

ПОТЕНЦИЈАЛНИ ЗНАЧАЈ ПРИМЕНЕ ВЕШТАЧКЕ ИНТЕЛИГЕНЦИЈЕ
У СКРИНИНГУ КАРЦИНОМА ДОЈКЕКристина Стаменковић,^{1,2} Весна Мијатовић Јовановић,^{1,2} Драгана Милијашевић^{1,2}¹ Универзитет у Новом Саду, Медицински факултет, Нови Сад, Србија² Институт за јавно здравље Војводине, Нови Сад, СрбијаTHE POTENTIAL IMPORTANCE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE APPLICATION
IN BREAST CANCER SCREENINGKristina Stamenković,^{1,2} Vesna Mijatović Jovanović,^{1,2} Dragana Milijašević^{1,2}¹ University of Novi Sad, Faculty of Medicine, Novi Sad, Serbia² Institute of Public Health of Vojvodina, Novi Sad, Serbia

Сажетак

Карцином дојке представља водећи јавноздравствени проблем због високе учесталости, морбидитета и mortalитета. Значајне географске разлике у оптерећењу болешћу су, поред социоекономских и бихевиоралних фактора, условљене ресурсима здравствених система, приступом здравственој заштити и квалитетом дијагностичких програма. Савремени програми мамографског скрининга значајно доприносе раном откривању болести, док су препреке са којим се суочавамо ограничени ресурси, приступ и неједнакост у здравственој заштити, високи трошкови, варијабилност у тумачењу резултата и потреба за додатним и инвазивним дијагностичким методама. У циљу превазилажења ових изазова развијали су се системи вештачке интелигенције који примењују сложене алгоритме, машинско учење и дубоко учење ради аутоматизоване анализе мамографских снимака. Ови системи могу повећати тачност дијагностике, скратити време читавања, смањити стопу лажно негативних налаза и потребу за поновним дијагностичким процедурама. Истраживања су доказала да је прецизност добијена применом алгоритама вештачке интелигенције упоредива са налазима радиолога и да би најбоље резултате могло донети комбиновање рада радиолога и метода вештачке интелигенције, посебно у улози првог читаоца. Важна ограничења примене ових метода су недовољна прилагодљивост различитим популацијама и могућност претераног ослањања мање искусних радиолога на резултате алгоритама. Поред техничких изазова, значајан јавноздравствени аспект односи се на ставове жена према употреби вештачке интелигенције, јер ниво поверења у ову технологију може утицати на стопе учешћа у скринингу. Увођење вештачке интелигенције у скрининг програме захтева пажљиву процену користи и ограничења, транспарентност у употреби технологије и обезбеђивање људског надзора. Правилна примена и едукација становништва могу допринети побољшању ране дијагностике, већој тачности скрининга и ефикаснијем коришћењу ресурса здравственог система.

Кључне речи: карцином дојке, вештачка интелигенција, мамографија, скрининг, машинско учење

Abstract

Breast cancer represents a leading public health problem due to its high incidence, morbidity, and mortality. Significant geographic differences in disease burden are influenced not only by socioeconomic and behavioural factors but also by the resources of health systems, access to healthcare, and the quality of diagnostic programs. Modern mammography screening programs substantially contribute to early disease detection, while existing challenges include limited resources, restricted access and inequalities in healthcare, high costs, variability in result interpretation, and the need for additional and invasive diagnostic procedures. To address these challenges, artificial intelligence systems have been developed, employing complex algorithms, machine learning, and deep learning for the automated analysis of mammographic images. These systems can improve diagnostic accuracy, reduce reading time, lower false-negative rates, and decrease the need for repeat diagnostic procedures. Research has demonstrated that the accuracy achieved through artificial intelligence algorithms is comparable to that of radiologists, and optimal results may be obtained by combining radiologist's assessments with artificial intelligence methods, particularly in the role of the first reader. Key limitations of these methods include insufficient adaptability to diverse populations and the risk of over-reliance on algorithm results by less experienced radiologists. Beyond technical challenges, an important public health aspect concerns women's attitudes toward the use of artificial intelligence, as the level of trust in this technology may affect screening participation rates. The integration of artificial intelligence into screening programs requires careful evaluation of benefits and limitations, transparency in technology use, and assurance of human oversight. Proper implementation and public education can contribute to improved early diagnosis, greater screening accuracy, and more efficient use of health system resources.

Keywords: breast cancer, artificial intelligence, mammography, screening, machine learning

Увод

Карцином дојке представља значајан јавноздравствени проблем због високе учесталости, морбидитета и mortalитета. У 2022. години карцином дојке дијагно-

Introduction

Breast cancer is a significant public health problem, due to its high prevalence, morbidity and mortality. In 2022, breast cancer had been diagnosed in 2.3 million women world-

стикован је код 2,3 милиона жена широм света. Иако је раније превладавало мишљење да ова болест претежно погађа жене из развијених земаља, више од половине дијагностикованих и две трећине смртних случајева у 2020. години регистровано је у мање развијеним регионима света [1].

Географске разлике и фактори ризика

Географске варијације у инциденцији и морталитету карцинома дојке одраз су сложене интеракције између социоекономског развоја, квалитета здравствене заштите и бихевиоралних фактора ризика. Истраживања показују да је касна дијагноза најважнији фактор лоших исхода преживљавања у земљама са ниским и средњим приходима. У развијеним земљама смањење морталитета од карцинома дојке углавном се повезује са успешним програмима раног откривања путем организованог мамографског скрининга, као и са значајним унапређењем у терапијским приступима [1, 2]. Искуства ових држава могу послужити као важне смернице за земље са ниским и средњим приходима, где примена прилагођених протокола и мера заснованих на доказима може помоћи у смањењу неједнакости система и побољшању стопа преживљавања. Савремена истраживања указују да капацитет и ефикасност здравственог система значајно одређују исход болести. Европа бележи неке од највиших стопа инциденције карцинома дојке у свету, при чему предњаче Француска и Кипар [1]. Према најновијим подацима Европског информационог система за рак (енгл. *European Cancer Information System – ECIS*), у 2022. години у Европској унији (ЕУ) дијагностиковано је 374.800 нових случајева карцинома дојке код жена, што чини 29,2% свих карцинома код жена. Процене показују да је у истом периоду од ове болести преминуло око 95.800 жена у ЕУ [3]. У Републици Србији, као и у већини европских земаља, карцином дојке је најчешћи малигни тумор код жена. Са процењеном стопом оболевања од 75,3 на 100.000 становника, Србија спада у земље са средњим ризиком, заузимајући 20. место међу 40 европских земаља [4].

Предвиђања развоја болести и здравствене политике

Предвиђања за 2050. годину указују да ће се глобално оптерећење карциномом дојке значајно повећати, подстакнуто старењем становништва, растом броја становника и учесталости фактора ризика, од којих су многи повезани са социоекономским развојем [1]. Глобална иницијатива Светске здравствене организације (СЗО) за карцином дојке, чији је циљ смањење смртности за 2,5% годишње кроз програме раног откривања,

wide. Although it was previously believed that this disease predominantly affected women from the more developed countries, more than half of the diagnosed, as well as two thirds of the fatality cases in 2020, had been registered in less developed regions of the world [1].

Geographical differences and risk factors

Geographical variations in breast cancer incidence and mortality reflect the complex interaction between the social-economic development, healthcare quality and behavioural risk factors. Research shows the late diagnosis to be the most important factor in poor survival outcomes in low- and middle-income countries. In developed countries, the decrease in breast cancer mortality is mostly related to successful early detection programs via mammographic screening, as well as to significant advances in therapeutic approaches [1, 2]. Experiences of these countries could serve as important guidelines for low- and middle-income countries, where the implementation of tailored protocols and evidence-based measures can assist in reducing system inequity and improving survival rates. Contemporary research shows that healthcare capacity and efficiency have a significant impact on disease outcome. Europe has some of the highest incidence rates of breast cancer in the world, with France and Cyprus leading the way [1]. According to the latest data from the European Cancer Information System (ECIS), 374,800 new breast cancer cases were diagnosed in 2022 in the European Union, making up 29.2% of all cancers in women. Estimates show that, during the same period, about 95,800 women in the EU died from this disease [3]. In the Republic of Serbia, like in most European countries, breast cancer is the most common malignant tumour in women. With the estimated incidence rate of 75.3 per 100,000 population, Serbia is classified among medium risk countries, ranking 20th of 40 European countries [4].

Disease development predictions and health policies

Predictions for 2050 indicate that the global disease burden of breast cancer will increase significantly, driven by aging population, population growth and risk factor frequency increase, with many risk factors related to socio-economic development [1]. The Global Initiative for Breast Cancer of the World Health Organization (WHO), aiming to decrease mortality by 2.5% annually through early detection, timely diagnosis and adequate treatment programs, represents a strategic guide for achieving these goals [5]. In low- and middle-income countries, early detection, better access to care and strengthening of healthcare system capacities should be prioritized to ensure equal access to care for all [1].

правовремене дијагнозе и адекватног лечења, представља стратешки водич за постизање ових циљева [5]. У земљама са ниским и средњим приходима приоритет треба дати раном откривању болести, побољшаном приступу лечењу и јачању здравствених система како би здравствена заштита била свима једнако доступна [1].

Национални програм скрининга и улога вештачке интелигенције у дијагностици карцинома дојке

Поред тога што је најчешћи малигни тумор код жена, карцином дојке у Републици Србији је и један од најчешћих узрока превремене смрти жена. Стопа морталитета од карцинома дојке у великој мери зависи од успешности спровођења превентивних програма. С обзиром на значај проблема, Министарство здравља Републике Србије је уважавајући препоруке СЗО, након анализе скрининг програма других земаља, сачинило програм за скрининг карцинома дојке у нашој земљи. Национални програм за превенцију и рано откривање карцинома дојке усвојила је Влада Републике Србије, а објављен је у „Службеном гласнику Републике Србије“, број 15/09, у складу са препорукама СЗО. Унапређење Националног програма за рано откривање карцинома дојке урађено је током 2012. и 2013. године [6]. Развојем нових технологија, програми скрининга се стално преиспитују са циљем да се унапреди рано откривање карцинома, смањи број непотребних биопсија и терапијских процедура, те да се избегну погрешне дијагнозе. Како би се превазишла ограничења мамографског скрининга, током 1990-их година развијени су дијагностички модели засновани на вештачкој интелигенцији (енгл. *Artificial Intelligence* – AI), као подршка радиолошкој процени. Технике дубоког учења (енгл. *Deep Learning* – DL) анализирају карактеристике ткива помоћу сложених алгоритама и технологија обраде слике, што може бити од значајне користи стручњацима да прецизније тумаче радиолошке налазе и убрзају процес интерпретације. Системи AI могу допринети повећању сензитивности скрининга и помоћи лекарима у правилном тумачењу мамограма [7].

Циљ рада је утврђивање потенцијалног значаја примене метода AI у унапређењу скрининга карцинома дојке ради раног откривања, адекватне дијагностике и правовремене терапије, са аспекта јавног здравља.

Метод овог рада је заснован на проналаску и анализи података из претходно објављених студија и других научних публикација који су се односили на примену метода AI у раној дијагностици карцинома дојке. У истраживању су коришћене базе података: MEDLINE,

National screening program and the role of artificial intelligence in breast cancer diagnostics

In addition to being the most common malignant tumour in women, breast cancer is also one of the most common causes of premature death in women in the Republic of Serbia. Breast cancer mortality rate largely depends on the success of preventative programme implementation. Bearing in mind the significance of this issue, following an analysis of the screening programmes of other countries and in line with WHO recommendations, the Ministry of Health of the Republic of Serbia developed a breast cancer screening programme in our country. The National Programme for Prevention and Early Detection of Breast Cancer was adopted by the Government of the Republic of Serbia, and it was published in the “Official Gazette of the Republic of Serbia” no. 15/09, in line with WHO recommendations. The National Program for Early Detection of Breast Cancer was revised and improved in 2012 and 2013 [6]. With the development of new technologies, screening programmes are constantly revised to improve early detection of cancers, decrease the number of unnecessary biopsies and treatment procedures and to avoid incorrect diagnoses. During the 1990ies, to overcome mammographic screening limitations, diagnostic models based on artificial intelligence (AI) were developed to support radiological evaluation. Deep learning techniques (DL) analyse tissue characteristics using complex algorithms and image processing technologies, which can be of significant use to experts, allowing for more precise and faster interpretation of radiological findings. AI systems can help increase screening sensitivity and assist doctors in correct interpretation of mammograms [7].

The purpose of this paper is to establish the potential significance of AI method use in breast cancer screening improvement, with the aim of early detection, adequate diagnostics and timely treatment, from the viewpoint of public health.

The method used in this paper is based on finding and analysing data from the previously reported studies and other scientific publications that pertained to the implementation of AI methods in early breast cancer diagnostics. The databases that were used for this research include: MEDLINE, *PubMed* and KOBSON. The keywords used for this literature review were *breast cancer*, *artificial intelligence*, *mammography*, *screening*, *machine learning*. Scientific publications that were considered, that pertained to breast cancer screening and the use of AI methods in early breast cancer diagnostics were published in the period from 2010 to 2026. In this literature review, data from systemic reviews, qualitative and quantitative studies as well as statis-

PubMed и *KOBSON*. Кључне речи које су коришћене приликом прегледа литературе су: *breast cancer*, *artificial intelligence*, *mammography*, *screening*, *machine learning*. Научне публикације које су узете у обзир, а које су се односиле на скрининг карцинома дојке и употребу метода AI у раној дијагностици карцинома дојке, објављене су у периоду од 2010. године до 2026. године. У анализи литературе употребљени су подаци из систематских прегледа, квалитативних и квантитативних истраживања, као и статистички извори података. Након претраге кључних речи извршен је одабир научних радова на основу наслова и сажетака. Прикупљени су подаци из укупно 26 објављених публикација које су коришћене за потребе писања овог рада.

Преглед литературе

Организовани скрининг карцинома дојке у Републици Србији

Скрининг карцинома дојке спроводи се на територији Републике Србије у виду организованог децентрализованог програма. Носилац скрининга у погледу упућивања на мамографски преглед је лекар опште праксе или специјалиста гинекологије, док је у ширем смислу, у децентрализованом моделу, носилац скрининга дом здравља на територији за коју је основан [6]. Мамографија је дијагностичка метода снимања дојки уз помоћ рендгенских (X) зрака у кранио-каудалној и медио-латерално-косој пројекцији и представља златни стандард у скринингу карцинома дојке. Међународно прихваћен оквир за описивање налаза у мамографским и другим радиолошким прегледима дојке је *Breast Imaging-Reporting and Data System* (BI-RADS) [7]. Тумачење мамографских снимака врши се двоструко, од стране два независна обучена доктора медицине, специјалиста радиологије. Процес скрининга завршава се након допунских процедура (ултразвучни преглед дојки и циљано мамографско снимање). Даље дијагностичке процедуре и праћење спровode домови здравља, болнице, клинички центри и институти [6]. Ради смањења процента грешке у односу на једноструко читавање, многе земље, укључујући и нашу, усвојиле су метод двоструког читавања мамографских снимака [6, 7].

Недостаци и ограничења мамографије

Неки од недостатака мамографије као методе скрининга су ограничена осетљивост и специфичност, ограничен приступ и неједнакост у здравственој заштити, високи трошкови и ограничени ресурси, варијабилност у тумачењу резултата и потреба за додатним и инвазивним дијагностичким методама. Густо ткиво дојке може

tical data were used. Following the search using keywords, scientific publications were selected based on their titles and abstracts. Data were collected from a total of 26 publications that were used to prepare this paper.

Literature review

Organised breast cancer screening in the Republic of Serbia

Breast cancer screening is implemented on the territory of the Republic of Serbia as a decentralised organised screening programme. In terms of mammograph referrals, the screening is led by general practitioners or gynaecologists, while the main institution in charge of the screening, in the wider sense, in this decentralised model, is the primary healthcare facility with territorial jurisdiction [6]. Mammography is a diagnostic method of breast imaging, using X-rays in the cranial-caudal and mediolateral-oblique projections, and is the gold standard in breast cancer screening. The internationally accepted framework for the description of the mammographic and other radiological breast imaging findings is the Breast Imaging-Reporting and Data System (BI-RADS) [7]. Mammographs are double interpreted, by two independent trained medical doctors, specialists of radiology. The screening process ends after additional procedures (breast ultrasound and targeted mammographic imaging). Further diagnostic procedures and monitoring are conducted by primary healthcare facilities, hospitals, clinical centres and institutes [6]. To decrease the percentage of errors, compared to single reading, many countries - including ours - opted for double mammograph reading [6, 7].

Shortcomings and limitations of mammography

Some of the shortcomings of mammography as a screening method are limited sensitivity and specificity, limited access and inequality in healthcare, high costs and limited resources, variability in interpretation of the findings and the need for additional, invasive diagnostic methods. Dense breast tissue can mask small tumours, reducing the sensitivity of the method and increasing the need for additional imaging. Thus, mammography can miss tumours at the early stage, leading to false negative results and the need for invasive diagnostic methods [8].

AI application in screening

The use of machine learning (ML) and other types of AI in medicine has shown great potential in breast cancer screening. To improve traditional diagnostic methods, numerous studies applied various classification algorithms,

замаскирати мале туморе, чиме се смањује осетљивост методе и повећава потреба за додатним снимањима. На тај начин се мамографијом могу превидети тумори у раној фази, што доводи до лажно негативних налаза и потребе за инвазивним дијагностичким методама [8].

Примена AI у скринингу

Употреба машинског учења [енгл. *Machine Learning* – ML] и других грана AI у медицини показала је велики потенцијал у области дијагностике карцинома дојке. У циљу унапређења традиционалних дијагностичких метода, бројни истраживачи су примењивали различите алгоритме класификације, технике екстракције карактеристика и оптимизације метода како би се побољшала прецизност и ефикасност дијагностичких система [9, 10]. Године 1990. представљен је *Wisconsin Breast Cancer Dataset* (WBCD) који је постао стандардни референтни скуп података за тестирање алгоритама машинског учења, што је отворило пут ка даљем развоју и коришћењу ML техника за аутоматизовану дијагнозу карцинома дојке [8]. Потом су 2000. године истраживачи демонстрирали способност вештачких неуронских мрежа (енгл. *Artificial Neural Network* – ANN) да прецизно класификују податке о карциному дојке, чиме су доказали да модели могу научити сложене нелинеарне односе међу атрибутима [11]. Неки од најзначајнијих алгоритама који су примењени 2002. и 2003. године су алгоритам *Support Vector Machine* (SVM) за анализу снимака дојке и *Fuzzy* алгоритми класификације, који су тада постигли значајно побољшање тачности у односу на стандардне методе [8]. Студија из 2014. године у којој су истраживачи спровели поређење шест алгоритама ML показала је да најбоље резултате даје *Random Forest* алгоритам [12]. Научници који су истраживали утицај људске грешке у дијагностици карцинома дојке закључили су да постоји висока стопа варијабилности тумачења налаза, што потврђује потребу за коришћењем аутоматизованих система подршке [13, 14]. *Deep Learning* приступи (нпр. *Convolutional Neural Networks* – CNN) омогућили су аутоматско препознавање образаца из сирових снимака дојке, што је смањило потребу за ручним одабиром карактеристика. AI алгоритми у скринингу карцинома дојке могу повећати продуктивност и прецизност радиолога, а сматра се да могу помоћи и мање искусним лекарима да препознају потенцијално канцерогене лезије. Ови алгоритми су нарочито корисни код метода са двоструким читавањем, јер смањују оптерећење радиолога и процедуре поновног позивања [8, 15–17].

Истраживања су доказала да примена AI као првог чи-

characteristics extraction techniques and method optimisations to improve precision and efficiency of diagnostic systems [9, 10]. The Wisconsin Breast Cancer Dataset (WBCD) was presented in 1990, becoming the standard reference dataset to test the machine learning algorithm, which opened the path to further development and use of ML techniques for automated breast cancer diagnosis [8]. Later, in 2000, researchers showed the ability of artificial neuron networks (ANN) to precisely classify data on breast cancer, which proved that the models could learn complex, non-linear relationships between attributes [11]. Some of the most important algorithms that were used in 2002 and 2003 were the Super Vector Machine (SVM) algorithm for breast imaging analysis and Fuzzy classification algorithms, which, at the time, had achieved a significant improvement of accuracy compared to standard methods [8]. A study from 2014, in which the researchers compared six ML algorithms, showed that the Random Forest algorithm provided the best results [12]. The scientists who studied the impact of human error in breast cancer diagnostics concluded that there was a high rate of findings interpretation variability, which supports the need for the use of automated support systems [13, 14]. Deep learning approaches (E.g. Convolutional Neural Networks, CNN) allowed for automatic pattern recognition from raw breast imaging, which decreased the need for manual selection of characteristics. AI algorithms can increase productivity and precision of radiologists in breast cancer screening, and it is believed that they can help less experienced doctors to recognize potentially carcinogenic lesions. These algorithms are particularly useful in double-reading methods, as they reduce the load on radiologists and call back procedures [8, 15–17].

The research has proven that the use of AI as the first reader of imaging findings can significantly reduce the radiologists' load and the time needed for imaging interpretation. This would allow radiologists to read more mammograms in a shorter time period, and with greater precision. The study performed by Al-Bazzaz et al. showed a higher sensitivity when imaging findings were analysed by radiologists using AI, compared to radiologists not using AI [17]. Since, according to research, AI algorithms show an accuracy that can be compared to the findings of a radiologist, AI could take on the role of the "first reader" in screening, while, at the same time, serving as the means to resolve the issue of insufficient radiologists, as well as to reduce the mistakes when reading imaging results [7, 18]. The rate of false negatives was lower when AI algorithms were combined with radiologists' assessment, leading to a lower rate of recall of screening participants, as there was less need for additional diagnostics due to suspected malignancies [19]. It is believed that combining AI with radiologists'

таоца снимака може у значајној мери смањити оптерећење радиолога и време потребно за читавање налаза. На овај начин би радиолози могли прочитати већи број мамограма за краће време и са већом прецизношћу. Студија коју су спровели *Al-Bazzaz* и сарадници доказала је већу сензитивност снимака који су анализирали радиолози који су користили AI, у поређењу са радиолозима који нису користили AI [17]. С обзиром да, према истраживању, алгоритми AI показују тачност која се може упоредити са налазима радиолога, AI би могла преузети улогу „првог читаоца“ у скринингу, а истовремено послужити и као средство за решавање проблема недостатка радиолога, као и за смањење грешака приликом читавања снимака [7, 18]. Стопа лажно негативних налаза била је нижа када су се алгоритми AI комбиновали са проценом радиолога, што је довело до ниже стопе поновног позива учесника, јер се смањила потреба за додатном дијагностиком услед сумње на малигнитет [19]. Сматра се да би комбиновање AI са проценом радиолога могло представљати идеалан приступ за унапређење скрининга, што је нарочито значајно за земље у којима процену врши само један радиолог, чиме би се постигао већи проценат тачних налаза [20].

Ограничења и ризици примене AI

Значајно је истаћи и ограничења студија, која се односе на примену алгоритама развијених за једну популацију и мале узорке без довољне статистичке снаге. Због тога је неопходно појединачно проценити сваки тип алгорита како би се одредила његова валидност за конкретну популацију [21]. Истраживањем које је поредило групе испитаника према старосној доби и густини ткива дојке примећене су разлике у тачности алгорита, који је био мање прецизан код жена млађих од 50 година и жена са густим ткивом дојке [22]. Важно је имати у виду ризике који би се односили на превелико ослањање на AI, нарочито од стране нешто мање искусних радиолога. Истраживање је показало да слабије искусни радиолози у до 48% случајева мењају своје тумачење мамограма након налаза које даје AI. Налази добијени на овај начин нису увек тачни, што повећава могућност грешке у њиховој интерпретацији [17].

Јавноздравствени и етички аспекти примене AI

Упркос потенцијалу AI да унапреди прецизност и смањи трошкове читавања, и даље постоји неусаглашеност стручњака у погледу поузданости и оптималног модела примене [23]. Иако се сматра да методе AI могу побољшати тачност и ефикасност скрининга карцинома дојке, многе жене изражавају неповерење према употреби AI

assessment could represent an ideal approach to improve screening, which is of particular importance for countries in which the assessment is carried out by a single radiologist, as it would achieve a higher percentage of correct readings [20].

Limitations and risks of AI use

It is also important to point out the limitations of the studies pertaining to the use of algorithms developed for a single population and small samples, without sufficient statistical power. It is hence necessary to assess each type of algorithm individually, to assess their validity for the concrete population [21]. The research that compared subject groups by age and breast tissue density showed differences in algorithm accuracy, with a lower precision in women under the age of 50 and women with dense breast tissue [22]. It's important to bear in mind the risks that would come from excessive reliance on AI, especially by less experienced radiologists. The research has shown that less experienced radiologists change their interpretation of mammograms after seeing the findings provided by AI in 48% of the cases. Findings obtained in this way are not always accurate, which increases the possibility of interpretation mistakes [17].

Public health and ethical aspects of AI use

Despite the AI's potential to improve precision and reduce interpretation costs, there are still discrepancies among experts when it comes to reliability and optimal use model [23]. Although it's believed that AI methods can improve accuracy and efficiency of breast cancer screening, many women express their mistrust in the use of AI in health-care. The success of screening depends on a high population response, and introduction of AI without sufficient understanding and awareness raising in citizens could jeopardise screening participation rates [24]. The results of a study conducted in Australia, encompassing women aged 40-79, which were eligible for breast cancer screening, showed that women scored algorithm accuracy as the highest. The highest mistrust was found for total automation, i.e., use of AI without radiologist participation and for international, profit-oriented companies that own the algorithms. Research showed that the introduction of AI would probably lead to split reactions and could make some of the women abstain from taking part in screening [25]. It is thus necessary to conduct a detailed analysis of advantages and disadvantages of AI, ensure human oversight in decision-making, insist on ownership transparency and data protection, and to develop local algorithms that would suit different populations of women. Introducing AI without community participation could lead to increased

у здравственој заштити. Успех скрининг програма зависи од високог одзива популације, а увођење AI без довољног разумевања и едукације грађана, могло би угрозити стопе учешћа у скринингу [24]. Резултати истраживања спроведеног у Аустралији које је обухватило жене старости 40–74 године, које испуњавају услове за учешће у скринингу карцинома дојке, показало је да жене највише вреднују тачност алгоритма. Највеће неповерење постојало је према потпуној аутоматизацији, односно примени AI без учешћа радиолога, и према међународним, профитно оријентисаним компанијама које поседују алгоритме. Истраживање је указало да би увођење AI највероватније изазвало подељене реакције, те да би могло навести део популације жена да одустану од учешћа у скринингу [25]. Стога је неопходно урадити детаљну анализу предности и ограничења AI, обезбедити људски надзор у доношењу одлука, инсистирати на транспарентности власништва и заштити података и развијати локалне алгоритме који одговарају различитим популацијама жена. Увођење AI без активног укључивања заједнице могло би довести до повећања неједнакости у здрављу и умањити јавно-здравствене користи које би ова технологија могла да пружи [26].

Закључак

Истраживања су доказала да примена AI као првог читаоца снимака може у значајној мери смањити оптерећење радиолога и време потребно за читавање налаза. AI алгоритми у скринингу карцинома дојке могу побољшати продуктивност и прецизност радиолога и бити од користи мање искусним лекарима да препознају потенцијално канцерогене лезије. Већина спроведених студија је доказала да машинско учење и дубоко учење имају изузетан потенцијал у раној дијагностици карцинома дојке, али постоји потреба за стандардизацијом података и даљим развојем модела који би помогли лекарима у доношењу одлука, као и детаљном анализом предности и ограничења употребе. Потребно је спровести даља истраживања и свеобухватну анализу предности и ограничења вештачке интелигенције, обезбедити адекватан људски надзор, инсистирати на транспарентности и заштити података, као и развијати локалне алгоритме прилагођене различитим популацијама жена. Успех скрининг програма зависи од високог одзива популације, те је неопходно пацијентима едукацијом представити значај скрининга на адекватан начин, који би им омогућио разумевање и прихватање употребе метода AI у здравственој заштити.

health inequality and decrease the public health benefits that this technology could provide [26].

Conclusion

The research has proven that the use of AI as the first reader of images can significantly reduce the radiologists' load and the time needed for imaging interpretation. AI algorithms can improve productivity and precision of radiologists in breast cancer screening, and they can be of use to less experienced doctors in recognising potentially carcinogenic lesions. Most of the studies conducted had proven that machine learning and deep learning have exceptional potential in early breast cancer diagnostics, but there is a need for data standardisation and further development of models that would assist doctors in decision-making, as well as for a detailed analysis of advantages and disadvantages of their use. Further research is needed, as well as a comprehensive analysis of advantages and limitations of artificial intelligence. Human surveillance needs to be ensured, transparency and data protection must be insisted on, and local algorithms need to be developed, adapted to different populations of women. The success of screening programs depends on a high population response, so it is necessary to provide awareness raising for the patients, properly presenting the importance of screening, to allow them to understand and accept the use of AI methods in healthcare.

Литература / References

1. Freihat O, Sipos D, Kovacs A. Global burden and projections of breast cancer incidence and mortality to 2050: a comprehensive analysis of GLOBOCAN data. *Front Public Health*. 2025; 13:1622954. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2025.1622954>.
2. DeSantis CE, Ma J, Gaudet MM, Newman LA, Miller KD, Goding Sauer A et Al. Breast cancer statistics, 2019. *CA Cancer J Clin*. 2019; 69(6):438–51. <https://doi.org/10.3322/caac.21583>.
3. European Commission. Joint Research Centre. Breast cancer in the EU: 2022 incidence and mortality estimates [Internet]. Luxembourg: Publications Office of the European Union; 2023 [cited 2025 Mar 6]. Available from: https://ecis.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/2024-01/jrc_Breast_cancer_2022_Oct_2023.pdf
4. Program unapređenja kontrole raka u Republici Srbiji za period 2020–2022. godina [Programme for the Improvement of Cancer Control in the Republic of Serbia for the Period 2020–2022]. "Službeni glasnik RS" broj 105/2020 ["Official Gazette of the Republic of Serbia", No. 105/2020]. Serbian
5. World Health Organization. Global breast cancer initiative implementation framework assessing, strengthening and scaling-up of services for the early detection and management of breast cancer. Executive summary. [Internet]. Geneva: WHO; 2023 [cited 2025 Aug 19]. Available from: <https://www.who.int/publications/item/9789240067134>
6. Uredba o Nacionalnom programu ranog otkrivanja karcinoma dojke [Regulation on the National Programme for the Early Detection of Breast Cancer]. "Službeni glasnik RS", broj 73/2013 ["Official Gazette of RS", No. 73/2013]. Serbian
7. Branco PESC, Franco AHS, de Oliveira AP, Carneiro IMC, de Carvalho LMC, de Souza JIN et al. Artificial intelligence in mammography: a systematic review of the external validation. *Rev Bras Ginecol Obstet*. 2024; 46:e-rbgo71. <https://doi.org/10.61622/rbgo/2024rbgo71>.
8. Khalid A, Mehmood A, Alabrah A, Alkhamees BF, Amin F, AlSalman H et al. Breast Cancer Detection and Prevention Using Machine Learning. *Diagnostics (Basel)*. 2023; 13(19):3113. <https://doi.org/10.3390/diagnostics13193113>.
9. Khan F, Khan MA, Abbas S, Athar A, Siddiqui SY, Khan AH et al. Cloud-Based Breast Cancer Prediction Empowered with Soft Computing Approaches. *J Healthc Eng*. 2020; 2020:8017496. <https://doi.org/10.1155/2020/8017496>.
10. Jayakrishnan K, Katal N. Radiomics-integrated machine learning framework for quantitative breast cancer diagnosis. *Front Artif Intell*. 2026; 9:1752413. <https://doi.org/10.3389/frai.2026.1752413>.
11. Salod Z, Singh Y. A five-year (2015 to 2019) analysis of studies focused on breast cancer prediction using machine learning: A systematic review and bibliometric analysis. *J Public Health Res*. 2020; 9(1):1792. <https://doi.org/10.4081/jphr.2020.1772>.
12. Montazeri M, Montazeri M, Montazeri M, Beigzadeh A. Machine learning models in breast cancer survival prediction. *Technol Health Care*. 2016; 24(1):31–42. <https://doi.org/10.3233/THC-151071>.
13. Elsayad A.M. Predicting the Severity of Breast Masses with Ensemble of Bayesian Classifiers. *J. Comput. Sci*. 2010; 6:576–84. <https://doi.org/10.3844/jcssp.2010.576.584>
14. Ismael MA, Alwazzan MJ, Mohammed RA. Reducing Noise and Improving Image Contrast with a Hybrid Approach to Enhance the Quality of Medical Imaging. *J Med Phys*. 2025; 50(4):751–9. https://doi.org/10.4103/jmp.jmp_251_25.
15. Carriero A, Groenhoff L, Vologina E, Basile P, Albera M. Deep Learning in Breast Cancer Imaging: State of the Art and Recent Advancements in Early 2024. *Diagnostics (Basel)*. 2024; 14(8):848. <https://doi.org/10.3390/diagnostics14080848>.
16. Das HS, Das A, Neog A, Mallik S, Bora K, Zhao Z. Breast cancer detection: Shallow convolutional neural network against deep convolutional neural networks based approach. *Front Genet*. 2023; 13:1097207. <https://doi.org/10.3389/fgene.2022.1097207>.

17. Al-Bazzaz H, Janicijevic M, Strand F. Reader bias in breast cancer screening related to cancer prevalence and artificial intelligence decision support-a reader study. *Eur Radiol.* 2024; 34(8):5415–24. <https://doi.org/10.1007/s00330-023-10514-5>.
18. Lång K, Hofvind S, Rodríguez-Ruiz A, Andersson I. Can artificial intelligence reduce the interval cancer rate in mammography screening? *Eur Radiol.* 2021; 31(8):5940–7. <https://doi.org/10.1007/s00330-021-07686-3>.
19. Elhakim MT, Stougaard SW, Graumann O, Nielsen M, Lång K, Gerke O et al. Breast cancer detection accuracy of AI in an entire screening population: a retrospective, multicentre study. *Cancer Imaging.* 2023; 23(1):127. <https://doi.org/10.1186/s40644-023-00643-x>.
20. Lee JH, Kim KH, Lee EH, Ahn JS, Ryu JK, Park YM et al. Improving the Performance of Radiologists Using Artificial Intelligence-Based Detection Support Software for Mammography: A Multi-Reader Study. *Korean J Radiol.* 2022;23(5):505–16. <https://doi.org/10.3348/kjr.2021.0476>.
21. Hsu W, Hippe DS, Nakhaei N, Wang PC, Zhu B, Siu N et al. External Validation of an Ensemble Model for Automated Mammography Interpretation by Artificial Intelligence. *JAMA Netw Open.* 2022; 5(11):e2242343. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2022.42343>.
22. Yala A, Schuster T, Miles R, Barzilay R, Lehman C. A Deep Learning Model to Triage Screening Mammograms: A Simulation Study. *Radiology.* 2019; 293(1):38–46. <https://doi.org/10.1148/radiol.2019182908>.
23. Freeman K, Geppert J, Stinton C, Todkill D, Johnson S, Clarke A et al. Use of artificial intelligence for image analysis in breast cancer screening programmes: systematic review of test accuracy. *BMJ.* 2021; 374:n1872. <https://doi.org/10.1136/bmj.n1872>.
24. Jonmarker O, Strand F, Brandberg Y, Lindholm P. The future of breast cancer screening: what do participants in a breast cancer screening program think about automation using artificial intelligence? *Acta Radiol Open.* 2019; 8(12):2058460119880315. <https://doi.org/10.1177/2058460119880315>.
25. Pearce A, Carter S, Frazer HM, Houssami N, Macheras-Magias M, Webb G et al. Implementing artificial intelligence in breast cancer screening: Women's preferences. *Cancer.* 2025; 131(9):e35859. <https://doi.org/10.1002/cncr.35859>.
26. Ongena YP, Yakar D, Haan M, Kwee TC. Artificial Intelligence in Screening Mammography: A Population Survey of Women's Preferences. *J Am Coll Radiol.* 2021; 18(1 Pt A):79–86. <https://doi.org/10.1016/j.jacr.2020.09.042>.



Примљено / Received

4. 12. 2025.

Ревидирано / Revised

15. 4. 2026.

Прихваћено / Accepted

16. 4. 2026.

Кореспонденција / Correspondence

Кристина Стаменковић – Kristina Stamenković
906006d23@mf.uns.ac.rs

ORCID

Kristina Stamenković
<https://orcid.org/0009-0005-6468-1153>
Vesna Mijatović Jovanović
<https://orcid.org/0000-0002-6341-2980>
Dragana Milijašević
<https://orcid.org/0000-0003-1917-5567>