

УДК 535.2:616-71

А.Б. Саміляк доц., М.О. Безуглий

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна

МОДЕЛЮВАННЯ СВІТЛОРОЗСІЯННЯ ШКІРОЮ ЛЮДИНИ В ЗАДАЧАХ ОПТИМІЗАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ БІОМЕДИЧНОГО ФОТОМЕТРУ

A.B. Samilyak, Assoc. Prof., M.A. Bezuglyi

MODELING OF LIGHT SCATTERING IN HUMAN SKIN FOR OPTIMIZATION OF BIOMEDICAL PHOTOMETER PARAMETERS

Новітні методи оптичної біомедичної діагностики, а також дозозалежної фото- та лазерної терапії завдяки неінвазивності (малоінвазивності) віднаходять все більшого поширення як в клінічній дослідницькій практиці, так і при розробці приладів та систем широкого застосування. При цьому, одним з перспективних методів та створених на його основі засобів вважається фотометрія еліпсоїдальними рефлекторами [1,2]. Адекватність її математичного апарату та підтвержені експериментальні результати дозволяють здійснювати оптичну біометрію середовищ, а також проводити просторовий аналіз розсіяного світла [3], фотометричний аналіз як у відбитому, так і у пропущеному біологічним зразком світлі [4]. Важливим аспектом є те, що оптична біометрія середовищ еліпсоїдальними рефлекторами можлива як для дослідження у умовах біопсійного експерименту, так і в умовах *in vivo* на цілісному організмі. Основним органом при неінвазивній оптичній діагностиці, ефекти світлорозсіяння на якому є визначальними для всього комплексу дослідження, вважається шкіра. Тому метою даної роботи є оцінка впливу ключового параметру еліпсоїдального рефлектора, а саме його фокального параметру, що визначає розміри вхідного вікна приладу, на просторовий розподіл зареєстрованого світла при біометрії шкіри людини.

У даній роботі досліджено світлорозсіяння на зразках шкіри людини, анатомічне розташування яких відповідає плечу та спині. Моделювання проводилося за допомогою програмного забезпечення для еліпсоїдальної фотометрії власної розробки. Шарами шкіри, в яких здійснювалось моделювання, є роговий шар, епідерміс та дерма. Умову експерименту у відбитому (дифузно розсіяному назад) світлі забезпечила симуляція поширення оптичного випромінювання також у жировій та м'язовій тканинах. Оптичними властивостями є показник заломлення, коефіцієнт поглинання, коефіцієнт розсіювання та фактор анізотропії розсіяння кожного шару. Для рогового шару показник заломлення $n=1.5$, коефіцієнт поглинання $\mu_a=0.1 \text{ см}^{-1}$, коефіцієнт розсіяння $\mu_s=100 \text{ см}^{-1}$, фактор анізотропії розсіяння $g_{HG}=0.8$, товщина зразку шкіри з плеча і спини для цього шару 0.0035 і 0.0031 см. Для епідермісу $n=1.34$, $\mu_a=0.15 \text{ см}^{-1}$, $\mu_s=45 \text{ см}^{-1}$, $g_{HG}=0.8$, товщина зразків 0.0107 і 0.01 см. Для дерми $n=1.39$, $\mu_a=0.073 \text{ см}^{-1}$, $\mu_s=20 \text{ см}^{-1}$, $g_{HG}=0.76$, товщини - 0.246 і 0.371 см. Для жирової тканини показник $n=1.44$, $\mu_a=0.068 \text{ см}^{-1}$, $\mu_s=15 \text{ см}^{-1}$, $g_{HG}=0.8$, товщина жирової тканини 0.072 см для плеча і 0.083 см для спини. М'язова тканина $n=1.37$, $\mu_a=2 \text{ см}^{-1}$, $\mu_s=215 \text{ см}^{-1}$, $g_{HG}=0.9$ відповідно, остання тканина має товщину 1 см для шкіри плеча і спини.

Було проведено серію модельних експериментів для 6 випадків: по 3 для кожного зі зразків шкіри при змінному фокальному параметрі (15, 20 та 25 мм) та незмінною величиною ексцентриситету (0.8). Просторовий розподіл розсіяного назад випромінювання при різних значеннях фокального параметру представлений на рис.1.

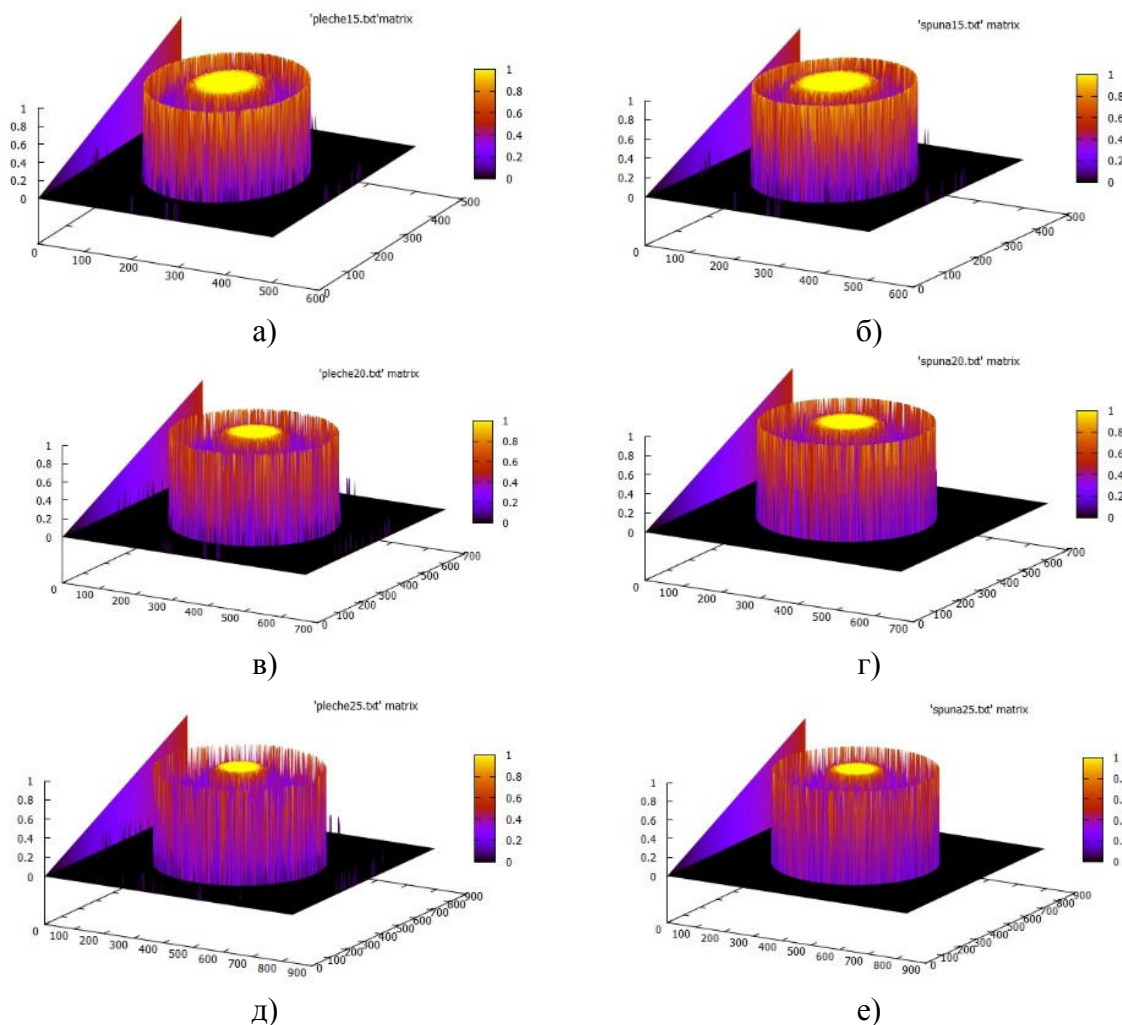


Рисунок 1. Просторовий розподіл розсіяного назад випромінювання шкірою плеча (а, в, д) та спини (б, г, е) для величин фокального параметру еліпсоїдального рефлектора 15 мм, 20 мм та 25 мм відповідно

Представлені результати моделювання (рис.1) показують однозначну залежність просторового розподілу розсіяного випромінювання різними ділянками шкіри людини від фокального параметру інформаційно-вимірювальної системи біомедичного фотометру. Зонний аналіз отриманих фотометричних зображень [4] дозволить дослідити характер цієї залежності і побудувати аналітичну модель для оптимізації інших параметрів біомедичного фотометру з метою підвищення питомої ваги зареєстрованого світла та достовірності подальшої біометрії досліджуваного середовища.

Література

1. M. A. Bezuglyi, N. V. Bezuglaya, and I. V. Helich, "Ray tracing in ellipsoidal reflectors for optical biometry of media," *Appl. Opt.* 56, 8520-8526 (2017).
2. Безуглий М. О. Метод фотометричного дзеркального еліпсоїда обертання для дослідження шорсткості поверхні / М. О. Безуглий, Д. В. Ботвиновський, В. В. Зубарев, Я. О. Коцур // *Методи та прилади контролю якості.* – 2011. – №27. – С. 77 – 83.
3. Bezuglyi, M., N. Bezuglaya, and A. Viruchenko. "On the possibility of ellipsoidal photometry and Monte Carlo simulation to spatial analysis of biological media." *Electronics and Nanotechnology (ELNANO), 2017 IEEE 37th International Conference on.* IEEE, 2017.
4. Безуглий М.А., Безуглая Н.В., Самияк А.Б. Обработка изображений при эллипсоидальной фотометрии // *Приборы и методы измерений.* 2016; 7(1): с. 67-76.