CLINICAL STUDIES

CC BY SA OPEN ACCESS

DOI: 10.5281/zenodo.14549531
UDC: 616.94-037:004.8

ROLUL POTENȚIAL AL ABORDĂRII BAZATE PE INTELIGENȚA ARTIFICIALĂ PENTRU MANAGEMENTUL SEPSISULUI: UN STUDIU DE CAZ PILOT

THE POTENTIAL ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE-BASED APPROACH TO SEPSIS MANAGEMENT: A PILOT CASE STUDY

Victor Iapăscurtă[1,2], Adrian Belîi[1]

[1] Catedra de anesteziologie și reanimatologie nr.1 "Valeriu Ghereg", Universitatea de Stat de Medicină și Farmacie „Nicolae Testemițanu", Chișinău, Republica Moldova
[2] Departamentul de inginerie software și automatică, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova

Rezumat
Obiective. Sepsisul rămâne o provocare critică în unitățile de terapie intensivă (UTI), necesitând intervenții în timp util și eficiente. Acest studiu investighează integrarea unei aplicații software bazate pe date pentru prezicerea riscului de sepsis cu un modul de model de limbaj mare (LLM) care oferă recomandări clinice personalizate.
Material și metode. Studiul reprezintă analiza unei aplicații software predictive care utilizează date fiziologice în timp real (ritmul cardiac, tensiunea arterială, saturația de oxigen, temperatura și frecvența respiratorie) pentru a prognoza riscul de sepsis într-o fereastră de patru ore. Un modul LLM folosește o abordare îmbunătățită de recuperare, sintetizând perspective din 20 de articole recente din literatură despre managementul sepsisului. Un caz clinic a unui pacient cu sepsis din cauza diverticulitei de colon, extras din baza de date MIMIC-III și organizat sub formă de vignetă clinică, servește drept studiu de caz.
Rezultate. Modelul predictiv permite estimarea în timp util a riscului de sepsis. Modulul LLM a generat recomandări personalizate, punând accent pe inițierea terapiei cu antibiotice adecvate și a protocoalelor de monitorizare, abordând eficient scenariul clinic prezentat.
Concluzii. Integrarea analizei predictive cu un modul bazat pe LLM este promițătoare pentru îmbunătățirea managementului sepsisului în UTI. Acest studiu pilot evidențiază valoarea utilizării inteligenței artificiale (AI) pentru a oferi clinicienilor recomandări în timp real, bazate pe dovezi.
Cuvinte cheie: sepsis, inteligența artificială, model de limbaj mare, analiza predictivă, suport pentru decizii clinice

Summary
Objectives. Sepsis remains a critical challenge in intensive care units (ICUs), requiring timely and effective interventions. This study aims to explore the integration of a data-driven sepsis risk prediction software application with a large language model (LLM) module that provides personalized recommendations based on clinical cases, thereby improving decision-making in the ICU.
Material and Methods. The study presents the analysis of a predictive software application that uses real-time physiological data (heart rate, blood pressure, oxygen saturation, temperature and respiratory rate) to predict the risk of sepsis within a four-hour window. An LLM module uses an enhanced recovery approach, synthesizing insights from 20 recent articles in the literature on sepsis management. A clinical case of a patient with sepsis due to colonic diverticulitis, extracted from the MIMIC-III database and organized as a clinical vignette, serves as a case study.
Results. The predictive model allows timely estimation of sepsis risk. The LLM module generated personalized recommendations, including antibiotic therapy and monitoring strategies.
Conclusions. Integrating a data-driven prediction tool with an LLM-based module can potentially improve sepsis management in the ICU. This pilot study highlights the value of using artificial intelligence (AI) to provide clinicians with real-time, evidence-based recommendations.
Keywords: sepsis, artificial intelligence, large language model, predictive analytics, clinical decision support

Introducere

Sepsisul este o cauză semnificativă de morbiditate și mortalitate în unitățile de terapie intensivă, unde intervenția în timp util este critică [1, 2]. Complexitatea sepsisului necesită instrumente avansate pentru a ajuta profesioniștii din domeniul sănătății să ia decizii informate [1, 3]. Această lucrare explorează utilizarea combinată a unei aplicații software bazate pe date pentru predicția riscului de sepsis și a unui modul bazat pe model de limbaj mare (LLM) care oferă recomandări personalizate, subliniind aplicarea sa într-un caz clinic de sepsis datorat diverticulitei.

Aplicația predictivă, construită în baza a peste 40000 cazuri septice și non-septice [4] cu o performanță de predicție de 95,3% după curba ROC [5, 6], utilizează parametri fiziologici în timp real pentru a evalua riscul de sepsis, în timp ce modulul LLM sintetizează informații din literatura recentă pentru a oferi recomandări personalizate. Această lucrare analizează prezentarea cazului, detaliind

scenariul clinic și recomandările generate de modulul LLM, evidențiind impactul potențial al inteligenței artificiale (AI) asupra managementului sepsisului.

Prezentarea cazului

Acest studiu de caz examinează un pacient de sex masculin, în vârstă de 64 de ani, internat în UTI cu sepsis secundar diverticulitei, așa cum este înregistrat în baza de date MIMIC-III [7]. Vigneta clinică a cazului este prezentată în Tabelul 1.

Pe baza acestor intrări, aplicația a prezis un risc ridicat de sepsis într-un orizont de patru ore, permițând echipei clinice să inițieze protocoale de intervenție timpurie.

Recomandările generate de modulul bazat pe LLM

Acest modul folosește tehnica de generare augmentată de recuperare (l. engl. *retrieval-augmented generation*, RAG) [8-11]. Raționamentul folosirii acestei abordări este condiționat de faptul că, chiar și cele mai noi și performante modele LLM nu exclud riscul fenomenului numit „halucinații”

Tabelul 1

Vigneta clinică a cazului

Aspect	Descriere
Diagnostic de bază	Abces peritoneal din cauza diverticulitei clonului, septicemie stafilococică
Date demografice	Bărbat, 64 ani
Semne vitale	Frecvență cardiacă - 98 bpm, presiune arterială medie 63,7 mmHg, SpO2 – 97%, temperatura corpului – 37,6 °C, frecvența respirației – 27 rpm.
Date de laborator	Lactatul seric – 5,3 mmol/l, leucocite 23700/mm3, glucoza serică – 126 g/dl (6,99 mmol/l).
Istoria medicală	Insuficiență cardiacă congestivă, afecțiune a valvei aortice, afecțiune a valvei mitrale, hipertensiune arterială
Comentarii	Infecție intra-abdominală, rezistentă la peniciline

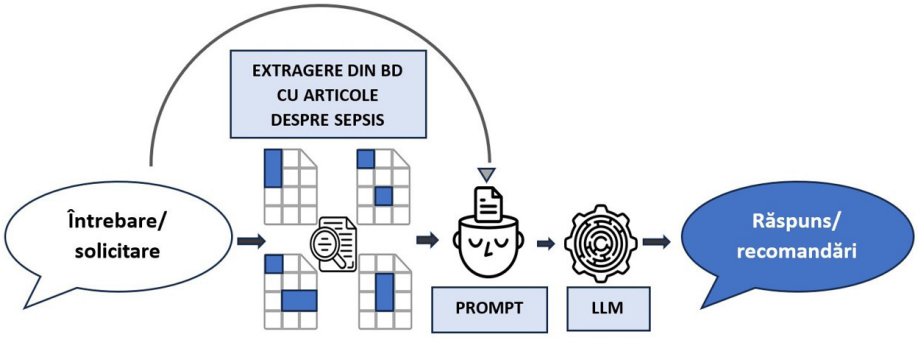


Figura 1. *Tehnica RAG în cazul generării recomandărilor pentru un caz clinic concret.*

Recomandări pentru managementul cazului, bazate pe literatură:

Luați în considerare inițierea antibioticelor cu spectru larg care vizează organisme gram-negative și anaerobe din cauza infecției intra-abdominale. Având în vedere rezistența la penicilină, pot fi luate în considerare antibiotice alternative precum fluorochinolonele sau carbapenemele. Monitorizați îndeaproape pentru semne de șoc septic și disfuncție de organ. Resuscitarea agresivă cu fluide este crucială, dar se recomandă un management prudent al fluidelor la pacienții cu insuficiență cardiacă congestivă. Nivelurile de lactat trebuie monitorizate îndeaproape pentru a ghida eforturile de resuscitare. Consultați un specialist în boli infecțioase pentru o terapie cu antibiotice personalizată. Având în vedere comorbiditățile pacientului, este esențială monitorizarea atentă a complicațiilor precum leziunea renală acută. Controlul precoce al sursei prin intervenție chirurgicală poate fi necesar în cazurile de abces peritoneal. Luarea în considerare a istoricului pacientului de tulburări ale valvei aortice și mitrale este importantă atunci când se selectează antibiotice pentru a preveni endocardita. Se recomandă reevaluarea regulată a răspunsului clinic și ajustarea terapiei pe baza rezultatelor culturii și a progresului clinic.

Recomandări de antibiotice:

Luați în considerare utilizarea antibioticelor precum Imipenem, Meropenem sau Doripenem pentru infecții intraabdominale rezistente la penicilină. Aceste carbapeneme cu spectru larg sunt eficiente împotriva unei game largi de agenți patogeni, inclusiv anaerobii. Dozele recomandate pentru aceste antibiotice ar trebui să se bazeze pe ghidurile specifice și recomandările de dozare furnizate în baza de date interogată sau ghidurile locale.

Figura 2. *Interfața grafică a aplicației cu recomandările referitor la cazul clinic analizat. Este prezentată traducerea din engleză.*

(când LLM-ul „inventează" fapte, de facto absente, generând răspunsuri eronate) [8-10]. Una din puținele metode efective pentru a combate acest neajuns este tehnica RAG. În acest caz se folosește o colecție de documente (în cazul nostru – articole relevante temei sepsisului), care este structurată sub formă de bază de date vectorială, care permite extragerea din această bază de date a informației pertinente în baza similarității semantice. Textul astfel extras se adaugă la întrebarea/solicitarea adresată de către medic LLM-ului, iar răspunsul generat este în exclusivitate în baza faptelor (adică a informației din articolele din baza de date și informația despre un caz clinic concret). Schema acestei tehnici este ilustrată de Figura 1.

Astfel, modulul LLM a accesat informația din cele 20 de articole recente din literatură, referitoare la managementul sepsisului, concentrându-se în special pe terapia cu antibiotice. Recomandările generate pentru cazul prezentat sunt descrise în Figura 2.

Atât aplicația bazata pe date (https://viapascurta.shinyapps.io/Sepsis_ISAAC_new_2_1/) cât și modulul RAG în baza GPT-4o [11] au fost construite de autorii lucrării curente, fiind raportate anterior [5, 6, 8].

Discuții

Integrarea aplicației software bazate pe date și a modulului LLM reprezintă un progres promițător în gestionarea sepsisului în UTI. Software-ul predictiv permite identificarea în timp util a pacienților cu risc, facilitând intervenția timpurie. Modulul LLM îmbunătățește acest proces, oferind recomandări relevante din punct de vedere contextual, bazate pe dovezi, adaptate scenariilor clinice specifice.

Cazul pacientului cu sepsis ilustrează implicațiile practice ale acestei abordări integrate. Modulul LLM echipează medicii cu perspective acționabile, care pot influența semnificativ rezultatele pacienților, aliniindu-se cu ghidurile de bune practici, oferind și un cadru structurat pentru gestionarea scenariilor clinice.

În ciuda constatărilor promițătoare, mai multe limitări trebuie recunoscute. Bazarea pe un singur studiu de caz poate să nu surprindă întreaga variabilitate întâlnită la pacienții cu sepsis. În plus, modelul predictiv și recomandările LLM necesită validare pe cohorte mai mari pentru a le stabili eficacitatea și generalizarea.

Concluzii

Acest studiu de caz pilot evidențiază potențialul integrării unui instrument predictiv bazat pe date cu un modul bazat pe LLM pentru a îmbunătăți gestionarea sepsisului în UTI. Oferind informații în timp real, bazate pe dovezi, aceste instrumente bazate pe inteligență artificială pot ajuta clinicienii să ia decizii informate, îmbunătățind, în cele din urmă, îngrijirea pacientului și rezultatele tratamentului. Cercetările viitoare ar trebui să se concentreze pe validarea acestor abordări în setări clinice mai largi pentru a-și realiza pe deplin potențialul în medicina stărilor critice.

Bibliografie

1. Evans L, Rhodes A, Alhazzani W, et al. Surviving sepsis campaign: international guidelines for management of sepsis and septic shock 2021. Intensive Care Med. 2021;47(11):1181-1247. doi:10.1007/s00134-021-06506-y
2. Strandberg G, Walther S, Agvald Öhman C, Lipcsey M. Mortality after Severe Sepsis and Septic Shock in Swedish Intensive Care Units 2008-2016-A nationwide observational study. Acta Anaesthesiol Scand. 2020;64(7):967-975. doi:10.1111/aas.13587
3. Buckman SA, Turnbull IR, Mazuski JE. Empiric Antibiotics for Sepsis. Surg Infect (Larchmt). 2018;19(2):147-154. Doi:10.1089/sur.2017.282
4. Reyna MA, Josef CS, Jeter R, et al. Early Prediction of Sepsis From Clinical Data: The PhysioNet/Computing in Cardiology Challenge 2019. Crit Care Med. 2020;48(2):210–217. doi: 10.1097/CCM.0000000000004145
5. Iapăscurtă V, Belîi A. Preclinical Stage of Building a Machine Learning System for Sepsis Prediction: A Comparative Study of Four Algorithms. Springer IFMBE Proceedings 2022;(5):448-455. doi:10.1007/978-3-030-92328-0_58
6. Iapascurta V. Estimation of Kolmogorov-Chaitin Complexity on Continuous Biomedical Data for Machine Learning Purposes. Intelligent and Fuzzy Systems. INFUS 2024. Lecture Notes in Networks and Systems 2024. Springer, Cham. 1090:60-67. doi.org:10.1007/978-3-031-67192-0_8
7. Johnson AE, Pollard TJ, Shen L, et al. MIMIC-III, a freely accessible critical care database. Sci Data. 2016;3:160035. doi:10.1038/sdata.2016.35
8. Iapăscurtă V, Kronin S, Fiodorov I. Retrieval-augmented generation using domain-specific text: a pilot study. Journal of Engineering Science. 2024;31(2):48-59. doi:10.52326/jes.utm.2024.31(2).05
9. Zhang T, Patil SG, Jain N, et al. RAFT: Adapting language model to domain specific RAG. arXiv [csCL]. 2024. http://arxiv.org/abs/2403.10131
10. Gaoa Y, Xiongb Y, Gaob X, Jiab K, Panb J, Bicet Y. Retrieval-Augmented Generation for Large Language Models: A Survey.; 2024.
11. Achiam J, Adler S, Agarwal S, Ahmad L, Akkaya I, Aleman FL, et al. GPT-4 Technical Report, OpenAI. GPT-4o.; 2024.

Recepționat – 08.10.2024, acceptat pentru publicare – 21.12.2024
Autor corespondent: Victor Iapăscurtă, e-mail: victor.iapascurta@usmf.md
Declarația de conflict de interese: Autorii declară lipsa conflictului de interese.
Declarația de finanțare: Autorii declară lipsa de finanțare.
Citare: Iapăscurtă V, Belîi A. Rolul potențial al abordării bazate pe inteligența artificială pentru managementul sepsisului: un studiu de caz pilot [The potential role of artificial intelligence-based approach to sepsis management: a pilot case study]. Arta Medica. 2024;93(4):46-48.