

Концептуален дизайн за базирана на изкуствен интелект платформа за обучение на студенти по дентална анатомия

Елена Даскалова, Олга Попова, Стефан Стефанов, Мина Пенчева,
Весела Стефанова

Conceptual design of an Artificial Intelligence-based educational platform for medical university students in dental anatomy

Elena Daskalova, Olga Popova, Stefan Stefanov, Mina Pencheva,
Vesela Stefanova

Abstract:

Among existing dental anatomy learning platforms, there is a lack of a system that combines adaptive learning, 3D morphology with real root-canal variations, clinical scenarios, assessment of clinical decision-making, and integration between visualization, testing, and feedback within a single environment.

The objective of this conceptual design for an Artificial Intelligence (AI)-based platform is to enhance spatial anatomical understanding, recognition of anatomical variations, and clinical transfer (endodontics, prosthetic dentistry, implantology) through an intelligent educational system. This system bridges morphology, pulpal anatomy, radiology (CBCT), and clinical decisions with adaptive learning and student assessment.

Our conceptual design fills this existing gap. It holds both academic and scientific-practical value as a novel approach to the digital transformation of dental education, optimizing the learning process in dental anatomy in alignment with the expectations of the modern generation of learners.

Keywords: artificial intelligence (AI), adaptive learning, dental anatomy education

For contacts: Chief assistant professor Dr. Elena Daskalova, MD, PhD, Medical University of Plovdiv, Elena.Daskalova@mu-plovdiv.bg

ВЪВЕДЕНИЕ

Анализът на съвременната научна литература в областта на денталната медицина разкрива критичен дефицит на интегрирани платформи за обучение по дентална анатомия. Настоящите ресурси често са фрагментирани, като не успяват да синтезират в единна методологична рамка адаптивни алгоритми за обучение и прецизна 3D морфологична визуализация, базирана на автентични микро-томографски данни за вариабилността на корено-каналната система. (1)

Липсва комплексен системен подход, който да проектира теоретичните познания върху динамични клинични сценарии, позволяващи не само виртуална симулация на манипулации, но и обективно оценяване на клиничните решения. Повечето софтуерни продукти предлагат изолирани модули, които не осигуряват необходимата синергия между визуализация в реално време, интерактивно тестване и адаптивна обратна връзка. Този разрыв между дескриптивната анатомия и клиничната практика възпрепятства развитието на критично мислене и пространствена компетентност, които са фундаментални за денталното лечение. (2, 3)

Сред съществуващите обучителни платформи по дентална анатомия липсва такава, която да комбинира в себе си адаптивно обучение, 3D морфология с реални корено-канални вариации, клинични сценарии, оценяване на клинични

решения, интеграция между визуализация, тестове и обратна връзка в една система.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Създаването на концептуалния дизайн за базирана на изкуствен интелект (AI) платформа има за **цел** да подобри пространственото разбиране на анатомията, разпознаването на анатомични вариации и клиничния трансфер (ендодонтия, протетична дентална медицина, имплантология), чрез интелигентна образователна система, която свързва морфология, пулпна анатомия, рентгенология (СВСТ), клинични решения с адаптивно обучение и оценяване на обучаващите се.

1. Архитектура на системата

1.1. Front-end („лицето“, потребителски интерфейс)

Потребителският интерфейс ще включва 3D интерактивен визуализатор, който да позволява разглеждане на короната, корените и пулпата на зъба. В него ще бъде интегриран и радиологичен (DICOM) визуализатор за работа с периапикални изображения и СВСТ (конусно-лъчева компютърна томография) срезове. Системата ще разполага с case-based симулатор за обучение чрез клинични ситуации, както и с панел за тестове и портфолио за проследяване на напредъка.

1.2. Core AI Engine („мозък“)

Основният AI модул ще използва адаптивен обучаващ алгоритъм, който ще създава индивидуален профил на всеки студент. Той ще генерира клинични сценарии и автоматично ще създава тестове според нивото на обучаемия. Освен това ще анализира допуснатите грешки и ще предоставя насоки за подобрене.

1.3. Content Layer (слой на съдържанието)

Съдържателният слой ще представлява база данни, включваща анатомични модели на зъбите (външни и вътрешни), различни анатомични варианти като MB2, C-share и допълнителни канали, както и рентгенологични изображения. В него ще са включени и клинични протоколи, свързани с ендодонтски достъп, препарация и възстановяване.

2. Основни функционални модули

Модул 1: Зъбна морфология (3D)

Този модул предоставя реалистични 3D модели на всички зъби, като позволява разглеждане на различните слоеве – емайл, дентин, цимент и пулпа. Визуализират се всички основни анатомични структури като туберкули, фисури, ръбове, корени и бифуркации. С помощта на изкуствен интелект системата насочва вниманието към елементи, които студентът все още не е усвоил, като ги подчертава по време на обучението. Прилага се динамично акцентирание върху проблемните структури: „Покажи ми това, което още не владеея“.

Модул 2: Анатомия на пулпата и кореновия канал

Модулът позволява разглеждане на вътрешната структура на зъбите чрез 3D срезове на пулпната камера и кореновите канали. Включени са различни анатомични варианти като MB2 канали, C-образни системи и допълнителни или латерални канали. Системата генерира индивидуални клинични случаи и оценява изборите от студента достъп, като посочва евентуални пропуски.

Модул 3: Корелация между конвенционална рентгенология и СВСТ

Този модул свързва 3D анатомията с рентгенографски образи, включително периапикални снимки и СВСТ аксиални, сагитални и коронарни срезове в различни равнини. Осигурява се синхронизация между моделите – при избор на структура в 3D, тя се визуализира и в съответния радиологичен образ. Изкуственият интелект може да генерира рентгенологични изображения и да задава въпроси, свързани с тяхното интерпретиране.

Модул 4: Симулатор за клинични решения

Модулът включва клинични сценарии, свързани с ендодонтски достъп, оклузално възстановяване и имплантологични ориентири. Студентът взема решения относно формата на достъп, посоката на инструментите и възстановителната морфология. Системата оценява тези решения, посочва потенциални рискове и предлага корекции с визуални обяснения.

Модул 5: Адаптивна оценка и OSCE (Objective Structured Clinical Examination)

Този модул генерира различни видове задачи, включително тестове по морфология, визуални въпроси, рентгенологични казуси и кратки клинични сценарии. Трудността се адаптира според представянето на студента. Системата създава „профил на грешките“, който показва слабости в разбирането на външна и вътрешна анатомия, интерпретацията на образи и клиничното мислене.

Модул 6: Дигитално портфолио на студента

Тук се записват решени случаи, генерирани от студента анатомични диаграми, регистрира се напредъка във времето. AI функцията предлага автоматично резюме: напр. «Подобрение в разпознаване на анатомични вариации». Модулът е подходящ както за академично оценяване и за клинична подготовка, така и за педагогически изследвания.

3. Образователен поток (Learning Pathway)

На Фиг.1 визуално е представен образователния поток предвиден в платформата.



Фиг. 1. Схема на образователния поток

4. Педагогически модел

Предложеният модел на обучение е насочен към практическото усвояване на знания и умения, които студентите реално ще използват в клиничната си работа. Обучението е организирано така, че студентите напредват, когато покажат, че са усвоили дадено знание или умение (**обучение, базирано на компетентности**). (4) Включени са реални или близки до практиката клинични случаи, чрез които се учи по-лесно и се прави връзка между теория и практика (**обучение чрез случаи**). (5)

Системата позволява упражненията да се повтарят докато материалът бъде напълно разбран (**учене до овладяване**). (6) Освен това студентите получават ясна метакогнитивна обратна връзка не само дали грешат, но и къде и защо се случва това, което им помага да се учат по-ефективно. Този модел отговаря на съвременните изисквания за медицинско и дентално образование и подпомага по-активното и осмислено учене. (7)

Настоящият концептуален образователен дизайн представлява научна новост, която далеч надхвърля наличните 3D атласи. Това е интелигентна обучителна система, която чрез моделиране на анатомични вариации, интегриране на СВСТ и оценяване на клинични решения предлага едно персонализирано обучение.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложеният концептуален дизайн запълва съществуващия вакуум сред предлаганите AI-базирани програмни продукти, тъй като нито една от настоящите платформи не комбинира в себе си адаптивно обучение, базирано на представянето на студента; 3D морфология с реални пулпни и канални вариации; клинични сценарии (ендодонтния, възстановявания); оценяване на клинични решения; интеграция между визуализация, тестове и обратна връзка в една система.

Нашият концептуален дизайн има академична и научно-практическа стойност като нов подход за дигитална трансформация на денталното образование и за оптимизиране на образователния процес по дентална анатомия, съобразено с очакванията на съвременното поколение обучаеми.

ЛИТЕРАТУРА

1. Overskott, H. L., Markholm, C. E., Sehic, A., & Khan, Q. (2024). Different Methods of Teaching and Learning Dental Morphology. *Dentistry Journal*, 12(4), 114. <https://doi.org/10.3390/dj12040114>

2. Al Turkestani, N., Ajmani, M., Baraka, M., Siddanna, G., Notz, R., Ern, Y., & Karl, E. (2026). Comparative analysis of dental anatomy teaching modalities' effect on preclinical operative psychomotor performance. *Journal of Dental Education*. <https://doi.org/10.1002/jdd.70143>

3. Li, Q., Li, S., Fu, D., Liao, G., Zhou, X., Gong, T., & Zheng, X. (2025). The role of emerging digital technologies in revolutionizing dental education: A bibliometric analysis. *Journal of Dental Education*. <https://doi.org/10.1002/jdd.70033>

4. Janssens, O., Embo, M., Valcke, M., De Smedt, A., & Van der Vleuten, C. (2023). When theory beats practice: The implementation of competency-based education at healthcare workplaces. *BMC Medical Education*, 23, 484. <https://doi.org/10.1186/s12909-023-04446-3>

5. Das, S., Das, A., Rai, P., & Kumar, N. (2021). Case-based learning: Modern teaching tool meant for present curriculum: A behavioral analysis from faculties' perspective. *Journal of Education and Health Promotion*, 10, 372. https://doi.org/10.4103/jehp.jehp_1265_20

6. Winget, M., & Persky, A. M. (2022). A practical review of mastery learning. *American Journal of Pharmaceutical Education*, 86(10), Article ajpe8906. <https://doi.org/10.5688/ajpe8906>

7. Pai, B. H. M., Yellapurkar, S., Chengappa, K., & Pentapati, K. C. (2026). Personalized learning with artificial intelligence in dental education: An integrative review. *International Journal of Dentistry*, Article 8928166. <https://doi.org/10.1155/ijod/8928166>