

**MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII AL  
REPUBLICII MOLDOVA  
Universitatea Tehnică a Moldovei  
Facultatea Electronică și Telecomunicații  
Departamentul Telecomunicații Și Sisteme Electronice**

Admis la susținere  
șefă Departament TSE:  
TÎRȘU Valentina, conf. univ. dr.

„\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2024

**Aplicarea tehnologiilor inovatoare de telecomunicații  
în sfera agricolă**

**Teză de licență**

**Student:** Cîrpa Daniel

**Coordonator:** Iazlovețchi Maria  
asist. univ.

**Consultant:** Grițco Maria  
asist. univ.

Chișinău, 2024

## ADNOTARE

Cirpa Daniel, studentul grupei RST-201

Tema: Aplicarea Tehnologiilor Inovaționale de Telecomunicații în Sfera Agricolă

Lucrarea de licență intitulată „Aplicarea Tehnologiilor Inovaționale de Telecomunicații în Sfera Agricolă” realizată de Cîrpa Daniel explorează modul în care tehnologiile emergente de telecomunicații pot transforma sectorul agricol. În contextul necesității de a îmbunătăți productivitatea și sustenabilitatea agriculturii globale, această lucrare examinează în detaliu beneficiile și provocările integratei IoT (Internet of Things), 5G și AI (Inteligența Artificială) în agricultură.

Teza este structurată în trei capitole principale, fiecare abordând un aspect esențial al subiectului. Primul capitol subliniază importanța și impactul tehnologiilor de telecomunicații în agricultură, evidențiind cum IoT, analiza datelor masive și AI pot optimiza practicile agricole, îmbunătățind eficiența și reducând impactul asupra mediului.

Capitolul al doilea se concentrează pe integrarea dronelor și machine learning în agricultura inteligentă. Sunt prezentate diverse tipuri de drone utilizate în agricultură, cum ar fi dronele cu aripă fixă, multicopterele și dronele hibride, evidențiind rolul lor crucial în monitorizarea și gestionarea culturilor. De asemenea, sunt discutate avantajele utilizării algoritmilor de machine learning pentru analiza datelor colectate de drone, care pot identifica problemele culturilor, optimiza utilizarea resurselor și îmbunătăți randamentele.

Ultimul capitol, dedicat argumentării economice, analizează costurile și beneficiile implementării acestor tehnologii în agricultură. Lucrarea include studii de caz concrete, cum ar fi implementarea tehnologiilor la Cooperativa Agricolă de Producție Sofagro, demonstrând eficiența economică și practicile sustenabile rezultate.

Un punct forte al acestei lucrări este utilizarea unei metodologii riguroase de colectare și analiză a datelor, susținută de o documentație bibliografică solidă. Autorul a utilizat tehnici avansate de fotogrammetrie și pre-procesare a datelor pentru a obține informații detaliate și precise despre starea culturilor și sănătatea solului. Aceste informații au fost apoi analizate cu ajutorul algoritmilor de machine learning pentru a oferi recomandări practice și pentru a optimiza procesele agricole.

Lucrarea concluzionează că integrarea tehnologiilor inovaționale de telecomunicații în agricultură nu doar că poate îmbunătăți productivitatea și sustenabilitatea, dar și contribuie la securitatea alimentară globală, reducând în același timp impactul asupra mediului. Teza oferă, de asemenea, recomandări pentru continuarea cercetării și implementării acestor tehnologii, subliniind necesitatea unei politici și a unei infrastructuri adecvate pentru a sprijini adoptarea pe scară largă a acestor soluții.

## ANNOTATION

Daniel Cîrpa, student of group RST-201

Topic: Application of Innovative Telecommunication Technologies in the Agricultural Sector

The bachelor's thesis titled "Application of Innovative Telecommunication Technologies in the Agricultural Sector" by Cîrpa Daniel explores how emerging telecommunication technologies can transform the agricultural sector. In the context of the need to improve the productivity and sustainability of global agriculture, this work examines in detail the benefits and challenges of integrating IoT (Internet of Things), 5G, and AI (Artificial Intelligence) in agriculture.

The thesis is structured into three main chapters, each addressing an essential aspect of the subject. The first chapter highlights the importance and impact of telecommunication technologies in agriculture, emphasizing how IoT, big data analysis, and AI can optimize agricultural practices, improving efficiency and reducing environmental impact.

The second chapter focuses on the integration of drones and machine learning in smart agriculture. It presents various types of drones used in agriculture, such as fixed-wing drones, multicopters, and hybrid drones, highlighting their crucial role in crop monitoring and management. Additionally, it discusses the advantages of using machine learning algorithms to analyze data collected by drones, which can identify crop issues, optimize resource use, and improve yields.

The final chapter, dedicated to economic justification, analyzes the costs and benefits of implementing these technologies in agriculture. The work includes concrete case studies, such as the implementation of technologies at the Sofagro Agricultural Production Cooperative, demonstrating the resulting economic efficiency and sustainable practices.

A strong point of this work is the use of a rigorous methodology for data collection and analysis, supported by solid bibliographic documentation. The author employed advanced photogrammetry and data pre-processing techniques to obtain detailed and precise information about crop conditions and soil health. This information was then analyzed using machine learning algorithms to provide practical recommendations and optimize agricultural processes.

The thesis concludes that the integration of innovative telecommunication technologies in agriculture not only can improve productivity and sustainability but also contribute to global food security while reducing environmental impact. The thesis also offers recommendations for continuing research and implementation of these technologies, emphasizing the need for appropriate policy and infrastructure to support the widespread adoption of these solutions.

## CUPRINS

<b>INTRODUCERE.....</b>	<b>10</b>
<b>1. IMPORTANȚA ȘI IMPACTUL TEHNOLOGIILOR DE TELECOMUNICAȚII ÎN AGRICULTURĂ .....</b>	<b>12</b>
1.1.1 Rolul și beneficiile IoT în agricultura inteligentă .....	14
1.2 Tehnologia 5G în agricultură .....	16
1.2.1 Integrarea și aplicarea tehnologiei 5g și a internetului inteligent al lucrurilor în agricultură.....	18
1.2.2 Aplicații tipice ale agriculturii inteligente bazate pe IOT și 5G .....	20
1.3 AI și deep learning .....	22
<b>2. INTEGRAREA DRONELOR ȘI MACHINE LEARNING ÎN AGRICULTURA INTELIGENTĂ .....</b>	<b>24</b>
2.1 Drone în Agricultură .....	27
2.2 Machine Learning Aplicat .....	32
2.3 Implementarea ML în sistemele de drone in cadrul cooperativei agricole de producție SOFAGRO - PREZENT .....	34
2.3.1 Colectarea Datelor.....	35
2.3.2 Procesarea și Analiza Datelor .....	39
2.3.3 Procesarea culturilor folosind ML .....	40
2.4 Implementarea dronelor in cadrul cooperativei agricole de producție Sofagro – prezent.....	44
<b>3. ARGUMENTAREA ECONOMICA.....</b>	<b>50</b>
3.1 Generalități.....	50
3.2 Aplicarea utilităților decizionale pentru justificarea alegerii echipamentelor NVIDIA in cazul antrenării modelului AI .....	50
3.3 Calculul cheltuielilor capitale .....	55
<b>CONCLUZII .....</b>	<b>58</b>
<b>BIBLIOGRAFIE.....</b>	<b>59</b>
<b>ANEXE.....</b>	<b>61</b>

					<b>UTM 0714.2 006 ME</b>									
<b>Mod.</b>	<b>Coala</b>	<b>Nr.Document</b>	<b>Semnat</b>	<b>Data</b>	<b>APLICAREA TEHNOLOGIILOR INOVAȚIONALE DE TELECOMUNICAȚII ÎN SFERA AGRICOLĂ</b>									
<i>Elaborat</i>	<b>Cîrpa D.</b>													
<i>Coordonator</i>	<b>Iazlovețchi M.</b>											<b>9</b>	<b>64</b>	
<i>Consultant</i>	<b>Grițco M.</b>									<b>UTM FET RST-201</b>				
<i>Contr. norm.</i>														
<i>Aprobat</i>	<b>Tîrșu V.</b>													

## INTRODUCERE

Agricultura constituie un pilon fundamental al sustenabilității globale și al securității economice, jucând un rol vital în alimentație, generarea de venituri și crearea de locuri de muncă pentru miliarde de oameni la nivel mondial. În contextul unei populații în creștere și al unei cereri alimentare în expansiune, acest sector esențial se află în fața unei dileme critice: cum să crească productivitatea și sustenabilitatea fără a dauna mediului înconjurător. Tehnologiile telecomunicației emergente oferă o promisiune revoluționară, capabile să optimizeze practicile agricole prin îmbunătățirea eficienței și a luării de decizii informate.

Intrarea în era digitală a deschis noi orizonturi de conectivitate și schimb de date, facilitând integrarea tehnologiilor telecomunicației în agricultură. Aceste inovații, variind de la Internetul Obiectelor (IoT) și drone până la sisteme de agricultură de precizie și aplicații mobile, deblochează posibilități extraordinare de a răspunde celor mai stringente provocări ale sectorului. Permite monitorizarea și gestionarea dinamică a culturilor, animalelor și resurselor, conducând către un mod de agricultură mai informat și adaptiv.

Totuși, implementarea acestor tehnologii vine la pachet cu dificultăți semnificative. Obstacolele precum accesibilitatea, costurile, literația digitală și securitatea datelor stau în calea adoptării lor pe scară largă, mai ales în regiuni în curs de dezvoltare unde agricultura se confruntă adesea cu infrastructuri și resurse limitate. În plus, integrarea tehnologiei telecomunicației în agricultură ridică întrebări privind impactul său socio-economic, inclusiv asupra forței de muncă și disparităților digitale în comunitățile agricole.

Imperativul de a adopta tehnologiile telecomunicației în agricultură este accentuat de provocările viitoare. Cu o populație globală așteptată să atingă aproape 10 miliarde până în 2050, cererea de alimente va crește exponențial, punând o presiune enormă pe resursele și sistemele de producție agricolă. Simultan, efectele schimbărilor climatice asupra agriculturii devin tot mai palpabile, evidențiind necesitatea urgentă a adaptării și inovării.

Această teză își propune să exploreze în profunzime cum tehnologiile telecomunicației inovatoare pot fi aplicate în agricultură pentru a spori productivitatea, sustenabilitatea și reziliența. Prin analiza interacțiunii dintre tehnologie și practicile agricole, studiul va oferi o perspectivă valoroasă asupra beneficiilor și limitărilor acestor tehnologii, deschizând drumul către politici și practici agricole îmbunătățite în viitor. Susținând ipoteza că adoptarea strategică a tehnologiilor telecomunicației poate contracara eficient provocările agriculturii contemporane, acest studiu adoptă o abordare multidisciplinară pentru a aduce dovezi teoretice și empirice din domeniile relevante.

În concluzie, integrarea tehnologiilor telecomunicației inovatoare în agricultură reprezintă o frontieră esențială pentru avansarea productivității, sustenabilității și adaptabilității la nivel global.

Această teză va furniza o înțelegere detaliată a cum pot aceste tehnologii să răspundă cerințelor și provocărilor dinamice ale sectorului agricol, oferind recomandări strategice pentru modelarea viitorului dezvoltării agricole. Prin analiza aprofundată a avantajelor și provocărilor asociate cu integrarea tehnologică, studiul contribuie la dialogul actual privind rolul esențial al tehnologiei în transformarea agriculturii.

## BIBLIOGRAFIE

1. McCormick. "Agriculture 4.0: What Is It and What Are Its Tools and Benefits?" McCormick. [Accesat pe 2 aprilie 2024]. Disponibil la: <https://www.mccormick.it/as/agriculture-4-0-what-is-it-and-what-are-its-tools-and-benefits/>.
2. Sigfox. "Météus Weather Station." Sigfox. Available at: <https://partners.sigfox.com/products/meteus-weather-station>.
3. FAROOQ, M.S., RIAZ, S., ABID, A., ABID, K., AND NAEEM, M.A. "A Survey on the Role of IoT in Agriculture for the Implementation of Smart Farming." *Electronics*, vol. 12, no. 10, 2023, p. 2336. [Accesat pe 2 aprilie 2024]. Disponibil la: <https://www.mdpi.com/2079-9292/12/10/2336>.
4. FIONA, J.R., AND ANITHA, J. "Automated Detection of Plant diseases and Crop Analysis in Agriculture using Image Processing Techniques: A Survey."
5. QAZI, S., KHAWAJA, B.A., AND FAROOQ, Q.U. "IoT-Equipped and AI-Enabled Next Generation Smart Agriculture: A Critical Review, Current Challenges and Future Trends."
6. YARALI, A. "AI, 5G, and IoT." In *Intelligent Connectivity: AI, IoT, and 5G*.
7. Puri, Vikram, Nayyar, Anand, and Raja, Linesh. "Agriculture drones: A modern breakthrough in precision agriculture."
8. ZHU, NANYANG, LIU, XU, LIU, ZIQIAN, HU, KAI, AND WANG, YINGKUAN. "Deep learning for smart agriculture: Concepts, tools, applications, and opportunities."
9. SINGH, Y P, AND TRIVEDI, HIMANSHU. "Application of 5G Technology for Smart Agriculture."
10. KASHYAP, PANKAJ KUMAR, AND KUMAR, SUSHIL. "Towards Precision Agriculture: IoT-enabled Intelligent Irrigation Systems Using Deep Learning Neural Network."
11. WALEED, MUHAMMAD, UM, TAI-WON, KAMAL, TARIQ, AND USMAN, SYED MUHAMMAD. "Classification of Agriculture Farm Machinery Using Machine Learning and Internet of Things."
12. TSOUROS, DIMOSTHENIS C., BIBI, STAMATIA, AND SARIGIANNIDIS, PANAGIOTIS G. "A Review on UAV-Based Applications for Precision Agriculture."
13. ALAM, MANSOOR, ALAM, MUHAMMAD SHAHAB, ROMAN, MUHAMMAD, AND TUFAIL, MUHAMMA. "Real-Time Machine-Learning Based Crop/Weed Detection and Classification for Variable-Rate Spraying in Precision Agriculture."
14. SHAFI, UFERAH, MUMTAZ, RAFIA, GARCÍA-NIETO, JOSÉ, HASSAN, SYED ALI, ZAIDI, SYED ALI RAZA, AND IQBAL, NAVEED. "Precision Agriculture Techniques and Practices: From Considerations to Applications."

15. HAFEEZ, ABDUL, HUSAIN, MOHAMMED ASLAM, AND SINGH, S.P. "Implementation of drone technology for farm monitoring & pesticide spraying: A review."
16. ZHOU, LINLI, SONG, LIANGTU, XIE, CHENGJUN, AND ZHANG, JIE. "Applications of Internet of Things in the Facility Agriculture."
17. HASSAN, QUSAY F., ed. Internet of Things A to Z: Technologies and Applications. First Edition, 2018.
18. RASHMI R. AGALE. "Automated Irrigation and Crop Security System in Agriculture using Internet of Things." Rashmi R. Agale Automated Irrigation and Crop Security System in Agriculture using Internet of Things
19. DEEPAK MURUGAN, AKANKSHA GARG, TASNEEM AHMED AND DHARMENDRA SINGH. "Fusion of Drone and Satellite Data for Precision Agriculture Monitoring."
20. NAHINA ISLAM , MD MAMUNUR RASHID, FAEZEH PASANDIDEH, BIPLOB RAY, STEVEN MOORE AND RAJAN KADEL. "A Review of Applications and Communication Technologies for Internet of Things (IoT) and Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Based Sustainable Smart Farming"
21. Siddiqui, J., Imtiaz, S., Qureshi, M. A., & Kim, J. M. (2021). Real-time recognition of spraying area for UAV sprayers using a deep learning approach. *PLOS ONE*. [accesat pe 27 aprilie]. Disponibil la: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0249436>.
22. Stiucum. "Teoria utilității și a consumului." *Microeconomie și Macroeconomie*. [Accesat pe 13 mai 2024]. Disponibil la: <https://www.stiucum.com/economie/microeconomie-si-macroeconomie/Teoria-utilitatii-si-a-consumu14343.php>.