

VIRTUAL PATIENT

Pacientul Virtual – Sistem de învățare bazat pe inteligență artificială pentru instruire în diagnosticarea și tratamentul bolilor cardiovasculare

(The Virtual Patient – An AI-based System for Training in Cardiovascular Diseases Diagnostic and Treatment)

Etapa 1- Platformă inițială, colectare date, agent conversațional (23.06.2022 – 31.12.2022)

Contract: 619PED/2022 din 23/06/2022

Cuprins

1. Obiective etapa 1.....	3
2. Rezumatul etapei.....	3
3. Descrierea științifică și tehnică	4
3.1 Proiectare și implementare platformă inițială, colectare date 3 cazuri clinice și implementare bazei de date (activitatea 1.1).....	4
3.1.1 Proiectare platformei Virtual Patient	4
3.1.2 Implementarea versiunii inițială a platformei	6
3.1.3 Implementarea bazei de date a platformei	8
3.1.4 Colectarea a trei cazuri clinice și integrarea acestora în platformă	10
3.2 Proiectare și implementare agent conversațional în limba română (activitatea 1.2)	11
4. Activitate de diseminare	13
5. Concluzii	15
Referințe.....	15

Figuri

Figura 1. GUI - partea dinamică și partea statică, <i>vedere student în stânga și vedere profesor în dreapta</i> ..	5
Figura 2. GUI se adaptează la dimensiunea ecranului	6
Figura 3. Arhitectura platformei Virtual Patient - Diagramă Bloc	6
Figura 4. Vedere student - <i>pagina principală în stânga și pagina cu investigații în dreapta</i>	7
Figura 5. Vedere profesor - <i>examen obiectiv în stânga și pagina cu investigații în dreapta</i>	7
Figura 6. Generarea scenariilor semialeatoare sau manual	8
Figura 7. Media Management	8
Figura 8. Tabelele din baza de date	9
Figura 9. Tabelul Scenarii Generate	9
Figura 10. Colectarea și etichetarea datelor de către echipa de la UMFCD	10
Figura 11. Arhitectura agentului conversațional.....	11
Figura 12. Secțiunea anamneză.....	12
Figura 13. Platforma Wit.ai-Extragerea intenției și entități/entitățile din comanda utilizatorului..	13
Figura 14. Pagina web al proiectului (https://aimas.cs.pub.ro/virtual-patient/).	14

Rezumat proiect

Pacienții virtuali sunt capabili să reprezinte pacienți în scenarii clinice realiste și să angajeze cursanții în conversații medic-pacient despre starea de sănătate a pacientului, să interpreteze rezultatele de laborator și imaginile medicale și să formeze un diagnostic. În prezent, din cauza condițiilor create de pandemia COVID-19, interacțiunea studenților la medicină cu pacienții este limitată, prin urmare, mediile virtuale de interacțiune pacient medic devin o soluție sigură și practică pentru formarea abilităților medicale, inclusiv învățarea mixtă. Odată cu progresele actuale ale inteligenței artificiale, pacienții virtuali pot fi dotați cu funcții avansate, cum ar fi integrarea diferitelor tipuri de agenți conversaționali sau suport pentru predicția automată a evoluției pacientului.

În acest context, obiectivul principal al proiectului este acela de a dezvolta un mediu virtual pentru a simula interacțiunile dintre cursant (student la medicină sau medic/rezident) și un pacient clinic virtual pentru diagnosticul și tratamentul bolilor cardiace acute și cronice. Mediul virtual, susținut de o platformă software și tehnologii de inteligență artificială, simulează scenarii clinice din viața reală în care studentul emulează rolul medicului care efectuează o examinare a pacientului virtual și obține un istoric, efectuează o anamneză, un examen fizic, investigații paraclinice, stabilește un diagnostic și recomandă un plan terapeutic.

Pornind de la sistemul nostru deja dezvoltat, provocările prezentului proiect constau în realizarea de progrese în tehnologia pacienților virtuali prin dezvoltarea unui mediu flexibil și integrat pentru formare în domeniul cardiologiei, care încorporează tehnici avansate de inteligență artificială, în special planul de diagnostic și tratament al cazurilor complexe, un agent conversațional capabil să dialogheze în limbaj natural și voce, cât și generarea de date sintetice bazate pe rețele neuronale profunde.

1. Obiective etapa 1

Obiectivele primei etape (platformă inițială, colectare date, agent conversațional) a proiectului Virtual Patient au constatat în:

- proiectarea platformei Virtual Patient (Pacientul Virtual);
- implementarea versiunii inițială a platformei;
- implementarea bazei de date a platformei;
- colectarea a trei cazuri clinice;
- anonimizarea corespunzătoare a datelor colectate;
- integrarea celor trei cazuri clinice în platformă (după anonimizare);
- proiectarea agentului conversațional din platformă;
- implementarea agentului conversațional în limba română;
- trimiterea a două lucrări științifice spre publicare;
- crearea paginii web a proiectului.

Iar activitățile care au fost prevăzute pentru această etapă (în anul 2022) au fost următoarele:

- activitatea 1.1: Proiectare și implementare platformă inițială, colectare date 3 cazuri clinice și implementare bazei de date;
- activitatea 1.2: Proiectare și implementare agent conversațional în limba română.

Ambele activități au inclus și diseminarea rezultatelor obținute prin publicarea unor lucrări științifice elaborate în comun de către echipa de la Universitatea Politehnica din București (UPB) și echipa de la Universitatea de Medicină și Farmacie Carol Davila din București (UMFCD).

2. Rezumatul etapei

Toate obiectivele au fost realizate integral. Gradul de atingere al rezultatelor fiind de 100%:

- *activitatea 1.1 - Proiectare și implementare platformă inițială, colectare date 3 cazuri clinice și implementare bazei de date:* în cadrul acestei activități a fost proiectată platforma Virtual Patient și a fost implementată o primă versiunea a platformei (versiunea inițială) împreună cu baza de date. Tot în cadrul acestei activități sa realizat colectarea a trei cazuri clinice, anonimizarea datelor colectate și integrarea acestora în platformă.
- *activitatea 1.2 - Proiectare și implementare agent conversațional în limba română:* în cadrul acestei activități a fost proiectat agentul conversațional a platformei și după aceea acesta a fost implementat cu suport pentru limba Română. Agentul conversațional suportă interacțiuni prin text și prin voce cu utilizatorul.

Pe parcursul etapei, au fost trimise trei lucrări științifice la conferințe internaționale. Toate articolele au fost acceptate și publicate.

În plus, proiectul a fost prezentat în cadrul atelierului (Workshop) "Dimensiunea umană a Inteligenței Artificiale" organizat de către Centrul Internațional de Excelență în Inteligență Artificială@UPB. De asemenea, proiectul a fost prezentat într-un reportaj difuzat pe Antena 3 și

printr-un clip promoțional care promova conferința plenipotențiarilor uniunii internaționale a telecomunicațiilor (ITUPP2022) care a avut loc la București.

3. Descrierea științifică și tehnică

Această secție conține descrierea științifică și tehnică a activităților realizate în cadrul primei etape a proiectului.

3.1 Proiectare și implementare platformă inițială, colectare date 3 cazuri clinice și implementare bazei de date (activitatea 1.1)

Această sub-sectiune conține descrierea științifică și tehnică a activităților realizate în cadrul activității 1.1. În cadrul acestei activități echipa de la Universitatea Politehnica din București a implementat platformă inițială și Baza de date, iar echipa de la Universitatea de Medicină și Farmacie Carol Davila din București a colectat date pentru 3 cazuri clinice, a anonimizat datele colectate și le-a trimis echipei de la UPB. Ambele echipe au fost implicate în proiectarea platformei.

3.1.1 Proiectare platformei Virtual Patient

Raportul "educație digitală pentru dezvoltarea capacității forței de muncă din domeniul sănătății" [1] publicat de către Organizația Mondială a Sănătății (OMS) în Aprilie 2020 subliniază faptul că educația digitală are potențialul de a îmbunătăți competențele și satisfacția profesioniștilor din domeniul sănătății. În plus, raportul identifică că eficacitatea educației digitale pentru sănătate variază foarte mult în funcție de modul de implementare. Multiple lucrări științifice [2, 3 și 4] susțin că eficacitatea și rezultatele educației digitale pentru sănătate variază destul de mult în funcție de modalitatea de învățare (de exemplu, calculatoare, telefoane mobile, realitate virtuală, jocuri serioase, gamification, tipul de interacțiuni), modul de livrare (de exemplu, complet digital, cu prezență fizică sau mixt), metoda de instruire (de exemplu, simulări, instruire directă), metode de evaluare (de exemplu, utilizarea instrumentelor de validare), pedagogii de învățare (de exemplu, învățare digitală bazată pe probleme), obiectivele de învățare și disciplinele care sunt predate (de exemplu, renunțarea la fumat, gestionarea diabetului, violența domestică, managementul antibioticelor, dermatologie, sănătatea copilului, îngrijirea vârstnicilor) și utilizatorii vizați.

Din aceste motive, s-a stabilit că platforma Virtual Pacient va integra o interfață grafică (GUI) intuitivă și ușoară pentru utilizatori. GUI va asigura un acces rapid la toate elementele din platforma. Aceasta va fi formată dintr-o parte statică și alta dinamică pe parcursul întregii sesiuni așa cum este ilustrat în Figura 1.

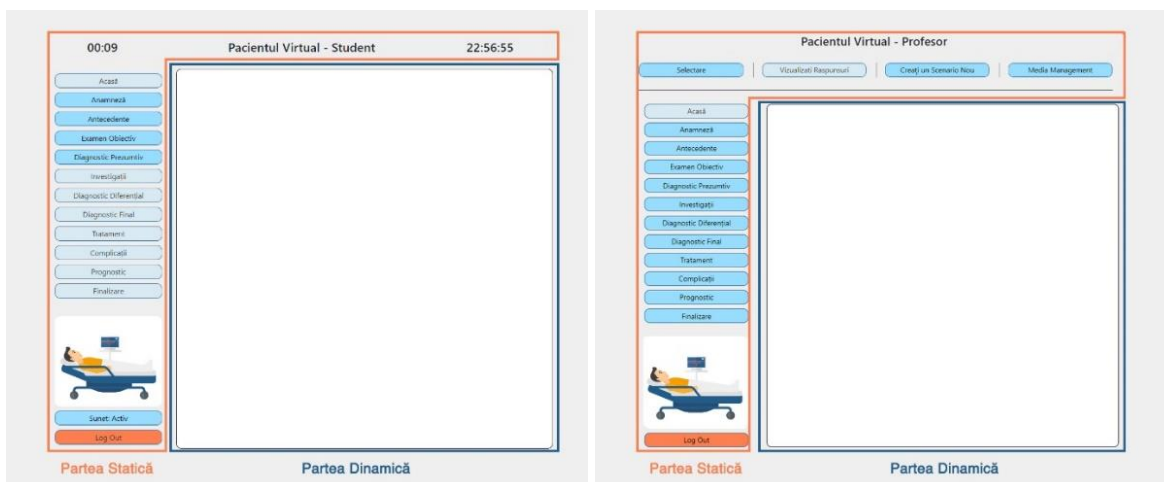


Figura 1. GUI - partea dinamică și partea statică, vedere student în stânga și vedere profesor în dreapta

În vederea student, partea statică conține ceasul în partea dreaptă sus a ecranului iar în partea stângă sus a ecranului conține cronometrul sesiuni actuale. Meniul de navigare se găsește în partea stângă a ecranului, sub meniu există o poză care arată poziția actuală a pacientului urmată de butoanele de control a sunetului (activare/dezactivare) și de log-out. Iar partea dinamică conține informațiile care variază în funcție de secțiunea pe care o navighează utilizatorul.

În vederea profesor, partea statică conține un meniu pe orizontal în partea de sus a ecranului și un meniu vertical în partea stângă a ecranului. Meniul vertical este urmărit de o poză care arată poziția pacientului în sesiunea selectată de profesor și butonul de log-out. Iar partea dinamică conține informațiile care variază în funcție de secțiunea pe care o navighează profesorul.

De asemenea, sa stabilit că platforma va integra un agent de dialog care va ușura interacțiunea utilizatorului și îi va permite să interacționeze cu platforma prin text și prin voce. Platforma va conține diferite materiale multimedia (de exemplu, poze, video, audio, animație). Platforma se va adapta în funcție de nivelul utilizatorului autentificat dar și în funcție scenariul prezent în sesiune utilizatorului (de exemplu, anumite opțiuni sunt valabile pentru scenariile cu Tromboembolism pulmonar dar nu sunt valabile pentru scenariile cu Stenoză aortică). Platforma va permite profesorilor sa evalueze fiecare sesiune a studenților (în timp real sau după finalizarea sesiuni – în funcție de modul de utilizare a platformei).

Pentru a face platforma mai eficientă și atractivă pentru studenți, proiectarea platformei a luat în considerare pentru etapele următoare din proiect, integrarea metodelor de gamification și diferitelor instrumente de validare, folosirea tehnici de inteligență artificială pentru a genera scenarii complexe și valide clinic, precum și optimizarea platformei pentru a fi complet accesibilă de pe orice dispozitiv pe care îl preferă utilizatorul (în versiunea actuală a platformei, unele funcționalități sunt restricționate pe anumite dispozitive: tablete și telefoane).

3.1.2 Implementarea versiunii inițială a platformei

Pentru a garanta compatibilitatea cu toate dispozitivele și sistemele de operare, front-end-ul platformei a fost implementat folosind HTML5, CSS3 și JavaScript. Folosind Bootstrap, GUI se adaptează la dimensiunea ecranului dispozitivului așa cum este ilustrat în Figura 2.

Sistemul de tip Grid al Bootstrap ajută la alinierea elementelor diferite ale paginii pe baza rândurilor și coloanelor. Platforma integrează unele caracteristici personalizabile (de exemplu, selectarea vocea vorbirii, activarea/dezactivarea sunetelor). Back-end-ul platformei a fost implementat folosind Python și este construit pe framework-ul Django [5].

Platforma are o arhitectură modulară, bazată pe micro-servicii. Această abordare permite dezvoltarea unei soluții printr-un set de servicii mici, modulare și implementate independent, în care fiecare serviciu rulează pe propriul proces și comunică prin mecanisme ușoare bine definite pentru a servi unui obiectiv mai mare [6], în cazul nostru funcționarea corectă a platformei. Figura 3 prezintă blocurile funcționale și arhitectura platformei. Platforma este compusă din cinci module principale: modulul de autentificare, modulul de decizie, modulul de stocare, modulul de generare a scenariilor și modulul de dialog.



Figura 2. GUI se adaptează la dimensiunea ecranului

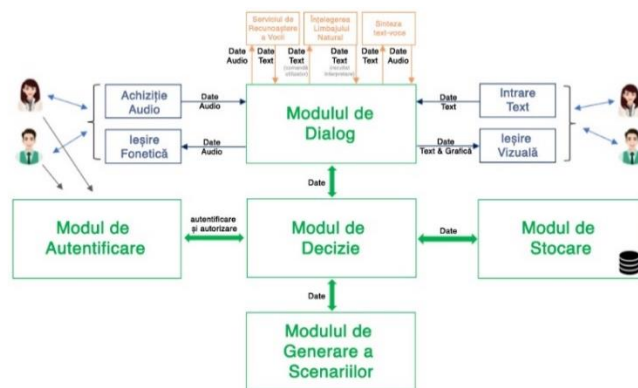


Figura 3. Arhitectura platformei Virtual Patient - Diagramă Bloc

Modulul de autentificare: sistemul de autentificare și autorizare furnizat de framework-ul Django a fost folosit pentru a construi modulul de autentificare. Platforma are trei niveluri de utilizatori: administratori, profesori și studenți. După autentificarea utilizatorului, platforma activează funcționalitățile și afișează vizualizarea care corespunde tipului de utilizator autentificat așa cum este ilustrat în Figurile 4 și 5.

Modulul de decizie: este locul în care se iau deciziile. Orice decizie se poate baza pe una sau mai multe condiții. Modulul colectează toate datele care sunt relevante pentru sesiunea curentă, inclusiv investigațiile, înregistrările de anamneză și intrările furnizate de student. Rezultatul modulului de decizie este o sesiune de lucru care se actualizează în timpul interacțiunii studentului și poate fi vizualizată de profesor pentru evaluare în timp real sau ulterior.

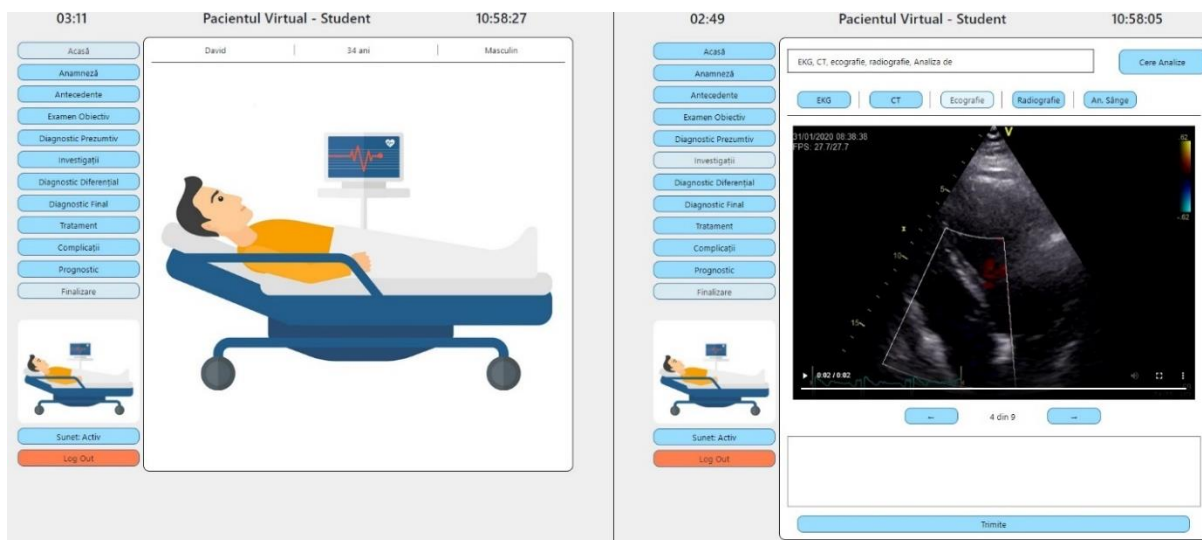


Figura 4. Vedere student - pagina principală în stânga și pagina cu investigații în dreapta



Figura 5. Vedere profesor - examen obiectiv în stânga și pagina cu investigații în dreapta

Modulul de generare a scenariilor: este locul în care sunt generate scenarii valide clinic. Baza de date constă din intrări individuale pentru fiecare element al scenariilor (de exemplu, electrocardiogramă, analize de sânge, ecografie, radiografie, anamneză, computerul tomograf). Intrările sunt inserate în baza de date separat în timp ce sunt adnotate cu un tip de boală și o severitate a bolii. Motorul care generează scenarii valide clinic ia ca intrare un tip de boală, un nivel de severitate al bolii precum și constrângerile care sunt stabilite de un profesor (dacă există). În plus, motorul ia ca intrare și orice date pe care profesorul dorește să fie incluse în scenariul generat pentru cazul scenariilor semialeatoare sau manuale așa cum este ilustrat în Figura 6. Motorul assemblează scenariul pe baza acestor argumente prin filtrarea artefactelor care conțin astfel de etichete, creând astfel variații față de scenariile inițiale care au fost utilizate pentru a introduce date și scăzând probabilitatea de a genera scenarii similare pentru diferite sesiuni.

Modulul de stocare: este locul în care sunt stocate toate datele. Platforma are o vizualizare care permite profesorilor și administratorilor să vizualizeze datele care sunt stocate și să

Modulul de dialog: acest modul este responsabil să gestioneze dialogul dintre student și pacientul virtual precum și să păstreze istoricul interacțiunilor din sesiunea curentă. Acest modul este detaliat în sub-sectiunea 3.2 a raportului.

Figura 6. Generarea scenariilor semialeatoare sau manual

Figura 7. Media Management

Baza de date a platformei a fost implementa folosind SQLite [7] (versiunea 3 – SQLite3 [8]). SQLite3 a permis micșorarea dimensiunii bazei de date, deoarece numerele și obiectele binare mari (BLOBS-urile) sunt stocate în formatele lor native, ceea ce face că lucrurile să ruleze mai repede. Acest gen de bază de date asigură o performanță autonomă, reduce costurile de implementare și complexitatea. În plus, bazele de date SQLite sunt foarte flexibilitate și asigura o portabilitate ușoară. Având în vedere că platforma se extinde pe etape, acest lucru este însoțit de apariția unor noi funcționalități, tipuri de date și/sau secțiuni în anumite scenarii, prin urmare este

necesar asigurarea unei baze de date foarte flexibile. Portabilitate ușoară a bazei de date, ne va permite migrarea acesteia într-un alt format, o dată ce extinderea platformei (pe cazuri noi) va fi finalizată.

În baza de date au fost create diferite tabele așa cum este ilustrat în Figura 8, dintre care un tabel ce conține utilizatori platformei, un alt tabel conține grupuri de utilizatori, altul conține nivelele existente pentru utilizatorilor iar altul asociază studenți cu profesori.

Un alt tabel conține tipurile de materiale (inclusiv tipurile de investigații) disponibile pe platformă. Pentru fiecare tip de investigație a fost creat un tabel care asociază fiecare investigație din acest tip cu etichetele și restricțiile care iau fost asociate. Un tabel conține diferitele permisiuni pentru a gestiona accesul general în platformă dar și gestionarea accesul utilizatorilor în funcție de nivelul fiecăruia.

Un alt tabel conține scenariile generate așa cum este ilustrat în Figura 9, un alt tabel conține răspunsurile generate pentru secțiunea de anamneză pentru fiecare scenariu generat, altul conține diferitele sesiuni care au fost create iar altul asociază sesiunea cu scenariul generat și cu utilizatorul sesiuni. În plus au fost create tabele în care în care se înregistrează intrările studentului împreună cu id-ul sesiuni (un tabel separat pentru fiecare secțiune din scenariu).

Figura 8. Tabelele din baza de date

Filter in any column																
id	patient_name	patient_sex	patient_avatar	patient_age	patient_front_img	patient_back_img	descrip	am_obj	prof	caract	patient_id	patient_blood_analysis	patient_ct_id	patient_blood_analysis	patient_ecgphysio_id	patient_ekg_id
2	Andrei	M	assets/patient_avatars...	60	assets/img/...	assets/img/...	Tes...	Exam ...	Ingl...	F	8	102	8	102	48	72
3	Ana	F	assets/patient_avatars...	32	assets/img/...	assets/img/...	Tes...	Exam ...	Ingl...	N	5	343	5	343	34	29
4	Stefan	M	assets/patient_avatars...	40	assets/img/...	assets/img/...	Tes...	Exam ...	Ingl...	F	7	327	7	327	19	37
5	Stefan	M	assets/patient_avatars...	57	assets/img/...	assets/img/...	Tes...	Exam ...	Ingl...	F	9	295	9	295	55	66
6	Mihai	M	assets/patient_avatars...	54	assets/img/...	assets/img/...	Tes...	Exam ...	Ingl...	F	3	265	3	265	9	5
7	Andrei	M	assets/patient_avatars...	64	assets/img/...	assets/img/...	Tes...	Exam ...	Ingl...	F	9	301	9	301	43	65
8	Ana	F	assets/patient_avatars...	30	assets/img/...	assets/img/...	Tes...	Exam ...	Ingl...	N	7	248	7	248	11	41
9	Mihai	M	assets/patient_avatars...	39	assets/img/...	assets/img/...	Tes...	Exam ...	Ingl...	F	5	233	5	233	34	17
10	Diana	F	assets/patient_avatars...	17	assets/img/...	assets/img/...	Tes...	Exam ...	Ingl...	N	7	400	7	400	30	29
11	Andrei	M	assets/patient_avatars...	43	assets/img/...	assets/img/...	Tes...	Exam ...	Ingl...	F	5	400	5	400	17	44
12	Diana	F	assets/patient_avatars...	33	assets/img/...	assets/img/...	Tes...	Exam ...	Ingl...	N	6	500	6	500	17	46
13	Stefan	M	assets/patient_avatars...	59	assets/img/...	assets/img/...	Tes...	Exam ...	Ingl...	F	6	736	6	736	28	28
14	Mihai	M	assets/patient_avatars...	70	assets/img/...	assets/img/...	Tes...	Exam ...	Ingl...	F	4	288	4	288	2	12
15	Mihai	M	assets/patient_avatars...	55	assets/img/...	assets/img/...	Tes...	Exam ...	Ingl...	F	9	300	9	300	46	57
16	Stefan	M	assets/patient_avatars...	58	assets/img/...	assets/img/...	Tes...	Exam ...	Ingl...	F	8	788	8	788	51	50
17	Diana	F	assets/patient_avatars...	51	assets/img/...	assets/img/...	Tes...	Exam ...	Ingl...	FF	8	301	8	301	51	76
18	Mihai	M	assets/patient_avatars...	63	assets/img/...	assets/img/...	Tes...	Exam ...	Ingl...	F	8	101	8	101	43	70
19	Stefan	M	assets/patient_avatars...	67	assets/img/...	assets/img/...	Tes...	Exam ...	Ingl...	FF	1	282	1	282	8	7
20	Andrei	M	assets/patient_avatars...	46	assets/img/...	assets/img/...	Tes...	Exam ...	Ingl...	F	6	422	6	422	27	39
21	Andrei	M	assets/patient_avatars...	47	assets/img/...	assets/img/...	Tes...	Exam ...	Ingl...	F	5	820	5	820	21	16
22	Andrei	M	assets/patient_avatars...	21	assets/img/...	assets/img/...	Tes...	Exam ...	Ingl...	N	9	492	9	492	52	58
23	Mihai	M	assets/patient_avatars...	64	assets/img/...	assets/img/...	Tes...	Exam ...	Ingl...	F	6	524	6	524	37	26

Figura 9. Tabelul Scenarii Generate

3.1.4 Colectarea a trei cazuri clinice și integrarea acestora în platformă

Echipa de la Universitatea de Medicină și Farmacie Carol Davila din București au colectat date pentru trei cazuri clinice: Tromboembolism pulmonar, Stenoză aortică și Infarctul miocardic.

Pentru fiecare caz clinic, echipa de la UMFCD a colectat un număr important de electrocardiograme (EKG), ecografii cardiace, radiografii, angiografii, computerul tomograf (CT), analize de sânge, înregistrări de ritm cardiac, înregistrări de zgomot pulmonar, etc. În plus, echipa a dezvoltat o serie de cazuri de anamneză. Volumul de date colectate este ilustrat în Tabelul 1.

Afecțiune	EKG	CT	Ecografie	Radiografie	Analiză de Sânge	Angiografie	Coronarografie	Înregistrări de Ritm Cardiac	Înregistrări de Zgomot Pulmonar	Anamneză	TOTAL
Tromboembolism Pulmonar	87	19	64	42	98	0	0	2	2	15	329
Stenoză Aortică	47	0	33	52	32	0	5	26	20	35	250
Infarctul Miocardic	21	0	23	0	15	7	23	22	7	9	127
TOTAL	155	19	120	94	145	7	28	50	29	59	706

Tabel 1. Volumul de date colectate

După colectarea datelor, acestea au fost anonimizate prin eliminarea numelui pacientului din analize și orice alte date care fac o legătură între date și pacient (în analizele unde apărea numele pacientului sau alte date cu caracter personal). După aceea, datele au fost etichetate corespunzător așa cum este ilustrat în Figura 10.

Name	Date modified	Type
Analiza De Sange	16-Sep-22 9:17 PM	File folder
Angiografii	16-Sep-22 9:17 PM	File folder
CT	16-Sep-22 9:17 PM	File folder
Ecografii	16-Sep-22 9:17 PM	File folder
EKG	16-Sep-22 9:17 PM	File folder
Heart Audio	16-Sep-22 9:17 PM	File folder
Lung Audio	16-Sep-22 9:17 PM	File folder
Radiografii	16-Sep-22 9:17 PM	File folder
Stethoscope	16-Sep-22 9:17 PM	File folder

Name	Date modified	Type	Tags
TEP la risc scazut	16-Sep-22 9:17 PM	File folder	
TEP la risc intermediar	16-Sep-22 9:17 PM	File folder	
TEP la risc inalt	16-Sep-22 9:17 PM	File folder	
SA la risc scazut	16-Sep-22 9:17 PM	File folder	
SA la risc intermediar	16-Sep-22 9:17 PM	File folder	
SA la risc inalt	16-Sep-22 9:17 PM	File folder	
IM la risc scazut	16-Sep-22 9:17 PM	File folder	
IM la risc intermediar	16-Sep-22 9:17 PM	File folder	
IM la risc inalt	16-Sep-22 9:17 PM	File folder	

Name	Date modified	Type	Tags
EKG-TEP-inter (1)	16-Sep-22 9:17 PM	JPEG File	EKG; TEP; TEP-Intermediar; Adult
EKG-TEP-inter (2)	16-Sep-22 9:17 PM	JPEG File	EKG; TEP; TEP-Intermediar; Adult
EKG-TEP-inter (3)	16-Sep-22 9:17 PM	JPEG File	EKG; TEP; TEP-Intermediar; Adult
EKG-TEP-inter (4)	16-Sep-22 9:17 PM	JPEG File	EKG; TEP; TEP-Intermediar; Adult
EKG-TEP-inter (5)	16-Sep-22 9:17 PM	JPEG File	EKG; TEP; TEP-Intermediar; Adult
EKG-TEP-inter (6)	16-Sep-22 9:17 PM	JPEG File	EKG; TEP; TEP-Intermediar; Adult
EKG-TEP-inter (7)	16-Sep-22 9:17 PM	JPEG File	EKG; TEP; TEP-Intermediar; Adult
EKG-TEP-inter (8)	16-Sep-22 9:17 PM	JPEG File	EKG; TEP; TEP-Intermediar; Adult
EKG-TEP-inter (9)	16-Sep-22 9:17 PM	JPEG File	EKG; TEP; TEP-Intermediar; Adult
EKG-TEP-inter (10)	16-Sep-22 9:17 PM	JPEG File	EKG; TEP; TEP-Intermediar; Adult
EKG-TEP-inter (11)	16-Sep-22 9:17 PM	JPEG File	EKG; TEP; TEP-Intermediar; Adult
EKG-TEP-inter (12)	16-Sep-22 9:17 PM	JPEG File	EKG; TEP; TEP-Intermediar; Adult
EKG-TEP-inter (1)	16-Sep-22 9:17 PM	JPG File	EKG; TEP; TEP-Intermediar; Adult
EKG-TEP-inter (2)	16-Sep-22 9:17 PM	JPG File	EKG; TEP; TEP-Intermediar; Adult
EKG-TEP-inter (3)	16-Sep-22 9:17 PM	JPG File	EKG; TEP; TEP-Intermediar; Adult
EKG-TEP-inter (4)	16-Sep-22 9:17 PM	JPG File	EKG; TEP; TEP-Intermediar; Adult
EKG-TEP-inter (5)	16-Sep-22 9:17 PM	JPG File	EKG; TEP; TEP-Intermediar; Adult
EKG-TEP-inter (6)	16-Sep-22 9:17 PM	JPG File	EKG; TEP; TEP-Intermediar; Adult
EKG-TEP-inter (7)	16-Sep-22 9:17 PM	JPG File	EKG; TEP; TEP-Intermediar; Adult
EKG-TEP-inter (8)	16-Sep-22 9:17 PM	JPG File	EKG; TEP; TEP-Intermediar; Adult
EKG-TEP-inter (9)	16-Sep-22 9:17 PM	JPG File	EKG; TEP; TEP-Intermediar; Adult
EKG-TEP-inter (10)	16-Sep-22 9:17 PM	JPG File	EKG; TEP; TEP-Intermediar; Adult

Figura 10. Colectarea și etichetarea datelor de către echipa de la UMFCD

După etichetarea datelor, acestea au fost trimise către echipa de la Universitatea Politehnica din București. Echipa de la UPB a încărcat datele primite pe platformă în două etape: în prima etapă, au fost încărcate datele asociate cu Tromboembolism pulmonar și platforma a fost testată pentru a verifica funcționalitatea acesteia; iar în a doua etapă, au fost încărcate datele asociate cu Stenoză aortică și Infarctul miocardic. La final platforma a fost evaluată din nou. Cele două evaluări sunt detaliate în sub-sețiunea 3.3 a raportului.

3.2 Proiectare și implementare agent conversațional în limba română (activitatea 1.2)

Această sub-sectiune conține descrierea științifică și tehnică a activităților realizate în cadrul activității 1.2. În cadrul acestei activități echipa de la Universitatea Politehnica din București a proiectat și implementat agent conversațional în limba română, iar echipa de la Universitatea de Medicină și Farmacie Carol Davila din București a elaborat specificațiile dialoguri pentru agent conversațional.

3.2.1 Proiectarea agentului conversațional din platformă

Comunicarea verbală este cea mai bună formă de comunicare între oameni. Această le permite oamenilor să-și transmită gândurile într-un mod ușor și rapid. Prin urmare, pentru a face interacțiunea cu platforma mai ușoară și mai naturală pentru utilizatori, platforma integrează un agent conversațional care suportă interacțiunii prin text și voce. Așa cum a fost menționat deja, agentul conversațional (care reprezintă modulul de dialog) este responsabil să gestioneze dialogul dintre student și pacientul virtual precum și să păstreze istoricul interacțiunilor din sesiunea curentă.

Agentul conversațional este format din patru componente: pre-procesarea audio, recunoașterea automată a vocii (ASR), înțelegerea limbajului natural (NLU) și sinteza text-voce (TTS). Arhitectura agentului conversațional este ilustrată în Figura 11.



Figura 11. Arhitectura agentului conversațional

Componenta pre-procesarea audio: conține informații utile care asigură funcționarea bună a agentului conversațional dar și obținerea celor mai bune rezultate de către componenta ASR. Aceste informații sunt: limba folosită în conversație, adâncimea de biți a sunetului, frecvența adecvată a sunetului și numărul de canale ale audio, vocea care trebuie folosită în sinteza text-voce, precum și alte proprietăți utile pentru agentul conversațional.

Componenta recunoașterea automată a vocii: ASR este o tehnologie care permite calculatoarelor să identifice cuvintele vorbite de un utilizator într-un microfon în timp real. În 1994, Stuckless a definit ASR ca o transcriere exactă a cuvintelor vorbite în text imediat după vorbirea lor [9]. În proiectarea agentului conversațional, ASR transformă cuvintele vorbite ale utilizatorului în text scris și trimite textul obținut la componenta NLU.

Componenta înțelegerea limbajului natural: Aceasta componenta este responsabilă de a înțelege comanda utilizatorului și de a decide răspunsul corespunzător. NLU este format din două sub-componente. Primul sub-component este procesarea limbajului natural (NLP) care transformă textul primit de la ASR într-o reprezentare care poate fi citită de mașină, extrăgând și clasificând intențiile și entitățile din comanda utilizatorului. Reprezentare care poate fi citită de mașină este

trimisă la a doua sub-componentă care este managementul dialogului (DM). DM este responsabil de a menține fluxul și istoricul dialogului și a decide răspunsul corespunzător pentru comanda utilizatorului. Răspunsul (text) va fi afișat pe ecran, așa cum este ilustrat în Figura 12, și acesta va fi trimis către componenta TTS. În cazul în care utilizatorul nu folosește interacțiuni vocale atunci când interacționează cu agentul conversațional, textul care va fi introdus de către utilizator în interacțiune va ajunge direct în componenta NLU.

The screenshot shows a web application titled "Pacientul Virtual - Student". At the top, there are time indicators: "34:31" on the left and "12:14:23" on the right. Below these are buttons for "Acasă", "Anamneză", "Antecedente", "Examen Obiectiv", "Diagnostic Prezumptiv", "Investigații", "Diagnostic Diferențial", "Diagnostic Final", "Tratament", "Complicații", "Prognostic", and "Finalizare". A sidebar on the left contains an illustration of a doctor and buttons for "Sunet: Activ" and "Log Out". The main content area is titled "Pacientul Virtual - Student" and features a "Trimite" button and a "Vorbeste" button. Below these, there is a list of 11 questions and answers between a student and a patient, covering symptoms, medical history, and current condition.

Student	Patient
1) Student: Pentru ce ai venit la spital?	Am un junghi sub omoplatul stang. :Pacient (1)
2) Student: De cat timp simțiți acest lucru?	In urma cu o saptamana. :Pacient (2)
3) Student: Ce făceați când au apărut simptomele Am avut o colica biliara acum 10 zile si timp de 3 zile am stat mai mult in pat, tratandu-ma cu antispasice. Dupa ce m-am dat jos din pat am observat junghiul asta, nu il mai simtisesem niciodata.	:Pacient (3)
4) Student: Au existat modificări în simptomatologie de la debut pana la prezentare?	De 2 zile a aparut si o tuse seaca. Junghiul ma tine acum mai mult cand respir adanc. :Pacient (4)
5) Student: Cu ce boli vă cunoașteți?	Tromboflebita gamba stanga in urma cu 2 ani. Litiiza veziculara – mi s-a recomandat in repetate randuri interventia chirurgicala, dar am refuzat-o. :Pacient (5)
6) Student: Ați suferit vre o intervenție chirurgicală?	Nu. :Pacient (6)
7) Student: Stări de leșin sau pierderi de cunoștință în istoric?	Nu. :Pacient (7)
8) Student: Știți vre o boala de care suferă mama sau tatăl dumneavoastră?	Mama – cancer gastric. :Pacient (8)
9) Student: Ați prezentat tuse cu spută în istoricul recent?	Nu, doar tuse seaca de 2 zile. :Pacient (9)
10) Student: Ați prezentat febra sau frison în istoricul recent?	Ieri am facut febra 37.6 grade. :Pacient (10)
11) Student: Ați simțit vreodată că inima bate neregulat??	Nu. :Pacient (11)

Figura 12. Secțiunea anamneză

Componenta sinteza text-voce: TTS primește textul generat de la și îl transformă într-un fișier audio care conține textul vorbit artificial în voce umană. Fișierul audio este auzit prin dispozitivele de ieșire fonetică ale sistemului. Cu cât rezultatul fonetic este mai asemănător cu o voce umană și cu cât este mai ușor de înțeles, cu atât este mai bună calitatea sintetizatorului de voce.

3.2.2 Implementarea agentului conversațional în limba română

Pentru implementarea agentului conversațional au fost folosite diferite servicii.

Serviciul de recunoașterea automată a vocii [10] oferit de Google este folosit pentru transformarea comenzilor vocale ale utilizatorilor în limba Română în text. Odată ce comanda vocală este dată de utilizator, agentul trimite fișierul audio care conține comanda utilizatorului către cloud-ul Google și primește un fișier JSON care conține textul comenzii împreună cu câteva informații utile (de exemplu, încrederea în recunoașterea făcută).

Agentul conversațional trimite apoi textul pe care l-a primit din cloud-ul Google (sau textul care a fost introdus de utilizatorul direct pentru cazurile în care utilizatorul nu a interacționat prin comenzi

vocale) către platforma wit.ai [11] unde intenția și entitatea/entitățile sunt extrase din text așa cum este ilustrat în Figura 11. În această platformă, au fost create intenții diferite la au fost asociate entități diferite. Platforma Wit.ai trimite intenția extrasă și entitatea/entitățile către agent printr-un fișier JSON împreună cu câteva informații utile (de exemplu, încrederea fiecărei recunoașteri, poziția în text). Acest lucru permite agentului să înțeleagă care este de fapt comanda utilizatorului. De asemenea, pe platforma Wit.ai a fost implementată o opțiune care permite vizualizare comenzilor care nu au putut fi interpretate, pentru a fi interpretate manual de către un administrator al platformei. Platforma va învăța din aceste interpretări și va fi capabilă să le interpreteze automat în interacțiunile din viitor.

Odată ce agentul primește intenția și entitatea/entitățile, sub-modulul de management a dialogului (care este integrat în platformă), va decide, în funcție de scenariul care rulează în sesiunea curentă, răspunsul pacientului virtual. Răspunsul va fi afișat pe ecran și va trimis către serviciul de sinteza text-voce corespunzător, unde textul este transformat într-un fișier audio care conține răspunsul vorbit artificial în voce umană.

Serviciul de sinteza text-voce trimite înapoi un fișier audio care va fi auzit prin ieșirea fonetică a sistemului. Agentul folosește serviciul sinteza text-voce oferit de ResponsiveVoice.JS [12] pentru limba română în cazul în care pacientul virtual este bărbat, iar în cazul în care acesta este o femeie, agentul folosește serviciul sinteza text-voce oferit de VoiceRSS [13] (dacă nu sunt dezactivate sunetele de către utilizator).

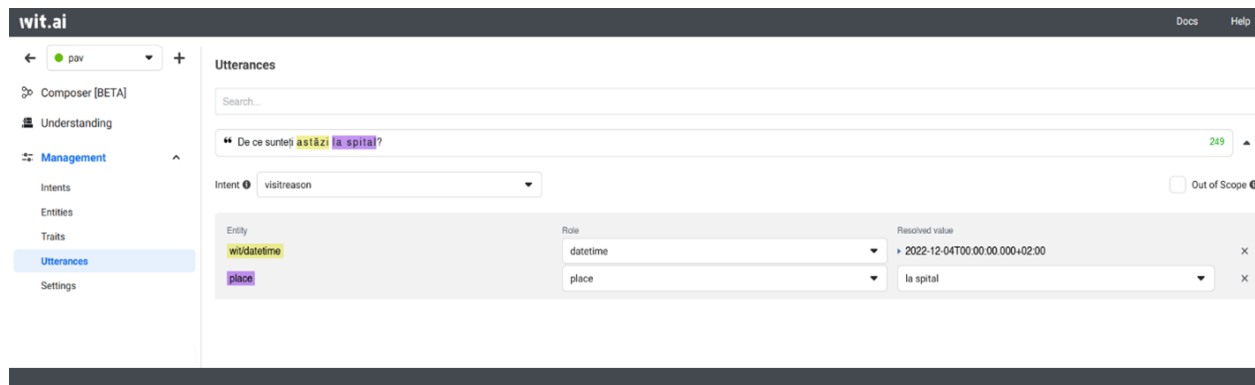


Figura 13. Platforma Wit.ai - Extragerea intenției și entități/entitățile din comanda utilizatorului

4. Activitate de diseminare

Rezultatele obținute în cursul acestei etape au fost diseminate prin publicarea a trei lucrări științifice la conferințe internaționale:

- Imad Alex Awada, Alexandru Sorici, Marius Drăgoi, Adina Magda Florea and Alexandru Scafa-Udriște, “Virtual Patient: A Web-Based Platform for the Training of Medical Students in Patient Consultation During a Lockdown”, in: Proceedings of the 14th Annual International Conference on Education and New Learning Technologies (EDULEARN), pp. 6491-6497, DOI: 10.21125/edulearn.2022.1533, ISSN: 2340-1117, ISBN: 978-84-09-42484-9, Palma de Mallorca, Spania, IATED, Iulie 2022, (în curs de indexare WOS).

- Imad Alex Awada, Alexandru Sorici, Marius Drăgoi, Adina Magda Florea and Alexandru Scafa-Udriște, “Virtual Patient: Architecture of an Educational Web Platform for the Assessment of Consultation and Diagnosing Skills of Medical Students”, in: Proceedings of the 15th annual International Conference of Education, Research and Innovation (ICERI), pp. 8080-8084, DOI: 10.21125/iceri.2022.2074, ISSN: 2340-1095, ISBN: 978-84-09-45476-1, Seville, Spania, IATED, Noiembrie 2022, *(în curs de indexare WOS)*.
- Alice Lavinia Chiru, Imad Alex Awada, Alexandru Sorici, Adina Magda Florea and Alexandru Scafa-Udriște, “A Support Module for the Virtual Patient Educational Platform”, in: Proceedings of the 10th edition of the IEEE International Conference on e-Health and Bioengineering (EHB), ISSN: 2575-5145, ISBN: 978-1-6654-8557-9, Iași, România, IEEE, Noiembrie 2022, *(în curs de indexare WOS)*.

Lucrările au fost elaborate în comun de către echipa de la Universitatea Politehnica din București și echipa de la Universitatea de Medicină și Farmacie Carol Davila din București.

De asemenea, în această etapă, proiectul a fost diseminat prin intermediul paginii web al proiectului: <https://aimas.cs.pub.ro/virtual-patient/>.

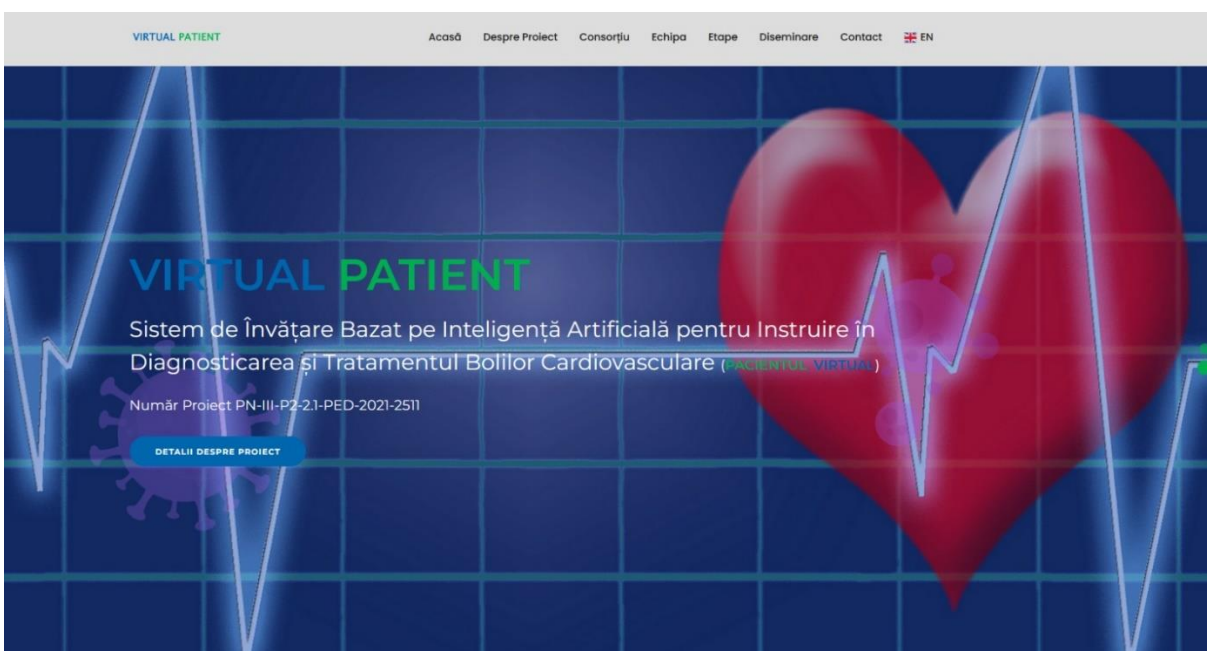


Figura 14. Pagina web al proiectului (<https://aimas.cs.pub.ro/virtual-patient/>).

În plus proiectul a fost prezentat în cadrul atelierului "Dimensiunea umană a Inteligenței Artificiale". Atelierului a fost organizat de către Centrul Internațional de Excelență în Inteligență Artificială@UPB în București.

De asemenea, proiectul a fost prezentat într-un reportaj difuzat pe Antena 3 (link reportaj: <https://www.youtube.com/watch?v=4mfwCqfJ1BM>) și printr-un clip promoțional care a promovat conferința plenipotențiarilor uniunii internaționale a telecomunicațiilor (ITUPP2022, link clip promoțional: <https://www.youtube.com/watch?v=NA4XKEj-aKE>), care a fost organizată în București.

5. Concluzii

Toate obiectivele au fost realizate integral. Gradul de atingere al rezultatelor fiind de 100%.

În cadrul activității 1.1 a fost proiectată platforma și a fost implementată o primă versiunea a platformei (versiunea inițială). De asemenea, sa realizat colectarea a trei cazuri clinice, anonimizarea și etichetarea datelor colectate de către echipa de la Universitatea de Medicină și Farmacie Carol Davila din București. În plus, sa realizat integrarea datelor colectate în platformă de către echipa de la Universitatea Politehnica din București. Tot în cadrul acestei activități a fost implementată baza de date.

În cadrul activității 2.1 a fost proiectat agentul conversațional a platformei și după aceea acesta a fost implementat, oferind suport pentru limba Română. Acesta suportă interacțiuni prin text și prin voce cu utilizatorul.

În cursul acestei etape, proiectul a fost diseminat prin intermediul paginii web al proiectului, printr-o prezentare în cadrul atelierului "Dimensiunea umană a Inteligenței Artificiale" dar și printr-un reportaj difuzat pe Antena 3 și printr-un clip promoțional. Rezultatele obținute în cursul acestei etape au fost diseminate prin publicarea a trei lucrări științifice la conferințe internaționale.

Referințe

- [1]. "Digital education for building health workforce capacity", ISBN 978-92-4-000047-6, Health Workforce Department, World Health Organization, Geneva, Elveția, 2020, Licență: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
- [2]. J. Longhini, G. Rossetini, A. Palese, "Digital Health Competencies Among Health Care Professionals: Systematic Review", in: Journal of Medical Internet Research, Vol. 24, No. 8, DOI: 10.2196/36414, PMID: 35980735, PMCID: 9437781, August 2022.
- [3]. N. Al-Shorbaji, "Improving Healthcare Access through Digital Health: The Use of Information and Communication Technologies", in: Healthcare Access, DOI: 10.5772/intechopen.99607, Londra, Regatul Unit, August 2021.
- [4]. M.S. Mansoori, M.R. Khazaei, S.M. Azizi, E. Niromand, "Comparison of the effectiveness of lecture instruction and virtual reality-based serious gaming instruction on the medical students' learning outcome about approach to coma", in: BMC Medical Education Journal, Vol. 21, număr articol: 347, Iunie 2021.
- [5]. Django the web framework for perfectionists with deadlines, accesat pe: 2 Decembrie, 2022. Disponibil pe <https://www.djangoproject.com>.
- [6]. H.H.S. Da Silva, G. de F. Carneiro, M.P. Monteiro, "An Experience Report from the Migration of Legacy Software Systems to Microservice Based Architecture", in: Latifi, S. (eds) 16th International Conference on Information Technology-New Generations, Advances in Intelligent Systems and Computing, Vol. 800, Springer, Cham, 2019.

- [7]. SQLite, accesat pe: 2 Decembrie, 2022. Disponibil pe:
<https://www.sqlite.org/index.html>
- [8]. SQLite3, accesat pe: 2 Decembrie, 2022. Disponibil pe:
<https://docs.python.org/3/library/sqlite3.html>
- [9]. R. Stuckless, “Developments in real-time speech-to-text communication for people with impaired hearing”, in: Communication access for people with hearing loss, M. Ross (Ed.), MD: York Press, pp. 197-226, United States of America, 1994.
- [10]. Google Cloud, accesat pe: 2 Decembrie, 2022. Disponibil pe:
<https://cloud.google.com/speech-to-text>.
- [11]. Wit.ai Inc, accesat pe: 2 Decembrie, 2022. Disponibil pe: <https://wit.ai>.
- [12]. ResponsiveVoice.JS, accesat pe: 2 Decembrie, 2022. Disponibil pe:
<https://responsivevoice.org>.
- [13]. Voice RSS, accesat pe: 2 Decembrie, 2022. Disponibil pe: <https://www.voicerss.org>.
- [14]. Google Chrome, accesat pe: 2 Decembrie, 2022. Disponibil pe:
<https://www.google.com/chrome/>.