

**ACADEMIA DE STUDII ECONOMICE DIN MOLDOVA**

Cu titlu de manuscris  
004.72 (478) (043)

**VARANIȚA GRIGORE**

**DIRECȚII ȘI METODE DE DEZVOLTARE ȘI  
OPTIMIZARE A REȚELELOR DE  
COMUNICAȚII ELECTRONICE**

122.02. **Sisteme informatice**

**Rezumatul tezei de doctor în informatică**

**CHIȘINĂU, 2021**

Teza a fost elaborată în cadrul Departamentului Informatică și Managementul Informației al Academiei de Studii Economice din Moldova.

**Conducător științific:**

**COSTAȘ Ilie,** *doctor habilitat în informatică, profesor universitar, ASEM,*

**Referenți oficiali:**

**BOLUN Ion**

*doctor habilitat în informatică, profesor universitar, Universitatea Tehnică a Moldovei*

**CAPAȚÂNA Gheorghe**

*doctor în științe tehnice, profesor universitar, Universitatea de Stat din Moldova*

**Componența Consiliului Științific Specializat:**

**GAINDRIC Constantin**

*președinte, doctor habilitat în informatică, profesor universitar, membru corespondent, Institutul de Matematică și Informatică, AȘM*

**ANDRONATIEV Victor**

*secretar științific, doctor în științe economice, conf. univ., Academia de Studii Economice din Moldova*

**OHRIMENCO Serghei**

*doctor habilitat în științe economice, profesor universitar, Academia de Studii Economice din Moldova*

**BEȘLIU Victor**

*doctor în informatică, conferențiar universitar, Universitatea Tehnică a Moldovei*

**COJOCARU Igor**

*doctor în informatică, Institutul de Dezvoltare a Societății Informaționale, Director*

Susținerea va avea loc la 19 februarie, ora 15:00 în ședința Consiliului Științific Specializat **D 122.02-49** din cadrul Academiei de Studii Economice din Moldova pe adresa: MD-2005, mun. Chișinău, str. Banulescu Bodoni 59, blocul B, biroul 104

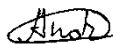
Teza de doctor și rezumatul acesteia pot fi consultate la Biblioteca științifică a Academiei de Studii Economice din Moldova și pe pagina Web a ANACEC ([www.cnaa.md](http://www.cnaa.md)).

Rezumatul a fost expediat la 14 ianuarie 2021

**Secretar științific al**

**Consiliului Științific Specializat,**

doctor în științe economice, conf. univ.



**Andronatiev Victor**

**Conducător științific**

doctor habilitat în informatică, prof.univ.



**Costăș Ilie**

**Autor**



**Grigore Varanița**

(©Grigore Varanița, 2021)

## CUPRINS

<b>REPERELE CONCEPTUALE ALE CERCETĂRII .....</b>	<b>4</b>
<b>CONȚINUTUL TEZEI.....</b>	<b>8</b>
<b>CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI.....</b>	<b>24</b>
<b>BIBLIOGRAFIE .....</b>	<b>28</b>
<b>LISTA PUBLICAȚILOR AUTORULUI LA TEMA TEZEI.....</b>	<b>29</b>
<b>ADNOTARE (în limbile română, rusă, engleză) .....</b>	<b>32</b>

## REPERELE CONCEPTUALE ALE CERCETĂRII

**Actualitatea și importanța temei abordate.** În conformitate cu directiva Uniunii Europene, “reducerea costurilor instalării rețelelor de comunicații electronice de mare viteză contribuie la digitalizarea sectorului public, ceea ce permite un efect de levier digital pentru toate sectoarele economiei, pe lângă reducerea costurilor pentru administrațiile publice și eficientizarea serviciilor oferite cetățenilor”. [1]

Astfel, în baza experienței altor țări, cât și a cerințelor pieței de comunicații electronice, îndeosebi în țările în curs de dezvoltare, o problemă primordială este problema lipsei unei rețele fiabile cu costuri reduse. Această problemă poate fi soluționată prin elaborarea unor modele matematice de descriere și evaluare a costurilor separate sau totale pentru rețelele de telecomunicații cu fir și fără fir. La momentul actual, există necesitatea elaborării unor modele matematice care pot fi utilizate la analiza și optimizarea rețelelor deja existente, sau la proiectarea și edificarea unor rețele noi. Totodată, pentru atingerea obiectivelor propuse, și anume, elaborarea unor modele matematice universale pentru optimizarea rețelelor la scara unei suprafețe, care poate cuprinde teritoriul unui stat, este necesar ca modelele matematice propuse să realizeze anumite scenarii admisibile, oferind varianta optimă.

**Situația în domeniul de cercetare și identificarea problemelor de cercetare.** Pornind de la necesitatea dezvoltării unor rețele de telecomunicații fiabile și de ultimă generație pe întreg teritoriul țării și în același timp, păstrând costuri acceptabile pentru abonații acestor rețele, devine prioritară problema identificării unor direcții și metode de optimizare și dezvoltare a rețelelor de telecomunicații electronice. Având la bază reflecțiile științifice ale cercetătorilor din SUA, din țările membre ale UE (în special din Franța, Germania, Marea Britanie, Spania, România), Republica Moldova și din Federația Rusă, am încercat să identificăm și să evaluăm direcțiile și metodele de dezvoltare, inclusiv aspectul de optimizare a rețelelor de comunicații electronice. Investigațiile efectuate ne permit să constatăm faptul că această temă a fost obiect de cercetare multilaterală în lucrările mai multor savanți din domeniile tehnic, informatic, economic din SUA și statele membre ale UE. Investigații vaste în domeniul examinat au fost realizate și de către alți savanți din România, așa ca Condrea S., Dogaru R., Ilie A., din Federația Rusă - Balașova T, Andrianov V, Smolovik S., din Republica Moldova – Bolun I., Arvinte I.

**Scopul lucrării** constă în efectuarea unei analize complexe a rețelei de telecomunicații, având două **obiective** majore: 1. optimizarea costurilor prin elaborarea unor modele matematice de descriere și evaluare a costurilor separate sau totale pentru rețele de telecomunicații cu fir și fără fir; 2. dezvoltarea de noi rețele publice de comunicații de voce, care să ofere servicii la un punct fix, în vederea asigurării dreptului de acces la serviciile din sfera serviciului universal pentru populația care nu are acces la acest tip de servicii. În această ordine de

idei, **scopul** lucrării constă în identificarea posibilităților de optimizare a rețelelor nou create sau deja existente, în perimetrul unei arii stabilite, păstrând nivelul înalt de calitate a serviciilor, cât și dezvoltarea de noi rețele publice de comunicații de voce. Pentru realizarea scopului menționat au fost preconizate următoarele acțiuni: abordarea etapelor dezvoltării istorice ale rețelelor de comunicații electronice, de la apariție până la tipurile și topologiile de rețele; cercetarea și definirea condițiilor conceptuale de bază pentru optimizarea costurilor dezvoltării rețelelor de comunicații electronice; optimizarea rețelei de acces, cu cheltuieli minime și, în același timp, fiind asigurat un nivel înalt de calitate, conform unui număr fix al ratei indicelui de calitate, apriori estimat; abordarea problemei implementării serviciului universal în scopul dezvoltării noilor rețele publice luând în considerație particularitățile situației din Republica Moldova față de situația existentă în alte țări europene și, în special, în statele membre ale Uniunii Europene.

**Metodologia cercetării științifice** se bazează pe teoria sistemelor (analiză și sinteză), metoda modelării matematice, teoria informației și a creării sistemelor informatice, metodele cercetării documentare, analiza empirică, cercetarea comparativă, metoda bibliometrică, scientometrică și webometrică, și metoda studiilor de caz.

**Noutatea și originalitatea științifică** constă în generalizarea diverselor abordări cunoscute privind optimizarea costurilor rețelei de telecomunicații și asigurarea unui nivel înalt de calitate a serviciilor prestate prin intermediul acestor rețele. În acest scop, în rezultatul cercetărilor au fost elaborate:

- Modele matematice de descriere, evaluare și optimizare a costurilor totale pentru dezvoltarea rețelelor de telecomunicații cu fir și fără fir pentru o zonă teritorială concretă;
- Modele matematice de evaluare a costurilor necesare pentru cazul general de dezvoltare a întregii infrastructuri de telecomunicații electronice în țară;
- Metodologia de eficientizare a cheltuielilor necesare pentru dezvoltarea treptată a infrastructuri de telecomunicații în Republica Moldova. Această metodologie prevede realizarea următoarelor etape: 1) *împărțirea întregului teritoriu al Republicii Moldova în zone teritoriale cu diferite cerințe față de criteriile de calitate a serviciilor de comunicații*; 2) *evaluarea costurilor necesare pentru dezvoltarea rețelelor de comunicații electronice în fiecare zonă teritorială*; 3) *evaluarea costurilor necesare pentru dezvoltarea întregii infrastructuri de comunicații electronice în țară*.
- Au fost analizate în mod comparativ aspectele implementării serviciului universal în statele în curs de dezvoltare și influența sa asupra dezvoltării domeniului comunicațiilor electronice. A fost argumentată oportunitatea implementării serviciului universal în Republica Moldova.

Cercetările în cauză au fost logic completate de elaborarea unei aplicații informatice **CoverageMap**, la baza căreia au fost utilizate metodele matematice elaborate. Astfel, bazele teoretice propuse pot fi real utilizate în scopuri de eficientizare continuă a dezvoltării rețelelor de comunicații în țară, în condiții specifice pentru Republica Moldova, în vederea asigurării dreptului de acces la ofertele din sfera serviciului universal pentru întreaga populație a țării.

**Problema științifică importantă soluționată** constă în identificarea și fundamentarea științifică a direcțiilor și metodelor de dezvoltare și optimizare a rețelelor de telecomunicații. În deosebi, a fost analizată situația pieții comunicațiilor electronice în Republica Moldova pentru perioada anilor 2014-2018. O atenție deosebită a fost acordată analizei condițiilor specifice de dezvoltare a infrastructurii informaționale din țară, ceea ce a fost pus la baza elaborării modelelor matematice, orientate la optimizarea costurilor pentru anumite zone teritoriale, aplicând indicatorii de calitate corespunzători acestor suprafețe, cât și pentru întregul teritoriu al țării. Totodată, au fost propuse spre analiză obiectivele și oportunitatea implementării serviciului universal în Republica Moldova, care constituie un criteriu major la dezvoltarea rapidă a infrastructurii telecomunicațiilor și un obiectiv de beneficiere de către utilizatorii finali de noile servicii și tehnologii din acest domeniu. În comparație cu alte țări din Uniunea Europeană, Republica Moldova a ramas restanțieră la acest capitol și acest aspect, actualmente, are efecte directe asupra costurilor serviciilor de pe piața comunicațiilor electronice.

**Semnificația teoretică și valoarea aplicativă a lucrării.** Rezultatele cercetării și concluziile formulate în teză, aduc un aport semnificativ în aprofundarea cunoașterii problematicei în domeniul dat, a direcțiilor și metodelor de dezvoltare a rețelelor de telecomunicații, ceea ce este benefic dezvoltării continue a științei în domeniul infrastructurii sistemelor informatice. Lucrarea reprezintă un argument în plus, că metodele și modelarea matematică sunt cele mai sigure mijloace de soluționare a problemelor reale, ce țin de eficientizarea proceselor de dezvoltare a rețelelor.

Teza are un caracter atât științific, cât și unul aplicativ. Rezultatele obținute pot servi drept repere orientative în cercetarea și soluționarea ulterioară a problemei abordate și vor aduce un aport benefic la minimizarea cheltuielilor pentru dezvoltarea rețelelor în Republica Moldova, cât și peste hotarele țării. Metodele și modelele matematice de descriere și evaluare a costurilor totale pentru rețelele de telecomunicații cu fir și fără fir din această lucrare, pot fi utilizate la analiza și optimizarea rețelelor deja existente, sau la proiectarea și edificarea unor rețele noi. Cu ajutorul modelelor matematice propuse și a aplicației informatice **CoverageMap** elaborate pot fi realizate anumite scenarii admisibile, selectând dintre toate acestea varianta preferată, care e și optimă, dar și obținută în timp foarte redus.

### **Rezultatele științifice principale înaintate spre susținere:**

- Model matematic de descriere, evaluare și eficientizare a cheltuielilor pentru dezvoltarea rețelelor de telecomunicații cu fir și fără fir pentru o zonă teritorială concretă;
- Model matematic de evaluare a costurilor necesare pentru cazul general de dezvoltare a întregii infrastructuri de telecomunicații electronice în țară;
- Metodologie de eficientizare a cheltuielilor necesare pentru dezvoltarea treptată a infrastructuri de telecomunicații în Republica Moldova.

**Implementarea rezultatelor științifice.** Rezultatele științifice obținute au fost folosite ca repere de verificare în cadrul companiei S.A. Moldtelecom în procesul de construcție a rețelei 3G. Platforma sistemului informatic pentru identificarea rețelei de cost optimal a servit drept instrument de verificare pentru managementul companiei S.A. Moldtelecom în aprobarea propunerilor parvenite de la personalul nivelului mediu de conducere atât la optimizare, cât și la dezvoltarea rețelei 3G.

**Aprobarea rezultatelor științifice.** Rezultatele cercetării realizate în domeniul tezei de doctor sunt reflectate în articolele științifice ale autorului din revistele de specialitate, dar și în diverse comunicări în cadrul conferințelor naționale și internaționale. Rezultate cercetării au fost confirmate prin calcule identice sau cu aproximație a aprobării deciziilor de optimizare și dezvoltare a rețelei 3G în cadrul S.A. „Moldtelecom”, la care a participat autorul în calitate de conducător. De asemenea, rezultatele obținute au fost prezentate și discutate la 8 conferințe naționale și internaționale, cât și prin 3 comunicări în plenul forumului Uniunii Internaționale a Telecomunicațiilor la summit-urile mondiale ale societății informaționale, care au avut loc la Geneva, Elveția în anii 2016 și 2017, și Lisabona în 2017; conferințele științifice ale tinerilor cercetători ASEM, Chișinău 2014, 2015, 2016, 2017; conferința științifică internațională "25 de ani de reformă economică în Republica Moldova", 2016; conferința științifică Internațională "Modelare matematică, optimizare și tehnologii informaționale", Chișinău, 2016; conferința științifică internațională "Competitivitatea și inovarea în economia cunoașterii", 2018; Conferință științifică internațională „Competitivitate și inovare în economia cunoașterii”, 27-28 septembrie 2019, Chisinau.

**Publicații la tema tezei.** Rezultatele cercetărilor expuse în teză sunt publicate în: 17 lucrări științifice, inclusiv o carte; 4 lucrări în reviste științifice cu recenzenți; 10 lucrări fără coautori.

**Volumul și structura tezei.** Teza de doctor cuprinde introducerea, patru capitole, concluzii, bibliografia cu 134 titluri, 120 pagini text de bază, inclusiv 42 figuri și 5 tabele.

**Cuvintele-cheie:** telecomunicații, rețea de telecomunicații, tehnologie, optimizare, rețea telefonică, rețea inteligentă, comunicații electronice.

## CONȚINUTUL TEZEI

În Capitolul I, „Caracteristici generale ale rețelelor de comunicații electronice”, au fost abordate, conform [3], atât etapele dezvoltării istorice, cât și tipurile și topologiile de rețele de comunicații electronice. Dezvoltarea rapidă a telecomunicațiilor în ultimele decenii a fost însoțită de modificări multiple și importante în tehnologiile de telecomunicații. [2]

În același timp, conform [10], au fost menționate aspectele specifice de dezvoltare a comunicațiilor electronice și problemele existente în Republica Moldova.

Sectorul comunicațiilor electronice în Republica Moldova reprezintă unul dintre cele mai dinamice sectoare din economia națională, fiind foarte atractiv pentru investitorii străini, potrivit datelor statistice publicate de Agenția Națională pentru Reglementare în Comunicații Electronice și Tehnologia Informației (ANRCETI) în Raportul „Evoluția piețelor de comunicații electronice în anul 2019”. Conform datelor prezentate ANRCETI de către 213 furnizori activi de rețele publice de comunicații electronice și/sau servicii de comunicații electronice accesibile publicului, în anul 2019 volumul total al veniturilor în sectorul comunicațiilor electronice a înregistrat, în raport cu anul 2018, o scădere ușoară de 266,6 mln MDL (- 4,1%) și a însumat 6 mld. 173,1 mln MDL. În același timp, veniturile din alte activități<sup>1</sup> în domeniul CE s-au micșorat cu 2,8% și au constituit 686, 9 mln MDL, (figura 1). Totodată, s-a constatat că situația de pe celelalte segmente ale pieței de comunicații electronice în anul 2019, și anume, veniturile provenite din vânzarea serviciilor de acces la Internet fix au sporit cu 5,7% și au însumat 1361,7 mln MDL, iar cele din vânzarea serviciilor de retransmisie a programelor audiovizuale au crescut cu 20% și au totalizat 298,6 mln MDL [6]

Este de menționat faptul că în Republica Moldova utilizatorii din mediul urban beneficiază de o mai mare diversitate a ofertei de servicii față de utilizatorii din mediul rural, care se confruntă fie cu problema posibilității limitate de alegere, având la dispoziție un singur furnizor sau un număr restrâns de furnizori pentru majoritatea serviciilor, fie cu problema lipsei accesului la mijloacele de comunicații, în situația în care se află în afara ariei de acoperire a rețelelor de comunicații electronice mobile.

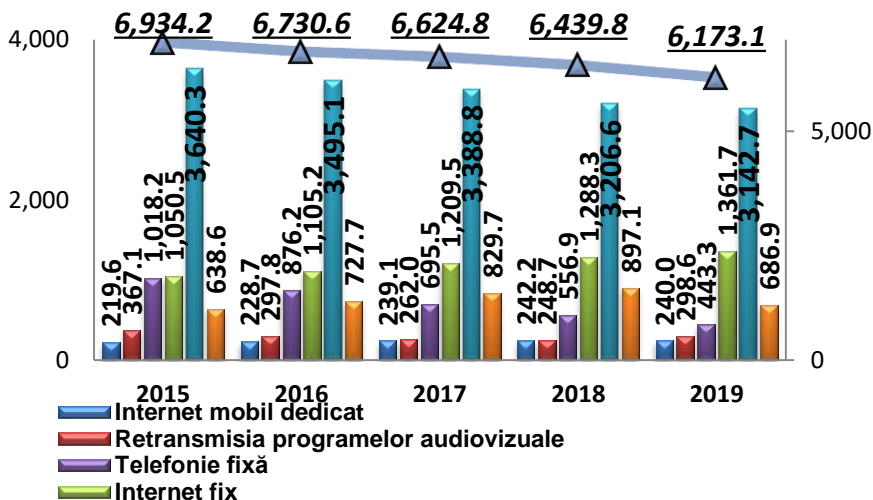
Alte dificultăți cu care se confruntă Republica Moldova sunt puterea scăzută de cumpărare a populației, care are un impact negativ asupra accesibilității serviciilor de comunicații electronice și insuficiența resurselor

---

<sup>1</sup>Veniturile din alte activități în domeniul CE reprezintă veniturile furnizorilor de rețele de comunicații electronice obținute din instalarea, operarea, gestionarea sau punerea la dispoziția unui terț autorizat a rețelelor de comunicații electronice sau a infrastructurii asociate (art.2 din *Legea nr. 241/2007*), transmisiuni de date, etc.



bugetare care să acopere costurile de furnizare a serviciilor din sfera serviciului universal, ceea ce determină necesitatea asigurării finanțării în principal de către jucătorii de pe piață. Existența unui mediu concurențial real în sectorul telefoniei mobile nu constituie încă o garanție suficientă pentru satisfacerea nevoilor de comunicare ale tuturor utilizatorilor din Republica Moldova.



**Figura 1. Evoluția veniturilor înregistrate în sectorul comunicațiilor electronice (mln MDL) Sursa: sugerată din [6]**

În concluzia capitolului 1 a fost argumentat că, în condițiile unui deficit serios de finanțare a lucrărilor de dezvoltare a rețelelor de telecomunicații, soluționarea problemei necesită abordări speciale, bazate pe eficientizarea utilizării resurselor disponibile, adică orientate la optimizarea soluțiilor de proiect elaborate în conformitate cu restricțiile existente. Astfel, scopul științific de bază al lucrării este elaborarea unei metodologii, bazate pe utilizarea metodelor modelării matematice de optimizare a soluțiilor de proiect pentru dezvoltarea rețelelor de telecomunicații atât pentru fiecare zonă teritorială specifică a Moldovei, cât și pentru întreg teritoriul țării.

Având în vedere toate aceste aspecte, protejarea intereselor utilizatorilor finali necesită definirea și implementarea unei politici și strategii de serviciu universal eficiente și coerente. Eforturile de asigurare a dreptului de acces ale utilizatorilor, trebuie să continue prin furnizarea unui set de servicii de comunicații electronice de calitate și la tarife accesibile, pe întreg teritoriul

republicii, astfel încât, indiferent de localizarea geografică, utilizatorii finali să beneficieze de aceleași avantaje și oportunități de dezvoltare.

**În Capitolul II, „Condițiile optimizării rețelelor de comunicații electronice”,** au fost analizați factorii de influență, atât interni, cât și externi pentru dezvoltarea rețelelor de telecomunicații. Începând cu faza de proiectare, care este una dintre cele mai dificile și responsabile etape în desfășurarea sistemelor de comunicații, întrucât acesta ar trebui să ofere cea mai apropiată variantă optimă posibilă a rețelei, prin prisma criteriului eficiență vis-a-vis cost, este important să înțelegem ce sarcini sunt planificate a fi rezolvate cu ajutorul rețelei proiectate. Un factor determinant ar fi tipul de servicii intenționate a fi livrate. Din aceasta, de regulă, rezultă că în fiecare moment, rețeaua trebuie să aibă cei mai buni indicatori de performanță și funcționalitate maximă pentru a putea fi gata pentru introducerea de noi servicii și conectarea noilor clienți. Componentele de bază, conform [4], necesare pentru a iniția proiectarea rețelei de comunicații electronice sunt: gama serviciilor prestate, capacitate, topologie, siguranță, scalabilitate, operarea și mentenanța, buget.

Este de remarcat că la capitolul buget de investiție, un criteriu adițional în determinarea proiectului optim de investiție în rețeaua de comunicații electronice poate servi evaluarea rentabilității investiției (Return of investment – ROI). ROI este un indicator de performanță care poate fi utilizat pentru măsurarea eficiența a investițiilor comparând astfel câteva variante ale sistemelor de comunicații proiectate. Indicatorul se calculează ca raport între profitul net (venituri totale - costurile totale) și costurile totale ale investiției. [5]

În funcție de parametrii care caracterizează legătura radio este recomandat folosirea mai multor modele de predicție a pierderilor de propagare în cazul proiectării unui tronson radio, fapt ce presupune a fi un proces complex, chiar la etapa inițială. Astfel, modelul cu reflexii pe suprafețe plane, modelul cu difracție în muchie de cuțit, cât și alte modele mai complicate care pot prognoza pierderile de propagare, pot fi complementare la utilizarea modelului standard de propagare în spațiul liber. Totodată, e necesar să se aibă în vedere curbura direcțiilor de propagare, cauzată de neuniformitatea indicelui de refracție, care variază cu altitudinea. În cazul propagării în spațiul liber, pentru estimări relativ rapide ale pierderii semnalului radio, se pot folosi următoarele expresii, astfel nivelul semnalului recepționat este determinat de relația [7]:

$$P_{R(d)} = P_T G_T G_R \left( \frac{c}{4\pi f d} \right)^2 \quad (1)$$

unde:  $P_T, P_R$  – puterea emisă, respectiv recepționată de cele două stații;

$G_T, G_R$  – recepția semnal a celor două antene;

$f$  – frecvența legăturii radio;

$d$  – distanța între cele două stații;

Atît recepția semnal emisă, cît și cea recepționată pot fi calculate conform relației:

$$G = \frac{4\pi Ae}{f^2} \quad (2)$$

unde: Ae – este diafragma efectivă care este legată de dimensiunea fizică a antenei.

Atît pentru rețele cu fir, cît și cele fără fir, există o multitudine de parametri de rețea, ale căror valori se schimbă în mod constant în timp real: gradul de încărcare a canalelor în orele de vârf și mediu pe parcursul perioadei, încărcarea resurselor echipamentelor de sistem, numărul de rute, întârzieri de pachete, etc.

Totodată, trebuie de luat în considerație că înainte de soluționarea problemei de optimizare a costurilor lucrărilor de dezvoltare a rețelelor propriu zise, trebuie de realizat un șir de probleme de ordin tehnic, social, dar și de strategie generală de dezvoltare, impuse de strategii internaționale. Dintre toate acestea, în teză a fost pus accentul pe determinarea topologiei rețelei de telecomunicații, cît și elaborarea metodelor de corectare a soluțiilor în scopul obținerii unor topologii accesibile de rețea.

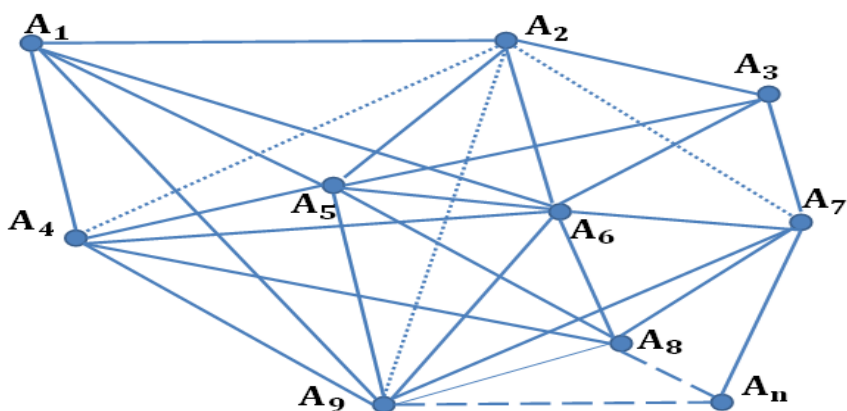
În scopul obținerii unor topologii accesibile de rețea au fost elaborate și modelate metodele de corectare a soluțiilor. Dacă soluțiile generate în rezultatul funcționării algoritmilor euristici nu intră în intervalul admisibil de soluții conform criteriilor de fiabilitate și costuri, atunci este necesară aplicarea algoritmilor de corectare.

Ca urmare, pentru exploatarea algoritmilor euristici de optimizare este necesar de dezvoltat un algoritm pentru a determina corectitudinea soluțiilor generate, adică, transferarea acestora într-un interval admisibil de soluții. Dacă soluțiile generate în rezultatul funcționării algoritmilor euristici nu intră în intervalul admisibil de soluții conform criteriilor de fiabilitate și costuri, atunci este necesară aplicarea algoritmilor de corectare. Totodată, trebuie de luat în considerație că indiferent de capacitatea proiectată a rețelei de comunicații electronice, ulterior aceasta va fi inevitabil depășită, iar la o anumită etapă de viață a rețelei poate fi necesară o reorganizare completă a acesteia. Dacă e să analizăm aspectele teoretice ale planificării rețelelor de comunicații mobile, putem concludiona că la o densitate înaltă de amplasare a abonaților pe teritoriu, este oportună construirea rețelelor de abonat cu folosirea concentratoarelor de date.

**În capitolul III „Modele de optimizare a costurilor dezvoltării rețelelor de telecomunicații”**, sunt elaborate și descrise modele matematice discrete pentru evaluarea costurilor rețelelor de telecomunicații cu fir și fără fir. Aceste modele vizează facilitarea identificării costului optim al rețelelor și sugerează anumite scenarii admisibile, selectând dintre ele varianta preferată. Utilizând anumiți algoritmi combinatorii sau euristici, modelele identifică rețele cu cost optimal, respectând concomitent cerințele calității de emisie a informației

pentru fiecare zonă cu criteriile respective de calitate. Pentru cazul general de extindere și optimizare a costurilor rețelelor pe întreg teritoriul țării sunt formulate următoarele recomandări: în dependență de criteriile de calitate, diferite pentru fiecare zonă conexă, se concretizează modelele de evaluare a costurilor descrise. Astfel, metodologia examinată ar permite soluționarea problemelor de optimizare a costurilor respectând cerințele în raport de criteriile de calitate pe întreg teritoriul țării.

Un limbaj comod de analiză și de optimizare a rețelei este limbajul grafurilor. De exemplu, în figura 2, graful constituit din muchiile reprezentate cu linie punctată ar putea indica conexiunile dintre nodurile beneficiarilor, purtând informația costurilor, resurselor alocate în rețea și calitatea de modulare, atunci când aceasta se află în faza inițială de funcționare.



**Figura 2. Graful obținut prin optimizarea rețelei de comunicații electronice**  
(Sursa: elaborat de autor)

De regulă, procedura de optimizare se realizează prin selectarea iterativă a celor muchii ale arborelui de acoperire a rețelei din mulțimea muchiilor grafului complet (care s-ar interpreta ca o rețea inițială), care ar asigura optimizarea cheltuielilor totale, adică minimizarea acestora. Procesul de evidențiere a unui asemenea arbore este iterativ și la fiecare iterație se constată sau diminuează costul rețelei, sau îmbunătățirea unor indicatori calitativi ai acesteia, desigur, având apriori un set de indici dorțiți. Se cunoaște, conform fundamentărilor teoretice din teoria optimizării grafurilor, că un asemenea arbore există, acesta ar putea fi nu neapărat unic. Important este faptul că algoritmi existenți sunt capabili să identifice rețeaua optimă, indiferent în ce context este formulată problema.

În cazul optimizării rețelei de acces, ca regulă, valorile variabilelor de bază sunt discrete, unele dintre ele neavând chiar valoare numerică, de exemplu tipuri de modulare: QPSK, 4QAM, 16QAM, 64QAM ș.a. Prin urmare, implementarea optimizării continue nu poate fi în mod direct aplicată pentru asemenea situații.

În caz general, funcția *cost* poate fi exprimată astfel [4]:

$$C=f(A, T), A \in \mathbf{A}, T \in \mathbf{T}, A=(B,L), T=(M,R,H,V,W,G), \quad (3)$$

unde *C* – costul implementării rețelei; *A* – variabila limitei rețelei de acces; *B* – dimensiunea elementului grilă ( aria suprafeței, în km<sup>2</sup>); *L* – dimensiunea (aria suprafeței, în km<sup>2</sup> ) zonei de delimitare; *T* – variabilele folosite în tehnologia rețelei de acces; *M* – tipul canalului de transmisie; *R* – viteza transmiterii datelor, kbps; *H* – disciplina pentru serviciul de pachet de date; *V* – metoda de acces; *W* – tipul modulator; *G* – tipul codecului voce standard.

În expresia (3) seturile de variabile sunt definite prin produsele carteziene:

$$A = B \times L, \quad T = M \times R \times H \times V \times W \times G, \quad (4)$$

iar restricțiile, ce exprimă indicatorul de calitate *i*, au forma:

$$Q_{imin} \leq Q_i \leq Q_{imax}, \quad i=1, 2, \dots, r. \quad (5)$$

Modelul (3)-(5) poate fi considerat ca un model abstract de descriere a situațiilor-problemă, în care accentul se pune pe minimizarea funcției cost, fără a specifica la concret dependența acestei funcții de setul de variabile (*A*, *T*). La fel, în model nu se indică nici relațiile prin care ar trebui să se illustreze constrângerile impuse. Dar e clar, că indiferent de situație, e necesar de determinat perechea (*A\**, *T\**), pentru care funcția  $C = f(A, T)$  ia valoarea minimă:  $C_{min}=f(A^*, T^*)$ . Pentru a rezolva o asemenea problemă, în fiecare caz concret, mai întâi de toate trebuie de cuantificat expresia analitică a funcției  $f(A,T)$ , de indicat modalitatea de evaluare a acesteia, dar și de a pus în evidență acele restricții, care urmează de a fi respectate.

Totodată, e important de menționat, că (3)-(5) reprezintă un model formal raportat pentru ambele tipuri de rețea.

Astfel, conform [11], **modelul matematic pentru rețele cu fir**, care include *n* zone, cheltuielile pentru localitatea (zona) *i*, se calculează reieșind din următoarele componente:

**A.** Costuri de echipament/centrala. Depinde de capacitatea de deservire necesară calculate și de fiabilitatea care este necesară de a fi asigurată.

$$\text{Se notează cu: } Cf_i(S_j^p), \quad (6)$$

unde,  $j=1, 2, \dots$  - reprezintă indicatorul de capacitate a stației amplasate în localitatea *i*;

iar, *p* reprezintă indicatorul de fiabilitate (sau probabilitatea funcționării fără refuz a stației).

**B.** Costurile rețelei de transmisii pentru centrală se încadrează în intervalul [10000; 600000] MDL. Se notează cu:

$$Cf_i(d_i^c; Th_l), \quad (7)$$

unde  $d_i^c$  – reprezintă distanța tractului (linia) în localitatea  $i$  de la stație până la punctul de conectare în rețeaua backbone;

iar,  $Th_l$  – reprezintă tipul tehnologiei utilizate pentru asigurarea transportului spre stația de bază;

$l = 1$  – tract liniar prin fibra optică;

$l = 2$  – tract liniar prin sistem Microwave (radio releu).

**C.** Costuri pentru asigurarea stației de bază cu sursă de energie electrică (LEA) se încadrează în intervalul [70000; 600000] MDL. Se notează cu:

$$Cf_i(d_i^r), \quad (8)$$

unde,  $d_i^r$  - reprezintă lungimea LEA până la punctul de racordare pentru electro- alimentarea stației în zona  $i$ ;

$r = 1$  – conectare prin disjunctoare la sursa trifazată în punctul de racordare;

$r = 2$  – conectare prin transformator de coborâre a tensiunii în punctul de racordare.

**D.** Costuri de construcție a încăperii/spațiului tehnologic. Depind de tipul și de complexitatea lucrărilor. Diapazonul calculat se încadrează în intervalul [30000; 1200000] MDL. Se notează cu:

$$Cf_i(T_c, Cl), \quad (9)$$

unde  $T_c$  – reprezintă tipul construcției utilizate caracterizată prin materiale utilizate, iar  $Cl$  determină indicatorul de complexitate a lucrărilor.

**E.** Costurile de achiziție teren sau locațiune a spațiului tehnologic pentru instalarea stației de bază în zona  $i$  se încadrează în intervalul [1000; 30000] MDL. Se notează cu:

$$Cf_i(t_i), \quad (10)$$

unde  $t_i$  – reprezintă terenul preconizat pentru implementarea stației;

$t_i = 1$  – metoda de achiziție;

$t_i = 2$  – metoda de locațiune a spațiului.

**F.** Costuri de organizare a ultimei mile (distribuția către abonat). Depind de distanța și de tehnologia selectată. Se notează cu:

$$Cf_i(d_{ij}, Ts), \quad (11)$$

unde  $d_{ij}$  – reprezintă distanța de la stația  $i$  până la abonatul  $j=1,2,\dots,m_i$  - numărul abonaților din localitatea  $i$ , iar  $Ts$  - tehnologia selectată.

Astfel, costul total de implementare a unei centrale în zona  $i$ , notat cu  $Cf_i$ , este:

$$Cf_i = Cf_i(S_i^p) + Cf_i(d_i^c; Th_l) + Cf_i(d_i^r) + Cf_i(T_c, Cl) + Cf_i(t_i) + Cf_i(d_{ij}, Ts) \quad (12)$$

Numărul zonelor, în acest caz, este apriori cunoscut, fiind egal cu  $n$  – numărul localităților din aria de acoperire.

Prin urmare, dacă suprafața de acoperire constă din  $n$  zone, costul total al rețelei (notat  $Cf_R$ ) se exprimă astfel:

$$Cf_R = \sum_{i=1}^n Cf_i. \quad (13)$$

**În cazul comunicațiilor fără fir**, cheltuielile se calculează reieșind din următoarele componente:

A. Costurile de echipament BTS în zona  $i$  se încadrează în intervalul [350000; 540000] MDL și se notează cu:

$$C_i(S_j^q), \quad (14)$$

unde,  $j$  reprezintă tipul stației de bază (costuri hardware):

$j = 1$  - BTS<sub>1</sub> cu un sector (un bloc radio și o antenă directivă),

$j = 2$  - BTS<sub>2</sub> cu două sectoare (două blocuri radio și două antene directive),

$j = 3$  - BTS<sub>3</sub> cu trei sectoare (trei blocuri radio și trei antene directive),

iar,  $q$  reprezintă indicatorul de capacitate a sectorului BTS:

$q = 1$  – sector dotat cu resurse software (16QAM, AMR, ș.a.),

$q = 2$  – sector dotat cu resurse software (64QAM, AMR-WB, ș.a.).

B. Costurile rețelei de transmisiuni pentru BTS se încadrează în intervalul [10000, 600000] MDL și se notează cu:

$$(d_i^c; Th_l), \quad (15)$$

unde,  $d_i^c$  – reprezintă distanța tractului în zona  $i$  de la BTS până la punctul de conectare în rețeaua backbone,

iar,  $Th_l$  – reprezintă tipul tehnologiei utilizate pentru asigurarea transportului spre stația de bază:

$l = 1$  – tract liniar prin fibra optică,

$l = 2$  – tract liniar prin sistem Microwave (radio releu),

$l = 3$  – tract liniar prin sistem point-to-point WiFi.

C. Costurile pentru asigurarea stației de bază cu sursă de energie electrică (LEA) se încadrează în intervalul [70000; 600000] MDL și se notează cu:

$$C_i(d_i^r), \quad (16)$$

unde  $d_i^r$  - reprezintă lungimea LEA pină la punctul de racordare pentru electro alimentarea BTS în zona  $i$ :

$r = 1$  – conectare prin disjunctoare la sursa trifazată în punctul de racordare,

$r = 2$  – conectare prin transformator de coborâre a tensiunii în punctul de racordare.

D. Costurile ale construcțiilor civile (metalo construcțiilor) pentru instalarea echipamentului BTS în zona  $i$  se încadrează în intervalul [30000; 1200000] MDL și se notează cu:

$$C_i(T_c), \quad (17)$$

unde,  $T_c$  – reprezintă tipul construcției caracterizate prin materiale utilizate, constructiv și înălțimea totală asigurată pentru instalarea stației de bază.

E. Costurile de achiziție teren sau locațiune a spațiului tehnologic pentru instalarea stației de bază în zona  $i$  se încadrează în intervalul [1000; 30000, MDL]. Acestea se notează cu:

$$C_i(t_i), \quad (18)$$

unde  $t_i$  – reprezintă terenul preconizat pentru implementarea stației de bază:

$t_i = 1$  – metoda de achiziție,

$t_i = 2$  – metoda de locațiune a spațiului.

F. Costurile fixe pentru autorizarea emisei stației de bază și avizele necesare ( $a$ ) pentru a pune în funcțiune stația BTS în zona  $i$  și se notează cu:

$$C_i(a), \quad (19)$$

Astfel, costul total de implementare a unei stații de bază în zona  $i$  se exprimă prin:

$$C_i = C_i(S_j^q) + C_i(d_i^f; Th_i) + C_i(d_i^r) + C_i(T_c) + C_i(t_i) + C_i(a). \quad (20)$$

Numărul zonelor se va exprima prin:

$$n = n(d). \quad (21)$$

Mărimea  $d$  reprezintă lungimea razei BTS (hexagonului) în zona  $i$ .

Formula de calcul (în cazul rețelei hexagonale) a caracteristicii  $d$  este următoarea [Grimaila, 2006, p.25-30]:

Prin urmare, dacă  $d = \sqrt{L \cdot \frac{2}{3 \cdot \sqrt{3}}}$  suprafața de acoperire constă din  $n$  zone, costul total al rețelei (notat cu  $C_R$ ) se exprimă astfel:

$$C_R = \sum_{i=1}^{n(d)} C_i, \quad (22)$$

unde valoarea  $C_i$  se calculează conform relației (20).

**Metodologie de eficientizare a cheltuielilor necesare pentru dezvoltarea infrastructurii de telecomunicații în Republica Moldova.** Deși Republica Moldova e o țară relativ mică, problema dezvoltării infrastructurii informaționale naționale (IIN) nu poate fi soluționată uniform pe întreg teritoriul ei. Totul constă în faptul că factorii de influență la soluționarea acestei probleme sunt esențial diferiți în diferite zone geografice ale țării. Acești factori țin de:

- intensitatea fluxurilor informaționale locale;
- cerințele față de cantitatea și calitatea serviciilor oferite;
- densitatea instituțiilor publice și a populației în diferite zone;
- nivelul de dezvoltare deja existent al rețelelor de comunicații electronice în zonele respective;



- e) prioritățile condiționate de strategia națională de dezvoltare economică a diferitelor zone;
- f) bugetul disponibil pentru astfel de proiecte, etc., etc.

În acest context, în soluționarea problemei dezvoltării IIN din punct de vedere al optimizării cheltuielilor necesare pentru dezvoltarea întregii infrastructuri de comunicații electronice în țară pot fi evidențiate 3 etape:

1) **Împărțirea întreg teritoriului RM în zone geografice**, fiecare dintre care are condiții și factori de influență specifici și similari din punct de vedere al necesităților informaționale, al cerințelor față de criteriile de calitate a serviciilor de comunicații electronice, și al celorlalți factori de influență enumerați mai sus.

Pentru aceasta se cer investigații speciale ale acestor factori de influență și elaborarea unor propuneri concrete de structurare a teritoriului republicii cu aprobarea acestor zone. Dar, considerăm că punctul de pornire în această structurare trebuie să fie recunoașterea diferențelor esențiale dintre următoarele niveluri de IIN:

- a) Centre mari administrative, științifice și culturale cu densitate înaltă a populației (Chișinău, Bălți);
- b) Orașe medii (Orhei, Bender, Ungheni, etc.) și centre raionale;
- c) Mediul rural, care include restul teritoriului țării.

Desigur, că la determinarea zonelor geografice din punct de vedere al dezvoltării IIN, pe lângă aceste orientări prealabile, trebuie de luat în considerație și ceilalți factori de influență, menționați anterior. În special, e important faptul că nivelul actual de dezvoltare al rețelelor de comunicații electronice e foarte diferit în diferite teritorii. După cum a fost menționat anterior, dacă în mediul urban utilizatorii beneficiază de o mai mare diversitate a ofertei de servicii, utilizatorii din mediul rural se confruntă fie cu posibilități limitate de alegere, fie cu lipsa totală a accesului la mijloacele de comunicații, chiar aflându-se în afara ariei de acoperire a rețelelor de comunicații electronice mobile.

Deci, și în condițiile când necesitățile informaționale ale utilizatorilor sunt similare în diferite zone ale țării, problema dezvoltării IIN și a optimizării cheltuielilor necesare ar fi diferită din cauza nivelurilor diferite deja existente de dezvoltare a rețelelor de comunicații electronice în aceste zone.

## **2) Evaluarea costurilor necesare pentru dezvoltarea rețelelor de comunicații electronice în fiecare zonă geografică**

Vom enumera aspectele elaborării modelului matematic de evaluare a cheltuielilor într-o zonă geografică separată. Se presupune că în aceleași zone geografice ar putea fi dezvoltate atât rețelele cu fir, cât și fără fir. Chiar dacă unul din aceste tipuri de rețea nu ar fi inclus în strategia de dezvoltare, modelul matematic ar fi același ca în cazul când se dezvoltă ambele tipuri. În dependență de criteriile și factorii de influență, pentru fiecare zonă conexasă se concretizează modelele de evaluare a costurilor descrise mai sus. În modelele matematice deja

elaborate se introduce indexul zonei geografice  $ZG_l$  ca variabilă suplimentară la cele deja discutate. Principala componentă a modelului de evaluare a costurilor necesare pentru dezvoltarea întregii infrastructuri de comunicații electronice în țară este **modelul de calculare a cheltuielilor necesare pentru dezvoltarea rețelelor de comunicații electronice în fiecare zonă geografică**.

Conform [12], costul rețelei în raport cu zona geografică  $ZG_l$ :

$$CZG_l = K_l^1 \times CRCF_l + K_l^2 \times CRFF_l, \quad (23)$$

unde:

$CRCF_l$  exprimă costul rețelei cu fir în  $ZG_l$ ;

$CRFF_l$  – costul rețelei fără fir în  $ZG_l$ ;

Coefficienții  $K_l^1, K_l^2 \in \{0,1\}$ ,  $K_l^1 + K_l^2 \in \{1,2\}$ .

Prin urmare, variantele posibile pentru setul  $(K_l^1, K_l^2)$  sunt: (1,0); (0,1);

(1,1).

Formula (23) exprimă costul total al rețelei ( $K_l^1 = 1, K_l^2 = 0$  sau  $K_l^1 = 0, K_l^2 = 1$ ), sau rețelelor ( $K_l^1 = 1, K_l^2 = 1$ ) corespunzător  $ZG_l$ .

*Remarcă:* Dacă a priori sunt determinate cerințele asupra calității rețelei pentru  $ZG_l, QRZG_l$ , atunci problema minimizării costului total al rețelei pentru zona geografică dată  $l$  are forma:

$$CZG_l \rightarrow \min; IQ^l \div QRZG_l,$$

unde  $CRCF_l$  are aspectul formulei:

$$Cf_R = \sum_{i=1}^n Cf_i, \quad (24)$$

ajustată la zona geografică  $l$ ;

$CRFF_l$  se prezintă prin formula:

$$C_R = \sum_{i=1}^{n(d)} C_i, \quad (25)$$

la fel ajustată în raport cu zona  $l$ .

Precizăm că valorile  $Cf_i$  și  $C_i$  reprezintă costurile totale de implementare a unei centrale în locația  $i$  a zonei geografice date, pentru rețelele cu fir și fără fir, corespunzător, această zonă fiind constituită din  $n$  locații.

Chiar dacă unul din aceste tipuri de rețea nu ar fi inclus în strategia de dezvoltare, modelul matematic ar fi același ca în cazul când se dezvoltă ambele tipuri.

### 3) Evaluarea costurilor necesare pentru dezvoltarea întregii infrastructuri de comunicații electronice în țară

După soluționarea problemei de optimizare a cheltuielilor pentru dezvoltarea rețelelor de comunicații electronice în fiecare zonă geografică aparte se calculează cheltuielile totale necesare pentru dezvoltarea infrastructuri de comunicații electronice în toată țara.

Având în vedere că la etapa precedentă au fost optimizate nu numai cheltuielile pentru dezvoltarea rețelelor de comunicații electronice, dar și că aceasta a fost efectuată în condițiile asigurării tuturor cerințelor specifice față de

volumul și calitatea serviciilor informaționale specifice pentru zonele respective, putem concluda că **suma cheltuielilor optimizate în fiecare zonă geografică a țării** va prezenta **cheltuielile totale** necesare pentru dezvoltarea întregii infrastructuri de rețele de comunicații electronice naționale.

În acest context, și reieșind din modelele de evaluare și optimizare a costurilor prezentate anterior (cu fir și fără fir), **cheltuielile totale** necesare pentru dezvoltarea întregii infrastructuri de rețele de comunicații electronice naționale se vor calcula după un model agregat. Pentru aceasta vom introduce următoarele notații:

$ZG_l$  – zona geografică  $l$  ( $l = 1, 2, 3, \dots, L$ );

$RZG_l$  – rețeaua zonei geografice  $l$ ;

$MZG_l$  – modelul de evaluare a costurilor rețelei din zona geografică  $l$ ;

$CZG_l$  – costul rețelei de telecomunicații în zona geografică  $l$ ;

$QRZG_l$  – cerințele asupra calității rețelei pentru zona geografică  $l$ ;

$IQ^l$  – indicatori de calitate a rețelei pentru zona geografică  $l$ .

Modelul de evaluare a costurilor rețelei din zona geografică  $l$  se poate prezenta succint într-una din următoarele trei forme:

$$MZG_l = \begin{cases} MCF_l \\ MFF_l \\ MCF_l \text{ și } MFF_l \end{cases}$$

unde:

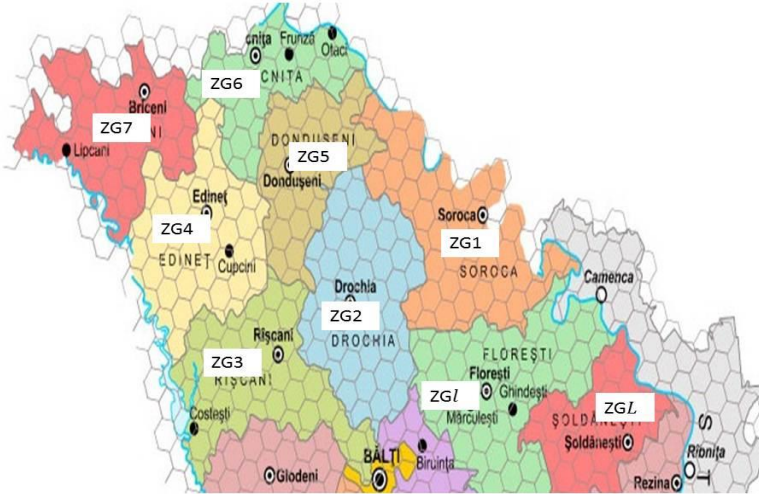
$MCF_l$  exprimă modelul de evaluare a costului rețelei cu fir în zona teritorială  $l$ ;

$MFF_l$  – modelul de evaluare a costului rețelei fără fir în zona teritorială  $l$ .

În unele situații ar fi rațional ca fiecărei zone geografice să i se pună în corespondență o pondere (prioritatea zonei date)  $ZG_l \rightarrow P_l > 0, l = \overline{1, L}$ . Prin prioritatea putem subînțelege ordinea de execuție a lucrărilor pe zonele respectiv în dependență de unii factori obiectivi și subiectivi, cum ar fi: strategii de dezvoltare, decizii politice, etc.

Fie  $P_1 \geq P_2 \geq \dots \geq P_L$  și  $\sum_{l=1}^L P_l = 1$ .

Să admitem că, pentru dezvoltarea rețelei Republicii Moldova se alocă un buget clar determinat  $B$ . Pentru fiecare zonă, va fi suportat un cost total  $C_l$ . Fie că zonei  $l$ , de exemplu, îi corespunde acoperirea hexagonală, determinată prin simularea  $S$ , iar  $C_l^S$  reprezintă costul rețelei pentru  $ZG_l$  (figura 4).



**Figura 4. Reprezentarea zonelor geografice în perspectiva dezvoltării rețelelor de comunicații electronice**

*Sursa: elaborat de autor*

Dacă costul total al rețelei Republicii Moldova simulate în urma scenariului S, nu depășește bugetul B, adică:  $C_1^S + C_2^S \dots + C_l^S \dots + \dots + C_L^S \leq B$  și pe orice zonă se respectă criteriile de calitate înaintate, atunci putem afirma că bugetul B este suficient pentru elaborarea unei rețele funcționale pe întreg teritoriul Republicii Moldova.

Cu alte cuvinte, bugetul B alocat este suficient pentru elaborarea rețelei Republicii Moldova, având posibilitatea, totodată, de a economisi o parte din acest buget pentru alte proiecte, deoarece este evident că, în varianta optimă, din punctul de vedere al costurilor, costul minimal total al rețelei Republicii Moldova nu va depăși bugetul B.

Relației  $IQ^l \div QRZG_l$  i se atribuie următoarea semnificație: indicatorii de calitate  $IQ^l$  selectați pentru zona  $l$  respectă, în totalitate, cerințele a priori înaintate pentru această zonă. La modificarea razei hexagonului în direcția creșterii diametrului acestuia, variază acești indicatori, iar pentru unele valori ale diametrului respectiv, unii dintre acești indicatori pot fi inadmisibili.

Modelul general, conform notațiilor poate fi redat astfel:

$$CZG_1 + CZG_2 + \dots CZG_l + \dots CZG_L \rightarrow \min,$$

cu condiția că,

$$IQ^l \div QRZG_l \quad (l = 1, 2, 3, \dots L).$$

*Remarcă:* Dacă a priori sunt determinate cerințele asupra calității rețelei pentru  $ZG_l$ ,  $QRZG_l$ , atunci problema minimizării costului total pentru toate L zone geografice:

$$\sum_{l=1}^L CZG_l \rightarrow \min; IQ^l \div QRZG_l \quad (l = 1, 2, 3, \dots L),$$

se reduce la L probleme de optimizare pentru zonele teritoriale respective:

$$CZG_l \rightarrow \min; IQ^l \div QRZG_l \quad (l = 1, 2, 3, \dots L).$$

În acest caz evident, are loc relația:

$$\min_{IQ^1, \dots, IQ^L} \sum_{l=1}^L CZG_l = \sum_{l=1}^L \min_{IQ^l} CZG_l, \quad (26)$$

ceea ce denotă că costul optimal total al rețelei de telecomunicații pe țară se constituie din suma costurilor minimale ale rețelelor corespunzătoare celor L zone geografice.

În acest scop, a fost analizat un studiu de caz raportat la modelul rețelelor de telecomunicații fără fir. Cu ajutorul modelelor menționate mai sus au fost realizate anumite scenarii admisibile, selectând dintre toate acestea varianta preferată. În rezultatul cercetării, reeșind din datele studiului prezentate pentru acoperirea celor 12 localități selectate drep exemplu, s-a constatat, că utilizând modulația 64QAM pentru acoperirea la nivel teoretic, cât și pentru asigurarea valorilor de calitate apriori indicate este necesar un număr de 1.7 ori mai mare de stații de bază decât în cazul modulării 16QAM. Iar în cazul modulării 16QAM și cu condiția păstrării indicatorilor de calitate în limitele admisibile, costurile de investiție se vor reduce cu ~46,2%. Metoda poate fi adaptată pentru soluționarea și a altor probleme similare de optimizare cu variabile discrete, ajustate la gradul de influență specific a acestora asupra funcțiilor obiectiv și asupra restricțiilor de domeniu IT.

În mod general, pentru soluționarea problemelor întru dezvoltarea întregii infrastructuri de telecomunicații în țară, rezultatele obținute în teză pot fi folosite în felul următor: 1. În baza unor cercetări suplimentare e necesar de împărțit întreg teritoriul țării în zone cu diferite cerințe față de criteriile de calitate a serviciilor de comunicații; 2. După aceea, în dependență de aceste criterii, pentru fiecare zonă conexă se concretizează modelele de evaluare a costurilor descrise mai sus; 3. Astfel, metodologia examinată ar permite soluționarea problemelor de optimizare a costurilor respectând cerințele în raport de criteriile de calitate.

Reeșind din faptul că unul din scopurile tezei este optimizarea rețelelor de comunicații la nivelul structurii topologice, bazate pe teoria grafurilor unde pot fi utilizate diverse soluții matematice și computaționale, a fost elaborat suportul informațional și anume aplicația informatică de simulare, realizată în limbajul de programare Visual C#, care poate furniza soluții de optimizare ca o frontieră între teorie și practică.

**În capitolul IV, „Dezvoltarea rețelelor de comunicații în bandă largă”**, este efectuată o analiză amplă a tehnologiilor utilizate pentru accesul în bandă largă la Internetul fix și mobil în Republica Moldova, cât și a conceptelor și obiectivelor implementării serviciului universal. Măsurile care au fost propuse

de catre ministerul de resort prin Hotărârea Guvernului nr.629 din 5 iulie 2018 “de intervenție publică necesare” pentru dezvoltarea rețelelor de bandă largă, și anume: realizarea inventarului digital al rețelelor publice de comunicații electronice și al elementelor de infrastructură; consultări publice; procedură competitivă de ofertare; cea mai eficientă licitație publică din punct de vedere economic și altele sunt doar idei declarative care nu vor aduce un efect scontat în următoarea perioadă de timp. Câteva măsuri ce se referă la neutralitatea tehnologică unde, “serviciile de acces în bandă largă la puncte fixe pot fi furnizate prin intermediul unei platforme de infrastructură de rețea realizată prin fir, fără fir, prin satelit și tehnologii mobile ori dintr-o combinație” și utilizarea infrastructurii existente disponibilă „pentru a evita orice suprapunere inutilă și ineficientă a resurselor și pentru a reduce sumele alocate prin finanțare publică a acestora”, au fost deja implementate și la momentul actual nu sunt suficiente pentru realizarea scopului propus.

Astfel, au fost analizate, în mod comparativ, aspectele oportunității implementării serviciului universal în statele în curs de dezvoltare și influența sa asupra dezvoltării domeniului comunicațiilor electronice. Conform [8], comunicațiile electronice reprezintă astăzi, atât pentru Republica Moldova, cât și pentru majoritatea statelor lumii, un sector strategic al economiei naționale. “Sectorul comunicațiilor electronice cunoaște o orientare clară către un anumit profil concurențial”. [9, p.174]

Accesul la serviciul universal presupune dreptul tuturor locuitorilor unui stat de a beneficia de un anumit set de servicii de comunicații electronice de un anumit nivel de calitate și la prețuri accesibile, indiferent de amplasarea lor geografică.

În vederea compensării costului net al furnizării serviciilor din sfera serviciului universal, urmează de stabilit un mecanism de finanțare bazat pe contribuțiile furnizorilor de rețele sau de servicii de comunicații electronice.

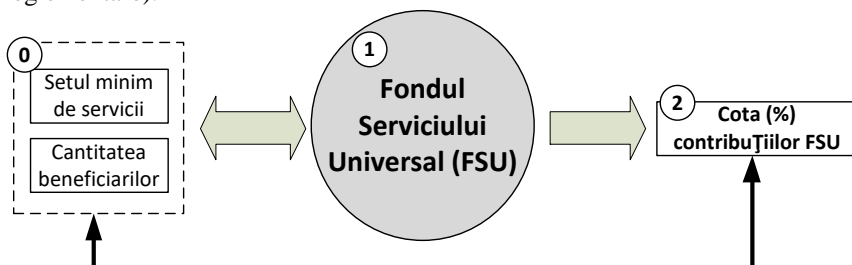
Este important de observat că pentru statele din Europa, cota achitată de furnizorii de servicii de comunicații electronice este sub un procent. Pentru restul regiunilor (Asia, Africa, America) este în mediu de 1÷2 %. Cel mai mare procent este în SUA – 15÷17%, care poate fi mai mare sau mai mic (se calculează trimestrial).

De asemenea, este de remarcat faptul că, în câteva state, acest Fond se formează din bugetul de stat (Cehia și Chile) sau din venit per fiecare minut internațional (Sri Lanka, Jamaika, Mauritius), iar în Japonia și Honk Kong din numerele alocate per fiecare furnizor.

Însă această cota (%) se determină după următoarele etape, de care trebuie să se conducă o autoritate de reglementare a sectorului conform figurii 5.:

**0.** Stabilirea setului minim de servicii și cantitatea beneficiarilor (de obicei se face de către – Guvern, ministerul în ramură);

1. Calcularea Fondului Serviciului Universal (autoritatea de reglementare);
2. Stabilirea cotei (%) contribuțiilor formării Fondului (autoritatea de reglementare).



**Figura 5. Fondul Serviciului Universal**

*Sursa: elaborată de autor*

Astfel, putem observa, că cota contribuțiilor depinde direct de setul minim de servicii oferite și de numărul beneficiarilor (care putem aproxima că este același pentru o perioadă relativă mare de timp).

Astfel, alocarea fondurilor destinate compensării costului net al furnizării serviciilor din sfera serviciului universal, în vederea atingerii obiectivelor de politica și strategie, va fi realizată în funcție de prioritățile de implementare a serviciului universal, asigurându-se o utilizare eficientă a acestor fonduri.

Un rol important în dezvoltarea rețelelor în bandă largă îl au rețelele inteligente și din acest motiv, au fost examinate unele aspecte care fac posibilă rezolvarea problemelor complexe ce pot apărea în telecomunicații și sunt capabile să modeleze și să extragă caracteristicile traficului din experiență; să se adapteze la solicitările dinamice ale rețelei de comunicații; să prezică comportarea traficului și să-l controleze dinamic; etc.

Concluziile și propunerile din acest capitol vor contribui la dezvoltarea rețelelor în bandă largă, cât și la implementarea serviciului universal în domeniul comunicațiilor electronice din Republica Moldova.

## CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI

Ca rezultat al studiului științific efectuat în domeniul direcțiilor și metodelor de dezvoltare a rețelelor de comunicații electronice și în baza sintetizării materiei expuse în prezenta teză, pot fi formulate următoarele **concluzii generale**:

**1.** În societatea modernă rețelele de comunicații electronice, și în deosebi Internet-ul, sunt extrem de esențiale pentru globalizarea proceselor de comunicare, nu și fără de piața de telefonie mobilă (voce și date). În condițiile în care societatea modernă devine din ce în ce mai dependentă de rețelele de socializare, care la rândul lor memorează, prelucrează și transmit informația tuturor participanților la acest proces, se evidențiază o necesitate de interoperabilitate tot mai vădită dintre rețelele globale de telefonie fixă și mobilă, cât și a rețelelor de calculatoare, care au depășit demult granițele naționale. Odată cu extinderea rețelelor de comunicații electronice la scara întregii planete, ele devin acel mecanism, care schimbă modul de viață în societate și se impun noi abordări și cerințe față de omenire.

Problematica ce ține de rețelele de comunicații electronice este dintr-o categorie mare de aplicații numite structuri combinatoriale. Este de menționat că operatorii de telecomunicații folosesc tehnologia IP pentru a reduce costurile rețelei și dezvoltării serviciilor. La nivel național numai o mică parte a traficului telefonic este dirijată în prezent prin rețeaua IP, dar rata de creștere este foarte mare. La nivel internațional o proporție semnificativă a traficului telefonic este deja transportată prin rețea IP.

Datele statistice din Republica Moldova arată că în anul 2019 volumul total al veniturilor în sectorul comunicațiilor electronice (telefonie mobilă, Internet mobil, telefonie fixă, Internet fix, transmisie și retransmisie a programelor audiovizuale, alte activități în domeniul comunicațiilor electronice au înregistrat, în raport cu anul 2018, o diminuare ușoară de 266,6 mln MDL (- 4,1%) și a însumat 6 mld. 173,1 mln MDL. Această situație a fost cauzată de diminuarea vânzărilor pe trei segmente de piață: telefonie fixă, Internet mobil dedicat, telefonie mobilă, cât și de veniturile din alte activități din domeniu, care s-au micșorat cu 2,8% și au constituit 686, 9 mln MDL. Vânzările pe piața de telefonie fixă s-au micșorat cu 20,4% și au totalizat 443,3 mln MDL, pe piața de telefonie mobilă au înregistrat o scădere de 2% și au însumat 3142,7 mln MDL, iar pe piața serviciilor de Internet mobil dedicat - cu 0,9% și au alcătuit 240 mln MDL.

Totodată, s-a constatat că situația de pe celelalte segmente ale pieței de comunicații electronice în anul 2019, și anume, veniturile provenite din vânzarea serviciilor de acces la Internet fix, au sporit cu 5,7% și au însumat 1361,7 mln MDL, iar cele din vânzarea serviciilor de retransmisie a programelor audiovizuale au crescut cu 20% și au totalizat 298,6 mln MDL. (capitolul 1)

**2.** În rezultatul unei analize multidimensionale a specificului situației existente în RM în domeniul dezvoltării infrastructurii informaționale naționale



s-a constatat că, pe lângă unele succese importante în dezvoltarea diferitelor componente, inclusiv a rețelelor de telecomunicații, aici mai sunt mari probleme, care frânează în mod esențial ritmul de dezvoltare a acestui compartiment important al infrastructurii informaționale a societății din Republica Moldova față de alte țări industrial dezvoltate din occident. Printre **problemele principale existente** pot fi enumerate, în primul rând, decalajul enorm dintre nivelul de dezvoltare a rețelelor de telecomunicații în zonele urbane și cele rurale, dar și, respectiv, dintre nivelul serviciilor informaționale în aceste zone. (capitolul 1)

**3.** În baza analizei stării actuale în domeniul dezvoltării rețelelor de telecomunicații a RM, a experienței și strategiilor de dezvoltare a acestei componente a infrastructurii în țările industrial dezvoltate, și luând în considerație situația economică complicată din țară, cu resurse limitate de finanțare a lucrărilor din domeniu, în lucrarea dată a fost formulată **problema** și, respectiv, **argumentată tema cercetărilor științifice**, dar și **scopul investigațiilor** în cadrul temei, toate acestea fiind orientate la identificarea unor metode și mijloace instrumentale de eficientizare a procesului de dezvoltare a rețelelor de comunicații electronice (capitolul 1). În cadrul acestor investigații în teză au fost obținute următoarele **rezultate științifice și practice**:

1) A fost elaborată o metodă și, respectiv, un model matematic de evaluare și optimizare a costurilor pentru dezvoltarea rețelei de comunicații **cu fir** pentru anumite zone teritoriale, hotarele cărora pot fi definite prin mulțimea de caracteristici similare (densitatea populației, fluxurile informaționale, strategiile de dezvoltare economică a zonei, etc.); (capitolul 3)

2) A fost elaborată o metodă și, respectiv, un model matematic de evaluare și optimizare a cheltuielilor pentru dezvoltarea rețelei de comunicații **fără fir**, pentru anumite zone teritoriale;

3) În baza metodelor și modelelor matematice de optimizare a rețelelor de telecomunicații cu fir și fără fir, propuse pentru anumite zone teritoriale, a fost elaborat un model matematic și o metodologie de evaluare și optimizare a cheltuielilor pentru dezvoltarea rețelelor de telecomunicații pe întreg teritoriul Republicii Moldova. Această metodologie include trei etape de realizare:

- Împărțirea teritoriului RM în zone teritoriale cu diferite cerințe față de criteriile de calitate a serviciilor de comunicații și diferiți factori de influență la soluțiile de proiect (tehnici, economici, sociali);
- Optimizarea cheltuielilor de dezvoltare a rețelelor cu fir și fără fir în zonele teritoriale, în baza metodelor matematice elaborate;
- Evaluarea cheltuielilor de dezvoltare a rețelelor pe întreg teritoriul țării.

Este de menționat că eficientizarea cheltuielilor pentru dezvoltarea rețelelor se efectuează concomitent cu asigurarea unei calități înalte a acestora în cele mai diverse scopuri, cum ar fi optimizarea a înseși rețelei de acces, îmbunătățirea sunetului, tonalității, etc.;

Metodologia propusă poate fi utilizată pentru rețeaua cu căile de acces bazate pe tehnologii de sârmă, DSL, fibra optică și radio. Metoda poate fi adaptată pentru soluționarea și a altor probleme similare de optimizare cu variabile discrete, ajustate la gradul de influență specific al acestora asupra funcțiilor obiectiv și asupra restricțiilor de domeniu. (capitolul 3)

4) O atenție deosebită este acordată analizei stării serviciului universal în RM, prezentat în teză ca un criteriu major care trebuie să contribuie la dezvoltarea rapidă a telecomunicațiilor, cu un obiectiv de beneficiere de către utilizatorii finali, de noile servicii și tehnologii din acest domeniu. Pornind de la directivele europene, orientate spre asigurarea accesului la un set minim de servicii de comunicații electronice, considerate drept o normă fundamentală pentru cetățenii statelor membre, esențiale, atât pentru integrarea lor în comunitate, cât și, în societatea informațională, respectând standardele de calitate în vigoare, considerăm că, în lipsa accesului la serviciile de comunicații electronice care corespund criteriului de calitate și accesibilitate preț, se pot produce riscuri de marginalizare a celor vizați în societatea contemporană. În acest context în lucrare au fost formulate anumite concluzii referitoare la necesitățile RM.

5) În baza metodelor matematice propuse, a fost elaborată o **aplicatie informatică CoverageMap** de simulare a optimizării rețelelor de comunicații la nivelul structurii topologice. Soft-ul respectiv a fost realizat în limbajul de programare Visual C#, care poate furniza soluții de optimizare, fiind ca o punte de trecere de la teorie la practica decizională în domeniul dat.

Cercetările în cauză au fost completate de simularea unor exemple concrete, folosind aplicația **CoverageMap**. Ca rezultat, se obține o reducere a cheltuielilor în baza micșorării numărului de stații de bază necesare, de la 17 stații la 10. Ceia ce permite de a micșora cheltuielile la 32,5 mln. lei la 17, 5 mln. lei, adică o reducere semnificativă a cheltuielilor cu aproximativ 46%. (capitolul 3)

6) La elaborarea aplicației a participat autorul tezei date în calitate de manager de proiect, căruia îi aparține ideea conceptuală a aplicației și care a gestionat procesul de implementare a programului.

4. Realizând toate etapele ciclului de viață a cercetării (începând cu formularea problemei de cercetare și continuând cu obținerea rezultatelor științifice, elaborarea în baza lor a aplicației informatice, implementarea ei și simularea diferitelor situații practice în domeniu), putem face următoarea concluzie referitoare la **avantajele abordării propuse**: spre deosebire de modelul cel mai apropiat de scopul cercetării în cauză, cunoscut din literatură, care este un model abstract, cu o descriere foarte generală a situației, fără specificarea la concret a dependenței funcției cost de setul de variabile importante (variabila limitei rețelei de acces, dimensiunea elementului grilă, a

zonei de delimitare, tipul canalului de transmisie, viteza transmiterii datelor, etc.) și fără indicarea relațiilor prin care ar trebui să se illustreze constrângerile impuse, **în metoda de evaluare propusă** în teză și în modelele matematice elaborate a fost cuantificată expresia analitică a funcției cost, și indicată modalitatea de evaluare a acesteia. Totodată, au fost puse în evidență acele restricții, care trebuie să fie respectate. Pe lângă aceasta, comparativ cu modelele existente cunoscute, modelele elaborate în teză sunt bazate pe specificul dezvoltării rețelelor de comunicații din RM, realizate în baza standardelor internaționale și a unei abordări sistemice, reieșind din progresul tehnico–științific al tehnologiilor de ultimă generație. O altă particularitate a modelelor elaborate în teză este concretizarea datelor ce se referă la costurile echipamentelor și componentelor rețelelor de comunicații electronice cu fir și fără fir. Astfel, modelele elaborate, completate de aplicația informatică realizată pe baza lor, au devenit efectiv lucrative și pot fi utilizate în practica decizională din domeniu.

### **Recomandări:**

1. E necesară dezvoltarea și aplicarea modelelor matematice propuse în teză pentru a fi utilizate la analiza și optimizarea rețelelor de comunicații electronice deja existente, sau la proiectarea și edificarea unor rețele fiabile cu costuri reduse. Totodată, modelele matematice propuse, vor avea drept scop optimizarea rețelelor la scara unei suprafețe, care poate cuprinde teritoriul unui stat, prin realizarea unor anumite scenarii admisibile, oferind varianta optimă.

2. Se impune adoptarea de măsuri concrete în vederea promovării, prin intermediul serviciului universal, unei distribuții echilibrate pentru populația din zonele rurale și urbane, oferirii serviciilor de înaltă calitate atât pentru utilizatorii din zonele înalt dezvoltate, cât și pentru cele cu situația economică mai modestă, ceea ce va contribui la efecte benefice de ordin ecologic, atât prin stoparea migrației spre zonele urbane, cât și prin repartizarea uniformă a zonelor industriale.

3. În scopul identificării problemelor care necesită implicarea statului prin intervenții de reglementare, este oportun de a efectua analiza evoluției sectorului de comunicații electronice, în special, a segmentelor de telefonie mobilă celulară și de telefonie fixă la un punct fix, având în vedere că serviciul universal presupune accesul la rețelele și serviciile publice de comunicații de voce.

4. Pentru cercetătorii din domeniul dezvoltării infrastructurii informaționale naționale se recomandă dezvoltarea de mai departe a modelelor matematice, care ar lua în considerație nu numai starea actuală și factorii moderni de influență la soluțiile de proiect, dar și tendințele și perspectivele posibile de dezvoltare în viitor a infrastructurii informaționale a societății.

## BIBLIOGRAFIE

1. Directive 2014/61/EU of the European Parliament and of the Council of 15 May 2014 on measures to reduce the cost of deploying high-speed electronic communications networks. In: *Official Journal of the European Union*, L 155, 23.05.2014, pp. 1.
2. RĂDULESCU, Tatiana. *Rețele de telecomunicații*. București: Editura Thalia, 2005, 502 p. ISBN 9738592607, 9789738592605.
3. ANDREI, Ilie. *Rețele de telecomunicații, Partea I*. București: Ed. Printech, 2009. 78 p.
4. НАЗАРОВ, И. Развитие и оптимизация телекоммуникационных сетей [online]. 2013 [citat 10.12.2019]. Disponibil: [lib.secuteck.ru/articles2](http://lib.secuteck.ru/articles2)
5. FRIEDLOB, G., PLEWA, F. Jr. *Understanding Return on Investment*. John Wiley & Sons Inc, 1996. 59 p. ISBN 0-471-10381-0, 0-471-10372-1.
6. *Raportul „Evoluția piețelor de comunicații electronice” în anul 2019*. Agenția Națională de Reglementare în Comunicații Electronice și Tehnologia Informației, ©2020 [citat 22.04.2020]. Disponibil: <http://www.anrceti.md/>.
7. Proiectarea software a rețelelor de comunicații [online]. [citat 01.05.2018]. Disponibil: <http://discipline.elcom.pub.ro/>
8. Ordinul Ministerului Comunicațiilor și Societății Informaționale al României pentru aprobarea Strategiei naționale privind implementarea serviciului universal în sectorul comunicațiilor electronice: Nr. 461 din 27.05.2009. În: *Monitorul Oficial al României*, 2009, nr. 461 din 16 iunie 2009.
9. ZAHAN, Sorina. *Comunicații mobile. Evoluția spre 3G (Reeditare)*. Cluj-Napoca: Editura Alabastră, 2006. 273 p.
10. PLATON, Lilian, **VARANIȚA, Grigore**. *Dreptul telecomunicațiilor*. Chișinău: Editura Foxtrot, 2015, 180 p. ISBN 978-9975-120-68-5.
11. **VARANIȚA** Grigore, GODONOAGA Anatol, COSTAS Ilie. A model of wireline-based telecommunications network costs evaluation. Model de evaluare a costurilor rețelelor de telecomunicații prin fir. În: *Competitivitate și inovare în economia cunoașterii: conferință științifică internațională, 28-29 septembrie 2018*. Chișinău: ASEM p. 5.
12. **VARANIȚA** Grigore, GODONOAGA Anatol, COSTAȘ Ilie. Models of wireline and wireless telecommunications network costs evaluation/ modele de evaluare a costurilor rețelelor de telecomunicații prin fir și fără fir. În: *Economica*, 2019, nr 2, p. 10.

# LISTA PUBLICAȚIILOR AUTORULUI LA TEMA TEZEI

## 1. Cărți de specialitate

### 1.1. Cărți de specialitate colective

- 1) Platon Lilian, Varanița Grigore. Dreptul telecomunicațiilor: Curs universitar. Chișinău: Uni-versitatea de Stat din Moldova, "Foxtrot", 2015, -180 p., (18,22 c.a.). ISBN 978-9975-120-68-5

## 2. Articole în reviste științifice

### 2.1. În reviste din Registrul Național al revistelor de profil (cu indicarea categoriei)

- 2) VARANIȚA Grigore, GODONOAGA Anatol, COSTAȘ Ilie. Modele de evaluare a costurilor rețelelor de telecomunicații prin fir și fără fir/ Models of wireline and wireless telecommunications network costs evaluation. Revista Economica , nr/2 (108), iunie 2019. pp. 103-117 (1,39 c.a.). Categoria „B”,  
[https://ase.md/files/publicatii/economica/2019/ec\\_2019\\_2\\_v1.pdf](https://ase.md/files/publicatii/economica/2019/ec_2019_2_v1.pdf) , ISSN 1810-9136. BD DOAJ <https://doaj.org/>.
- 3) COSTAȘ Ilie, GODONOAGĂ Anatol, VARANIȚA Grigore. Metode și modele de eficientizare a costurilor de dezvoltare a rețelelor de telecomunicații/ Methods and models for efficiencing the costs of telecommunications networks development. Revista Economica, nr.1 (111), martie 2020. Pp. 113-130 (1,7 c.a.). Categoria „B”,  
[https://ase.md/files/publicatii/economica/2020/ec\\_2020\\_1.pdf](https://ase.md/files/publicatii/economica/2020/ec_2020_1.pdf) . ISSN 1810-9136. BD DOAJ <https://doaj.org/>.
- 4) Platon Lilian, Varanița Grigore. Aspectele securității cibernetice în cadrul Uniunii Europene. In: Intellectus nr.3/2017, p. 67-71. (0,6 c.a.) ISSN 1810-7079, categoria C, BD National Bibliometric Instrument (NBI):  
<https://ibn.idsi.md/en/intellectus>, Baza de date internațională VINITI  
<http://bd.viniti.ru/>.
- 5) VARANIȚA Grigore. Condiții de bază pentru optimizarea costurilor dezvoltării rețelelor de comunicații electronice. Revista Economica, nr.4 (114), decembrie 2020. 1,1 c.a.. Categoria „B”,  
[https://ase.md/files/publicatii/economica/2020/ec\\_2020\\_4.pdf](https://ase.md/files/publicatii/economica/2020/ec_2020_4.pdf) . ISSN 1810-9136. BD DOAJ <https://doaj.org/>

## 3. Articole în lucrările conferințelor și altor manifestări științifice

### 3.1. Culegeri ale conferințelor internaționale

- 6) VARANIȚA Grigore, COSTAȘ Ilie, GODONOAGĂ Anatol. Metodologie de optimizare a costurilor de dezvoltare a rețelelor de comunicații electronice. În "Conferință științifică internațională Competitivitate și inovare în economia cunoașterii", 27-28 septembrie 2019, ASEM,

Chisinau., pp. 614-618,(0,38 c.a.),

[https://ase.md/files/publicatii/electronice/conf\\_09.19\\_teze\\_v1.pdf](https://ase.md/files/publicatii/electronice/conf_09.19_teze_v1.pdf) . ISBN 978-9975-75-968-7

- 7) VARANIȚA Grigore, GODONOAGA Anatol, COSTAS Ilie. A model of wireline-based telecommunications network costs evaluation/ Model de evaluare a costurilor rețelelor de telecomunicații prin fir. În „Conferință științifică internațională Competitivitate și inovare în economia cunoașterii”, 28-29 septembrie 2018, ASEM, Chisinau, pp. 40-42, (0,32 c.a.), [https://ase.md/files/publicatii/electronice/conf\\_09.18\\_teze.pdf](https://ase.md/files/publicatii/electronice/conf_09.18_teze.pdf). E-ISBN 978-9975-75-934-2
- 8) VARANIȚA Grigore. Optimizarea rețelelor cu tehnici inteligente în scopul dezvoltării serviciului universal. In: Materialele Conferinței Internaționale, Volumul 1, Chișinău: ATIC, 22-25 martie, 2016, Ediția V-a, p. 362-369. (0,57c.a.), ISBN. 978-9975-3099-8-1
- 9) VARANIȚA Grigore. Role of equipment in the development of electronic communications networks. In: Conferința științifică internațională „Competitivitatea și inovarea în economia cunoașterii”, 25-26 septembrie 2015, Volumul IV, „partea a II-a, culegere de articole selectiv. Chișinău, ASEM, pp. 105-110 (0,48 c.a.), [https://ase.md/files/publicatii/electronice/25092015\\_42.pdf](https://ase.md/files/publicatii/electronice/25092015_42.pdf). ISBN 978-9975-75-777-5.
- 10) VARANIȚA Grigore. Role of state in mobile broadband network optimization. In: Conferința științifică internațională consacrată celei de-a 25-a aniversări a ASEM "25 de ani de reformă economică în Republica Moldova: prin inovare și competitivitate spre progres economic", 23-24 septembrie 2016 : Culegere de articole selectiv . Vol. 6. – Chișinău : ASEM, 2016 (0,7 c.a.), [https://ase.md/files/publicatii/electronice/Conf\\_2016\\_Vol\\_6.pdf](https://ase.md/files/publicatii/electronice/Conf_2016_Vol_6.pdf) . ISBN 978-9975-75-842-0
- 11) VARANIȚA Grigore, COSTAȘ Ilie, GODONOAGĂ Anatol. Methodology and models of the assessment of the costs necessary for the development of electronic communications infrastructure. Workshop WIIS2020, 4 december 2020. IMI.Chisinau, 2020. pp.202-209 (0,5 c.a.), ISBN 978-9975-68-415-6. [http://www.math.md/wiis2020/WIIS2020\\_Composed.pdf](http://www.math.md/wiis2020/WIIS2020_Composed.pdf)

***3.2. În lucrările manifestărilor științifice incluse în Registrul materialelor publicate în baza manifestărilor științifice organizate din Republica Moldova***

- 12) VARANIȚA Grigore. Concepts and objectives of universal service implementation. In: Scientific symposium of young researchers, Ed. a 12-a (4-5 apr. 2014), Volume I, Chișinău: ASEM, 2014, pp.355-360, (0,84 c.a.), ISBN 978-9975-75-689-1
- 13) VARANIȚA Grigore. Opportunity for universal service implementation in the Republic of Moldova; In: Scientific symposium of young researchers, Ed. a 13-a (April 23-24, 2015) : Collection of articles, Volume I, -Chișinău: ASEM, 2015, pp.288- 291...(0,43 c.a.), ISBN 978-9975-75-753-9.
- 14) VARANIȚA Grigore. Analysis of electronic communications networks management systems. In: Scientist symposium of young researchers, Volume I, Chișinău: ASEM, April 22-23, 2016, XVI Edition, p. 244 – 251,(0,98 c.a.), ISBN 978-9975-75-823-9

#### **4. Comunicări/ teze la foruri științifice, inclusiv internaționale**

(conferințe, seminare, congrese, simpozioane).

15. VARANIȚA Grigore. News@Publications of BEREC: Encouraging investments in ultra-high capacity networks in Moldova and EaP countries. Lisabona, 2017.  
[http://berec.europa.eu/eng/news\\_and\\_publications/whats\\_new/4369-berec-and-its-counterparts-of-emerg-eapereg-and-regulatel-discussed-the-connectivity-challenges](http://berec.europa.eu/eng/news_and_publications/whats_new/4369-berec-and-its-counterparts-of-emerg-eapereg-and-regulatel-discussed-the-connectivity-challenges).
16. VARANIȚA Grigore. World summit on the information society forum 2016, ITU: Cybersecurity. Geneva, 2016. Pp.267-269.  
<http://www.itu.int/net4/wsis/forum/2016/Content/documents/outcomes/WsisForum2016%E2%80%94HighLevelTrack-Outcomes.pdf>, p.267-269
17. VARANIȚA Grigore. World summit on the information society forum 2017, ITU: Bridging digital divides. Geneva, 2017.  
[https://www.itu.int/en/itu-wsis/Documents/wf17/WSISForum2017\\_HighLevelTrackOutcomesStatements.pdf](https://www.itu.int/en/itu-wsis/Documents/wf17/WSISForum2017_HighLevelTrackOutcomesStatements.pdf), p. 185-187. (0,19 c.a.).

## ADNOTARE

**Varanița Grigore. "Direcții și metode de dezvoltare și optimizare a rețelelor de comunicații electronice".** Teză de doctor în informatică, specialitatea: 122.02 - *Sisteme informatice*. Teza a fost elaborată în ASEM, Chișinău, 2020

**Structura tezei:** Teza de doctor cuprinde introducerea, patru capitole, concluzii, bibliografia cu 134 titluri, 120 pagini text de bază, inclusiv 42 figuri și 5 tabele, 3 anexe. Rezultatele obținute sunt publicate în 17 lucrări științifice, cu un volum total de peste 28 coli de autor.

**Cuvinte-cheie:** telecomunicații, infrastructură informațională, rețea de telecomunicații, metode matematice, optimizare, rețea telefonică, rețea inteligentă, comunicații electronice, tehnologia informației și comunicației, aplicație informatică, eficientizarea cheltuielilor.

**Domeniul de studiu:** sisteme informatice.

**Scopul lucrării** constă în optimizarea costurilor prin elaborarea unor modele matematice de descriere și evaluare a costurilor separate sau totale pentru rețele de telecomunicații cu fir și fără fir, cât și dezvoltarea de noi rețele publice de comunicații de voce în vederea asigurării dreptului de acces la serviciile din sfera serviciului universal pentru populația care nu are acces la acest tip de servicii.

**Obiectivele lucrării:** analiza rețelelor de comunicații electronice; cercetarea aspectelor teoretice și practice ale principalelor direcții și metode de dezvoltare și optimizare identificate a rețelelor de comunicații electronice; elaborarea unor modele matematice care pot fi utilizate la analiza și optimizarea rețelelor deja existente, sau la proiectarea și edificarea unor rețele noi; determinarea priorității serviciului universal ca direcție de dezvoltare a rețelelor de comunicații electronice.

**Noutatea și originalitatea științifică a rezultatelor obținute** constă într-o nouă abordare a problemei optimizării rețelelor de telecomunicații din punct de vedere atât tehnic, cât și economic, asigurând un nivel înalt de calitate a serviciilor prestate prin intermediul acestor rețele cu cheltuieli minime în procesul dezvoltării, dar și a exploatării lor.

**Rezultatele obținute care contribuie la soluționarea unei probleme științifice importante:** elaborarea unor modele matematice universale pentru optimizarea rețelor cu fir și fără fir la scara unor zone teritoriale, *fapt ce a servit* ca bază pentru crearea metodologiei și a unei aplicații informatice, orientate la optimizarea cheltuielilor necesare pentru dezvoltarea rețelelor de comunicații pentru teritoriul întreg al țării. Rezultatele au contribuit la dezvoltarea bazelor teoretice și a instrumentarului pentru eficientizarea proceselor decizionale în domeniu.

**Semnificația teoretică a lucrării** constă în efectuarea unui studiu de analiză sistemică (multiparametrică și multicriterială) a rețelei de telecomunicații în sensul optimizării cheltuielilor pentru construirea și utilizarea acesteia, parcurgând toate etapele ciclului de viață a cercetării de la formularea ipotezei, continuând cu modelarea matematică și studii de caz.

**Valoarea aplicativă a lucrării** constă în elaborarea unei aplicații informatice în baza metodelor matematice propuse și utilizarea aplicației în practica soluționării unor probleme reale din domeniul dat, ceea ce a confirmat corectitudinea concluziilor teoretice și aplicabilitatea lor.

**Implementarea rezultatelor științifice.** Aplicația informatică elaborată a fost implementată în practica soluționării unor probleme concrete de dezvoltare a rețelelor de comunicații electronice, fapt confirmat de un certificate de implementare anexat la teză.



## АННОТАЦИЯ

**Вараница Григоре. "Направления и методы разработки и оптимизации сетей электронных коммуникаций".** Диссертация на соискание степени доктора информатики. Специальность: 122.02 - Информационные системы. Диссертация разработана в Академии Экономических Знаний Молдовы, Кишинэу, 2020 г.

**Структура работы:** Диссертация состоит из введения, 4-х глав, выводов, библиографии из 134 наименований, 120 страниц основного текста, включая 42 рисунка и 5 таблиц. Полученные результаты опубликованы в 17-и работах с общим объемом более 28 а.л.

**Ключевые слова:** информационная инфраструктура, телекоммуникационная сеть, математические методы, телефонная сеть, электронные средства связи, информационные технологии и коммуникации, пакет прикладных программ, оптимизация расходов.

**Область исследования** является *информационные системы*.

**Целью** данной работы является оптимизация затрат путем разработки математических моделей для оценки отдельных или общих затрат на развитие проводных и беспроводных телекоммуникационных сетей, с тем чтобы обеспечить право доступа к услугам в сфере универсального обслуживания населения, не имеющем доступа к данному виду услуг.

**Задачи работы:** изучение теоретических и практических аспектов направлений и методов оптимизации сетей электронной связи; разработка математических моделей, для оптимизации существующих сетей, или для создания новых сетей; определение приоритета универсального сервиса как направления развития сетей электронной связи.

**Научная новизна и оригинальность** результатов заключается в новом подходе к решению задач оптимизации коммуникационных сетей с точки зрения как технических, так и экономических аспектов, обеспечивая высокий уровень качества предоставляемых услуг, при этом минимизируя расходы на развитие и эксплуатацию сетей.

**Полученные результаты, которые способствуют решению важной научной задачи** заключаются в разработке универсальных математических моделей для оптимизации проводных и беспроводных сетей для территориальных зон, что послужило основой для создания методологии и программного обеспечения для оптимизации расходов на развитие сетей для всей территории страны. Результаты способствуют развитию теоретических основ и инструментария для процессов принятия решений.

**Теоретическое значение** заключается в системном исследовании (с многоаспектным и многокритериальным анализом) телекоммуникационных сетей с целью оптимизации затрат на их развитие и эксплуатацию, выполняя, при этом все этапы жизненного цикла научного исследования (от формулировки гипотезы, продолжая математическим моделированием и завершая проверкой теоретических выводов на конкретном практическом примере.

**Практическая значимость работы** заключается в разработке пакета прикладных программ на базе предложенных математических методов и его использование при решении реальных практических задач в данной области, что подтверждает достоверность теоретических выводов и их практическую значимость.

**Внедрение научных результатов.** Разработанный пакет прикладных программ внедрен и используется в практике оптимизации сетей, что подтверждается актом внедрения.

## ANNATOTION

### Varanita Grigore.” Approaches and Methods for Development and Optimization of Electronic Communications Networks”

Computer science PhD/doctoral thesis. Specialty: - Information Systems. Chisinau, 2020

**Structure of the thesis:** The doctor's thesis comprises the introduction, four chapters, conclusions, bibliography with 134 titles, 120 pages of basic text, including 42 figures and 5 tables, 3 annexes. The results obtained are published in 17 scientific papers, with a total volume of more than 28 sheets of author.

**Keywords:** information infrastructure, telecommunications network, mathematical methods, optimization, telephone network, smart network, electronic communications, information and communication technology, computer application, cost efficiency.

**The area of study** Information Systems.

**The purpose** of the analysis is to optimise costs by developing mathematical models for the description and evaluation of the separate or total costs for wired and wireless telecommunications networks and the development of new public telephone networks in order to ensuring the right of access to services in the sphere of universal service for the population not having access to this type of services.

**Objectives of the paper:** researching the theoretical and practical aspects of the identified main directions and methods of development and optimization of electronic communications networks; developing mathematical models that can be used to analyze and optimise existing networks, or to design and build new networks; determining the priority of universal service as the direction of development of electronic communications networks.

**The scientific novelty and originality of the results obtained** consists in a new approach to the problem of optimizing telecommunications networks from both a technical and economic point of view, ensuring a high level of quality of services provided through these networks with minimal expenditure in the development process, but also of their expansion.

**The results, which contribute to an important scientific problem solution:** elaboration of universal math models for optimizing wired and wireless networks at the scale of territorial areas, which contributed to the creation of the methodology and a computer applicaion, oriented to optimize the expenses necessary for the development of networks for the entire territory of the country.

**The theoretical value of the thesis** consists in carrying out a study of systemic analysis (multiparametric and multicriterial) of the telecommunications network in order to optimize the expenses for its construction and use, going through all stages of the life cycle of the research from the formulation of the hypothesis, continuing with mathematical modeling and case study.

**The applicative value of the thesis** consists in the elaboration of an application based on the proposed mathematical methods and use it in the practice of solving real problems in the given domain, which confirmed the correctness of the theoretical conclusions and their applicability.

**Implementation of scientific results.** The elaborated computer application has been implemented in the practice of solving concrete problems of development of electronic communications networks, which is confirmed by an implementation certificate attached to the thesis.

**VARANIȚA GRIGORE**

**DIRECȚII ȘI METODE DE DEZVOLTARE ȘI  
OPTIMIZARE A REȚELELOR DE COMUNICAȚII  
ELECTRONICE**

**122.02 Sisteme informatice**

**Rezumatul tezei de doctor în informatică**

---

Aprobat spre tipar:13.01.2021

Hârtie ofset. Tipar ofset.

Coli de autor.:1,0

Formatul hârtiei 60x84 1/16

Tiraj 50 ex.

Comanda nr.01.

---

Serviciul Editorial-Poligrafic al ASEM  
MD-2005, mun. Chișinău, str. G. Bănulescu-Bodoni, 59  
tel.: 022 402 910  
[www.ase.md](http://www.ase.md)