

RAPORT TEHNICO-ȘTIINȚIFIC

ETAPA 2

## 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 2 – Implementare cazuri clinice complexe, generare automată scenarii (01.01.2023 – 31.12.2023)**

Contract: 619PED/2022 din 23/06/20222

#### Cuprins

1. Obiective și activități Etapa 2.....	3
2. Descrierea științifică și tehnică.....	4
2.1 Implementare cazuri clinice cu multiple patologii pentru diagnostic complex .....	4
2.1.1 Colectarea datelor medicale pentru cazuri clinice cu multiple patologii .....	4
2.1.2 Anonimizarea și transferul datelor colectate pentru cazuri clinice cu multiple patologii .....	5
2.2 Colectare date 2 cazuri clinice și implementarea lor în baza de date.....	7
2.2.1 Colectarea datelor medicale pentru cazuri clinice în care pacienții suferă de o singură patologie..	8
2.2.2 Anonimizarea și transferul datelor colectate pentru cazuri clinice în care pacienții suferă de o singură patologie.....	8
2.3 Implementare modul generare scenarii noi, interfață multimodală și gamificare (activitatea 2.3).....	9
2.3.1 Implementarea modulului de generare a scenariilor noi .....	9
2.3.2 Implementarea tehnicilor de gamificare .....	11
2.3.3 Implementarea interfeței multimodale .....	12
3. Evaluarea platformei .....	13
4. Activitate de diseminare .....	15
5. Concluzii.....	16
Referințe.....	17

## Figuri

Figura 1. Pagina de autentificare .....	6
Figura 2. Rădăcina instanței Nextcloud .....	7
Figura 3. Subdirectorul patologiei regurgitare mitrală .....	7
Figura 4. Subdirectorul EKG-urilor pentru patologia regurgitare mitrala cu severitate moderată .....	7
Figura 5. Pagina pentru generarea scenariilor noi .....	10
Figura 6. Pagina principală cu model meniu extins .....	13
Figura 7. Pagina principală cu model meniu restrâns .....	13
Figura 8. Utilitatea platformei conform chestionarul studenților .....	14
Figura 9. Proiectul Paciet Virtual prezentat în cadrul ediției a XI-a Congresului UMFCD .....	15

## Tabele

Tabel 1. Volumul de date colectate pentru 2 cazuri clinice complexe .....	5
Tabel 2. Volumul de date colectate pentru 2 cazuri clinice .....	8
Tabel 3. Volumul total de date colectate și integrate în platforma .....	9
Tabel 4. Categoriile și nivelurile sistemului de clasificare a utilizatorilor .....	11
Tabel 5. O parte din rezultatele chestionarului .....	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 și activități Etapa 2

Obiectivele etapei a două (implementare cazuri clinice complexe, generare automată scenarii) a proiectului Virtual Patient au constat în:

- colectarea a două cazuri clinice complexe cu multiple patologii pentru diagnostic complex;
- colectarea a două cazuri clinice;
- anonimizarea corespunzătoare a datelor colectate;
- integrarea celor patru cazuri clinice în platformă (după anonimizarea datelor colectate);
- implementarea modulului de generare a scenariilor noi;
- implementarea interfeței multimodale;
- implementare gamificare (inclusiv modalității de evaluare a performanței studenților);
- publicarea a trei lucrări științifice.

Pentru această etapă (a anului 2023), au fost prevăzute următoarele trei activități:

- Activitatea 2.1: Implementare cazuri clinice cu multiple patologii pentru diagnostic complex;
- Activitatea 2.2: Colectare date 2 cazuri clinice și implementarea lor în baza de date;
- Activitatea 2.3: Implementare modul generare scenarii noi, interfață multimodală și gamificare.

Cele trei activități au inclus și diseminarea rezultatelor obținute prin publicarea unor lucrări științifice și realizare de comunicări științifice.

Toate obiectivele Etapei 2 au fost realizate integral, gradul de atingere al rezultatelor fiind de 100%:

- *Activitatea 2.1 - Implementare cazuri clinice cu multiple patologii pentru diagnostic complex:* în cadrul acestei activități s-a realizat colectarea a două cazuri clinice pentru diagnostic complex în care pacienții suferă de patologii multiple. Tot în cadrul acestei activități s-au anonimizat datele colectate și au fost integrate în baza de date și în platformă.
- *Activitatea 2.2 - Colectare date 2 cazuri clinice și implementarea lor în baza de date:* în cadrul acestei activități s-a realizat colectarea a două noi cazuri clinice, anonimizarea datelor colectate și integrarea acestora în baza de date și în platformă.
- *Activitatea 2.3 - Implementare modul generare scenarii noi, interfață multimodală și gamificare:* în cadrul acestei activități a fost implementat modulul de generare a scenariilor noi. În plus, s-a îmbunătățit versiunea inițială atât în ceea ce privește interfața cât și din perspectiva îmbunătățirii agentului conversațional pentru a obține o interfață multimodală. Tot în cadrul acestei activități, au fost implementate tehnici de gamificare în platforma Pacientul Virtual.

Pe parcursul etapei, au fost publicate trei lucrări științifice la conferințe internaționale. În plus, proiectul a fost prezentat în cadrul atelierului (Workshop) interdisciplinar "Aplicații ale Inteligenței Artificiale în Medicină", în cadrul ediției a XI-a Congresului Universității de Medicină

și Farmacie "Carol Davila" București, și în cadrul unei prezentări la evenimentul BeHEALTH 2023 organizat de clusterul ROHEALTH.

## 2. Descrierea științifică și tehnică

Această secție conține descrierea științifică și tehnică a activităților realizate în cadrul etapei a două a proiectului.

### 2.1 Implementare cazuri clinice cu multiple patologii pentru diagnostic complex

În cadrul activității 2.1 echipa de la UMFCD a colectat date pentru 2 cazuri clinice cu multiple patologii, a anonimizat datele colectate și le-a trimis echipei de la UNSTPB. Echipa de la UNSTPB a integrat datele primite în baza de date și în platformă, a extins versiunea inițială a platformei și a bazei de date pentru a suporta scenariu în care pacienții virtuali pot să sufere de patologii multiple, și a dezvoltat o platformă care să permită transferul securizat a datelor colectate între cele două echipele.

#### 2.1.1 Colectarea datelor medicale pentru cazuri clinice cu multiple patologii

Metodologia de colectarea a datelor medicale este similară pentru colectarea datelor medicale asociate cazurilor clinice în care pacientul suferă de patologii multiple și cele în care pacientul suferă de o singură patologie.

Pentru început, echipa de la UMFCD definește clar cazul/cazurile pentru care vor fi colectate datele medicale și identifică ce date trebuie colectate pentru acest caz/aceste cazuri. Pentru cazurile clinice complexe se precizează de ce patologii suferă pacienții pentru caz/cazuri colectat/colectate.

În ceea ce privește datele care sunt asociate cu etapa de anamneză: pentru fiecare caz, echipa de la UMFCD a elaborat un document care conține întrebări relevante clinic pentru anamneză și posibilele răspunsuri ale pacientului în raport cu severitatea bolii împreună cu probabilitatea fiecărui răspuns. Probabilitatea răspunsurilor care sunt legate de simptome, severitatea și semnele acestora respectă probabilitatea de apariție a acestora raportată în literatura de specialitate și în ghidurile europene dedicate fiecărei patologii [1, 2, 3 și 4].

În ceea ce privește datele care sunt asociate cu examenul obiectiv: datele sunt compuse din auscultații cardiace precum și auscultații pulmonare anterioare și posterioare. Aceste auscultații aparțin pacienților care au fost internați în Secția de Cardiologie a Spitalului Clinic de Urgență București (SCUB). Aceste auscultații sunt stocate în fișiere audio în format mp3.

În ceea ce privește datele care sunt asociate cu investigațiile medicale: acestea sunt compuse din diverse investigații medicale care aparțin pacienților care au fost internați în Secția de Cardiologie a SCUB. Investigațiile medicale care au fost incluse sunt (variază în funcție de caz):

- electrocardiogramă: electrocardiografele au fost scanate și salvate ca documente în format pdf sau ca imagini în format jpg/jpeg;

- ecografia cardiacă transtoracică: ecocardiografiile cardiace transtoracice au fost exportate din memoria de stocarea a ecocardiografelor sub formă de imagini în formate jpg/jpeg, png sau tif sau sub formă de video-uri în format mp4;
- radiografia toracică: radiografiile toracice au fost exportate din rețeaua de stocare intranet a investigațiilor radiologice din cadrul SCUB sub formă de imagini în format jpg/jpeg, png sau tif;
- computer tomografia: tomografiile computerizate au fost exportate și ele exportate din rețeaua de stocare intranet a investigațiilor radiologice din cadrul SCUB sub formă de imagini în format jpg/jpeg, png sau tif;
- analiză de sânge: rezultatele analizelor de sânge au fost introduse în format de tabel și salvate sub formă de fișier Excel în format xlsx;
- angiografia: angiografiile au fost exportate din memoria de stocarea a angiografului sub formă de video-uri în format mp4;
- coronarografia: au fost exportate la rândul lor exportate din rețeaua de stocare intranet a investigațiilor radiologice din cadrul SCUB sub formă de video-uri în format mp4.

În ceea ce privește istoricul medical al pacientului, pentru fiecare caz, echipa de la UMFCD a elaborat un document care conține diverse informații despre istoricul medical al pacienților (din datele care erau disponibile în SCUB dar și din datele care au fost extrase din literatura de specialitate).

Datele care au fost colectate în cadrul acestei activități vizează următoarele 2 cazuri clinice complexe, iar volumul acestora este evidențiat în Tabelul 1:

- Caz complex 1: în care pacienții suferă simultan de următoarele patologii: infarct miocardic acut inferior și regurgitare mitrală severă funcțională și insuficiență cardiacă;
- Caz complex 2: în care pacienții suferă simultan de următoarele patologii: insuficiență cardiacă și stenoză mitrală.

Caz Complex	EKG	CT	Ecografie	Radiografie	Analiză de Sânge	Angiografie	Coronarografie	Înregistrări de Ritm Cardiac	Înregistrări de Zgomot Pulmonar	Anamneză	TOTAL
Caz complex 1	4	0	4	0	10	0	2	2	2	4	28
Caz complex 2	6	0	5	0	14	0	2	3	2	5	37
TOTAL	10	0	9	0	24	0	4	5	4	9	65

*Tabel 1. Volumul de date colectate pentru 2 cazuri clinice complexe*

### 2.1.2 Anonimizarea și transferul datelor colectate pentru cazuri clinice cu multiple patologii

Metodologia de anonimizarea a datelor colectate este similară pentru datele colectate pentru cazurile clinice în care pacientul suferă de patologii multiple și cele în care pacientul suferă de o singură patologie.

De la data de 25 mai 2018, este în vigoare și se aplică în toate statele membre ale Uniunii Europene Regulamentul (UE) 2016/679 al Parlamentului European și al Consiliului din 27 aprilie 2016

privind protecția persoanelor fizice în ceea ce privește prelucrarea datelor cu caracter personal și privind libera circulație a acestor date și de abrogare a Directivei 95/46/CE, abreviat ca GDPR (General Data Protection Regulation).

Regulamentul (UE) 679/2016, în conformitate cu dispozițiile art. 2 alin. (1) din acesta, se aplică prelucrării datelor cu caracter personal, efectuată total sau parțial prin mijloace automatizate, precum și prelucrării prin alte mijloace decât cele automatizate a datelor cu caracter personal care fac parte dintr-un sistem de evidență a datelor sau care sunt destinate să facă parte dintr-un sistem de evidență a datelor.

După colectarea datelor, primul pas care urmează este respectarea regulamentului 679/2016 prin asigurarea anonimizării datelor colectate pentru a îndepărta orice element care poate permite identificarea pacientului de la care provin precum numele pacientului sau numărul de identificare a investigației medicale.

Următorul pas este etichetarea corespunzătoare a acestora. Toate datele sunt etichetate pe de-o parte cu patologia pentru care sunt reprezentative și pe de alta parte cu severitatea tabloului de manifestare a acelei patologii (de exemplu, tromboembolism pulmonar, risc înalt) precum și alte informații utile. Este important de subliniat, că platforma Pacient Virtual permite profesorilor de a modifica etichetarea datelor medicale în cazul în care este nevoie sau doresc să facă acest lucru.

Numai după finalizarea procesului de anonimizare a datelor colectate și etichetarea acestora, echipa de la UMFCD încarcă datele pe platforma de stocare online, dezvoltată de către echipa UNSTPB. Platforma este o instanță Nextcloud [5], aceasta este găzduită pe un server localizat în Data Center-ul centrului de cercetare PRECIS al UNSTPB.

Pentru a transfera datele colectate, utilizatorul (membrul din echipa UMFCD) trebuie să se autentifice în platforma de stocare online folosind propriul nume de utilizator și parolă așa cum este ilustrat în Figura 1.

Utilizatorul poate să navigheze între directoarele din platformă, să vizualizeze datele încărcate să încarce date noi și să creeze directoare noi.

Datele sunt organizate în funcție de patologie/ patologii, tipul de investigație și tipul de severitate de exemplu: electrocardiogramele pentru patologia regurgitare mitrală cu severitate moderată se găsesc (și trebuie să fie încărcate) în: director RegurgitareMitrală - subdirector EKG - subdirector - moderată) așa cum este ilustrat în Figurile 2, 3 și 4. Datele analizelor de sânge, istoricul medical și anamneza acestora sunt încărcate direct în directorul patologiei.

Echipa UNSTPB integrează datele încărcate pe platforma de stocare online în platforma Pacientul Virtual și în baza de date.

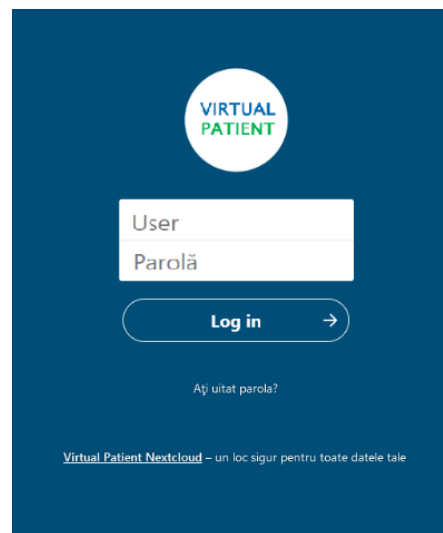


Figura 1. Pagina de autentificare

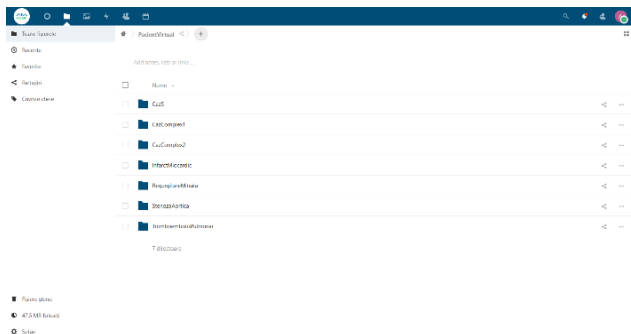


Figura 2. Rădăcina instanței Nextcloud

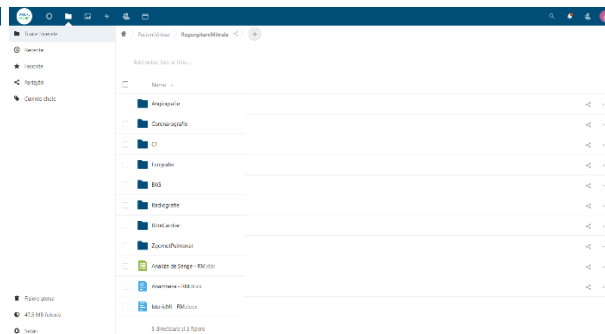


Figura 3. Subdirectorul patologiei regurgitare mitrală

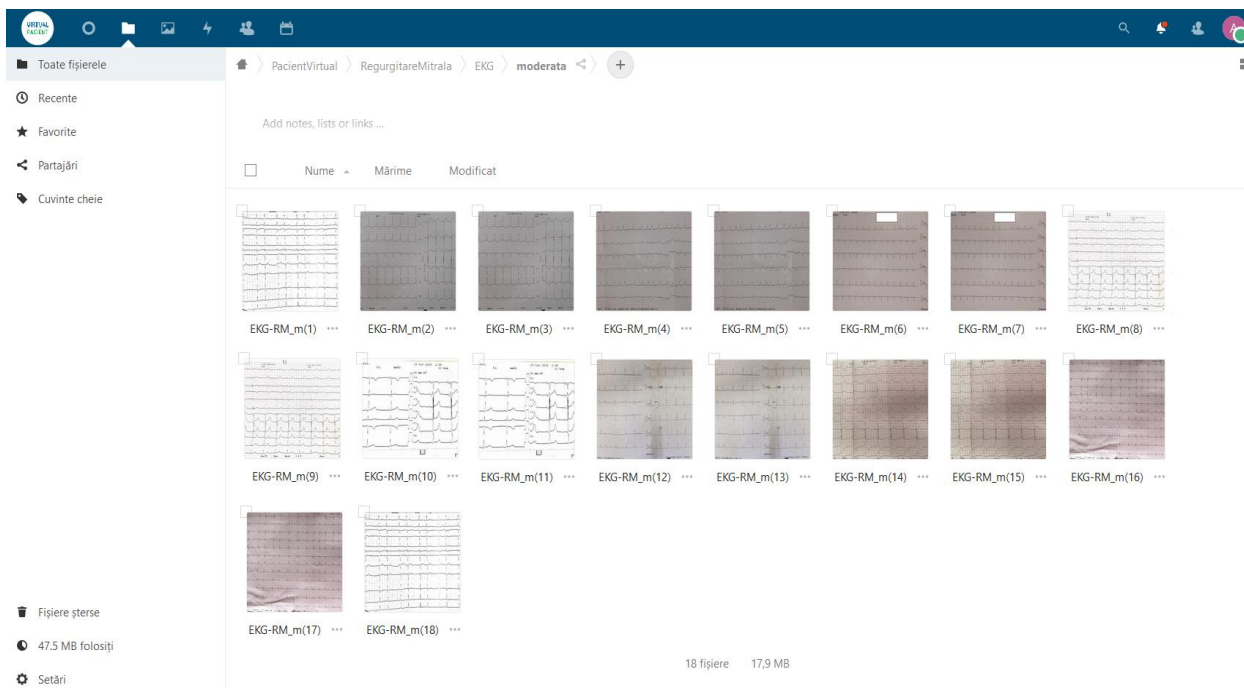


Figura 4. Subdirectorul EKG-urilor pentru patologia regurgitare mitrala cu severitate moderată

Pentru a integra datele cazurilor clinice în care pacientul suferă de multiple patologii, echipa UNSTPB a actualizat versiunea inițială a platformei și baza de date (aceasta a fost implementată în etapa precedentă a proiectului folosind SQLite [6], versiunea 3 - SQLite3 [7]) pentru a suporta acest lucru. Actualizările principale au fost implementate pentru a permite:

- pacientului să sufere de mai mult patologii și nu numai de o singură patologie;
- investigațiile medicale și restul datelor asociate scenariilor să aibă etichete pentru mai multe patologii și nu numai pentru o singură patologie;
- modulul de generare a scenariilor (în toate cele trei moduri de funcționare) să suporte posibilitatea că pacientul poate să sufere de o patologie sau de mai mult patologii.

## 2.2 Colectare date 2 cazuri clinice și implementarea lor în baza de date

În cadrul activității 2.2 echipa de la UMFCD a colectat date pentru 2 cazuri clinice în care pacienții suferă de o singură patologie, a anonimizat datele colectate și le-a trimis echipei de la UNSTPB. Echipa de la UNSTPB a integrat datele primite în baza de date și în platformă.

### 2.2.1 Colectarea datelor medicale pentru cazuri clinice în care pacienții suferă de o singură patologie

Metodologia de colectarea a datelor medicale pentru cazuri clinice în care pacienții suferă de o singură patologie este similară cu cele în care pacientul suferă de o multiple patologii și este descrisă în subsecțiunea 2.1.1. Sigura diferență constă că pentru cazurile în care pacienții suferă de o singură patologie echipa de la UMFCD trebuie să definească clar cazul/cazurile pentru care vor fi colectate datele medicale și să identifice ce date trebuie colectate pentru acest caz/cazuri (fără a fi nevoie de a preciza multiple patologii care, deoarece acestea sunt inexistente în aceste cazuri).

Datele care au fost colectate în cadrul acestei activități vizează următoarele 2 cazuri clinice în care pacienții suferă de o singură patologie iar volumul acestora este evidențiat în Tabelul 2:

- regurgitare mitrală;
- insuficiența cardiacă.

Afecțiune	EKG	CT	Ecografie	Radiografie	Analiză de Sânge	Angiografie	Coronarografie	Înregistrări de Ritm Cardiac	Înregistrări de Zgomot Pulmonar	Anamneză	TOTAL
Regurgitare Mitrală	18	0	22	18	15	0	5	9	1	8	96
Insuficiența Cardiacă	24	0	34	0	28	0	4	6	6	7	109
TOTAL	42	0	56	18	43	0	9	15	7	15	205

Tabel 2. Volumul de date colectate pentru 2 cazuri clinice

### 2.2.2 Anonimizarea și transferul datelor colectate pentru cazuri clinice în care pacienții suferă de o singură patologie

Metodologia de anonimizarea a datelor colectate este similară pentru datele colectate pentru cazurile clinice în care pacientul suferă de o singură patologie și cele în care pacientul suferă de patologii multiple. Aceasta este descrisă în subsecțiunea 2.1.2.

Similar cu cazul datelor colectate pentru cazurile complexe, încărcarea datelor colectate pentru cazurile clinice în care pacientul suferă de o singură patologie se face de către echipa UMFCD numai după finalizarea procesului de anonimizare a datelor colectate și etichetarea acestora. La final, echipa UNSTPB integrează datele încărcate pe platforma de stocare online în platforma Pacientul Virtual și în baza de date.

În stadiul actual, volumul total de date colectate și integrate în platforma Pacientul Virtual este evidențiat în Tabelul 3 (volumul total de date colectate rezultă din datele colectate în etapa 1 și cele colectate în etapa 2 al proiectului).



Afecțiune/Caz Complex	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
Regurgitare Mitrală°	18	0	22	18	15	0	5	9	1	8	96
Insuficiența Cardiacă°	24	0	34	0	28	0	4	6	6	7	109
Caz complex 1‡	4	0	4	0	10	0	2	2	2	4	28
Caz complex 2‡	6	0	5	0	14	0	2	3	2	5	37
<b>TOTAL</b>	<b>207</b>	<b>19</b>	<b>185</b>	<b>112</b>	<b>212</b>	<b>7</b>	<b>41</b>	<b>70</b>	<b>40</b>	<b>83</b>	<b>976</b>

Tabel 3. Volumul total de date colectate și integrate în platforma

(\*:colectate în etapa 1;°:colectate în etapa 2;‡:colectate în etapa 2 - cazuri complexe)

## 2.3 Implementare modul generare scenarii noi, interfață multimodală și gamificare (activitatea 2.3)

În cadrul activității 2.3 echipa de la UNSTPB a implementat modulul de generare a scenariilor noi și tehnici de gamificare în platforma Pacientul Virtual. În plus, echipa de a UNSTPB a îmbunătățit atât interfața inițială cât și agentul conversațional pentru a obține o interfață multimodală. Echipa la UMFCD a oferit un suport informativ cu privire la procesul de evaluarea a performanței studenților pe platforma Pacientul Virtual și a furnizat diferite indicații pentru modul în care scenariile vor fi generate de către modulul de generare a scenariilor noi.

### 2.3.1 Implementarea modulului de generare a scenariilor noi

Modulul de generare a scenariilor este locația în care sunt generate scenarii noi valide clinic. Acesta are trei moduri de funcțiune:

- mod automat: în care toate datele asociate scenariului nou sunt asociate de către modulul de generare a scenariilor (ținând cont de restrângerile specifice a cazului pentru care este generat scenariu, în cazul în care există);
- mod semi-automat: în care o parte din datele asociate scenariului nou sunt introduse în mod manual de către un profesor și restul sunt asociate de către modulul de generare a scenariilor (ținând cont de restrângerile, în cazul în care există);
- mod manual: în care toate datele asociate scenariului nou sunt introduse în mod manual de către un profesor;

Pentru a introduce datele unui scenariu, profesorul trebuie să se autentifice și să navigheze în secțiunea "Creați un Scenariu Nou", iar acolo profesorul introduce datele pe care le vrea să fie folosite în generarea scenariului nou. Secțiunea "Creați un Scenariu Nou", așa cum este ilustrat în Figura 5.

Pentru a genera un scenariu nou, în modul de funcționare automat sau semi-automat, motorul care generează scenariii ia ca intrare patologia și nivelul de severitate al patologiei pentru care urmează să genereze un scenariu nou, dacă aceste intrări sunt goale, motorul va alocă automat patologia din cele stocate în baza de date a platformei Pacient Virtual și îi va alocă un nivel de severitate din cele stocate în baza de date a platformei și asociate patologiei selectate. De asemenea, motorul ia ca intrare orice restricție/constrângere care este asociată tipul patologiei (stabilită de către profesori și stocată în baza de date a platformei, dacă există).

Figura 5. Pagina pentru generarea scenariilor noi

În plus, în modul de funcționare semi-automat, motorul ia ca intrare datele introduse de către profesor pentru scenariu care urmează să fie generat (pentru modul de funcționare, motorul ia ca intrare numai datele introduse de către profesor).

Toate elementele care sunt încărcate pe platformă sunt etichetate pe de-o parte cu patologia pentru care sunt reprezentative și pe de alta parte cu severitatea tabloului de manifestare a acelei patologii (de exemplu, regurgitare mitrală, moderată) precum și alte informații utile (gravidă, fumător). În timp ce, baza de date a platformei este compusă din intrări individuale pentru fiecare element compozițional din scenariii (de exemplu, anamneză, analize de sânge, angiografie, ecografie, radiografie, coronarografie, computerul tomograf) adnotate cu patologia, severitatea patologiei și cu informațiile utile asociate (extrase din etichetele fiecărui element, acestea pot fi și sub formă de restricții/constrângeri).

Motorul assemblează scenariul pe baza argumentelor precedente prin filtrarea artefactelor (materialelor) care conțin astfel de etichete, creând astfel de-o parte variații față de scenariile dezvoltate și integrate în platformă, care au fost utilizate pentru a introduce date și de-altă parte scăzând probabilitatea de a genera scenariii similare pentru sesiuni diferite.

Prin urmare, motorul care generează scenariii noi generează scenariii valide clinic. Aceste scenariii sunt compuse din cazuri medicale pertinente care nu sunt predefinite, dar se bazează pe asocierea elementelor care sunt incluse în platformă și care provin din cazuri reale, pe baza asocierilor permise clinic între etichetele fiecărui element.

### 2.3.2 Implementarea tehnicilor de gamificare

Pentru a face platforma Pacient Virtual mai atractivă pentru utilizatori (în mod principal pentru studenți dar și pentru profesori), în platformă au fost integrate diverse tehnici de gamificare: un sistem de clasificare a utilizatorilor și un sistem de evaluare a performanței în timpul sesiunilor.

În stadiul actual de implementare, sistem de clasificare a utilizatorilor pentru studenți este compus din patru categorii: începător, intermediar, avansat și expert. Pentru profesorii, acest sistem este compus din trei categorii: bronz, argint și aur. Fiecare categorie este formată din 20 de niveluri, așa cum este ilustrat în Tabelul 4 și are propria insignă care este adăugată la profilul fiecărui utilizatorului.

Tip de utilizator	Categorie	Nivel	Evoluție
Student	Începător	Niveluri 1-20	Acumularea de 1000 de puncte pentru a trece la nivelul următor.
	Intermediar	Niveluri 21-40	
	Avansat	Niveluri 41-60	Scăderea sub 0 puncte pentru a ajunge la nivelul anterior.
	Expert	Niveluri 61+	
Profesor	Bronz	Niveluri 1-20	Acumularea de 100 de puncte pentru a trece la nivelul următor.
	Argint	Niveluri 21-40	
	Aur	Niveluri 41+	

Tabel 4. Categoriile și nivelurile sistemului de clasificare a utilizatorilor

Pentru a avansa între niveluri și, prin urmare, între categorii, utilizatorii trebuie să acumuleze puncte (alocate de către sistem de evaluare a performanței). Studenții trebuie să acumuleze 1000 de puncte pentru a trece la nivelul următor, în timp ce profesorii trebuie să acumuleze 100 de puncte pentru a trece la nivelul următor. Studenții pot pierde puncte și pot scădea în clasament din cauza performanțelor slabe sau a inactivității, în timp ce profesorii nu pot pierde puncte.

Sistem de evaluare a performanței punctează fiecare sesiune a utilizatorului în funcție de performanța sa din timpul sesiunii. Punctajul maxim care poate să fie acordat studentului per sesiune este de 100 de puncte, iar diferite secțiuni ale procesului de diagnosticare și recomandare tratament a unui pacient pot fi grupate în trei elemente ale baremului de punctaj, cu următoarele note maxime:

- Anamneză și Antecedente + Examen Obiectiv + Diagnostic prezumtiv (33 puncte din nota finală, fiecare secțiune 11 puncte):
  - întrebările puse de student în cadrul secțiunii de anamneză (punerea tuturor întrebărilor esențiale, ordinea întrebărilor, etc.);
  - modul în care examenul obiectiv a fost executat (acoperirea diferitelor aspecte/puncte de ausculție din cadrul examinării, ordinea acoperii al acestora, etc.);
  - diagnosticul prezumtiv furnizat de către student și justificarea acestuia.

- Investigații + Diagnostic diferențial + Diagnostic Final (33 puncte, fiecare secțiune 11 puncte):
  - investigațiile medicale solicitate de student și interpretarea acestora (solicitarea tuturor investigațiilor esențiale, ordinea în care au fost solicitate investigațiile și interpretarea furnizată a fiecărei investigații);
  - diagnosticele diferențial și final furnizate de către student dar și justificările acestora.
- Tratament + Complicații + Prognostic (34 puncte, secțiunea Tratament 12 puncte, iar secțiunile Complicații și Prognostic câte 11 puncte):
  - planul de tratament elaborat;
  - descrierea oferită a complicațiilor care pot apărea în timpul evoluției bolii și/sau în tratamentul;
  - prognosticul oferit și justificarea acestuia.

În puls, sistem de evaluare a performanței mai ea în considerare următoarele aspecte, înainte de a acorda nota finala:

- durata întregii sesiuni, dar și timpul petrecut de student în fiecare secțiune (dacă timpul limită, care variază în funcție de scenariu și tipul sesiunii, este depășit studentul va fi penalizat 1 punct la fiecare 5 minute, acest criteriu nu poate aduce puncte în plus);
- feedback-ul oferit de profesor (poate aduce puncte în minus sau plus – fără posibilitatea de a depăși totalul de 100 de puncte).

Profesorul, în cazul în care dorește, are posibilitatea de a modifica scorul final acordat de către sistem de evaluare a performanței pentru sesiunea studentului (suprascriere manuală).

În plus, sistemul de evaluare a performanței acordă puncte profesorului pentru fiecare:

- feedback pe care profesorul îl oferă unui student (variază în funcție de tipul de feedback: în timp real - 10 puncte, sau după încheierea sesiunii - 5 puncte);
- adnotarea datelor medicale – 2 puncte/set adnotat;
- încărcarea de noi date medicale, – 3 puncte/set nou încărcat;
- crearea unui nou scenariu valid clinic (variază în funcție de modul creării a scenariului nou: mod manual: 10 puncte, mod semi-automat: 4 puncte, mod automat: 0 puncte).

### 2.3.3 Implementarea interfeței multimodale

Pentru a face platforma Pacient Virtual mai atractivă și mai performantă, au fost îmbunătățite versiunea inițială atât interfața cât și agentul conversațional pentru a obține o interfață multimodală.

O îmbunătățire la nivelul interfeței consta în îmbunătățirea designului. Acesta a fost îmbunătățit prin adăugarea de pictograme la butoanele principale așa cum este ilustrat în Figura 6, acest lucru a permis adăugarea modelului de meniu restrâns așa cum este ilustrat în Figura 7, acest lucru este foarte util, în special pentru cazurile în care platforma este accesată de pe tabletă sau telefon.

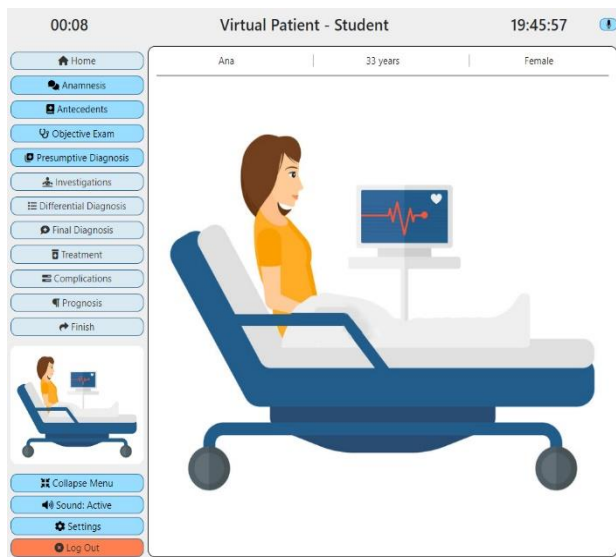


Figura 6. Pagina principală cu model meniu extins

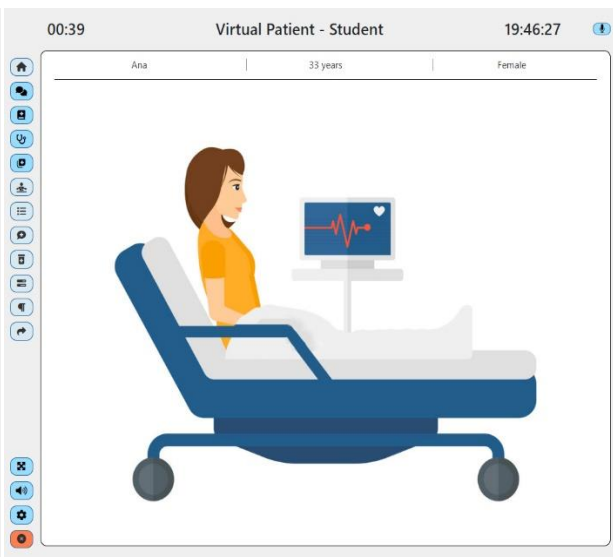


Figura 7. Pagina principală cu model meniu restrâns

O altă îmbunătățire la designul platformei este adăugarea suportului pentru a personaliza diferite aspecte al platformei. Utilizatorul are posibilitatea, în pagina de setări, de a personaliza: limba platformei, vocea folosită în procesul de sinteză text-voce (dintr-un set de zece voci de vorbire pentru limba engleză și un set de trei voci de vorbire pentru limba română) și posibilitatea de a activa și dezactiva sunete de pe platformă și/sau folosirea comenzile vocale în afara secțiunii de anamneză. În plus, utilizatorul are opțiunea de a schimba culorile butoanelor, de a personaliza pictogramele butoanelor, fontul folosit și dimensiunile acestuia, și de a alege dacă preferă să aibă meniul extins sau restrâns (ca opțiune implicită).

O îmbunătățire suplimentară s-a realizat prin optimizarea vizualizării platformei pe tablete s-a realizat prin redimensionarea și re poziționarea unor elemente în vizualizarea tabletei, precum și prin activarea posibilității utilizatorului de a restrânge meniul. Acest lucru a făcut designul platformei prietenos pentru interacțiunile de tipe tactile.

Agentul conversațional a fost îmbunătățite prin extinderea capacității sale de înțelegere în secțiunea de anamneză permițându-i studenților de a întreba mai multe întrebări pacientului în acea secțiune față de versiunea inițială. În plus, agentul conversațional a fost integrat în toate secțiunile de platformei Pacient Virtual, ceea ce permite utilizatorilor de a folosi comenzile vocale și în afara secțiunii de anamneză (și să primească și un răspuns fonetic, unde este cazul).

Prin aceste îmbunătățiri a versiunii inițiale, platforma Pacientul Virtual integrează o interfață multimodală care permite utilizatorilor de a interacționa cu platforma prin interacțiuni tradiționale (folosind mouse-ul și/sau tastatura), vocale și/sau tactile, și să primească răspunsuri vizuale și/sau fonetice.

### 3. Evaluarea platformei

Platforma a fost evaluată de către un grup de 88 de studenți de la Universitatea de Medicină și Farmacie Carol Davila din București. Evaluarea a fost făcută exclusiv pe scenariile în care

pacientul suferă de o singură patologie (evaluarea pentru scenariile cu patologii multiple se va face în etapa a 3-a). În timpul acestei evaluări, studenții au folosit propriile laptopuri care aveau un microfon încorporat și Windows 10 sau 11 ca sistem de operare. Studenții au accesat platforma folosind browser-ul Google Chrome [8]. Fiecare student a evaluat platforma parcurgând 8 scenarii. În total, studenții au parcurs 704 sesiuni de evaluare (fiecare sesiune compusă dintr-un singur scenariu).

După evaluare, fiecare student a completat un chestionar. Majoritatea studenților (67 studenți) au considerat platforma foarte utilă, 15 studenți au găsit-o utilă, în timp ce 6 studenți au fost neutri. Toți studenții au găsit platforma foarte ușor și intuitiv de utilizat, au apreciat designul interfeței. Majoritatea studenților (74 studenți) au apreciat posibilitatea de a personaliza diferite aspecte al platformei, 5 studenți au fost neutri referitor la acest punct în timp ce 1 la găsit inutil, iar 8 studenți nu au folosit aceasta posibilitate oferită de platformă (nu au personalizat nici un aspect). În plus, majoritatea studenților (85 studenți) au apreciat interfața multimodală și posibilitatea de a interacționa prin diferite tipuri interacțiuni iar 3 au fost neutri referitor la acest punct. O parte din rezultatele chestionarului sunt ilustrate în Figura 8 și în Tabelul 9. Iar performanța agentului conversațional a fost satisfăcătoare cu un procent pentru "recunoaștere corectă a comenzilor vocale împreună cu furnizarea unui răspuns adecvat" de 86% pentru limba Română și de 88% pentru Engleză).

Toți studenții au recomandat extinderea platformei pentru a susține alte patologii cardiace dar și alte patologii. Majoritatea studenților (66 studenți) au recomandat extinderea întrebărilor la care pacientul virtual este capabil să răspundă în secțiunea anamneză.

**Utilitatea Platformei**

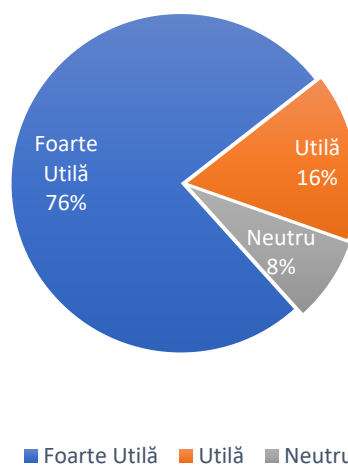


Figura 8. Utilitatea platformei conform chestionarul studenților

		Apreciat	Neutru	Inutil	Nefolosit	Total
<b>Aspectele Personalizabile</b>	limba platformei	72	6	0	10	88
	vocea pentru sinteză text-voce	28	23	12	25	88
	activarea/dezactivarea sunetelor	71	9	0	8	88
	activarea/dezactivarea comenzilor vocale în afara secțiunii de anamneză	58	20	0	10	88
	culorile butoanelor	23	32	8	25	88
	pictogramele butoanelor	27	42	5	14	88
	fontul folosit/dimensiunile acestuia	59	14	0	15	88
	mod meniu	80	0	0	8	88
	<b>per ansamblu</b>	<b>74</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>8</b>	<b>88</b>
	<b>Interfața Multimodală</b>	interacțiuni tradiționale	88	0	0	0
interacțiuni vocale		87	1	0	0	88
interacțiuni tactile		78	10	0	0	88
<b>per ansamblu</b>		<b>85</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>88</b>
<b>GUI</b>	<b>88</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>88</b>	

Tabel 5. O parte din rezultatele chestionarului

## 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, Adina Magda Florea și Alexandru Scafa-Udriște, “Enhanced Design and Functionalities for the Virtual Patient Educational Platform”, în: Proceedings of the 24th International Conference on Control Systems and Computer Science (CSCS), pp. 473-476, DOI: 10.1109/CSCS59211.2023.00080, ISSN: 2379-0482, IEEE, București, România, 24-26 Mai 2023 (în curs de indexare WOS).
- Ana-Maria Simion și Șerban Radu, “Experiments with Semi-Supervised Learning: from Cityscapes to Medical Images”, în: Proceedings of the 24th International Conference on Control Systems and Computer Science (CSCS), pp. 477-483, DOI: 10.1109/CSCS59211.2023.00081, ISSN: 2379-0482, IEEE, București, România, 24-26 Mai 2023 (în curs de indexare WOS).
- Mohammad Rasras, Iuliana Marin și Șerban Radu, “Home Care Assistance Solution Based on a Software Multi-Agents System”, în: Proceedings of the 24th International Conference on Control Systems and Computer Science (CSCS), pp. 484-489, DOI: 10.1109/CSCS59211.2023.00082, ISSN: 2379-0482, IEEE, București, România, 24-26 Mai 2023 (în curs de indexare WOS).

De asemenea, în această etapă, proiectul a fost prezentat în cadrul atelierului interdisciplinar "Aplicații ale Inteligenței Artificiale în Medicină" organizat de către Centrul Internațional de Excelență în Inteligență Artificială@UPB; în cadrul ediției a XI-a Congresului Universității de Medicină și Farmacie "Carol Davila" București așa cum este ilustrat în Figura 9, și în cadrul unei prezentări la evenimentul BeHEALTH 2023 organizat de clusterul ROHEALTH.

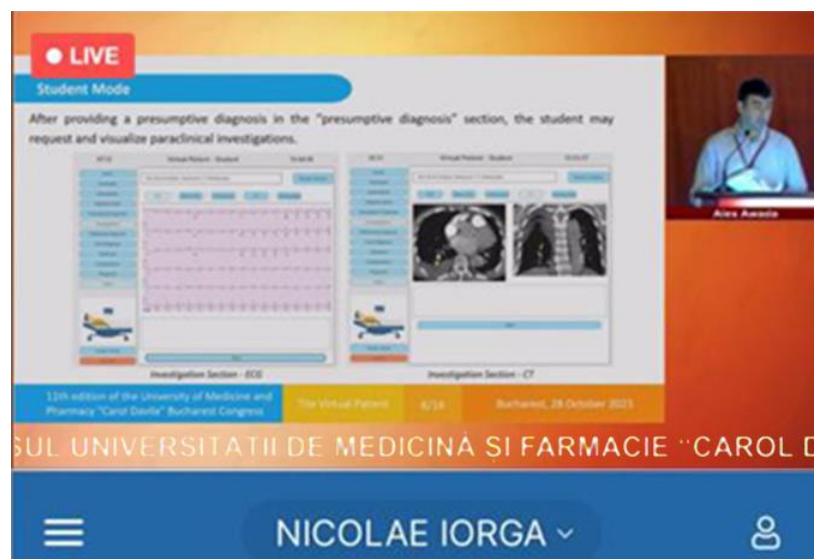


Figura 9. Proiectul Pacient Virtual prezentat în cadrul ediției a XI-a Congresului UMFCD

În plus proiectul, proiectul a fost diseminat prin intermediul paginii web al proiectului: <https://aimas.cs.pub.ro/virtual-patient/> care a fost actualizată în mod periodic.

Tot în această etapă, a fost creat un set de date care conține date pentru 7 cazuri cardiovasculare: 5 cazuri cu unică patologie (tromboembolism pulmonar, stenoză aortică, infarctul miocardic, regurgitare mitrală și insuficiența cardiacă) și 2 cazuri cu multiple patologii (caz 1: infarct miocardic acut inferior împreună cu regurgitare mitrală severă funcțională și insuficiență cardiacă, și caz 2: insuficiență cardiacă împreună cu stenoză mitrală). Datele pentru primele 3 cazuri cu unică patologie au fost colectate în etapa 1 al proiectului iar restul datelor au fost colectate în această etapă. Conținutul setului de date este ilustrat în Tabelul 3.

## 5. Concluzii

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

În cadrul activității 2.1 s-a realizat colectarea a două cazuri clinice pentru diagnostic complex în care pacienții sufereau de patologii multiple. Tot în cadrul acestei activități, a fost realizat procesul de anonimizare și etichetare a datele colectate pentru cazuri cu diagnostic complex. Colectarea și anonimizarea datelor a fost efectuată de către echipa de la Universitatea de Medicină și Farmacie Carol Davila din București. În plus, s-a realizat integrarea acestor date în platformă și în baza de date de către echipa de la Universitatea Națională de Știință și Tehnologie Politehnica București. Totodată s-a extins versiunea inițială a platformei și a bazei de date pentru a suporta scenariii în care pacienții virtuali pot să sufere de patologii multiple. De asemenea, echipa de la UNSTPC a dezvoltat o platformă care să permită transferul securizat a datelor colectate între echipele UMFCD și UNSTPB.

În cadrul activității 2.2 s-a realizat colectarea a două cazuri clinice în care pacienții sufereau de o singură patologie. Tot în cadrul acestei activități, a fost realizat procesul de anonimizare și etichetare a datele colectate pentru cazuri cu o singură patologie. Similar cu activitatea 2.1, Colectarea și anonimizarea datelor a fost efectuată de către echipa de la UMFCD. În plus, s-a realizat integrarea acestor date în platformă și în baza de date de către echipa de la UNSTPB.

În cadrul activității 2.3 s-a realizat implementarea modulului de generare a scenariilor noi. Tot în cadrul acestei activități, a fost finalizată interfața multimodală a platformei. De asemenea au fost implementate tehnici de gamificare (sistemul de clasificare a utilizatorilor și sistemul de evaluare a performanței în timpul sesiunilor). Toate implementări au fost realizate de către echipa de la UNSTPB. Echipa la UMFCD a oferit un suport informativ cu privire la procesul de evaluare a performanței studenților.

În etapa următoare al proiectului se vor implementa diferite mecanisme de securitate și vor fi efectuate evaluări extensive al platformei, acoperind în totalitate diversele sale aspecte. Pe lângă studenți, la aceste evaluări vor participa și profesorii. Se va îmbunătăți performanța motorului de generare a scenariilor noi și se va dezvolta/utiliza rețele generative adversariale (GAN) pentru a genera date sintetice, realiste și coerente, care vor fi folosite, impună cu datele colectate, în generarea scenariilor noi pentru platformă. În plus, se va extinde capacitatea agentului conversațional pentru a acoperi mai multe întrebări în secțiunea de anamneză. Rezultatele etapei următoare vor fi diseminate prin publicarea a cel puțin două lucrări științifice și prin depunerea unei cereri de brevet.



## Referințe

- [1] Konstantinides, S.V.; Meyer, G.; Becattini, C.; Bueno, H.; Geersing, G.J.; Harjola, V.P.; Huisman, M.V.; Humbert, M.; Jennings, C.S.; Jiménez, D.; Kucher, N.; Lang, I.M.; Lankeit, M.; Lorusso, R.; Mazzolai, L.; Meneveau, N.; Ní Áinle, F.; Prandoni, P.; Pruszczyk, P.; Righini, M.; Torbicki, A.; Van Belle, E.; Zamorano, J.L. "2019 ESC Guidelines for the diagnosis and management of acute pulmonary embolism developed in collaboration with the European Respiratory Society (ERS)". În: European Heart Journal, Vol. 41, Iss.4, pp. 543-603, PMID: 31504429, DOI: 10.1093/eurheartj/ehz405, Ianuarie 2020
- [2] Byrne, R.A.; Rossello, X.; Coughlan, J.J.; Barbato, E.; Berry, C.; Chieffo, A.; Claeys, M.J.; Dan, G.A.; Dweck, M.R.; Galbraith, M.; Gilard, M.; Hinterbuchner, L.; Jankowska, E.A.; Jüni, P.; Kimura, T.; Kunadian, V.; Leosdottir, M.; Lorusso, R.; Pedretti, R.F.E.; Rigopoulos, A.G.; Rubini-Gimenez, M.; Thiele, H.; Vranckx, P.; Wassmann, S.; Wenger, N.K.; Ibanez, B. "2023 ESC Guidelines for the management of acute coronary syndromes". În: European Heart Journal. Vol. 44, Iss. 38, pp. 3720-826, PMID: 37622654, DOI: 10.1093/eurheartj/ehad191, Octombrie 2023.
- [3] Vahanian, A.; Beyersdorf, F.; Praz, F.; Milojevic, M.; Baldus, S.; Bauersachs, J.; Capodanno, D.; Conradi, L.; De Bonis, M.; De Paulis, R.; Delgado, V.; Freemantle, N.; Gilard, M.; Haugaa, K.H.; Jeppsson, A.; Jüni, P.; Pierard, L.; Prendergast, B.D.; Sádaba, J.R.; Tribouilloy, C.; Wojakowski, "W. 2021 ESC/EACTS Guidelines for the management of valvular heart disease". În: European Heart Journal, Vol. 43, Iss. 7, pp561-632, PMID: 34453165, DOI: 10.1093/eurheartj/ehab395, Februarie 2022.
- [4] Ji, Q.; Wang, M.; Su, C.; Yang, Q.; Feng, L.; Zhao, L.; Fang, S.; Zhao, F.; Li, W. "Clinical symptoms and related risk factors in pulmonary embolism patients and cluster analysis based on these symptoms". În: Scientific Reports Journal, Vol. 7, Iss. 1, DOI: 10.1038/s41598-017-14888-7, Noiembrie 2017.
- [5] Nextcloud - Self-hosted cloud storage software for home users, disponibil pe: <https://nextcloud.com/athome/>, accesat pe: 2023-12-04.
- [6] SQLite, disponibil pe: <https://www.sqlite.org/index.html>, accesat pe: 2023-12-04.
- [7] SQLite3, disponibil pe: <https://docs.python.org/3/library/sqlite3.html>, accesat pe: 2023-12-04.
- [8] Google Chrome, disponibil pe: <https://www.google.com/chrome/>, accesat pe: 2023-12-04.