

ODOS VĖŽIO DIAGNOSTIKA IR DIRBTINIS INTELEKTAS

Eglė Janušonytė^{1,2}

¹*Vilniaus universiteto Medicinos fakultetas,*

²*Klaipėdos universitetinė ligoninė*

Raktažodžiai: odos vėžys, melanoma, dirbtinis intelektas, konvoliuciniai neuroniniai tinklai.

Santrauka

Dirbtinis intelektas – plačiai diskutuojama tema su sparčiai tobulėjančiomis technologijomis, ateityje neabejotinai užimsianti svarbią vietą klinikinių būklių diagnostikoje bei sveikatos priežiūroje. Viena aktualiausių dirbtinio intelekto kryptių – konvoliucinių neuroninių tinklų algoritmai, interpretuojantys vaizdinius duomenis, todėl labiausiai šioje srityje pažengusios tos specialybės, kurių praktikoje taikoma klinikinio vaizdo analizė. Odos piktybiniai navikai yra baltaodžių populiacijoje labiausiai paplitęs vėžys, kurį anksti diagnozavus galima sėkmingai gydyti, didėja pacientų išgyvenimo tikimybė. Šioje literatūros apžvalgoje aprašomas dirbtinio intelekto taikymas dermatologijoje, pastaraisiais metais diagnozuojant piktybinius odos navikus, ypač melanomą, bei šių algoritmų pažanga, jų tikslumo palyginimas su gydytojų dermatologų rezultatais. Aprašomas pacientų požiūris bei jų įžvelgiama rizika, gydytojų dermatologų požiūris ir jų žinios apie šias technologijas. Nepaisant sparčios pažangos, dirbtinio intelekto taikymas kelia daug iššūkių dėl netobulų mokymosi duomenų rinkinių, etinių klausimų bei sunkumų, identifikuojant dirbtinio intelekto algoritmo sprendimo priėmimo seką. Nors dabartiniai algoritmai kone prilygsta dermatologų lygio rezultatams ir yra patvirtinti naudojimui Europos rinkoje, tačiau jie nepakeičia gydytojo, o yra pagalbinė odos vėžio diagnostikos priemonė. Trūksta duomenų apie tokių algoritmų taikymą ir jų įtaką sprendimų priėmimui realioje klinikinėje praktikoje, reikia daugiau tyrimų apie pacientų bei gydytojų perspektyvas bei požiūrį.

Įvadas

Dirbtinis intelektas – pastaruoju metu plačiai diskutuojama tema, susijusi su sparčiai tobulėjančiomis technologijomis, neabejotinai ateityje turėsianti didžiulę įtaką klinicinei praktikai bei sveikatos priežiūrai. Ypač daug dėmesio medi-

cinoje susilaukia dirbtinio intelekto mašinių mokymosi algoritmai, interpretuojantys vaizdinius duomenis. Dėl šio elemento taikymo šiuo metu itin pažengusios medicinos sritys yra radiologija, patologija, oftalmologija bei dermatologija, kurių praktikoje kasdien analizuojami įvairūs klinikiniai vaizdai [1,2]. Šioje literatūros apžvalgoje aptariami pastarųjų metų dirbtinio intelekto taikymo odos vėžio diagnostikai tyrimai bei jų pažanga, pacientų ir gydytojų požiūris bei kasdienės klinikinės praktikos keliami iššūkiai.

Tyrimo tikslas – atlikti 2016-2021 metais publikuotų tyrimų apie dirbtinio intelekto taikymą odos vėžio diagnostikai apžvalgą, aprašyti ir apibendrinti šių tyrimų pažangą, pacientų ir dermatologų požiūrį bei dirbtinio intelekto taikymo iššūkius dermatologijoje.

Tyrimo medžiaga ir metodai

Straipsnių paieška atlikta PubMed duomenų bazėje. Dėl sparčiai tobulėjančių dirbtinio intelekto technologijų į apžvalgą įtraukti ne vėliau nei prieš 5 metus anglų kalba paskelbti darbai. Paieškai naudotos reikšminių žodžių kombinacijos *artificial intelligence*, *skin cancer*, *melanoma*, *dermatology*. Analizei atrinkti straipsniai, kurių pavadinimas arba raktažodžiai atitiko šios literatūros apžvalgos tikslą. Iš viso analizei atrinktos ir išanalizuotos 27 publikacijos, naudotas naujausias melanomos odos vėžio pasaulinės statistikos pranešimas bei laisvos prieigos metodinė medžiaga apie konvoliucinius neuroninius tinklus.

Tyrimo rezultatai

Dirbtinis intelektas. Šiuo metu nėra vienos visuotinai priimtąs dirbtinio intelekto sąvokos, tačiau jį galima apibrėžti kaip kompiuterių mokslo šaką, kuri specializuojasi sprendimų priėmime arba klasifikacijoje. Mašinių mokymasis, kaip dirbtinio intelekto šaka, yra dažnai naudojamas vaizdų atpažinimui, iš pradžių algoritmui mokantis iš didelės duomenų bazės [3]. Po mokymosi proceso algoritmas gali būti taikomas analizuoti naujai įkeltus duomenis [3], pvz., klinikoje vaizdus, taip pritaikant šiuos metodus klinikinėje praktikoje.

Odos vėžys. Melanoma bei nemelanominis vėžys, kuriam priskiriama bazinių ląstelių karcinoma bei plokščialąstelinė karcinoma, labiausiai paplitęs baltaodžių populiacijoje [4]. Naujaisiais duomenimis, 2018 metais pasaulyje buvo diagnozuoti 287723 melanomos ir 1042056 nemelanominio odos vėžio atvejai, 60712 žmonių mirė nuo melanomos, 65155 – nuo nemelanominio odos vėžio. Lyginant šiuos skaičius su 2008 metų duomenimis, melanomos paplitimas padidėjo 44 proc., o mirčių skaičius išaugo 32 procentais [5]. Anksti diagnozavus melanomą, ji gali būti sėkmingai gydoma pasitelkiant tik chirurgines intervencijas, o pavėluota diagnozė ženkliai mažina paciento išgyvenimo tikimybę – 1 mėnesiu vėliau diagnozavus pirmos stadijos melanomą, mirties tikimybė didėja 5 procentais [5,6]. Dėl to dirbtinio intelekto taikymas kaip pagalbinė priemonė gydytojo kabinete teoriškai sėkmingai sumažintų nenustatytų diagnozių skaičių, anksti pradėdant tikslingą gydymą. Pastaraisiais metais didžiausias dėmesys dirbtinio intelekto algoritmuose buvo skiriamas melanomai, tačiau naujesni algoritmai geba klasifikuoti ir kitus odos navikus.

Odos vėžio diagnostika ir dirbtinis intelektas. Dirbtinio intelekto taikymas dermatologijoje šiuo metu daugiausiai remiasi odos vėžio, ypač melanomos, diagnostikos algoritmų taikymu, neinvaziniu būdu analizuojant odos darinių vaizdus. Dažniausiai taikoma dirbtinio intelekto technologija dermatologijoje – mašinių mokymosi konvoliuciniai neuroniniai tinklai. Konvoliuciniai neuroniniai tinklai geba nustatyti pateikto vaizdo požymius, pvz., šviesesni ar tamsesni taškai, kraštų orientacija [7], todėl yra itin tinkami klinikinės vaizdinės informacijos apdorojimui bei interpretavimui.

Nuo 2017 metų skelbiama nemažai tyrimų, vertinančių konvoliucinių neuroninių tinklų algoritmų tikslumą atpažįstant odos navikus, ypač melanomą. A. Esteva ir kt. tyrimas buvo pirmasis darbas, aptariantis konvoliucinių neuroninių tinklų algoritmą, išmokytą klasifikuoti odos vaizdus. Algoritmo suformavimui naudota 129450 klinikinių vaizdų duomenų bazė. Siekiant patikrinti, ar šis modelis veikia, algoritmas turėjo teisingai paskirti odos darinį (galutinė diagnozė buvo patvirtinta iš anksto atlikus biopsiją) vienai iš kategorijų šiose grupėse: keratinocitinė karcinoma arba gerybinė seborėjinė keratozė; piktybinė melanoma arba gerybinis apgamas. Gauti rezultatai buvo lyginami su 21 gydytojo dermatovenerologo odos darinio vaizdo vertinimu. Apibendrinus rezultatus, didžiąja dalimi atvejų algoritmo diagnozė buvo tikslesnė, nei gydytojų dermatologų [8]. Svarbu pabrėžti, jog šiame tyrime algoritmas rinkosi teisingą variantą tik dvinarėje sistemoje.

Kitas, 2019 metais atliktas tyrimas, pirmą kartą vertino konvoliucinių neuronų tinklų, treniruotų tik su dermatoskopiniais vaizdais (mokymuisi naudoti 12378 vaizdai), dia-

gnostiką, lyginant su 145 dermatologų diagnostikos duomenimis Vokietijoje. Tyrimo metu buvo lyginamas jautrumas bei specifiškumas identifikuojant melanomas iš klinikinių nuotraukų. Šio tyrimo metu konvoliucinių neuronų tinklas pirmą sykį pademonstravo dermatologų klasifikacijos lygmenį prieš tai „nesimokęs“ iš klinikinių nuotraukų [9]. V. Dick ir kt. 2019 metais atlikta metaanalizė, tyrusi kompiuterio asistuojamos melanomos diagnostikos tikslumą, lyginant su gydytojais, išnagrinėjo 70 publikacijų ir nustatė, jog kompiuterio asistuojamos melanomos diagnozės tikslumas yra panašus į gydytojų (panašus jautrumo įvertis bei 10 % mažesnis statistiškai nereikšmingas specifiškumas) [10]. Tyrimas, lyginęs konvoliucinius neuroninius tinklus su tradiciniais skaitmeniniais vaizdų analizės metodais vertinant 1981 paciento odos darinių nuotraukas, patvirtino, jog konvoliuciniais neuroniniais tinklais paremti algoritmai gauna tikslesnius rezultatus [11].

2020 metais atliktas tyrimas, vertinantis gydytojų dermatologų diagnostikos jautrumą bei specifiškumą, lyginant su konvoliucinių neuroninių tinklų algoritmu, patvirtintu naudojimui Europos rinkoje. Tyrimas vertino gydytojų tolimesnius sprendimus bei atsižvelgė į jų patirties lygį (pradedantysis gydytojas – mažiau nei 2 metų patirtis, patyręs gydytojas – 2-5 metų patirtis, ekspertas – daugiau nei 5 metų patirtis). Į tyrimą buvo įtraukta daugiau odos piktybinių bei gerybinių navikų tipų. Dermatologai turėjo pateikti tolimesnį sprendimą (gydyti, nieko nedaryti arba stebėti) bei diagnozę (piktybinis/priešvėžinis arba gerybinis darinys). Ankstesni tyrimai šioje srityje susilaukė kritikos dėl algoritmo testavimo per daug dirbtinėmis aplinkybėmis, mažai aktualiomis realioje praktikoje, kadangi klinikinis sprendimas niekada nėra grindžiamas vien matomu vaizdu: renkama paciento ligos istorija, atsižvelgiant į jo amžių, lytį bei rizikos veiksnius, pacientai nuosekliai apklausiami. Dėl to šio tyrimo metu buvo lygintos dermatologų diagnozės matant vien pateiktą klinikinį vaizdą bei pateikiant papildomą informaciją apie ligos istoriją. Buvo pastebėta, jog net ir testuojant mažiau dirbtinėmis aplinkybėmis, neuroninio tinklo bei gydytojų diagnostikos jautrumas ir tikslumas buvo panašūs. Pateikiant papildomos informacijos, diagnozės buvo tikslesnės, o dermatologų rezultatai priklausė nuo jo patirties lygmens [12]. Šis tyrimas itin svarbus tuo, jog algoritmas nebenaudojo dvinarės sistemos (pvz., pateikiami pasirinkimo variantai: melanoma arba apgamas), o įtraukė gerokai daugiau odos būklių, tokių kaip angiokeratoma, dermatofibroma, *lentigo solaris* ir kt. [12]. Nedvinarinių sistemų algoritmus ir jų sėkmingą taikymą aprašė P. Tschandl ir kt., R. Maron ir kt. (naudojant dermatoskopinius vaizdus) [13,14], S. Han ir kt. (naudojant klinikinius vaizdus) [15] ir kiti tyrėjai. Tokių algoritmų taikymas yra daug naudingesnis, lyginant su dvi-

narę sistemą naudojančiu dirbtiniu intelektu, kadangi daugiau odos darinių gali būti identifikuojami kaip gerybiniai arba piktybiniai.

A. MacLellan ir kt. 2020 metų tyrime taip pat nagrinėjo diagnostikos tikslumą, lyginant gydytojo dermatologo klinikinį ištyrimą šalia paciento su teledermatologijos (gydytojo diagnostika, analizuojant nuotoliniu būdu padarytą vaizdą) taikymu bei neinvaziniais vaizdiniais tyrimais, tarpusavyje vertinant 3 technologijas. Tyrime dalyvavo 184 pacientai, nustatytos 59 histopatologinės melanomos diagnozės bei 150 gerybinių odos darinių. Juos analizuojant, didžiausias jautrumas ir specifiskumas buvo pasiektas naudojant neinvazinių vaizdinių tyrimų technologijas, rekomenduojant jomis papildyti diagnostikos galimybes, o ne pakeisti gydytoją [16]. Tyrime, kuris vertino 300 vaizdų klasifikavimą į piktybinius arba gerybinius darinius, buvo nustatyta, jog patys geriausi rezultatai pasiekiami diagnozuojant ne gydytojui ar algoritmui, o derinant jų siūlomas diagnozes [17].

Kita pažangi dirbtinio intelekto melanomos diagnostikos kryptis – histopatologija. Ekscizinė biopsija yra melanomos diagnostikos aukso standartas [18], tačiau histologinių preparatų analizėje patologų nuomonės dažnai išsiskiria. Literatūroje aprašomi 25–26 proc. nesutapimai tarp skirtingų patologų preparatų analizės rezultatų (darinius priskiriant piktybinėms melanomos arba gerybiniais apgamams). A. Hekler ir kt. tyrime histopatologas suklasifikavo 695 darinius (tarp jų 350 apgamai ir 354 melanomos). Hematoksilinu ir eozinu dažyti biopsijų preparatai buvo skaitmenizuoti ir apkarpyti, 596 vaizdai buvo naudoti konvoliucinio neuroninio tinklo „apmokymui“. Neuroninio tinklo nesutapimai su patologo interpretacija buvo panašūs kaip ir tarp patologų (apie 18 %). Sprendžiant iš šio tyrimo rezultatų, konvoliuciniai neuroniniai tinklai turi didelį potencialą, analizuojant melanomos histologinius preparatus [19].

Pacientų požiūris į dirbtinio intelekto taikymą dermatologijoje. Rengiantis taikyti naujoves klinikinėje praktikoje, svarbu įvertinti pacientų požiūrį ir išsiaiškinti, ar jos jiems priimtinos. Šiuo metu yra tik keletas tyrimų, nagrinėjančių pacientų požiūrį bei dirbtinio intelekto vertinimą odos vėžio diagnostikoje, trūksta informacijos apie pacientų įžvelgiamą papildomą vertę. Literatūroje pateikiamos apklausos paprastai aprašo teigiamas pacientų reakcijas [20,21]. C. Nelson ir kt. atlikto tyrimo duomenimis, pacientai kaip didžiausius dirbtinio intelekto privalumus dažniausiai nurodydavo trumpesnę laiką iki diagnozės ir geresnę sveikatos priežiūros paslaugų prieinamumą. Padidėjęs nerimas buvo dažniausias pasirinkimas kalbant apie keliamą riziką, tačiau dirbtinį intelektą odos vėžio diagnostikai pacientai rekomenduotų šeimos nariams [20]. T. Jutzi ir kt. atliktame tyrime didžioji dalis dalyvių nurodė, jog jie palaiko dirbtinio

intelekto naudojimą melanomos diagnostikai, manydami, jog taip diagnozė būtų nustatyta greičiau, o dirbtinis intelektas galėtų padėti gydytojams, tačiau jaudinosi dėl nepakankamos duomenų apsaugos, nuasmeninimo bei imlumo klaidoms. Pastebėta, jog pacientai, jau anksčiau sirgę melanoma, dirbtinį intelektą vertino palankiau [21]. Toliau plėtojant ir taikant šias technologijas, būtina atsižvelgti į pacientų išreikštas dvejones bei aktyviai dirbti, sprendžiant minėtas problemas (pvz., duomenų apsaugos), be to, svarbu atlikti daugiau pacientų požiūrio bei dirbtinio intelekto vertinimo tyrimų.

Gydytojų dermatologų požiūris į dirbtinį intelektą. Neseniai atliktas tarptautinis tyrimas, vertinantis gydytojų dermatologų žinias apie dirbtinį intelektą ir jų požiūrį į šių technologijų integravimą. Tyrime dalyvavo 1271 dermatologai, atskleidę, jog 85,1 proc. tiriamųjų žinojo, jog dirbtinis intelektas yra vis aktualesnė tema dermatologijoje, 23,8 proc. teigė turintys gero arba puikaus lygio žinių apie dirbtinį intelektą dermatologijoje. 77,3 proc. respondentų pritarė, jog dirbtinis intelektas patobulins dermatologiją, o 79,8 proc. tiriamųjų manė, jog dirbtinis intelektas turėtų būti medicininio išsilavinimo dalis [22]. 2020 metais atlikta apklausa, kurioje dalyvavo 1128 dermatologai, parodė, jog 99,51 proc. dermatologų kreipia dėmesį į informaciją apie dirbtinį intelektą, 95,36 proc. mano, jog dirbtinio intelekto vaidmuo diagnozuojant ir gydant turėtų būti pagalbiniš. Įdomu tai, jog 91,78 proc. respondentų manė, jog dirbtinio intelekto prioritetą turėtų būti odos navikai [23]. Remiantis turimais duomenimis, galima daryti išvadą, jog dirbtinį intelektą dermatologų bendruomenė vertina palankiai. Dermatologai turėtų aktyviai dalyvauti diskusijose apie dirbtinio intelekto taikymą odos vėžio diagnostikai, jų indėlis kalbant apie efektyvų tokių technologijų taikymą yra itin svarbus [24]. Šioje literatūros apžvalgoje aptariamas tik dirbtinio intelekto algoritmų taikymas, diagnozuojant odos navikus iš klinikinių vaizdų ir histopatologinių preparatų, tačiau toliau tobulinant dirbtinio intelekto priemones, algoritmai mobiliųjų telefonų programėlėse teiks galimybes žmonėms patiems atlikti pirminę diagnostiką, kuri kels dar daugiau klausimų ir pareikalaus aktyvaus dermatologų įsitraukimo į diskusiją apie dirbtinį intelektą [25,26].

Dirbtinio intelekto taikymo iššūkiai. Odos vėžio diagnostikos algoritmų taikymas kasdienėje klinikinėje praktikoje kelia kai kurių iššūkių. Visų pirma, dirbtinio intelekto algoritmai neparodo vaizdo diagnozavimo sekos, todėl negalima paaiškinti ar atsekti, kodėl tam tikri klinikiniai vaizdai klasifikuojami neteisingai, ar užtikrinti, jog šios klaidos nebūtų pakartotos ateityje [1,12]. Nesant galimybės suprasti, kodėl pasirinkta tam tikra diagnozė, gydytojams gali būti sunku tobulinti įgūdžius, jei darinys neteisingai atpažintas. Kita vertus, yra pavojus, jog ateityje bus per daug pasitikima

technologijomis ir suprastės gydytojų įgūdžiai [3]. Dabartinis dirbtinis intelektas gali atpažinti tik tam tikrus odos navikus. Šiuo metu rinkoje esantys algoritmai negali identifikuoti visų gerybinių ir piktybinių odos darinių (pvz., H. Haenssle ir kt. tyrime nebuvo įtraukta Merkelio ląstelių karcinoma) [12], todėl negalima remtis algoritmo rezultatais, jei nagrinėjamos neįtrauktų darinių nuotraukos. Diagnozės nustatymui svarbu ne tik teisingas vaizdo atpažinimas, bet ir išsami paciento ligos istorijos bei rizikos veiksnių analizė, kas šiuo metu nėra integruota į dirbtinio intelekto algoritmus.

Apžvalgoje aptarti klinikinių vaizdų analizės algoritmai buvo treniruoti dažniausiai naudojant šviesios odos nuotraukas, todėl juos taikant ne baltaodžių populiacijose greičiausiai nebūtų gaunami panašaus jautrumo bei specifiškumo rezultatai [12]. Papildomas sunkumas, su kuriuo susidurs dirbtinis intelektas – subtilių tamsesnės odos atspalvio skirtumų diferenciacija dėl tamsesnės odos vaizdų prieinamumo arba tokių vaizdų kokybės [27]. Priklausomai nuo dirbtinio intelekto algoritmo mokymuisi naudoto duomenų rinkinio, gali būtų sunku diagnozuoti ne tik tamsesnės spalvos odą, bet ir mažos pigmentacijos odos darinius bei odos darinius tam tikrose vietose, pvz., ant skalpo arba kūno periferijoje [3]. Kita klinikinių vaizdų bazių problema – šiuo metu dermatologijoje nėra universalus klinikinių nuotraukų darymo, apdorojimo bei laikymo standarto (pvz., radiologijoje taikomos standartizuotos sistemos) [28], todėl sunku tobulinti duomenų bazes ateities algoritmų formavimui.

Etiniai klausimai taip pat turi būti vertinami. Dirbant su dideliais pacientų duomenų rinkiniais, didėja rizika pažeisti pacientų konfidencialumą bei laisvą sutikimą [29]. Atsižvelgiant į pacientų nuomonės apklausas, duomenų apsaugos sistemos turėtų būti papildomai apsaugomos bei integruojama reikalinga teisinė apsauga.

Šiuo metu dirbtinio intelekto algoritmai odos vėžio diagnostikoje gali būti naudojami kaip kokybiška pagalbinė priemonė, nepakeičianti gydytojo dermatologo konsultacijos bei galutinės diagnozės, tačiau diagnozės nesutapimo atveju skatinanti gydytoją persvarstyti tolesnius veiksmus.

Išvados

1. Dirbtinio intelekto algoritmai gali sėkmingai klasifikuoti ganėtinai platų odos piktybinių bei gerybinių darinių klinikinių vaizdų spektrą, paprastai pasiekiant tokius pat arba geresnius rezultatus, negu gydytojai dermatologai. Šių priemonių taikymas praktikoje jokiū būdu nereiškia mažesnio gydytojų poreikio arba jų svarbos paciento priežiūroje nuvertėjimo, kadangi anamnezė bei gydytojo ir paciento santykis išlieka būtinais klinikinės diagnozės nustatymo elementais, o paciento sveikatos priežiūra bet kokiū atveju yra gydytojo atsakomybė.

2. Dirbtinis intelektas turėtų būti vertinamas kaip papildoma priemonė gydytojams, ypač pradedantiesiems dermatologams, galimai ateityje plėtosiantiems telemedicinos paslaugas, didinančias sveikatos priežiūros prieinamumą. Dirbtinis intelektas neabejotinai bus naudinga priemonė ateities medicinoje. Šiuo metu žengiami tik pirmieji žingsniai, todėl svarbu kuo greičiau atpažinti pagrindinius iššūkius ir į juos reaguoti.

3. Trūksta tyrimų, aprašančių šių algoritmų taikymą klinikinėje praktikoje, jų įtaką sprendimų priėmimui, pacientų ir gydytojų požiūrį į šią naujovę.

Literatūra

1. Kulkarni S, Seneviratne N, Baig MS, Khan AHA. Artificial intelligence in medicine: where are we now? Vol. 27, Academic Radiology, Elsevier USA 2020;27:62-70. <https://doi.org/10.1016/j.acra.2019.10.001>
2. Du-Harpur X, Watt FM, Luscombe NM, Lynch MD. What is AI? Applications of artificial intelligence to dermatology. Br J Dermatol 2020;183(3):423-30. <https://doi.org/10.1111/bjd.18880>
3. Wada M, Ge ZY, Gilmore SJ, Mar VJ. Use of artificial intelligence in skin cancer diagnosis and management. Med J Aust 2020; 213(6):256-259.e1. <https://doi.org/10.5694/mja2.50759>
4. Leiter U, Keim U, Garbe C. Epidemiology of skin cancer: Update 2019. Adv Exp Med Biol 2020;1268:123-139. https://doi.org/10.1007/978-3-030-46227-7_6
5. 2020 melanoma. Skin cancer report. Stemming the global epidemic. Global Coalition. www.euromelanoma.org
6. Davis LE, Shalin SC, Tackett AJ. Current state of melanoma diagnosis and treatment. Cancer Biology and Therapy 2019;20:1366-79. <https://doi.org/10.1080/15384047.2019.1640032>
7. Pažangieji neuroninių tinklų metodai. Dirbtinio intelekto pradžios. <https://course.elementsofai.com/lt/5/3>
8. Esteva A, Kuprel B, Novoa RA, Ko J, Swetter SM, Blau HM, et al. Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks. Nature 2017;542(7639):115-8. <https://doi.org/10.1038/nature21056>
9. Brinker TJ, Hekler A, Enk AH, Klode J, Hauschild A, Berking C, et al. A convolutional neural network trained with dermoscopic images performed on par with 145 dermatologists in a clinical melanoma image classification task. Eur J Cancer 2019;111:148-54. <https://doi.org/10.1016/j.ejca.2019.02.005>
10. Dick V, Sinz C, Mittlböck M, Kittler H, Tschandl P. Accuracy of computer-aided diagnosis of melanoma: a meta-analysis. JAMA Dermatology 2019;155(11):1291-9. <https://doi.org/10.1001/jamadermatol.2019.1375>

11. Sies K, Winkler JK, Fink C, Bardehle F, Toberer F, Buhl T, et al. Past and present of computer-assisted dermoscopic diagnosis: performance of a conventional image analyser versus a convolutional neural network in a prospective data set of 1,981 skin lesions. *Eur J Cancer* 2020;135:39-46.
<https://doi.org/10.1016/j.ejca.2020.04.043>
12. Haenssle HA, Fink C, Toberer F, Winkler J, Stolz W, Deinlein T, et al. Man against machine reloaded: performance of a market-approved convolutional neural network in classifying a broad spectrum of skin lesions in comparison with 96 dermatologists working under less artificial conditions. *Ann Oncol* 2020;31(1):137-43.
<https://doi.org/10.1016/j.annonc.2019.10.013>
13. Tschandl P, Codella N, Akay BN, Argenziano G, Braun RP, Cabo H, et al. Comparison of the accuracy of human readers versus machine-learning algorithms for pigmented skin lesion classification: an open, web-based, international, diagnostic study. *Lancet Oncol* 2019 ;20(7):938-47.
[https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(19\)30333-X](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(19)30333-X)
14. Maron RC, Weichenthal M, Utikal JS, Hekler A, Berking C, Hauschild A, et al. Systematic outperformance of 112 dermatologists in multiclass skin cancer image classification by convolutional neural networks. *Eur J Cancer* 2019;119:57-65.
<https://doi.org/10.1016/j.ejca.2019.06.013>
15. Han SS, Kim MS, Lim W, Park GH, Park I, Chang SE. Classification of the clinical images for benign and malignant cutaneous tumors using a deep learning algorithm. *J Invest Dermatol* 2018;138(7):1529-38.
<https://doi.org/10.1016/j.jid.2018.01.028>
16. MacLellan AN, Price EL, Publicover-Brouwer P, Matheson K, Ly TY, Pasternak S, et al. The use of non-invasive imaging techniques in the diagnosis of melanoma: a prospective diagnostic accuracy study. *J Am Acad Dermatol* 2020; S0190-9622(20)30559-4.
<https://doi.org/10.1016/j.jaad.2020.04.019>
17. Hekler A, Utikal JS, Enk AH, Hauschild A, Weichenthal M, Maron RC, et al. Superior skin cancer classification by the combination of human and artificial intelligence. *Eur J Cancer* 2019;120:114-21.
<https://doi.org/10.1016/j.ejca.2019.07.019>
18. Pavri SN, Clune J, Ariyan S, Narayan D. Malignant melanoma: beyond the basics. *Plast Reconstr Surg* 2016;138(2):330e-340e.
<https://doi.org/10.1097/PRS.00000000000002367>
19. Hekler A, Utikal JS, Enk AH, Berking C, Klode J, Schadendorf D, et al. Pathologist-level classification of histopathological melanoma images with deep neural networks. *Eur J Cancer* 2019;115:79-83.
<https://doi.org/10.1016/j.ejca.2019.04.021>
20. Nelson CA, Pérez-Chada LM, Creadore A, Li SJ, Lo K, Manjaly P, et al. Patient perspectives on the use of artificial intelligence for skin cancer screening: a qualitative study. *JAMA Dermatol* 2020;156(5):501-12.
<https://doi.org/10.1001/jamadermatol.2019.5014>
21. Jutzi TB, Krieghoff-Henning EI, Holland-Letz T, Utikal JS, Hauschild A, Schadendorf D, et al. Artificial intelligence in skin cancer diagnostics: the patients' perspective. *Front Med* 2020;7.
<https://doi.org/10.3389/fmed.2020.00233>
22. Polesie S, Gillstedt M, Kittler H, Lallas A, Tschandl P, Zalaudek I, et al. Attitudes towards artificial intelligence within dermatology: an international online survey. *Br J Dermatol* 2020;183(1):159-61.
<https://doi.org/10.1111/bjd.18875>
23. Shen C, Li C, Xu F, Wang Z, Shen X, Gao J, et al. Web-based study on Chinese dermatologists' attitudes towards artificial intelligence. *Ann Transl Med* 2020;8(11):698-698.
<https://doi.org/10.21037/atm.2019.12.102>
24. Zakhem GA, Motosko CC, Ho RS. How should artificial intelligence screen for skin cancer and deliver diagnostic predictions to patients? *JAMA Dermatology* 2018;154:1383-1384E.
<https://doi.org/10.1001/jamadermatol.2018.2714>
25. Chan S, Reddy V, Myers B, Thibodeaux Q, Brownstone N, Liao W. Machine learning in dermatology: current applications, opportunities, and limitations. *Dermatol Ther (Heidelb)* 2020;10(3):365-86.
<https://doi.org/10.1007/s13555-020-00372-0>
26. Phillips M, Marsden H, Jaffe W, Matin RN, Wali GN, Greenhalgh J, et al. Assessment of accuracy of an artificial intelligence algorithm to detect melanoma in images of skin lesions. *JAMA* 2019;2(10):e1913436.
<https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2019.13436>
27. Truong A. Are you ready to be diagnosed without a human doctor? A discussion about artificial intelligence, technology, and humanism in dermatology. *Int J women's dermatology*. 2019;5(4):267-8.
<https://doi.org/10.1016/j.ijwd.2019.05.001>
28. Eapen BR. Artificial intelligence in dermatology: a practical introduction to a paradigm shift. *Indian Dermatol Online J* 2020;11(6):881-9.
29. Hogarty DT, Su JC, Phan K, Attia M, Hossny M, Nahavandi S, et al. Artificial intelligence in dermatology-where we are and the way to the future: a review. *Am J Clin Dermatol* 2020;21(1):41-7.
<https://doi.org/10.1007/s40257-019-00462-6>

SKIN CANCER DIAGNOSTICS AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE: LITERATURE REVIEW

E. Janušonytė

Keywords: skin cancer, melanoma, artificial intelligence, convolutional neural networks.

Summary

Artificial intelligence is a widely debated topic with rapidly developing technologies that will certainly hold an important place in clinical conditions diagnostics and health care. One of the most relevant branches of artificial intelligence is convolutional neural

networks algorithms that interpret visual data, therefore, the clinical specialties most advanced in artificial intelligence are those which heavily rely on the clinical image analysis. Malignant skin tumours are the most prevalent cancers in white-skinned population, and can be successfully treated with early diagnosis, which also increased the patient survival probability. This literature review describes the recent years use of artificial intelligence in dermatology in diagnosing malignant skin tumours from images and histologic samples, especially melanoma, the progress of these algorithms and the accuracy comparison with performance of dermatologists. Moreover, the perspective and risks from patient's perspective as well as doctor's perspective and knowledge are reviewed. Despite rapid progress, application of artificial intelligence raises many challenges due to imperfect learning data sets, ethical questions

and difficulties identifying the course of decision making of artificial intelligence algorithm. Although current algorithms in general achieve dermatologist level results and are already approved for use in European market, at the moment artificial intelligence cannot replace a doctor, however, algorithms can be used as a support tool in skin cancer diagnostics. Moreover, data of application of such algorithms and their impact on decision making in real clinical practise is still lacking, more research studies have to be carried out on the perspectives and attitudes of patients and doctors.

Correspondence to: egle.janusonyte@gmail.com

Gauta 2021-04-23
