

Artificial intelligence in solving dermatological problems

Zastosowanie sztucznej inteligencji w dermatologii

Viktor Shpudeiko¹, Kirill Sokolov², Hanna Sidaruk³

¹Oncological Health Center, Pinsk, Belarus

²Skinive Holding BV, Netherlands

³Central District Hospital, Beloozersk, Belarus

Dermatol Rev/Przeł Dermatol 2022, 109, 361–367

DOI: <https://doi.org/10.5114/dr.2022.125685>

ABSTRACT

**CORRESPONDING AUTHOR/
ADRES DO KORESPONDENCJI:**
Viktor Shpudeiko
Skinive Holding BV
1031, Overhoeksplein 3
Amsterdam, The Netherlands
E-mail: v.shpudeiko@gmail.com

Skin diseases remains a significant medical problem. It is associated with increasing prevalence, morbidity, and relapses, as well as development of complications, which has a negative impact on the patient's quality of life. The approach to the diagnosis and treatment of dermatological diseases has changed significantly with the development of information technology. Algorithms of artificial intelligence are developed to assist dermatologists with the diagnosis of diseases. They may facilitate early diagnosis and reduce the number of appointments, reduce the waiting time for specialist consultations and the correct distribution of patient referrals to doctors of other specialties. This article focuses on this developing field of knowledge.

Key words: skin, recognition, dermatology, assistant, neural network.

STRESZCZENIE

Choroby skóry pozostają istotnym problemem medycznym. Wiąże się to ze wzrostem zapadalności i chorobowości oraz większą częstością nawrotów i rozwojem powikłań, które mają negatywny wpływ na jakość życia. Zakres możliwości diagnostycznych i terapeutycznych w dermatologii uległ zmianie wraz z rozwojem technologii informatycznych. Algorytmy sztucznej inteligencji mają na celu wspieranie dermatologów w procedurach diagnostycznych. Mogą ułatwić wczesną diagnostykę, a także zmniejszyć liczbę wizyt, skrócić czas oczekiwania na konsultacje specjalistyczne oraz zmienić dystrybucję skierowań pacjentów do lekarzy innych specjalności. Niniejszy artykuł skupia się na tej rozwijającej się dziedzinie wiedzy.

Słowa kluczowe: skóra, rozpoznawanie, dermatologia, asystent, sieć neuronowa.

INTRODUCTION

The problem of skin diseases remains one of the most significant, which is associated with the prevalence of pathology, increase in morbidity, frequent relapses, absence of stable remission, increase in the number of patients with severe forms of diseases and frequent development of complications, which has a negative impact on the patient's quality of life [1–3].

The approach to the diagnosis and treatment of dermatological diseases has changed significantly with the development of information technology. Computer algorithms of artificial intelligence are used as assistant dermatologists for the diagnosis of diseases [4]. Such algorithms are able to learn automatically based on the information (input data) and experience provided to them [5].

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN DERMATOLOGY

The first scientific publications describing the use of computer vision for non-invasive technology of diagnostics of skin tumors began to appear in late 2000s, as evidenced in the publication of Maglogiannis and Doukas [6].

In 2017, the Stanford University published the results of a study where artificial intelligence has comparable competence to certified dermatologists in detecting and classifying skin cancer. This was a landmark article on the use of computer neural networks in dermatology [4].

Fujisawa *et al.* in 2019 showed that the accuracy of classification of malignant and benign neoplasms by certified dermatologists is higher than that of trainee dermatologists (85.3% and 74.4%, respectively), and the accuracy of artificial intelligence reached an even higher accuracy of 92.4% [7].

In 2020, Liu *et al.* published the results of training a neural network to diagnose 26 of the most common skin conditions, comparing the recognition accuracy of artificial intelligence, certified dermatologists, primary care physicians, and nurse practitioners. The artificial intelligence algorithm made the correct diagnosis in 66% of cases, dermatologists – 63%, primary care physicians – 44%, and nurse practitioners – 40%. When conducting differential diagnosis, including the three most likely diagnoses, the accuracy of artificial intelligence reached 90%, far surpassing dermatologists (75%) [8].

In recent years, many countries of the world, realizing the prospects for the use of artificial intelligence, have adopted strategic plans for the development of this area. The United States published the National Strategic Plan for Research and Development in the field of AI, the UK – “The development of the arti-

WPROWADZENIE

Choroby skóry niezmiennie stanowią główną grupę schorzeń ze względu na wysoką częstość występowania, wzrost zachorowalności, częste nawroty, brak trwałej remisji, a także rosnącą liczbę pacjentów z ciężkim przebiegiem i powikłaniami. Wszystkie te czynniki niekorzystnie wpływają na jakość życia pacjenta [1–3].

Podejście do diagnostyki i leczenia chorób dermatologicznych znacznie się zmieniło wraz z rozwojem technologii informatycznych. Jednym z narzędzi wspomagających dermatologów w diagnostyce chorób są dziś algorytmy sztucznej inteligencji [4]. Algorytmy sztucznej inteligencji uczą się automatycznie na podstawie dostarczanych im informacji (danych wejściowych) i gromadzonego doświadczenia [5].

ZASTOSOWANIA SZTUCZNEJ INTELIGENCJI W DERMATOLOGII

Pierwsze publikacje naukowe opisujące wykorzystywanie wizji komputerowej w nieinwazyjnej diagnostyce nowotworów skóry zaczęły pojawiać się już pod koniec lat 2000. Jedną z nich jest praca Maglogiannis i Doukas [6].

W 2017 roku badacze z Uniwersytetu Stanforda opublikowali wyniki badania, w którym wykazano, że sztuczna inteligencja ma kompetencje porównywalne ze specjalistami dermatologami pod względami wykrywania i klasyfikacji nowotworów skóry. Była to przełomowa praca naukowa analizująca zastosowanie komputerowych sieci neuronowych w dziedzinie dermatologii [4].

W 2019 roku Fujisawa i wsp. wykazali, że choć specjaliści dermatolodzy różnicowali złośliwe i łagodne choroby nowotworowe skóry trafniej niż lekarze w trakcie specjalizacji z dermatologii (odpowiednio 85,3% i 74,4%), dokładność algorytmów sztucznej inteligencji była jeszcze wyższa (92,4%) [7].

W 2020 roku Liu i wsp. opublikowali wyniki szkolenia sieci neuronowej w zakresie rozpoznawania 26 najczęstszych chorób skóry. Porównano prawidłowość diagnoz stawianych przez sztuczną inteligencję, specjalistów dermatologów, lekarzy podstawowej opieki zdrowotnej oraz pielęgniarek. Algorytm sztucznej inteligencji postawił prawidłowe rozpoznanie w 66%, dermatolodzy w 63%, lekarze podstawowej opieki zdrowotnej w 44%, a pielęgniarki w 40% analizowanych przypadków. W diagnostyce różnicowej obejmującej trzy najbardziej prawdopodobne rozpoznania trafność sztucznej inteligencji osiągnęła poziom 90%, znacznie przewyższając poziom osiągnięty przez dermatologów (75%) [8].

Znając potencjalne korzyści technologii sztucznej inteligencji, w ostatnich latach wiele krajów świata

ficial intelligence industry in the UK”, the EU published “The Age of AI: Towards a European Strategy for Human-Centered Machines” [9].

CRITICISM OF OF SOLUTIONS BASED ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN DERMATOLOGY

There are also difficulties in using artificial intelligence -based solutions in clinical practice. These problems cannot be ignored, moreover, looking back at them, it is necessary to improve the existing ones and continue to develop new solutions [10].

There is a shortage of images of skin diseases for proper neural network training, with little information sharing between sources;

Skin image quality is uneven and not standardized.

Medical and artificial intelligence researchers come from different backgrounds, so the interdisciplinary approach in computer, biomedical and medical sciences leaves much to be desired.

Dermatological artificial intelligence can recognize only a limited number of specific skin diseases, while their total number exceeds 3000 nosological units. Teaching artificial intelligence to identify and classify a long and extensive list of dermatological diseases with different clinical manifestations is still a difficult task.

Artificial intelligence diagnostics is also associated with legal issues, ethical issues, and data privacy issues.

Diagnosis of skin diseases takes into account the patient’s history, gender, age and other information, which indicates the need for integration into computer algorithms, in addition to photographs, additional clinical data.

The sensitivity of mobile applications based on artificial intelligence and designed to diagnose skin pathology varies from 7% to 73%, the specificity reaches 37-94%, which is generally insufficient and needs to be significantly improved [11].

USING NEURAL NETWORKS TO SOLVE DERMATOLOGICAL PROBLEMS

An example of the development and dynamic improvement of artificial intelligence in the diagnosis of skin diseases is the Skinive neural network, which was developed in 2018. Currently, this neural network is used in applications designed for both medical professionals (Skinive MD App) and for home use (Skinive App).

Initially, the main task of the neural network was to recognize skin neoplasms and identify oncological risks.

opracowało strategiczne plany rozwoju tej dziedziny. Stany Zjednoczone przyjęły “National Strategic Plan for Research and Development in the field of AI”, w Wielkiej Brytanii opracowano strategię “The development of the artificial intelligence industry in the UK”, a w UE opublikowano notę strategiczną “The Age of AI: Towards a European Strategy for Human-Centered Machines” [9].

WADY ROZWIĄZAŃ BAZUJĄCYCH NA SZTUCZNEJ INTELIGENCJI W DERMATOLOGII

Wykorzystywanie rozwiązań na bazie sztucznej inteligencji wiąże się w praktyce klinicznej z pewnymi wyzwaniami. Nie należy ich ignorować, a raczej analizować, dążąc do doskonalenia już dostępnych rozwiązań oraz opracowywania nowych [10].

Brakuje obrazów chorób skóry umożliwiających prawidłowe szkolenie sieci neuronowych, a wymiana informacji pomiędzy źródłami takich danych jest niewystarczająca.

Jakość dostępnych obrazów skóry jest niejednorodna i nieujednolicona.

Badacze z dziedziny medycyny i sztucznej inteligencji wywodzą się z różnych środowisk, dlatego niezbędne jest stworzenie uporządkowanego podejścia interdyscyplinarnego obejmującego nauki komputerowe, biomedyczne i medyczne.

Narzędzia sztucznej inteligencji rozpoznają jedynie ograniczoną liczbę schorzeń skóry, natomiast w dermatologii zidentyfikowano ponad 3000 różnych jednostek chorobowych. Nauczenie sztucznej inteligencji rozpoznawania oraz klasyfikacji długiej i obszernej listy chorób dermatologicznych o zróżnicowanych objawach klinicznych nadal stanowi duże wyzwanie.

Diagnostyka przy zastosowaniu sztucznej inteligencji pociąga również za sobą istotne kwestie prawne i etyczne oraz związane z prywatnością danych.

W diagnostyce chorób skóry uwzględnia się wywiad chorobowy pacjentów, ich płeć i wiek oraz wiele innych informacji. Wskazuje to na potrzebę wprowadzania do algorytmów komputerowych nie tylko dokumentacji fotograficznej, lecz także uzupełniających danych klinicznych.

Czułość aplikacji mobilnych bazujących na sztucznej inteligencji przeznaczonych do diagnostyki zmian skórnych waha się od 7% do 73%, a swoistość mieści się w przedziale 37-94%. Parametry te nie są wystarczające i wymagają znacznej poprawy [11].

WYKORZYSTYWANIE SIECI NEURONOWYCH W DERMATOLOGII

Przykładem rozwoju i dynamicznego doskonalenia technologii sztucznej inteligencji w diagnostyce chorób

The first results were studied in 2019, when the training dataset of the neural network consisted of 64,000 photos. The sensitivity was 74.7% with a specificity of 88.7% [12].

Starting from 2020, the second vector of the work of the neural network was directed towards dermatological skin diseases as the most difficult pathology for recognition by the neural network. Unlike skin neoplasms, where external manifestations are quite unique and localized in one place, dermatological pathology often occupies a large area of damage, and clinical manifestations (appearance of the disease) do not always differ significantly in different nosologies.

However, in 2021, three large groups of dermatological diseases appeared in the Skinive neural network recognition arsenal: herpes and fungal infections of the skin, papulosquamous disorders (psoriasis, seborrheic dermatitis, types of lichen) improved recognition of acne and HPV skin infections.

Including new diseases, the Skinive neural network training database (version 2.0) reached 115,000 photos in 2021. Thanks to the constant work to improve the algorithm, the accuracy analysis exceeded 90% [13].

The high results obtained combined with the availability of a mobile application adapted for medical professionals and a range of recognizable pathologies, made it possible to introduce Skinive into clinical practice.

The use of Skinive in medicine has made it possible to obtain high-quality feedback from end users [14], which has become one of the key sources for further product improvement.

The results of the analysis of the Skinive neural network version 3.0 (trained in 2022 on a total of more than 160,000 images) show a significant increase in sensitivity (correct identification of skin pathology when medical attention is required) of the neural network and specificity (correct identification of situations when medical attention is not required) compared to 2021 [15].

Particular attention was paid to the error rate ("Miss Rate"). Thus, in 2021 this figure was 7.0%, in 2022 - 1.8% (-5.2%, in absolute terms, the error rate decreased from 328 to 86 cases), which confirms the decrease in the number of missed skin pathologies. That is, there is a reduction in the number of erroneous conclusions ("false hopes").

The performance and efficiency of the neural network is also confirmed by the total number of online tests conducted (more than 650,000 as of October 2022). At the same time, almost 43,000 cases of acne, 2,000 fungal skin lesions and more than 11,000 cases of high oncological risk were diagnosed.

dermatologicznych jest opracowana w 2018 roku sieć neuronowa Skinive. Obecnie jest ona wykorzystywana w aplikacjach przeznaczonych zarówno dla przedstawicieli zawodów medycznych (Skinive MD App), jak i użytkowników prywatnych (Skinive App).

Początkowo głównym zadaniem Skinive było rozpoznawanie nowotworów skóry i ocena ryzyka onkologicznego.

Pierwsze wyniki poddano analizie w 2019 roku, gdy zbiór uczący sieci neuronowej obejmował łącznie 64 000 zdjęć. Czulość wyniosła 74,7% przy swoistości równej 88,7% [12].

W 2020 roku drugi wektor pracy sieci neuronowej został skierowany na nienowotworowe choroby skóry jako najtrudniejsze do rozpoznania przez sieć neuronową. W przeciwieństwie do nowotworów skóry, które mają dość charakterystyczny obraz kliniczny i rozwijają się w określonej lokalizacji, pozostałe dermatozy często zajmują dużą powierzchnię skóry, a objawy kliniczne towarzyszące poszczególnym jednostkom chorobowym mogą być podobne.

W 2021 roku możliwości diagnostyczne sieci neuronowej Skinive rozbudowano o kolejne duże grupy chorób dermatologicznych: wirusowe i grzybicze zakażenia skóry oraz schorzenia wywołujące zmiany grudkowo-złuszczone (łuszczyca, łojotokowe zapalenie skóry, liszaj płaski i inne rodzaje). Udoskonalono także skuteczność rozpoznawania trądziku i zakażeń skóry wywoływanych przez wirus HPV.

Uwzględniając nowe choroby, baza danych szkoleniowych sieci neuronowej Skinive (wersja 2.0) zawiera już 115 000 zdjęć (stan na 2021 rok). Dzięki stale prowadzonym pracom nad doskonaleniem algorytmu dokładność analiz przekroczyła 90% [13].

Obiecujące wyniki w połączeniu z dostępnością aplikacji mobilnej rozpoznającej szereg chorób skóry, opracowanej dla przedstawicieli zawodów medycznych, umożliwiły wdrożenie technologii Skinive do praktyki klinicznej.

Wprowadzenie Skinive do medycyny pozwoliło na uzyskanie wysokiej jakości informacji zwrotnych od użytkowników końcowych [14], które wykorzystano jako jeden z filarów w procesie dalszego doskonalenia produktu.

Wyniki analizy sieci neuronowej Skinive w wersji 3.0 (w 2022 roku zawierającej zbiór ponad 160 000 obrazów) wskazują na znaczący wzrost czulości (poprawnej identyfikacji chorób skóry, w których wymagana jest pomoc lekarska) i swoistości sieci neuronowej (poprawna identyfikacja sytuacji, w których pomoc lekarska nie jest konieczna) w porównaniu z 2021 rokiem [15].

Szczególną uwagę zwrócono na wskaźnik błędów ("miss rate"). W 2021 roku wynosił on 7,0%, a w 2022 już tylko 1,8% (-5,2% w wartościach bezwzględnych, wskaźnik błędów zmniejszył się z 328 do 86 przypad-

NEURAL NETWORKS PERSPECTIVES IN DERMATOLOGY

The use of artificial intelligence in the diagnosis of skin diseases opens up broad prospects for solving dermatological problems.

The International Foundation for Dermatology estimates that 3 billion people in rural areas do not have adequate access to dermatological care. In India, for example, there is only one dermatologist per 400,000 people, with most of them living in urban areas. The availability of dermatologists is similar in many other countries, including European ones.

Waiting times for a scheduled dermatologist consultation are sometimes more than 3 months, and as the global population ages, the need for access to dermatologists will only increase.

In addition, the rising incidence of skin cancer, high prevalence of complex inflammatory and chronic skin diseases, and the growing need for cosmetic procedures are also contributing to the increased demand for dermatologists.

Expanding the capabilities of primary care physicians through artificial intelligence algorithms not only improves the effectiveness of treatment, but also reduces the burden on dermatologists, as well as reducing the queue and reducing the waiting time for a specialist consultation.

An undoubted positive consequence of correct early diagnosis by primary care physicians is the accuracy of the subsequent referral of patients to doctors of narrow specialties: dermatologists, oncologists, allergologists and rheumatologists. Or exclusion of referral of the patient for further medical care in the absence of such a need.

The development of remote consulting has become especially relevant during the COVID-19 pandemic. Dermatology experienced one of the highest cumulative visit reductions of 22% from baseline. Given the potential for future pandemics, providing high-quality medical care remotely will remain an important task for healthcare organizations.

CONCLUSIONS

Mobile phones with the installed applications can be used with great confidence by primary care physicians for skin pathology screening without the use of special diagnostic devices and external optics. This makes it possible to achieve early diagnosis of skin diseases, reduce the number of unreasonable appointments, reduce the waiting time for specialist consultations by eliminating unjustified visits and the correct distribution of patient referrals to doctors of other specialties.

ków). Potwierdza to redukcję liczby niewykrytych chorób skóry. To oznacza, że zmniejsza się liczba błędnych wniosków ("false hopes").

Wydajność i skuteczność sieci neuronowej potwierdza również łączna liczba przeprowadzonych testów online (ponad 650 000 według stanu na październik 2022 roku). Jednocześnie rozpoznano prawie 43 000 przypadków trądziku, 2000 przypadków zakażeń grzybiczych skóry i ponad 11 000 przypadków zmian o wysokim ryzyku onkologicznym.

PERSPEKTYWY ROZWOJU ZASTOSOWAŃ SIECI NEURONOWYCH W DERMATOLOGII

Zastosowanie sztucznej inteligencji w diagnostyce chorób skóry otwiera drogę do szerokich możliwości rozwiązywania problemów dermatologicznych.

International Foundation for Dermatology (IFD) szacuje, że aż 3 miliardy ludzi żyjących na obszarach wiejskich nie ma odpowiedniego dostępu do opieki dermatologicznej. W Indiach jeden dermatolog przypada na 400 000 osób, a większość z nich prowadzi praktykę w miastach. W wielu innych krajach – także europejskich – dostępność specjalistów w dziedzinie dermatologii jest równie niska.

Czas oczekiwania na konsultację dermatologiczną niejednokrotnie przekracza 3 miesiące, a wraz ze starzeniem się światowej populacji potrzeba zapewnienia pacjentom dostępu do dermatologów będzie tylko rosła.

Do tej tendencji przyczynia się także wzrost zachorowalności na nowotwory skóry, wysoka częstość występowania złożonych zapalnych i przewlekłych chorób dermatologicznych oraz coraz większe zapotrzebowanie na zabiegi kosmetyczne.

Rozszerzenie możliwości diagnostycznych lekarzy pierwszego kontaktu poprzez stosowanie algorytmów sztucznej inteligencji nie tylko podnosi skuteczność leczenia, lecz także odciąża dermatologów i skraca czas oczekiwania pacjentów na konsultację specjalistyczną.

Niewątpliwą korzyścią z wczesnego prawidłowego rozpoznawania schorzeń przez lekarzy podstawowej opieki zdrowotnej jest trafność kierowania pacjentów do lekarzy wąskich specjalności (dermatologów, onkologów, alergologów i reumatologów) oraz eliminowanie skierowań do specjalistów w przypadkach, w których nie jest to konieczne.

Rozwój zdalnej opieki medycznej nabrał szczególnie istotnego znaczenia podczas niedawnej pandemii COVID-19. W dziedzinie dermatologii odnotowano wówczas jeden z najwyższych skumulowanych wskaźników redukcji liczby wizyt lekarskich – aż 22% w stosunku do wartości wyjściowej. Z uwagi na ryzyko przyszłych pandemii zapewnienie wysokiej

CONFLICT OF INTEREST

The authors are associated with Skinive Holding BV, Netherlands.

jakości zdalnej opieki medycznej jest istotnym zadaniem dla organizacji opieki zdrowotnej.

Wykorzystywanie potencjału sieci neuronowej do samodzielnej oceny zmian skórnych może przynosić korzyści w postaci eliminowania obaw pacjentów lub skłaniania ich do wizyty lekarskiej.

WNIOSKI

Telefony komórkowe z zainstalowanymi aplikacjami mogą być wykorzystywane przez lekarzy podstawowej opieki zdrowotnej w badaniach przesiewowych zmian skórnych. Zapewniają duży stopień wiarygodności, a przy tym nie wymagają użycia dodatkowych urządzeń diagnostycznych. Ułatwiają wczesne rozpoznawanie chorób skóry, a także pozwalają na zmniejszenie liczby niepotrzebnych wizyt lekarskich oraz skrócenie czasu oczekiwania na konsultacje specjalistyczne poprzez wyeliminowanie nieuzasadnionych wizyt i prawidłowe wydawanie skierowań do lekarzy innych specjalności.

KONFLIKT INTERSÓW

Autorzy są związani zawodowo z firmą Skinive Holding BV, Holandia.

References

Piśmiennictwo

1. Karimkhani C., Dellavalle R.P., Coffeng L.E., Flohr C., Hay R.J., Langan S.M., et al.: Global skin disease morbidity and mortality: an update from the Global Burden of Disease Study 2013. *JAMA Dermatol* 2017, 153, 406-412.
2. Hay R.J., Johns N.E., Williams H.C., Bolliger I.W., Dellavalle R.P., Margolis D.J., et al.: The global burden of skin disease in 2010: an analysis of the prevalence and impact of skin conditions. *J Invest Dermatol* 2014, 134, 1527-1534.
3. Schofield J.K., Fleming D., Grindlay D., Williams H.: Skin conditions are the commonest new reason people present to general practitioners in England and Wales. *Br J Dermatol* 2011, 165, 1044-1050.
4. Esteva A., Kuprel B., Novoa R.A., Ko J., Swetter S.M., Blau H.M., et al.: Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks. *Nature* 2017, 542, 115-118.
5. Alpaydin E.: Introduction to Machine Learning. MIT Press, Cambridge, MA 2014.
6. Maglogiannis I., Doukas C.N.: Overview of Advanced Computer Vision Systems for Skin Lesions Characterization. *IEEE Transactions Information technology Biomed* 2009, 13, 721-733.
7. Fujisawa Y., Otomo Y., Ogata Y., Nakamura Y., Fujita R., Ishitsuka Y., et al.: Deep-learning-based, computer-aided classifier developed with a small dataset of clinical images surpasses board-certified dermatologists in skin tumour diagnosis. *Br J Dermatol* 2019, 180, 373-381.
8. Liu Y., Jain A., Eng C., Way D.H., Lee K., Bui P., et al.: A deep learning system for differential diagnosis of skin diseases. *Nat Med* 2020, 26, 900-908.
9. Li C.X., Shen C.B., Xue K., Shen X., Jing Y., Wang Z.Y., et al.: Artificial intelligence in dermatology: past, present, and future. *Chin Med J* 2019, 132, 2017-2020.
10. De A., Sarda A., Gupta S., Das S.: Use of artificial intelligence in dermatology. *Indian J Dermatol* 2020, 65, 352-357.
11. Chuchu N., Takwoingi Y., Dinnes J., Matin R.N., Bassett O., Moreau J.F., et al.: Smartphone applications for triaging adults with skin lesions that are suspicious for melanoma. *Cochrane Database Syst Rev* 2018, 2018, CD013192.
12. Atstarov K., Lian A., Shpudeiko V., Ahushevich A., Lichko I.: Analysis of Skinive algorithm's accuracy for risk assessment of skin conditions, based on machine learning algorithms. 2020. <https://skinive.com/accuracy-report/> Accessed on November 16, 2022.

13. Sokolov K., Shpudeiko V.: Dynamics of the neural network accuracy in the context of modernization of the algorithms of skin pathology recognition. *Indian J Dermatol* 2022, 67, 312.
14. Sokolov K.: What do doctors think of the Skinive MD app? Survey of the first users. 2021. <https://skinive.com/skinivemd-reviews/> Accessed on November 16, 2022.
15. Sokolov K., Shpudeiko V.: Skinive Accuracy Report 2022. <https://skinive.com/skinive-accuracy2022/> Accessed on November 16, 2022.

Received: 17.11.2022

Accepted: 18.12.2022

Otrzymano: 17.11.2022 r.

Zaakceptowano: 18.12.2022 r.

How to cite this article

Shpudeiko V., Sokolov K., Sidaruk H.: Artificial intelligence in solving dermatological problems. *Dermatol Rev/Przegl Dermatol* 2022, 109, 361-367. DOI: <https://doi.org/10.5114/dr.2022.125685>.