

О. Є. Кватернюк, В. Г. Петрук, С. М. Кватернюк, О. І. Моканюк

МЕТОД І ЗАСІБ ЦИФРОВОЇ КОЛОРИМЕТРІЇ ПОВЕРХНЕВИХ ПОШКОДЖЕНЬ БІОТКАНИН



Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

**МЕТОД І ЗАСІБ ЦИФРОВОЇ КОЛОРИМЕТРІЇ
ПОВЕРХНЕВИХ ПОШКОДЖЕНЬ БІОТКАНИН**

Монографія

Вінниця
ВНТУ
2026

УДК 681.784: 616-073.56
М54

Рекомендовано до видання Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 13 від 21.05.2026 р.).

Автори:

О. Є. Кватернюк, В. Г. Петрук, С. М. Кватернюк, О. І. Моканюк

Рецензенти:

В. В. Погорілий, доктор медичних наук, професор

С. В. Павлов, доктор технічних наук, професор

Метод і засіб цифрової колориметрії поверхневих пошкоджень біотканин : монографія / О. Є. Кватернюк та ін. Електрон. текст. дані. Вінниця : ВНТУ, 2026. 151 с.

ISBN 978-617-8163-91-4

Монографія присвячена вирішенню актуальної наукової проблеми підвищення достовірності встановлення давності виникнення поверхневих пошкоджень м'яких тканин людини тупими предметами для задач судової медицини з урахуванням оптико-фізичних параметрів біотканин.

Розроблено математичну модель залежності координат кольору поверхневих пошкоджень від давності їх виникнення та відповідну спеціалізовану шкалу зразків кольорів. Удосконалено метод встановлення давності виникнення поверхневих пошкоджень на основі цифрової колориметрії, що використовує колірну сегментацію зображень та розрахунок відносних розмірів зон різного кольору. Розроблено апаратно-програмний засіб, алгоритмічне забезпечення та проблемно-орієнтовану експертну систему на основі машинного навчання для автоматизації та об'єктивізації досліджень у судово-медичній практиці.

УДК 681.784: 616-073.56

DOI: <https://doi.org/10.31649/617.8163.91.4>

ISBN 978-617-8163-91-4

© О. Кватернюк, В. Петрук,
С. Кватернюк, О. Моканюк, 2026

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	6
ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ОПТИЧНИХ ЗАСОБІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ПОШКОДЖЕНЬ БІОТКАНИН ...	9
1.1 Особливості біотканин, як об'єктів дослідження оптичними методами	9
1.2 Аналіз оптичних методів дослідження поверхневих пошкоджень біотканин	10
1.3 Колориметричний метод, як основний метод дослідження нормальних та патологічних біотканин	16
1.4 Аналіз колориметричних методів і засобів дослідження біотканин.....	19
1.5 Висновки, обґрунтування та конкретизація задач дослідження	30
РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ФОРМУВАННЯ ЦИФРОВИХ КОЛЬОРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ ПОВЕРХНЕВИХ ПОШКОДЖЕНЬ БІОТКАНИН	31
2.1 Математична модель впливу морфо-функціональних змін у поверх- невому пошкодженні на координати кольору у системі RGB	31
2.2 Взаємозв'язок параметрів RGB із XYZ координатами кольору поверхневих пошкоджень.....	37
2.3 Взаємозв'язок параметрів XYZ із LAB координатами кольору та вставлення давності поверхневих пошкоджень	42
2.4 Висновки	53
РОЗДІЛ 3 ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ВСТАНОВЛЕННЯ ДАВНОСТІ ВИНИКНЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ПОШКОДЖЕНЬ М'ЯКИХ ТКАНИН ЛЮДИНИ НА ОСНОВІ ВИМІРЮВАННЯ КООРДИНАТ КОЛЬОРУ	54
3.1 Метод встановлення давності виникнення поверхневих пошкоджень.....	54

3.2 Розрахунок координат кольору елементів шкали зразків кольорів	56
3.3 Розрахунок найближчих кольорів зі шкали зразків кольорів для елементів зображення.....	61
3.4 Використання колірної сегментації зображень для дослідження поверхневих пошкоджень м'яких тканин людини	66
3.5 Фільтрація зображень поверхневих пошкоджень м'яких тканин людини у ковзному вікні з використанням значення моди	70
3.6 Виділення зображення поверхневого пошкодження на фоні інтактної шкіри та розрахунок відносних розмірів зон різного кольору	73
3.7 Дослідження похибки вимірювання відносних розмірів зон різного кольору поверхневих пошкоджень	77
3.8 Висновки	80

РОЗДІЛ 4 РОЗРОБКА АПАРАТНО-ПРОГРАМНОГО ЗАСОБУ

ВСТАНОВЛЕННЯ ДАВНОСТІ ВИНИКНЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ПОШКОДЖЕНЬ НА ОСНОВІ ВИМІРЮВАНЬ ПАРАМЕТРІВ КОЛЬОРУ

4.1 Розробка математичної моделі первинного вимірювального перетворювач	81
4.2 Розробка структурної схеми апаратно-програмного засобу встановлення давності виникнення поверхневих пошкоджень.....	86
4.3 Функція перетворення засобу встановлення давності	92
4.4 Експериментальні дослідження засобу встановлення давності виникнення поверхневих пошкоджень	95
4.5 Розробка методики встановлення давності виникнення поверхневих пошкоджень м'яких тканин людини	98
4.6 Оцінювання достовірності встановлення давності виникнення поверхневих пошкоджень м'яких тканин людини	101
4.7 Математична модель нейро-нечіткої системи класифікації давності пошкоджень.....	108
4.8 Комплексний аналіз методів цифрової колориметрії та машинного навчання для дослідження поверхневих пошкоджень біотканин ...	112

4.9 Медико-технічні вимоги до автоматизованого колориметричного засобу встановлення давності виникнення поверхневих пошкоджень.....	119
4.10 Висновки	127
ВИСНОВКИ.....	129
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	131
ДОДАТОК А – ПРОГРАМА НЕЙРО-НЕЧІТКОЇ СИСТЕМИ КЛАСИФІКАЦІЇ ДАВНОСТІ ПОШКОДЖЕНЬ	143
ДОДАТОК Б – ПРОГРАМА МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ПОШКОДЖЕНЬ БІОТКАНИН....	146

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АПЗВДПП – апаратно-програмний засіб встановлення давності
виникнення поверхневих пошкоджень

БКДВ – блок керування джерелом випромінювання

ВОХ – волоконно-оптичний хвилевод

ДВ – джерело випромінювання

ДЕ – дифузний екран

ДР – дифузний розсіювач

ІС – інтегрувальна сфера

КД – конструкторська документація

КМОН – комплементарна структура метал-оксид-напівпровідник

МКН – малокутове наближення

МКО – Міжнародна комісія з освітленості

МТВ – медико-технічні вимоги

ОБ – об'єктив

ОД – об'єкт дослідження

ОПП – оптичний первинний перетворювач

ПЗЗ – пристрій з зарядовим зв'язком

ФД – фотодіод

ФМ – фотоматриця

ЦК – цифрова камера

ШЗК – шкала зразків кольорів

ВСТУП

Для засобів дослідження поверхневих пошкоджень біотканин у судовій медицині важливим є оперативне визначення та документальна фіксація ступеня ушкодження, а також аналіз його особливих ознак. Вимірювання оптичних параметрів шкіри людини дозволяє отримати об'єктивну інформацію про просторовий розподіл у ній різних біологічних хромофорів та її структуру, що використовується для дослідження різного типу патологій в задачах судової медицини. При цьому на основі результатів опрацювання оптичних характеристик біотканин та геометричних параметрів ушкодженої ділянки досліджують ступінь ушкодження біотканини та визначити інші параметри, що необхідні для конкретної прикладної задачі. Для судової медицини *in vivo* важливим є проведення швидких неінвазивних досліджень, оскільки їх результати необхідні для створення доказової бази злочину та використовуються для пошуку злочинців у криміналістиці. Стан поверхневих патологій біотканин суттєво впливає на їх колір, а тому аналіз та класифікація поверхневих патологій біотканин за кольором особливо актуальні для судово-медичної експертизи. Вирішуючи обернену оптичну задачу, визначають біофізичні характеристики поверхневих патологій за кольором. Отже, для підвищення достовірності встановлення давності виникнення поверхневих пошкоджень м'яких тканин людини тупими предметами відповідно до задач судової медицини з урахуванням їх оптико-фізичних параметрів виникає необхідність вдосконалення методу колориметрії та розроблення відповідного апаратно-програмного засобу.

Актуальність теми зумовлена необхідністю підвищення достовірності встановлення давності виникнення поверхневих пошкоджень м'яких тканин людини тупими предметами відповідно до задач судової медицини з урахуванням їх оптико-фізичних параметрів за рахунок вдосконалення методу колориметрії та розроблення відповідного апаратно-програмного засобу.

Мета і завдання дослідження. Метою дослідження є підвищення достовірності встановлення давності виникнення поверхневих пошкоджень м'яких тканин людини тупими предметами шляхом колірної сегментації зображень та створення відповідного апаратно-програмного засобу.

Для досягнення вказаної мети необхідно розв'язати такі задачі:

- здійснити аналіз існуючих оптичних методів та засобів дослідження поверхневих пошкоджень біотканин;
- запропонувати математичну модель залежності координат кольору поверхневих пошкоджень м'яких тканин від давності, а також правила

встановлення інтервалу давності пошкодження на основі відносних розмірів зон різного кольору поверхневих пошкоджень;

– вдосконалити метод встановлення давності виникнення поверхневих пошкоджень м'яких тканин людини тупими предметами на основі вимірювання координат кольору інтактних і пошкоджених ділянок біотканин;

– розробити шкалу зразків кольорів та алгоритми обробки результатів вимірювань координат кольору поверхневих пошкоджень м'яких тканин людини;

– розробити апаратно-програмний засіб встановлення давності виникнення поверхневих пошкоджень м'яких тканин людини тупими предметами для задач судової медицини, а також дослідити його медико-технічні параметри;

– розробити програмне забезпечення засобу встановлення давності виникнення поверхневих пошкоджень тупими предметами для задач судової медицини, а також – експертну систему підтримки прийняття рішення;

– здійснити експериментальні дослідження засобу встановлення давності виникнення поверхневих пошкоджень у судовій медицині.

Об'єкт досліджень – процес встановлення давності виникнення поверхневих пошкоджень м'яких тканин людини тупими предметами для задач судової медицини.

Предмет дослідження – метод і засіб встановлення давності виникнення поверхневих пошкоджень м'яких тканин людини тупими предметами.

Методи дослідження. У роботі використані методи колориметрії біотканин; методи обробки кольорових зображень поверхневих пошкоджень, а саме: їх колірної сегментації, фільтрації, виділення поверхневих пошкоджень на фоні інтактної шкіри та розрахунку відносних розмірів зон різного кольору з метою встановлення давності виникнення поверхневих пошкоджень; методи теорії вимірювань для оцінювання достовірності встановлення давності виникнення поверхневих пошкоджень м'яких тканин людини тупими предметами на основі вдосконаленого методу цифрової колориметрії та розробленого апаратно-програмного засобу.

Електронне наукове видання

Квaternюк Олена Євгенівна
Петрук Василь Григорович
Квaternюк Сергій Михайлович
Моканюк Олександр Іванович

**МЕТОД І ЗАСІБ ЦИФРОВОЇ КОЛОРИМЕТРІЇ
ПОВЕРХНЕВИХ ПОШКОДЖЕНЬ БІОТКАНИН**

Монографія

Видається в авторській редакції

Рукопис підготовлено *С. Квaternюком*

Оригінал-макет виготовлено у *PBB ВНТУ*

Підписано до видання 02.06.2026.

Гарнітура Times New Roman.

Зам. № P2026-069.

Видавець та виготовлювач
Вінницький національний технічний університет,
Редакційно-видавничий відділ.
ВНТУ, ГНК, к. 114. Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021.

press.vntu.edu.ua;

E-mail: rvv.vntu@gmail.com.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.