

UNIVERSITATEA BABEȘ-BOLYAI, CLUJ NAPOCA, ROMÂNIA
FACULTATEA DE MATEMATICĂ ȘI INFORMATICĂ

Asistenți Virtuali, Ontologii și Inteligență Artificială: Un Vals al Inovației în Educație

– Teză de Doctorat –

Student Doctorand: **Ioana-Alexandra Todericiu**
Conducător Științific: Prof. Laura Dioșan

2025

Rezumat

Momentul asistenților virtuali este acum. De mai bine de o jumătate de deceniu, Inteligența Artificială (IA) s-a aflat într-o ascensiune constantă, iar astăzi, atenția noastră este pe deplin captată. IA și-a îndeplinit promisiunea. În noiembrie 2022, ChatGPT a cucerit scena în mod spectaculos. Aplicația, care a atins pragul de 1 milion de utilizatori în doar 5 zile, a demonstrat clar că asistenții virtuali nu mai reprezintă un viitor îndepărtat, ci o realitate concretă. Această teză, începută cu doi ani înainte de „fenomenul GPT”, a căpătat o relevanță și mai mare în lumina contextului tehnologic actual.

Instrumentele bazate pe IA transformă industriile, iar educația nu face excepție. Prin inovațiile actuale în domeniul asistenților virtuali, învățarea personalizată, accesibilă și centrată pe student poate fi atinsă. Singura limită este imaginația noastră.

Această teză își propune să ofere o abordare nouă, care să conecteze domeniile asistenților virtuali și al educației într-un mod coerent și structurat. Se realizează o revizuire extinsă a literaturii de specialitate, în care sunt explorate conceptele teoretice ce definesc asistenții virtuali, inclusiv taxonomia și aplicațiile acestora. Ulterior, sunt analizate eforturile existente de formalizare a legăturii dintre asistenții virtuali și domeniul educațional. Având în vedere că acest domeniu este relativ nou și mai puțin explorat dintr-o perspectivă formală, teza își propune să contribuie prin oferirea unei ontologii robuste, independente de vreo platformă, concepută pentru dezvoltarea de instrumente educaționale bazate pe asistenți virtuali. Puterea unui asemenea model unificat constă în versatilitatea sa și în modurile unice în care poate fi aplicat. Pentru a ilustra acest aspect, teza prezintă trei soluții concrete, selectate pe baza unor studii empirice care au evidențiat nevoi ale studenților ce pot fi abordate prin intermediul asistenților virtuali.

În concluzie, această teză își propune să fundamenteze un viitor în care învățarea este îmbunătățită prin utilizarea instrumentelor inteligente. Prin posibilitățile oferite de IA și regândirea modului în care educația poate fi livrată, ne apropiem de o realitate în care niciun student nu este lăsat în urmă și fiecare întrebare își găsește un răspuns. Viitorul învățării este aici—virtual, accesibil și la doar o comandă vocală distanță.

Cuprins

1	Introducere	1
1.1	Context și Motivație	1
1.2	Contribuția Originală	2
1.3	Provocări și Oportunități	3
1.4	Lista publicațiilor	5
2	Fundamente Teoretice: Ontologii, Asistenți Virtuali și Difuzoare Inteligente (Smart Speakers)	7
3	Soluția propusă	9
3.1	Ontologia Asistenților Virtuali	9
3.2	Instanțele Ontologiei	12
3.2.1	Competența Quiz – Alexa	12
3.2.2	Competența „University Assistant” – Alexa	13
3.2.3	Competența „University Assistant” – MS Copilot	13
3.2.4	Competența „Mentorat pentru studente” – MS Copilot	14
3.3	Un Cadru Comparativ pentru Asistenții Virtuali	14
3.4	Validare	16
3.4.1	Metodologia de validare	16
3.4.2	Validare pilot	16
4	Concluzii și Direcții Viitoare	17

Capitolul 1

Introducere

1.1 Context și Motivație

În educație, un domeniu ancorat în tradiție, dar din ce în ce mai influențat de inovație, nevoia de instrumente de învățare personalizate, adaptative și accesibile nu a fost niciodată mai presantă. Sistemele tradiționale întâmpină dificultăți în a răspunde nevoilor unice ale fiecărui elev, în a oferi feedback constructiv și în timp util sau în a asigura acces echitabil tuturor studenților. Tehnologia, în special cea bazată pe inteligență artificială, oferă un potențial imens pentru a răspunde acestor provocări [HT24], însă adoptarea sa în educație a fost fragmentară. Integrarea ontologiilor și a asistenților virtuali (VA) reprezintă o direcție promițătoare, dar insuficient explorată, în transformarea peisajului educațional.

Ontologiile oferă un cadru structurat pentru organizarea și reprezentarea cunoștințelor [VCGO23], asigurând consistență, adaptabilitate și claritate. Asistenții virtuali, pe de altă parte, excelează în crearea unor medii interactive, dinamice și captivante, prin utilizarea procesării limbajului natural și a inteligenței artificiale conversaționale [MVP21]. Combinarea acestor tehnologii ar putea redefini educația—făcând-o mai adaptată stilurilor individuale de învățare, mai receptivă la nevoi diverse și mai incluzivă față de grupurile subreprezentate. Această teză este ghidată de convingerea că tehnologia ar trebui să permită educației să se adapteze celor cărora le este destinată.

Deși potențialul acestor instrumente este evident, există lacune semnificative în modul în care ele au fost aplicate [AAAA25, LGM23]. Cercetările existente explorează adesea ontologiile și asistenții virtuali ca domenii separate, concentrându-se pe punctele lor forte individuale, fără a valorifica pe deplin capacitățile lor combinate. Ontologiile au fost utilizate pentru a îmbunătăți interoperabilitatea și pentru a formaliza cunoștințele între sisteme [HB20], iar asistenții virtuali și-au demonstrat utilitatea în îmbunătățirea implicării utilizatorilor și a accesului la informație [Vij24, ISSD20]. Cu toate acestea, intersecția acestor tehnologii, în special în domeniul educației, rămâne puțin dezvoltată. Lipsește un cadru formalizat care să integreze ontologiile cu asistenții virtuali pentru a crea soluții personalizate, adaptative și scalabile [EGPCB19]. În plus, s-a acordat puțină atenție validării unor astfel de cadre în contexte educaționale diverse sau explorării rolului acestora în abordarea provocărilor precum accesibilitatea și incluziunea [TLCCLM18].

Această teză își propune să reducă aceste lacune prin propunerea unui cadru bazat pe ontologie, care să sporească capacitățile asistenților virtuali în educație. Cercetarea se concentrează pe adaptarea ontologiilor la domeniul educațional, definind relațiile și atributele care stau la baza unei experiențe de învățare personalizate. Aceste concepte teoretice sunt apoi mapate pe cazuri de utilizare concrete, precum generarea de chestionare de tip quiz [SDMGH⁺22], oferirea de suport administrativ și recomandări personalizate de studiu. Soluția propusă este validată prin studii empirice, care evaluează impactul acesteia asupra accesibilității, scalabilității și rezultatelor generale ale procesului de învățare [SPJ20].

Prin abordarea acestor lacune, teza oferă o nouă perspectivă asupra modului în care educația poate valorifica potențialul tehnologiei. Impactul preconizat este dublu: pe de o parte, crearea unei experiențe de învățare mai atractive și mai eficiente pentru studenți; pe de altă parte, oferirea unui model de referință pentru cercetători și dezvoltatori interesați de integrarea ontologiilor și a asistenților virtuali în alte domenii. Această lucrare reprezintă un pas înainte către un viitor în care educația este la fel de dinamică, receptivă și incluzivă ca lumea pe care îi pregătește pe studenți să o navigheze.

1.2 Contribuția Originală

Această lucrare prezintă un cadru structurat care integrează designul ghidat de ontologii cu capacitățile adaptive și interactive ale asistenților virtuali, adaptat în mod specific mediilor educaționale. Prin valorificarea inteligenței artificiale, a procesării limbajului natural și a tehnologiilor scalabile de tip cloud, cercetarea propune soluții inovatoare care abordează provocări precum învățarea personalizată, feedback-ul instantaneu și accesibilitatea îmbunătățită.

Explorarea acestor subiecte a început acum cinci ani, chiar înaintea pandemiei globale, în anul 2020, și a căpătat avânt pe măsură ce lipsurile identificate deveneau din ce în ce mai evidente. Pe măsură ce studenții evitau interacțiunea umană, această teză a investigat tehnologiile disponibile care imitau schimbul de dialog specific interacțiunilor dintre indivizi. Scopul a fost identificarea unei soluții care ar putea funcționa pentru toți, inclusiv pentru utilizatorii cu dizabilități, care în mod tradițional erau insuficient deserviți de software-ul convențional. Lucrarea a urmărit dezvoltarea unei soluții personalizate, concepută pentru a răspunde nevoilor dinamice ale studenților.

Explorarea inițială a început cu Alexa, culminând cu publicarea primului articol științific pe acest subiect [ST20]. Această lucrare timpurie a contribuit la definirea direcției care avea să ghideze etapele următoare ale tezei. În cadrul unei conferințe academice, a fost ridicată o întrebare esențială: cum ar putea această abordare să fie extinsă către alte tehnologii și nevoi educaționale diverse? Mai exact, cum ar putea alții să adapteze conceptul de bază la tehnologii diferite și cerințe specifice? Această perspectivă s-a dovedit revelatoare. Dincolo de contextul pandemic, au fost identificate oportunități suplimentare în care asistenții virtuali ar putea contribui în mod semnificativ. În anii următori, cercetarea s-a concentrat pe dezvoltarea unei ontologii unice, concepută ca un plan de referință capabil să răspundă la trei întrebări fundamentale:

- Ce concepte specifice asistenților virtuali trebuie implementate pentru a oferi o soluție care să răspundă unei nevoi concrete?
- Cum relaționează și se influențează reciproc aspectele tehnice și non-tehnice ale unei soluții atunci când este vorba de integrarea asistenților virtuali în educație?
- Poate fi ontologia validată pe un set de cazuri de utilizare unice și poate funcționa în aceste contexte, indiferent de tehnologia utilizată și de amploarea soluției?

Ontologia servește drept cadru de ghidare, în timp ce asistenții virtuali, în special cei concepuți pentru mediul educațional, reprezintă obiectul principal al cercetării noastre. În procesul de formalizare a ontologiei, au fost explorate posibile instanțe și valorile acestora, de la colectarea informațiilor administrative (orarul cursurilor, anunțuri, știri) până la verificarea și validarea cunoștințelor (gamificarea testelor). Pașii și recomandările aferente dezvoltării unei ontologii au fost respectați, iar în timpul acestui proces, clasele, atributele și relațiile ontologiei au fost rafinate în mod continuu.

Pornind de la premisa că publicul țintă trebuie să fie vast, divers și incluziv, au fost studiate și diferite categorii de studenți și nevoile lor educaționale specifice. Două studii empirice au fost realizate [TSV21, MATZ22] pentru a înțelege mai bine utilizatorii vizați și pentru a le defini tipologiile (personas). Primul studiu [MATZ22] a examinat factorii care influențează continuitatea și abandonul femeilor în domeniul informaticii, atât în educație, cât și în cariere, cu un accent pe instituțiile de învățământ superior din România. Studiul a evidențiat obstacole și factori motivaționali critici, care pot informa intervenții strategice menite să reducă disparitățile de gen și să susțină interesul academic. Al doilea studiu [TSV21] a investigat percepțiile studenților privind implicarea lor în procesul de învățare, subliniind modul în care participarea activă — precum generarea de întrebări și învățarea colaborativă — influențează motivația și retenția cunoștințelor. Această abordare a oferit o înțelegere mai profundă a metodelor pedagogice care rezonază cu dinamica învățării studenților. Împreună, aceste studii oferă o imagine cuprinzătoare asupra diverselor provocări și a oportunităților în crearea unor practici educaționale mai incluzive și eficiente.

1.3 Provocări și Oportunități

Această teză urmărește să răspundă următoarelor întrebări de cercetare:

RQ1: Care sunt elementele cheie și metodologiile necesare pentru formalizarea asistenților virtuali în educație?

RQ2: Ce instanțe de asistenți virtuali, cu focus pe educație, demonstrează beneficiile practice ale soluțiilor arhitecturale formalizate?

RQ3: Cum pot fi evaluate sistematic soluțiile propuse pentru a le măsura performanța?

RQ4: Cum extinde și integrează soluția propusă abordările existente în reprezentarea cunoștințelor, învățare și accesibilitate?

Aceste întrebări de cercetare abordează în mod colectiv lacunele identificate în literatura de specialitate, explorând metodologiile fundamentale pentru formalizarea soluțiilor bazate pe asistenți virtuali (RQ1), demonstrând aplicabilitatea acestora în contexte educaționale reale (RQ2) și evaluând în mod sistematic eficiența lor (RQ3). În plus, prin compararea soluțiilor propuse cu abordările existente (RQ4), această lucrare oferă un cadru cuprinzător pentru avansarea dezvoltării asistenților virtuali în educație. Răspunsurile la aceste întrebări sunt detaliate de-a lungul tezei.

1.4 Lista publicațiilor

Mai jos este lista publicațiilor rezultate din cercetarea desfășurată în cadrul programului de doctorat.

1. **Ioana Alexandra Todericiu**, Camelia Șerban, Laura Dioșan. "Towards Accessibility in Education through Smart Speakers: An Ontology-Based Approach." *Proceedings of the 25th International Conference of Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems (KES2021)*, *Procedia Computer Science*, vol. 192, pp. 883-892, 2021/1/1. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.08.091>.
Categorie Lucrare: *Lucrare Lungă*
Categorie Conferință: *Rang B*
Scor: 4
Numar Citări: 11
2. **Ioana Alexandra Todericiu**, Camelia Șerban, Andreea Vescan. "Students' Perception on the Impact of Their Involvement in the Learning Process: An Empirical Study." In *Proceedings of the 3rd International Workshop on Education through Advanced Software Engineering and Artificial Intelligence (EASEAI2021)*, pp. 39-46, 2021/8/23. DOI: <https://doi.org/10.1145/3472673.3473964>.
Categorie Lucrare: *Lucrare Lungă/Workshop*
Categorie Conferință: *Workshop al unei conferințe A**
Scor: 6
Numar Citări: 4
3. Simona Motogna, Lenuta Alboaie, **Ioana Alexandra Todericiu**, Cristina Zaharia. "Retaining Women in Computer Science: The Good, the Bad and the Ugly Sides." In *Proceedings of the 3rd Workshop on Gender Equality, Diversity, and Inclusion in Software Engineering (GE@ICSE2022)*, pp. 35-42, 2022/5/19. DOI: <https://doi.org/10.1145/3524501.3527598>.
Categorie Lucrare: *Lucrare Lungă/Workshop*
Categorie Conferință: *Workshop al unei conferințe A**
Scor: 3
Numar Citări: 14
4. **Ioana Alexandra Todericiu**, Pop Mihai Daniel, Camelia Șerban, Laura Dioșan. "Quiz-Ifying Education: Exploring the Power of Virtual Assistants." *Proceedings of the 16th International Conference on Computer Supported Education (CSEDU2024)*, 2024. DOI: <https://doi.org/10.5220/0012722400003693>.
Categorie Lucrare: *Lucrare Scurtă*
Categorie Conferință: *Rang B*
Scor: 4/3
5. **Ioana Alexandra Todericiu**, Laura Dioșan, Camelia Șerban. "Alexa and Copilot: A Tale of Two Assistants" *Proceedings of the 17th International Conference on Agents*

and Artificial Intelligence (ICAART2025), 2025. DOI: <http://dx.doi.org/10.5220/0013174900003890>.

Categorie Lucrare: Lucrare Scurtă

Categorie Conferință: Rang B

Scor: 8/3

6. **Ioana Alexandra Todericiu.** "Virtual Assistants: A Review of the Next Frontier in AI Interaction" *Acta Universitatis Sapientiae*, 2025. DOI: TBD.

Categorie Lucrare: Lucrare Jurnal

Categorie Jurnal: Rang D (Indexed Web Of Science)

Scor: 1

Total Puncte: 18

Capitolul 2

Fundamente Teoretice: Ontologii, Asistenți Virtuali și Difuzoare Inteligente (Smart Speakers)

Domeniul ontologiilor și al abstractizării în contextul asistenților virtuali în învățământul superior reprezintă un domeniu aflat într-o continuă evoluție. Conform lui Wiederhold și Thomsen (2019) [WT19], cercetările actuale în acest domeniu s-au concentrat pe dezvoltarea unor ontologii care pot fi utilizate pentru a reprezenta cunoștințe și competențe din diverse arii, precum conținutul cursurilor și informațiile despre studenți.

Ontologiile, în cadrul științelor calculatoarelor și informației, sunt reprezentări formale ale unui set de concepte și al relațiilor dintre acestea într-un anumit domeniu [Gru93]. Acestea funcționează ca structuri organizate care permit partajarea și reutilizarea cunoștințelor între diverse aplicații și grupuri. Prin furnizarea unui vocabular comun și a unui set de definiții agreeate, ontologiile facilitează interoperabilitatea între sisteme și îmbunătățesc comunicarea între părțile interesate [FSZ23].

Dintr-o perspectivă formală, o ontologie definește un set de primitive de reprezentare care servesc la modelarea unui domeniu de cunoaștere sau discurs [Gru09]. Fiecare element care constituie reprezentarea formală a unei ontologii, precum clasele, obiectele, instanțele, regulile de inferență, contribuie la generalizarea unor teme diverse. Acestea oferă un limbaj comun pentru descrierea arhitecturii și a logicii într-un anumit domeniu.

Asistenții virtuali (AV) constituie un subset esențial al sistemelor de tip Întrebare–Răspuns (QAS – Question Answering Systems), evoluând de la simple instrumente de regăsire a informației la sisteme interactive sofisticate [BDDN⁺24].

O clasificare a asistenților virtuali, propusă inițial în [Tod25], este prezentată pe baza tipurilor de interacțiune, a specificității sarcinilor, a metodelor de implementare și a cadrelor de luare a deciziilor. Aceste categorii oferă un cadru cuprinzător pentru înțelegerea diversității funcționalităților și aplicațiilor asistenților virtuali în diferite domenii.

Boxele inteligente funcționează pe baza asistenților virtuali, care reprezintă „creierul” sau miezul capacității lor de „judecată”. Într-un mod simplificat, asistenții virtuali pot fi percepuți ca un mecanism software care interceptează comenzile utilizatorului (recunoaștere vocală și

înțelegere a limbajului natural), le mapează către o solicitare, și, atunci când este necesar, apelează serviciul responsabil pentru executarea acelei acțiuni, pe baza căreia formulează un răspuns corespunzător pentru utilizator [BLS⁺18].

În ciuda integrării pe scară largă a Asistenților Virtuali și a ontologiilor în diverse domenii, inclusiv educația, persistă un decalaj semnificativ în ceea ce privește formalizarea și aplicarea lor sistematică. Sistemele existente tind să se concentreze fie pe dezvoltarea de ontologii izolate, fie pe implementarea AV-urilor fără a aborda interdependența dintre aceste două domenii. Această deconectare limitează potențialul de a crea soluții transformative și scalabile, în special în educație, unde sunt urgent necesare medii de învățare personalizate, adaptive și accesibile.

Capitolul 3

Soluția propusă

O abordare inovatoare este propusă în Capitolul 3, introducând un framework bazat pe ontologii care reduce decalajul dintre asistenții virtuali și domeniul academic. Acest framework formalizează interacțiunea dintre sistemele inteligente și procesele educaționale, concentrându-se pe satisfacerea nevoilor studenților și cadrelor didactice. Prin valorificarea asistenților virtuali precum Amazon Alexa și Microsoft Copilot, soluția integrează capabilități avansate de inteligență artificială, cum ar fi procesarea limbajului natural și serviciile cloud, pentru a oferi competențe personalizate de evaluare, regăsire și sugestie a cunoștințelor. Aceste competențe permit învățarea personalizată, eficientizează fluxurile de lucru academice și îmbunătățesc accesibilitatea pentru o gamă variată de utilizatori. Arhitectura tehnică combină designul ghidat de ontologii cu servicii cloud scalabile, pentru a furniza o soluție adaptivă, eficientă și interactivă, care redefineste modul în care studenții și cadrele didactice interacționează cu sistemele educaționale. O metodologie de validare și un pilot inițial sunt descrise la finalul capitolului.

3.1 Ontologia Asistenților Virtuali

Dezvoltarea ontologiei a început cu un studiu al bunelor practici și al metodologiilor din diverse surse [NM01, SLPS21]. Deși nu există un ghid universal obligatoriu pentru crearea unei ontologii de înaltă calitate, au fost identificate mai multe etape recomandate care sprijină organizarea sistematică a domeniului. Etapa inițială se concentrează pe definirea scopului și înțelegerea domeniului de cunoaștere.

Scopul unei ontologii este de a stabili limitele și de a rafina domeniul de cunoaștere relevant. În acest sens, propunem ca așteptările pe care ontologia trebuie să le îndeplinească să fie formulate sub forma unei liste de competențe [BLR19], după cum urmează:

- S1:** Să stabilească o legătură între asistenții virtuali și sfera academică.
- S2:** Să definească utilizatorii care beneficiază de această legătură dintre asistenții virtuali și universitate.
- S3:** Să clarifice arhitectura tehnică necesară pentru o soluție bazată pe o competență a unui asistent virtual orientat către universitate.

S4: Să identifice clar nevoile la care răspunde asistentul virtual.

Tabelul 3.1 prezintă câteva concepte principale din cunoștințele domeniului, comune altor ontologii existente — unele axate exclusiv pe asistenți virtuali, altele pe educație, iar câteva abordând ambele arii. Primele trei articole listate [Had13, AAA⁺21, ZAzJS19] vizează ontologii universitare, în timp ce ultimele două [MMM19, WACY17] se concentrează pe ontologii dedicate asistenților virtuali. Având în vedere temele prezentate în Tabelul 3.1, ontologia propusă este compusă din clase și subclase create pe baza temelor comune identificate în lucrările menționate.

Studiu	Cadru Didactic	Student	>Test	Inteligentă / Cunoștințe	Acțiuni Conversaționale	Asistent Virtual
Hadjar (2013) [Had13]	✓	✓				
Alrehaili et al. (2021) [AAA ⁺ 21]	✓	✓	✓	✓		
Zeebaree et al. (2019) [ZAzJS19]	✓	✓				
Maier et al. (2019) [MMM19]				✓	✓	✓
Wessel et al. (2017) [WACY17]					✓	✓

Tabela 3.1: Tipare comune în cunoștințele de domeniu în literatura de specialitate

Pentru faza de dezvoltare a ontologiei, instrumentul principal utilizat a fost Protégé [Mus15, GMF⁺03]. Protégé este recunoscut ca fiind software-ul de referință pentru lucrul cu ontologii [ZZZ12], oferind o gamă largă de funcționalități care facilitează nu doar faza de dezvoltare, ci și validarea. Având în vedere complexitatea structurii, capturile de ecran s-au dovedit insuficiente pentru a reflecta în mod adecvat designul ontologiei propuse.

Vizualizarea ontologiilor este esențială pentru o gestionare, explorare și înțelegere eficientă [KHL⁺07], dar poate prezenta dificultăți semnificative în cazul structurilor mari și complexe [TH06]. În căutarea unei soluții software adecvate pentru vizualizarea ontologiilor, pluginul OWLViz [CSM09] oferit de Protégé a fost evaluat inițial; însă, designul său învechit și lipsa de ușurință în utilizare au fost identificate drept limitări majore. Drept urmare, aplicația interactivă WebVOWL¹ [LLMN15, WLA18] a fost adoptată, oferind un mediu mai prietenos și convenabil. WebVOWL permite dezvoltarea ontologiei direct în platformă și oferă diverse opțiuni de reprezentare grafică, inclusiv granularitate ajustabilă, redimensionarea dinamică a casetelor text, controlul zoom-ului și altele. Cu toate acestea, în ciuda avantajelor interfeței grafice WebVOWL, vizualizarea unei ontologii extrem de complexe continuă să fie o provocare din perspectiva clarității.

Instanțele pot fi privite ca indivizi sau reprezentări concrete ale unei ontologii. Ele ajută la transpunerea definiției formale a unui sistem în scenarii reale. Aceste instanțe oferă o imagine de ansamblu a arhitecturii soluției propuse: trei competențe create special pentru studenți, care răspund unor nevoi de bază — menținerea la curent cu informații administrative și organizatorice, testarea cunoștințelor prin teste și primirea de sugestii privind ce să studieze în continuare.

Consistența unei ontologii este definită prin absența ambiguităților care ar putea duce la aserțiuni și relații incorecte sau slabe.

Pentru verificarea consistenței, a fost utilizat motorul de inferență HermiT [SMH08]. Acesta oferă o reprezentare vizuală a comportamentelor inconsistente în cadrul ontologiei (precum

¹<https://service.tib.eu/webvowl/>

disjuncțiile ce pot genera inconsistențe — una dintre cele mai frecvente axiome care determină astfel de probleme). Pentru a apărea o inconsistență, trebuie să existe cel puțin două axiome contradictorii. HerMiT marchează cu roșu erorile, de la clasele inferioare până la cele superioare. Pentru a preveni propagarea erorilor, motorul HerMiT a fost utilizat în toate etapele procesului de design și dezvoltare. HerMiT este disponibil ca plugin integrat în Protégé și poate fi activat direct din interfața acestuia.

Pentru a răspunde cerințelor definite de scop, vom utiliza clasele și relațiile dintre acestea astfel:

S1: Să stabilească o legătură între asistenții virtuali și sfera academică.

S1 Explicație: Această legătură poate fi privită ca o *competență virtuală personalizată* creată pentru o universitate, denumită *university skill*.

S2: Să definească utilizatorii care beneficiază de legătura dintre asistenții virtuali și universitate.

S2 Explicație: Utilizatorii care beneficiază de competența universitară sunt *studenții* și *cadrele didactice*. Studenții sunt beneficiarii direcți, întrucât competența le răspunde nevoilor, iar cadrele didactice beneficiază indirect, având un instrument interactiv care le sprijină procesul de predare.

S3: Să clarifice arhitectura tehnică necesară pentru o soluție bazată pe o competență a unui asistent virtual orientat către universitate.

S3 Explicație: O competență, mai precis competența noastră personalizată *University Skill*, este dezvoltată într-o *platformă de dezvoltare a competențelor* pusă la dispoziție de furnizorul asistentului virtual, pentru a adăuga funcționalități suplimentare. Pentru a formula un răspuns, este necesar apelul unei funcții din cloud. Astfel, trebuie aleasă o platformă cloud — precum Google Cloud, Microsoft Azure sau Amazon Web Services. Acestea oferă servicii care răspund cerințelor noastre arhitecturale: un *serviciu de jurnalizare* care înregistrează acțiunile conversaționale și eventualele erori, un *serviciu de procesare* care construiește un *răspuns* și poate accesa baze de date sau stocare în cloud, dacă este necesar.

S4: Să identifice clar nevoile la care răspunde asistentul virtual.

S4 Explicație: Principala nevoie adresată de asistentul virtual (prin competența universitară) este *nevoia de cunoaștere*. Aceasta este satisfăcută prin oferirea de informații organizaționale utile în viața academică de zi cu zi și prin sprijinirea pregătirii profesionale. În același timp, ajută cadrele didactice prin facilitarea *înțelegerii nevoilor* studenților și susținerea *procesului de predare*.

3.2 Instanțele Ontologiei

Această secțiune prezintă mai multe implementări practice ale unor asistenți virtuali bazați pe ontologie, dezvoltați pentru scopuri educaționale. Fiecare subsecțiune explorează o competență (skill) sau un asistent distinct, detaliind scopul, publicul țintă, arhitectura tehnică și fluxul conversațional. Implementările diferă prin platformă (Alexa [LRK⁺19] vs. Microsoft Copilot Studio [Str24]) și prin focalizarea educațională (teste, servicii universitare, mentorat), oferind o perspectivă comparativă asupra modului în care modelarea ontologică poate susține instrumente educaționale adaptive bazate pe voce.

3.2.1 Competența Quiz – Alexa

Abordarea propusă, „Quiz for Uni”, este o competență dezvoltată pentru Alexa, concepută pentru a sprijini învățarea personalizată prin teste interactive. Scopul principal al acestei competențe este de a oferi studenților un instrument educațional stimulat, care se adaptează nevoilor și preferințelor individuale. Vom prezenta principalele etape implicate în procesul de dezvoltare, inclusiv selecția tehnologiilor, modelarea fluxului conversațional și detaliile implementării.

Am selectat Alexa ca interfață datorită bazei largi de utilizatori și a Alexa Developer Console, care facilitează dezvoltarea competențelor. Această consolă oferă instrumente complete pentru crearea, testarea și distribuirea de aplicații vocale interactive, fiind ideală pentru sistemul nostru de teste. În plus, integrarea dintre Alexa și AWS este fluidă, ambele fiind produse Amazon. Această sinergie permite un proces de dezvoltare eficient și coerent, AWS oferind servicii robuste precum Lambda și DynamoDB, asigurând scalabilitate, fiabilitate și ușurință în gestionare pentru „Quiz for Uni”.

Această soluție este destinată studenților din anul al doilea la specializarea Ingineria Software (IS), cu accent pe aprofundarea limbajului de programare Java și a conceptelor de programare orientată pe obiecte (OOP). În această etapă a educației, studenții trec de la competențele de bază în programare către concepte și practici mai complexe. Sistemul de test interactiv bazat pe Alexa este adaptat pentru a răspunde cerințelor educaționale specifice acestei faze.

O validare preliminară a fost realizată pentru evaluarea competenței, detaliată în Secțiunea 3.4.2. Studiul pilot a implicat șase voluntari: trei studenți actuali din anul al treilea la Informatică și trei absolvenți, selectați pe bază de voluntariat. Colectarea datelor s-a realizat printr-un chestionar structurat, care a combinat scale de tip Likert și întrebări deschise, completat după două săptămâni de interacțiune cu competența Alexa. Datele cantitative au fost analizate prin statistici descriptive, iar răspunsurile calitative au fost codificate tematic prin open coding [BC21]. Rezultatele au indicat un grad ridicat de satisfacție (medie 8,6/10), interes crescut pentru utilizare viitoare (9,33/10) și feedback pozitiv privind ușurința în utilizare, împreună cu sugestii de îmbunătățire.

Alegerea acestei competențe a fost inspirată de cercetarea anterioară [TSV21], care a studiat impactul testelor asupra performanței academice. Studiul a fost realizat pe 83 de studenți și a analizat metoda de tip Project-Based Learning — mai exact, strategia „Students Genera-

ting Questions” (SGQ) — și impactul acesteia asupra implicării și rezultatelor studenților în cursurile de Inginerie Software de la Universitatea Babeș-Bolyai. Metodologia a combinat un design mixt, care include un chestionar structurat (cu scale Likert, întrebări de clasificare și întrebări deschise) aplicat studenților de la licență și master, cu o analiză cantitativă riguroasă și codificare tematică calitativă. Rezultatele au indicat că metoda SGQ a ajutat studenții să-și autoregleze mai bine procesul de învățare, să înțeleagă mai bine conceptele, să reducă anxietatea de examinare și să consolideze colaborarea.

3.2.2 Competența „University Assistant” – Alexa

Competența „University Assistant – Alexa” funcționează ca un instrument inovator destinat îmbunătățirii experiențelor academice cotidiene ale studenților. Această abilitate utilizează interacțiunea vocală oferită de Alexa pentru a facilita comunicarea dintre utilizatori și mediul lor educațional. Scopul principal este de a eficientiza responsabilitățile logistice academice, inclusiv gestionarea orarului, notificările despre cursuri și comunicarea în contextul învățării virtuale. Integrarea Alexa cu platforme populare precum site-ul oficial al universității, Microsoft Teams și Outlook permite studenților să acceseze rapid informații esențiale — precum orarul, temele sau întâlnirile viitoare — prin comenzi vocale simple.

Ecosistemul Amazon a fost ales datorită sprijinului său extins pentru aplicații controlate vocal și integrării facile cu serviciile AWS. AWS Lambda asigură faptul că backend-ul competenței „University Assistant” este scalabil și receptiv, procesând eficient comenzile vocale și returnând răspunsuri precise în timp real. DynamoDB oferă o soluție de bază de date fiabilă și flexibilă pentru gestionarea programelor și resurselor variabile. Microsoft Power Automate conectează comenzile vocale cu serviciile Office 365, facilitând fluxuri de lucru eficiente, precum postarea de anunțuri în Teams sau sumarizarea emailurilor. Această combinație tehnologică asigură o experiență unificată și eficientă, adaptată cerințelor dinamice ale educației moderne.

3.2.3 Competența „University Assistant” – MS Copilot

Competența „University Assistant – MS Copilot” urmărește să furnizeze o soluție fluidă și adaptabilă pentru activitățile academice, utilizând funcționalitățile Microsoft Copilot Studio [Che24]. Aceasta aplică o metodologie probabilistică, bazată pe Large Language Models (LLMs) [ZZL⁺23], pentru a oferi interacțiuni dinamice și sensibile la context, în contrast cu asistenții virtuali determinați precum Alexa. Competența este integrată cu ecosistemul Microsoft, oferind funcționalități precum colaborare în timp real, răspunsuri contextuale și adaptabilitate sporită la diverse contexte lingvistice și academice. Studenții pot folosi această competență pentru gestionarea cursurilor, accesarea informațiilor academice și colaborare.

Microsoft Copilot Studio a fost selectat ca platformă de bază pentru această competență datorită conectivității sale extinse cu serviciile Microsoft și a utilizării algoritmilor generativi. Metodologia probabilistică permite asistentului să îmbunătățească răspunsurile în funcție de comportamentul utilizatorilor, promovând o experiență de învățare evolutivă. Integrarea mecanismului de tip „retrieval-augmented generation” (RAG) pentru accesarea informațiilor din surse multiple extinde capabilitățile sistemului, permițând interacțiunea cu date structurate și

nestructurate. Platforma Copilot Studio permite implementarea pe mai multe canale, inclusiv Microsoft Teams, aplicații personalizate, aplicații de chat (WhatsApp, MS Teams) și interfețe web, asigurând astfel accesibilitate și scalabilitate.

3.2.4 Competența „Mentorat pentru studente” – MS Copilot

Inițiativa „Mentorat pentru studente” are ca scop identificarea și abordarea provocărilor specifice întâmpinate de femeile care studiază informatica, conform studiului „Retaining Women in Computer Science: The Good, the Bad, and the Ugly Sides” [MATZ22]. Studiul a realizat o analiză detaliată a factorilor care influențează retenția femeilor în studiile de informatică, utilizând date de la 125 de studente la master, 31 de doctorande și 46 de cadre didactice feminine din România. Obstacolele identificate includ lipsa mentoratului, reprezentarea insuficientă și accesul limitat la modele de urmat. Metodologia utilizată a fost una longitudinală și cuprinzătoare, combinând sondaje cantitative și codificare deschisă a răspunsurilor libere. Designul chestionarului a fost rafinat iterativ, pe baza feedbackului din pilot, și a inclus proceduri riguroase de validare (codificare independentă și obținerea consensului), pentru a asigura fiabilitatea și validitatea rezultatelor.

Răspunsurile cantitative au oferit perspective esențiale asupra disponibilității programelor de mentorat. Dintre studentele de la master, 91 au declarat că nu beneficiază de mentorat, în timp ce doar 34 au avut acces la astfel de programe (27,2%). Doar 5,6% au avut acces la programe destinate exclusiv femeilor (7 din 125), iar doar 2,4% au raportat sprijin din partea cadrelor didactice. În ceea ce privește abandonul, 15,2% dintre respondente au indicat lipsa unui mentor ca principal motiv.

Dintre doctorande, 51,7% (15 din 31) au beneficiat de programe de mentorat, însă 93,5% au declarat că nu au avut acces la programe instituționale destinate exclusiv femeilor. Dintre cercetătoarele postdoctorale, doar 21,3% (10 din 47) au avut mentori, iar doar 2,1% au interacționat cu programe axate pe sprijinirea femeilor.

Aceste constatări subliniază necesitatea stringentă a unor programe de mentorat accesibile și scalabile, mai ales pentru grupurile subreprezentate. Obiectivul principal este facilitarea unui proces eficient de asociere mentor–mentee. Odată ce o studentă solicită mentorat — fie explicit, fie determinat de modelul subiacent — Copilot declanșează o interacțiune pentru a identifica nevoile și preferințele specifice. Ulterior, competența corelează aceste informații cu o bază de date dedicată de mentori, organizată pe domenii de expertiză, și inițiază un email personalizat de introducere. Această automatizare sporește accesibilitatea și eficiența programelor de mentorat, în concordanță cu propunerile studiului de a crea mecanisme instituționale pentru sprijinirea eficientă a studentelor.

3.3 Un Cadru Comparativ pentru Asistenții Virtuali

Deși Amazon Alexa excelează în limba sa principală - engleza, problemele legate de pronunție și înțelegere pot limita eficiența sa. Prin contrast, Microsoft Copilot Studio beneficiază de un design de bază care acceptă mai multe limbi, împreună cu adaptabilitatea oferită de GPT,

facilitând comunicarea în limbi care nu sunt explicit specificate, însă performanța nu este întotdeauna optimă. Pe măsură ce instituțiile de învățământ răspund tot mai mult nevoilor unor populații diverse, capacitatea de a furniza suport lingvistic adecvat va fi esențială pentru eficiența asistenților virtuali în îmbunătățirea experienței de învățare.

La finalizarea dezvoltării unei competențe pentru Amazon Alexa, produsul final este competența (skill-ul) Alexa, care poate fi distribuită pe platforma Alexa. Dezvoltatorii trebuie să utilizeze consola Alexa Developer Console pentru a publica competența, ceea ce permite testarea completă pentru a verifica dacă funcționalitatea și experiența utilizatorului corespund criteriilor dorite. După finalizarea testării, competența este trimisă spre certificare. Acest proces de certificare garantează că aplicația respectă standardele Amazon privind confidențialitatea, securitatea și utilizabilitatea [CA23]. După certificare, competența devine disponibilă pe numeroase dispozitive compatibile cu Alexa, inclusiv difuzoare Echo, telefoane mobile și tablete. Această distribuție permite studenților să interacționeze cu aplicația prin comenzi vocale, oferind acces facil la informații și suport. De exemplu, un student poate întreba: „Alexa, ce cursuri am astăzi?” și va primi un răspuns prompt și personalizat, derivat din logica aplicației și integrarea cu datele aferente. În plus, soluțiile Copilot pot fi implementate fie pe un website demonstrativ oferit de Microsoft, fie pe un website personalizat. Pe lângă aplicațiile convenționale, Copilot Studio permite distribuția aplicațiilor pe mai multe platforme, precum Slack, aplicații mobile personalizate, Telegram și Direct Line Speech.

Amazon Alexa obține în general un timp mediu de răspuns de 2,5 secunde pentru întrebări simple, care corespund în mare măsură intențiilor predefinite. Când utilizatorii folosesc formulările prescrise, competența poate răspunde aproape instantaneu. Totuși, dacă întrebarea se abate de la intențiile definite, timpul de răspuns poate crește la 3–4 secunde, întrucât sistemul încearcă să interpreteze comanda, să o asocieze cu o intenție apropiată, să interogheze sursa de date relevantă și să formuleze un răspuns. Microsoft Copilot Studio atinge în mod tipic un timp de răspuns de 2–3 secunde pentru comenzi de bază, comparabil cu performanța Amazon Alexa. Pentru întrebări mai complexe, care necesită analiză aprofundată sau înțelegere contextuală, timpul de răspuns poate ajunge la 4–5 secunde. Această variație este determinată în principal de utilizarea tehnologiei GPT (Generative Pre-trained Transformer), care permite Copilot să înțeleagă o gamă mai largă de inputuri din partea utilizatorilor. Deși GPT îmbunătățește capacitatea asistentului de a genera răspunsuri nuanțate și adaptate contextului, caracterul său probabilistic poate duce la creșterea duratei de procesare, întrucât modelul evaluează și se adaptează comportamentului utilizatorului [RCD+20]. Astfel, bogăția interacțiunilor oferite de Copilot duce ocazional la întârzieri, în special în cazul întrebărilor complexe sau multifactoriale.

Atunci când utilizatorii respectă intențiile predefinite, Alexa atinge o rată de acuratețe de 100% pentru întrebările respective. Această abordare deterministă garantează răspunsuri fiabile, deoarece sistemul este proiectat să furnizeze informații corecte atunci când comenzile corespund expresiilor așteptate. Totuși, dacă întrebările sunt reformulate într-un mod care deviază de la expresiile exacte definite pentru fiecare intenție, rata de acuratețe poate scădea. Microsoft Copilot Studio își demonstrează versatilitatea și potențialul în medii educaționale, dar evidențiază și zone-cheie ce necesită îmbunătățiri, în special în ceea ce privește „halucinațiile”, precizia și înțelegerea contextuală. Abordarea acestor probleme va fi esențială pentru optimi-

zarea eficienței asistentului și îmbunătățirea experienței educaționale oferite studenților.

3.4 Validare

3.4.1 Metodologia de validare

Pentru a evalua „abilitățile” propuse ale asistentului virtual, am conceput un cadru de validare flexibil, structurat pe trei direcții, care poate fi reutilizat în diverse scenarii educaționale. Participanții — recrutați din același an de studiu și din aceeași specializare, pentru a menține un context academic uniform — au primit instrucțiuni clare de utilizare și au interacționat cu asistentul virtual în Microsoft Teams (sau prin intermediul unui difuzor inteligent) timp de două–trei săptămâni. Datele au fost colectate prin: (1) un chestionar post-utilizare care a evaluat satisfacția, gradul de utilizabilitate și câștigurile percepute în procesul de învățare; (2) jurnale interne de telemetrie care au înregistrat frecvența comenzilor, durata interacțiunilor și fluxul conversațional; și (3) instrumente externe opționale, cum ar fi un tracker de timp în IDE, pentru a observa dacă utilizarea asistentului virtual se traduce într-o activitate de programare mai profundă. Analiza a combinat statistici descriptive și codificare tematică a răspunsurilor deschise, corelând evaluările subiective cu datele obiective din telemetrie, oferind astfel o imagine holistică a eficienței, utilizabilității și fezabilității adoptării, în conformitate cu normele GDPR și ușor de reprodus în studii viitoare.

3.4.2 Validare pilot

O primă validare exploratorie s-a concentrat pe abilitatea de tip quiz, oferindu-se șase voluntari (trei studenți actuali la informatică și trei absolvenți) dispozitive Alexa Echo preconfigurate, pentru o perioadă de două săptămâni. Participanții au completat exclusiv chestionarul structurat, generând rezultate preliminare, dar încurajatoare: nivelul de plăcere a fost evaluat la 4,5/5, performanța tehnică la 4/5, satisfacția generală la 8,6/10, iar probabilitatea de reutilizare viitoare la 9,3/10. Feedbackul calitativ a evidențiat aprecierea pentru fluxul de tip joc, auto-ghidat, care a motivat studiul suplimentar, dar a semnalat și nevoia de personalizare a lungimii și dificultății quizurilor, precum și îmbunătățirea recunoașterii vocale pentru accentele non-native. Principalele amenințări la adresa validității provin din dimensiunea redusă a eșantionului și selecția voluntară a participanților, precum și din absența unor metrici comportamentale obiective; studii viitoare, de scară mai mare, vor integra telemetrie și urmărirea timpului în IDE pentru a triangula rezultatele și a consolida gradul de generalizare.

Capitolul 4

Concluzii și Direcții Viitoare

Cercetarea a început cu un scop care, în timp, a evoluat și a căpătat forme și direcții diferite. Inițial, destinația era reprezentată de complexitatea tehnică din spatele dezvoltării asistenților virtuali dedicați sectorului educațional. Curând a devenit evident că acest obiectiv static nu era suficient pentru a surprinde natura dinamică atât a peisajului tehnologic, cât și a sistemului educațional. Au apărut provocări și schimbări semnificative, generate de pandemia COVID-19 și de lansarea ChatGPT. O abordare singulară nu mai era de ajuns. Dar dacă această abordare ar fi suficient de robustă pentru a se extinde către soluții, oportunități și scenarii viitoare necunoscute?

Perspectiva ontologică s-a dovedit a fi elementul lipsă, oferind o atracție unică și un fundament teoretic solid. După o analiză cuprinzătoare a intersecției dintre asistenții virtuali și educație, concluzia a fost clară: deși ambele domenii au cunoscut o dezvoltare semnificativă individual, combinația dintre ele rămâne puțin explorată. Domeniul era evident unul emergent, așteptând să fie descoperit. Astfel, această lucrare se bazează pe cercetări existente, aducând un aport teoretic consistent. Pe această fundație, teza introduce o taxonomie nouă pentru asistenți virtuali și difuzoare inteligente (smart speakers), care facilitează o înțelegere mai clară a conceptelor ce joacă un rol esențial în formalizarea ontologică.

Elementul central al studiului este reprezentat de ontologia originală dezvoltată în cadrul tezei. Aceasta poate fi privită drept o punte între oportunitățile oferite de sistemul educațional și promisiunile tehnologice ale asistenților virtuali. Ontologia propusă include un set riguros de clase, relații, proprietăți și instanțe.

Instanțele reprezintă punctul forte al formalizării, demonstrând aplicabilitatea ontologiei într-o gamă variată de cazuri de utilizare, care implică tehnologii și arhitecturi diferite. În spatele acestora se află studii empirice complete, care validează valoarea acestora și justifică nevoile specifice abordate. Urmărind această linie, teza analizează în detaliu peisajul tehnologic, fluxul conversațional și particularitățile fiecărei soluții. Abordarea este agnostică din punct de vedere al platformei, urmărind tehnologii și furnizori SaaS diverși, ceea ce confirmă că ontologia nu este restricționată de o tehnologie sau un scop specific.

Pentru a înțelege mai bine impactul soluției propuse, teza oferă o metodologie de validare robustă, dar suficient de generală pentru a fi aplicată oricărei soluții bazate pe asistenți virtuali descrise în lucrare. Metodologia acoperă selecția participanților, colectarea datelor și

analiza acestora. Pe baza acesteia, a fost descrisă o validare pilot inițială. În această etapă, un chestionar atent construit a colectat feedback subiectiv—evaluând aspecte precum nivelul de satisfacție, performanța tehnică, utilitatea percepută și probabilitatea de reutilizare. Deși dimensiunea eșantionului a fost limitată, rezultatele au oferit perspective valoroase care confirmă eficiența cadrului bazat pe ontologie și potențialul său de scalabilitate.

Chiar dacă această lucrare reprezintă un pas important, activitatea în acest domeniu rămâne în plină desfășurare. Privind cu optimism spre viitor, pot fi identificate următoarele direcții de cercetare relevante:

- Pilotarea instanțelor ontologiei este următorul pas firesc, ce va permite validarea și rafinarea aplicațiilor practice. Această etapă va evalua gradul de utilizare, scalabilitatea și eficiența în contexte reale, oferind o bază solidă pentru viitoare inovații și îmbunătățiri. Această testare va conduce la rafinamente ale ontologiei, crescându-i complexitatea și reziliența pentru viitor.
- Extinderea dinamică a ontologiei reprezintă o altă direcție promițătoare. Astfel, se propune explorarea unor mecanisme prin care ontologia să poată evolua automat, cu ajutorul algoritmilor de învățare automată, pentru a răspunde în timp real schimbărilor din paradigmele educaționale, nevoilor studenților și avansurilor tehnologice.
- Scalarea orizontală și verticală a ontologiei pentru a acomoda o varietate mai mare de cazuri de utilizare și de complexități tehnice. O ontologie mai bogată în clase, proprietăți și relații oferă o aplicabilitate mai largă și un ghidaj mai precis. Scalarea poate fi făcută orizontal (spre noi domenii și tehnologii), dar și vertical (prin adăugarea de granularitate și detalii suplimentare).
- Integrarea agenților AI ca o extensie firească a asistenților virtuali de mâine. Studiul potențialului acestora de a îmbunătăți experiențele utilizatorilor, procesele decizionale și de a oferi suport în diverse domenii reprezintă un nou teritoriu de explorat. Complexitatea tehnică, noile paradigme de design și integrarea în ecosisteme diverse sunt aspecte cheie care pot susține dezvoltarea unei ontologii avansate, adecvată acestei noi generații de soluții inteligente.

Pe măsură ce asistenții virtuali continuă să redefinească inovația, creativitatea și productivitatea, viitorul va fi definit de eforturile noastre constante de a valorifica aceste tehnologii în favoarea noastră — o viziune pe care această teză aspiră să o materializeze.

Bibliografie

- [AAA⁺21] Nada Alrehaili, Muhammad Aslam, Dimah Alahmadi, Dina Alrehaili, Muhammad Asif, and Muhammad Malik. Ontology-Based Smart System to Automate Higher Education Activities. *Complexity*, 2021:1–20, 08 2021.
- [AAAA25] Safa Albo Abdullah and Ahmed Al-Azawei. Predicting online learners’ performance through ontologies: A systematic literature review. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 26:16–37, 02 2025.
- [BC21] V. Braun and V. Clarke. *Thematic Analysis: A Practical Guide*. SAGE Publications, 2021.
- [BDDN⁺24] Giovanni Biancofiore, Yashar Deldjoo, Tommaso Di Noia, Eugenio Di Sciascio, and Fedelucio Narducci. Interactive Question Answering Systems: Literature Review. *ACM Computing Surveys*, 56, 04 2024.
- [BLR19] Maricela Bravo, Hoyos-Reyes Luis, and José Reyes. Methodology for ontology design and construction. *Contaduría y Administración*, 64:134, 03 2019.
- [BLS⁺18] Frank Bentley, Chris Luvogt, Max Silverman, Rushani Wirasinghe, Brooke White, and Danielle Lottridge. Understanding the Long-Term Use of Smart Speaker Assistants. *Proc. ACM Interact. Mob. Wearable Ubiquitous Technol.*, 2(3), September 2018.
- [CA23] Sudip Chakraborty and Sreeramana Aithal. Let Us Create an Alexa Skill for Our IoT Device Inside the AWS Cloud. *International Journal of Case Studies in Business, IT, and Education*, pages 214–225, 05 2023.
- [Che24] Wei-Yu Chen. Intelligent tutor: Leveraging chatgpt and microsoft copilot studio to deliver a generative ai student support and feedback system within teams. *arXiv preprint arXiv:2405.13024*, 2024.
- [CSM09] Nadia Catenazzi, Lorenzo Sommaruga, and Riccardo Mazza. User-Friendly Ontology Editing and Visualization Tools: The OWLeasyViz Approach. In *13th International Conference Information Visualisation*, pages 283–288, 07 2009.
- [EGPCB19] Lenin Erazo-Garzón, Andrés Patiño, Priscila Cedillo, and Alexandra Bermeo. CALMS: A Context-Aware Learning Mobile System Based on Ontologies. In *2019 Sixth International Conference on eDemocracy & eGovernment*, pages 84–91, 2019.

- [FSZ23] Karim Farghaly, Ranjith K. Soman, and Shanjing Alexander Zhou. The evolution of ontology in AEC: A two-decade synthesis, application domains, and future directions. *Journal of Industrial Information Integration*, 36:100519, 2023.
- [GMF⁺03] John H Gennari, Mark A Musen, Ray W Ferguson, William E Grosso, Monica Cru-bézy, Henrik Eriksson, Natalya F Noy, and Samson W Tu. The evolution of Protégé: an environment for knowledge-based systems development. *International Journal of Human-Computer Studies*, 58(1):89–123, 2003.
- [Gru93] Thomas R. Gruber. A translation approach to portable ontology specifications. *Knowledge Acquisition*, 5(2):199–220, 1993.
- [Gru09] Tom Gruber. *Ontology*, pages 1963–1965. Springer US, Boston, MA, 2009.
- [Had13] Karim Hadjar. University Ontology: case study Ahlia University. *Semantic Web: Implications for Technologies and Business Practices*, pages 50–54, 07 2013.
- [HB20] Martina Husáková and Vladimír Bureš. Formal Ontologies in Information Systems Development: A Systematic Review. *Information*, 11(2), 2020.
- [HT24] Ryan Hare and Ying Tang. Ontology-driven Reinforcement Learning for Personalized Student Support. *2024 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*, abs/2407.10332:2555–2560, 2024.
- [ISSD20] Vinayak Iyer, Kshitij Shah, Sahil Sheth, and Kailas Devadkar. Virtual assistant for the visually impaired. In *2020 5th International Conference on Communication and Electronics Systems*, pages 1057–1062, 2020.
- [KHL⁺07] Akrivi Katifori, Constantin Halatsis, George Lepouras, Costas Vassilakis, and Eugenia Giannopoulou. Ontology Visualization Methods—a Survey. *ACM Comput. Surv.*, 39(4):10–es, nov 2007.
- [LGM23] Lasha Labadze, Maya Grigolia, and Lela Machaidze. Role of ai chatbots in education: systematic literature review. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 20:1–17, 10 2023.
- [LLMN15] Steffen Lohmann, Vincent Link, Eduard Marbach, and Stefan Negru. WebVOWL: Web-based Visualization of Ontologies. In *Knowledge Engineering and Knowledge Management: EKAW 2014 Satellite Events, VISUAL, EKM1, and ARCOE-Logic, Linköping, Sweden, November 24-28, 2014. Revised Selected Papers.*, volume 8982, pages 154–158, 04 2015.
- [LRK⁺19] Irene Lopatovska, Katrina Rink, Ian Knight, Kieran Raines, Kevin Cosenza, Harriet Williams, Perachya Sorsche, David Hirsch, Qi Li, and Adrianna Martinez. Talk to me: Exploring user interactions with the Amazon Alexa. *Journal of Librarianship and Information Science*, 51(4):984–997, 2019.
- [MATZ22] Simona Motogna, Lenuța Alboai, Ioana Alexandra Todericiu, and Catrinel Zaharia. Retaining women in computer science: the good, the bad and the ugly sides. In *Proceedings of the Third Workshop on Gender Equality, Diversity, and Inclusion in Software*

- Engineering*, GE@ICSE '22, page 35–42, New York, NY, USA, 2022. Association for Computing Machinery.
- [MMM19] Torsten Maier, Jessica Menold, and Christopher McComb. Towards an Ontology of Cognitive Assistants. *Proceedings of the Design Society: International Conference on Engineering Design*, 1:2637–2646, 07 2019.
 - [Mus15] Mark A. Musen. The Protégé Project: A Look Back and a Look Forward. *AI Matters*, 1(4):4–12, jun 2015.
 - [MVP21] Ann Mathew, Rohini .V, and Joy Paulose. NLP-based personal learning assistant for school education. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 11:4522–4530, 10 2021.
 - [NM01] N. Noy and Deborah McGuinness. Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology. *Knowledge Systems Laboratory*, 32, 01 2001.
 - [RCD⁺20] Daniele Rogora, Antonio Carzaniga, Amer Diwan, Matthias Hauswirth, and Robert Soulé. Analyzing system performance with probabilistic performance annotations. In *Proceedings of the Fifteenth European Conference on Computer Systems*, pages 1–14, 04 2020.
 - [SDMGH⁺22] Asya Stoyanova-Doycheva, Sebiha Madanska, Maria Grancharova-Hristova, Todorka Glushkova, and Georgi Cholakov. Development of Ontologies in Different Domains for a Test Generation Environment. In *8th International Conference on Higher Education Advances*, pages 925–933, 06 2022.
 - [SLPS21] Alexander Smirnov, Tatiana Levashova, Andrew Ponomarev, and Nikolay Shilov. Methodology for multi-aspect ontology development. In Uchitha Jayawickrama, Pavlos Delias, María Teresa Escobar, and Jason Papathanasiou, editors, *Decision Support Systems XI: Decision Support Systems, Analytics and Technologies in Response to Global Crisis Management*, pages 97–109, Cham, 2021. Springer International Publishing.
 - [SMH08] Rob Shearer, Boris Motik, and Ian Horrocks. HerMiT: A highly-efficient OWL reasoner. In *Proceedings of the Fifth Web Ontology Language Experiences and Directions Workshop on OWL: Experiences and Directions, collocated with the 7th International Semantic Web Conference (ISWC-2008), Karlsruhe, Germany, October 26-27, 2008*, volume 432, 01 2008.
 - [SPJ20] Kristian Stancin, Patrizia Pošćić, and Danijela Jaksic. Ontologies in education – state of the art. *Education and Information Technologies*, 25:5301–5320, 11 2020.
 - [ST20] Camelia Serban and Ioana Alexandra Todericiu. Alexa, What classes do I have today? The use of Artificial Intelligence via Smart Speakers in Education. *Procedia Computer Science*, 176:2849–2857, 2020. Knowledge-Based and Intelligent Information and Engineering Systems: Proceedings of the 24th International Conference 2020.
 - [Str24] Jess Stratton. An introduction to microsoft copilot. In *Copilot for Microsoft 365: Harness the Power of Generative AI in the Microsoft Apps You Use Every Day*, pages 19–35. Springer, 2024.

- [TH06] Yannis Tzitzikas and Jean-Luc Hainaut. On the Visualization of Large-Sized Ontologies. In *Proceedings of the Working Conference on Advanced Visual Interfaces*, AVI '06, page 99–102, New York, NY, USA, 2006. Association for Computing Machinery.
- [TLCCLM18] Mariela Tapia-Leon, Abdon Carrera, Janneth Chicaiza, and Sergio Luján-Mora. Application of ontologies in higher education: A systematic mapping study. In *2018 IEEE Global Engineering Education Conference*, pages 1344–1353, 04 2018.
- [Tod25] Ioana Alexandra Todericiu. Virtual assistants: A review of the next frontier in ai interaction. *Acta Universitatis Sapientiae*, 2025.
- [TSV21] Ioana Todericiu, Camelia Serban, and Andreea Vescan. Students perception on the impact of their involvement in the learning process: an empirical study. In *Proceedings of the 3rd International Workshop on Education through Advanced Software Engineering and Artificial Intelligence*, EASEAI 2021, page 39–46, New York, NY, USA, 2021. Association for Computing Machinery.
- [VCGO23] William Villegas-Ch and Joselin García-Ortiz. Enhancing Learning Personalization in Educational Environments through Ontology-Based Knowledge Representation. *Computers*, 12(10):1–19, 2023.
- [Vij24] M. Vijayakumar. A Study on Chatbots and Virtual Assistants in Customer Engagement: A Review. *International Journal of Engineering and Management Research*, 14:204–208, 03 2024.
- [WACY17] Michael Wessel, Girish Acharya, James Carpenter, and Min Yin. OntoVPA - An Ontology-Based Dialogue Management System for Virtual Personal Assistants. In *Advanced Social Interaction with Agents : 8th International Workshop on Spoken Dialog Systems*, pages 219–233. Springer International Publishing, 2017.
- [WLA18] Vitalis Wiens, Steffen Lohmann, and S. Auer. WebVOWL Editor: Device-Independent Visual Ontology Modeling. In *International Workshop on the Semantic Web*, volume 2180, 2018.
- [WT19] Stefan Wiederhold and Christian Thomsen. A Survey of Personalized Learning Support Systems. In *Proceedings of the 12th International Conference on Educational Data Mining, 2019, Montreal, Canada, June 19-22, 2019*, pages 3–14, 2019.
- [ZAJS19] Subhi Zeebaree, Adel Al-zebari, Karwan Jacksi, and Ali Selamat. Designing an Ontology of E-learning system for Duhok Polytechnic University Using Protégé OWL Tool. *Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems*, 11:5, 01 2019.
- [ZZL⁺23] Wayne Xin Zhao, Kun Zhou, Junyi Li, Tianyi Tang, Xiaolei Wang, Yupeng Hou, Yingqian Min, Beichen Zhang, Junjie Zhang, Zican Dong, et al. A survey of large language models. *arXiv preprint arXiv:2303.18223*, 1(2), 2023.
- [ZZZ12] Huiqun Zhao, Shikan Zhang, and Junbao Zhao. Research of Using Protégé to Build Ontology. In *2012 IEEE 11th International Conference on Computer and Information Science*, pages 697–700, 2012.