

**THE APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE DIAGNOSIS
OF BREAST CANCER: BIBLIOMETRIC ANALYSIS**

Sumy State University, Medical Institute (Sumy, Ukraine)

r.lakhtaryna@med.sumdu.edu.ua

In modern medicine, artificial intelligence (AI) plays an increasingly important role in diagnosing and treating various pathologies, including oncology. This review examines significant trends in the use of AI to improve the accuracy and speed of breast cancer detection. Thanks to machine learning algorithms and the analysis of large volumes of data, AI systems can analyze digital radiological and pathomorphological images and detect anomalies with high accuracy.

The aim of the work: bibliometric analysis and systematization of data on the use of AI algorithms to improve breast cancer diagnosis.

Current research shows that AI can significantly reduce the number of false positives and negatives, leading to timely detection of cancer and treatment of patients. In addition, integrating AI into diagnostic practice will allow doctors to receive decision-making support, which will reduce the burden on the diagnostic service and help eliminate the subjectivity factor in routine cases.

Therefore, the application of artificial intelligence in diagnosing breast cancer promises to revolutionize approaches to early detection and treatment but requires further research and discussion to ensure safety and efficacy.

Key words: artificial intelligence, breast cancer, BI-RADS scale, screening, bibliometric analysis.

Connection of the publication with planned research works.

The work is a fragment of the planned research work of the Department of Pathological Anatomy of Sumy State University of the Ministry of Education and Science of Ukraine on the topic "Application of artificial intelligence to ensure automation and standardization of the Gleason system in the diagnosis of prostate cancer", state registration number 0122U000773.

Introduction.

Breast cancer (BC) remains the leading cause of death among women worldwide. In 2020, more than 2.3 million women were diagnosed with breast cancer, of which 33.5% died [1]. Breast cancer in men is very rare and accounts for <1% of all cases of malignant neoplasms in men [2].

Diagnosis and treatment of BC is determined by a complex interaction of genetic, environmental and socio-economic risk factors. Family history, specific genetic mutations, such as BRCA1 and BRCA2, gland density are identified as key determinants of high risk of developing BC [1].

Optimization of the diagnosis of this pathology took place thanks to the introduction of breast cancer screening with the help of radiation imaging methods such as digital mammography, digital tomosynthesis, ultrasound and MRI [3]. Population-based breast cancer screening programs have been implemented in many developed countries over the past decades, which has contributed to the detection of the disease in the early stages and increased survival rates of cancer patients [4]. However, BC screening programs have raised the issue of the balance of benefits and harms, namely age, onset, and interval of screening [4]. Scientists have proven that it is economically beneficial to carry out not a routine, but a personalized screening, taking into account the degree of risk of developing BC [5]. There is also the problem of overdiagnosis and routine biopsies, which is economically unjustified and traumatic for the patient [6].

The use of artificial intelligence (AI) can reduce the level of subjectivity and improve the efficiency of the diagnosis of BC, while using fewer resources than the current standard diagnostic scheme. BC screening programs may miss 15% to 35% of cancers either through error or because the cancer is not visible to radiologists during the examination [7]. Artificial intelligence can be used as an initial program to evaluate screening imaging in a routine workflow [8].

Imaging of the breast gland faces the problem of high workload on the radiology service. In the conditions of war and the Covid-19 pandemic, there is a shortage of radiologists, so this solution strategy is really relevant and economically justified.

The aim of the study.

Bibliometric analysis and systematization of data on the use of artificial intelligence to optimize radiation diagnosis of breast cancer.

Object and research methods.

The authors searched, analyzed, and systematized scientific publications on the use of artificial intelligence to optimize radiodiagnosis of breast cancer in electronic databases such as PubMed, Scopus, Web of Science, and Google Scholar over the past 40 years using key words "artificial intelligence" and "breast cancer". Tools for bibliometric analysis of the Scopus database and the VOSviewer system for building bibliometric networks were used to visualize the research results.

Main part.**Diagnosis of breast cancer.**

The most common screening method for breast cancer is digital mammography, which is performed on women aged 50–70 and reduces mortality from breast cancer by 20% [2]. Modern studies conducted by scientists from Canada and the USA have shown the feasibility of early screening for cervical cancer (women over 40 years old). Statistics Canada has shown that cities with earlier screening have a lower incidence of stage III cancer and a higher incidence of stage I cancer [8]. The purpose of screening for breast cancer is to identify ear-

lier stages of breast cancer that are more amenable to treatment. Early-stage BC usually involves less expensive treatment, including a reduced need for mastectomy, axillary dissection, chemotherapy, and radiation therapy, ultimately resulting in cost savings [2].

A recent US study found an absolute reduction in the risk of breast cancer death associated with screening of 5 per 10,000 women in the 1970s and 3 per 10,000 women in the 2010s. The difference in screening effectiveness of 2 per 10,000 women between the 1970s and 2010s was due to the introduction of effective treatment methods [9].

Using new screening methods, such as digital tomosynthesis, can increase the sensitivity of screening and thus increase its benefits [10].

In recent years, screening with MRI has been suggested for women with extremely dense breasts at the time of mammography because of the increased risk of disease and the low sensitivity of mammography. Today, the European Society of Breast Imaging (EUSOBI) recommends screening breast MRI every 2-4 years for women aged 50-70. Studies show that high breast density is the cause of 26% of breast cancer in postmenopausal women [11]. Mammographic density among the female population corresponds to a Gaussian distribution and is described according to the terminology of the ACRBI-RADS atlas as follows:

- a) mammary glands are almost entirely fatty (approximately 10% of the screening population),
- b) there are areas of density of fibrous glands (approximately 42% of the screening population),
- c) the glands are heterogeneously dense, which can hide small formations (approximately 40% of the screening population),
- d) the mammary glands are incredibly dense, which reduces the sensitivity of mammography (about 8% of the screening population)[11].

Misdiagnosis is a more significant problem in women with extremely dense breast tissue compared to others. A recent study of women aged 40–49 years showed that the sensitivity of MRI screening improved from 77 to 91% with the addition of ultrasound [12]. The availability of MRI-guided biopsy is an essential consideration for implementing breast MRI as a screening method [13].

The use of artificial intelligence in radiation diagnosis of breast cancer.

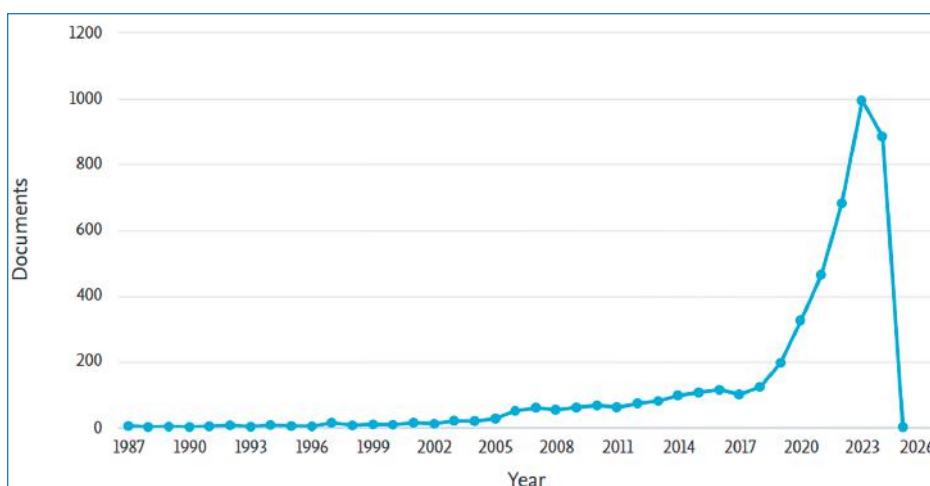


Figure 1 – The result of visualization of the publication chronology on this topic using the tools of bibliometric analysis of the Scopus database.

Currently, in breast cancer imaging, AI can detect specific changes with an accuracy comparable to that of radiologists. Recently, many software algorithms for image analysis have appeared, which are under development or testing [14].

According to the BI-RADS atlas, radiologically, BC can be characterized by volumetric formations, microcalcifications, asymmetries, and architectural deformations [15].

Scientists Becker and Han investigated that DL (deep learning) systems showed high efficiency in diagnosing breast calcifications with an accuracy of 93.4%, a sensitivity of 88.6%, and a specificity of 97.1% [16]. Eskreis-Winkler researchers found that DL (deep learning) tools can reduce image reading time [17]. Performance metrics of an AI-based sorting algorithm trained on 1,878 images were recently published. In the test set of 595 photos, the model sorted 315 scans (53%) as low priority. None of the low-priority images contained cancer, supporting the idea that AI can provide safe and efficient mammography image sorting [18].

It is recognized that the ML (Machine Learning) model requires more human intervention and structured data to achieve results. In contrast, the DL (Deep Learning) model requires original unstructured data/input (such as images and text), so the DL model outperforms the ML model in the case of large data sets since manual feature extraction is not required [19].

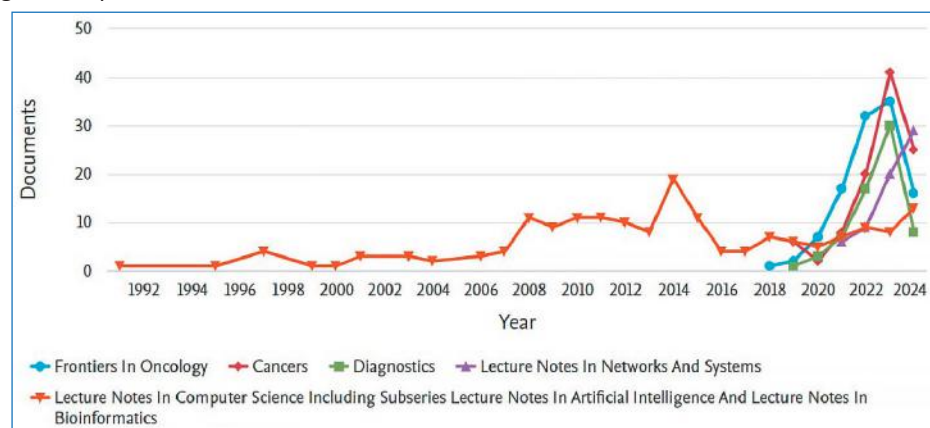


Figure 2 – The result of visualization of the publication chronology by publications on this topic using the tools of bibliometric analysis of the Scopus database.

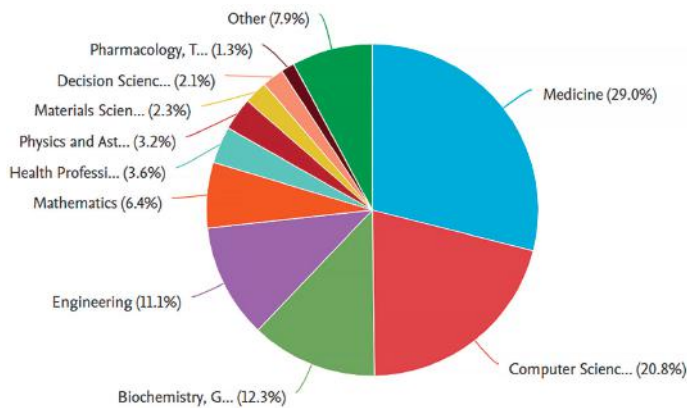


Figure 3 – The result of visualization of the distribution of publications on this topic by subject areas using the tools of bibliometric analysis of the Scopus database.

In 1998, ML-based systems were developed to be used as a second opinion to analyze patient images during screening mammography [20]. To date, scientists claim that with the help of the ML system, there is no improvement in BC's detection and prognostic characteristics [21].

Instead, DL deep learning-based models can interpret massive amounts of data, learn features from images, learn from mistakes, and improve performance over time. This shows the advantages of DL technology over ML. Currently, neural networks (CNN/ANN) are most

often used in DL for image pattern recognition [22].

The diagnosis of BC was investigated using neural networks based on MRI images. The main tasks of artificial intelligence were detecting, segmenting, and classifying lesions on MRI images [23, 24]. Ayatollahi et al. achieved a high detection rate of BC of 0.90 (0.876-0.934), sensitivity of 0.95 (0.934-0.980), and detection rate of benign tumors of 0.81 (0.751-0.871) [25].

Artificial intelligence (AI) can reduce the amount of image interpretation during mammography screening by replacing one of the two radiologists in dual-reading settings with AI or by stratifying examinations into different risk groups [26, 27]. AI can also take over more routine and boring cases so that radiologists have enough time to focus on complex cases [28].

Bibliometric analysis of scientific literature.

From 1987 to 2026, 4,751 publications with the final words “artificial intelligence” and “breast cancer” were included in the Scopus database. According to the results of the bibliometric analysis, the number of publications on this topic has been increasing since 2019, reaching a peak in 2023, which indicates the relevance and perspective of research on the use of AI to diagnose breast cancer (fig. 1).

The first periodicals in which publications on this topic began to appear were “Lecture Notes In Computer Science,” and in recent years “Cancers,” “Frontiers In Oncology,” “Diagnostics,” “Lecture Notes in Networks and Systems” have gained more popularity (fig. 2).

Scientists from the United States of America, India, China, and Great Britain predominate among researchers in this field, and the largest sponsoring organizations include Memorial Sloan-Kettering Cancer Center (United States), Radboud University Medical Center (Netherlands).

According to the results of a bibliometric analysis of 4,751 publications in the Scopus database using the keywords “artificial intelligence” and “breast cancer,” they can be divided into 11 subject areas, the vast majority of which belong to medicine, computer science, biochemistry, engineering and mathematics (fig. 3).

Using VOSviewer bibliometric network visualization tools 4751 publications in the Scopus database using the keywords “artificial intelligence” and “breast cancer” can be divided into three thematic clusters: artificial intelligence, imaging methods, pathomorphology of breast cancer (fig. 4).

It is also possible to distinguish three chronological stages: research using statistical and mathematical methods, the development of artificial intelligence and machine learning, the use of artificial intelligence to automate the analysis of the results of imaging methods, the beginning of the involvement of artificial intelligence in the analysis of pathobiological images (fig. 5).

Conclusions.

Today, the idea of using AI to solve the problem of subjectivity and simplify the routine in the radiation diagnosis of diseases has gained considerable popularity.

Many software algorithms for image analysis are under development or testing.

According to the results of bibliometric analysis of publications using the keywords “artificial intelligence”

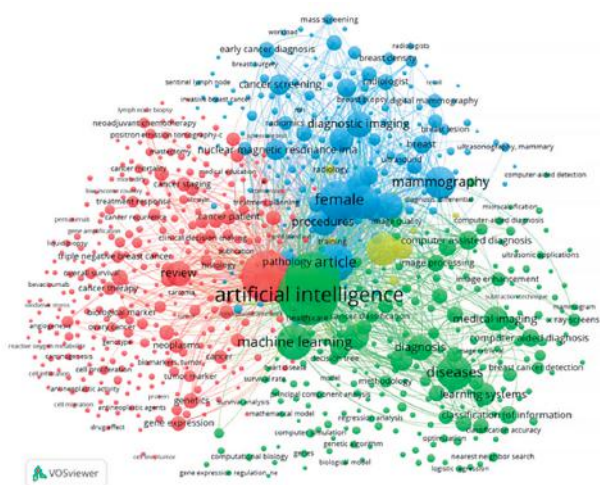


Figure 4 – The result of visualization of the patterns of the thematic distribution of this topic using VOSviewer bibliometric analysis tools.

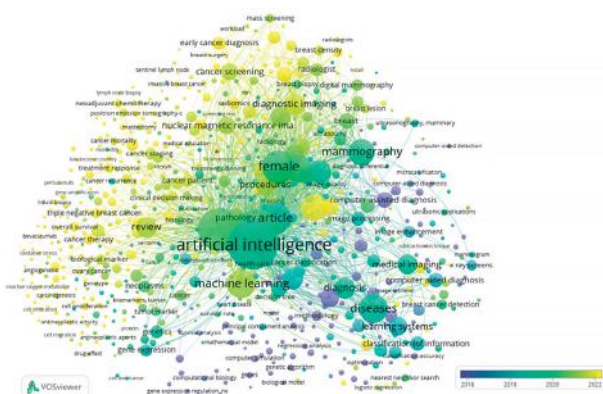


Figure 5 – The result of visualization of the patterns of chronological development of this topic with the use of VOSviewer bibliometric analysis tools.

and "breast cancer" in the Scopus database published during the years 1987-2026, it was established that over the past five years, the number of articles in this field had increased significantly. Most research is conducted in the United States of America, India, China, and Great Britain. Publication data can be divided into 11 subject areas, most of which belong to medicine, computer science, biochemistry, engineering, and mathematics.

With the help of VOSviewer bibliometric network visualization tools, 4,751 publications in the Scopus database using the keywords "artificial intelligence" and "breast cancer" can be divided into three thematic clusters: artificial intelligence and machine learning, radiological imaging methods of BC, pathomorphological diagnosis and treatment of BC.

It is also possible to distinguish three chronological stages: research using statistical and mathematical

methods, the development of artificial intelligence and machine learning, the use of artificial intelligence to automate the analysis of the results of imaging methods, the beginning of the involvement of artificial intelligence in the analysis of pathohistological images.

Therefore, AI algorithms are now actively developing and gradually taking their place in diagnosing BC.

Currently, the agreement between the results of automated analysis and radiologists is at most 70%, while the effective interaction between radiologists and AI models for the automation and standardization of the BC diagnosis is increasing yearly.

Prospects for further research.

In the future, research is planned to prove or disprove the benefit or harm of using AI algorithms during breast cancer screening using radiation and pathobiological methods.

DOI 10.29254/2077-4214-2024-4-175-46-54

УДК 618.19-006-071:004.8:001.891

Лакхтарина Р. Ю.

ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ПРИ ДІАГНОСТИЦІ РАКУ ГРУДНОЇ ЗАЛОЗИ: БІБЛІОМЕТРИЧНИЙ АНАЛІЗ

Сумський державний університет, Медичний інститут (м. Суми, Україна)

r.lakhtaryna@med.sumdu.edu.ua

У сучасній медицині штучний інтелект (ШІ) відіграє все більш важливу роль у діагностиці та лікуванні різних патологій в тому числі онкологічних. Даний огляд розглядає основні тенденції розвитку використання ШІ для покращення точності та швидкості виявлення раку грудної залози. Завдяки алгоритмам машинного навчання та аналізу великих обсягів даних, системи ШІ здатні аналізувати цифрові радіологічні, патоморфологічні зображення та з високою точністю виявляти аномалії.

Мета роботи: бібліометричний аналіз та систематизація даних щодо використання алгоритмів ШІ для покращення діагностики раку грудної залози.

Сучасні дослідження показують, що ШІ може значно знизити кількість помилкових позитивних і негативних результатів, що веде до своєчасного виявлення раку та лікування пацієнтів. Крім того, інтеграція ШІ в діагностичну практику дозволить лікарям отримувати підтримку в прийнятті рішень, що зменшить навантаження на діагностичну службу, а також допоможе елімінувати фактор суб'єктивності в рутинних кейсах.

Отже, застосування штучного інтелекту в діагностиці раку грудної залози обіцяє революціонізувати підходи до раннього виявлення та лікування, однак потребує подальших досліджень і обговорень для забезпечення безпеки та ефективності.

Ключові слова: штучний інтелект, рак грудної залози, шкала BI-RADS, скринінг, бібліометричний аналіз.

Зв'язок публікації з плановими науково-дослідними роботами.

Робота є фрагментом планової науково-дослідної роботи кафедри патологічної анатомії Сумського державного університету Міністерства освіти і науки України на тему «Застосування штучного інтелекту для забезпечення автоматизації і стандартизації системи Глісона при діагностиці раку передміхурової залози», номер державної реєстрації 0122U000773.

Вступ.

Рак грудної залози (РГЗ) залишається основною причиною смертності серед жіночого населення у всьому світі. За 2020 рік діагноз «рак грудної залози» було поставлено понад 2,3 млн жінок, з яких 33,5% померли [1]. Рак грудної залози у чоловіків зустрічається дуже рідко та становить <1% усіх випадків злоякісних новоутворень у чоловіків [2].

Діагностика та лікування РГЗ обумовлюється складною взаємодією генетичних, екологічних і соціально-економічних факторів ризику. Сімейний

анамнез, специфічні генетичні мутації, такі як BRCA1 і BRCA2, щільність залози визначені як ключові детермінанти високого ризику розвитку РГЗ [1].

Оптимізація діагностики даної патології відбулася завдяки впровадженню скринінгу раку грудної залози за допомогою променевих методів візуалізації таких як цифрова мамографія, цифровий томосинтез, УЗД та МРТ [3]. Популяційні програми скринінгу раку грудної залози були впроваджені в багатьох розвинутих країнах протягом останніх десятиліть, що сприяло виявленню захворювання на ранніх стадіях і підвищення рівня виживання онкологічних пацієнтів [4]. Проте програми скринінгу РГЗ ініціювали проблему щодо балансу користі та шкоди, а саме щодо віку, початку та інтервалу скринінгу [4]. Вчені довели, що економічно вигідно проводити не рутинний, а персоналізований скринінг з урахуванням ступеня ризику розвитку РГЗ [5]. Також постає проблема гіпердіагностики та рутинних біопсій, що є економічно необґрунтовано і травматично для пацієнта [6].

Застосування штучного інтелекту (ШІ) у діагностиці РГЗ має можливість покращити її ефективність, використовуючи при цьому менше ресурсів, ніж сучасна стандартна схема діагностики. Програми скринінгу РГЗ можуть пропустити від 15% до 35% випадків раку або через помилку, або через те, що рак не помітний радіологам під час дослідження [7]. Штучний інтелект може бути використаний як початкова програма для оцінки скринінгової візуалізації в рутинному робочому процесі [8].

Візуалізація грудної залози стикається з проблемою високого навантаження на радіологічну службу. В умовах війни та пандемії Covid-19 спостерігається дефіцит радіологів, тому дана стратегія рішення є дійсно актуальною та економічно обґрунтованою.

Мета дослідження.

Бібліометричний аналіз та систематизація даних щодо застосування штучного інтелекту для оптимізації променевої діагностики раку грудної залози.

Об'єкт і методи дослідження.

Пошук, аналіз та систематизація наукових публікацій щодо застосування штучного інтелекту для оптимізації променевої діагностики раку грудної залози в електронних базах даних, таких як PubMed, Scopus, Web of Science та GoogleScholar, за останні 40 років за ключовими словами «штучний інтелект» та «рак грудної залози». Для візуалізації результатів дослідження застосовувалися інструменти бібліометричного аналізу бази даних Scopus та система побудови бібліометричних мереж VOSviewer.

Основна частина.

Діагностика раку грудної залози.

Найпоширеніший метод скринінгу РГЗ – цифрова маммографія, яка проводиться жінкам у віці 50-70 років та знижує смертність від раку грудної залози на 20% [2]. Сучасні дослідження, які проводили вчені Канади та США, показали доцільність проведення раннього скринінгу РГЗ (жінки старше 40 років). Статистичне управління Канади показало, що міста з більш раннім скринінгом мають нижчу захворюваність на рак III стадії та вищу частоту виявлення раку на I стадії [8]. Метою скринінгу РГЗ є виявлення більш ранніх стадій РМЗ, які краще піддаються лікуванню. Рання стадія РГЗ зазвичай передбачає лікування з меншими витратами, включаючи зменшення потреби в мастектомії, пахвовій дисекції, хіміотерапії та променевій терапії, що в кінцевому підсумку забезпечує економію коштів [2].

Нещодавнє дослідження в США показало абсолютне зниження ризику смерті від раку грудної залози, пов'язаного зі скринінгом 5 на 10 000 жінок у 1970-х роках і 3 на 10 000 жінок у 2010-х роках. Різниця в ефективності скринінгу в 2 на 10 000 жінок між 1970-ми та 2010-ми роками була зумовлена впровадженням ефективних методів лікування [9].

Застосування нових методів скринінгу, таких як цифровий томосинтез, може підвищити чутливість скринінгу і, таким чином, збільшити його переваги [10].

Протягом останніх років було запропоновано скринінг за допомогою МРТ для жінок із надзвичайно щільними грудьми під час маммографії через підвищений ризик захворювання та низьку чутливість маммографії. На сьогодні European Society of Breast Imaging (EUSOBI) рекомендує проводити скринінгову

МРТ грудних залоз кожні 2-4 роки жінкам віком 50-70 років. Дослідження свідчать, що висока щільність грудей є причиною 26% раку грудної залози у жінок у постменопаузі [11]. Мамографічна щільність серед жіночої популяції, відповідає розподілу Гауса та описується відповідно до термінології атласу ACRBI-RADS наступним чином:

а) грудні залози майже повністю жирові (приблизно 10% скринінгової популяції),

б) існують ділянки щільності фіброзних залоз (приблизно 42% скринінгової популяції),

в) залози неоднорідно щільні, що може приховувати невеликі утворення (приблизно 40% скринінгової популяції),

г) грудні залози надзвичайно щільні, що знижує чутливість маммографії (близько 8% скринінгової популяції) [11].

Недосконала діагностика є більшою проблемою у жінок із надзвичайно щільною тканиною грудної залози порівняно з іншими. У нещодавньому дослідженні, проведеному за участю жінок віком 40-49 років, було показано, що чутливість скринінгу за допомогою МРТ покращилася з 77 до 91% з додаванням ультразвукового дослідження [12].

Доступність біопсії під контролем МРТ є важливим моментом для впровадження МРТ грудної залози як методу скринінгу [13].

Використання штучного інтелекту у променевій діагностиці раку грудної залози.

На сьогодні у візуалізації раку грудної залози ШІ може виявляти певні зміни з точністю, порівнянною з лікарями-радіологами. За останні роки з'явилася велика кількість програмних алгоритмів для аналізу зображень, які знаходяться у стадії розробки або тестування [14].

Згідно атласу BI-RADS рентгенологічно РГЗ може характеризуватися об'ємними утвореннями, мікрокальцинатами, асиметріями та деформаціями архітектоники [15].

Вчені Becker та ін. дослідили, що системи DL (глибоке навчання) показали високу ефективність під час діагностики кальцинатів грудної залози з точністю 93,4%, чутливістю 88,6%, специфічністю 97,1% [16]. Дослідники Eskreis-Winkler та ін. виявили, що використання інструментів DL (глибокого навчання) може призвести до скорочення часу читання зображень [17]. Нещодавно було опубліковано показники продуктивності алгоритму сортування на основі ШІ, наданого на 1878 зображеннях. У тестовому наборі з 595 зображень модель сортувала 315 сканувань (53%) як низькопріоритетні. Жодне із зображень із низьким пріоритетом не містило раку, що знову підтверджує думку про те, що штучний інтелект може забезпечити безпечне та ефективне сортування зображень маммографії [18].

Визнано, що модель ML (машинне навчання) вимагає більше людського втручання та структурованих даних для досягнення результатів, натомість модель DL (глибоке навчання) потребує оригінальних неструктурованих даних/вхідних даних (таких як зображення, текст), отже модель DL переважає модель ML у випадку великих наборів даних, оскільки не потрібно ручне вилучення ознак [19].

У 1998 році були розроблені системи на основі ML, які використовувалися як друга думка для ана-

лізу зображень пацієнтів під час скринінгової мамографії [20]. На сьогодні вчені стверджують, що за допомогою системи ML не спостерігається покращення рівня виявлення та/або прогностичної характеристики РГЗ [21].

Натомість моделі на основі глибокого навчання DL можуть інтерпретувати величезні обсяги даних, вивчати функції на зображеннях, вчитися на помилках і з часом покращувати продуктивність. Це свідчить про переваги технології DL у порівнянні ML. Наразі нейронні мережі (CNN/ANN) найчастіше використовуються в DL для задач розпізнавання образів у зображеннях [22].

Було досліджено діагностику РГЗ на зображеннях МРТ за допомогою нейронних мереж. Основні завдання штучного інтелекту були ідентифікація, сегментація та класифікація уражень на зображеннях МРТ [23, 24]. Ayatollahi та ін. досягли високого коефіцієнта виявлення РГЗ 0,90 (0,876-0,934), чутливості 0,95 (0,934-0,980) і коефіцієнта виявлення доброякісних утворень 0,81 (0,751-0,871) [25].

Отже, штучний інтелект (ШІ) має потенціал для зменшення обсягу інтерпретації зображень під час мамографічного скринінгу шляхом заміни одного з двох радіологів у налаштуваннях подвійного читання на ШІ або шляхом розподілу подвійного читання на різні групи ризику [26, 27]. Також ШІ здатний взяти на себе більш рутинні та нудні випадки, щоб радіологи мали достатньо часу, щоб зосередитися на складних випадках [28].

Бібліометричний аналіз наукової літератури.

За період із 1987 до 2026 року до бази даних Scopus було включено 4751 публікацію ключовими словами «штучний інтелект» та «рак грудної залози». Відповідно до результатів бібліометричного аналізу, кількість публікацій на дану тему з 2019-го року стрімко зростає, досягає піку на період на 2023 року, що свідчить про актуальність та перспективність дослідження використання ШІ з метою діагностики раку грудної залози (рис. 1).

Першими періодичними виданнями, у яких почали з'являтися публікації на дану тему є «Lecture Notes In Computer Science» а в останні роки більшої популярності набрали «Cancers»,

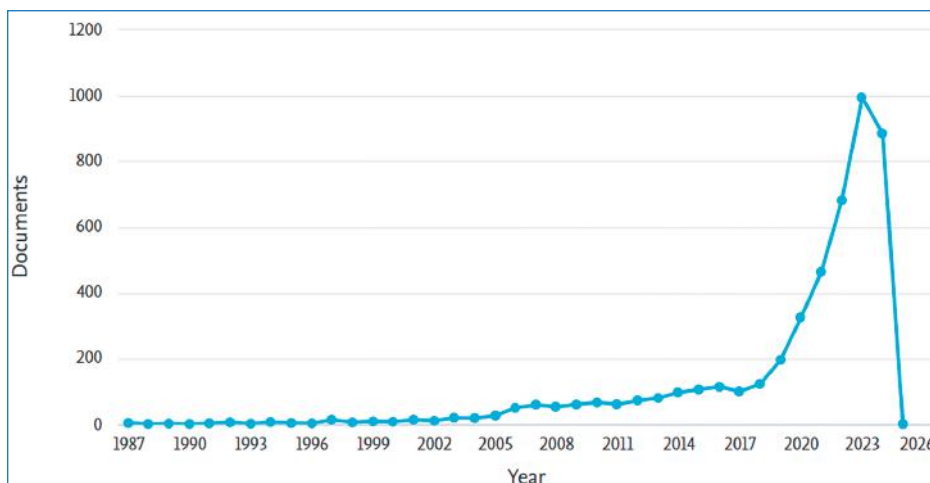


Рисунок 1 – Результат візуалізації хронології виходу публікацій на дану тему із використанням інструментів бібліометричного аналізу бази даних Scopus.

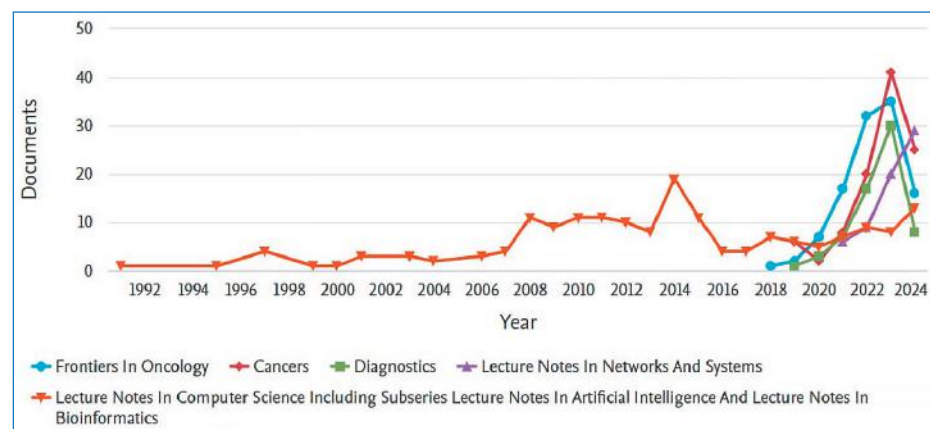


Рисунок 2 – Результат візуалізації хронології виходу публікацій по виданнях на дану тему із використанням інструментів бібліометричного аналізу бази даних Scopus.

«Frontiers In Oncology», «Diagnostics», «Lecture Notes in Networks and Systems» (рис. 2).

Серед дослідників у цій галузі переважають вчені зі Сполучених Штатів Америки, Індії, Китаю та Великої Британії, а серед найбільших спонсорських організацій можна виділити Memorial Sloan-Kettering Cancer Center (United States), Radboud University Medical Center (Netherlands).

За результатами бібліометричного аналізу 4751 публікацій у базі даних Scopus за ключовими словами «штучний інтелект» та «рак грудної залози», їх можна розподілити на 11 предметних областей, переважна

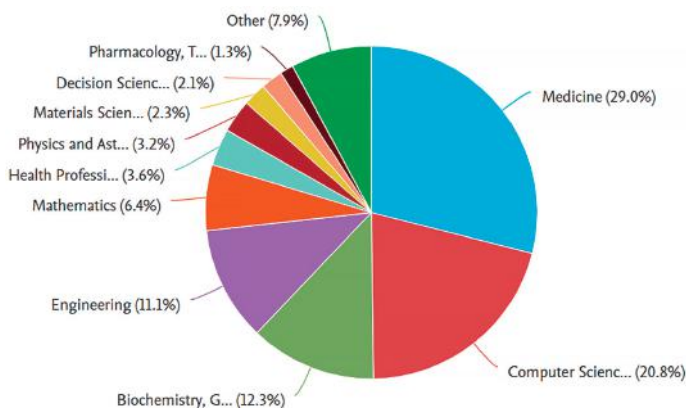
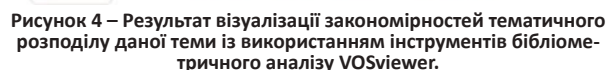


Рисунок 3 – Результат візуалізації розподілу публікацій на дану тему за предметними областями із використанням інструментів бібліометричного аналізу бази даних Scopus.



Також можна виділити 3 хронологічні етапи: дослідження за допомогою статистичних та математичних методів, розвиток штучний інтелекту та машинного навчання, застосування штучного інтелекту для автоматизації аналізу результатів методів візуалізації, початок залучення штучного інтелекту до аналізу патогістологічних зображень (**рис. 5**).

В подальшому планується проведення досліджень з метою доведення або спростування користі або шкоди використання алгоритмів ШІ під час скринінгу раку грудної залози за допомогою променевих та патогістологічних методів.

- ISSN 2077-4214. Вісник проблем біології і медицини – 2024 – Вип. 4 (175) / Bulletin of problems in biology and medicine – 2024 – Issue 4 (175)

8. Larsen M, Olstad CF, Lee CI, Hovda T, Hoff SR, Martiniussen MA, et al. Performance of an Artificial Intelligence System for Breast Cancer Detection on Screening Mammograms from BreastScreen Norway. *Radiol Artif Intell*. 2024;6(3):e230375. DOI: [10.1148/ryai.230375](https://doi.org/10.1148/ryai.230375).
9. Wilkinson AN, Billette JM, Ellison LF, Killip MA, Islam N, Seely JM. The Impact of Organised Screening Programs on Breast Cancer Stage at Diagnosis for Canadian Women Aged 40-49 and 50-59. *Curr Oncol*. 2022;29(8):5627-5643. DOI: [10.3390/curroncol29080444](https://doi.org/10.3390/curroncol29080444).
10. Christiansen SR, Autier P, Størvring H. Change in effectiveness of mammography screening with decreasing breast cancer mortality: a population-based study. *Eur J Public Health*. 2022;32(4):630-635. DOI: [10.1093/eurpub/ckac047](https://doi.org/10.1093/eurpub/ckac047).
11. Song SY, Park B, Hong S, Kim MJ, Lee EH, Jun JK. Comparison of Digital and Screen-Film Mammography for Breast-Cancer Screening: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Breast Cancer*. 2019;22(2):311-325. DOI: [10.4048/jbc.2019.22.e24](https://doi.org/10.4048/jbc.2019.22.e24).
12. Sprague BL, Kerlikowske K, Bowles EJA, Rauscher GH, Lee CI, Tosteson ANA, et al. Trends in Clinical Breast Density Assessment From the Breast Cancer Surveillance Consortium. *J Natl Cancer Inst*. 2019;111(6):629-632. DOI: [10.1093/jnci/djy210](https://doi.org/10.1093/jnci/djy210).
13. Evans A, Trimboli RM, Athanasiou A, Balleyguier C, Baltzer PA, Bick U, et al. European Society of Breast Imaging (EUSOBI), with language review by Europa Donna–The European Breast Cancer Coalition. Breast ultrasound: recommendations for information to women and referring physicians by the European Society of Breast Imaging. *Insights Imaging*. 2018;9(4):449-461. DOI: [10.1007/s13244-018-0636-z](https://doi.org/10.1007/s13244-018-0636-z).
14. Bick U, Trimboli RM, Athanasiou A, Balleyguier C, Baltzer PAT, Bernathova M, et al. European Society of Breast Imaging (EUSOBI), with language review by Europa Donna–The European Breast Cancer Coalition. Image-guided breast biopsy and localisation: recommendations for information to women and referring physicians by the European Society of Breast Imaging. *Insights Imaging*. 2020;11(1):12. DOI: [10.1186/s13244-019-0803-x](https://doi.org/10.1186/s13244-019-0803-x).
15. Schaffter T, Buist DSM, Lee CI, Nikulin Y, Ribli D, Guan Y, et al. Evaluation of Combined Artificial Intelligence and Radiologist Assessment to Interpret Screening Mammograms. *JAMA Netw Open*. 2020;3(3):e200265. DOI: [10.1001/jamanetworkopen.2020.0265](https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2020.0265). Erratum in: *JAMA Netw Open*. 2020;3(3):e204429. DOI: [10.1001/jamanetworkopen.2020.4429](https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2020.4429).
16. Larsen M, Olstad CF, Lee CI, Hovda T, Hoff SR, Martiniussen MA, et al. Performance of an Artificial Intelligence System for Breast Cancer Detection on Screening Mammograms from BreastScreen Norway. *Radiol Artif Intell*. 2024;6(3):e230375. DOI: [10.1148/ryai.230375](https://doi.org/10.1148/ryai.230375).
17. Becker AS, Mueller M, Stoffel E, Marcon M, Ghafoor S, Boss A. Classification of breast cancer in ultrasound imaging using a generic deep learning analysis software: a pilot study. *Br J Radiol*. 2018;91(1083):20170576. DOI: [10.1259/bjr.20170576](https://doi.org/10.1259/bjr.20170576).
18. Eskreis-Winkler S, Onishi N, Pinker K, Reiner JS, Kaplan J, Morris EA, et al. Using Deep Learning to Improve Nonsystematic Viewing of Breast Cancer on MRI. *J Breast Imaging*. 2021;3(2):201-207. DOI: [10.1093/jbi/wbaa102](https://doi.org/10.1093/jbi/wbaa102).
19. Yi PH, Singh D, Harvey SC, Hager GD, Mullen LA. Deep CAT: Deep Computer-Aided Triage of Screening Mammography. *J Digit Imaging*. 2021;34(1):27-35. DOI: [10.1007/s10278-020-00407-0](https://doi.org/10.1007/s10278-020-00407-0).
20. Ou WC, Polat D, Dogan BE. Deep learning in breast radiology: current progress and future directions. *Eur Radiol*. 2021;31(7):4872-4885. DOI: [10.1007/s00330-020-07640-9](https://doi.org/10.1007/s00330-020-07640-9).
21. Choi JS, Han BK, Ko ES, Bae JM, Ko EY, Song SH, et al. Effect of a Deep Learning Framework-Based Computer-Aided Diagnosis System on the Diagnostic Performance of Radiologists in Differentiating between Malignant and Benign Masses on Breast Ultrasonography. *Korean J Radiol*. 2019;20(5):749-758. DOI: [10.3348/kjr.2018.0530](https://doi.org/10.3348/kjr.2018.0530).
22. Chan HP, Hadjiiski LM, Samala RK. Computer-aided diagnosis in the era of deep learning. *Med Phys*. 2020;47(5):e218-e227. DOI: [10.1002/mp.13764](https://doi.org/10.1002/mp.13764).
23. Sheth D, Giger ML. Artificial intelligence in the interpretation of breast cancer on MRI. *J Magn Reson Imaging*. 2020;51(5):1310-1324. DOI: [10.1002/jmri.26878](https://doi.org/10.1002/jmri.26878).
24. Adachi M, Fujioka T, Mori M, Kubota K, Kikuchi Y, Xiaotong W, et al. Detection and Diagnosis of Breast Cancer Using Artificial Intelligence Based assessment of Maximum Intensity Projection Dynamic Contrast-Enhanced Magnetic Resonance Images. *Diagnostics (Basel)*. 2020;10(5):330. DOI: [10.3390/diagnostics10050330](https://doi.org/10.3390/diagnostics10050330).
25. Ayatollahi F, Shokouhi SB, Mann RM, Teuwen J. Automatic breast lesion detection in ultrafast DCE-MRI using deep learning. *Med Phys*. 2021;48(10):5897-5907. DOI: [10.1002/mp.15156](https://doi.org/10.1002/mp.15156).
26. Van Leeuwen KG, Schalekamp S, Rutten MJCM, van Ginneken B, de Rooij M. Artificial intelligence in radiology: 100 commercially available products and their scientific evidence. *Eur Radiol*. 2021;31(6):3797-3804. DOI: [10.1007/s00330-021-07892-z](https://doi.org/10.1007/s00330-021-07892-z).
27. Strohm L, Hehakaya C, Ranschaert ER, Boon WPC, Moors EHM. Implementation of artificial intelligence (AI) applications in radiology: hindering and facilitating factors. *Eur Radiol*. 2020;30(10):5525-5532. DOI: [10.1007/s00330-020-06946-y](https://doi.org/10.1007/s00330-020-06946-y).
28. Larsen M, Olstad CF, Lee CI, Hovda T, Hoff SR, Martiniussen MA, et al. Performance of an Artificial Intelligence System for Breast Cancer Detection on Screening Mammograms from BreastScreen Norway. *Radiol Artif Intell*. 2024;6(3):e230375. DOI: [10.1148/ryai.230375](https://doi.org/10.1148/ryai.230375).

ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ПРИ ДІАГНОСТИЦІ РАКУ ГРУДНОЇ ЗАЛОЗИ: БІБЛІОМЕТРИЧНИЙ АНАЛІЗ

Лахтарина Р. Ю.

Резюме. Рак грудної залози (РГЗ) залишається основною причиною смертності серед жіночого населення у всьому світі. Діагностика та лікування РГЗ обумовлюється складною взаємодією генетичних, екологічних і соціально-економічних факторів ризику. Оптимізація діагностики даної патології відбулася завдяки впровадженню скринінгу раку грудної залози за допомогою променевих методів візуалізації, але широке залучення скринінгу РГЗ потребує значних фінансових вкладень. Використання штучного інтелекту (ШІ) може покращити ефективність діагностики РГЗ, використовуючи при цьому менше ресурсів, ніж сучасна стандартна схема діагностики.

Метою роботи було провести бібліометричний аналіз та систематизацію даних щодо застосування штучного інтелекту для покращення променевої діагностики раку грудної залози.

Автори провели пошук, аналіз та систематизацію наукових публікацій щодо застосування штучного інтелекту в променевій діагностиці раку грудної залози в електронних базах даних, таких як PubMed, Scopus, Web of Science та Google Scholar, за останні 40 років за ключовими словами «штучний інтелект» та «рак грудної залози». Для візуалізації результатів дослідження застосовувалися інструменти бібліометричного аналізу бази даних Scopus та система побудови бібліометричних мереж VOSviewer.

За результатами бібліометричного аналізу публікацій у базі даних Scopus за ключовими словами «штучний інтелект» та «рак грудної залози», було встановлено, що за останні 5 років значно збільшилась кількість статей у даній галузі, а найбільше досліджень проводиться в Сполучених Штатах Америки, Індії, Китаю та Великій Британії. Дані публікації можна розподілити на 11 предметних областей, переважна більшість яких належить до медицини, комп'ютерних наук, біохімії, інженерії та математики.

За допомогою інструментів візуалізації бібліометричних мереж VOSviewer 4751 публікацій у базі даних Scopus за ключовими словами «штучний інтелект» та «рак грудної залози» можна розподілити на 3 тематичні кластери: штучний інтелект та машинне навчання, променеві методи візуалізації РГЗ, патоморфологічна діагностика та лікування РГЗ.

Також можна виділити 3 хронологічні етапи: дослідження за допомогою статистичних та математичних методів, розвиток штучний інтелекту та машинного навчання, застосування штучного інтелекту для автоматизації аналізу результатів методів візуалізації, початок залучення штучного інтелекту до аналізу патогістологічних зображень.

Ключові слова: штучний інтелект, рак грудної залози, шкала BI-RADS, скринінг, бібліометричний аналіз.

THE APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE DIAGNOSIS OF BREAST CANCER: BIBLIOMETRIC ANALYSIS

Lakhtaryna R. Yu.

Abstract. Breast cancer (BC) remains the leading cause of death among women worldwide. Diagnosis and treatment of BC is determined by a complex interaction of genetic, environmental and socio-economic risk factors. Optimization of the diagnosis of this pathology took place thanks to the introduction of breast cancer screening using radiation imaging methods, but the widespread involvement of BC screening requires significant financial investments. The use of artificial intelligence (AI) can reduce the level of subjectivity and improve the efficiency of the diagnosis of BC, while using fewer resources than the current standard diagnostic scheme.

The aim of the work was to carry out a bibliometric analysis and systematization of data on the use of artificial intelligence to improve the radiation diagnosis of breast cancer.

The authors searched, analyzed, and systematized scientific publications on the use of artificial intelligence in radiation diagnosis of breast cancer in electronic databases such as PubMed, Scopus, Web of Science, and Google-Scholar over the past 40 years using the keywords “artificial intelligence” and “breast cancer”. Tools for bibliometric analysis of the Scopus database and the VOSviewer system for building bibliometric networks were used to visualize the research results.

According to the results of a bibliometric analysis of publications in the Scopus database using the keywords “artificial intelligence” and “breast cancer”, it was established that over the past 5 years the number of articles in this field has increased significantly, and most research is conducted in the United States of America, India, China and Great Britain. Publication data can be divided into 11 subject areas, the vast majority of which belong to medicine, computer science, biochemistry, engineering and mathematics.

Using VOSviewer bibliometric network visualization tools, 4,751 publications in the Scopus database using the keywords “artificial intelligence” and “breast cancer” can be divided into 3 thematic clusters: artificial intelligence, imaging methods, pathomorphology of breast cancer.

It is also possible to distinguish 3 chronological stages: research using radiological and pathomorphological methods, the use of artificial intelligence to automate the analysis of the results of imaging methods, the beginning of the involvement of artificial intelligence in the analysis of pathohistological images.

Key words: artificial intelligence, breast cancer, BI-RADS, screening, bibliometric analysis.

ORCID and contributionship / ORCID кожного автора та їх внесок до статті:

Lakhtaryna R. Yu.: <https://orcid.org/0009-0001-8017-788X>^{ABCDEF}

Corresponding author / Адреса для кореспонденції

Ruslana Yuriivna Lakhtaryna / Лахтарина Руслана Юріївна

Sumy State University / Сумський державний університет

Ukraine, 40007, Sumy, 116 Kharkivska str. / Адреса: Україна, 40007, м. Суми, вул. Харківська 116

Tel.: +380994553180 / Тел.: +380994553180

E-mail: r.lakhtaryna@med.sumdu.edu.ua

A – Work concept and design, B – Data collection and analysis, C – Responsibility for statistical analysis, D – Writing the article, E – Critical review, F – Final approval of the article / A – концепція роботи та дизайн, B – збір та аналіз даних, C – відповідальність за статичний аналіз, D – написання статті, E – критичний огляд, F – остаточне затвердження статті.

Received 10.07.2024 / Стаття надійшла 10.07.2024 року
Accepted 14.11.2024 / Стаття прийнята до друку 14.11.2024 року

DOI 10.29254/2077-4214-2024-4-175-54-63

UDC 612.126:616.314.9-002.4-071-08

Liubarets S. F., Liubarets T. F.

THE ROLE OF INDICATORS OF MINERAL METABOLISM IN THE DEVELOPMENT OF COMPLICATIONS OF TOOTH FORMATION DISORDERS IN CHILDREN

Bogomolets National Medical University (Kyiv, Ukraine)

slub@ukr.net

In the spectrum of children's dental diseases, a significant share is made up of disorders of tooth formation. The imbalance of mineral metabolism, caused by various etiological factors, which occurs in the body as a whole, leads, in particular, to disturbances in the mineralization processes of the hard tissues of the teeth and the development of a number of complications, primarily caries.