

УДК: 005.336.4:616.31]:004.8/.9

DOI: 10.60022/2(2)-21S

Дашко Ірина Миколаївна

доктор економічних наук, професор
професор кафедри управління персоналом і маркетингу
Запорізький національний університет, Україна

Dashko Iryna

Doctor of Economics Sciences, Professor
Professor of the Department of Personnel management and Marketing
Zaporizhzhia National University, Ukraine
ORCID: 0000-0001-5784-4237

Михайліченко Любомир Володимирович

здобувач третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти з галузі знань
05 «Соціальні та поведінкові науки» за спеціальністю 051 Економіка
Запорізький національний університет, Україна

Mykhailichenko Lubomir

PhD student in the field of knowledge 05 «Social and Behavioral Sciences», specialty 051 Economics
Zaporizhzhia National University, Ukraine
ORCID: 0000-0003-3545-0805

ЦИФРОВА ЕПОХА В СТОМАТОЛОГІЇ: ПОЄДНАННЯ ДОСВІДУ, ТЕХНОЛОГІЙ І ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Анотація. В статті розглянуто еволюцію технологій в стоматології та імплантології в світі та Україні. Досліджено обсяг ринку роботизованої стоматології. Проаналізовано динаміку ринку імплантів та визначено прогнозну динаміку використання технологій штучного інтелекту в імплантології. Визначено основні переваги та недоліки використання технологій штучного інтелекту в стоматології та імплантології. Проаналізовано динаміку кількості стоматологів та стоматологічних клінік в державному та приватному секторі в Україні. Наведено інтелектуально-інноваційну стратегію розвитку стоматологічного бізнесу в Україні, що має на меті об'єднання зусиль менеджменту з можливості технологій штучного інтелекту. Визначено основні перспективні напрямки застосування штучного інтелекту в стоматології та імплантології та визначено, що технології штучного інтелекту дозволяють лікарям більш точно діагностувати та лікувати захворювання, знижувати кількість помилок та покращувати загальний рівень стоматологічного сервісу. зазначити, що з кожним роком збільшується обсяг ринку як роботизованої стоматології так і використання штучного інтелекту в імплантології. Обґрунтовано, що використання штучного інтелекту у стоматології має великий потенціал для покращення якості лікування та оптимізації робочих процесів у стоматологічних клініках. Зазначено, що розвиток штучного інтелекту та загальної роботизації в стоматології і імплантології призведе до ще більш точної та швидкої діагностики, лікування та реабілітації пацієнтів, а також оптимізації процесів управління стоматологічними клініками та скорочення витрат на охорону здоров'я.

Ключові слова: штучний інтелект (ШІ), стоматологія, роботизація, медицина, ринок, пандемія, бізнес, стратегія, технології.

THE DIGITAL AGE IN DENTISTRY: COMBINING EXPERIENCE, TECHNOLOGY AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Abstract. The article deals with the evolution of technologies in dentistry and implantology in the world and Ukraine. The volume of the robotic dentistry market is investigated. The dynamics of the implant market is analyzed and the forecast dynamics of the use of artificial intelligence technologies in implantology is determined. The main advantages and disadvantages of using artificial intelligence technologies in dentistry and implantology are determined. The dynamics of the number of dentists and dental clinics in the public and private sectors in Ukraine is analyzed. An intellectual and innovative strategy for the development of the dental business in Ukraine is presented, which aims to combine management efforts with the possibilities

of artificial intelligence technologies. The main promising areas of application of artificial intelligence in dentistry and implantology are identified, and it is determined that artificial intelligence technologies allow doctors to more accurately diagnose and treat diseases, reduce the number of errors and improve the overall level of dental service. It is noted that the market for both robotic dentistry and the use of artificial intelligence in implantology is growing every year. It is substantiated that the use of artificial intelligence in dentistry has great potential for improving the quality of treatment and optimizing work processes in dental clinics. It is noted that the development of artificial intelligence and general robotization in dentistry and implantology will lead to even more accurate and rapid diagnosis, treatment and rehabilitation of patients, as well as optimization of dental clinic management processes and reduction of health care costs.

Keywords: artificial intelligence (AI), dentistry, robotics, medicine, market, pandemic, business, strategy, technology.

Постановка проблеми. Сучасні технології, такі як технології штучного інтелекту (ШІ) набувають все більшого поширення в різних галузях медицини, здійснюючи революційні зрушення в лікуванні та діагностиці та дозволяють використовувати ШІ для підвищення ефективності діагностики, лікування та запобігання захворюванням порожнини рота. У стоматології штучний інтелект стає цінним інструментом для покращення різних аспектів догляду за пацієнтами, особливо в контексті імплантації. Саме тому більш детальне дослідження використання сучасних технологій в стоматології та імплантології є актуальною темою для більш глибокого аналізу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження використання технологій штучного інтелекту в сфері стоматології та імплантології були здійснені наступними науковцями та дослідниками як: Чакраворті С., Аулах Б., Шил М., Непале М., Путенкандатхіл Р., Саїд В. [3], Гончарук-Хомин М., Ноєнко І., Кавальканті А. Лейте, Адігюзель О., Дубнов А. [9], Макєєв В., Щерба П. [10] та іншими. Новизна дослідження полягає у формуванні переваг та недоліків використання технологій ШІ в стоматології та імплантології.

Метою статті є проведення аналізу використання технологій в стоматології та імплантології та визначення загальних перспектив розвитку технологій штучного інтелекту в даних напрямках.

Виклад основного матеріалу. В даному дослідженні пропонується провести аналітику еволюції використання технологій в стоматології та імплантології від традиційних методів до технологій штучного інтелекту (ШІ). Традиційно процес планування імплантації покладався на знання та досвід стоматологів, з використанням ручних вимірювань та суб'єктивних оцінок. Однак інтеграція штучного інтелекту відкриває нову еру точності та ефективності [14]. Алгоритми ШІ можуть аналізувати величезні обсяги даних про пацієнтів, включаючи рентгенографічні знімки, тривимірні сканування та клінічні записи, щоб допомогти лікарям приймати ефективні рішення щодо встановлення імплантатів [1]. Крім того, ШІ може надавати можливості прогностного моделювання та симуляції, дозволяючи лікарям візуалізувати очікувані результати різних підходів до лікування ще до початку процедури, що не тільки покращує планування лікування, але й уможливорює персоналізоване втручання, орієнтоване на конкретного пацієнта [2].

Проаналізуємо ринок зубних імплантів Європи (рис. 1).

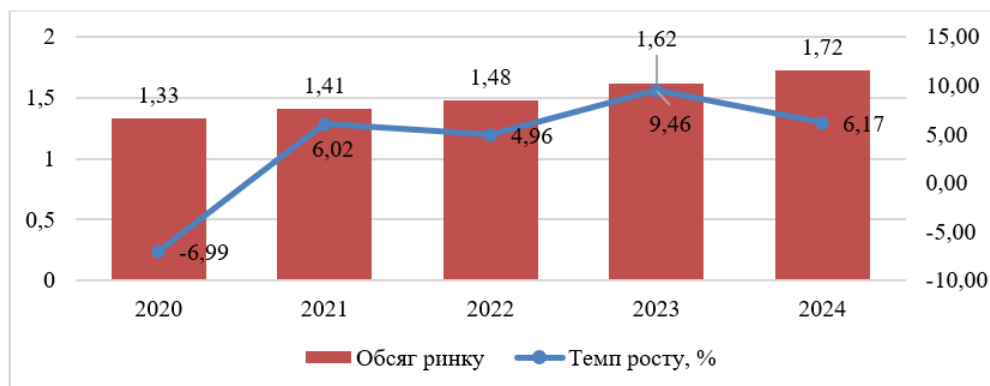


Рис. 1. Динаміка ринку зубних імплантів Європи за 2020-2024 рр., млрд. дол. США
Джерело: сформовано авторами на основі [13]

Аналізуючи ринок імплантології, видно, що попри його падіння у 2020 році на 6,99%, що було викликано Пандемією Коронавірусу, в період 2021-2024 рр., відбувається його зростання в середньому на 6,65%. Дане зростання спричинене ростом попиту серед європейців на зубні імпланти та їхнє бажання мати гарні посмішки.

Необхідно зазначити, що у сучасній стоматології найбільшого поширення набули технології хмарного програмного забезпечення. Протягом короткого часу та за мінімальних фінансових вкладень лікар має можливість відновити комплект 3D-файлів пацієнта. Робота стоматолога в сучасних умовах неможлива без використання знімків, які є результатом інтраорального сканування, сканування обличчя та конусно-променевої комп'ютерної томографія (КПКТ) [3]. Важливо, що використання описаних технологій виключає можливість помилки оператором, тобто людський фактор зводиться до мінімального впливу. На рис. 2 наведено прогнозну динаміку ринку роботизованої стоматології.

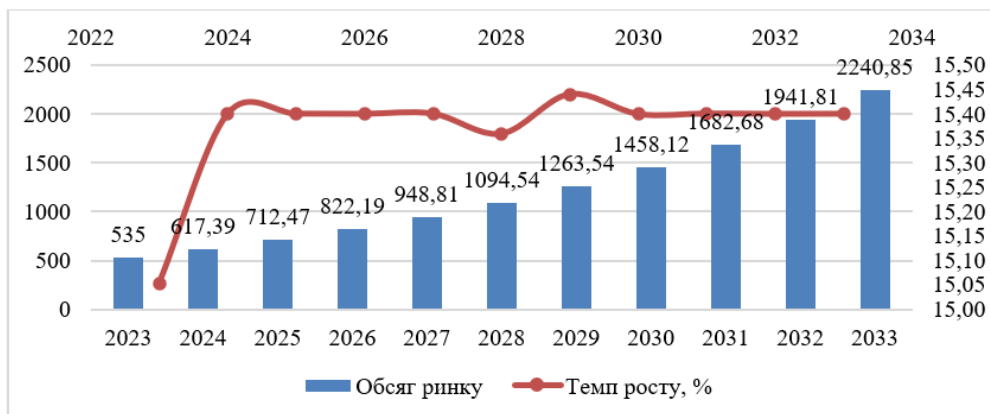


Рис. 2. Прогнозна динаміка ринку роботизованої стоматології за 2023-2033 рр., млн. дол. США

Джерело: сформовано авторами на основі [4-5]

Аналізуючи динаміку ринку роботизованої стоматології, слід відмітити його прогнозоване зростання з 535 млн. у 2023 році до 2,2 млрд. дол. у 2033 році.

Слід відмітити, що розвиток технологій та роботизованої техніки матимуть значний вплив на стоматологію майбутнього, яка за останні кілька десятиріч значно розвинулась в плані використання технологій, особливо в контексті імплантології, розвиток якої наведено на рис. 3.

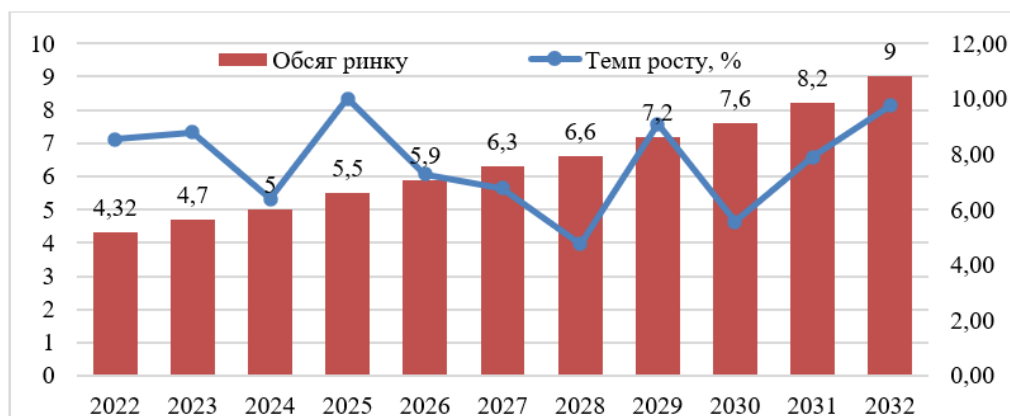


Рис. 3. Прогнозна динаміка світового ринку зубних імплантів за 2022-2032 рр., млрд. дол. США

Джерело: сформовано авторами на основі [6]

Аналізуючи розвиток ринку зубних імплантів у світовому масштабі, можна говорити про прогнозоване збільшення кожного року, яке викликане попитом на зубні імпланти через популяризацію «голівудських» посмішок. Станом на 2022 рік обсяг ринку становив 4,32 млрд. дол. і вже за десять років він прогнозовано зросте в більш ніж два рази, а отже становитиме 9 млрд. дол. США. Власне

такий ріст зумовлений інтеграцією технологій, які спрощують виготовлення імплантів та зменшують їхню ціну.

Установка зубних імплантів є дуже дорогою вартісною процедурою, яка потребує значних фінансових вкладень та багато тимчасових витрат. Багато пацієнтів відмовляються від встановлення зубних імплантів через їхню високу вартість, оскільки ці послуги не надаються в рамках обов’язкового медичного страхування, а використання технологій штучного інтелекту певною мірою дозволить знизити вартість послуг в імплантології, що зробить дану послугу більш доступною.

На рис. 4 наведено прогнозу динаміку використання технологій ШІ в імплантології.

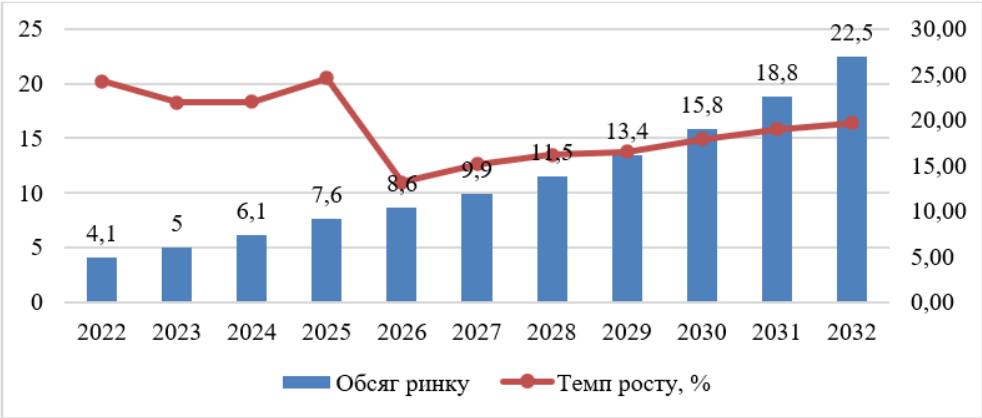


Рис. 4. Прогнозна динаміка використання ШІ в імплантології за 2022-2032 рр., млрд. дол. США
Джерело: складено авторами на основі [7]

Аналізуючи дані з рис. 4 можна сказати, що розвиток технологій позитивно впливатиме на виготовлення імплантів, адже прогнозується зростання з 4,1 млрд. дол. у 2022 році до 22,5 млрд. у 2032 році, що власне актуалізує застосування даних технологій у стоматологічній галузі.

Слід відмітити, що використання технологій штучного інтелекту дозволяє мінімізувати негативні наслідки встановлення імплантів, так у випадках складного протезування використання 3D-ортодонтичної установки гарантує безпеку для кістки, що значно знижує можливість травмування. На сьогодні штучний інтелект є невід’ємною частиною сучасної імплантології та є основним інструментом розвитку сучасної стоматології.

Використання технологій штучного інтелекту дозволяє значно підвищити якість, як встановлення імплантів так і загальних стоматологічних процедур, що загалом впливає на якість медичної послуги. Однак, при використанні ШІ особливу увагу слід приділяти підготовці медичних кадрів високої кваліфікації, які мають володіти навичками використання даних технологій.

Проаналізуємо основні переваги та недоліки використання ШІ у стоматології імплантології (табл. 1).

Попри виявлені недоліки, що зображені в табл. 1, використання ШІ в стоматології має безліч переваг, які можуть допомогти покращити якість діагностики, лікування та профілактики захворювань порожнини рота, виготовлення точних імплантів та підвищення загального рівня медичного сервісу.

Використання технологій в стоматологічній практиці може допомогти лікарям впоратися з трудомісткими та монотонними завданнями, такими як обробка каналів, встановлення імплантатів та зняття відбитків. Ще один потенційний приклад використання сучасних технологій у стоматології – це автоматизація процесу обробки кореневих каналів, адже технології засновані на ШІ, можуть точно визначати глибину та ширину каналу й автоматично проводити обробку [11-12].

Таблиця 1

Ключові переваги та недоліки використання ШІ у стоматології імплантології

Переваги	Недоліки
Використання ШІ дозволяє досягти високої точності діагностики захворювань порожнини рота та виготовлення імплантів	Обмежене використання ШІ може бути пов’язане з високою вартістю технологій та необхідністю тривалого та складного навчання персоналу

Продовження таблиці 1

ШІ допомагає стоматологам визначити оптимальний курс лікування для пацієнта на основі медичних даних та інформації про результати попередніх лікування, тобто створити індивідуальний підхід до лікування	Відсутність доступу до відповідної технології через низький рівень фінансування та ризик виникнення помилок, адже ШІ працює на основі алгоритмів, які можуть не враховувати усі можливі сценарії
Використання ШІ дозволяє розробити індивідуальні програми профілактики захворювань ротової порожнини для кожного пацієнта	Недостатність даних, адже для злагодженої роботи, ШІ необхідно мати достатню кількість даних для аналізу та необхідність кваліфікованих фахівців, які можуть обробляти дані та використовувати відповідний інструментарій
ШІ може використовуватися для створення індивідуальних протезів та імплантатів, які точно відповідають анатомічним особливостям пацієнта	Використання ШІ в порушує питання етики та права та підвищує ризик того, що ШІ може стати заміною людини

Джерело: складено авторами на основі [8–10]

Одним із перспективних напрямків використання ШІ є теледентистрії, яка є новим способом забезпечення стоматологічної допомоги, який дозволяє пацієнтам отримувати консультації та діагностику віддалено без необхідності відвідування клініки. За допомогою ШІ можна створити системи теледентистрії, які зможуть аналізувати дані отриманні від пацієнта та проводити діагностику, ґрунтуючись на цих даних.

В підсумковій частині дослідження пропонується провести короткий аналіз стоматологічного ринку України та розпочати з дослідження динаміки кількості стоматологів (рис. 5).

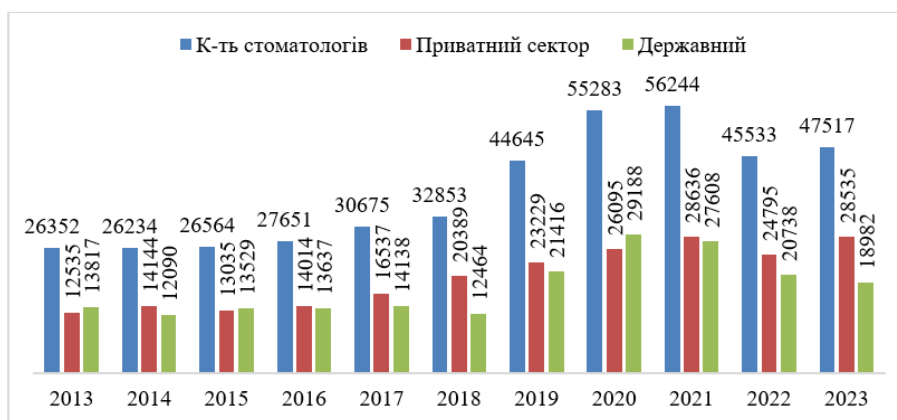


Рис. 5. Динаміка кількості стоматологів в державному та приватному секторі в Україні за 2013-2023 рр., осіб

Джерело: сформовано авторами на основі [15; 16]

Аналізуючи загальну кількість стоматологів в Україні, видно, що вона скоротилася у 2022 році в порівнянні з 2021 роком, що викликано війною та вимушеною міграцією населення. Найбільше зменшення відбулось серед державних стоматологів – з 27608 осіб в 2021 році до 20738 осіб в 2022 році. Щодо 2023 року то позитивним є збільшення стоматологів в Україні, що пов'язано з відновленням діяльності приватних компаній та збільшенням попиту на стоматологічні послуги.

Проаналізуємо кількість стоматологічних клінік та визначимо обсяг продажу стоматологічних послуг з метою оцінки ефективності даного бізнесу (рис. 6).

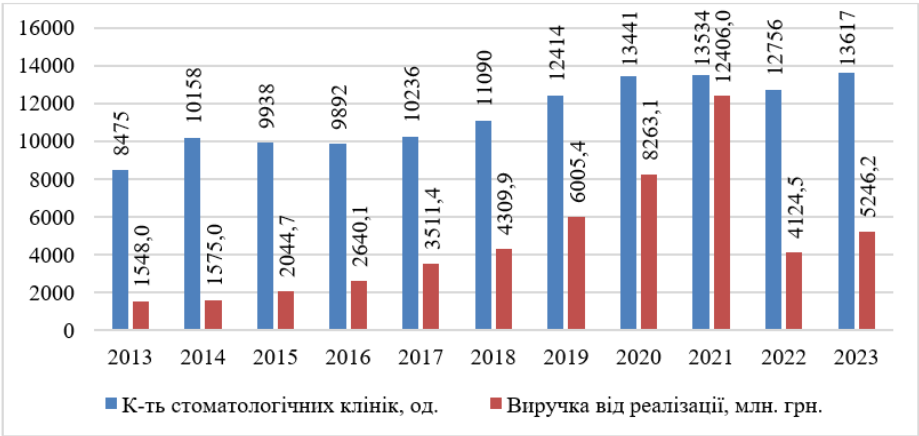


Рис. 6. Динаміка кількості стоматологічних клінік в державному та приватному секторі в Україні за 2013-2023 рр., осіб
Джерело: сформовано авторами на основі [15; 16]

Порівнюючи обсяги виручки і кількості стоматологічних клінік, слід відмітити негативну тенденцію. Так у 2021 році при кількості клінік 13534, загальний обсяг виручки становив 12406 млн. грн., проте у 2023 році кількість клінік майже дорівнювала довоєнній – 13167, але виручка значно впала – 5246,2 млн. грн. Власне така негативна динаміка виручки свідчить про неефективність стоматологічних клінік, і попри зростання як кількості стоматологів так і клінік, продажі зменшилися. Така статистика є негативною і стоматологічним клініками України потрібно розробити ефективну стратегію по виходу із цієї ситуації, адже отримання в двічі меншої виручки при тій самій кількості клінік і збільшенні кількості персоналу свідчить про проблеми українського стоматологічного бізнесу.

На рис. 7 наведено комплексну стратегію розвитку стоматологічного бізнесу в Україні з врахуванням поточної ситуації та інтеграції технологій штучного інтелекту в управління.



Рис. 7. Інтелектуально-інноваційна стратегія розвитку стоматологічного бізнесу в Україні
Джерело: розроблено авторами

Наведена Інтелектуально-інноваційна стратегія розвитку стоматологічного бізнесу в Україні (рис. 6) має на меті об'єднання зусиль менеджменту з можливості технологій штучного інтелекту, адже як було визначено, фінансові показники стоматологічних клінік в Україні зменшуються, попри зростання самих клінік, а інтеграція ШІ в процеси управління дозволить виявити вузькі місця та спільними діями менеджменту їх усунути.

Загалом майбутнє використання ШІ у стоматології та імплантології пов'язане з автоматизацією рутинних процесів, оптимізацією процесу лікування та покращенням діагностики і якості медичної допомоги. Сучасні технології штучного інтелекту дозволяють лікарям більш точно діагностувати та лікувати захворювання, знижувати кількість помилок та покращувати загальний рівень стоматологічного сервісу.

Висновки. Дослідивши використання технологій штучного інтелекту в стоматології та імплантології, слід зазначити, що з кожним роком збільшується обсяг ринку як роботизованої стоматології так і використання штучного інтелекту в імплантології, що актуалізує тему дослідження. Роботизація стоматологічної практики, використання автоматичної діагностики та прогнозування є ключовими напрямками розвитку технологій ШІ у стоматології. Слід також відмітити, що використання ШІ у стоматології має великий потенціал для покращення якості лікування та оптимізації робочих процесів у стоматологічних клініках. Розвиток ШІ та загальної роботизації в стоматології та імплантології призведе до ще більш точної та швидкої діагностики, лікування і реабілітації пацієнтів, а також оптимізації процесів управління стоматологічними клініками та скорочення витрат на охорону здоров'я.

Література

1. Nguyen T. T., Larrivée N., Lee A., Bilaniuk O., Durand R. Use of artificial intelligence in dentistry: current clinical trends and research advances. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34343070/> (дата звернення 21.01.2025).
2. Moufti MA, Trabulsi N., Ghousheh M., Fattal T., Ashira A., Danishvar S. Eur J Dent. Developing an artificial intelligence solution to autosegment the edentulous mandibular bone for implant planning. 2023 DOI: 10.1055/s-0043-1764425.
3. Chakravorty S., Aulakh B. K., Shil M., Nepale M., Puthenkandathil R., Syed W. Role of Artificial Intelligence (AI) in Dentistry: A Literature Review. *J. Pharm. Bioallied Sci.* 2024, 16 (Suppl. 1), S. 14–S16.
4. Chackartchi T., Romanos G.E., Parkanyi L., Schwarz F., Sculean A. Reducing errors in guided implant surgery to optimize treatment outcomes. *Periodontology 2000.* 2022, 88, 64–72.
5. Robotic Dentistry Market Size to Scale \$2,585.94 Mn by 2034 (2024) URL: <https://www.towardshealthcare.com/insights/robotic-dentistry-market-sizing> (дата звернення 22.01.2025).
6. Dental Implants Market Size. 2024. URL: <https://market.us/report/dental-implant-market/> (дата звернення 23.01.2025).
7. Smart Implants Market Size Envisioned at USD 22.5 Billion by 2032 <https://www.towardshealthcare.com/insights/smart-implants-market-size> (дата звернення 24.01.2025).
8. Carrillo-Perez F., Pecho O. E., Morales J. C., Paravina R. D., Della Bona A., Ghinea R., Pulgar R., Pérez M. D. M., Herrera L. J. Applications of artificial intelligence in dentistry: A comprehensive review. *J Esthet Restor Dent.* 2022, 34(1): 259–280.
9. Goncharuk-Khomyn M., Noenko I., Leite Cavalcanti A., Özkan Adigüzel and Artem Dubnov. 2023. «Artificial Intelligence in Endodontics: Relevant Trends and Practical Perspectives». *Ukrainian Dental Journal* 2 (1): 96–101. URL: <https://doi.org/10.56569/UDJ.2.1.2023.96-101> (дата звернення 25.01.2025).
10. Макеєв В. Ф., Щерба П. П. Штучний інтелект у стоматології. 2024. Частина 1. Львівський національний медичний університет ім. Данила Галицького. URL: <https://surl.li/cfieuh> (дата звернення 25.01.2025).
11. Pethani F. Promises and perils of artificial intelligence in dentistry. *Aust Dent J.* 2021, Jun; 66 (2): 124–135. DOI: 10.1111/adj.12812.
12. Nguyen T. T., Larrivée N., Lee A., Bilaniuk O., Durand R. Use of Artificial Intelligence in Dentistry: Current Clinical Trends and Research Advances. *J Can Dent Assoc.* 2021.
13. European dental implants market size. 2025. URL: <https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/dental-implants-market-100443> (дата звернення 02.02.2025).
14. Дашко І. М., Михайліченко Л. В. Особливості використання штучного інтелекту в діяльності підприємств. *Сталий розвиток економіки.* 2024. № 3(50). С. 332–335. DOI: <https://doi.org/10.32782/2308-1988/2024-50-49> URL: <https://economdevelopment.in.ua/index.php/journal/article/view/1039/995>
15. Статистика МОЗ України. 2025. URL: <http://medstat.gov.ua/ukr/statdanividomstva.html> (дата звернення 04.02.2025).
16. Економічна статистика. Економічна діяльність. Діяльність підприємств. 2024. URL: <https://surl.li/wsajfr> (дата звернення 04.02.2025).

References

1. Nguyen T. T., Larrivée N., Lee A., Bilaniuk O., Durand R. Use of artificial intelligence in dentistry: current clinical trends and research advances. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34343070/> (дата звернення 21.01.2025).

2. Moufti MA, Trabulsi N., Ghousheh M., Fattal T., Ashira A. and Danishvar S. Eur J Dent. (2023). Developing an artificial intelligence solution to autosegment the edentulous mandibular bone for implant planning. DOI: 10.1055/s-0043-1764425.
3. Chakravorty S., Aulakh B. K., Shil M., Nepale M., Puthenkandathil R. And Syed W (2024). Role of Artificial Intelligence (AI) in Dentistry: A Literature Review. *J. Pharm. Bioallied Sci.* 16 (Suppl. 1), S. 14–S16.
4. Chackartchi T., Romanos G.E., Parkanyi L., Schwarz F., Sculean A. Reducing errors in guided implant surgery to optimize treatment outcomes. *Periodontology 2000*. 2022, 88, 64–72.
5. Robotic Dentistry Market Size to Scale \$2,585.94 Mn by 2034 (2024) URL: <https://www.towardshealthcare.com/insights/robotic-dentistry-market-sizing> (дата звернення 22.01.2025).
6. Dental Implants Market Size (2024). URL: <https://market.us/report/dental-implant-market/> (дата звернення 23.01.2025).
7. Smart Implants Market Size Envisioned at USD 22.5 Billion by 2032 <https://www.towardshealthcare.com/insights/smart-implants-market-size> (дата звернення 24.01.2025).
8. Carrillo-Perez F., Pecho O. E., Morales J. C., Paravina R. D., Della Bona A., Ghinea R., Pulgar R., Pérez M. D. M. and Herrera L. J. (2022). Applications of artificial intelligence in dentistry: A comprehensive review. *J Esthet Restor Dent.* 34(1): 259–280.
9. Goncharuk-Khomyn M., Noenko I., Leite Cavalcanti A., Özkan Adigüzel and Artem Dubnov (2023). «Artificial Intelligence in Endodontics: Relevant Trends and Practical Perspectives». *Ukrainian Dental Journal* 2 (1): 96–101. URL: <https://doi.org/10.56569/UDJ.2.1.2023.96-101> (дата звернення 25.01.2025).
10. Makieiev V. F. and Shcherba P. P. (2024). *Shtuchnyi intelekt u stomatolohii* [Artificial intelligence in dentistry]. *Danylo Halytskyi Lviv National Medical University*. URL: <https://surl.li/cfieux> (дата звернення 25.01.2025).
11. Pethani F. (2021). Promises and perils of artificial intelligence in dentistry. *Aust Dent J.* Jun; 66 (2): 124–135. DOI: 10.1111/adj.12812.
12. Nguyen T. T., Larriv e N., Lee A., Bilaniuk O., Durand R. (2021). Use of Artificial Intelligence in Dentistry: Current Clinical Trends and Research Advances. *J Can Dent Assoc.*
13. European dental implants market size (2025). URL: <https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/dental-implants-market-100443> (дата звернення 02.02.2025).
14. Dashko I. M. and Mykhailichenko L. V. (2024). *Osoblyvosti vykorystannia shtuchnoho intelektu v diialnosti pidpriemstv* [Features of the use of artificial intelligence in the activities of enterprises]. *Sustainable development of the economy*. 2024. № 3(50). С. 332-335. DOI: <https://doi.org/10.32782/2308-1988/2024-50-49> URL: <https://economdevelopment.in.ua/index.php/journal/article/view/1039/995>
15. *Statystyka MOZ Ukrainy* [Statistics of the Ministry of Health of Ukraine]. (2025). URL: <http://medstat.gov.ua/ukr/statdanividomstva.html> (дата звернення 04.02.2025).
16. *Ekonomichna statystyka. Ekonomichna diialnist. Diialnist pidpriemstv* [Economic statistics. Economic activity. Activities of enterprises] (2024). URL: <https://surl.li/wsajfr> (дата звернення 04.02.2025).