

УДК 681.518.3: 535.243.2

В.Г. ПЕТРУК, О.Є. КВАТЕРНЮК, Ю.С. ЛЮБЧАК, С.М. КВАТЕРНЮК

Вінницький національний технічний університет

РОЗВИТОК МЕТОДУ ЦИФРОВОЇ КОЛОРИМЕТРІЇ БІОТКАНИН ТА АЛГОРИТМ ОПРАЦЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ

У роботі вдосконалено метод цифрової колориметрії поверхневих пошкоджень біотканин у судовій медицині. Розроблено алгоритмічне забезпечення засобу діагностики біотканин шкіри людини, що дозволяє визначити гістограму кольорів зображення патологічної біотканини шкіри (синця) при механічному ураженні тупим предметом, необхідну для роботи експертної системи для підтримки прийняття діагностичного рішення щодо стану досліджуваного зразка.

Ключові слова: цифрова колориметрія, біотканини, судово-медична експертиза

V.G. PETRUK, O.E. KVATERNYUK, Y.S. LYUBCHAK, S.M. KVATERNYUK

Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Ukraine

IMPROVING METHOD OF DIGITAL COLORIMETRY OF BIOLOGICAL TISSUES AND PROCESSING ALGORITHMS OF RESULTS

Abstract. The measurement of the color of surface damage biological tissues enables to receive objective information on the spatial distribution of various biological chromophores her skin and its structure, which can be used to diagnose different types of pathologies problems for forensic medicine. Relevance of the topic due to the need to improve the accuracy of diagnosis parameters of surface damage biological tissues of human skin based on their optical-physical parameters by improving digital colorimetry method. The study aims to improve methods and algorithmic support digital colorimetry of surface damage biological tissues in forensic medicine to help increase the speed and accuracy of diagnosis based on digital measurement and colorimetry color coordinates. In this paper, we improved the method of digital colorimetry surface damage biological tissues in forensic medicine. We have developed algorithms provide a means of diagnosing biological tissues of human skin, to determine the color histogram of image biological tissue pathological skin (bruise) in mechanical lesions blunt object necessary for an expert system for decision support diagnostic decision on the status of the sample. The described algorithm allows diagnostic tool known methods formalize visual expert evaluation term damage biological tissue of human skin due to blunt object trauma, the need to reduce subjectivity research in forensic diagnosis.

Key words: digital colorimetry, biological tissue, forensic examination

Вступ

На основі результатів опрацювання параметрів кольору поверхневих пошкоджень біотканин можливо діагностувати ступінь ушкодження біотканини. Для засобів діагностування поверхневих пошкоджень біотканин у судовій медицині важливими є можливість оперативного визначення та документальної фіксації ступеня ушкодження, а також аналіз його особливих ознак. Вимірювання параметрів кольору поверхневих пошкоджень біотканин дає можливість отримати об'єктивну інформацію про просторовий розподіл у ній різних біологічних хромофорів шкіри та її структуру, що можливо використовувати для діагностики різного типу патологій для задач судової медицини. Актуальність теми обумовлена необхідністю підвищення точності діагностики параметрів поверхневих пошкоджень біотканин шкіри людини з урахуванням їх оптико-фізичних параметрів за рахунок вдосконалення методу цифрової колориметрії. Метою дослідження є вдосконалення методики та алгоритмічного забезпечення цифрової колориметрії поверхневих пошкоджень біотканин у судовій медицині, що дозволить підвищити швидкість та точність діагностики на основі цифрової колориметрії і вимірювання координат кольору.

Розвиток методу цифрової колориметрії поверхневих пошкоджень біотканин у судовій медицині

У роботі [1] наведено методику визначення і реєстрації кольору та розмірів ушкоджень в судово-медичних дослідженнях, що базується на визначенні кольору по кольоровій лінійці та відповідній до неї шкалі кольорів. Інша відома методика базується на визначенні кольору за допомогою шкали, що має форму кола, поділеного на 12 секторів, що зручно для цілісного сприйняття всієї кольорової гамми [2]. Недоліками цих методик є невідповідність рекомендаціям МКО [3] у питанні відповідності координат кольору елементів шкали існуючим системам координат кольору та типографського відтворення лінійки.

В основу створення нового методу поставлена задача реєстрації ушкодження та вимірювання координат кольору і розмірів ушкоджень судово-медичних дослідженнях в якому за рахунок використання шкали зразків кольорів доповненої сірим кольором, на яку нанесено метричну лінійку [4]; реєстрації даних про локалізацію, форму, розмір та колір ушкодження за допомогою цифрового фотоапарату; розрізнення кольору та визначення розміру ушкоджень за допомогою комп'ютерної діагностичної програми досягається можливість об'єктивного визначення кольору та розмірів об'єкта, а також цифрової фіксації результатів досліджень, що приводить до підвищення інформативності.

При типографському відтворенні шкали кольорів використовуємо бібліотеку кольорів PANTONE та відповідний їй атлас [5], що дозволяє забезпечити високу ідентичність координат кольору при серійному виготовленні шкал кольорів для потреб бюро судово-медичної експертизи. Після того, як шкала кольорів була надрукована, перевірити відповідність координат кольору елементів її шкали можливо за допомогою спеціалізованих типографських денситометрів.

Для підвищення точності діагностування параметрів біотканин запропоновано метод та розроблено

засіб цифрової колориметрії поверхневих пошкоджень біотканин у судовій медицині, що дозволяє позбутися цих недоліків. Об'єкт діагностування (досліджуваний зразок) та шкала зразків кольорів рівномірно освітлюється дифузно розсіяним світлом від джерела випромінювання, спектральна характеристика якого відповідає одному із стандартних джерел освітлення типу А, D65 чи F11, що рекомендовані МКО [3]. Дифузний розсіювач у вигляді інтегрувальної сфери не змінює спектральних характеристик випромінювання у заданому спектральному діапазоні (360-780 нм). Об'єкти формує зображення об'єкта діагностування та шкали зразків кольорів на вхід CCD-камери. Мікроконтролерний реєструючий пристрій фіксує і запам'ятовує цифрове кольорове зображення з виходу CCD-камери у форматі RGB, яке апаратно залежить від спектральних характеристик елементів CCD-камери. Оскільки робочий отвір інтегрувальної сфери має округлу форму, то доцільно використати шкалу кольорів з розміщенням елементів шкали по колу та робочим отвором в центрі. Блок розрахунку параметрів кольору елементів зображення з автокалібруванням перетворює зображення кольором пікселів у системі RGB до системи координат кольору CIEXYZ, враховуючи відомі значення координат кольору елементів шкали зразків кольорів, а потім перетворює зображення до системи координат кольору CIELAB, враховуючи координати кольору неушкодженої (контрольної) ділянки об'єкту діагностування. Блок визначення найближчого кольору зі шкали зразків кольорів для кожного елемента зображення визначає найменшу відмінність тону кольору у кольоровому просторі CIELAB для кожного елемента зображення до координат кольору елементів шкали зразків кольорів і присвоює елементу зображення відповідний номер елемента шкали зразків кольорів, створюючи гістограму кольорів досліджуваного зразка з кількістю кольорів рівною шкалі зразків кольорів. Блок розрахунку фізичних параметрів об'єкту розраховує фізичні параметри досліджуваного зразка на основі гістограми кольорів. Проблемно-орієнтована експертна система формує діагностичний висновок, щодо стану досліджуваного зразка. Описаний метод цифрової колориметрії поверхневих пошкоджень біотканин у судовій медицині дозволяє документально зареєструвати ушкодження біотканини шкіри за допомогою цифрової фотографії судово-медичним експертом та використати результати досліджень у якості доказової бази [6, 8].

Алгоритм роботи засобу цифрової колориметрії поверхневих пошкоджень біотканин

На основі вимірювання координат кольору для кожного пікселя зображення визначимо найближчі кольори зі шкали зразків кольорів для кожного елемента зображення (рис. 1) шляхом визначення найменшої відмінності тону кольору у просторі кольорів CIELAB. Блок визначення найближчого кольору зі шкали зразків кольорів для кожного елемента зображення визначає найменшу відмінність у тоні кольору ΔH_{abij}^* для кожного

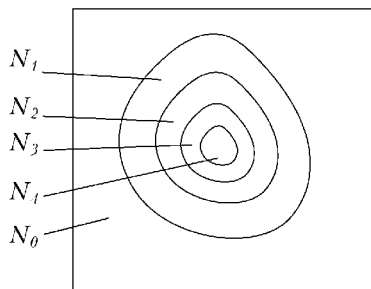


Рис. 1. Патологічна біотканина шкіри людини після механічної травми з зонами різного кольору

елемента зображення A_i до координат кольору елементів шкали зразків кольорів B_j (рис. 2) і присвоює елементу зображення відповідний номер елемента шкали зразків кольорів, створюючи відносну гістограму кольорів досліджуваного зразка із значенням у відсотках відносної площі зображення, яку займають елементи

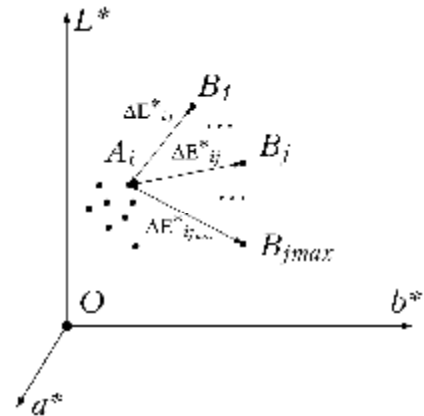


Рис. 2. Визначення повної колірної відмінності у колірному просторі CIELAB для елемента зображення

зображення з координатами кольору близькими до кожного з елементів шкали зразків кольорів за алгоритмом наведеним на рис. 3. При перетворенні координат кольору з системи XYZ до LAB враховуються координати кольору неушкодженої (контрольної) ділянки об'єкту діагностування таким чином, що центр системи координат у системі LAB, який традиційно відповідає кольору робочого еталону білого кольору (точка O на рис. 2) зміщується до значення координат кольору інтактної біотканини.

Повна колірні відмінність ΔE_{abij}^* між кольорами у колірному просторі CIELAB визначається таким чином [7]:

$$\Delta E_{abij}^* = \sqrt{(\Delta L_{ij}^*)^2 + (\Delta a_{ij}^*)^2 + (\Delta b_{ij}^*)^2}, \quad (1)$$

$$\Delta L_{ij}^* = L_i^* - L_{ukj}^*, \quad (2)$$

$$\Delta a_{ij}^* = a_i^* - a_{ukj}^*, \quad (3)$$

$$\Delta b_{ij}^* = b_i^* - b_{ukj}^*, \quad (4)$$

де L_i^*, a_i^*, b_i^* – координати у колірному просторі елемента зображення; $L_{ukj}^*, a_{ukj}^*, b_{ukj}^*$ – 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 визначити відмінність у тоні кольору ΔH_{abij}^* . Відмінність у чистоті тону у системі МКО 1976 р. між елементом зображення біотканини та елементом шкали зразків кольорів визначається за формулою:

$$\Delta C_{abij}^* = C_{abi}^* - C_{abukj}^* \tag{5}$$

$$C_{abi}^* = \sqrt{(a_i^*)^2 + (b_i^*)^2} \tag{6}$$

$$C_{abukj}^* = \sqrt{(a_{juk}^*)^2 + (b_{juk}^*)^2} \tag{7}$$

де C_{abi}^* – чистота тону елемента зображення; C_{abukj}^* – чистота тону елемента шкали зразків кольорів; a_i^* , b_i^* – координати кольору елемента зображення; a_{juk}^* , b_{juk}^* – координати кольору елемента шкали зразків кольорів.

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

$$\Delta H_{abij}^* = k_H \sqrt{(\Delta E_{abij}^*)^2 - (\Delta L_{ij}^*)^2 - (\Delta C_{abij}^*)^2} \tag{8}$$

У випадку визначення найближчого кольору зі шкали зразків кольорів для кожного елемента зображення k_H приймаємо рівним одиниці (рис. 3).

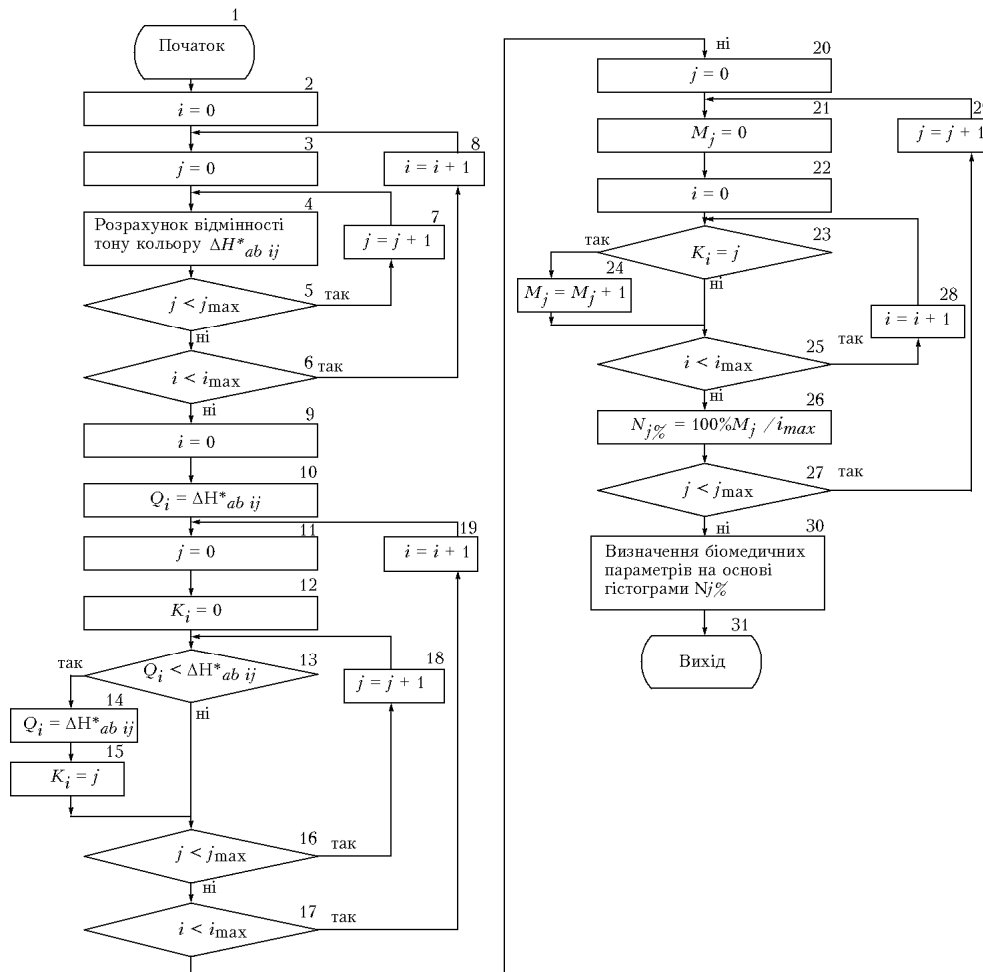


Рис. 3. Алгоритм визначення найближчих кольорів зі шкали зразків кольорів для елементів зображення та розрахунку гістограми

Розрахунок за формулами (1)–(8) проводиться $i \times j$ разів, де i – кількість елементів (пікселів) зображення, j – кількість елементів шкали зразків кольорів. Алгоритм визначення найближчих кольорів зі шкали зразків кольорів для кожного елемента зображення та розрахунку гістограми наступний. На початку роботи у подвійному циклі між блоками (2) та (6) розраховується відмінність у тоні кольору ΔH_{abij}^* для кожного елемента зображення до координат кольору елементів шкали зразків кольорів за формулою (8).

Далі у циклі між блоками (9) та (17) для кожного з i елементів зображення визначається до якого з j елементів шкали зразків кольорів відмінність у тоні кольору ΔH_{abij}^* буде найменшою, де Q_i – мінімальна відстань у колірному просторі, K_i – номер елемента шкали зразків кольорів до якого відстань у колірному просторі найменша. У циклі між блоками (20) та (27) підраховується кількість елементів зображення M_j , відстань у колірному просторі у яких найближча до j -того елемента шкали кольорів. Далі отримана кількість пікселів M_j переводиться у відносну кількість пікселів у відсотках $N_{j\%}$, яку займають елементи зображення з координатами кольору близькими до кожного з елементів шкали зразків. Отримана гістограма $N_{j\%}$ пов'язана з біомедичними параметрами об'єкту діагностики та подається на вхід експертної системи разом з біомедичними параметрами пацієнта з анкетних даних. На виході експертна система на основі нейромережі чи нечіткої логіки повинна сформулювати діагностичне рішення щодо стану досліджуваного зразка.

Висновки

Вдосконалено метод цифрової колориметрії поверхневих пошкоджень біотканин у судовій медицині, що дозволяє документально зареєструвати ушкодження біотканини шкіри судово-медичним експертом та використати результати досліджень у якості доказової бази. Розроблено алгоритмічне забезпечення засобу діагностики біотканин шкіри людини, що дозволяє визначити гістограму кольорів зображення патологічної біотканини шкіри при механічному ураженні тупим предметом. Описаний алгоритм роботи засобу діагностики дозволяє формалізувати відомі методики візуального експертного оцінювання терміну ушкодження біотканини шкіри людини внаслідок травми тупим предметом, що необхідно для зменшення суб'єктивності проведення досліджень у судово-медичній діагностиці.

Література

1. Автандилов Г.Г. Краткая шкала цветов. Практическое пособие для судебно-медицинских экспертов и патологоанатомов / Г.Г. Автандилов. – М.: Наука, 1962. – 23 с.
2. Кононенко В.И. Судебно-медицинская оценка трупных пятен / В.И. Кононенко. – Харьков, 1993. – 28 с.
3. ISO 787-1:1982 General methods of test for pigments and extenders – Part 1: Comparison of colour of pigments. Committee: ISO/TC 256, Edition: 1, Publication date: 1982-11-01. – 12 p.
4. Моканюк О.І. Об'єктивізація визначення кольорів у судово-медичних дослідженнях: монографія / О.І. Моканюк. – Вінниця: Велес, 2001. – 52 с.
5. PANTONE Color Look-Up Table, Pantone Inc, 1995. – 360 с.
6. Моканюк О.І. Визначення кольору об'єкта в судово-медичній практиці (методичні рекомендації) / О.І. Моканюк, А.О. Гаврилюк, В.Г. Петрук, О.Є. Кватернюк. – К.: Український центр наукової медичної інформації та патентно-ліцензійної роботи, 2015. – 22 с.
7. ISO 7724-2:1984 Methods of test for paints. Optical tests on paint films. Determination of colour and colour difference: measurement – Colorimetry – Part 2: Colour measurement. Committee: ISO/TC 35/SC 9, Edition: 1, Publication date: 2013-11-18. – 8 p.
8. Спосіб визначення і реєстрації кольору та розмірів ушкоджень в судово-медичних дослідженнях / В. Г. Петрук, О. І. Моканюк; О. Є. Кватернюк [та ін.] // Патент України №70759 МПК7 G01N 21/21 / заявл. 05.12.2011; опубл. 25.06.2012; Бюл. № 12. – 6 с.

References

1. Avtandilov G.G. Kratkaya shkala tsvetov / Prakticheskoe posobie dlya sudebno-meditsinskih eks-pertov i patologoanatomov/. – М.: 1962. – 23 s.
2. Kononenko V.I. Sudebno-meditsinskaya otsenka trupnyih pyaten. – Harkov, 1993. – 28 s.
3. ISO 787-1:1982 General methods of test for pigments and extenders – Part 1: Comparison of colour of pigments. Committee: ISO/TC 256, Edition: 1, Publication date: 1982-11-01. – 12 p.
4. Mokanyuk O.I. Obektivizatsiya viznachennya koloriv u sudovo-medichnih doslidzhennyah. Monografiya. – Vinnitsya: Veles, 2001. – 52 s.
5. PANTONE Color Look-Up Table, Pantone Inc, 1995. – 360 с.
6. Mokanyuk O.I. Viznachennya koloru obekta v sudovo-medichny praktitsi (metodichni rekomendatsiyi) / O.I. Mokanyuk, A.O. Gavrilyuk, V.G. Petruk, O.E. Kvaternyuk // Ukrayinskiy tsentr naukovoyi medichnoyi informatsiyi ta patentno-litsenziynoyi roboti. – К.: 2015. – 22 s.
7. ISO 7724-2:1984 Methods of test for paints. Optical tests on paint films. Determination of colour and colour difference: measurement – Colorimetry – Part 2: Colour measurement. Committee: ISO/TC 35/SC 9, Edition: 1, Publication date: 2013-11-18. – 8 p.
8. Sposib viznachennya i reestratsiyi koloru ta rozmiriv ushkodzhen v sudovo-medichnih doslidzhennyah / [V. G. Petruk, O. I. Mokanyuk; O. E. Kvaternyuk ta in.] // Pat. 70759 UKRAINA MPK7 G01N 21/21 / zayavl. 05.12.2011; opubl. 25.06.2012; Byul. № 12. – 6 p.

Рецензія/Peer review : 15.5.2015 р.

Надрукована/Printed : 15.5.2015 р.

Стаття прорецензована редакційною колегією