

**MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII AL REPUBLICII
MOLDOVA**

Universitatea Tehnică a Moldovei

Facultatea Electronică și Telecomunicații

Departamentul Telecomunicații și Sisteme Electronice

Admis la susținere

Șef departament:

Tîrșu Valentina, conf. univ., dr.

” ” ” 2025

**Sisteme de inteligență artificială pentru optimizarea
și automatizarea proceselor de mentenanță a
rețelelor de comunicații**

Teză de master

Student: Ursu Marinela, gr. MMRT-231M

Coordonator: Sava Lilia, conf. univ., dr.

Chișinău, 2025

ADNOTARE

Autor: Ursu Marinela

Titlul tezei de master: ”**Sisteme de inteligență artificială pentru optimizarea și automatizarea proceselor de mentenanță a rețelelor de comunicații**”

Structura tezei: introducere, trei capitole, concluzie, bibliografie și 4 anexe.

Cuvintele-cheie care desfășoară subiectul proiectului respectiv sunt: inteligența artificială, automatizare, automatizare, mentenanță, rețele de comunicații;

Această lucrare reflectă analiza sistemelor de inteligență artificială, automatizarea fluxului de lucru în mentenanță și soluții bazate pe inteligența artificială pentru mentenanța rețelelor 5G. Lucrare derivă din necesitatea de a găsi soluții eficiente pentru a răspunde provocărilor ale mentenanței rețelelor de comunicații complexe. Odată cu creșterea volumului de date și a cerințelor de conectivitate, operatorii de rețea trebuie să facă față unei presiuni tot mai mari pentru a preveni și rezolva problemele parvenite într-un timp cât mai scurt. În acest context, soluțiile bazate pe AI devin o alternativă atractivă pentru a asigura monitorizarea constantă și pentru a optimiza intervențiile de mentenanță, reducând astfel impactul negativ asupra utilizatorilor finali și a costurilor operaționale. Scopul acestei teze de master este de a investiga și dezvolta un sistem de inteligență artificială capabil să optimizeze și să automatizeze procesul de mentenanță al rețelelor. Lucrarea va explora diverse tehnici și algoritmi de inteligență artificială, cu accent pe detecția perturbărilor, predicția defecțiunilor și automatizarea proceselor corective.

Capitolul întâi conține noțiuni fundamentale despre inteligența artificială, concepte cheie în mentenanța rețelelor de comunicații și rolul inteligenței artificiale în domeniul comunicațiilor.

În capitolul doi sunt prezentate informații despre mentenanța predictivă, detectarea automată a defecțiunilor de rețea, rețelele neuronale.

În cel de-al treilea capitol descrie rețelele 5G, soluțiile bazate pe inteligența artificială pentru mentenanța rețelelor 5G și implementarea sistemelor de inteligență artificială pentru automatizarea proceselor de mentenanță.

ANNOTATION

Author: Ursu Marinela

Thesis title: "**Artificial intelligence systems for optimization and automation of communication network maintenance processes**"

Thesis structure: introduction, three chapters, conclusion, bibliography and 4 annexes.

The keywords that develop the subject of the respective project are: artificial intelligence, automation, automation, maintenance, communication networks;

This paper reflects the analysis of artificial intelligence systems, automation of maintenance workflow and solutions based on artificial intelligence for the maintenance of 5G networks. The paper derives from the need to find effective solutions to meet the challenges of complex communication network maintenance. With the increase in data volume and connectivity requirements, network operators must face increasing pressure to prevent and resolve problems in the shortest possible time. In this context, AI-based solutions become an attractive alternative to ensure constant monitoring and optimize maintenance interventions, thus reducing the negative impact on end users and operational costs. The aim of this master thesis is to investigate and develop an artificial intelligence system capable of optimizing and automating the network maintenance process. The work will explore various artificial intelligence techniques and algorithms, with a focus on disturbance detection, fault prediction and automation of corrective processes.

Chapter one contains fundamental notions about artificial intelligence, key concepts in communication network maintenance and the role of artificial intelligence in the communications field.

Chapter two presents information about predictive maintenance, automatic network fault detection, neural networks.

The third chapter describes 5G networks, artificial intelligence-based solutions for 5G network maintenance, and the implementation of artificial intelligence systems for automating maintenance processes.

CUPRINS

INTRODUCERE	8
1. CONCEPTE TEORETICE ALE INTELIGENȚEI ARTIFICIALE ȘI APLICABILITATEA ÎN MENTENANȚA REȚELELOR DE COMUNICAȚII	10
1.1. Noțiuni fundamentale despre inteligența artificială.....	10
1.2. Concepte cheie în mentenanța rețelelor de comunicații.....	15
1.2.1. Instrumente și procese utilizate în mentenanța rețelelor de comunicații.....	17
1.3. Rolul inteligenței artificiale în domeniul comunicațiilor.....	20
2. SISTEME DE INTELIGENȚĂ ARTIFICIALĂ PENTRU OPTIMIZAREA PROCESELOR DE MENTENANȚĂ ÎN REȚELELE DE COMUNICAȚII	24
2.1. Mentenanța predictivă asistată de inteligența artificială.....	24
2.2. Detectarea automată a defecțiunilor în rețea.....	25
2.3. Rețele neuronale.....	29
2.4. Automatizarea fluxurilor de lucru în mentenanța predictivă.....	32
3. IMPLEMENTAREA PRACTICĂ A INTELIGENȚEI ARTIFICIALE ÎN MENTENANȚA REȚELELOR DE COMUNICAȚII	42
3.1. Rețelele 5G: Generalități, Tehnologii și Aplicabilitate.....	42
3.2. Soluții bazate pe inteligența artificială pentru mentenanța rețelelor 5G.....	46
3.3. Implementarea sistemelor de inteligență artificială pentru optimizarea și automatizarea proceselor de mentenanță a rețelelor 5G.....	49
CONCLUZIE	56
BIBLIOGRAFIE	58
ANEXE	60

INTRODUCERE

În era digitală contemporană, rețelele de comunicații și infrastructurile IT au un rol esențial în aproape toate domeniile de activitate, de la afaceri și educație până la sănătate și divertisment. Aceste rețele au evoluat rapid în ultimii ani, devenind din ce în ce mai complexe și distribuite, ceea ce a crescut exponențial cerințele de mentenanță și management. Administrarea eficientă a rețelelor presupune nu doar gestionarea infrastructurii fizice, dar și monitorizarea constantă a performanțelor, identificarea și remedierea problemelor, precum și prevenirea defecțiunilor ce ar putea afecta continuitatea serviciilor.

Pe măsură ce rețelele devin mai dinamice și scalabile, soluțiile tradiționale de mentenanță se confruntă cu dificultăți majore în asigurarea unei monitorizări și intervenții rapide și eficiente. Mentenanța preventivă și corectivă a rețelelor este esențială pentru a minimiza downtime-ul (timpul de nefuncționare) și a asigura un nivel ridicat de calitate a serviciului (Quality of Service - QoS) și a experienței utilizatorului (Quality of Experience - QoE). Cu toate acestea, soluțiile actuale sunt adesea dependente de intervenția umană, ceea ce poate întârzia procesul de rezolvare a problemelor și poate duce la pierderi economice semnificative, în special pentru companiile ce se bazează pe continuitatea operațională.

Tehnologiile emergente, precum inteligența artificială (AI), oferă noi oportunități de optimizare și automatizare a proceselor de mentenanță a rețelelor de comunicații. Algoritmii de machine learning și de analiză predictivă permit detectarea timpurie a perturbărilor și previzionarea defecțiunilor, contribuind astfel la reducerea timpilor de nefuncționare și la creșterea eficienței operaționale. Prin integrarea AI în managementul rețelelor de comunicații, procesele de mentenanță pot deveni proactive și automatizate, astfel minimizând intervenția umană și asigurând o funcționare optimă a infrastructurilor de rețea.

Această lucrare derivă din necesitatea de a găsi soluții eficiente pentru a răspunde provocărilor ale mentenanței rețelelor de comunicații complexe. Odată cu creșterea volumului de date și a cerințelor de conectivitate, operatorii de rețea trebuie să facă față unei presiuni tot mai mari pentru a preveni și rezolva problemele parvenite într-un timp cât mai scurt. În acest context, soluțiile bazate pe AI devin o alternativă atractivă pentru a asigura monitorizarea constantă și pentru a optimiza intervențiile de mentenanță, reducând astfel impactul negativ asupra utilizatorilor finali și a costurilor operaționale.

Scopul acestei teze este de a investiga și dezvolta un sistem de inteligență artificială capabil să optimizeze și să automatizeze procesul de mentenanță al rețelelor. Lucrarea va explora diverse

tehnici și algoritmi AI, cu accent pe detecția perturbărilor, predicția defecțiunilor și automatizarea proceselor corective. Sistemul propus va fi testat și evaluat pe baza unor studii de caz.

Pentru realizarea scopului s-au format următoarele obiective:

- Analiza tehnologiilor AI aplicabile în domeniul mentenanței rețelelor de comunicații, cu accent pe algoritmi de machine learning și tehnici de detecție a perturbărilor.
- Propunerea și implementarea unui model AI care să poată detecta și preveni problemele de rețea, precum și să automatizeze intervențiile de mentenanță.
- Evaluarea și validarea soluției AI prin studii de caz.

BIBLIOGRAFIE

1. Slavici T. Inteligența artificială: elemente fundamentale și aplicații în domeniile economic și tehnic. Timișoara: Editura "Eurostampa", 2006
2. Valentina Tîrșu, Lilia Sava, „Integrating elasticsearch and kibana in ICT management processes for economic efficiency in multimedia content administration”, in: The scientific heritage. Economic Sciences, Categoria B+, p.15-20, vol.1 № 142 (142), 2024, Budapest, Hungary. ISSN 9215 — 0365, Cosmos Impact Factor - 3.336 SJIF Impact Factor - 5.78, online: <http://www.scientific-heritage.com/ru/arhiv/>.
3. LITVIN, A., CILOCI, R., ȚURCANU, T. Managementul general: Note de curs. Universitatea Tehnică a Moldovei, Facultatea Inginerie Economică și Business, Departamentul Economie și Management, Chișinău: Tehnica-UTM, 2024. ISBN 978-9975-64-397-9. – 117 p. https://utm.md/wp-content/uploads/2024/02/isbn_managem_general.pdf
4. SAVA, L., ȚURCANU, T., RĂULEȚ, D. Statistica în domeniu. Note de curs. Universitatea Tehnică a Moldovei, Facultatea Electronică și Telecomunicații, Departamentul Telecomunicații și Sisteme Electronice, Chișinău: Tehnica-UTM, 2024. ISBN 978-9975-64-394-8. – 124 p. <https://utm.md/wp-content/uploads/2024/02/statistica-in-domeniu.pdf>
5. Sava L., Vortolomei D. Organizarea și analiza activității economice în domeniul telecomunicațiilor. Note de curs, Chișinău, Editura UTM, 2022, ISBN: 978-9975-45-805- 4.
6. VULPE, S.-N., RUGHINIȘ, R., ȚURCANU, D., ROSNER, D. AI and cybersecurity: a risk society perspective. In: *Frontiers in Computer Science*. Volume 6-2024, <https://doi.org/10.3389/fcomp.2024.1462250>.
7. BRAN, E., RUGHINIȘ, R., ȚURCANU, D., RADOVICI, A. AI Leads, Cybersecurity Follows: Unveiling Research Priorities in SDG-Relevant Technologies Across Nations. In: *Sustainability*. 2024, 16(20), 8886; <https://doi.org/10.3390/su16208886>.
8. BRAN, E., RUGHINIȘ, R., ȚURCANU, D., NADOLEANU, G. Technical Innovations and Social Implications: Mapping Global Research Focus in AI, Blockchain, Cybersecurity, and Privacy. In: *Computers*. 2024, 13(10), 254; <https://doi.org/10.3390/computers13100254>.
9. BUDEANU, A.-M., ȚURCANU, D., ROSNER, D. European Perceptions of Artificial Intelligence and Their Social Variability. An Exploratory Study. In: 24th International Conference on Control Systems and Computer Science (CSCS). 24-26 may, 2023. pp. 436-443. <https://doi.org/10.1109/CSCS59211.2023.00075>
10. Tîrșu V., Sava L. Integrating elasticsearch and kibana in ict management processes for economic efficiency in multimedia content administration. In: The scientific

heritage. Economic Sciences., Vol.1 № 142 (142), 2024, p.15-20 . Budapest, Hungary. ISSN 9215 — 0365, Cosmos Impact Factor - 3.336 SJIF Impact Factor - 5.78 DOI: , Categoria B+. Disponibil: <http://www.scientific-heritage.com/ru/arhiv/>

11. Tîrșu V., Cerbu O. *Interactive visualization of geographical data using proxmox and modern technologies*. In: The scientific heritage. Economic Sciences., Vol.1 № 142 (142), 2024, p.21-26. Budapest, Hungary. ISSN 9215 — 0365, Cosmos Impact Factor - 3.336 SJIF Impact Factor - 5.78 DOI: , Categoria B+. Disponibil: <http://www.scientific-heritage.com/ru/arhiv/>

12. Sava L., Tîrșu V., Plămădeală C. *Performance evaluation of microtik routers according to electromagnetic compatibility testing standards*. În: Electrotehnica, Electronica, Automatica, vol.72/4, p.57-61. Romania, Sibiu: ISSN: 2392-828X, categoria B+. Disponibil: <https://eea-journal.ro/articles-and-issues/current-issues/>

13. Tîrșu, V., Cristea E. Baze de date : Ghid metodic pentru lucrările de laborator. Chișinău: Ed. “Tehnica-UTM”, 2024, 112 pag. ISBN 978-9975-64-392-4. Disponibil: <https://library.utm.md/items/?biblionumber=2628876>

14. Tîrșu, V. Programare : Ghid metodic pentru lucrări de laborator. Chișinău: Ed. “Tehnica-UTM”, 2022, pag.130, ISBN 978-9975-45-861-0. Disponibil: <https://library.utm.md/items/?biblionumber=2619626>

15. Sava, L., Vortolomei, D. Organizarea și analiza activității economice în domeniul telecomunicațiilor. Note de curs, Chișinău, Editura UTM, 2022, ISBN: 978-9975-45-805-4.

16. Wikipedia. Enciclopedia liberă. Disponibil: https://ro.wikipedia.org/wiki/Inteligen%C8%9B%C4%83_artificial%C4%83

17. Parlamentul European. Disponibil: <https://www.europarl.europa.eu/topics/ro/article/20200827STO85804/ce-este-inteligenta-artificiala-si-cum-este-utilizata>

18. Smart. Disponibil: <https://www.smart.md/the-role-of-artificial-intelligence-in-telecomande-personalization>

19. Smart. Disponibil: <https://www.smart.md/how-iot-is-transforming-telecomandes-a-look-into-connected-devices>.

20. Htss group. Disponibil: <https://htssgroup.eu/tipuri-de-inteligenta-artificiala/>

21. Disponibil: https://crjm.org/wp-content/uploads/2021/09/CRJM-study_Moldova_Digital-Literacy-Program-ROM-fin.pdf
22. Smart. Disponibil: <https://www.smart.md/analyzing-network-traffic-with-switch-monitoring-and-analysis-tools>
23. Disponibil: <https://codelabsacademy.com/ro/blog/anomaly-detection-techniques-and-challenges>
24. Disponibil: <https://www.dendrio.com/blog/metode-de-troubleshooting-in-retelistica/>
25. Scribd. Disponibil: <https://ru.scribd.com/document/460881616/Metode-de-detectie-si-diagnoza-a-defectelor-C3>
26. Disponibil: <https://www.seniorsoftware.ro/mes-managementul-productiei/analiza-mentenanta-predictiva-inteligenta-artificiala/>
27. Disponibil: <https://www.unite.ai/ro/cele-mai-bune-instrumente-de-automatizare-a-fluxului-de-lucru/>
28. Disponibil: https://ro.wikipedia.org/wiki/Re%C8%9Bea_neural%C4%83
29. Disponibil: <https://alexhost.com/ro/uncategorized-ro/retele-neuronale/>
30. Disponibil: <https://www.todaysoftmag.ro/article/3724/iot-unul-din-pilonii-de-baza-ai-viitorului>
31. Disponibil: <https://www.todaysoftmag.ro/article/3337/infrastructura-proiectelor-iot>
32. Disponibil: <https://viso.ai/deep-learning/artificial-intelligence-types/>
33. Disponibil: <https://www.sap.com/romania/products/scm/asset-management-eam/what-is-cmms.html>
34. Disponibil: <https://www.laserfiche.com/resources/blog/what-is-robotic-process-automation-rpa/>
35. Disponibil: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/ro/faqs/5g-questions-and-answers>