

багаторівневої технічної експертизи забезпечує ефективний опір академічним порушенням, що підтверджується практикою відхилення матеріалів, зокрема у випадках виявлення АІ-плагіату, компіляцій і фальсифікацій із використанням штучного інтелекту.

DOI <https://doi.org/10.36059/978-966-397-640-2-118>

ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ АНАЛІЗУ РЕНТГЕНОЛОГІЧНИХ ЗНІМКІВ У СТОМАТОЛОГІЇ

Волохова Людмила Богданівна

Керівник медичного центру Dr. Volokhova Medical Center

Стоматолог-терапевт

м. Київ, Україна

Сучасний розвиток цифрових технологій суттєво змінює підходи до ранньої діагностики та своєчасного лікування стоматологічних захворювань. Одним із найперспективніших напрямів цифрової стоматології є використання штучного інтелекту (ШІ) для аналізу рентгенологічних знімків. Попри те, що сучасні системи ШІ у стоматологічній візуалізації ще потребують удосконалення перед повноцінним впровадженням у клінічну практику, вже зараз вони демонструють значний потенціал у підтримці клінічних рішень. Провідні фахівці зазначають, що застосування ШІ у стоматологічній рентгенографії здатне підвищити якість стоматологічної допомоги та знизити витрати на лікування, що буде корисним як для пацієнтів, так і для системи охорони здоров'я загалом [1, р. 7].

Загалом саме рентгенологічні методи дослідження посідають провідне місце у сучасній стоматології. Вони використовуються для виявлення карієсу, оцінки стану періапікальних тканин, діагностики патологій пародонта, аналізу зубощелепних аномалій та загального планування лікування. Без променевої діагностики неможливо забезпечити точну та безпечну стоматологічну практику, адже вона дозволяє поставити 60–80% первинних діагнозів завдяки інформативності.

У клінічній практиці застосовують три основні типи рентгенологічної діагностики: прицільну рентгенографію, панорамну рентгенографію та комп'ютерну томографію (КТ). Прицільна рентгенографія забезпечує детальне зображення 1–3 зубів і використовується для оцінки якості ендодонтичного лікування та виявлення локального карієсу. Панорамна рентгенографія дозволяє

оцінити загальний стан зубощелепної системи, а КТ забезпечує тривимірну візуалізацію анатомічних структур і є незамінною при імплантації, ортодонтичному та хірургічному лікуванні.

Перехід від аналогових рентгенограм до цифрової візуалізації відкрив нові можливості для комп'ютерної обробки зображень та використання ШІ. Цифрові технології дозволяють покращувати контрастність і деталізацію зображень, проводити сегментацію структур та автоматизований аналіз патологічних змін. Саме розвиток цифрової рентгенології став основою для активного впровадження систем штучного інтелекту у стоматологічну практику.

Найефективнішими для аналізу рентгенологічних зображень є згорткові нейронні мережі¹ (Convolutional Neural Networks, CNN), здатні розпізнавати складні візуальні закономірності. CNN-алгоритми навчаються на великих масивах рентгенограм, що дає змогу виявляти патологічні зміни з високою точністю. У стоматології такі моделі застосовуються для діагностики карієсу, виявлення періапикальних уражень, визначення вертикальних переломів коренів, оцінки втрати кісткової тканини та аналізу анатомічних структур зубів [2, с. 103–104].

Одним із найбільш досліджених напрямів застосування ШІ є виявлення карієсу на bitewing-рентгенограмах². Рання діагностика карієсу має вирішальне значення для профілактичного та малоінвазивного лікування, однак навіть досвідчені стоматологи можуть мати труднощі з виявленням початкових апроксимальних уражень через низьку контрастність зображень або особливості локалізації патологічного процесу. У зв'язку з цим використання ШІ-систем як допоміжного інструменту діагностики викликає значний науковий і практичний інтерес.

У систематичному огляді та метааналізі Н. Аммар і Ян Кюхніш, присвяченому ефективності ШІ-моделей у виявленні карієсу на bitewing-рентгенограмах, було проаналізовано 14 досліджень із використанням різних архітектур нейронних мереж. Автори встановили, що більшість моделей демонстрували точність понад 80%, а узагальнені показники чутливості та специфічності становили 0,87 і 0,89 відповідно. У низці досліджень ШІ-системи показували кращі результати діагностики, ніж

¹ Згорткові нейронні мережі (CNN) – це клас глибоких штучних нейронних мереж, які є стандартом для аналізу візуальних зображень та комп'ютерного зору. Вони імітують процеси в зоровій корі мозку людини, автоматично розпізнаючи складні патерни, контури, обличчя та об'єкти без необхідності ручного виділення ознак.

² Bitewing-рентгенографія (або інтерпроксимальний знімок) – це стоматологічний метод рентгенографії, під час якого пацієнт прикушує спеціальний пластиковий фіксатор (позиціонер), який утримує рентгенівський датчик або плівку всередині ротової порожнини. Це дозволяє стоматологу побачити коронки зубів верхньої та нижньої щелепи на одному знімку, міжзубні проміжки та стан кісткової тканини.

кваліфіковані лікарі-стоматологи, особливо при діагностиці початкових уражень емалі [3, р. 130].

Важливим напрямом розвитку ШІ у стоматології є аналіз панорамних рентгенограм і конусно-променевої комп'ютерної томографії (КПКТ або КТ). Панорамна рентгенографія широко використовується для комплексної оцінки зубощелепної системи, однак її інтерпретація потребує значного клінічного досвіду. У дослідженні Р. Ягтап та співавторів продемонстровано можливість автоматизованого діагностичного картування панорамних рентгенограм за допомогою алгоритмів глибокого навчання ШІ [4]. ШІ-системи були здатні автоматично визначати анатомічні структури, виявляти патологічні зміни, аналізувати положення зубів і формувати структуровані діагностичні звіти.

КПКТ, що дозволяє отримати надточні 3D-моделі щелеп, зубів і тканин обличчя з мінімальною дозою опромінення є ще одним перспективним напрямом застосування штучного інтелекту. Ця технологія забезпечує тривимірну візуалізацію та надає значно більше інформації порівняно зі стандартними двовимірними рентгенограмами. Алгоритми ШІ можуть автоматично сегментувати анатомічні структури, визначати межі патологічних процесів, аналізувати щільність кісткової тканини та допомагати у плануванні імплантації, ортодонтичного й хірургічного лікування.

Значний інтерес становить застосування штучного інтелекту в ендодонтії. ШІ-системи здатні аналізувати рентгенограми для виявлення періапикальних уражень, оцінки якості ендодонтичного лікування та визначення анатомічних особливостей кореневих каналів. Це особливо важливо при складній анатомії зубів, коли додаткові канали або патологічні зміни можуть залишатися непоміченими. Крім того, алгоритми машинного навчання використовуються для прогнозування успішності ендодонтичного лікування на основі рентгенологічних і клінічних даних.

Штучний інтелект також активно впроваджується у пародонтологію. Нейронні мережі можуть автоматично оцінювати рівень втрати кісткової тканини, аналізувати динаміку прогресування пародонтиту та сприяти плануванню лікування. Це забезпечує більш об'єктивну оцінку змін у тканинах пародонта та стандартизацію діагностичних результатів.

Окремої уваги заслуговують сучасні програмні рішення, які вже використовуються у стоматологічній практиці. Серед найбільш відомих ШІ-платформ – Diagnocat, Pearl Second Opinion, Overjet, ORCA Dental AI та dentalXrai. Ці системи автоматично аналізують рентгенограми та формують діагностичні звіти. Наприклад, Diagnocat здатний аналізувати як 2D-знімки, так і КТ, створюючи повний звіт упродовж кількох хвилин [2, с. 103–104].

Таблиця 1

**Порівняльна таблиця ІІІ-платформ для стоматологічної
діагностики та планування лікування³**

Платформа ІІІ	Найкраще підходить для	Додаткові переваги та можливості	Основний фокус
Diagnocat	Комплексного 2D та 3D аналізу	Аналізує внутрішньоротові рентгенівські знімки для виявлення понад 60 патологій у 3D та 40 у 2D. Має функцію голосового введення клінічних записів і автоматичного заповнення медичних карт та пародонтальних записів.	Працює як «додаткова думка» для діагностики, спрощуючи планування лікування та комунікацію з пацієнтом.
Pearl (Second Opinion)	Виявлення патологій безпосередньо під час прийому та візуальної комунікації з пацієнтом	Має схвалення від FDA (the US Food and Drug Administration) для аналізу 2D-рентгенів і сегментації 3D-анатомії. Виявляє карієс, зубний камінь і втрату кісткової тканини, а також кольорово позначає частини зуба для наочного пояснення лікування пацієнтам.	Виявлення прихованих захворювань на ранніх стадіях із високою точністю, що підвищує рівень своєчасного залучення пацієнтів до лікування.
Overjet	Корпоративна клінічна аналітика, страхові заявки та діагностика	Має схвалення від FDA (the US Food and Drug Administration) для виявлення карієсу, оцінки рівня кісткової тканини та картографування структури зубів майже в реальному часі.	Поєднання клінічної роботи та управління практикою. Великі стоматологічні мережі використовують платформу для оптимізації операцій, аналізу даних між філіями та автоматизації перевірки даних для страхування.
ORCA Dental AI	Ортодонтичне планування та автоматизація	Має схвалення від FDA (the US Food and Drug Administration) для 3D-аналізу зображень, автоматичної сегментації зубів, локалізації нервових каналів та аналізу нахилу коренів.	Автоматизація трудомістких процесів обробки зображень для ортодонтів та імплантологів. Активно працює через платформу CephX.
dentalXrai	Європейська клінічна інтеграція та автоматизована оцінка рентгенівських знімків	Використовує deep learning для аналізу 2D і 3D стоматологічних зображень, миттєво виділяючи карієс, ознаки пародонтиту та періапикальні ураження.	Відповідність європейським регуляторним вимогам та інтеграція діагностичної підтримки у стоматологічне обладнання та системи управління клінікою.

³ Сформовано автором використовуючи відкриті дані та веб-сайти досліджуваних ІІІ-платформ.

Попри значні переваги, використання штучного інтелекту має низку обмежень. Однією з основних проблем є залежність ефективності ШІ-платформ від якості навчальних вибірок. Наприклад, якщо дані для навчання ШІ репрезентують лише певну групу, ШІ може дискримінувати інші демографічні чи соціальні категорії. Для створення надійних систем необхідні великі масиви рентгенограм із точною анотацією патологічних змін. Помилки в анотації можуть призводити до зниження точності алгоритмів. У метааналізі Н. Аммар і Ян Кюхніш зазначено, що більшість сучасних досліджень мають невизначений ризик систематичної похибки, а лише незначна кількість моделей проходила зовнішню клінічну валідацію [3, р. 130].

Додатковими викликами залишаються етичні та правові аспекти використання ШІ, зокрема питання відповідальності за можливі діагностичні помилки, захисту персональних даних пацієнтів і стандартизації ШІ-систем. Незважаючи на високу точність сучасних ШІ-алгоритмів, жодна система не гарантує абсолютної безпомилковості. У разі неправильної інтерпретації рентгенологічного знімка виникає питання: хто несе юридичну відповідальність – лікар, медичний заклад чи розробник програмного забезпечення. У більшості країн штучний інтелект розглядається лише як допоміжний інструмент підтримки клінічних рішень, тому остаточна відповідальність за встановлення діагнозу та вибір лікування покладається на лікаря-стоматолога. Водночас широке впровадження ШІ-систем потребує створення чітких нормативно-правових механізмів, які б регламентували межі відповідальності всіх учасників процесу.

Не менш важливим є питання захисту персональних даних пацієнтів. Для навчання алгоритмів штучного інтелекту використовуються великі масиви медичних зображень і клінічної інформації, що містять конфіденційні дані. Неналежний рівень кібербезпеки або порушення правил обробки даних можуть призвести до витоку медичної інформації та порушення права пацієнтів на приватність. Саме тому використання ШІ у медицині загалом повинно відповідати міжнародним і національним стандартам захисту персональних даних, зокрема вимогам GDPR у країнах Європейського Союзу. Особливого значення набувають процеси анонімізації рентгенологічних зображень, шифрування інформації та обмеження доступу до медичних баз даних.

Попри наявні виклики та проблемні питання, очікується подальше вдосконалення алгоритмів глибокого навчання, створення мультимодальних систем аналізу даних, інтеграція ШІ з CAD/CAM-технологіями та роботизованими стоматологічними системами. У перспективі штучний інтелект може стати невід'ємною складовою

цифрової стоматології, забезпечуючи персоналізований підхід до діагностики та лікування.

Таким чином, використання штучного інтелекту для аналізу рентгенологічних знімків є одним із найперспективніших напрямів розвитку сучасної стоматології. ШІ-системи демонструють високу ефективність у виявленні карієсу, патологій періодонта, періапикальних уражень та ендодонтичних патологій, сприяють стандартизації діагностичних процесів і підвищують точність клінічних рішень. Автоматизований аналіз рентгенологічних зображень дозволяє скоротити час інтерпретації даних, мінімізувати ризик людської помилки та забезпечити більш об'єктивну оцінку стану зубощелепної системи. Особливе значення штучний інтелект має у ранній діагностиці стоматологічних захворювань, коли патологічні зміни ще не мають виражених клінічних проявів. Завдяки здатності аналізувати великі обсяги даних та виявляти малопомітні зміни на рентгенограмах, ШІ-системи можуть суттєво підвищити ефективність профілактичного та малоінвазивного лікування. Попри значні переваги, використання ШІ у стоматологічній практиці супроводжується низкою викликів. Це свідчить про необхідність подальшого вдосконалення технологій, розробки міжнародних стандартів оцінки ШІ-систем та створення чіткої нормативно-правової бази для їх використання у медицині.

Отже, штучний інтелект не є заміною лікаря-стоматолога, проте виступає потужним інструментом підтримки клінічних рішень. Подальший розвиток алгоритмів машинного навчання та їх інтеграція у стоматологічну практику можуть суттєво підвищити якість діагностики, ефективність лікування та рівень стоматологічної допомоги загалом. У перспективі ШІ-технології мають потенціал стати невід'ємною складовою цифрової медицини та забезпечити новий рівень точності й персоналізації стоматологічного лікування.

Література:

1. Putra R. H., Doi C., Yoda N., Astuti E. R., Sasaki K. Current applications and development of artificial intelligence for digital dental radiography. *Dentomaxillofacial Radiology*. 2022. Vol. 51, Issue 1. P. 1–12. DOI: <https://doi.org/10.1259/dmfr.20210197>
2. Бульбук О. І., Бульбук О. В., Шутак О. В., Сухоребський Ю. І. Штучний інтелект у сучасній стоматології (огляд літератури). *Art of Medicine*. 2025. № 2(34). С. 101-107. DOI: <https://doi.org/10.21802/artm.2025.2.34.101>
3. Ammar N., Kühnisch J. Diagnostic performance of artificial intelligence-aided caries detection on bitewing radiographs: a systematic

review and meta-analysis. *Japanese Dental Science Review*. 2024. Vol. 60. P. 128–136. DOI: 10.1016/j.jdsr.2024.02.001

4. Jagtap R., Kumar A., Patil S. et al. Diagnostic charting of panoramic radiography using deep-learning artificial intelligence system. *International Journal of Scientific Research*. 2021. Vol. 10, № 10. P. 1–5. DOI: 10.1007/S11282-021-00572-0

DOI <https://doi.org/10.36059/978-966-397-640-2-119>

ПСИХОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ ЕМОЦІЙНОГО ІНТЕЛЕКТУ ТА КОМУНІКАТИВНИХ НАВИЧОК ФАХІВЦІВ ОБЛІКОВО-ФІНАНСОВОЇ СФЕРИ

Ковальова Марія Володимирівна

кандидат психологічних наук,

доцент кафедри менеджменту охорони здоров'я та психології,

Одеський національний медичний університет

м. Одеса, Україна

Бушуляк Катерина Олександрівна

здобувачка другого (магістерського) рівня вищої освіти

кафедри менеджменту охорони здоров'я та психології

Одеський національний медичний університет

м. Одеса, Україна

Актуальність вивчення емоційного інтелекту в контексті професійної комунікації зумовлена тим, що сучасна обліково-фінансова діяльність не обмежується лише точністю розрахунків, знанням нормативних документів і технічним веденням звітності. Фахівець цієї сфери постійно взаємодіє з керівниками, колегами, клієнтами, контролюючими органами, постачальниками та іншими учасниками організаційного процесу. У таких умовах професійна результативність залежить не тільки від знання нормативних вимог або здатності виконувати розрахунки, а й від уміння підтримувати конструктивний діалог, зрозуміло формулювати повідомлення, коректно реагувати на напруження та враховувати емоційний стан співрозмовника. У цьому контексті емоційний інтелект доцільно розглядати як психологічний ресурс, що поєднує емоційну саморегуляцію, соціальну чутливість і комунікативну ефективність.