УДК 616.314.17-008.1
DOI https://doi.org/10.32782/2786-7684/2025-2-7

Гончарук-Хомин Мирослав Юрійович,
PhD, доцент, завідувач кафедри терапевтичної стоматології,
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»
ORCID ID: 0000-0002-7482-3881
м. Ужгород, Україна

Тарасовська Уляна Євгенівна,
лікар-стоматолог, приватна практика
ORCID ID: 0009-0002-1207-0690
м. Львів, Україна

Конько Юлія Василівна,
лікар-стоматолог, приватна практика
ORCID ID: 0009-0007-9645-5593
м. Тернопіль, Україна

Черкашин Олексій Олегович,
аспірант кафедри ортопедичної стоматології,
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»
ORCID ID: 0009-0007-0677-2908
м. Ужгород, Україна

Аналіз ефективності моделей штучного інтелекту та машинного навчання для верифікації втрати кісткової тканини як критерію оцінки стану тканин пародонта за даними ортопантомографії

Вступ. Моделі штучного інтелекту забезпечують понад 70% точність у класифікації випадків пародонтиту за різними використовуваними наборами даних, проте найзначущіша частка таких представлена саме ортопантомограмами.

Мета дослідження. Проаналізувати дані щодо ефективності застосування моделей штучного інтелекту та машинного навчання для верифікації втрати кісткової тканини в проекції власних зубів як критерію оцінки стану тканин пародонта за даними ортопантомографії та встановити показники точності таких моделей у структурі комплексної діагностики пародонтологічних хворих.

Матеріали та методи. Опрацювання публікацій відібраних до первинної когорти наукових робіт проводилося шляхом аналізу їх тексту та мануальної екстракції даних у відповідності до наступних досліджуваних категорій: критерії, котрі використовувалися з метою оцінки ефективності застосування моделі штучного інтелекту, орієнтованої на детекцію, квантифікацію та/або класифікацію рівня втрати кісткової тканини в проекції власних зубів за даними ортопантомограм; показники ефективності функціонування апробованих моделей у відповідності до застосовуваних критеріїв; використовувана технологія (алгоритм), яка лягла в основу розробки запропонованої цільової моделі штучного інтелекту.

Результати досліджень та їх обговорення. Превалююча частина досліджень демонструвала досвід застосування саме згорткових нейронних мереж як основного підходу у структурі моделей штучного інтелекту, орієнтованих на верифікацію та класифікацію рівня втрати кісткової тканини в проекції власних зубів за даними ортопантомограм. Кумулятивна діагностична точність таких мереж, використовуваних з вищезгаданою метою, за даними попередньо проведених досліджень складала 0,85, кумулятивна чутливість – 0,84, кумулятивна специфічність – 0,85. Опрацювання ортопантомограм з використанням моделей машинного навчання характеризувалося високою ефективністю щодо верифікації кумулятивної втрати кісткової тканини в проекції усіх наявних зубів.

Висновки. В ході проведеного огляду літератури, присвяченого оцінці ефективності застосування клінічно-орієнтованих моделей штучного інтелекту та машинного навчання розроблених для верифікації втрати кісткової тканини в проекції власних зубів, було встановлено, що точність даних моделей згідно результатів опублікованих досліджень виражено зросла після 2020 року, критично наблизившись до усередненого показника в 90%, хоча окремі наукові роботи демонструють відмінні показники. Дані літератури періоду 2020–2024 років засвідчують виражений позитивний ріст саме показника чутливості вищезгаданих моделей, тоді як позитивні зміни показника специфічності є менш вираженими з точки зору динаміки. Згорткові нейронні мережі представляють підхід, який найчастіше за даними літератури використовується з метою розробки моделей штучного інтелекту, орієнтованих на детекцію та класифікацію рівнів втрати кісткової тканини в проекції власних зубів за даними ортопантомографії.

Ключові слова: штучний інтелект, машинне навчання, пародонтит, втрата кістки, діагностика, ортопантомограми, рентгенологічне дослідження, ротова порожнина, пародонт, зуб, критерії оцінки.

Goncharuk-Khomyn Myroslav Yuriyovich, PhD, Associate Professor, Head of Department of Restorative Dentistry Uzhhorod National University, ORCID ID: 0000-0002-7482-3881, Uzhhorod, Ukraine

Tarasovska Yuliana Yevhenivna, Dental practitioner, private practice, ORCID ID: 0009-0002-1207-0690 Lviv, Ukraine

Konko Yuliia Vasylivna, Dental practitioner, private practice, ORCID ID: 0009-0007-9645-5593 Ternopil, Ukraine

Cherkashyn Oleksii Olehovych, Postgraduate Student at the Department of Prosthetic Dentistry Uzhhorod National University, ORCID ID: 0009-0007-0677-2908, Uzhhorod, Ukraine

Analysis of artificial intelligence and machine learning models' effectiveness in regards to bone loss verification as a criterion for assessing the state of periodontal tissues based on orthopantomography data

Introduction. Artificial intelligence models provide over 70% accuracy in classifying periodontitis cases using datasets of various nature, however, the most significant proportion of such was represented by orthopantomograms.

Objective of the research. To analyze data on the effectiveness of using various artificial intelligence and machine learning models for the bone loss verification within the projection of natural teeth as a criterion for assessing the state of periodontal tissues based on orthopantomography data and to establish the accuracy indicators of such models in the structure of comprehensive diagnostics of periodontal patients.

Materials and methods. Processing of publications selected for the primary cohort of scientific works was carried out by analyzing their text and providing manual data extraction in accordance with the following research categories: criteria that were used to assess the effectiveness of an artificial intelligence models focused on the detection, quantification and/or classification of the bone loss level in the projection of natural teeth based on orthopantomography data; indicators of the tested models performance effectiveness in accordance with the criteria used in different studies; the technologies (algorithms), which formed the basis for the development of the proposed target artificial intelligence models.

Results and discussions. The prevailing part of the studies demonstrated the experience of using convolutional neural networks as the main approach in the structure of artificial intelligence models focused on verifying the level of bone loss in the projection of natural teeth based on the orthopantomography data. According to previously conducted studies cumulative diagnostic accuracy of such networks used for the above-mentioned purpose was equaled to 0,85, while cumulative sensitivity was equaled to 0,84, and cumulative specificity was equaled to 0,85. The processing of orthopantomograms using machine learning models was characterized by high efficiency in verifying cumulative bone loss in the projection of remaining dentition.

Conclusions. During the literature review conducted to assess the effectiveness of clinically-oriented artificial intelligence and machine learning models for the verification of bone loss in the projection of remaining dentition, it was found that the accuracy of these models according to previously published studies has increased significantly after 2020, critically approaching the average indicator of 90%, meanwhile some studies demonstrated data controversial to generally established tendencies. Literature data of the 2020–2024 period indicates a pronounced positive growth in the sensitivity indicator of the above-mentioned models, while positive changes in the specificity indicator are less pronounced in terms of dynamics. Convolutional neural networks represent the approach most frequently described in the literature as usable for the development of artificial intelligence models focused on detecting and classifying levels of bone loss in the projection of natural teeth based on the orthopantomography data.

Key words: artificial intelligence, machine learning, periodontitis, bone loss, diagnostics, orthopantomograms, radiological examination, oral cavity, periodontium, tooth, assessment criteria.

Вступ. З точки зору методології опрацювання даних із залученням технологій штучного інтелекту результати цифрової рентгенографії представляють один із найбільш адаптивних для аналізу наборів діагностичної інформації з достатньо чіткими диференційними та категоризаційними характеристиками в структурі пулу варіативних змінних, які достатньо широко використовуються в щоденній стоматологічній практиці [1, 2]. Результати систематичного огляду Revilla-Leon M. та колег від 2023 року засвідчили, що серед доступних на момент проведення дослідження моделей штучного інтелекту, орієнтованих на застосування з метою діагностики стану тканин пародонта, найбільш популярними у розробці були такі, які фокусувались на об'єктивізації рівня втрати кісткової тканини за даними цифрової рентгенографії, точність яких складала 73,4–99% [3]. Релевантність даних моделей обґрунтована тим, що рівень втрати кісткової тканини в проекції зубів залишається одним із провідних критеріїв для диференціації випадків пародонтиту за стадією розвитку та ступенем важкості, проте потребує уваги той факт, що не всі рентгенологічні підходи характеризуються однаковою діагностичною точністю по відношенню до можливості об'єктивізації змін рівня кісткової тканини [4].

Lee C-T. та співавтори в 2021 році повідомили про високу чутливість та специфічність моделі глибинного навчання, сформульованої для визначення втрати рівня альвеолярної кісткової тканини за даними періапікальних рентгенограм, при цьому зазначивши, що застосування з аналогічною ціллю ортопантомограм пов'язано з рядом особливостей (дисторціями, ефектом графічного взаємонакладання досліджуваних ділянок інтересу, порівняно нижчим рівнем роздільної здатності), які обмежують їх широке використання у якості основного матеріалу для обрахунку відповідних показників [5]. Проте уже в 2025 році. Zhang J. та колеги засвідчили, що моделі штучного інтелекту забезпечують понад 70% точність у класифікації випадків пародонтиту за різними використовуваними наборами даних, проте найзначущіша частка серед таких була представлена саме ортопантомограмами, опрацювання котрих проводилося в основному методом конволюційних (згорткових) нейронних мереж [6]. Результати систематичного огляду Turosz N. констатували 93,09% точність моделей штучного інтелекту, розроблених для верифі-

кації втрати кісткової тканини в проекції власних зубів за даними ортопантомограм [7], значущість котрих як достатньо надійного набору цифрових даних для презумптивної підозри на наявність пародонтиту також була пізніше підтверджена і даними систематичного огляду Fidyawati D. та колег від 2024 р. [8].

Період 2023–2025 років характеризувався прогресуючим трендом розвитку, розробки та вдосконалення підходів діагностичного характеру на основі технологій машинного навчання, що спровокувало появу як варіативних зразків програмного забезпечення (ПЗ), так і власне нових адаптованих моделей цифрового аналізу даних, які можуть бути ефективно використані в стоматологічній практиці. Значна частина вищезгаданого ПЗ та власне аналітичних моделей характеризується діагностичним спрямуванням саме в пародонтологічній практиці, а імплементації даних технологій в структуру комплексного алгоритму діагностики пародонтологічних пацієнтів уже підтвердила свою значущість з точки зору оптимізації та персоніфікації лікувально-діагностичних процесів [8, 9, 10, 11].

Проте, враховуючи постійний характер вдосконалення та видозмін алгоритмів штучного інтелекту, доцільним є проведення уточнюючих та порівняльно-аналітичних досліджень, які б сприяли об'єктивізації не тільки фактичних рівнів ефективності різних технологій машинного навчання, котрі застосовуються в клінічній стоматологічній практиці, але й дозволили б виокремити тенденцію змін даних підходів за останні декілька років для прогнозу та планування наступних науково-дослідних робіт експериментального спрямування.

Мета. Проаналізувати дані щодо ефективності застосування моделей штучного інтелекту та машинного навчання для верифікації втрати кісткової тканини в проекції власних зубів за даними ортопантомографії як критерію оцінки стану тканин пародонта та встановити показники точності таких у структурі комплексної діагностики пародонтологічних хворих.

Матеріали та методи. Формування первинної когорти цільових наукових робіт проводилося на основі пошуку таких через сервіс Google Scholar (https://scholar.google.com/) з використанням функцій розширеного пошуку та наступного набору ключових слів: "artificial intelligence", "machine learning", "bone loss", "orthopantomogram", "periodontitis". Пошук саме через Google Scholar був реалізований з метою формування гетерогенної вибірки наукових робіт, яка б з однієї сторони в найбільшій мірі відображала варіативність ефективності розроблених та апробованих моделей, а також аспекти, пов'язані з проблематикою їх реалізації, і крім того надавала б можливість аналізу результатів, представлених в поодиноких постерних доповідях чи тезах конференцій, які не індексувалися у наукометричних базах, проте потенційно могли б демонструвати стартап-ідеї нових підходів машинного навчання, або ж первинні показники їх функціонування, оцінені за різними статистичними критеріями.

Попереднє виключення окремих наукових публікацій на основі аналізу лише їх назви чи змісту анотації не проводилося з метою максимізації обсягу первинного обсягу інформації, яка піддавалась опрацюванню, а також з метою ретенції тих даних, які б могли мати непряме або ж опосередкове відношення в розрізі оцінки ефективності, особливостей реалізації чи проблематики функціонування моделей штучного інтелекту, орієнтованих на визначення рівня втрати кісткової тканини за даними цифрової ортопантомографії.

Опрацювання публікацій відібраних до первинної когорти наукових робіт проводилося шляхом аналізу їх тексту та мануальної екстракції даних у відповідності до наступних досліджуваних категорій:

1) критерії, котрі використовувалися з метою оцінки ефективності застосування моделі штучного інтелекту, орієнтованої на детекцію, квантифікацію та/або класифікацію рівня втрати кісткової тканини в проекції власних зубів за даними ортопантомограм;

2) показники ефективності функціонування апробованих моделей у відповідності до застосовуваних критеріїв;

3) використовувані технології (алгоритми), які лягла в основу розробки запропонованих цільових моделей штучного інтелекту.

Групування екстрагованих даних проводилося у програмному забезпеченні Microsoft Excel 2019 (Microsoft Office 2019, Microsoft, США) з подальшим їх сортуванням, побудовою графіків взаємозв'язків, виокремленням найбільш значущих блоків числових та текстових наборів інформації, асоційованих з метою даного дослідження, що в подальшому було представлено у дескриптивній формі.

Виклад основного матеріалу дослідження. Доступні дані щодо ефективності різних алгоритмів штучного інтелекту та машинного навчання, орієнтованих на детекцію та/або класифікацію рівнів втрати кісткової тканини в проекції власних зубів за даними ортопантомографії, характеризуються вираженою неузгодженістю показників щодо категорій аналізу, застосовуваних у даному дослідженні, а також в розрізі власне використовуваних архітектур підходів, методів валідації та принципів функціонування відповідних моделей. Відтак опис найбільш значущих даних, екстрагованих в ході контент-аналізу, представлений у хронологічному порядку та/або ж з врахуванням принципових відмінностей у структурі проаналізованих досліджень.

Polizzi A. та колеги систематизували наступні моделі штучного інтелекту, які найчастіше використовуються з метою діагностичних цілей в пародонтології: штучні нейронні мережі, метод опорних векторів, дерева рішень, логістична регресія та ансамблеві методи на зразок random forest [9].

У 2019 році Krois J. та співавтори повідомили про точність розробленої моделі глибинного навчання на рівні 0,81 з середніми показниками чутливості та специфічності в 0,81 по відношенню до коректності детекції та класифікації втрати кісткової тканини в проекції власних зубів за даними ортопантомографії [10]. Потребує уваги той факт, що описана авторами модель була аналогічною за точністю усередненому показнику відміченому серед когорти шести лікарів-стоматологів-експертів, проте специфічність такої моделі

була на порядок вищою [10]. В тому ж році Kim J. та колеги повідомили про розробку глибинної нейронної мережі DeNTNet, орієнтованої на виконання того ж завдання, яка в умовах збалансованого режиму чутливості та специфічності дозволяла досягнути показників таких на рівні 0,77 та 0,95 відповідно, у високочутливому режимі – 0,87 чутливості та 0,90 специфічності, і у високоспецифічному режимі – 0,74 чутливості та 0,96 специфічності, в той час як усереднені показники оцінки клініцистів складали 0,78 чутливості та 0,92 специфічності [11].

У 2020 році Chang H.-J. та колеги запропонували комбінований підхід, який складався з архітектури глибинного навчання задля етапу детекції та комп'ютерно-асистованої діагностики задля етапу класифікації. Ефективність даного підходу була доведена досягнутими значеннями індексу Жаккара в 0,92, піксельної точності в 0,93 та коефіцієнту Дайса в 0,88 по відношенню до об'єктивізації рівня кісткової тканини в проекції власних зубів [12]. Водночас варто відмітити, що дані показники були дещо нижчими по відношенню до автоматичної верифікації рівня цементно-емалевої границі, відносно якої проводились вимірювання, що в свою чергу потенційно пов'язано із зниженням ефективності використовуваної моделі щодо порогового значення в 90% [12].

Bayrakdar S. K. та співавтори представили конволюційну нейронну мережу з чутливістю в 0,94 та специфічністю в 0,88 щодо факту верифікації втрати кісткової тканини на цифрових ортопантомограмах, однак дослідники не представили даних щодо порівняльної точності розробленої моделі по відношенню до значень, характерних для усередненої вибірки клінічних експертів [13]. Крім того перевірка точності моделі проводилася на порівняно на малому датасеті в 105 ортопантомограм [13]. Sunnetci K. та співавтори продемонстрували, що використання архітектури навчання по типу AlexNet характеризувалося вищими показниками точності моделі щодо класифікації випадків з наявною втратою кісткової тканини за даними ортопантомографії, ніж використання з аналогічною метою архітектури SqueezeNet [14]. Точність апробованої моделі сягала 81,49%, чутливість – 84,57%, а специфічність – 79,14% [14].

У дослідженні Zadrozny L. та співавторів використання інтернет-локалізованого AI-розробленого програмного забезпечення для аналізу ортопантомограм характеризувалося 0,801 чутливістю та 0,847 специфічністю щодо верифікації рівня втрати кісткової тканини в проекції власних зубів [15]. Потребує уваги той факт, що використовуване програмне забезпечення характеризувалося показниками специфічності вищими за 0,9 в усіх досліджуваних категоріях (карієс, періапікальні ураження, реставрації, ендодонтично-проліковані зуби), окрім рівня втрати кісткової тканини [15].

Застосування тієї ж згорткової нейронної мережі каскадного типу у іншому дослідженні сприяло можливості досягнення 0,98 точності веб-локалізованої моделі для верифікації та категоризації рівня втрати кісткової тканини в проекції власних зубів за даними ортопантомограм, при цьому показник точності критично не відрізнявся для ділянок фронтальних та дистальних зубів [16].

Вдосконалення програмного забезпечення CranioCatch на основі згорткової нейронної мережі дозволило досягнути наступних показників об'єктивізації втрати кісткової тканини в проекції власних зубів на основі ортопантомограм: по відношенню до факту кумулятивної редукції кістки чутливість складала 0,995 і точність 0,994, по відношення до горизонтального патерну втрати кісткової тканини – 0,947 та 0,892 відповідно, по відношенню до вертикального патерну втрати кісткової тканини – 0,558 та 0,506 відповідно [17].

На відміну від результатів попередніх досліджень в 2024 році Mardini D. C. та співавтори повідомили, що апробована ними модель машинного навчання для автоматичної верифікації втрати кісткової тканини в проекції власних зубів на основі даних ортопантомографії характеризувалася чутливістю лише в діапазоні 0,4–0,5 та специфічністю 0,393–0,569 у випадках незначної та помірної втрати кісткової тканини, і не була достатньою точною при вираженій редукції кісткового обсягу на фоні пародонтиту III та IV стадій [18]. Водночас значний недолік апробованої авторами моделі полягав у потребі попереднього мануального опрацювання ортопантомограм перед процесингом її з використанням алгоритму штучного інтелекту.

Враховуючи ідентифіковану неузгодженість результатів окремих досліджень, було проведено додаткове опрацювання даних наукових робіт систематичного характеру та їх порівняння між собою для узагальнення результатів щодо фактичної ефективності функціонування цільових моделей штучного інтелекту. Зокрема, результати систематичного огляду досліджень, орієнтованих на предикцію пародонтиту шляхом процесингу цифрових ортопантомограм з використанням моделей штучного інтелекту, підтвердити чутливість таких в діапазоні 0,7–0,9, а специфічність – в діапазоні 0,46–0,96 [8], при цьому точність апробованих моделей була вищою в проекції дистальних зубів, ніж в проекції різців та ікол, що, очевидно, пов'язано із особливостями побудови ортопантомографічного зображення. Крім того, одразу у декількох дослідженнях було відмічено, що доступні сети ортопантомограм характеризувалися дефіцитом належного рівня їх гомогенізації як цифрових наборів даних. Попри це систематичний огляд Tariq A. та співавторів дозволив зрезюмувати, що застосування моделей штучного інтелекту для визначення рівня втрати кісткової тканини за результатами ортопантомографії характеризується превалюючою точністю в понад 80%, діапазоном специфічності в 63–98,1%, та максимальним рівнем чутливості у 94% [19]. Систематичний огляд Ferrara E. та колег від 2025 року підкреслив, що діапазон точності моделей ШІ, орієнтованих на верифікацію втрати кістки за даними ортопантомографії, складає 73–98,6% і залежить від специфічності реалізованих завдань даних моделей та їх архітектури [20]. Доступні моделі на основі згорткових нейронних мереж продемонстрували точність ідентифікації пародонтологічно компрометованих молярів у 81%, а премолярів – у 76,7% випадків

[20]. Мета аналітичне опрацювання даних дозволило резюмувати чутливість такого роду моделей ШІ на рівні 87% (95% ДІ 80-93%), специфічність на рівні 76% (95% ДІ 69-81%), точність на рівні 84% (95% 75–91%) [21]. Однак мета-аналіз проведений з використанням критеріїв APPRAISE-AI серед доступних досліджень, які використовували двомірні рентгенологічні дані для оцінки рівня втрати кісткової тканини в проекції власних зубів, відмітив, що більшість таких досліджень (63,3%) характеризувалася посередньою якістю, лише 23,3% – високою якістю, і жодне з досліджень не відповідало критеріям дуже високого рівня якості [21].

Аналіз попередніх систематичних оглядів, присвячених вивченню можливостей опрацювання даних ортопантомографії із застосуванням технологій штучного інтелекту, дозволив виявити, що навіть при порівнянні показників різних досліджень, опублікованих в 2019 та 2020 роках, однорічний період розвитку технологій машинного навчання сприяв зростанню показників точності на 12,09% (з 81% до 93,09%), чутливості – на 5,5% (з 78,5% до 84%) та специфічності на 0,62% (з 87,38% до 88%) щодо верифікації рівня втрати кісткової тканини в проекції власних зубів [7].

Преваліююча частина досліджень демонстрували досвід застосування саме згорткових нейронних мереж як основного підходу у структурі моделей штучного інтелекту, орієнтованих на верифікацію рівня втрати кісткової тканини в проекції власних зубів за даними ортопантомографії. Згорткові нейронні мережі через наявність у їх структурі декількох шарів є найбільш адаптивними для застосування з метою класифікації випадків втрати кісткової тканини в проекції власних зубів за даними ортопантомографії та подальшої об'єктивізації показників [22]. Кумулятивна діагностична точність таких мереж, використовуваних з вищезгаданою метою, складала 0,854 (95%ДІ 0,816–0,892), кумулятивна чутливість – 0,84 (95% ДІ 0,799–0,881), кумулятивна специфічність – 0,85 (95% ДІ 0,803–0,886) [22]. У науковій роботі Xu T. та колег від 2024 року дослідники повідомили, що варіації показників втрати кісткової тканини за даними ортопантомографії, визначені з використанням згорткової нейронної мережі, складали лише 5,28% по відношенню до еталону, який був представлений усередненими значенням трьох лікарів-пародонтологів-експертів [23].

Одразу у низці досліджень було повідомлено, що у випадках застосування згорткових нейронних мереж з метою верифікації рівня втрати кісткової тканини кінцева ефективність розробленої моделі залежить від обсягу та якості первинно проаналізованих даних ортопантомограм, які використовуються для тренування моделі штучного інтелекту [24, 25]. Дефіцит обсягу тренувальних даних може провокувати розвиток ефекту «овер-фітингу», коли алгоритм визначає статистичні залежності на основі сформованого набору даних, які є справедливим лише для цього набору, і не поширюються на усю генеральну сукупність, що в результаті є відповідальним за низьку точність моделі AI при її апробації на інших сетах даних [12].

У низці порівняльних досліджень було повідомлено, що опрацювання періапікальних рентгенограм з використанням технології штучного інтелекту сприяє вищій ефективності автоматичного визначення втрати рівня оточуючої тканини в проекції кожного окремого зуба, ніж використання з аналогічною метою ортопантомограм [26]. Водночас опрацювання ортопантомограм з використанням моделей машинного навчання характеризувалося вищою ефективністю щодо верифікації кумулятивної втрати кісткової тканини в проекції усіх резидуальних одиниць зубного ряду в цілому, або ж в проекції окремих груп зубів (рис. 1–2).

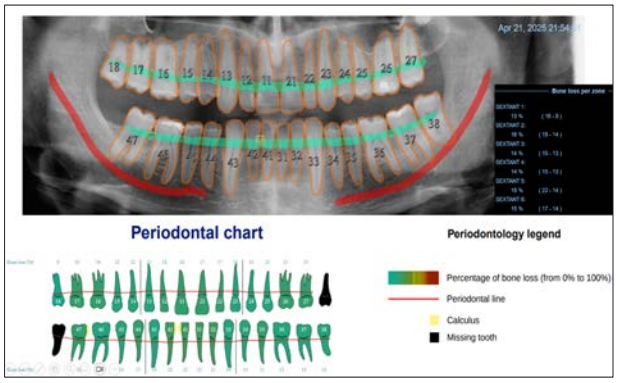


Рис. 1. Результати опрацювання ортопантомограми пацієнта А з використанням моделі штучного інтелекту програмного забезпечення WeDiagnostiX (WeDiagnostiX, Франція)

(із добірки клінічних випадків та експериментальних напрацювань Гончарука-Хомина М. Ю.)

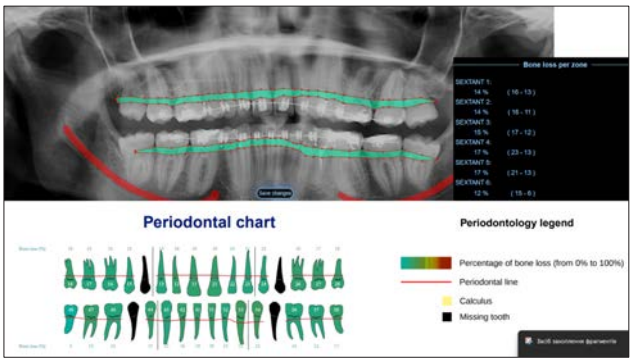


Рис. 2. Результати опрацювання ортопантомограми пацієнтки Б з використанням моделі штучного інтелекту програмного забезпечення WeDiagnostiX (WeDiagnostiX, Франція)

(із добірки клінічних випадків та експериментальних напрацювань Гончарука-Хомина М. Ю.)

Доцільність використання моделей штучного інтелекту, орієнтованих на детекцію втрати кісткової тканини в проекції власних зубів за даними ортопантомографії, може бути обґрунтована можливістю ранньої ідентифікації пацієнтів групи ризику, які в подальшому можуть потенційно потребувати диспансеризації та корекції плану моніторингу та частоти періодичних візитів з контролюючою метою. Дані попередніх досліджень також засвідчують, що попри цільову орієнтованість моделей штучного інтелекту щодо об'єктивізації

рівнів втрати кісткової тканини за даними ортопантомографії, враховуючи, що сам метод рентгенологічної діагностики не позбавлений недоліків наявних артефактів та дисторцій зображення, доцільним є обрахунок індексних показників втрати рівня кісткової підтримки виходячи з вимірювань відносно трьох референтних точок: цементно-емалевої границі, найбільш апікальної точки кореня та найбільш апікальних точок рівня кістки з мезіальної та дистальної сторін зубів.

Висновки. В ході проведеного огляду літератури, присвяченого оцінці ефективності застосування клінічно-орієнтованих моделей штучного інтелекту та машинного навчання для верифікації втрати кісткової тканини, було встановлено, що точність даних моделей за даними опублікованих досліджень виражено зросла після 2020 року, критично наближившись до усередненого показника в 90%. Дані літератури періоду 2020–2024 років засвідчують виражений позитивний ріст саме показника чутливості вищезгаданих моделей, тоді як позитивні зміни показника специфічності є менш вираженими з точки зору динаміки. Згорткові нейронні мережі представляють підхід, який найчастіше за даними літератури використовується з метою розробки моделей штучного інтелекту, орієнтованих на детекцію та класифікацію рівнів втрати кісткової тканини в проекції власних зубів за даними ортопантомографії. Ефективність розроблених моделей на основі згорткових нейронних мереж залежить від обсягу та якості первинно проаналізованих даних ортопантомограм, які використовуються для цільового тренування алгоритму.

REFERENCES

1. Putra RH, Doi C, Yoda N, Astuti ER, Sasaki K. Current applications and development of artificial intelligence for digital dental radiography. Dentomaxillofacial Radiology. 2022 Jan 1;51(1):20210197. https://doi.org/10.1259/dmfr.20210197
2. Katsumata A. Deep learning and artificial intelligence in dental diagnostic imaging. Japanese Dental Science Review. 2023 Dec 1;59:329-33. https://doi.org/10.1016/j.jdsr.2023.09.004
3. Revilla-León M, Gómez-Polo M, Barmak AB, Inam W, Kan JY, Kois JC, Akal O. Artificial intelligence models for diagnosing gingivitis and periodontal disease: A systematic review. The Journal of Prosthetic Dentistry. 2023 Dec 1;130(6):816-24. https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2022.01.026
4. Jacobs R, Fontenele RC, Lahoud P, Shujaat S, Bornstein MM. Radiographic diagnosis of periodontal diseases–Current evidence versus innovations. Periodontology 2000. 2024 Jun;95(1):51-69. https://doi.org/10.1111/prd.12580
5. Lee CT, Kabir T, Nelson J, Sheng S, Meng HW, Van Dyke TE, Walji MF, Jiang X, Shams S. Use of the deep learning approach to measure alveolar bone level. Journal of clinical periodontology. 2022 Mar;49(3):260-9. https://doi.org/10.1111/jcpe.13574
6. Zhang J, Deng S, Zou T, Jin Z, Jiang S. Artificial intelligence models for periodontitis classification: A systematic review. Journal of Dentistry. 2025 Mar 17:105690. https://doi.org/10.1016/j.jdent.2025.105690
7. Turosz N, Chęcińska K, Chęciński M, Brzozowska A, Nowak Z, Sikora M. Applications of artificial intelligence in the analysis of dental panoramic radiographs: an overview of systematic reviews. Dentomaxillofacial Radiology. 2023 Oct 1;52(7):20230284. https://doi.org/10.1259/dmfr.20230284
8. Fidyawati D, Masulili SL, Iskandar HB, Suhartanto H, Soeroso Y. Artificial Intelligence for Detecting Periodontitis: Systematic Literature Review. The Open Dentistry Journal. 2024 May 2;18(1). https://doi.org/10.2174/0118742106279454240321044427
9. Polizzi A, Quinzi V, Lo Giudice A, Marzo G, Leonardi R, Isola G. Accuracy of artificial intelligence models in the prediction of periodontitis: a systematic review. JDR Clinical & Translational Research. 2024 Oct;9(4):312-24. https://doi.org/10.1177/23800844241232318
10. Krois J, Ekert T, Meinhold L, Golla T, Kharbot B, Wittemeier A, Dörfer C, Schwendicke F. Deep learning for the radiographic detection of periodontal bone loss. Scientific reports. 2019 Jun 11;9(1):8495. https://doi.org/10.1038/s41598-019-44839-3
11. Kim J, Lee HS, Song IS, Jung KH. DeNTNet: Deep Neural Transfer Network for the detection of periodontal bone loss using panoramic dental radiographs. Scientific reports. 2019 Nov 26;9(1):17615. https://doi.org/10.1038/s41598-019-53758-2
12. Chang HJ, Lee SJ, Yong TH, Shin NY, Jang BG, Kim JE, Huh KH, Lee SS, Heo MS, Choi SC, Kim TI. Deep learning hybrid method to automatically diagnose periodontal bone loss and stage periodontitis. Scientific reports. 2020 May 5;10(1):7531. https://doi.org/10.1038/s41598-020-64509-z
13. Kurt S, Çelik Ö, Bayrakdar İŞ, Orhan K, Bilgir E, Odabas A, Aslan AF. Success of aartificial intelligence system in determining alveolar bone loss from dental panoramic radiography images. Cumhuriyet Dental Journal. 2020 Dec 31;23(4):318-24. https://doi.org/10.7126/cumudj.777057
14. Sunnetci KM, Ulukaya S, Alkan A. Periodontal bone loss detection based on hybrid deep learning and machine learning models with a user-friendly application. Biomedical Signal Processing and Control. 2022 Aug 1;77:103844. https://doi.org/10.1016/j.bspc.2022.103844
15. Zadrożny Ł, Regulski P, Brus-Sawczuk K, Czajkowska M, Parkanyi L, Ganz S, Mijiritsky E. Artificial intelligence application in assessment of panoramic radiographs. Diagnostics. 2022 Jan 17;12(1):224. https://doi.org/10.3390/diagnostics12010224
16. Amasya H, Jaju PP, Ezhov M, Gusarev M, Atakan C, Sanders A, Manulius D, Golitskya M, Shrivastava K, Singh A, Gupta A. Development and validation of an artificial intelligence software for periodontal bone loss in panoramic imaging. International Journal of Imaging Systems and Technology. 2024 Jan;34(1):e22973. https://doi.org/10.1002/ima.22973
17. Kurt-Bayrakdar S, Bayrakdar İŞ, Yavuz MB, Sali N, Çelik Ö, Köse O, Uzun Saylan BC, Kuleli B, Jagtap R, Orhan K. Detection of periodontal bone loss patterns and furcation defects from panoramic radiographs using deep learning algorithm: a retrospective study. BMC Oral Health. 2024 Jan 31;24(1):155. https://doi.org/10.1186/s12903-024-03896-5

18. Cerda Mardini D, Cerda Mardini P, Vicuña Iturriaga DP, Ortuño Borroto DR. Determining the efficacy of a machine learning model for measuring periodontal bone loss. BMC Oral Health. 2024 Jan 17;24(1):100. https://doi.org/10.1186/s12903-023-03819-w

19. Tariq A, Nakhi FB, Salah F, Eltayeb G, Abdulla GJ, Najim N, Khedr SA, Elkerdasy S, Al-Rawi N, Alkawas S, Mohammed M. Efficiency and accuracy of artificial intelligence in the radiographic detection of periodontal bone loss: A systematic review. Imaging Science in Dentistry. 2023 Aug 2;53(3):193. https://doi.org/10.5624/isd.20230092

20. Ferrara E, Rapone B, D'Albenzio A. Applications of deep learning in periodontal disease diagnosis and management: a systematic review and critical appraisal. Journal of Medical Artificial Intelligence. 2025 Sep 30;8. https://doi.org/10.21037/jmai-24-241

21. Khubrani YH, Thomas D, Slator PJ, White RD, Farnell DJ. Detection of periodontal bone loss and periodontitis from 2D dental radiographs via machine learning and deep learning: systematic review employing APPRAISE-AI and meta-analysis. Dentomaxillofacial Radiology. 2025 Feb;54(2):89-108. https://doi.org/10.1093/dmfr/twae070

22. Chawla K, Garg V. Accuracy of convolutional neural network in the diagnosis of alveolar bone loss due to periodontal disease: A systematic review and meta-analysis. Journal of Datta Meghe Institute of Medical Sciences University. 2023 Jan 1; 18(1):163-72. https://doi.org/10.4103/jdmimsu.jdmimsu_281_22

23. Xue T, Chen L, Sun Q. Deep learning method to automatically diagnose periodontal bone loss and periodontitis stage in dental panoramic radiograph. Journal of Dentistry. 2024 Nov 1;150:105373. https://doi.org/10.1016/j.jdent.2024.105373

24. Ryu J, Lee DM, Jung YH, Kwon O, Park S, Hwang J, Lee JY. Automated detection of periodontal bone loss using deep learning and panoramic radiographs: a convolutional neural network approach. Applied Sciences. 2023 Apr 23;13(9):5261. https://doi.org/10.3390/app13095261

25. Sheryl Abraham T, Jeyakumar V, Marthi Krishna Kumar G, Abraham Anandapandian P. Automated Analysis of Tooth Anatomy and Pathological Conditions from Orthopantomogram using Deep Neural Networks. IETE Journal of Research. 2024 Dec 1; 70(12):8702-13. https://doi.org/10.1080/03772063.2024.2385044

26. Chen CC, Wu YF, Aung LM, Lin JC, Ngo ST, Su JN, Lin YM, Chang WJ. Automatic recognition of teeth and periodontal bone loss measurement in digital radiographs using deep-learning artificial intelligence. Journal of dental sciences. 2023 Jul 1; 18(3):1301-9. https://doi.org/10.1016/j.jds.2023.03.020