization algorithms may result in the loss of diagnostically relevant information and the generation of segmentation artifacts. This study investigates the impact of different optimization algorithms within the U-Net architecture on the accuracy of pixel-level classification of epithelial subcomponents (crypts and surface epithelium) in normal intestinal tissue. In the present study, the performance of the Adam and stochastic gradient descent with momentum (SGDM) optimizers was evaluated for training a U-Net convolutional neural network with a ResNet50 encoder. A comparative analysis of the resulting models was conducted using a histological image dataset to determine the optimal configuration for segmenting this type of morphological structure. The experimental findings demonstrated a clear advantage of the Adam optimizer, which ensured superior segmentation performance and greater training stability. Specifically, the Adam-based model achieved a Global Accuracy of 0.96 and a Specificity of 0.93, representing a 14.81% relative increase in Specificity compared to the SGDM optimizer. These results highlight the potential of adaptive optimization methods in digital pathology tasks requiring high-resolution segmentation. The use of the Adam algorithm reduced the number of false-positive predictions in stromal regions, thereby improving the reliability of morphometric analysis. This enhancement is particularly relevant for both fundamental and clinical oncology research.