

MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII AL REPUBLICII MOLDOVA

**Universitatea Tehnică a Moldovei
Facultatea Electronică și Telecomunicații
Departamentul Telecomunicații și Sisteme Electronice**

**Admis la susținere
Şefă departament:
Valentina Tîrșu dr., conf.univ.**

„_____” _____ 2024

**AUTOMATIZAREA MONITORIZĂRII
FUNCȚIONALITĂȚII REȚELELOR DE COMUNICAȚII
PRIN INTEGRAREA INTELIGENȚEI ARTIFICIALE**

Proiect de licență

Student:

Sclifos Victor, IMTC – 201

Coordonator:

Grițco Roman, asist. univ.

Consultant:

Grițco Maria, asist. univ.

Chișinău 2024

ADNOTARE

Autor: Sclifos Victor. grupa IMTC – 201

Tema: Automatizarea monitorizării funcționalității rețelelor de comunicații prin integrarea inteligenței artificiale

Structura lucrării: Lucrarea este compusă din copertă, pagină de titlu, caietul de sarcini, avizul, declarație, adnotarea, introducere, capitolul 1, capitolul 2, capitolul 3, concluzie, bibliografie, anexe.

Cuvinte cheie: Inteligență artificială (IA), Cisco DNA Center, IBM, SDN controller, învățare automată (ML)

Scopul lucrării: Analiza aportului inteligenței artificiale în cadrul automatizării monitorizării rețelelor

Obiectivele lucrării:

- Cercetarea monitorizării rețelelor de telecomunicații moderne
- Studierea modului de implementarea a inteligenței artificiale
- Aportul inteligenței artificiale pentru monitorizarea rețelelor
- Automatizarea rețelelor de telecomunicații
- Analiza eficienței economice a implementării inteligenței artificiale

Metodele aplicate la elaborarea lucrării: sistemul Cisco DNA Center

Rezultatele obținute: Drept urmare a analizei efectuate s-a constatat aportul semnificativ adus de către inteligență artificială pentru procesul de automatizare a monitorizării rețelelor. Abilitatea de determinare preventivă a eșecurilor sau erorilor ce pot apărea în rețea și care în consecință conduc către indisponibilitatea acesteia reprezentă un aspect solid pentru procesul de funcționare a întreprinderilor, precum și pentru prevenirea tuturor costurilor ce apar ulterior. Inteligența artificială s-a prezentat drept o unealtă esențială în procesul de dezvoltare a calității de funcționare a rețelelor și a nivelului sporit de securitate.

ANNOTATION

Author: Victor Sclifos. IMTC group – 201

Topic: Automating the monitoring of communication network functionality by integrating artificial intelligence

The structure of the work: The thesis is composed of the chapter, title page, table of contents, notice, declaration, annotation, introduction, chapter 1, chapter 2, chapter 3, conclusion, bibliography, annex.

Keywords: Artificial Intelligence (AI), Cisco DNA Center, IBM, SDN controller, Machine Learning (ML)

The purpose of the project: Analysis of the contribution of artificial intelligence in the automation of network monitoring

Objectives of the project:

- Monitoring research of modern telecommunication networks
- Studying how to implement artificial intelligence
- The contribution of artificial intelligence to network monitoring
- Automation of telecommunications networks
- Analysis of the economic efficiency of the implementation of artificial intelligence

The methods applied to the elaboration of the work: the Cisco DNA Center system

Results obtained: As a result of the analysis carried out, it was established the significant contribution brought by artificial intelligence to the process of automating network monitoring. The ability to proactively determine failures or errors that may occur in the network and which consequently lead to its unavailability represents a solid aspect for the operation process of enterprises, as well as for the prevention of all the costs that arise afterwards. Artificial intelligence has emerged as an essential tool in the process of developing the quality of network operation and the increased level of security.

CUPRINS

INTRODUCERE.....	10
1 CARACTERISTICA GENERALĂ A REȚELELOR MODERNE AUTOMATIZATE.....	11
1.1 Rețele de telecomunicații moderne.....	11
1.2 Monitorizarea rețelelor de telecomunicații moderne.....	13
1.3 Automatizarea rețelelor moderne de telecomunicații.....	16
1.3.1 Simple Network Management Protocol (SNMP).....	17
1.3.2 Quality of Service (QoS).....	20
1.3.3 Software-Defined Networking (SDN).....	25
1.3.4 Intent-Based Networking (IBN).....	31
1.4 Integrarea inteligenței artificiale în cadrul rețelelor.....	35
2 INTEGRAREA INTELIGENȚEI ARTIFICIALE ÎN CADRUL SISTEMULUI DE MONITORIZARE CISCO DNA CENTER.....	40
2.1 Aspectul general al integrării inteligenței artificiale în sistemele de monitorizare a rețelei.....	40
2.2 Modul de funcționare a Cisco DNA Center.....	41
2.3 Monitorizarea traficului de rețea prin integrarea	

Mod.	Coala	Nr. document	Semnat.	Data	UTM 0710.1 012 ME	Litera	Coala	Coli
Elaborat	Sclifos V.				Automatizarea monitorizării funcționalității rețelelor de comunicații prin integrarea		9	78
Coordonator	Grițco R.							
Consultant	Grițco M..							
Contr. norm.	Tîrșu V.							
Aprobat						UTM FET gr. IMTC - 201		

INTRODUCERE

Sprijinit de eforturile de nereglementare economică și de importanța crescândă a schimbului rapid de informații în societatea noastră, sectorul telecomunicațiilor a devenit una dintre industriile cu cea mai rapidă expansiune în ultimele două decenii. Condus de o situație de piață extrem de competitivă și de cererile crescânde ale clienților, acest domeniu a cunoscut un număr mare de inovații tehnice, care au condus la infrastructura de telecomunicații sofisticată și complexă așa cum se găsește astăzi.

Din punct de vedere operațional, câteva realizări tehnice au însotit această dezvoltare pentru a simplifica introducerea de noi servicii și pentru a permite interoperabilitatea între diferiți furnizori de rețele și echipamente. Metodele de modularizare și abstractizare, precum și tehniciile de distribuție au fost adoptate din domeniul informaticii, conducând la arhitecturi puternice și complexe de furnizare a rețelelor și a serviciilor. Rețelele de telecomunicații converg din ce în ce mai mult către sisteme de calcul mari distribuite, o dezvoltare care este subliniată de sugestiile recente pentru integrarea rețelelor de date și a rețelelor de telefonie.

Datorită complexității enorme și a relevanței economice a rețelelor moderne de telecomunicații, rolul abordărilor de evaluare a performanței bazate pe inteligență artificială pentru astfel de sisteme a devenit din ce în ce mai important pentru planificarea și optimizarea rețelei. Din motiv că proprietățile arhitecturale ale unor astfel de rețele influențează cerințele pentru un cadru de evaluare a performanței rețelei, algoritmii de inteligență artificială sunt proiectați pentru a lua decizii, folosind adesea date în timp real. Ele sunt spre deosebire de mașinile pasive care sunt capabile doar de răspunsuri mecanice sau predeterminate. Folosind senzori, date digitale sau intrări de la distanță, aceștia combină informații dintr-o varietate de surse diferite, analizează materialul instantaneu și acționează pe baza informațiilor derivate din acele date. Cu îmbunătățiri masive ale sistemelor de stocare, viteze de procesare și tehnici analitice, acestea sunt capabile de o sofisticare extraordinară în analiză și luare a deciziilor.

Inteligența artificială joacă un rol din ce în ce mai critic în atenuarea complexității pentru rețelele IT în creștere. Proliferarea dispozitivelor, a datelor și a oamenilor a făcut ca infrastructurile IT să fie mai complexe ca niciodată de gestionat. Având în vedere că majoritatea bugetelor IT sunt limitate sau în scădere, companiile au nevoie de o modalitate de a gestiona această complexitate, iar implementarea inteligenței artificiale pentru analiza complexă și detaliată a datelor în timp real și oferirea unui răspuns imediat reprezintă soluția perfectă pentru încadrarea în cadrul noii etape a evoluției tehnologice.

Mod	Coala	Nr. document.	Semnat	Data	UTM 0710.1 012 ME	Coala
						10

BIBLIOGRAFIE

1. *Why modern networks require AIOps.* TechTarget, ©2022 [citat 10.07.2023]. Disponibil: <https://www.techtarget.com/searchnetworking/opinion/Why-modern-networks-require-AIOps>
2. *Enterprise Benefits of Modern Networks.* Sagar Nangare, ©2021 [citat 10.07.2023]. Disponibil: <https://www.networkcomputing.com/networking/enterprise-benefits-modern-networks>
3. *Telecom Networks.* GeeksforGeeks, ©2023 [citat 10.07.2023]. Disponibil: <https://www.geeksforgeeks.org/telecom-networks/>
4. *What is network monitoring?.* IBM, ©2022 [citat 11.07.2023]. Disponibil: <https://www.ibm.com/topics/network-monitoring>
5. *Network Monitoring Overview.* DATADOG Knowledge Center, ©2022 [citat 11.07.2023]. Disponibil: <https://www.datadoghq.com/knowledge-center/network-monitoring/>
6. *What is network automation?.* VMWare, ©2022 [citat 11.07.2023]. Disponibil: <https://www.vmware.com/topics/glossary/content/network-automation.html#:~:text=Network%20automation%20is%20the%20process,in%20conjunction%20with%20network%20virtualization>.
7. *What is SNMP?.* ManageEngine, ©2023 [citat 14.07.2023]. Disponibil: [https://www.site24x7.com/network/what-is-snmp.html#:~:text=Simple%20Network%20Management%20Protocol%20\(SNMP,CCTV%20cameras%2C%20and%20wireless%20devices](https://www.site24x7.com/network/what-is-snmp.html#:~:text=Simple%20Network%20Management%20Protocol%20(SNMP,CCTV%20cameras%2C%20and%20wireless%20devices).
8. *Simple Network Management Protocol (SNMP).* TechTarget, ©2021 [citat 16.07.2023]. Disponibil: <https://www.techtarget.com/searchnetworking/definition/SNMP>
9. *SNMP — Simple Network Management Protocol.* ThousandEyes, ©2023 [citat 17.07.2023]. Disponibil: <https://www.thousandeyes.com/learning/techtorials/snmp-simple-network-management-protocol>
10. *What is QoS in Networking?.* Fortinet, ©2022 [citat 20.07.2023]. Disponibil: [https://www.fortinet.com/resources/cyberglossary/qos-quality-of-service#:~:text=Quality%20of%20service%20\(QoS\)%20is,applications%20with%20limited%20network%20capacity](https://www.fortinet.com/resources/cyberglossary/qos-quality-of-service#:~:text=Quality%20of%20service%20(QoS)%20is,applications%20with%20limited%20network%20capacity).
11. *What Is Quality of Service? The Basics of QoS.* Andrew Froehlich, President, West Gate Networks, ©2016 [citat 21.07.2023]. Disponibil: <https://www.networkcomputing.com/networking/what-quality-service-basics-qos>
12. *Random Early Detection RED.* Cisco Certified Expert, ©2022 [citat 23.07.2023]. Disponibil: <https://www.ccexpert.us/traffic-shaping-2/random-early-detection-red-1.html>

Mod	Coala	Nr. document.	Semnat	Data	UTM 0710.1 012 ME	Coala
						75

13. *Weighted Random Early Detection*. Cisco Certified Expert, ©2022 [citat 24.07.2023]. Disponibil: <https://www.ccexpert.us/routing-switching/weighted-random-early-detection.html>
14. *Class-Based Weighted Fair Queueing*. Cisco Systems, Inc., ©2023 [citat 26.07.2023]. Disponibil: https://www.cisco.com/en/US/docs/ios/12_0t/12_0t5/feature/guide/cbwfq.html
15. *Low-Latency Queuing (Congestion Management and Queuing)*. what-when-how, ©2022 [citat 27.07.2023]. Disponibil: <http://what-when-how.com/ccnp-ont-exam-certification-guide/low-latency-queuing-congestion-management-and-queuing/>
16. *What is SDN?*. Juniper Networks, ©2022 [citat 29.07.2023]. Disponibil: <https://www.juniper.net/us/en/research-topics/what-is-sdn.html>
17. *What is SDN and where is it going?* Josh Fruhlinger, ©2023 [citat 02.08.2023]. Disponibil: <https://www.networkworld.com/article/3209131/what-sdn-is-and-where-its-going.html>
18. *What Is Software-Defined Networking (SDN)? Definition, Architecture, and Applications*. Hossein Ashtari, ©2022 [citat 03.08.2023]. Disponibil: <https://www.spiceworks.com/tech/networking/articles/what-is-sdn/>
19. *What is intent-based networking (IBN)?*. VMWare, ©2023 [citat 05.08.2023]. Disponibil: <https://www.vmware.com/topics/glossary/content/intent-based-networking.html>
20. *What Is Intent-Based Networking?*. Juniper Networks, ©2023 [citat 06.08.2023]. Disponibil: <https://www.juniper.net/us/en/research-topics/what-is-intent-based-networking.html>
21. *Intent Based Networking (IBN)*. GeeksforGeeks, ©2020 [citat 06.08.2023]. Disponibil: <https://www.geeksforgeeks.org/intent-based-networking-ibn/>
22. *Intent-Based Networking (IBN): Bridging the gap on network complexity*. Matt Conran, ©2019 [citat 06.08.2023]. Disponibil: <https://www.networkworld.com/article/3428356/intent-based-networking-ibn-bridging-the-gap-on-network-complexity.html>
23. *The Role of AI in Modern Telecom Network Management*. Anna Singh, ©2023 [citat 07.08.2023]. Disponibil: <https://fagenwasanni.com/news/the-role-of-ai-in-modern-telecom-network-management/35755/>
24. *AI in Networking*. Augtera AI Tech, ©2023 [citat 07.08.2023]. Disponibil: <https://augtera.com/ai-in-networking/>
25. *AI Networking*. Arista, ©2023 [citat 07.08.2023]. Disponibil: <https://www.arista.com/assets/data/pdf/Whitepapers/AI-Network-WP.pdf>
26. *AI's role in network management*. Neil Patel, Director European Marketing and Business Development, ©2023 [citat 07.08.2023]. Disponibil: <https://eu.dlink.com/xk/sq/resource-centre/blog/ai-s-role-in-network-management>

Mod	Coala	Nr. document.	Semnat	Data	UTM 0710.1 012 ME	Coala
						76

27. *The Role of AI and ML in Enterprise Networking*. AMINU ABDULLAHI, ©2022 [citat 07.08.2023]. Disponibil: <https://www.enterprisenetworkingplanet.com/management/the-role-of-ai-and-ml-in-enterprise-networking/>
28. *Improving Networks with Artificial Intelligence*. John Apostolopoulos, ©2019 [citat 10.08.2023]. Disponibil: <https://blogs.cisco.com/networking/improving-networks-with-ai>
29. *Cisco AI Network Analytics: Making Networks Smarter and Simpler to Manage*. Anand Oswal, ©2019 [citat 10.08.2023]. Disponibil <https://blogs.cisco.com/analytics-automation/cisco-ai-network-analytics-making-networks-smarter-simpler-and-more-secure?oid=psten017292>
30. *Building AI-driven closed-loop automation systems*. Sharath Prasad, Dushyant Behl, Juel Raju, Trey Lewis, ©2022 [citat 10.08.2023]. Disponibil: <https://developer.ibm.com/articles/an-introduction-to-closed-loop-automation/>
31. *Chapter: Cisco DNA Center Rogue Management and aWIPS Application*. Cisco Systems, Inc., ©2020 [citat 10.08.2023]. Disponibil: https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/cloud-systems-management/network-automation-and-management/dna-center-rogue-management-application/2-1-2/quick-start-guide/b_rogue_management_qsg_2_1_2/b_rogue_management_qsg_1_4_chapter_00.html
32. *How Cisco's newest security tool can detect malware in encrypted traffic*. Brandon Butler, ©2018 [citat 12.08.2023]. Disponibil: <https://www.networkworld.com/article/3246195/how-cisco-s-newest-security-tool-can-detect-malware-in-encrypted-traffic.html>
33. *Detecting Malicious Traffic with Machine Learning*. Paul Rigor and Harkeerat Bedi, ©2019 [citat 12.08.2023]. Disponibil: <https://edgecast.medium.com/detecting-malicious-traffic-with-machine-learning-1a4ebc80672e>
34. *Cisco DNA Center, Release 2.x*. Cisco Systems, Inc., ©2023 [citat 13.08.2023]. Disponibil: <https://www.cisco.com/c/en/us/support/cloud-systems-management/dna-center/products-release-notes-list.html>
35. *AI and Predictive Maintenance: Using Machine Learning for Predicting and Preventing Equipment Failures*. Marcin Frąckiewicz, ©2023 [citat 15.08.2023]. Disponibil: <https://ts2.space/en/ai-and-predictive-maintenance-using-machine-learning-for-predicting-and-preventing-equipment-failures-59/#:~:text=The%20primary%20benefit%20of%20using,well%20as%20reducing%20unplanned%20downtime.>
36. *IDC White Paper shows ROI of 462% for Cisco SD-Access and Assurance*. Prashanth Shenoy, ©2020 [citat 15.08.2023]. Disponibil: <https://blogs.cisco.com/networking/idc-white-paper-shows-roi-of-462-percent-for-cisco-sd-access-and-assurance>

Mod	Coala	Nr. document.	Semnat	Data	UTM 0710.1 012 ME	Coala
						77

37. Zabbix screenshots. Zabbix, ©2023 [citat 07.08.2023]. Disponibil: https://assets.zabbix.com/img/5.2/zabbix_dashboard_v52_dark.jpg
38. | SNMP | Day 40 | CCNA 200-301 Complete Course. Jeremy's IT Lab, ©2023 [citat 10.08.2023]. Disponibil: <https://www.udemy.com/course/complete-cisco-ccna-200-301-course/>
39. | QoS (Part 1-4) | Day 46 | CCNA 200-301 Complete Course. Jeremy's IT Lab, ©2023 [citat 10.08.2023]. Disponibil: <https://www.udemy.com/course/complete-cisco-ccna-200-301-course/>
40. | Intro to Network Automation | Day 59 | CCNA 200-301 Complete Course. Jeremy's IT Lab, ©2023 [citat 10.08.2023]. Disponibil: <https://www.udemy.com/course/complete-cisco-ccna-200-301-course/>
41. Cisco leads intent-based networking over the competition. Kshitij Mahant Cisco Systems, Inc., ©2020 [citat 10.08.2023]. Disponibil: <https://blogs.cisco.com/networking/cisco-leads-intent-based-networking-over-the-competition>
42. Cisco DNA Center 2.1.1. Cisco Systems, Inc., ©2020 [citat 12.08.2023]. Disponibil: <https://www.cisco.com/c/dam/en/us/td/docs/cloud-systems-management/network-automation-and-management/dna-center/deploy-guide/cisco-dna-center-sd-access-wl-dg.pdf>
43. Cisco DNA Center Second-Generation Appliance Installation Guide, Release 2.2.2. Cisco Systems, Inc., ©2020 [citat 12.08.2023]. Disponibil: https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/cloud-systems-management/network-automation-and-management/dna-center/2-2-2/install_guide/2ndgen/b_cisco_dna_center_install_guide_2_2_2_2ndGen/m_review_appliance_features_2_2_2_2ndgen.html
44. Sindromul privitului la calculator și suprasolicitarea digitală a ochilor Medicover, ©2019 [citat 13.09.2023]. Disponibil: <https://www.medicover.ro/despre-sanatate/sindromul-privitului-la-calculator-si-suprasolicitarea-digitala-a-ochilor,836,n,288>
45. 10 Essential Requirements To Ensure Server Room Security. Admin, ©2021 [citat 15.09.2023]. Disponibil: <https://www.youngupstarts.com/2021/08/29/10-essential-requirements-to-ensure-server-room-security/>
46. Cisco DevNet Sandbox Cisco DevNet, ©2024 [citat 10.08.2023]. Disponibil: <https://developer.cisco.com/sandbox.html?ReturnUrl=https://devnetsandbox.cisco.com>
47. GANGAN, Silvia. *Analiza eficiențelor economice și științifice în tezele de licență și de master: Studii de caz*. Chișinău: Editura "Tehnica-UTM", 2019. 56p.
48. GANGAN, Silvia. *Justificarea economică a lucrării de diplomă: Exemple numerice Partea 1*. Chișinău 2005. 68p.
49. GANGAN, Silvia. *Justificarea economică a lucrării de diplomă: Exemple numerice de studii manageriale Partea 2*. Chișinău 2006. 44p.
50. GANGAN, Silvia. *Analiza economică a tezei de licență: Exemple numerice de studii manageriale*

Mod	Coala	Nr. document.	Semnat	Data	Coala
					78