

1. Uvod

Pojava velikih jezičnih modela (LLM) potaknula je temeljitu reevaluaciju nastavnih metoda i akademskog integriteta. Kako bismo razumjeli ovaj fenomen, sažetak sintetizira spoznaje iz odabranih radova kroz tri jedinstvena pristupa:

- od tehničkih rješenja za suzbijanje 'halucinacija' modela putem RAG arhitektura
- preko etičkih imperativa dizajna AI alata
- do konkretnih iskustava korisnika u akademskom okruženju

2. Povećanje pouzdanosti LLM-ova korištenjem RAG sustava

Naglim razvojem LLM-ova kao što su GPT-4, LLaMA, Gemini je došlo do tektonskih promjena u području umjetne inteligencije. LLM-ovi mogu generirati sadržaj visoke koherentnosti nalik onom što ga čovjek stvara. Upravo zbog toga su LLM-ovi vidjeli široku upotrebu u obrazovanju kao alat za učenje, ali i za podučavanje. Dok studentima služe kao personalizirani virtualni instruktori, nastavnicima olakšavaju administrativne procese poput automatizacije ocjenjivanja.

Unatoč tome, široka upotreba je pokazala niz ozbiljnih izazova. Najveći problem su halucinacije gdje modeli generiraju činjenično netočan sadržaj zbog svoje probabilističke prirode. LLM-ovi također ne sadrže personaliziranost sadržaja za kojeg se učenik zanima zbog čega postoji mogućnost odudaranja od nastavnog sadržaja. Zbog toga se razvio Retrieval Augmented Generation (RAG) sustav koji kombinira generativnu moć LLM-ova s preciznošću eksternih, lokalnih baza znanja, čime se osigurava kontekstualna točnost i pouzdanost informacija. U nastavku razlažemo, prema Zongxi Li. Et. al. tipologiju RAG sustava u edukaciji.

2.1. Interaktivni sustavi za učenje

Ovi sustavi koriste RAG arhitekturu kako bi omogućili dinamične, personalizirane i koherentne odgovore na upite studenata. Sustavi omogućuju razgovor sa studentom te mogu izvući domenski specifično znanje i adaptirati ga konkretnom nastavnom sadržaju.

Takvi sustavi su:

- Q&A (Questions & Answers) - sustavi koji daju precizne odgovore na studentova pitanja o nastavnom sadržaju
- Edukativni chatbotovi – održavaju kontinuirani dijalog sa studentom kako bi djelovali kao virtualni mentor koji usmjerava proces učenja
- Sustavi za generiranje personaliziranih planova učenja

2.2. Generiranje i evaluacija obrazovnog sadržaja

RAG arhitektura se uvelike koristi kao alat koji pomaže pri stvaranju nastavnog sadržaja, ali i kao napredni alat za evaluaciju studentskih postignuća. Ugrubo, takvi sustavi služe za:

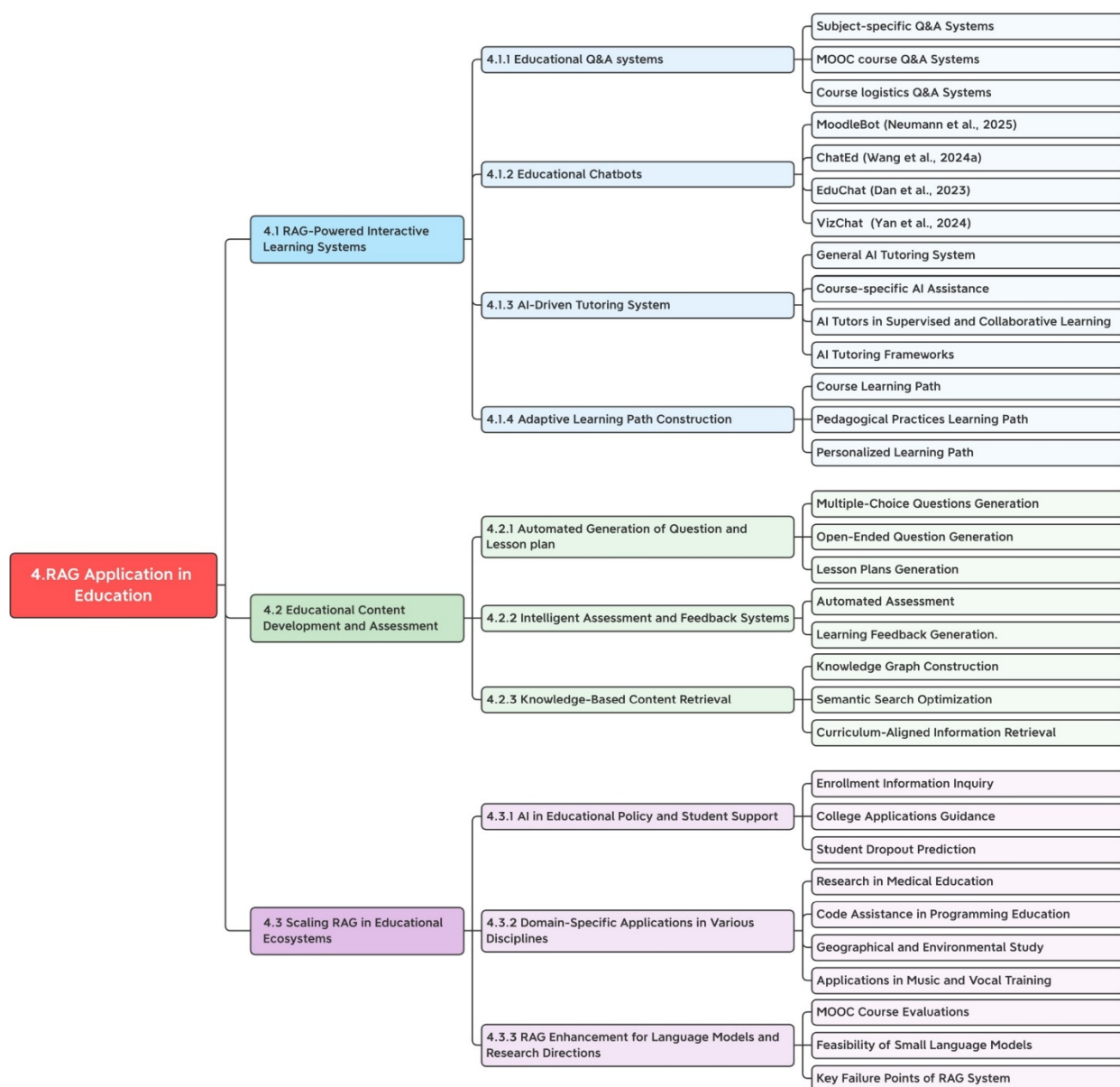
- Generiranje pitanja za provjeru svladavanja nastavnih ishoda
- Strukturiranje kurikuluma
- Automatizirano ocjenjivanje
- Formativna povratnu informaciju

2.3 Upotreba u širem obrazovnom ekosustavu

Osim izravne potpore učenju i podučavanju, RAG sustavi integriraju se u širu institucionalnu infrastrukturu, optimizirajući administrativne i specifične obrazovne procese kroz:

- Administrativnu podršku studentima – pružanje brzih i točnih informacija o studijskim pravilnicima, procedurama i visokoškolskoj administraciji
- Dohvaćanje domenski specifičnog znanja – omogućavanje studentima i istraživačima efikasno pretraživanje i analizu usko specijaliziranih znanstvenih baza podataka
- Podršku učenja stranih jezika (L2) – generiranje kontekstualno relevantnih primjera i jezičnih vježbi

Na Slici 1. se može vidjeti grafički prikaz spomenutih upotreba RAG arhitekture, ali i mnoge druge.



Slika 1 RAG aplikacije u obrazovanju

2.4. Ograničena multimodalna podrška

Iako je razvoj RAG sustava primarno bio usmjeren na procesiranje i generiranje tekstualnog sadržaja, discipline poput medicine, inženjerstva i umjetnosti zahtijevaju rad s resursima koji nisu tekstualni. U tim područjima ključnu ulogu imaju vizuali, programski kod, video materijali i interaktivne simulacije. Trenutna ograničenja standardnih RAG arhitektura u obradi takvih formata smanjuju njihovu efektivnost u specifičnim domenama, što nameće potrebu za razvojem multimodalnih sustava koji mogu uspješno integrirati i dohvaćati raznorodne tipove podataka.

3. Etika i dizajn AI alata

Dizajn AI alata u visokom obrazovanju ne smije biti vođen isključivo tehnološkom efikasnošću, već mora biti duboko usidren u etičkim okvirima koji štite akademski integritet. Prema Nigel J. Francis. et. al., ključni elementi takvog dizajna uključuju:

- Transparentnost i objašnjivost – AI alati trebaju biti dizajnirani tako da korisniku ne daju samo konačan odgovor, već i uvid u izvore ili proces generiranja informacija. To potiče kritičko razmišljanje studenata i omogućuje provjeru točnosti, čime se smanjuje rizik od prihvaćanja halucinacija.
- Balansiranje inovacije i evaluacije – Fokus ne treba biti na detekciji AI sadržaja (što zna često biti nepouzđano), već na dizajniranju zadataka koji zahtijevaju kritičku analizu i integraciju osobnog iskustva što AI alati ne mogu lako replicirati.
- Digitalna pismenost – Etički dizajn AI alata podrazumijeva i edukaciju korisnika. Institucije trebaju osnažiti studente i nastavnike vještinama AI pismenosti kako bi razumjeli pristranosti modela, ograničenja privatnosti podataka i važnost transparentnog navođenja korištenja AI alata u radu
- Očuvanje ljudskog intelekta – Dizajn sustava mora osigurati da AI služi kao pomoć, a ne zamjena za ljudski um. Konačna odgovornost za točnost sadržaja i akademsku čestitost ostaje na korisniku, a alat služi isključivo kao pomoć pri postizanju ciljeva.

4. Empirijske studije korisnika u akademskom okruženju

Empirijski podatci služe otkrivanju kako se AI alati koriste u praksi te kakve promjene izazivaju u dinamici učenja i podučavanja.

4.1. Iskustva i navike studenata

Istraživanje provedeno među 188 studenata (S. Krause et. al.) potvrđuje da je generativna AI postala integralni dio studentske svakodnevice. Studenti primarno koriste generativni AI za:

- pisanje akademskih radova
- pripremu ispita
- pojašnjavanje složenih koncepata

U tom kontekstu, AI alati se tretiraju kao visoko efikasni osobni mentori koji štede vrijeme i smanjuju stres. Od posebnog značaja se izdvaja studija (O. Pierres et. al.) koja se fokusirala na studente s invaliditetom. Za ovu skupinu, AI alati nisu samo pomoć u pisanju, već ključna asistivna tehnologija koja pomaže u premošćivanju barijera u čitanju, organizaciji vremena i strukturiranju misli, čime se direktno potiče inkluzivnost u visokom obrazovanju.

Ipak, studenti su izrazili zabrinutost zbog potencijalnog gubitka vještina kritičkog razmišljanja i pretjerane ovisnosti o tehnologiji, što bi dugoročno moglo utjecati na njihovu sposobnost samostalnog rješavanja problema.

4.2. Stavovi nastavnika i institucionalni odgovori

Analiza literature iz prvih mjeseci pojave ChatGPT-a (L. Jensen et. al.) pokazuje da su nastavnici u početku AI alate doživljavali kao prijatnu, ali se diskurs brzo pomaknuo prema prilagodbi. U tom kontekstu dogodila se:

- Reforma ocjenjivanja – Uvažilo se da tradicionalne metode (domaće zadaće poput eseja) gube na važnosti. Nastavnici zagovaraju nove metode procjene znanja koje zahtijevaju demonstraciju procesa kritičnog razmišljanja, a ne samo konačnog rezultata
- Globalni trendovi u politici upotrebe AI alata – pregled globalnih smjernica s 40 sveučilišta (Y. Jin. et. al.) otkriva da institucije sve češće prelaze s politike zabrane na politiku korištenja AI alata. Glavni fokus je na digitalnoj pismenosti i jasnom definiranju što se smatra dopuštenom upotrebom AI alata u akademskom okruženju.

4.3. Utjecaj na ishode učenja

Podatci ukazuju na dvojak učinak na ishode učenja:

- Pozitivni učinci – Značajno poboljšanje motivacije i angažmana te olakšano usvajanje činjeničnog znanja kroz personalizirane povratne informacije.
- Kognitivna varijabilnost – S. Krause. Et. al. upozorava da, iako AI alati pomažu u generiranju sadržaja, njegova učinkovitost u poticanju dubokog učenja i kritičke sinteze informacija varira značajno ovisno o tome koliko je student već vješt u danom području.

Popis literature

1. **Dakshit, S.** (2024). *Faculty Perspectives on the Potential of RAG in Computer Science Higher Education*. arXiv preprint arXiv:2408.01462.
2. **Francis, N. J., Jones, S., & Smith, D. P.** (2025). Generative AI in Higher Education: Balancing Innovation and Integrity. *British Journal of Biomedical Science*, 81, 14048. <https://doi.org/10.3389/bjbs.2024.14048>
3. **Jensen, L. X., Buhl, A., Sharma, A., & Bearman, M.** (2025). Generative AI and higher education: a review of claims from the first months of ChatGPT. *Higher Education*, 89, 1145–1161. <https://doi.org/10.1007/s10734-024-01265-3>
4. **Jin, Y., Yan, L., Echeverria, V., Gašević, D., & Martinez-Maldonado, R.** (2025). Generative AI in higher education: A global perspective of institutional adoption policies and guidelines. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 8, 100348. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2024.100348>
5. **Krause, S., Panchal, B. H., & Ubhe, N.** (2025). Evolution of Learning: Assessing the Transformative Impact of Generative AI on Higher Education. *Frontiers of Digital Education*, 2(2), 21. <https://doi.org/10.1007/s44366-025-0058-7>

6. **Li, Z., Wang, Z., Wang, W., Hung, K., Xie, H., & Wang, F. L.** (2025). Retrieval-augmented generation for educational application: A systematic survey. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 8, 100417.
<https://doi.org/10.1016/j.caeai.2025.100417>
7. **Luo, J., Zheng, C., Yin, J., & Teo, H. H.** (2025). Design and assessment of AI-based learning tools in higher education: a systematic review. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 22, 42. <https://doi.org/10.1186/s41239-025-00540-2>
8. **Pierrès, O., Darvishy, A., & Christen, M.** (2025). Exploring the role of generative AI in higher education: Semi-structured interviews with students with disabilities. *Education and Information Technologies*, 30, 8923–8952.
<https://doi.org/10.1007/s10639-024-13134-8>