

УДК 004.89

DOI <https://doi.org/10.32689/maup.it.2023.3.5>

Едуард КІНШАКОВ

аспірант кафедри інформаційних технологій, Сумський державний університет, вул. Миколи Сумцова, 2, Суми, Україна, індекс 40007 (edikkinshakov@gmail.com)

ORCID: 0000-0001-7116-7244

Юлія ПАРФЕНЕНКО

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри інформаційних технологій, Сумський державний університет вул. Миколи Сумцова, 2, Суми, Україна, індекс 40007 (yuliya_p@cs.sumdu.edu.ua)

ORCID: 0000-0003-4377-5132

Eduard KINSHAKOV

Postgraduate Student at Information Technology Department, Sumy State University, 2 Mykoly Sumtsova str., Sumy, Ukraine, postal code 40007 (edikkinshakov@gmail.com)

Yuliia PARFENENKO

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Senior Lecturer at Information Technology Department, Sumy State University, 2 Mykoly Sumtsova str., Sumy, Ukraine, postal code 40007 (yuliya_p@cs.sumdu.edu.ua)

Бібліографічний опис статті: Кіншаков, Е., Парфененко, Ю. (2023). Застосування алгоритмів сегментації для пошуку контурів захворювання на ділянках шкіри. *Інформаційні технології та суспільство*, 3, 39–46. DOI: <https://doi.org/10.32689/maup.it.2023.3.5>

Bibliographic description of the article: Kinshakov, E., Parfenenko, Yu. (2023). Zastosuvannia alhorytmiv sehmentatsii dlia poshuku konturiv zakhvoriuvannia na diliankakh shkiry [Application of Segmentation Algorithms for Searching Contours of Disease on Skin Areas]. *Informatsiini tekhnolohii ta suspilstvo – Information technology and society*, 3, 39–46. DOI: <https://doi.org/10.32689/maup.it.2023.3.5>

**ЗАСТОСУВАННЯ АЛГОРИТМІВ СЕГМЕНТАЦІЇ
ДЛЯ ПОШУКУ КОНТУРІВ ЗАХВОРЮВАННЯ НА ДІЛЯНКАХ ШКІРИ**

Анотація. Стаття присвячена дослідженню застосування сегментації, котра допоможе виявити та виділити локалізацію захворювання на ділянці шкіри. Об'єктом дослідження є підбір оптимального алгоритму сегментації зображення з чітким відокремленням ділянки та контурів хвороби незалежно від її форми. Актуальність дослідження обумовлена тим, що сучасні методи сегментації та локалізації захворювань широко використовуються для покращення точності та чіткості навчання нейронної мережі. Алгоритми дозволяють виявити та зафіксувати саме ту ділянку шкіри, яка потрібна для подачі до нейронної мережі.

Мета роботи – розробити алгоритм сегментації та пошуку контурів, який зможе виявити та виділити локальну частину хвороби на зображенні шкіри, наданому користувачем. Алгоритм повинен бути точним і ефективним, незалежно від зовнішніх факторів зображення.

У роботі продемонстровано застосування методів сегментації зображень, таких як сегментація за пороговим значенням, алгоритм морфологічної обробки та алгоритм watershed. Для експериментів було використано зображення атипової родимки з набору даних DermNet. Сегментація зображення виконувалась за допомогою бібліотеки Skitage, яка також включає в себе алгоритми пошуку контурів.

За результатами поставлених експериментів, де всі алгоритми отримували одне і теж саме зображення, чіткість виявлення хвороби було продемонстровано за допомогою сегментації за методом watershed, котрий на відміну від інших зміг визначити локалізацію хвороби, чітко відокремити від загального зображення та помітно використати затухання, яке не перешкоджає подальшій колаборації з алгоритмом пошуку контурів.

У результаті дослідження було встановлено, що даний метод є придатним для вирішення задач сегментації та обробки зображень в дерматології. Це пов'язано з тим, що він ефективно виділяє ділянки шкіри, уражені хворобою, і не вступає в конфлікт з алгоритмом локалізації контурів на базі бібліотеки Skitage при стандартних параметрах.

Подальша робота полягає у подачі до загорткових нейронних мереж у тому вигляді, в котрому будуть оброблені зображення, дослідження поведінки алгоритмів мережі при різних зображень та виявлення точності при різних обробках.

Ключові слова: сегментація, локалізація, watershed, дані, обробка, зображення, морфологічна обробка, порогове значення.

APPLICATION OF SEGMENTATION ALGORITHMS FOR FINDING DISEASE CONTOURS ON SKIN AREAS

Abstract. This paper investigates the application of segmentation to identify and highlight the location of a disease on a skin area. The object of the study is to select the optimal image segmentation algorithm with clear separation of the disease area and contours, regardless of its shape. The relevance of the study is due to the fact that modern methods of segmentation and localization of diseases are widely used to improve the accuracy and clarity of training a neural network. The algorithms allow to identify and fix the exact area of the skin that is needed to be fed to the neural network.

The purpose of the work is to develop an algorithm for segmentation and contour finding that can identify and highlight a local part of a disease on a skin image provided by the user. The algorithm should be accurate and efficient, regardless of the image's external factors.

The paper demonstrates the application of image segmentation methods, such as threshold segmentation, morphological processing algorithm, and watershed algorithm. For experiments, an image of atypical nevus from the DermNet dataset was used. Image segmentation was performed using the Skimage library, which also includes contour finding algorithms.

Based on the results of the set experiments, where all algorithms received the same image, the clarity of disease detection was demonstrated using watershed segmentation. Unlike others, it was able to determine the location of the disease, clearly separate it from the overall image, and significantly use attenuation, which does not harm further collaboration with the contour finding algorithm.

The study found that this method is suitable for solving segmentation and image processing problems in dermatology. This is due to the fact that it effectively highlights areas of the skin affected by the disease and does not conflict with the Skimage library-based contour localization algorithm at standard parameters.

Key words: segmentation, localization, watershed, data, processing, image, morphological processing, threshold.

Постановка проблеми. У сучасну епоху широке поширення хвороб шкіри суттєво впливає на фізичний стан та майбутнє здоров'я людей. Багато населених пунктів України мають обмеження у доступі до невідкладної медичної допомоги та амбулаторій, де доступна лише базова медична допомога, і вони не здатні приймати спеціалістів, зокрема, дерматологів і фахівців з інших вузьких галузей. Це ставить питання про важливість впровадження сучасних технологій дистанційної діагностики хвороб шкіри, що стає надзвичайно актуальним у наш часі [1].

У той же час кількість осіб, що користуються смартфонами та мають доступ до Інтернету, стабільно росте. Світ спостерігає зростаючий інтерес до телемедицини, яка надає можливість здійснювати дистанційні консультації з лікарем, надавати необхідну медичну допомогу в невідкладних ситуаціях та планувати подальше лікування. Україна розвиває телемедицину, проте вона є відносно витратною, що обумовлено, зокрема, відсутністю відповідного інформаційного забезпечення для прийняття рішень [2; 3].

Це вказує на необхідність створення інформаційної системи, яка допоможе людям реагувати на різні симптоми шкірних захворювань і визначати ступінь їх серйозності, запобігаючи погіршенню стану пацієнтів.

Одним із ключових завдань досліджень є розробка інформаційно-інтелектуальної системи, котра буде розпізнавати та класифікувати хворобу за зображеннями ділянок шкіри не найвищої якості. Задача даної роботи полягає в тому, щоб провести попередні експерименти над зображеннями, котрі будуть подаватися до нейронної мережі, з метою підвищення достовірності розпізнавання шкірних захворювань. А саме поставити експерименти над алгоритмами сегментації та пошуку контурів, котрі будуть виявляти та локалізувати хворобу. Таким чином якість точності нейронної мережі перейде на більш високий рівень.

З огляду на широке використання методів сегментації у сфері медицини, необхідно провести наукові дослідження для визначення ефективності таких методів.

Аналіз досліджень і публікацій. Сегментації зображень з проявами хвороб шкіри приділено багато уваги авторів. Більшість авторів використовують сегментацію не як метод для подальшої локалізації контурів хвороби, а як визначення покриття хвороби. В роботі [4] автор присвячує увагу методам сегментації котрий побудований на основі кластеризації кольорів.

Це не поганий метод, щоб викреслити із дослідження максимально попередню обробку зображень. Але вважається, що кластеризація може мати велику похибку у випадку великого радіусу хвороби. Дане дослідження [5] представляє алгоритм для вирішення проблеми глобальної оптимізації сегментації раку шкіри меланоми. Алгоритм заснований на згладжуванні допоміжної функції, яка будується за допомогою відомого локального мінімізатора та згладжується за допомогою кривих Безье.

Результати показують, що запропонований алгоритм демонструє високу точність, чутливість і специфічність порівняно з іншими методами. Основною метою дослідження [6] є пошук оптимального методу сегментації зображень уражень шкіри. У цьому дослідницькому документі розроблено модель, яка охоплює такі градації, першою є попередня обробка для зменшення небажаних частин, таких як волосся, освітлення чи багато іншого, за допомогою покращеної техніки з використанням граничних

і морфологічних операцій для досягнення вищої точності інтелектуальної системи. Але, виходячи з результатів, автори помітили, що запропонована модель дає середнє значення точності величезної кількості зображень раку. У цих роботах автори [7; 8] представили метод виявлення раку шкіри на основі методу **watershed** з контрольованим маркером.

Запропонована техніка була застосована та випробувана на кількох зображеннях різних типів раку шкіри, які були зібрані з Інтернету, а також із набору даних Kaggle. Щоб оцінити цінність досягнутих результатів, автори використали кілька показників оцінки, як чутливість, специфічність, а також подібність Жаккара, які показали хороші та задовільні результати.

Виклад основного матеріалу. Дані для дослідження було взято з всесвітнього дерматологічного ресурсу DermNet. Надана ресурсом база зображень має 22 класи хвороби. Всі зображення мають формат jpg. Але для зрозумілої демонстрації результатів було взято атипичний невус. На даному зображенні можна чітко зрозуміти та побачити ефективність сегментації та потім, як вона допоможе алгоритму пошуку контурів знайти потрібну ділянку.

В попередніх публікаціях вже було продемонстровано метод кластеризації для обробки зображень, головна задача котрого повинна була підняти якість прогнозування нейронної мережі. Покращення були зафіксовані, але не значні. Тому було прийняте рішення розширити методи сегментації та на їх фоні зробити пошук контурів. Дана задача дозволить виявити необхідну нам ділянку шкіри на котрій є локалізація хвороби. Це допоможе відсіяти непотрібні шуми та зменшити розмірність, таким чином якість нейронної мережі збільшиться.

У даній роботі використовуються три алгоритми сегментації, одним з них є метод граничного значення або, як ще його називають методом Оцу (Otsu) [9]. Використання головної ідеї методу Оцу полягає в тому, щоб обрати поріг сегментації так, щоб дисперсія (внутрішнього розсіювання) в класі об'єктів була мінімальною, а розсіювання між класами (між об'єктами і фоном) була максимальною.

Це робиться шляхом розгляджування всіх можливих граничних значень і обчислень внутрішнього і міжкласового розсіювання для кожного порогу.

Міжкласове розсіювання – це міра розсіювання всередині кожного класу (об'єктів та фону). Вона вказує, наскільки значення пікселів в межах кожного класу розподілені відносно середнього значення цього класу. Функція для внутрішнього розсіювання (intra-class variance) обчислюється наступним чином [10]:

$$\sigma_o^2(t) = \omega_0(t) * \sigma_0^2(t) + \omega_1(t) * \sigma_1^2(t) \quad (1)$$

де:

σ_o^2 – внутрішнє розсіювання для порогу t ;

$\omega_0(t)$ – вага першого класу (фону) для порогу t ;

σ_0^2 – дисперсія першого класу (фону) для порогу t ;

$\omega_1(t)$ – вага другого класу (об'єктів) для порогу t .

$\sigma_1^2(t)$ – дисперсія другого класу для порогу t .

Результати методу загальної граничної сегментації зображено на (рис. 1), де можемо побачити область родимки, але можна спостерігати нестандартне розсіювання.



Рис. 1. Сегментація за допомогою граничного значення

Далі переходимо до наступного методу морфологічної обробки. Морфологічна обробка зображення включає в себе групу методів обробки зображень, які базуються на математичних операціях, що використовують структурні елементи (ядро) для зміни форми та структури об'єктів на зображенні [11; 12]. Дані операції дозволяють виокремлювати особливості об'єктів, виділяти їх контури, видаляти шум, об'єднувати та ділити об'єкти, покращувати якість.

Перелік операцій допоможе вирішити проблему з шумами, оскільки попередній метод може виявити та прибрати шуми та розсіювання, котрі можуть впливати на якість сегментації.

Математично морфологічні операції використовують операцію морфологічного відображення (morphological transformation) над зображенням A з використанням структурного елемента B [13]. Операції можна виразити наступним чином:

$$(A \oplus B)(x, y) = \bigcup_{(i,j) \in B} A(x+i, y+j) \quad (2)$$

де:

A – це початкове зображення, над яким виконується операція розширення;

B – структурний елемент (іноді називається ядром), який визначає форму і розмір розширення;

(i, j) – координати пікселів в структурному елементі B .

Отже, результати методу морфологічної обробки зображено на (рис. 2), де чітко можемо побачити область родимки, підкреслені контури, а також деяке подавлення шумів.



Рис. 2. Сегментація за допомогою морфологічної обробки

Найрезультативніший алгоритм Watershed зміг реалізувати поставлену задачу, завдяки котрому було досягнуто результату пошуку контурів. Будь-яке відтінкове зображення може бути розглянуто як топографічна поверхня, де високий інтенсивний світловий сигнал вказує на вершини, тоді як низький інтенсивний світловий сигнал вказує на інші частини зображення. Спочатку заповнюється кожна окрема частина (локальні мінімуми) різнокольоровими мітками [14].

Поступово піднімаючи рівень мітки, залежно від навколишніх градієнтів, мітки з різних частин, очевидно, різнокольорова, починає об'єднуватися. Щоб цього уникнути, створюються бар'єри на місцях об'єднання міток. Потім продовжується робота із наповненням та створення бар'єрів до тих пір, поки всі вершини опиняться під міткою. Потім бар'єри, які були створені, надають результат сегментації. Алгоритм watershed важко виразити однією математичною формулою, оскільки він базується на обчисленнях на основі географічних аналогій та дискретних зображень. Проте можна продемонструвати загальну ідею та кроки алгоритму [15] :

$$I = \sqrt{(I_x)^2 + (I_y)^2} \quad (3)$$

де:

I_x – похідна зображення за напрямом x ;

I – зображення;

I_y – похідна зображення за напрямом y .

Результати методу (watershed) зображено на рис. 3, де чітко можемо побачити область родимки, підкреслені контури більш чітко виділяються, ніж при використанні попереднього методу.

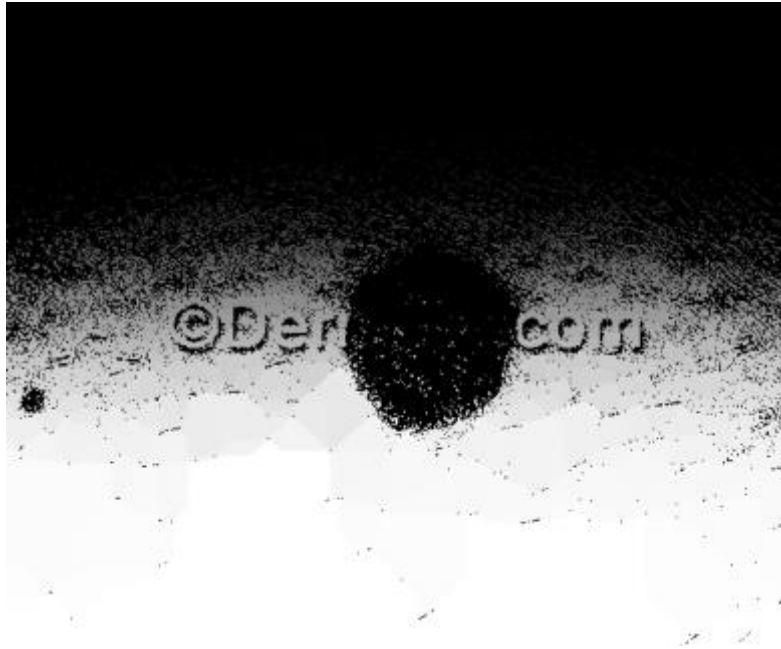


Рис. 3. Сегментація за допомогою watershed алгоритму

Після того, як було поставлено експерименти на зображенні за допомогою сегментації, наступним кроком є побудова алгоритму, котрий буде включати в себе один із методів сегментації для пошуку контурів захворювання. Алгоритм пошуку контурів сприймає всі зображення в чорно-білому вигляді, тобто бінарному, а повертає вже у кольорі з локалізацією. Для бінарного зображення $I(x, y)$, де $I(x, y) = 0$ або $I(x, y) = 1$ (де 0 представляє чорний колір, а 1 – білий колір), і порогового значення T , процес пошуку контурів здійснюється наступним чином. Першочергово ініціюється порожній список контурів C [16]. Для кожного пікселя $I(x, y)$ відбуваються наступні операції:

1. Формування нового контуру, який представляє границю об'єкта.
2. Створюється порожній список точок для поточного контуру, який позначається як P .
3. Будується функція обходу для пошуку з'єднаних білих пікселів, починаючи з пікселя (x, y) .
4. Здійснюється обхід сусідніх пікселів у пошуку з'єднаних компонентів, який продовжується, поки не буде оброблено кожен з'єднаний білий піксель об'єкта.
5. Після завершення формування контуру список точок P додається до списку контурів C .

Цей процес пошуку контурів дозволяє виділити границі об'єктів на бінарному зображенні та представити їх у вигляді наборів точок (координат x, y), які формують контури [17]. Результати пошуку контурів після сегментації методом watershed зображено на (рис. 4). Результати алгоритмів граничного значення та морфологічної обробки показали візуально однаковий результат.

Результати пошуку контурів зображення за цим методом показано на рис. 5-6.

Висновки. У результаті проведеного дослідження встановлено, що кожний метод сегментації має свої переваги та недоліки. Це залежить від поставленої задачі та самого зображення. У певних випадках морфологічна обробка та метод граничного значення можуть бути ефективними, але на окремих ділянках сегментації. Як можна побачити з результатів застосування цих методів, шуми так і не були подавлені, більше того можна побачити затухання на окремих ділянках зображення. Найкращий результат продемонстрував метод watershed, котрий зміг чітко сегментувати зображення, знайти градієнти і в деяких випадках подавити шуми. Контур родимки після методу watershed було виділено чітко. Наступним етапом дослідження буде розробка інформаційної системи діагностування шкірних

захворювань з використанням нейронних мереж. На вхід нейронної мережі буде здійснюватися подача зображення після обробки методом watershed та знаходження контурів. Наступними діями дослідження буде перевірка ефективності нейромережевої моделі діагностування шкірних захворювань на оброблених зображеннях.



Рис. 4. Результат пошуку контурів після сегментації методом watershed

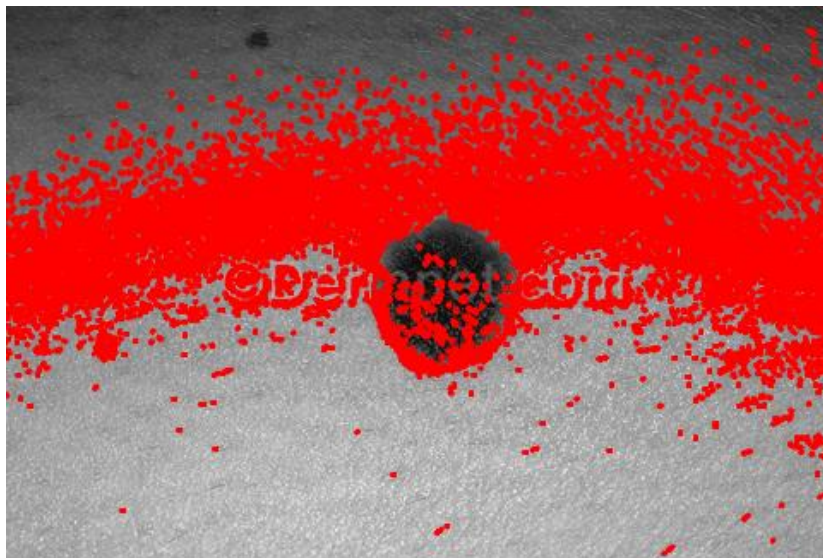


Рис. 5. Результат пошуку контурів після морфологічної обробки та граничного значення

Список використаних джерел:

1. Haleem A., Javaid M., Singh R. P., and Suman R. «Telemedicine for healthcare: Capabilities, features, barriers, and applications». *Sensors International*. Vol. 2. 2021. DOI: 10.1016/j.sintl.2021.100117.
2. Zhang C., «Smartphones and telemedicine for older people in China: Opportunities and challenges». *Digital Health*. Vol. 8. 2022. DOI: 10.1177/20552076221133695.
3. Allaert F.A., Legrand L., Abdoul Carime N., and Quantin C. «Will applications on smartphones allow a generalization of telemedicine?». *BMC Medical Informatics and Decision Making*, Vol. 20. № 1. 2020. DOI: 10.1186/s12911-020-1036-0.
4. Joseph S. and Olugbara O. O., «Preprocessing Effects on Performance of Skin Lesion Saliency Segmentation». *Diagnostics*, Vol. 12, № 2. Feb. 2022, DOI: 10.3390/diagnostics12020344.
5. Masoud Abdulhamid I.A., Sahiner A., and Rahebi J. «New Auxiliary Function with Properties in Nonsmooth Global Optimization for Melanoma Skin Cancer Segmentation». *Biomed Res Int*. Vol. 2020. DOI: 10.1155/2020/534592

6. Garg S. and Jindal B. «Skin Lesion Segmentation in Dermoscopy Imagery». *International Arab Journal of Information Technology*. Vol. 19. № 1. P. 29–37. Jan. 2022. DOI: 10.34028/iajit/19/1/4.
7. Wang H. et al. «Watershed segmentation of dermoscopy images using a watershed technique». *Skin Research and Technology*. 2010. Vol. 16. № 3. P. 378–384. DOI: 10.1111/j.1600-0846.2010.00445.x.
8. Moussaoui H., N. El Akkad, and Benslimane M. «A hybrid skin lesions segmentation approach based on image processing methods». *Statistics, Optimization and Information Computing*. Vol. 11. № 1. P. 95–105. DOI: 10.19139/soic-2310-5070-1549.
9. Shahabi F., Poorahangaryan F., Edalatpanah S. A., and Beheshti H. «A Multilevel Image Thresholding Approach Based on Crow Search Algorithm and Otsu Method». *Int J Comput Intell Appl*. 2020. Vol. 19. № 2. DOI: 10.1142/S1469026820500157.
10. Pitoy P. A. and Suputra I. P. G. H. «Dermoscopy Image Segmentation in Melanoma Skin Cancer using Otsu Thresholding Method». *JELIKU (Jurnal Elektronik Ilmu Komputer Udayana)*. Vol. 9. № 3. P. 397. DOI: 10.24843/jlk.2021.v09.i03.p11.
11. Lumini A., L. Nanni A., Codogno A., and Berno F. «Learning morphological operators for skin detection». *Journal of Artificial Intelligence and Systems*. 2019. Vol. 1. № 1. DOI: 10.33969/ais.2019.11004.
12. Rew J., Kim H., and Hwang E. «Hybrid segmentation scheme for skin features extraction using dermoscopy images». *Computers, Materials and Continua*. 2021. Vol. 69. № 1. DOI: 10.32604/cmc.2021.017892.
13. Prabha Devi D. and Iniya Shree S. «Recognition and investigation of skin cancer using morphological operations». *International Journal of Recent Technology and Engineering*. 2019. Vol. 7. № 4.
14. Wang H. et al. «Modified watershed technique and post-processing for segmentation of skin lesions in dermoscopy images». *Computerized Medical Imaging and Graphics*. 2011. Vol. 35. № 2. DOI: 10.1016/j.compmedimag.2010.09.006.
15. Das A. and Ghoshal D. «Human Skin Region Segmentation Based on Chrominance Component Using Modified Watershed Algorithm». *Procedia Computer Science*. 2016. DOI: 10.1016/j.procs.2016.06.072.
16. Shalu and Kamboj A. «A Color-Based Approach for Melanoma Skin Cancer Detection». *ICSCCC 2018 – 1st International Conference on Secure Cyber Computing and Communications*. 2018. DOI: 10.1109/ICSCCC.2018.8703309.
17. Ashour A. S., Nagieb R. M., El-Khobby H. A., Abd Elnaby M. M., and Dey N. «Genetic algorithm-based initial contour optimization for skin lesion border detection» *Multimed Tools Appl*. Vol. 80. № 2. 2021. DOI: 10.1007/s11042-020-09792-8.

References:

1. Haleem, A., Javaid, M., Singh, R. P., & Suman, R. (2021). Telemedicine for healthcare: Capabilities, features, barriers, and applications. *Sensors International*, Vol. 2. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.sintl.2021.100117>
2. Zhang, C. (2022). Smartphones and telemedicine for older people in China: Opportunities and challenges. *Digital Health*, Vol. 8. Retrieved from <https://doi.org/10.1177/20552076221133695>
3. Allaert, F. A., Legrand, L., Abdoul Carime, N., & Quantin, C. (2020). Will applications on smartphones allow a generalization of telemedicine? *BMC Medical Informatics and Decision Making*, Vol. 20(1). Retrieved from <https://doi.org/10.1186/s12911-020-1036-0>
4. Joseph, S., & Olugbara, O. O. (2022). Preprocessing Effects on Performance of Skin Lesion Saliency Segmentation. *Diagnostics*, 12(2). Retrieved from <https://doi.org/10.3390/diagnostics12020344>
5. Masoud Abdulhamid, I. A., Sahiner, A., & Rahebi, J. (2020). New Auxiliary Function with Properties in Nonsmooth Global Optimization for Melanoma Skin Cancer Segmentation. *BioMed Research International*. Retrieved from <https://doi.org/10.1155/2020/5345923>
6. Garg, S., & Jindal, B. (2022). Skin Lesion Segmentation in Dermoscopy Imagery. *International Arab Journal of Information Technology*, 19(1), 29–37. Retrieved from <https://doi.org/10.34028/iajit/19/1/4>
7. Wang, H., Moss, R. H., Chen, X., Stanley, R. J., Stoecker, W. V., Celebi, M. E., Malters, J. M., Grichnik, J. M., Marghoob, A. A., Rabinovitz, H. S., Menzies, S. W., & Szalapski, T. M. (2011). Modified watershed technique and post-processing for segmentation of skin lesions in dermoscopy images. *Computerized Medical Imaging and Graphics*, 35(2). Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.compmedimag.2010.09.006>
8. Moussaoui, H., El Akkad, N., & Benslimane, M. (2023). A hybrid skin lesions segmentation approach based on image processing methods. *Statistics, Optimization and Information Computing*, 11(1), 95–105. Retrieved from <https://doi.org/10.19139/soic-2310-5070-1549>
9. Shahabi, F., Poorahangaryan, F., Edalatpanah, S. A., & Beheshti, H. (2020). A Multilevel Image Thresholding Approach Based on Crow Search Algorithm and Otsu Method. *International Journal of Computational Intelligence and Applications*, 19(2). Retrieved from <https://doi.org/10.1142/S1469026820500157>
10. Pitoy, P. A., & Suputra, I. P. G. H. (2021). Dermoscopy Image Segmentation in Melanoma Skin Cancer using Otsu Thresholding Method. *JELIKU (Jurnal Elektronik Ilmu Komputer Udayana)*, 9(3), 397. Retrieved from <https://doi.org/10.24843/jlk.2021.v09.i03.p11>
11. Lumini, A., Nanni, L., Codogno, A., & Berno, F. (2019). Learning morphological operators for skin detection. *Journal of Artificial Intelligence and Systems*, 1(1). Retrieved from <https://doi.org/10.33969/ais.2019.11004>
12. Rew, J., Kim, H., & Hwang, E. (2021). Hybrid segmentation scheme for skin features extraction using dermoscopy images. *Computers, Materials and Continua*, 69(1). Retrieved from <https://doi.org/10.32604/cmc.2021.017892>
13. Prabha Devi, D., & Iniya Shree, S. (2019). Recognition and investigation of skin cancer using morphological operations. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 7(4).
14. Wang, H., Moss, R. H., Chen, X., Stanley, R. J., Stoecker, W. V., Celebi, M. E., Malters, J. M., Grichnik, J. M., Marghoob, A. A., Rabinovitz, H. S., Menzies, S. W., & Szalapski, T. M. (2011). Modified watershed technique and post-processing for

segmentation of skin lesions in dermoscopy images. *Computerized Medical Imaging and Graphics*, 35(2). Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.compmedimag.2010.09.006>

15. Das, A., & Ghoshal, D. (2016). Human Skin Region Segmentation Based on Chrominance Component Using Modified Watershed Algorithm. *Procedia Computer Science*, 89. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.06.072>

16. Shalu, & Kamboj, A. (2018). A Color-Based Approach for Melanoma Skin Cancer Detection. *ICSCCC 2018 – 1st International Conference on Secure Cyber Computing and Communications*. Retrieved from <https://doi.org/10.1109/ICSCCC.2018.8703309>

17. Ashour, A. S., Nagieb, R. M., El-Khobby, H. A., Abd Elnaby, M. M., & Dey, N. (2021). Genetic algorithm-based initial contour optimization for skin lesion border detection. *Multimedia Tools and Applications*, 80(2). <https://doi.org/10.1007/s11042-020-09792-8>