

MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII AL REPUBLICII  
MOLDOVA

Universitatea Tehnică a Moldovei  
Facultatea Radioelectronică și Telecomunicații  
Departamentul Telecomunicații și Sisteme Electronice

Admis la susținere  
Șefă departament:  
Valentina TÎRȘU, conf. univ., dr

„\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2024

EXPLORAREA PROGRESULUI TEHNOLOGIC: TRANZIȚIA  
DE LA REȚELELE MOBILE DE GENERAȚIE A PATRA (4G)  
LA CELE DE GENERAȚIE A CINCEA (5G)

Teză de master

Student: Iacovlev Anton, grupa MMRT-221M

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

Chișinău, 2024

# ADNOTAREA

**Cuvinte-cheie:** generații rețelelor mobile 1G, 2G,3G,4G,5G, progres tehnologic, evoluția rețelelor mobile, arhitectura rețelei, analiza impactului serviciilor 5G, volumul trafic mobil anual.

**Structura tezei:** introducere, 3 capitole, încheiere, 7 tabele, 43 figuri, 1 anexa, 124 pagini, 26 referințe bibliografice.

**Actualizarea temei:** Teza dată analizează evoluția tehnologică a rețelelor mobile și impactul tranziției de la 4G la 5G asupra industriei telecomunicațiilor. În cadrul acestei lucrări, sunt examinate caracteristicile tehnice distincte ale fiecărei generații, arhitecturile rețelelor și comparațiile esențiale între 4G și 5G.

**Scopul cercetării** prezentei teze constă în explorarea progresului tehnologic și tranziției de la rețelele mobile de generație a patra (4g) la cele de generație a cincea (5g).

## **Obiectivele cercetării:**

- Analiza conceptelor teoretice privind evoluția rețelelor mobile.
- Analiza și comparația arhitecturii și caracteristicilor rețelei 4G și 5G.
- Analiza statistică pieței abonamentelor 5G, pieței dispozitivelor și serviciilor mobile de la furnizorii, analiza impactului 5G asupra statutului serviciilor mobile în întreaga lume.

**Obiectul de studiu** îl reprezintă fluxurile informaționale ale entității Ericsson (Ericsson Mobility Report | June 2023), 3GPP, documentație de la furnizori precum Ericsson, Nokia, Huawei, articole și recenzii pe această temă

**Metodologia aplicată:** În teză sunt utilizate următoarele metode de cercetare: analiza, sinteza, observația, comparația, clasificarea, fundamentarea documentară, evaluarea și cercetarea bibliografică.

Adâncindu-se în detaliile implementării 5G și investigând etapa actuală a acestei tranziții, cercetarea propusă oferă o perspectivă comprehensivă asupra impactului tehnologic și a proiecțiilor viitoare. Structura riguroasă și conținutul informativ fac din această lucrare un ghid esențial pentru cei interesați de progresul tehnologic în domeniul comunicațiilor mobile.

# ANOTATION

**Keywords:** mobile network generations 1G, 2G, 3G, 4G, 5G, technological progress, evolution of mobile networks, network architecture, analysis of the impact of 5G services, annual mobile traffic volume.

**Research Structure:** introduction, 3 chapters, conclusion, 7 tables, 43 figures, 1 annex, 124 pages, 26 bibliographic references.

**Topic Summary:** The research presented below analyzes the technological evolution of mobile networks and the impact of transitioning from 4th generation to 5th generation in the telecommunications industry. Technical characteristics, network architectures for each generation of mobile networks were explored and compared in this work.

**Research Purpose:** The purpose of this research is to explore technological progress and the transition from the fourth-generation mobile networks (4G) to fifth-generation networks (5G).

**Research Objectives:**

- Analyze theoretical concepts regarding the evolution of mobile networks.
- Analyze and compare the architecture and characteristics of the 4G and 5G networks.
- Analyze statistics on the 5G subscription market, market trends for devices and mobile services from providers, analyze the impact of 5G on the status of mobile services worldwide.

**The object of study** consists of the information flows from entities such as Ericsson (Ericsson Mobility Report | June 2023), 3GPP, documentation from suppliers such as Ericsson, Nokia, Huawei, articles, and reviews on this topic.

**Methodology:** This work uses the following research methods: analysis, synthesis, observation, comparison, classification, documentary substantiation, evaluation, and bibliographic research.

Exploring the details of 5G implementation and investigating the current stage of this transition, the proposed research offers a comprehensive perspective on the technological impact and future projections. The rigorous structure and informative content make this work an essential guide for those interested in technological progress in the field of mobile communications.

# CUPRINS

<b>INTRODUCERE .....</b>	<b>7</b>
<b>1. EVOLUȚIA REȚELELOR MOBILE .....</b>	<b>8</b>
1.1 Generația rețelelor mobile 1G .....	9
1.2. Generația rețelelor mobile 2G .....	10
1.3. Generația rețele mobile 3G .....	24
1.4. Generația rețelelor mobile 4G .....	34
1.5. Generația rețelelor mobile 5G .....	41
<b>2. ANALIZA CARACTERISTICILOR TEHNICE ALE REȚELELOR 4G ȘI 5G .....</b>	<b>48</b>
2.1. Arhitectura rețelei 4G in detalii .....	48
2.2. Arhitectura rețelei 5G in detalii .....	66
2.3. Compararea vitezei și latenței .....	85
2.4. Compararea spectrului de frecvență .....	86
2.5. Compararea arhitecturii .....	86
2.6. Tranziția de la 4G la 5G .....	89
<b>3. IMPACTUL SERVICIILOR 5G, STATUT ACTUAL, PROGNOZE PE VIITOR .....</b>	<b>91</b>
3.1. Numărul de abonamente 5G, prognoze pe viitor .....	91
3.2. Statistica pieței dispozitivelor mobile .....	102
3.3. Analiza conexiunilor mobile pentru Internet of Things (IoT) .....	103
3.4. FWA (Fixed Wireless Access) .....	105
3.5. Analiza impactului serviciilor 5G asupra planurilor tarifare ale operatorilor ...	108
3.6. Analiza impactului serviciilor 5G asupra volumului trafic mobil .....	111
3.7. Acoperirea populației 4G/5G.....	119
<b>ÎNCHEIERE .....</b>	<b>121</b>
<b>BIBLIOGRAFIE .....</b>	<b>122</b>
<b>ANEXA – ABREVIERI .....</b>	<b>124</b>

# INTRODUCERE

În era digitală în continuă expansiune, progresul tehnologic joacă un rol central în modelarea modului în care comunicăm, interacționăm și gestionăm informațiile. Una dintre cele mai notabile evoluții în acest domeniu este tranziția de la rețelele mobile de generație a patra (4G) la cele de generație a cincea (5G). Această tranziție nu reprezintă doar o îmbunătățire incrementală, ci marchează un salt semnificativ către o paradigmă nouă în domeniul comunicațiilor mobile.

**Actualizarea temei:** În cadrul acestei teze de master, vom explora în detalii evoluția rețelei mobile de la 1G pana la 5G și impactul său asupra societății și industriei tehnologice. Vom analiza caracteristicile și beneficiile tehnologice ale rețelelor 4G și 5G în detalii, comparăm aceste doua generații de rețele mobile. În plus, vom explora stadiul actual al implementării 5G la nivel global și regional, prognozele pentru viitor și impactul asupra industriei și consumatorilor.

**Scopul cercetării** constă în explorarea progresului tehnologic și tranziției de la rețelele mobile de generație a patra (4g) la cele de generație a cincea (5g).

Pentru realizare scopului a fost propuse următoarele **obiective**:

1. Analiza conceptelor teoretice privind evoluția rețelelor mobile.
2. Analiza și comparația arhitecturii și caracteristicilor teoretice rețelei 4G și 5G.
3. Analiza statistică pieței abonamentelor 5G și dispozitivelor mobile de la furnizorii de servicii mobile, analiza impactului serviciilor 5G asupra volumului trafic mobil anual și planurile tarifare ale operatorilor.

Într-o eră în care conectivitatea și accesul la date devin din ce în ce mai esențiale, înțelegerea tranziției de la 4G la 5G și impactul său este deosebit de importantă. Această teză reprezintă o investigație detaliată a acestui subiect, oferind o perspectivă comprehensivă asupra evoluției tehnologice în domeniul rețelelor mobile și a modului în care aceasta modelează societatea noastră și viitorul tehnologic.

În cadrul acestei cercetări, vom aborda fundamentele evoluției rețelelor mobile, vom evalua capacitățile cheie ale tehnologiei 5G, vom analiza în detaliu cel mai recent raport de la compania Ericsson (Ericsson Mobility Report June 2023) și vom trasa perspective pentru viitorul rețelelor mobile.

## BIBLIOGRAFIE.

1. 3GPP specificații: 2G (GSM 02.01-03.22), 3G(TS 36.xxx) 4G LTE (TS 36.xx) si 5G NR (TS 38.xx). Disponibil: <https://www.3gpp.org/>
2. Compania companie globală de telecomunicații Ericsson. Disponibil: <https://www.ericsson.com/>
3. Ericsson Mobility Report, November 2023, Disponibil: <https://www.ericsson.com/en/reports-and-papers/mobility-report/reports/november-2023>
4. Timco C., Țurcanu T., Țurcanu D. Dezvoltarea societății informaționale în Republica Moldova în contextul globalizării, Particularitățile dezvoltării economiei mondiale în condițiile globalizării, conferință științifico-practică internațională: materialele conferinței științifico-practice internaționale, 15 aprilie 2016, IRIM 2016, p. 387-398.
5. Țurcanu T. Perspectivele de dezvoltare a sectorului TIC în contextul realizării planului individual de acțiuni UE-RM, European neighbourhood policy and eastern partnership: achievements, obstacles and perspectives: scientific-practical conf. with intern. participation (2011, Chișinău): The material of the Conf. Acad. of Econ. Studies Moldova of, 05-07 May 2011, Chișinău, IEFS, 2011. p.263-270.
6. Țurcan R., Țurcanu D., Ciubuc A. The impact of Internet access on economic development. The 5th Economic International Conference „COMPETITIVENESS AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT”, 2-3.11.2023. <https://doi.org/10.52326/csd2023.24>.
7. Evolution of wireless technologies 1G to 5G in mobile communication. July 4, 2023 by Rajiv Baby. Disponibil: <https://www.rfpage.com/>
8. Степунин А., Николаев А. "Мобильная связь на пути к 6G. 2021, ISSN 978-5-9729-0571-3, Disponibil: <http://1234g.ru/>
9. Article 5G Tutorial architecture. July8. 2021. Disponibil: <https://www.prodevelopertutorial.com/5g-tutorial-5g-architecture>
10. GSM.Switching, Services and Protocols, Third Edition. Iorg Eberspacher, Hans-Iorg Vogal, Christian Bettstetter. Stuttgart/Leipzig/Wiesbaden, 2001.
11. Ajay R. Mishra Fundamentals of Cellular Network Planning and Optimisation. John Wiley & Sons Inc., 2004.
12. Agrawal D. P., Zeng Q. – Introduction to Wireless and Mobile Systems, Brooks/Cole, 2003.
13. Bekkers R. – Mobile Telecommunications Standards: GSM, UMTS, TETRA, and ERMES, Artech House, 2001.
14. Bogdan I. – Sisteme celulare pentru comunicații mobile, MatrixRom, 1998.

15. Mouly M., Pautet M.-B. – *The GSM System for Mobile Communications*, 1992
16. Nicolaescu S.V., Mureșan C., Ciurtin M – *Rețele radio de acces de bandă largă*, Ed. Agir, 2005
17. "LTE for UMTS - OFDMA and SC-FDMA Based Radio Access" de Harri Holma și Antti Toskala.
18. "Wireless Communications: Principles and Practice" de Theodore S. Rappaport.
19. Documentație de la furnizori precum Ericsson, Nokia, Huawei, etc.
20. Andrews, J. G., et al. (2014). "What Will 5G Be?" *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 32(6), 1065-1082.
21. Rappaport, T. S., et al. (2017). "Overview of Millimeter Wave Communications for Fifth-Generation (5G) Wireless Networks—With a Focus on Propagation Models." *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 65(12), 6213-6230.
22. Osseiran, A., et al. (2014). "Scenarios for 5G Mobile and Wireless Communications: The Vision of the METIS Project." *IEEE Communications Magazine*, 52(5), 26-35.
23. Li, Q., & Wu, Y. (2016). "5G Network Slicing for Vehicle-to-Everything Services." *IEEE Network*, 30(6), 84-91.
24. Zhang, H., et al. (2017). "5G Wireless Communications—Physical Layer Network Architecture and Cell Structure Design." *IEEE Access*, 5, 16641-16649.
25. Boccardi, F., et al. (2014). "Five Disruptive Technology Directions for 5G." *IEEE Communications Magazine*, 52(2), 74-80.
26. Akpakwu, G. A., et al. (2017). "A Survey on 5G Networks for the Internet of Things: Communication Technologies and Challenges." *IEEE Access*, 6, 3619-3647.
27. Niu, J., et al. (2015). "Survey of User Association in 5G HetNets: A Stochastic Geometry Approach." *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 17(2), 843-873.
28. Bhushan, N., et al. (2014). "Network Densification: The Dominant Theme for Wireless Evolution into 5G." *IEEE Communications Magazine*, 52(2), 82-89.
29. Verizon. (2021). "Verizon 5G Overview." [Online]. Available: <https://www.verizon.com/5g/what-is-5g/>