

ОПТИЧНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ПОШКОДЖЕНЬ БІОТКАНИН

¹Вінницький обласний комунальний гуманітарно-педагогічний коледж

²Вінницький національний технічний університет

Анотація Робота присвячена розв'язанню актуальної задачі 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 допомогою вдосконаленого методу колориметрії та розроблення відповідного апаратно-програмного засобу. У роботі проаналізовані існуючі методи та засоби дослідження нормальних та патологічних біотканин, виявлено їх недоліки, а також обґрунтована необхідність вдосконалення колориметричних методів. Розроблена емпірична математична модель дозволила визначити залежності координат кольору поверхневого пошкодження при зміні давності виникнення травми тупим предметом. При цьому складені правила встановлення інтервалу давності пошкодження на основі відносних розмірів зон різного кольору поверхневих пошкоджень, що характерні для певного інтервалу.

Ключові слова: цифрова колориметрія, координати кольору, біотканини, судово-медична експертиза, поверхневе пошкодження, давність пошкодження.

Abstract The paper is devoted to solving the actual problem of improving reliability of determination ago of surface damage of soft human tissue blunt objects according to forensic tasks based on their optical and physical parameters using advanced colorimetric method and the development of appropriate hardware and software. The paper analyzed the existing methods and tools for the study of normal and pathological bio-logical tissues revealed their shortcomings, as well as the necessity of improving the colorimetric methods. The developed empirical mathematical model allowed to determine the coordinates depending on the color of the surface damage when changing emergence of ago trauma blunt object. This composite rules set the amount of dam-age ago based on the relative sizes of different color zones of surface damage that are typical for a particular interval.

Keywords: digital colorimetry, color coordinates, biological tissue, forensic examination, superficial damage, age of injury.

Вступ

Для засобів дослідження поверхневих пошкоджень біотканин у судовій медицині важливими є можливість оперативного визначення та документальної фіксації ступеня ушкодження, а також аналіз його особливих ознак. Вимірювання оптичних параметрів шкіри людини дає можливість отримати об'єктивну інформацію про просторовий розподіл у ній різних біологічних хромофорів та її структуру, що можливо використовувати для дослідження різного типу патологій в задачах судової медицини. При цьому на основі результатів опрацювання оптичних характеристик біотканин та геометричних параметрів ушкодженої ділянки можливо досліджувати ступінь ушкодження біотканини та визначити інші параметри, що необхідні для конкретної прикладної задачі. Для судової медицини *in vivo* важливим є можливість проведення швидких неінвазивних досліджень, оскільки їх результати необхідні для створення доказової бази злочину та можуть бути використані 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, є можливість визначити 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 [1-10].

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.

Емпірична математична модель залежності координат кольору поверхневого пошкодження при зміні давності

Проведено аналіз особливостей біотканин, як об'єктів медичних досліджень оптичними методами; проведено аналіз існуючих оптичних методів дослідження поверхневих пошкоджень біотканин, структурних схем та параметрів сучасних колориметричних засобів досліджень біотканин що показав їх недосконалість та неспроможність вирішення прикладної задачі для потреб судово-медичної експертизи із достовірного встановлення давності виникнення поверхневих пошкоджень м'яких тканин людини тупими предметами. Це зумовило необхідність вдосконалення методу цифрової колориметрії та розроблення засобу встановлення давності виникнення поверхневих пошкоджень м'яких тканин людини тупими предметами для задач судової медицини на основі вимірювання координат кольору, що є, у свою чергу, неодмінною умовою забезпечення зростаючих вимог до достовірності досліджень у судово-медичній експертизі.

Розроблена емпірична математична модель, що дозволила визначити залежності координат кольору в системі RGB поверхневого пошкодження при зміні давності виникнення травми тупим предметом. Оскільки координати кольору поверхневих пошкоджень біотканин пов'язані з концентраціями продуктів деструкції гемоглобіну, які змінюються від давності виникнення поверхневих пошкоджень, то з'являється можливість визначити залежність координат кольору поверхневого пошкодження від давності виникнення. Результати вимірювань залежності координат кольору у системі координат RGB від давності пошкодження наведено на рис. 1. Отже, використовуючи регресію за допомогою поліномів третього порядку, визначаємо функціональні залежності координат кольору в системі координат RGB поверхневого пошкодження при зміні давності виникнення травми тупим предметом і отримуємо емпіричну модель:

$$\begin{cases} R = 121,776 + 0,204T - 3,388 \cdot 10^{-4}T^2 + 2,067 \cdot 10^{-7}T^3, \\ G = 111,042 + 0,224T - 3,073 \cdot 10^{-4}T^2 + 1,056 \cdot 10^{-7}T^3, \\ B = 102,937 + 0,146T - 2,029 \cdot 10^{-4}T^2 + 1,033 \cdot 10^{-7}T^3, \end{cases} \quad (1)$$

де R, G, B – координати кольору поверхневих пошкоджень у системі RGB,
 T – давність виникнення травми тупим предметом.

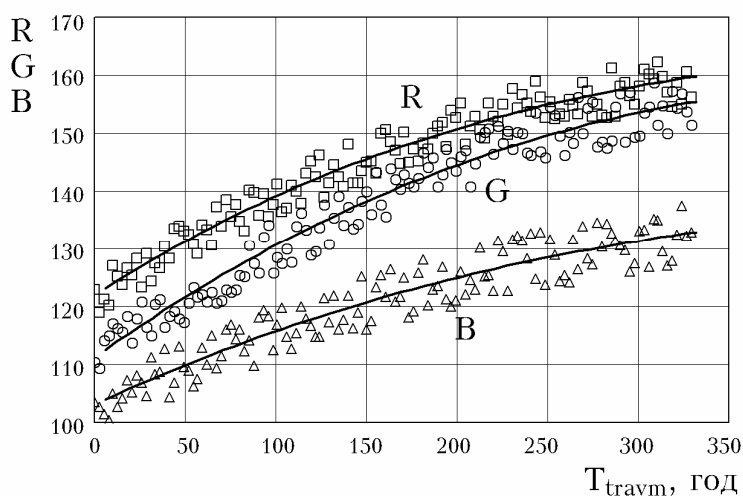


Рис. 1. Залежності координат кольору поверхневих пошкоджень у системі координат RGB від давності

Відповідно до рекомендацій МКО розраховано координати кольору поверхневих пошкоджень біотканин у системах RGB, XYZ та LAB в залежності від давності пошкодження. З використанням регресії розраховано функціональні залежності координат кольору поверхневого

пошкодження біоканіни у системі LAB від давності пошкодження, а також розв'язана обернена задача знаходження залежності давності пошкодження від координат кольору.

$$\begin{cases} a = -1,951 - 0,029T + 2,297 \cdot 10^{-5}T^2 + 2,295 \cdot 10^{-8}T^3, \\ b = 3,041 + 0,035T - 6,042 \cdot 10^{-5}T^2 + 2,366 \cdot 10^{-8}T^3, \\ L = 47,6 + 0,085T - 1,307 \cdot 10^{-4}T^2 + 6,513 \cdot 10^{-8}T^3, \end{cases} \quad (2)$$

де a , b , L – координати кольору поверхневих пошкоджень у системі LAB,

T – давність виникнення травми тупим предметом.

При розв'язанні оберненої задачі, а саме встановлення давності, виходячи з координат кольору поверхневого пошкодження, можливо обчислити координати кольору, що характерні для кожного з інтервалів для встановлення давності і використати їх для створення шкали зразків кольорів. Це дозволить на основі визначення найближчого за кольором до поверхневого пошкодження елемента із шкали зразків кольорів встановити його давність виникнення:

$$T = \begin{cases} \text{від 0 до 1 год, якщо } (-1,980 < a \leq -1,951) \wedge (3,041 < b \leq 3,075) \wedge (47,600 < L \leq 47,685); \\ \text{від 1 до 3 год, якщо } (-2,037 < a \leq -1,980) \wedge (3,075 < b \leq 3,144) \wedge (47,685 < L \leq 47,855); \\ \text{від 3 до 6 год, якщо } (-2,122 < a \leq -2,037) \wedge (3,144 < b \leq 3,247) \wedge (47,855 < L \leq 48,108); \\ \text{від 6 до 12 год, якщо } (-2,292 < a \leq -2,122) \wedge (3,247 < b \leq 3,450) \wedge (48,108 < L \leq 48,606); \\ \text{від 12 до 24 год, якщо } (-2,627 < a \leq -2,292) \wedge (3,450 < b \leq 3,841) \wedge (48,606 < L \leq 49,575); \\ \text{від 24 до 48 год, якщо } (-3,275 < a \leq -2,627) \wedge (3,841 < b \leq 4,574) \wedge (49,575 < L \leq 51,404); \\ \text{від 48 до 72 год, якщо } (-3,893 < a \leq -3,275) \wedge (4,574 < b \leq 5,242) \wedge (51,404 < L \leq 53,094); \\ \text{від 72 до 96 год, якщо } (-4,478 < a \leq -3,893) \wedge (5,242 < b \leq 5,846) \wedge (53,094 < L \leq 54,650); \\ \text{понад 96 год, якщо } (a \leq -4,478) \wedge (5,846 < b) \wedge (54,650 < L). \end{cases} \quad (3)$$

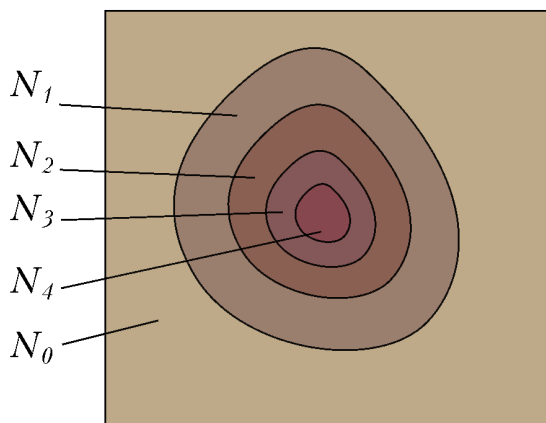


Рис. 2. Колірні зони поверхневого пошкодження м'яких тканин людини внаслідок травми тупим предметом

Однак, якщо враховувати відмінності у концентраціях продуктів деструкції гемоглобіну навіть в межах одного поверхневого пошкодження, то зображення поверхневого пошкодження завжди матиме декілька зон різного кольору. Наприклад, на рис. 2. зображення поверхневого пошкодження на фоні інтактної шкіри розділено на зони різного кольору $N_1 - N_4$, а інтактна шкіра має колір N_0 .

При цьому складені правила встановлення інтервалу давності пошкодження на основі відносних розмірів зон різного кольору поверхневих пошкоджень, що характерні для певного інтервалу. Розроблені правила встановлення давності є підґрунтям для вдосконалення методу встановлення давності та розробки відповідного апаратно-програмного засобу.

Вдосконалено метод встановлення давності виникнення поверхневих пошкоджень м'яких тканин людини тупими предметами. Суть методу полягає в такій послідовності дій:

1. Здійснюється вимірювання просторового розподілу координат кольору поверхневого пошкодження м'яких тканин людини у системі координат кольору RGB за умов дифузного освітлення стандартним джерелом освітлення (D_{65} , A чи F_{11}), використанні однотипної

фотоматриці, незмінної геометрії вимірювання, фіксованої відстані до об'єкта дослідження, кутової апертури для спостерігача 10° .

2. Координати кольору у системі RGB для кожного пікселя зображення перераховуються у систему XYZ з автокалібруванням відносно шкали зразків кольорів. При цьому коректується вплив спектральних характеристик камери та джерела освітлення на вимірювання координат кольору зображення.

3. Координати кольору у системі XYZ для кожного пікселя зображення перераховуються у систему LAB та визначається найближчий колір зі шкали зразків кольорів для кожного пікселя зображення на основі розрахунку найменшої відмінності кольору у просторі кольорів LAB. Формується матриця M, у якій кожному пікселю початкового зображення відповідатиме елемент з номером зі шкали зразків кольорів. При цьому шкала кольорів розроблена на основі функції залежності координат кольору поверхневих пошкоджень м'яких тканин від давності, які враховують зміну із часом концентрацій продуктів деструкції гемоглобіну в них, що впливає на колір поверхневих пошкоджень. Шкала зразків кольорів містить елементи з координатами кольору, які близькі до значень характерних для часових інтервалів давності виникнення поверхневих пошкоджень.

4. Здійснюється фільтрація у ковзному вікні з використанням значення моди, що дозволяє зменшити наявність на зображенні високочастотного шуму, а також перекриття зон пошкодження різного кольору з зонами, які відповідають кольору інтактної шкіри.

5. Здійснюється сегментація зображення на зони різного кольору для зображення інтактної шкіри та зображення поверхневого пошкодження на фоні інтактної шкіри. При цьому розраховуються відносні розміри зон зображення різного кольору.

6. Виділяються зображення поверхневого пошкодження на фоні інтактної шкіри та здійснюється розрахунок відносних розмірів зон різного кольору для поверхневого пошкодження, що є вихідними даними для визначення давності виникнення пошкодження. Для зменшення впливу кривизни поверхні об'єкта дослідження на результати вимірювання здійснюють з декількох кутів спостереження та подальшим усередненням.

7. Встановлюється часовий інтервал давності виникнення пошкодження на підставі відносних розмірів зон різного кольору для поверхневого пошкодження з врахуванням особливостей анкетних даних потерпілих (вік, стать, локалізація поверхневого пошкодження тощо).

На основі кольорового зображення поверхневого пошкодження м'яких тканин людини твердими предметами можливо отримати координати кольору для кожного пікселя зображення в системі CIELAB. На основі координат кольору, які характерні для певних інтервалів давності поверхневих пошкоджень розроблена шкала зразків кольорів для судово-медичних експертів, що дозволяє встановити давність виникнення поверхневих ушкоджень м'яких тканин людини.

При цьому розроблено алгоритм визначення найближчих кольорів зі шкали зразків кольорів для елементів зображення, що дозволяє автоматизовано встановити для кожного пікселя зображення поверхневого пошкодження найближчий колір зі шкали зразків кольорів.

Відповідно до правила для встановлення давності виникнення поверхневих пошкоджень м'яких тканин людини тупими предметами визначимо найближчі кольори зі шкали зразків кольорів для кожного елементу зображення (рис. 3).

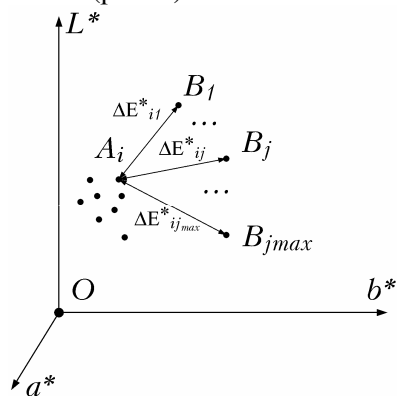


Рис.3. Визначення повної колірної відмінності у колірному просторі CIELAB для елементу зображення

Повна колірна відмінність ΔE_{abij}^* між кольорами у колірному просторі CIELAB визначається таким чином:

$$\Delta E_{abij}^* = \sqrt{(\Delta L_{ij}^*)^2 + (\Delta a_{ij}^*)^2 + (\Delta b_{ij}^*)^2}, \quad (4)$$

де $\Delta L_{ij}^* = L_i^* - L_{scale j}^*$, $\Delta a_{ij}^* = a_i^* - a_{scale j}^*$, $\Delta b_{ij}^* = b_i^* - b_{scale j}^*$, L_i^* , a_i^* , b_i^* – координати у колірному просторі елемента зображення; $L_{scale j}^*$, $a_{scale j}^*$, $b_{scale j}^*$ – координати у колірному просторі елемента шкали зразків кольорів.

Відмінність у світлоті ΔL_{ij}^* практично не дає інформацію про стан ураженої ділянки біотканини, тому при оцінюванні колірної відмінності її варто вилучити і визначати відмінність у тоні кольору ΔH_{abij}^* . Відмінність у чистоті тону у системі (L^*, a^*, b^*) між елементом зображення біотканини та елементом шкали зразків кольорів визначається за формулою:

$$\Delta C_{abij}^* = C_{abi}^* - C_{ab scale j}^*, \quad (5)$$

де C_{abi}^* – чистота тону елемента зображення $C_{abi}^* = \sqrt{(a_i^*)^2 + (b_i^*)^2}$; $C_{ab scale j}^*$ – чистота тону елемента шкали зразків кольорів $C_{ab scale j}^* = \sqrt{(a_{scale j}^*)^2 + (b_{scale j}^*)^2}$, a_i^* , b_i^* – координати кольору елемента зображення, $a_{scale j}^*$, $b_{scale j}^*$ – координати кольору елемента шкали зразків кольорів.

Відмінність у тоні кольору ΔH_{abij}^* між елементом зображення біотканини та елементом шкали зразків кольорів визначається за формулою:

$$\Delta H_{abij}^* = \sqrt{(\Delta E_{abij}^*)^2 - (\Delta L_{ij}^*)^2 - (\Delta C_{abij}^*)^2}. \quad (6)$$

Таким чином, для визначення найближчого кольору зі шкали зразків кольорів для кожного пікселя зображення необхідно визначити між яким елементом шкали B_j і поточним пікселем зображення буде найменша відмінність тону кольору у просторі кольорів CIELAB ΔH_{abij}^* . При цьому необхідно присвоїти елементу матриці M_{ab} , який відповідає поточному пікселю зображення номер елемента шкали зразків кольорів. Підрахувавши кількість елементів матриці M_{ab} рівних номеру певного кольору шкали j можливо визначити площу сегменту певного кольору на зображенні. Для подальшої обробки і визначення біомедичних параметрів ушкодження за кольором необхідно перевести площу сегменту певного кольору у відносну частку площі загального зображення у відсотках та отримати гістограму кольорів зображення поверхневого пошкодження у якій вказано відносні розміри зон різного кольору [11-22].

Висновки

На основі досліджень, виконаних у роботі, розвинуті теоретичні та практичні основи дослідження поверхневих пошкоджень біотканин, завдяки чому розв'язана задача підвищення достовірності встановлення давності виникнення поверхневих пошкоджень м'яких тканин людини тупими предметами на основі вдосконаленого методу колориметрії та розробленого автоматизованого засобу. Отже, основні наукові результати роботи полягають у наступному.

1. В результаті здійсненого аналізу сучасних методів і засобів дослідження нормальних та патологічних біотканин підтверджено необхідність в подальшому розвитку існуючих оптичних методів і засобів дослідження, серед яких найбільш перспективними для дослідження поверхневих пошкоджень біотканин є методи цифрової колориметрії і вимірювання координат кольору.

2. Розроблена емпірична математична модель, що дозволила визначити залежності координат кольору в системі RGB поверхневого пошкодження при зміні давності виникнення травми тупим предметом. Відповідно до рекомендацій МКО розраховано координати кольору поверхневих пошкоджень біотканин у системах RGB, XYZ та LAB в залежності від давності

пошкодження. З використанням регресії розраховано функціональні залежності координат кольору поверхневого пошкодження біотканини у системі LAB від давності пошкодження, а також розв'язана обернена задача знаходження залежності давності пошкодження від координат кольору. При цьому складені правила встановлення інтервалу давності пошкодження на основі відносних розмірів зон різного кольору поверхневих пошкоджень, що характерні для певного інтервалу. Розроблені правила встановлення давності є підґрунтям для вдосконалення методу встановлення давності та розробки відповідного апаратно-програмного засобу.

3. Вдосконалено метод встановлення давності виникнення поверхневих пошкоджень м'яких тканин людини тупими предметами, який полягає у вимірюванні координат кольору нормальних і ушкоджених ділянок біотканин, колірній сегментації біомедичних зображень, автоматизованому виділенні патологічної зони на фоні інтактної шкіри та розрахунку відносних розмірів зон різного кольору, що дозволяє підвищити достовірність встановлення давності виникнення поверхневих пошкоджень у порівнянні з відомими методами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Розвиток методу цифрової колориметрії біотканин та алгоритм опрацювання результатів / В. Г. Петрук, О. Є. Кватернюк, Ю. С. Любчак [та ін.] // Вісник ХНУ. Технічні науки. – 2015. – № 3. – С. 198-201. – ISSN 2307-5732.

2. Моделювання спектральних характеристик шару епідермісу біотканини шкіри як об'єкту біомедичної діагностики / В. Г. Петрук, О. Є. Кватернюк, Ю. С. Любчак [та ін.] // Вісник ХНУ. Серія: Технічні науки. – 2015. – № 2. – С. 218–222. – ISSN 2307-5732.

3. Оцінювання валідності діагностування пошкоджень біотканин за допомогою цифрової колориметрії з використанням нейромережі / В. Г. Петрук, О. Є. Кватернюк, О. І. Моканюк [та ін.] // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2015. – № 2. – С. 4-9. – ISSN 1999-9941.

4. Аналіз сучасного стану оптичних засобів вимірювального контролю та діагностування параметрів біотканин на основі цифрової колориметрії / В. Г. Петрук, С. М. Кватернюк, О. Є. Кватернюк [та ін.] // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2015. – № 1. – С. 172–177. – ISSN 2219-9365.

5. Аналіз оптичних методів вимірювального контролю та діагностування параметрів біотканин у судово-медичній експертизі / В. Г. Петрук, С. М. Кватернюк, О. Є. Кватернюк [та ін.] // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2015. – № 1. – С. 118–123. – ISSN 1681-7893.

6. Математичне моделювання впливу параметрів окремих шарів на спектральні характеристики неоднорідних біотканин / В. Г. Петрук, С. М. Кватернюк, О. Є. Кватернюк [та ін.] // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2015. – № 3. – С. 50–56. – ISSN 1997-9266.

7. Метод визначення координат кольору нормальних і патологічних біотканин / В. Г. Петрук, С. М. Кватернюк, О. Є. Кватернюк [та ін.] // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2015. – № 4. – С. 25–30. – ISSN 1997-9266.

8. Аналіз похибок засобу діагностування на основі вимірювання координат кольору нормальних і патологічних біотканин / В. Г. Петрук, С. М. Кватернюк, О. Є. Кватернюк [та ін.] // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2015. – № 2. – С. 135–139. – ISSN 2219-9365.

9. Changes of color coordinates of biological tissue with superficial skin damage due to mechanical trauma / V. Petruk, O. Mokanyuk, O. Kvaternyuk [et al.] // Proc. SPIE, Optical Fibers and Their Applications, 2015. Vol. 9816, 98161I (17 December 2015). – P. 98161I-1– 98161I-5; doi: 10.1117/12.2229037. – ISSN 0277-786X.

10. Methods and means of measuring control and diagnostics of biological tissues in vivo based on measurements of color coordinates and multispectral image / V. Petruk, O. Kvaternyuk, S. Kvaternyuk [et al.] // Proc. SPIE, Optical Fibers and Their Applications, 2015. Vol. 9816, 98161H (17 December 2015). – P. 98161H-1– 98161H-5; doi:10.1117/12.2229034. – ISSN 0277-786X.

11. Метод визначення і реєстрації кольору та розмірів ушкоджень в судово-медичній практиці. Методичні рекомендації №176.14/392.15. / О. І. Моканюк, А. О. Гаврилюк, О. Є. Кватернюк [та ін.] – К.: Український центр наукової медичної інформації та патентно ліцензійної роботи МОЗ України, 2015. – 26 с.

12. Аналіз сучасних методів та засобів діагностування параметрів біотканин на основі цифрової колориметрії / В. Г. Петрук, О. Є. Кватернюк, В. А. Ясинська [та ін.] // Фотоніка ОДС-2015 : VII Міжнародна конференція з оптоелектронних інформаційних технологій, 21–23 квітня 2015 р. : тези доповідей. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – С. 71. – ISBN 978-966-641-619-6.

13. Математичне моделювання зміни параметрів кольору ушкодженої шкіри у судовій медицині / В. Г. Петрук, О. Є. Кватернюк, Я. І. Животун [та ін.] // Фотоніка ОДС-2015 : VII Міжнародна конференція з оптоелектронних інформаційних технологій, 21–23 квітня 2015 р. : тези доповідей. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – С. 73. – ISBN 978-966-641-619-6.

14. Методи і засоби аналізу та класифікації поверхневих патологій біотканин за кольором / В. Г. Петрук, С. М. Кватернюк, О. Є. Кватернюк [та ін.] // XII Міжнародна науково-технічна конференція “Приладобудування: стан і перспективи”, 23–24 квітня 2013 р. : тези доповідей. – К. : ПБФ НУТУ “КПІ”, 2013. – С. 182–183.

15. Аналіз оптичних засобів діагностування поверхневих пошкоджень біотканин у судовій медицині [Електронний ресурс] / В. Г. Петрук, О. Є. Кватернюк, С. М. Кватернюк, Ю. М. Денисюк // XI Міжнародна конференція “Контроль і управління в складних системах”, 9–11 жовтня 2012 р. : тези доповідей. – Вінниця : ВНТУ, 2012. – С. 128–129. – Режим доступу до статті: http://mccs.vntu.edu.ua/mccs2012/materials/subsection_3.1.pdf.

16. Колориметричний метод неінвазійного контролю параметрів біотканин / В. Г. Петрук, С. М. Кватернюк, О. І. Моканюк, О. Є. Кватернюк // III Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю, 21–24 вересня 2011 р. : тези доповідей. – Том 1. – Вінниця: ВНТУ, 2011. – С. 405–407. – ISBN 978-966-641-423-9.

17. Засіб діагностування поверхневих ушкоджень біотканин на основі вимірювань параметрів кольору для прикладних задач судово-медичної експертизи / В. Г. Петрук, О. Є. Кватернюк, С. М. Кватернюк [та ін.] // XVI Міжнародна науково-технічна конференція “Приладобудування: стан і перспективи”, 22–23 квітня 2015 р. : тези доповідей. – К. : ПБФ НУТУ “КПІ”. – 2015. – С. 152–153.

18. Вдосконалення методу цифрової колориметрії поверхневих ушкоджень біотканин для прикладних задач судово-медичної діагностики / В. Г. Петрук, О. Є. Кватернюк, В. А. Ясинська [та ін.] // XVI Міжнародна науково-технічна конференція “Приладобудування: стан і перспективи”, 22–23 квітня 2015 р. : тези доповідей. – К. : ПБФ НУТУ “КПІ”. – 2015. – С. 155–156.

19. Визначення та реєстрація кольору шкіри за допомогою кольорової лінійки / О. І. Моканюк, А. О. Гаврилюк, О. С. Янкевич, О. Є. Кватернюк // VII Міжнародний конгрес з інтегративної антропології, 17–18 жовтня 2013 р., Вінниця : ВНМУ ім.Пирогова. – 2013. – С.118.

20. Forensic-medical evaluation of color and size of bruise using computer software for digital image processing / O. Mokanyuk, A. Havryliuk, O. Kvaterniuk [et al.] // International scientific conference “Modern advances in forensic science and expertise”, 29 April –2 May 2015, Uzhgorod, Breza. – 2015. – С. 70. – ISBN 978-966-2668-93-3.

21. Патент України на корисну модель № 70759, МПК G01N 21/21 (2006.01) Спосіб визначення і реєстрації кольору та розмірів ушкоджень в судово-медичних дослідженнях / В. Г. Петрук, О. І. Моканюк; О. Є. Кватернюк [та ін.]; заявник і патентовласник Вінницький національний технічний університет. – № 201114321; заявл. 05.12.2011; опубл. 25.06.2012, Бюл. № 12.

22. Патент України на корисну модель № 99579, МПК G01N 21/21 (2006.01) Пристрій для телевізійного вимірювального контролю та діагностики параметрів кольору неоднорідних середовищ / В. Г. Петрук, С. М. Кватернюк, О. Є. Кватернюк [та ін.]; заявник і патентовласник Вінницький національний технічний університет. – № 201500057; заявл. 05.01.2015; опубл. 10.06.2015, Бюл. № 11.

Кватернюк Олена Євгенівна – викладач, Вінницький обласний комунальний гуманітарно-педагогічний коледж

Кватернюк Сергій Михайлович – докторант, кандидат технічних наук, доцент кафедри екології та екологічної безпеки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця. E-mail: serg.kvaternuk@gmail.com

Kvaterniuk Olena Evgenivna – teacher, Vinnytsia Oblast Community Humanitarian Pedagogical College

Kvaterniuk Sergei Mikhailovich – doctoral student, Ph.D., Associate Professor of the Department of Ecology and ecological safety, Vinnytsia National Technical University, e-mail: serg.kvaternuk@gmail.com.