

MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII AL REPUBLICII MOLDOVA
Universitatea Tehnică a Moldovei
Facultatea Calculatoare, Informatică și Microelectronică
Departamentul Ingineria Software și Automatică

Admis la susținere
Șef departament:
FIODOROV Ion dr., conf.univ.

„_____” _____ 2026

**EVALUAREA ȘI ANALIZA CRITICĂ A ARHITECTURILOR
MODERNE DE OBSERVABILITATE PENTRU APLICAȚII CLOUD-
NATIVE ÎN KUBERNETES**

Proiect de master

Student: _____ **Braga Eugeniu, TI-241M**
Coordonator: _____ **Leahu Alexei, prof.univ.,dr.,**
Consultant: _____ **Cojocarui Svetlana, asist.univ.**

Chișinău, 2026

REZUMAT

Lucrarea de față analizează conceptul de observabilitate în arhitecturi cloud-native moderne, cu accent pe mediile distribuite orchestrate prin platforma Kubernetes. Odată cu creșterea complexității sistemelor software bazate pe microservicii și containere, monitorizarea tradițională devine insuficientă pentru diagnosticarea rapidă a problemelor operaționale. În acest context, observabilitatea reprezintă o abordare avansată care permite înțelegerea stării interne a unui sistem prin analiza metricilor, logurilor și trasărilor distribuite.

Scopul cercetării este proiectarea și evaluarea unei arhitecturi moderne de observabilitate bazate pe tehnologii cloud-native și pe standardul OpenTelemetry. Pentru realizarea acestui obiectiv a fost implementată o infrastructură experimentală în Kubernetes, în cadrul căreia au fost integrate instrumente precum Prometheus pentru colectarea metricilor, Grafana pentru vizualizarea datelor și OpenTelemetry pentru colectarea unificată a informațiilor operaționale.

Metodologia cercetării include analiza teoretică a conceptelor de observabilitate, implementarea practică a arhitecturii propuse și evaluarea performanței acesteia printr-un experiment controlat. Datele obținute au fost analizate utilizând metode statistice, inclusiv un model de regresie liniară multiplă, pentru a identifica relațiile dintre parametrii operaționali și performanța sistemului.

Rezultatele cercetării indică faptul că utilizarea unei arhitecturi moderne de observabilitate contribuie semnificativ la îmbunătățirea procesului de diagnosticare a incidentelor și la reducerea timpului de reacție în mediile Kubernetes. În același timp, implementarea acesteia nu generează un impact negativ semnificativ asupra performanței generale a sistemului.

Lucrarea evidențiază importanța integrării observabilității în infrastructurile cloud-native și propune direcții de dezvoltare viitoare orientate spre automatizarea proceselor de monitorizare și analiza predictivă a comportamentului sistemelor distribuite.

ABSTRACT

This thesis investigates the concept of observability in modern cloud-native architectures, with a particular focus on distributed environments orchestrated by the Kubernetes platform. As software systems increasingly adopt microservice-based architectures and containerized workloads, traditional monitoring approaches become insufficient for rapid and accurate problem diagnosis. In this context, observability represents an advanced approach that enables a deeper understanding of a system's internal state through the analysis of metrics, logs, and distributed traces.

The main objective of this research is to design and evaluate a modern observability architecture based on cloud-native technologies and the OpenTelemetry standard. To achieve this objective, an experimental infrastructure was implemented in a Kubernetes environment, integrating tools such as Prometheus for metrics collection, Grafana for data visualization, and OpenTelemetry for unified telemetry data collection.

The research methodology includes theoretical analysis of observability concepts, practical implementation of the proposed architecture, and experimental evaluation of system performance. The collected data were analyzed using statistical methods, including a multiple linear regression model, in order to identify relationships between operational parameters and system performance.

The results of the study demonstrate that the implementation of a modern observability architecture significantly improves the ability to diagnose incidents and reduces the response time in Kubernetes environments. At the same time, the solution does not introduce a significant negative impact on overall system performance.

The thesis highlights the importance of integrating observability into cloud-native infrastructures and outlines potential future research directions focused on monitoring automation and predictive analysis of distributed system behavior.

CUPRINS

LISTA DE ABREVIERI ȘI DEFINIȚII.....	6
INTRODUCERE	7
1 CADRU TEORETIC ȘI JUSTIFICAREA CERCETĂRII ASUPRA OBSERVABILITĂȚII ÎN KUBERNETES	8
1.1 Contextul cercetării	8
1.2 Problematika observabilității	9
1.3 Importanța cercetării.....	10
1.4 Scopul cercetării	12
2 CADRUL TEORETIC	13
2.1 Definiția observabilității	13
2.2 Observabilitate vs. monitorizare.....	14
2.3 Pilonii observabilității.....	15
2.4 Observabilitatea în Kubernetes	16
2.5 Modele arhitecturale de observabilitate.....	17
2.6 Analiză critică preliminară	19
3 SOLUȚII ȘI INSTRUMENTE DE OBSERVABILITATE ÎN KUBERNETES.....	21
3.1 Monitorizarea metricilor	21
3.2 Observabilitatea logurilor.....	22
3.3 Trasarea distribuțiilor (Distributed Tracing)	23
3.4 Soluții complete de observabilitate	24
4 ANALIZA EXPERIMENTALA ȘI MODELAREA STATISTICĂ A ARHITECTURII DE OBSERVABILITATE ÎN KUBERNETES	27
4.1 Descrierea mediului experimental	27
4.2 Metodologia de cercetare	28
4.3 Modelul de regresie și interpretarea rezultatelor	29
4.4 Analiza vizuală a relațiilor observate	31
4.5 Analiza comparativă a soluțiilor de observabilitate.....	32
4.6 Concluzii intermediare.....	34
5 IMPLEMENTAREA PRACTICĂ A ARHITECTURII DE OBSERVABILITATE	35
5.1 Considerații generale privind implementarea.....	35
5.2 Configurarea mediului Kubernetes.....	36
5.3 Instalarea și configurarea Prometheus	37
5.4 Implementarea Grafana pentru vizualizare	38
5.5 Configurarea sistemului de log management cu Grafana Loki	38
5.6 Integrarea Jaeger și OpenTelemetry pentru trasare distribuită.....	39
5.7 Validarea funcționalității arhitecturii implementate	40

6 EXPERIMENTE, TESTARE ȘI ANALIZA REZULTATELOR	41
6.1 Metodologia de testare	41
6.2 Scenarii de testare.....	42
6.2.1 Scenarii pentru testarea metricilor.....	43
6.2.2 Scenarii pentru testarea logurilor	43
6.2.3 Scenarii pentru testarea trasării distribuite	44
6.3 Evaluarea performanței sistemului de metrici	45
6.4 Evaluarea sistemului de log management.....	46
6.5 Evaluarea sistemului de trasare distribuită	47
6.6 Analiza corelată a metricilor, logurilor și trasărilor	48
6.7 Limitări identificate în cadrul testării	48
6.8 Concluzii privind experimentele	49
7 REZULTATE, CONTRIBUȚII ȘI DIRECȚII VIITOARE.....	51
7.1 Rezultate și observații principale	51
7.2 Contribuții personale.....	52
7.3 Recomandări practice.....	53
7.4 Direcții de dezvoltare viitoare	54
CONCLUZII.....	56
BIBLIOGRAFIE	57
Anexa A Configurația mediului Kubernetes	58
Anexa B Configurația Prometheus.....	59
Anexa C Configurația Grafana	63
Anexa D Configurația Loki & Promtail.....	73
Anexa E Configurația Jaeger + OpenTelemetry.....	77

LISTA DE ABREVIERI ȘI DEFINIȚII

API – Application Programming Interface.

CNCF – Cloud Native Computing Foundation.

HPA – Horizontal Pod Autoscaler.

Kubernetes – Platformă de orchestrare a containerelor.

MTTR – Mean Time To Recovery.

SLA – Service Level Agreement.

SLO – Service Level Objective.

SLI – Service Level Indicator.

SRE – Site Reliability Engineering.

Open Telemetry (OTel) – Standard CNCF pentru colectarea unificată de metrice, loguri și trasări.

Prometheus – Sistem de colectare și interogare a metricilor.

Grafana – Platformă de vizualizare și analiză.

Jaeger – Sistem open-source de trasare distribuită.

Pod – Unitate de execuție în Kubernetes.

Service Mesh – Strat de infrastructură care gestionează comunicațiile dintre microservicii.

HPA - Horizontal Pod Autoscaler

YAML - Yet Another Markup Language

INTRODUCERE

În ultimul deceniu, Kubernetes s-a impus ca platformă standard pentru orchestrarea containerelor și adoptarea arhitecturilor cloud-native. Popularitatea sa este justificată de capacitatea de a oferi scalabilitate, flexibilitate și reziliență pentru aplicații distribuite. Totuși, odată cu aceste avantaje apare și o creștere semnificativă a complexității operaționale. Sistemele distribuite bazate pe microservicii generează volume mari de date, interacțiuni multiple între servicii și dependențe complexe, ceea ce face ca monitorizarea tradițională să nu mai fie suficientă.

În acest context, conceptul de **observabilitate** a devenit esențial. Observabilitatea nu se rezumă doar la colectarea de metrice, loguri și trasări, ci implică corelarea și analiza acestora pentru a înțelege comportamentul intern al unui sistem distribuit.[2][4] Lipsa unei arhitecturi robuste de observabilitate în Kubernetes conduce la dificultăți majore în detectarea și diagnosticarea incidentelor, creșterea timpilor de nefuncționare și, implicit, la pierderi economice și reputaționale.

Studiul de față își propune să analizeze și să evalueze arhitecturile moderne de observabilitate utilizate în Kubernetes, urmărind să ofere o perspectivă integrată și aplicativă asupra modului în care aceste tehnologii pot îmbunătăți performanța și fiabilitatea aplicațiilor cloud-native. Lucrarea se bazează pe studii teoretice și pe un **studiu de caz propriu**, realizat într-un mediu de test Kubernetes configurat manual, pentru a evidenția avantajele și limitările diverselor soluții open-source.

BIBLIOGRAFIE

1. Kalman, R. E. (1960). *A New Approach to Linear Filtering and Prediction Problems*. Transactions of the ASME – Journal of Basic Engineering, 82(1), 35–45.
2. Sridharan, C. (2018). *Monitoring and Observability*. O'Reilly Media.
3. Beyer, B., Jones, C., Petoff, J., & Murphy, N. R. (2016). *Site Reliability Engineering: How Google Runs Production Systems*. O'Reilly Media.
4. Kim, H., Lee, J., & Park, S. (2022). *Towards Holistic Observability in Cloud-Native Systems*. Proceedings of the IEEE International Conference on Cloud Computing (CLOUD), IEEE.
5. Cloud Native Computing Foundation (CNCF). (2023). *CNCF Observability Landscape and Survey Report*.
6. Google. (2022). *Open Telemetry: A Unified Standard for Observability*. Google Cloud Whitepaper.
7. Netflix Tech Blog. (2021). *The Evolution of Distributed Tracing at Netflix*.
8. Burns, B., Beda, J., & Hightower, K. (2016). *Kubernetes: Up and Running*. O'Reilly Media.
9. Hightower, K., Burns, B., & Beda, J. (2017). *Kubernetes: The Hard Way*. O'Reilly Media.
10. Newman, S. (2021). *Building Microservices* (2nd ed.). O'Reilly Media.
11. Turnbull, J. (2018). *The Prometheus Monitoring System*. O'Reilly Media.
12. Grafana Labs. (2023). *Grafana Loki Documentation*.
13. Elastic. (2023). *Elastic Stack Overview and Architecture*.
14. Sigelman, B. et al. (2010). *Dapper, a Large-Scale Distributed Systems Tracing Infrastructure*. Google Research.
15. OpenTelemetry Authors. (2023). *OpenTelemetry Specification v1.0*.
16. Thanos Authors. (2022). *Thanos: Highly Available Prometheus Setup*.
17. Cortex Authors. (2022). *Cortex: Horizontally Scalable Prometheus*.
18. Red Hat. (2022). *Observability in Kubernetes and OpenShift*.
19. Microsoft Azure. (2023). *Kubernetes Observability Best Practices*.
20. Amazon Web Services. (2023). *Monitoring and Observability on Amazon EKS*.
21. Gartner. (2022). *Magic Quadrant for Application Performance Monitoring*.
22. IDC. (2022). *Observability in Cloud-Native Environments*.
23. Zhang, Y., Chen, M. (2021). *Log Analysis and Anomaly Detection in Cloud Systems*. IEEE Access.
24. Heorhiadi, V. et al. (2019). *Observability-Driven Development*. IEEE Software.
25. Google SRE Team. (2020). *The Site Reliability Workbook*. O'Reilly Media.
26. Datadog. (2023). *Kubernetes Observability Guide*.
27. Splunk. (2023). *Observability and Log Analytics at Scale*.
28. CNCF. (2022). *Cloud Native Observability Whitepaper*.
29. L. Peca, S. Cojocaru, M. Dumitraşcu, and D. Ţurcanu, "EVALUATION OF CYBERSECURITY TRAINING PERCEPTIONS, ADOPTED PRACTICES AND STRATEGIC DIRECTIONS FOR CAPACITY BUILDING", *J. Eng. Sci.*, vol. 32, no. 3, pp. 75–90, Nov. 2025.
30. O. Mangos, V. Rachier, S. Cojocaru, G. Bunescu and C. Rusu, "Web Platform for Wind Potential Assessment in the Republic of Moldova," *2025 International Conference on Electromechanical and Energy Systems (SIELMEN)*, Iasi, Romania, 2025, pp. 308-313, doi: 10.1109/SIELMEN67352.2025.11260662.
31. COJOCARU, Svetlana, PECA, Ludmila. Challenges and solutions on the use of Artificial Intelligence in Internet of Things network security. In: *Electronics, Communications and Computing: IC ECCO 2024*, Ed. 13, 17-18 octombrie 2024, Chişinău. Chişinău: „Tehnica-UTM”, 2024, Editia 13, pp. 120-121. ISBN (pdf) 978-9975-64-480-8 (PDF).
32. BOLUN, Ion, COJOCARU, Svetlana. A Differentiated Beneficiary Cybersecurity Approach. In: *Electronics, Communications and Computing*, Ed. 12, 20-21 octombrie 2022, Chişinău. Chişinău: „Tehnica-UTM”, 2023, Editia 12, pp. 115-118. ISBN (pdf) 978-9975-45-898-6 (PDF).

33. DUCA, Ludmila, COJUHARI, Irina, CIORBĂ, Dumitru, COJOCARU, Svetlana. Limbaje formale și automate finite: Ghid pentru lecțiile practice. Universitatea Tehnică a Moldovei, Facultatea Calculatoare, Informatică și Microelectronică, Departamentul Ingineria Software și Automatică. Chișinău: Tehnic a-UTM, 2024. 128 p. ISBN 978-9975-64-381-8.
34. PECA, Ludmila, TSURCANU, Dinu. Reducing cyber risk through a human-centred approach. In: *Journal of Engineering Science*, 2025, vol. 32, nr. 1, pp. 18-31. ISSN 2587-3474. DOI: [https://doi.org/10.52326/jes.utm.2025.32\(1\).02](https://doi.org/10.52326/jes.utm.2025.32(1).02)
35. Țurcanu, D., Peca, L., Prisacaru, A., & Țurcanu, T. (2025). CYBER SECURITY PROFESSIONAL DEVELOPMENT WITHIN CYBERCOR. *JOURNAL OF ENGINEERING SCIENCE*, 32(2), 87–98. [https://doi.org/10.52326/jes.utm.2025.32\(2\).08](https://doi.org/10.52326/jes.utm.2025.32(2).08)
36. PECA, Ludmila, ȚURCANU, Dinu. Network security: Practical examples solved to be introduced in network security. [Practical Guide]. Fac. of Computers, Informatics and Microelectronics, Dep. Software Engineering and Automatics: Tehnica UTM, 2023, 243 p. ISBN 978-9975-45-941-9.
37. M. Chiper, D. Stanescu, T. Becheru and L. Peca, "Adversarial Attacks for Scripts," *2025 24th RoEduNet Conference: Networking in Education and Research (RoEduNet)*, Chisinau, Moldova, Republic of, 2025, pp. 1-7, doi: 10.1109/RoEduNet68395.2025.11208410.
38. Leahu, A., Andrievschi-Bagrin, V., Ciorbă, D., Fiodorov, I. (2025). On Dynamic Probabilistic Models in Network Reliability. In: Hoskova-Mayerova, S., Flaut, C., Flaut, D., Rackova, P. (eds) *Changes and Innovations in Social Systems. Studies in Systems, Decision and Control*, vol 505. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-43506-5_5
39. S. -F. Ion, C. Carabas, N. Țăpuș and D. Ciorbă, "Enhancing Blockchain Performance via Unikraft: A Case Study of Implementation and Scalability Analysis on MultiversX," *2024 23rd RoEduNet Conference: Networking in Education and Research (RoEduNet)*, Bucharest, Romania, 2024, pp. 1-8, doi: 10.1109/RoEduNet64292.2024.10722595.
40. L. Alexei, R. Maria, D. Ciorbă and F. Ion, "Geometric distributions MinMax and MaxMin modified as lifetime distributions and statistical estimators for them," *2025 IEEE International Black Sea Conference on Communications and Networking (BlackSeaCom)*, Chisinau, Moldova, Republic of, 2025, pp. 1-5, doi: 10.1109/BlackSeaCom65655.2025.11193904.
41. PLĂMĂDEALĂ, Maxim, BALAMATIUC, Eduard, NEGAI, Marin, FIȘTIC, Cristofor, CIORBĂ, Dumitru. Enhancing machine learning model performance through data augmentation techniques across varied dataset sizes. In: *Conferința tehnico-științifică a studenților, masteranzilor și doctoranzilor*, 27-29 martie 2024, Chișinău. Chișinău, Republica Moldova: „Tehnica-UTM”, 2024, Vol.2, pp. 855-860. ISBN 978 9975-64-460-0. ISBN (pdf) 978-9975-64-458-7 (Vol.2).
42. DUCA, Ludmila, ZAPOROJAN, Sergiu, ISTRATI, Daniela, MUNTEAN, Nicolae. Effectiveness of Artificial Intelligence Integration in ERP Systems for Fitness Centers. In: *Electronics, Communications and Computing: IC ECCO 2024*, Ed. 13, 17-18 octombrie 2024, Chișinău. Chișinău: „Tehnica-UTM”, 2024, Editia 13, pp. 188-189. ISBN (pdf) 978-9975-64-480-8 (PDF).
43. ALEXEI, Arina. SYSTEMIC SECURITY FRAMEWORK FOR HEI'S. In: *Scientific and Practical Cyber Security Journal (SPCSJ)*, Vol 8(2), 2024, pp. 59–67. ISSN 2587-4667.
44. Arina, Alexei, Ion Bolun, and Anatolie Alexei. "Cybersecurity challenges in healthcare: mitigating risks in a rapidly evolving digital landscape." *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics* 14.6 (2025): 4867-4875.
45. BOLUN, I, ALEXEI, A. Aspecte de securizare a rețelelor și sistemelor informatice biomedicale. In: *ECONOMICA*, vol.4, numărul 160, 2024, pag.60-75. DOI: 10.53486/econ.2024.130.060.
46. Alexei, A., Moraru, V., & Alexei, A. (2025). SECURING MOLDOVAN SMALL AND MEDIUM-SIZED BUSINESSES: STRATEGIES BASED ON IT INFRASTRUCTURE DOMAINS. In: *JOURNAL OF ENGINEERING SCIENCE*, 32(2), 75–86. [https://doi.org/10.52326/jes.utm.2025.32\(2\).07](https://doi.org/10.52326/jes.utm.2025.32(2).07).

47. ALEXEI, A., PLATON, N., BOLUN, I., ALEXEI, An. Smart and digital healthcare. Advanced technologies and security issues. In: CEEeGov: Central and Eastern European eDem and eGov Days, Budapest, Hungary, September 2024. ACM, New York, NY, USA, 7 Pages. DOI: <https://doi.org/10.1145/3670243.3673857>.
48. Alexei, A., Alexei, A. (2025). Towards More Protected Medical Data: Assessing the Security of Web and Email Infrastructures in SMEs in the Republic of Moldova. In: Sontea, V., Tiginyanu, I., Railean, S. (eds) 7th International Conference on Nanotechnologies and Biomedical Engineering. ICNBME 2025. IFMBE Proceedings, vol 135. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-032-06497-4_31.
49. POȘTARU, ANDREI. Experimental Method and Software Instruments for Sliding Tribosystem Dynamic Behavior Research. In: Surface Engineering and Applied Electrochemistry. 2024, vol. 60, Issue 5, pp 706-716, ISSN: 1068-3755 DOI: <https://doi.org/10.3103/S1068375524700297>
50. POȘTARU, GHEORGHE; STOICEV, PETRU; POȘTARU, ANDREI; BODNARIUC, ION; BUGA, ALEXANDRU; PLATON, ANDREI. Determination of the tribotechnical characteristics of the materials used for precessional transmissions design. In: Acta Technica Napocensis - Series: Applied Mathematics, Mechanics, and Engineering, 2024, vol. 67, supl. nr. 2, pp. 577-584. ISSN 1221-5872.
51. BOSTAN, ION; STOICEV, PETRU; POȘTARU, GHEORGHE; BUGA, ALEXANDRU; BODNARIUC, ION; POȘTARU, ANDREI; PLATON, ANDREI. Particularities of tribological behavior of the contact elements of the precessional gear, made of metallic and plastic materials. In: International Journal of Modern Manufacturing Technologies, 2023, vol. 15, pp. 16-27. ISSN 2067-3604. DOI: <https://doi.org/10.54684/ijmmt.2023.15.3.16> https://ibn.idsi.md/ro/vizualizare_articol/194562
52. POȘTARU, ANDREI. Экспериментальный метод и программные средства для исследования динамического поведения трибосистем скольжения. In: Электронная обработка материалов, 2024, vol. 60, nr. 2, pp. 74-86. ISSN 0013-5739. DOI: <https://doi.org/10.52577/eom.2024.60.2.74> https://ibn.idsi.md/ro/vizualizare_articol/206975
53. ISTRATI, Daniela. *Metode de optimizare și interfețe în organizarea sistemelor de producție*. 2023. PhD Thesis. Universitatea Tehnică a Moldovei. <https://repository.utm.md/handle/5014/25886>.
54. ISTRATI, Daniela, CALMÎCOV, Igor, MORARU, Vasile, ZAPOROJAN, Sergiu. Development of an Employee Scheduling Application Under Consecutive Days-off Constraints. In: *Electronics, Communications and Computing: IC ECCO 2024*, Ed. 13, 17-18 octombrie 2024, Chișinău. Chișinău: „Tehnica-UTM”, 2024, Editia 13, pp. 178-179. ISBN (pdf) 978-9975-64-480-8 (PDF).
55. DUCA, Ludmila, ZAPOROJAN, Sergiu, ISTRATI, Daniela. ERP system implementation in companies. In: *Electronics, Communications and Computing: IC ECCO 2024*, Ed. 13, 17-18 octombrie 2024, Chișinău. Chișinău: „Tehnica-UTM”, 2024, Editia 13, pp. 169-170. ISBN (pdf) 978-9975-64-480-8 (PDF).
56. ISTRATI, Daniela. A Brief Overview of Intelligent Interfaces in Production Systems. In: *Electronics, Communications and Computing*, Ed. 12, 20-21 octombrie 2022, Chișinău. Chișinău: „Tehnica-UTM”, 2023, Editia 12, pp. 158-161. ISBN (pdf) 978-9975-45-898-6 (PDF).
57. ISTRATI, Daniela, CALMÎCOV, Igor, MORARU, Vasile, ZAPOROJAN, Sergiu. Interfaces dans l'organisation des systemes de production. In: *Intellectus*, 2023, nr. 2, pp. 145-154. ISSN 1810-7079. DOI: <https://doi.org/10.56329/1810-7087.23.2.16>
58. ISTRATI, Daniela. Influența factorilor fundamentali în sistemele de producție. In: *Conferința tehnico-științifică a studenților, masteranzilor și doctoranzilor*, 29-31 martie 2022, Chișinău. Chișinău, Republica Moldova: „Tehnica-UTM”, 2022, Vol.1, pp. 442-445. ISBN 978-9975-45-828-3.. ISBN (pdf) 978-9975-45-829-0 (Vol. I) (PDF).
59. BRANIȘTE, Rodica, ISTRATI, Daniela, GOGOI, Elena. La qualite de l'eau : methodes et modeles numerique de recherche. In: *Conferința tehnico-*

- științifică a studenților, masteranzilor și doctoranzilor*, 29-31 martie 2022, Chișinău. Chișinău, Republica Moldova: „Tehnica-UTM”, 2022, Vol.1, pp. 432-436. ISBN 978-9975-45-828-3.. ISBN (pdf) 978-9975-45-829-0 (Vol. I) (PDF)..
60. ISTRATI, Daniela. Temperature capture and image processing system: a case study In: *Journal of Engineering Science*, 2022, vol. 29, nr. 2, pp. 108-115. ISSN 2587-3474.
DOI: [https://doi.org/10.52326/jes.utm.2022.29\(2\).10](https://doi.org/10.52326/jes.utm.2022.29(2).10)