УДК 004.89
DOI https://doi.org/10.32782/IT/2022-3-2

Едуард КІНШАКОВ
аспірант кафедри інформаційних технологій, Сумський державний університет, вул. Римського-Корсакова, 2, м. Суми, Україна, 40007, edikkinshakov@gmail.com
***ORCID:** 0000-0001-7116-7244*

Юлія ПАРФЕНЕНКО
Кандидат технічних наук,доцент, доцент кафедри інформаційних технологій, Сумський державний університет, вул. Римського-Корсакова, 2, м. Суми, Україна, 40007, yuliya_p@cs.sumdu.edu.ua
***ORCID:** 0000-0003-4377-5132*
***Scopus Author ID:** 54420952900*

Бібліографічний опис статті: Кіншаков, Е., Парфененко, Ю. (2022). Застосування методів машинного навчання для вирішення проблеми діагностики шкірних захворювань. *Information Technology: Computer Science, Software Engineering and Cyber Security*, 3, 11–18, doi: https://doi.org/10.32782/IT/2022-3-2

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ДІАГНОСТУВАННЯ ШКІРНИХ ЗАХВОРЮВАНЬ

Стаття присвячена дослідженню застосування технології машинного навчання для діагностування шкірних захворювань. Об'єктом дослідження є процес розпізнавання та класифікації шкірних захворювань за їх фотознімками. Актуальність дослідження зумовлена тим, що на сьогодні методи штучного інтелекту широко застосовуються в медичній сфері і дозволяють діагностувати хвороби у тих випадках, коли очне відвідування лікаря за певних причин ускладнене, зокрема, в телемедицині.

Метою роботи є розроблення моделі нейронної мережі для діагностування шкірних захворювань для її подальшого впровадження в інформаційну систему, котра в незалежності від зовнішніх факторів зможе розпізнати та класифікувати захворювання при наданій користувачем фото захворювання.

В роботі представлено застосування методу обробки зображень, а саме алгоритм кластеризації Kmeans для підвищення якості вхідних зображень. Для класифікації шкірних захворювань використано згорткову нейронну мережу CNN. Використано вхідний набір зображень DermNet, який заздалегідь був розподілений на навчальну та тестову вибірку. Обробка даних, а саме виділення локалізації захворювання на зображенні, виконувалася за допомогою математичних обчислень, а саме бібліотеки Sklearn. Після обробки дані надходять до згорткової нейроної мережі, котра була побудована з використанням фреймворку Tensorflow.

За результатами навчання нейронної мережі, де всі обчислення були виконані не на графічному процесорі, точність розпізнавання усієї тестової вибірки склала більше 0.7, а для окремих зображень досягла 0.9. Даний результат було отримано за умови, що дані перед навчанням помістили в алгоритм кластеризації, тобто була виконана їх первинна обробка. Таким чином, у результаті проведеного дослідження можна зробити висновок, що метод Kmeans є придатним для вирішення задач попередньої обробки знімків в дерматології, а також не виникає конфлікту в процесі навчання моделі на базі фреймворку TensorFlow при стандартних параметрах мережі.

Подальша робота полягає у підвищенні точності класифікації розробленої нейронної мережі шляхом оптимізації параметрів на різних архітектурах нейронних мереж, а також використання ансамблевих методів для дослідження покращення точності класифікації та швидкості нейронної мережі.

***Ключові слова:** машинне навчання, діагностування, нейронна мережа, кластеризація, дані, навчання, обробка, зображення.*

Eduard KINSHAKOV
PhD student at Information Technology Department, Sumy State University, Rymskogo-Korsakova st., 2, Sumy, Ukraine, 40007, edikkinshakov@gmail.com
***ORCID:** 0000-0001-7116-7244*

Yuliia PARFENENKO
PhD, Associate Professor, Associate Professor at Information Technology Department, Sumy State University, Rymskogo-Korsakova st., 2, Sumy, Ukraine, 40007, yuliya_p@cs.sumdu.edu.ua
***ORCID:** 0000-0003-4377-5132*
***Scopus Author ID:** 54420952900*

To cite this article: Kinshakov, E., Parfenenko, Yu. (2022). Zastosuvannia metodiv mashynnoho navchannia neironnykh merezh dlia vyrishennia problemy diahnostuvannia shkirnykh zakhvoriuvan [Application of machine learning methods of neural networks to solve the problem of skin diseases diagnosing]. *Information Technology: Computer Science, Software Engineering and Cyber Security*, 3, 11–18, doi: https://doi.org/10.32782/IT/2022-3-2

APPLICATION OF MACHINE LEARNING METHODS OF NEURAL NETWORKS TO SOLVE THE PROBLEM OF SKIN DISEASES DIAGNOSING

The article is devoted to the study of the application of machine learning technology for skin disease diagnosis. The object of the study is the process of recognizing and classifying skin diseases based on their photographs. The relevance of the research is due to the fact that today the methods of artificial intelligence are widely used in medicine and allow diagnosing diseases in those cases when an in-person visit to the doctor is difficult for certain reasons, in particular, in telemedicine.

The purpose of the work is to develop the neural network model for diagnosing skin diseases and its further implementation in an information system, which will be able to recognize and classify diseases by the provided photo of the skin area.

The paper presents the application of the image processing method, namely the Kmeans clustering algorithm for improving the quality of images in the input dataset. The convolutional neural network CNN to classify skin diseases was used. An input dataset the DermNet dataset with images was used, which was previously divided into a training and a test sample. Data processing, namely the selection of the localization of the disease on the image, was performed using mathematical calculations, namely the Sklearn library. After processing, the data is sent to a pre-trained convolutional neural network, which was built using the TensorFlow framework.

According to the results of neural network training, where all calculations were not performed on a graphics processor, the recognition accuracy of the entire test sample was more than 0.7, and for certain images, it reached 0.9. This result was obtained under the condition that the data should be put into the clustering algorithm before training, or in other words, the initial processing should be carried out. Thus, as a result of the conducted research, it can be concluded that the K-means method is suitable for solving problems of image preprocessing in dermatology, and there is no conflict in the process of training a model based on the TensorFlow framework with standard network parameters.

The further research direction is to improve the classification accuracy of the developed neural network by optimizing the parameters on different neural network architectures, as well as using ensemble methods to investigate the improvement and speed of the neural network.

***Key words:** machine learning, diagnosis, neural network, clustering, data, training, processing, image.*

Актуальність проблеми. На даний час існує велика кількість шкірних захворювань, котрі мають негативні наслідки на організм та майбутнє здоров'я людини. Значна кількість населених пунктів України має віддалені пункти швидкої допомоги або різного роду амбулаторії, котрі можуть здійснювати хоча б мінімальну медичну допомогу, але прийом спеціалістів вузького спрямування, зокрема, дерматологів, в них не ведеться. Це зумовлює те, що завдання віддаленої діагностики захворювань є актуальним (Hajesmaeel-Gohari & Bahaadinbeigy, 2021). Кількість користувачів смартфонів та мережі Інтернет щоденно збільшується. У багатьох країнах світу напрямок телемедицини, яка дозволяє віддалено консультуватись з лікарем та надавати екстрено швидку допомогу або планувати подальше лікування, стає все більш популярним (Volosovets et al., 2021). В Україні телемедицина лише розвивається і є доволі дороговартісною, що зумовлено в тому числі відсутністю відповідного інформаційного забезпечення підтримки прийняття рішень. Це зумовлює необхідність розроблення інформаційної системи, котра допоможе людям швидко реагувати на різні шкірні прояви, таким чином заздалегідь визначати ступінь тяжкості шкірних захворювань і не доводити їх до критичного стану (Nittari et al., 2020). Першочерговим

є розроблення методу діагностування шкірних захворювань з подальшим його використанням в інформаційній системі, котра буде класифікувати та розпізнавати захворювання через смартфон, а саме в месенджері Телеграм. Оскільки на даний час методи машинного навчання широко використовуються в медицині, в роботі необхідно дослідити ефективність методів машинного навчання, зокрема на основі нейронних мереж, для класифікації шкірних захворювань.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженню питання застосування машинного навчання при діагностуванні шкірних захворювань присвячено багато робіт закордонних та вітчизняних вчених. Більшість авторів використовують згорткові нейроні мережі CNN, адже саме даний метод дозволяє виконати задачу розпізнавання або класифікації з високою точністю. Необхідно підкреслити, що автори відштовхуються від проблематики своїх країн і від тих хвороб, котрі присутні в їх регіонах. З огляду на це вони досягають різних результатів досліджень, адже предметно навчають нейронні мережі на зображеннях різної якості та типів захворювань, що ускладнює їх порівняння та вибір кращого методу.

У роботі (Son et al., 2021) автори використали невеликий обсяг даних для навчання, а також фотографії невисокої якості та продемонстрували, що сучасні моделі CNN можуть перевершувати моделі, створені попередниками, завдяки належній попередній обробці даних, самоконтрольованому навчанню. В якості попередньої обробки зображень було використано сегментацію, що дозволило отримати знання про локалізацію захворювання, оскільки це дозволяє моделі CNN зосередитися на області, ураженій захворюванням. Дослідники (AlkolifiAlenezi, 2019) зосередили свою увагу на діагностуванні шкірних захворювань в Саудівській Аравії, де через спекотну погоду шкірні захворювання є поширеними. У цьому дослідженні діагностування проводилося за допомогою попередньо навченої конвуляційної нейронної мережі AlexNet та SVM.

Встановлено, що за допомогою функцій ансамблювання та глибокого навчання можна досягти більш високого рівня точності розпізнавання, а також можна передбачити набагато більше захворювань, ніж за допомогою будь-яких інших моделей. За допомогою алгоритму глибокого навчання можна передбачити до 20 захворювань з більш високим рівнем точності (Patnaik et al., 2018). Це підтверджує, що алгоритми глибокого навчання мають значний потенціал у діагностиці шкірних захворювань.

Автори (Muhaba et al., 2022) запропонували автоматичну діагностику п'яти поширених шкірних захворювань з використанням смартфона на основі методики глибокого навчання з використанням клінічного зображення та клінічно інформації пацієнта. Результати показують, що розроблена система забезпечує діагностику п'яти шкірних захворювань. Розроблена діагностична система потенційно може бути використана як система підтримки прийняття рішень дерматологами, лікарями загальної практики, терапевтами у сільській місцевості та пацієнтами при діагностиці шкірних захворювань. Але дана система має лише п'ять класів та зображення на котрих навчається нейронна мережа мають дуже високу якість, що автоматично спрощує процес навчання У роботі (Bandyopadhyayetal., 2022) описані методи машинного навчання для виявлення захворювань шкіри. Було використано три різні алгоритми машинного навчання та мережі глибокого навчання для порівняння. У роботі (Rajasekaranetal., 2020) класифікація зображень здійснюється за допомогою модуля tensoflow та алгоритму SVM.

Не зважаючи на широке дослідження питання застосування методів машинного навчання для діагностування шкірних захворювань, в результаті аналізу попередніх досліджень встановлено, що у більшості робіт вирішена задача класифікації для обмеженої кількості захворювань, тому універсальної моделі не представлено. До того ж, на точність діагностування суттєвий вплив здійснює якість зображення. Отже, методи попередньої обробки зображень шкірних захворювань та їх класифікації із застосуванням машинного навчання нейронних мереж потребують подальшого дослідження.

Мета дослідження – розроблення нейронної мережі для діагностування шкірних захворювань за їх фотознімками та вибір методу попередньої обробки зображення, яких дозволятиме локалізувати ділянку хвороби на фотознімку.

Виклад основного матеріалу дослідження. Вхідні дані для навчання нейронної були зібрані з дерматологічного ресурсу DermNet (Dermnetnz.,2021), що містить велику кількість зображень з різними шкірними захворюваннями в форматі jpg. Маємо 22 класи (хвороби) з різною кількістю зображень у кожному з них. Зображення мають як інфекційні так і неінфекційні типи захворювання, що збільшує радіус охоплення пацієнтів.

Перед тим, як фотографія буде потрапляти на вхід нейронної мережі, необхідно зробити первину обробку, що є важливим етапом перед

навчанням мережі, а також підбирати оптимальні коефіцієнти для нейронної мережі.

Сегментація зображення є важливим кроком в обробці зображення, і, доволі розповсюджена, якщо потрібно проаналізувати, що знаходиться всередині зображення (Barakbah & Kiyoki, 2009, Wang et al., 2021). Сегментація зображення зазвичай виконує функцію попередньої обробки перед розпізнаванням образів, виділенням ознак і стисненням зображення.

У даній роботі для сегментації зображень шкірних хвороб використано алгоритм кластеризації K-Means, що є неконтрольованим алгоритмом і використовується для сегментації

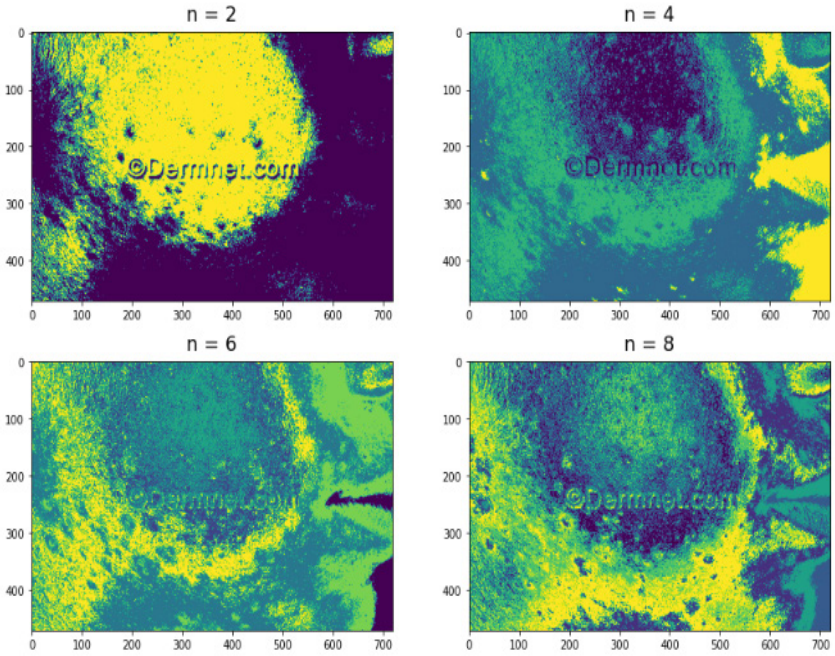

Рис. 1. Результат кластеризації алгоритму KMeans для ділянки шкіри

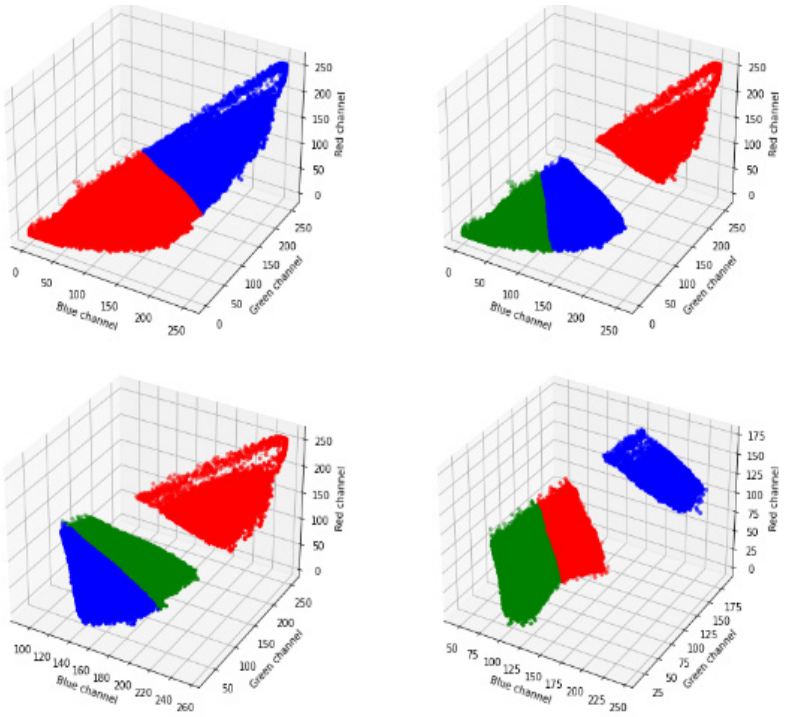

Рис. 2. Інтенсивність каналу для кожного кластеру

Рис. 3. Результати навчання нейронної мережі

області інтересу з фону. Він кластеризує або розбиває дані на K-кластери або частини на основі K-центроїдів (Chen et al., 2019). Метою кластеризації K-Means є мінімізація суми квадратів відстаней між усіма точками та центром кластера (Alnagdawi et al., 2019), що виконується за допомогою функції:

$$J = \sum_{j=1}^{k}\sum_{j=1}^{n} x_i^{(j)} - c_j^{\,2}, \qquad (1)$$

де J – загальна функція;
k – кількість кластерів;
n – кількість випадків;
$x_i^{(j)} - c_j$ – функція дистанції;
$x_i^{(j)}$ – випадок I;
c_j – центроїд для кластеру *j*.

Враховуючи піксельні координати зображення та особливості кольору, можна підібрати модель на основі пікселів та повернути кольори та їхні пропорції (Guo et al., 2021).

Результат кластеризації, що чітко підкреслює області захворювання ділянки шкіри, показано на рис.1.

При побудові графіку, котрий зображено на рис. 2 помітно, що інтенсивність зменшується в кольоровому просторі зі збільшенням кількості кластерів.

У даному досліджені за допомогою кластеризації було визначено локалізацію хвороби, як це було зображено на рис. 2. Тобто до нейронної мережі потрапляє оброблене зображення з визначеною локалізацією хвороби, що не потребує зайвих обчислень. Більше того, якщо не використовувати даний підхід, то нейрона мережа буде витрачати час на зайве навчання, що може вплинути на результат якості класифікації.

Після того, як виконано попередню обробку зображення, дані передаються на вхід нейронної мережі. За результатами аналізу попередніх досліджень методів та підходів навчання нейронних мереж було обрано використовувати згорткові нейронні мережі CNN (Chauhan et al., 2018).

Вхідний шар враховує двовимірну топологію зображень і складається з декількох карт (матриць). Карта може бути одна у випадку, якщо зображення представлене у відтінках сірого, інакше їх три, де кожна карта відповідає зображенню з червоним, синім та зеленим каналом (Yadavetal., 2021). Вхідні дані кожного конкретного значення пікселя нормалізуються в діапазон від 0 до 1 за формулою:

$$f(p, min, max) = \frac{p - min}{max - min} \qquad (2)$$

де f – функція нормалізації;
p – значення конкретного кольору пікселя від 0 до 255;
min – мінімальне значення пікселя;
max – максимальне значення пікселя 255.

Згортковий шар є набором карт, у кожної карти є синаптичне ядро. Кількість карт визначається вимогами до завдання, якщо взяти велику кількість карт, то підвищиться якість розпізнавання, але збільшиться обчислювальна складність (Kurniawan et al., 2022). Виходячи з аналізу наукових статей, у більшості випадків пропонується брати співвідношення один до двох, тобто кожна карта попереднього шару

пов'язана з двома картами згорткового шару. Розміри у всіх карт згорткового шару однакові та обчислюються за формулою:

$$(w,h) = (mW - kW + 1, mH - kH + 1), \qquad (4.3)$$

де (w,h) – обрахований розмір загорткової карти;

mW – ширина попередньої карти;

mH – висота попередньої карти;

kW – ширина ядра;

kH – висота ядра.

Модель навчається на основі згорткових нейронних мереж з використанням фреймворку TensorFlow. Було проведено обчислювальні експерименти з використанням різних методів оптимізації та підбору параметрів для нейронної мережі. Основний результат точності класифікації зображень, якого вдалося досягти, склав 0,7. На рис. 3 показано результат навчання нейронної мережі при використанні метрики Accuracy. Ці результати одержано при обчисленні на CPU, так як інфраструктура не дозволяє робити обчислення на графічному процесорі. У подальшому будуть проведені експерименти для навчання нейронної мережі на відеокартах, що дозволить навчити модель на повну потужність та масштабувати її для діагностування широкого класу шкірних захворювань.

Висновки і перспективи подальших досліджень. В роботі проведено дослідження методів обробки зображення та побудови моделі згорткових нейронних мереж на наборі даних DermNet для діагностування в дерматології. Завдяки алгоритму кластеризації Kmeans було проведено попередню обробку зображень та виявлено локалізації захворювання, що дозволило підвищити точність діагностування. Алгоритм зміг оптимізувати обчислення мережі та надати більш інформативні дані для навчання. Нейронна мережа була навчена з використанням фреймворку TensorFlow зі стандартними параметрами на центральному процесорі. До застосування кластеризації якість моделі досягала 0.5, тоді як після застосування алгоритму обробки зображень було досягнуто якості 0.7. Основним завданням на майбутнє дослідження є підвищення якості моделі та її тестування у реальних умовах.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Alkolifi Alenezi N. S. A Method of Skin Disease Detection Using Image Processing and Machine Learning. *Procedia Computer Science*. 2019. Vol. 163. URL: https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.12.090 (date of access: 27.02.2023).

2. Improve image registration jeffrey's divergence method for insufficient overlap area using kmeans++ in remote sensed images / Alnagdawi M. A. et al. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*. 2019. Vol. 97 (5). P. 1571-1580.

3. Machine Learning and Deep Learning Integration for Skin Diseases Prediction / Bandyopadhyay, S. K. et al. *International Journal of Engineering Trends and Technology*. 2022. Vol. 70. No. 3. P. 13-21 URL: https://doi.org/10.14445/22315381/IJETT-V70I2P202 (date of access: 27.02.2023).

4. Barakbah A. R., & Kiyoki Y. A new approach for image segmentation using Pillar-Kmeans algorithm. *World Academy of Science, Engineering and Technology*. 2009. Vol. 59.

5. Chauhan R., Ghanshala K. K., & Joshi R. C. Convolutional Neural Network (CNN) for Image Detection and Recognition. *Proceedings of the ICSCCC 2018 - 1st International Conference on Secure Cyber Computing and Communications*. 2018. URL: https://doi.org/10.1109/ICSCCC.2018.8703316 (date of access: 27.02.2023).

6. Research on the influence of kmeans cluster preprocessing on adversarial images / Chen G. et al. *ACM International Conference Proceeding Series*. 2019. P. 248-252. URL:https://doi.org/10.1145/3377170.3377220 (date of access: 27.02.2023).

7. Corn Leaf Image Segmentation Based on Improved Kmeans Algorithm / Guo, C. F. et al. *Journal of North University of China (Natural Science Edition)*. 2021. Vol. 42 (6). URL:https://doi.org/10.3969/j.issn.1673-3193.2021.06.007 (date of access: 27.02.2023).

8. Hajesmaeel-Gohari S., & Bahaadinbeigy K. The most used questionnaires for evaluating telemedicine services. *BMC Medical Informatics and Decision Making*. 2021. Vol. 21 (1). URL: https://doi.org/10.1186/s12911-021-01407-y (date of access: 27.02.2023).

9. Classification of Rastrelliger kanagurta and Rastrelliger brachysoma using Convulational Neural Network (CNN) / Kurniawa K. et al. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2022. Vol. 969 (1). URL:https://doi.org/10.1088/1755-1315/969/1/012017 (date of access: 27.02.2023).

10. Automatic skin disease diagnosis using deep learning from clinical image and patient information / Muhaba K. A. et al. *Skin Health and Disease*. 2022. Vol. 2(1). URL:https://doi.org/10.1002/ski2.81 (date of access: 27.02.2023).

11. Telemedicine Practice: Review of the Current Ethical and Legal Challenges / Nittari G. et al. *Telemedicine and e-Health.* 2020. Vol. 26 (12). No. 1427-1437. URL:https://doi.org/10.1089/tmj.2019.0158 (date of access: 27.02.2023).

12. CNN-based person detection using infrared images for night-time intrusion warning systems. Park J. et al. *Sensors (Switzerland).* 2020. Vol. 20(1). URL:https://doi.org/10.3390/s20010034 (date of access: 27.02.2023).

13. Automated skin disease identification using deep learning algorithm / Patnaik S. K. et al. *Biomedical and Pharmacology Journal*. 2018. Vol. 11(3). URL: https://doi.org/10.13005/bpj/1507 (date of access: 27.02.2023)

14. Rajasekaran G., Aiswarya, N., & Keerthana, R. Skin Disease Identification Using Image Processing and Machine Learning Techniques. *International Research Journal of Engineering and Technology*. 2020. Vol. 7. Issue 3. P. 1368-1371.

15. AI-based localization and classification of skin disease with erythema /Son H. M. et al. *Scientific Reports*. 2021. Vol. 11(1). URL:https://doi.org/10.1038/s41598-021-84593-z (date of access: 27.02.2023).

16. Talpur, S., & Khoso, N. Advanced Ambulatory Operating Stretcher Learned by Means of Convulational Neural Network (CNN). *Journal of Biomedical Engineering and Medical Imaging*. 2018. Vol. 5 (3). URL:https://doi.org/10.14738/jbemi.53.4660 (date of access: 27.02.2023).

17. Allergic and non-allergic skin diseases in children of Ukraine: a retrospective study of the prevalence and incidence over the past 24 years /Volosovets O. P. et al. *Medicni Perspektivi*, 2021. Vol. 26 (3). URL:https://doi.org/10.26641/2307-0404.2021.3.242265 (date of access: 27.02.2023).

18. Gradient Color Leaf Image Segmentation Algorithm Based on Meanshift and Kmeans /Wang Q. et al. *Proceedings of the IEEE Advanced Information Technology, Electronic and Automation Control Conference (IAEAC)*. 2021. URL: https://doi.org/10.1109/IAEAC50856.2021.9391029 (date of access: 27.02.2023).

19. Application of deep convulational neural network in medical image classification / Yadav S. et at. *Proceedings of the 2021 International Conference on Emerging Smart Computing and Informatics*. 2021. https://doi.org/10.1109/ESCI50559.2021.9396854 (date of access: 27.02.2023).

REFERENCES:

1. Alkolifi Alenezi, N. S. (2019). A Method of Skin Disease Detection Using Image Processing and Machine Learning. Procedia Computer Science, 163. https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.12.090.

2. Alnagdawi, M. A., Shamsuddin, S. M. H. J., Hashim, S. Z. M., & Aburumman, A. (2019). Improve image registration jeffrey's divergence method for insufficient overlap area using kmeans++ in remote sensed images. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, *97*(5).

3. Bandyopadhyay, S. K., Bose, P., Bhaumik, A., & Poddar, S. (2022). Machine Learning and Deep Learning Integration for Skin Diseases Prediction. *International Journal of Engineering Trends and Technology*, *70*(2). https://doi.org/10.14445/22315381/IJETT-V70I2P202

4. Barakbah, A. R., & Kiyoki, Y. (2009). A new approach for image segmentation using Pillar-Kmeans algorithm. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, *59*.

5. Chauhan, R., Ghanshala, K. K., & Joshi, R. C. (2018). Convolutional Neural Network (CNN) for Image Detection and Recognition. *ICSCCC 2018 - 1st International Conference on Secure Cyber Computing and Communications*. https://doi.org/10.1109/ICSCCC.2018.8703316.

6. Chen, G., Wang, G., Ju, J., & Wei, X. (2019). Research on the influence of kmeans cluster preprocessing on adversarial images. *ACM International Conference Proceeding Series*. https://doi.org/10.1145/3377170.3377220.

7. Guo, C. F., Wang, X. M., Shi, C. Y., & Jin, H. (2021). Corn Leaf Image Segmentation Based on Improved Kmeans Algorithm. *Zhongbei Daxue Xuebao (Ziran Kexue Ban)/Journal of North University of China (Natural Science Edition)*, *42*(6). https://doi.org/10.3969/j.issn.1673-3193.2021.06.007.

8. Hajesmaeel-Gohari, S., & Bahaadinbeigy, K. (2021). The most used questionnaires for evaluating telemedicine services. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, *21*(1). https://doi.org/10.1186/s12911-021-01407-y.

9. Kurniawan, K., Sedayu, B. B., Hakim, A. R., & Erawan, I. M. S. (2022). Classification of Rastrelliger kanagurta and Rastrelliger brachysoma using Convulational Neural Network (CNN). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *969*(1). https://doi.org/10.1088/1755-1315/969/1/012017.

10. Muhaba, K. A., Dese, K., Aga, T. M., Zewdu, F. T., & Simegn, G. L. (2022). Automatic skin disease diagnosis using deep learning from clinical image and patient information. *Skin Health and Disease*, *2*(1). https://doi.org/10.1002/ski2.81.

11. Nittari, G., Khuman, R., Baldoni, S., Pallotta, G., Battineni, G., Sirignano, A., Amenta, F., & Ricci, G. (2020). Telemedicine Practice: Review of the Current Ethical and Legal Challenges. В *Telemedicine and e-Health* (Т. 26, Выпуск 12). https://doi.org/10.1089/tmj.2019.0158.

12. Park, J., Chen, J., Cho, Y. K., Kang, D. Y., & Son, B. J. (2020). CNN-based person detection using infrared images for night-time intrusion warning systems. *Sensors (Switzerland)*, *20*(1). https://doi.org/10.3390/s20010034.

13. Patnaik, S. K., Sidhu, M. S., Gehlot, Y., Sharma, B., & Muthu, P. (2018). Automated skin disease identification using deep learning algorithm. *Biomedical and Pharmacology Journal*, *11*(3). https://doi.org/10.13005/bpj/1507.

14. Rajasekaran, G., Aiswarya, N., & Keerthana, R. (2020). Skin Disease Identification Using Image Processing and Machine Learning Techniques. *International Research Journal of Engineering and Technology*.

15. Son, H. M., Jeon, W., Kim, J., Heo, C. Y., Yoon, H. J., Park, J. U., & Chung, T. M. (2021). AI-based localization and classification of skin disease with erythema. *Scientific Reports*, *11*(1). https://doi.org/10.1038/s41598-021-84593-z .

16. Talpur, S., & Khoso, N. (2018). Advanced Ambulatory Operating Stretcher Learned by Means of Convulational Neural Network (CNN). *Journal of Biomedical Engineering and Medical Imaging*, *5*(3). https://doi.org/10.14738/jbemi.53.4660.

17. Volosovets, O. P., Bolbot, Y. K., Beketova, G. v., Berezenko, V. S., Umanets, T. R., Rechkina, O. O., Mitiuriaeva-Korniyko, I. O., Volosovets, T., & Pochinok, T. v. (2021). Allergic and non-allergic skin diseases in children of Ukraine: a retrospective study of the prevalence and incidence over the past 24 years. *Medicni Perspektivi*, *26*(3). https://doi.org/10.26641/2307-0404.2021.3.242265.

18. Wang, Q., Du, W., Ma, C., & Gu, Z. (2021). Gradient Color Leaf Image Segmentation Algorithm Based on Meanshift and Kmeans. *IEEE Advanced Information Technology, Electronic and Automation Control Conference (IAEAC)*. https://doi.org/10.1109/IAEAC50856.2021.9391029.

19. Yadav, S., Rathod, R., Pawar, S. R., Pawar, V. S., & More, S. (2021). Application of deep convulational neural network in medical image classification. *2021 International Conference on Emerging Smart Computing and Informatics, ESCI 2021*. https://doi.org/10.1109/ESCI50559.2021.9396854.