

ACADEMIA DE STUDII ECONOMICE

DIN MOLDOVA

Cu titlu de manuscris

C.Z.U : 004.72 (478) (043)

VARANIȚA GRIGORE

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

Specialitatea: 122.02 "Sisteme informatice"
Teză de doctor

Conducător științific:

ILIE COSTAȘ

Doctor habilitat în informatică

Profesor universitar

Autor:

GRIGORE VARANIȚA

CHIȘINĂU, 2020

©GrigoreVaranița, 2020

CUPRINS

ADNOTARE	5
LISTA ABREVIERILOR	8
INTRODUCERE	9
1. CARACTERISTICI GENERALE ALE REȚELELOR DE COMUNICAȚII ELECTRONICE	18
1.1. Abordări istorice ale rețelelor de comunicații electronice	18
1.1.1. Apariția și evoluția rețelelor de comunicații electronice	20
1.1.2. Tipuri de rețele de comunicații electronice	25
1.2. Aspecte privind procesul de evoluție a rețelelor de Internet	27
1.3. Elemente specifice ale dezvoltării rețelelor inteligente	32
1.4. Starea generală a cercetărilor în domeniul dezvoltării infrastructurii informaționale naționale în RM	36
1.5. Specificul dezvoltării comunicațiilor electronice în Republica Moldova	39
1.6. Concluzii la Capitolul 1	43
2. CONDIȚIILE OPTIMIZĂRII REȚELELOR DE COMUNICAȚII ELECTRONICE	45
2.1. Determinarea topologiei rețelei de telecomunicații	47
2.2. Elaborarea algoritmului de formare a mulțimii inițiale de soluții	61
2.3. Concluzii la Capitolul 2	66
3. MODELE DE OPTIMIZARE A COSTURILOR DEZVOLTĂRII REȚELELOR DE TELECOMUNICAȚII	67
3.1. Rețele de telecomunicații și unele modalități de optimizare.....	67
3.2. Analiza metodelor de optimizare a rețelelor de telecomunicații.....	68
3.3. Modele de optimizare a rețelei de acces.....	70
3.3.1. Modelul matematic de evaluare a costurilor pentru rețele cu fir.....	72
3.3.2. Modelul matematic de evaluare a costurilor pentru rețele fără fir.....	73
3.4. Studiu de caz raportat la modelul rețelelor de telecomunicații fără fir	75

3.5. Metodologia și modelele evaluării costurilor necesare pentru dezvoltarea întregii infrastructuri de comunicații electronice în țară	81
3.6. Descrierea aplicației informatice CoverageMap	87
3.7. Concluzii la Capitolul 3	89
4. DEZVOLTAREA REȚELELOR DE COMUNICAȚII ELECTRONICE ÎN BANDĂ LARGĂ	91
4.1. Tehnologiile utilizate pentru accesul în bandă largă la Internet fix și mobil în Republica Moldova	91
4.2. Concepții și obiective ale implementării serviciului universal	100
4.3. Oportunitatea implementării serviciului universal în Republica Moldova.....	111
4.4. Tehnici inteligente în scopul dezvoltării rețelelor de comunicații în bandă largă	117
4.5. Concluzii la Capitolul 4.....	122
CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI	125
BIBLIOGRAFIE	129
ANEXA 1 Descrierea aplicației informatice CoverageMap.....	140
ANEXA 2 Codul sursă a programului informatic CoverageMap.	145
ANEXA 3 Scrisoare de confirmare a autenticității aplicației CoverageMap	162
DECLARAȚIA PRIVIND ASUMAREA RĂSPUNDERII	163
CV AUTORULUI	164

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 exploatarea 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 studiu 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.

LISTA ABREVIERILOR

ANRCETI – Agenția Națională pentru Reglementare în Comunicații Electronice și Tehnologia Informației

CE - comunicații electronice

UE - Uniunea Europeană

RM – Republica Moldova

TIC - tehnologia informației și comunicațiilor

SI – societatea informațională

IN - rețelele inteligente

SS7 - rețele de semnalizare nr. 7

WWW - World Wide Web

VOIP - acces la telefonie prin Internet videoconferință

PSTN - Public Switched Telephone Network

ISDN - Integrated Service Digital Network

ATM - Asynchronous Transfer Mode

FR - FrameRelay

NGN – Next Generation of Networks

DNS – Domain Name System

IP – Internet Protocol

ITU - International Telecommunication Union

RSPG - Radio Spectrum Policy Group

PABX - Private Automatic Branch Exchange

LAN - Local Area Network

ARPA – Advanced Research Projects Agency

DCA - Defense Communications Agency

IANA - Internet Assigned Numbers Agency

AG - algoritmul genetic

SU – serviciul universal

ARPU - venit mediu lunar per utilizator

RN - Rețelele neuronale

INTRODUCERE

Actualitatea și importanța temei abordate. Realmente, a recunoaște că informația este omniprezentă în activitățile umane - este un fapt comun. Tehnologia informației și comunicațiilor, care poate fi definită începând cu calculatorul personal până la rețeaua Internet, de la telefonul mobil până la rețelele mondiale de comunicații, este în plină dezvoltare și ne transformă viața, relațiile, organizarea societății. Simbolul convergenței dintre telecomunicații, calculatoare și tehnologia de control, Internet, reprezintă unul dintre vectorii Societății informaționale în Europa. Prin contribuția dezvoltării tehnologiei informației și comunicațiilor (TIC) din ultima decadă au avut loc unele transformări a societății noastre sub multe aspecte. Astfel, se consideră că și țările dezvoltate din punct de vedere industrial care beneficiază, comparativ cu celelalte țări, din plin de noile facilități, sunt în faza inițială a exploatării unor tehnologii care nu s-au maturizat și care se află încă în plină dezvoltare. [102, p. 2]

Activitățile internaționale de comunicare a datelor sunt vitale pentru corporații multinaționale în gestionarea complexității schimbului de informații necesar pentru controlul și punerea în aplicare a strategiilor de afaceri la nivel mondial. [55]

Prin urmare, societatea informațională integrează atât obiectivele dezvoltării durabile, bazate pe dreptate socială și egalitate a șanselor, protecție ecologică, libertate, diversitate culturală și dezvoltare inovativă, cât și restructurarea industriei și a mediului de afaceri. [45, p. 17]

Procesele dinamice și transformările accelerate, care au avut loc în lume în ultimele câteva decenii ale veacului al XX-lea, au rezultat în trecerea omenirii la o etapă esențial nouă de dezvoltare, de la societatea postindustrială la cea informațională. Caracteristic pentru perioada actuală a societății este răspândirea și utilizarea tehnologiilor informaționale practic în toate domeniile activității umane. [103]

Accesul la informație și transmiterea ei criptată, într-un timp scurt pe arii cât mai largi a constituit din cele mai vechi timpuri un factor important în asigurarea progresului unei țări. De aici a decurs și interesul acordat constant pentru dezvoltarea mijloacelor și tehnicilor de comunicații de-a lungul istoriei în întreaga lume.

Metodele contemporane de prelucrare, transmitere și stocarea informației au contribuit la apariția riscurilor legate de posibilitatea pierderii, denaturării, destăinuirii datelor care sunt adresate sau care aparțin utilizatorilor finali. La rândul lor, rețelele de comunicații electronice fără acces controlat nu pot asigura securitatea sau confidențialitatea datelor stocate și nici nu pot împiedica exploatarea resurselor acestei rețele de către hackeri. [49] De aceea, asigurarea

securității informației este una dintre direcțiile cele mai importante în dezvoltarea tehnologiilor informaționale. [57, p. 14]

În acest context, este recunoscut faptul că societatea informațională prezintă un catalizator efectiv al progresului social și economic. Conștientizarea acestui adevăr, practic de către toate statele din lume, a condiționat includerea strategiilor de dezvoltare a societății informaționale ca părți componente în strategiile generale de dezvoltare ale acestor țări. Un rol primordial în realizarea acestor tendințe trebuie să-l joace crearea infrastructurii informaționale a societății. Republica Moldova, de asemenea, și-a ales calea dezvoltării societății informaționale. În ultimii ani se observă rezultate semnificative în informatizarea diferitelor domenii de activitate umană. Tehnologiile informaționale și telecomunicațiile deja au devenit o parte importantă în procesul de dezvoltare a spațiului informațional integrat al societății, dar și o componentă fundamentală a inovării, creșterii economice și a creării de noi locuri de muncă. [103]

Comunicațiile mobile, care au cunoscut o dezvoltare explozivă în ultimele decenii, au devenit o componentă remarcabilă a universului tehnic contemporan. [51]

Astfel, o arie de interes pentru consumatorii de servicii în care comerțul electronic este deja implementat este accesul la instituțiile financiare. Majoritatea cetățenilor își achită facturile, administrează conturi în bănci și au posibilitate de a manevra investițiile personale în mod electronic. Siguranța rețelelor va accelera dezvoltarea acestor servicii. [44, p. 8].

La rândul său, o componentă-cheie pentru dezvoltarea, adoptarea și utilizarea TIC în economie și societate este conectivitatea în bandă largă, cea ce reprezintă o ramură strategică care se datorează capacității sale de a accelera contribuția altor tehnologii la creștere și inovare în toate sectoarele economiei, precum și la coeziune socială și teritorială. [104]

Drept exemplu, este implementarea benzii largi de mare viteză în Uniunea Europeană care joacă un rol important în ceea ce privește investițiile, crearea de locuri de muncă și redresarea economică generală. Comisia și Consiliul European au stabilit obiective ambițioase pentru dezvoltarea serviciilor de bandă largă de mare viteză, ca parte a agendei digitale pentru Europa a Uniunii Europene, una dintre inițiativele emblematice ale strategiei Europa 2020. [106, p. 1]

În conformitate cu directiva Uniunii Europene, reducerea cheltuielilor ce țin de instalarea rețelelor de comunicații de mare viteză ar crea condiții care ar contribui în același timp la digitalizarea sectorului public. Iar aceasta, la rândul său, ar avea un efect de pârgie digitală pentru dezvoltarea tuturor sectoarelor economiei, pe lângă eficientizarea serviciilor oferite cetățenilor și reducerea costurilor pentru administrațiile publice. [107, p. 1].

Este de menționat faptul că utilizatorii din mediul urban din Republica Moldova beneficiază de o diversitate mai bogată de servicii de comunicații electronice oferite, decât utilizatorii din mediul rural. Ultimii se confruntă cu problema ofertei limitate de servicii cu (posibilități reduse de alegere). Utilizatorii din mediul rural au la dispoziție în majoritatea cazurilor, ori un singur furnizor, ori un număr limitat de furnizori pentru serviciile oferite. Mai există și cazuri, când ei se confruntă cu lipsa totală de acces la mijloacele de comunicații, în special, când ei se află în arii încă neacoperite de rețelele 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 bugetare necesare pentru acoperirea cheltuielilor ce țin de furnizarea serviciilor, presupuse de conceptul modern al serviciului universal. Aceasta determină necesitatea asigurării finanțării în primul rând 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. Luând în considerație aceste aspecte, protejarea intereselor utilizatorilor finali necesită elaborarea și implementarea unor politici și strategii de serviciu universal eficiente și coerente fapt pentru care propunem o abordare mai detaliată în capitolul IV al acestei teze.

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 lipsa unei rețele fiabile¹ 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 rețelor la scara unei suprafețe care poate cuprinde teritoriul unui stat este necesar ca modelele matematice propuse să realizeze anumite scenarii admisibile, oferind varianta optimă.

Actualitatea și importanța acestei investigații reiese și din faptul că ponderea sectorului telecomunicațiilor este una semnificativă în cadrul sistemului economic al Republicii Moldova, cu o economie bazată pe principiile de economie de piață liberă. Aici principiul competiției este reglementat prin legislație.

¹ “Utilizarea statisticii matematice, a cercetării experimentale și a prelucrării datelor, în probleme legate de fiabilitate, permit o abordare modernă a calității și în final a asigurării și managementului calității.” [9]

Totodată, urmare a unei competiții dintre operatorii din sectorul comunicațiilor electronice și a reglementării acestui sector prin implementarea noilor standarde, se formează o nouă cultură a competitivității agenților economici din toate sectoarele în noul tip de economie, economia digitală.

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 Republicii Moldova și în același timp, păstrând costuri acceptabile pentru abonații acestor rețele, devine prioritară problema identificării unor direcții de dezvoltare și metode de optimizare a rețelelor de telecomunicații electronice. Întru soluționarea acestei probleme, la baza acestei lucrări au fost luate în considerație abordările științifice ale cercetătorilor din SUA, pe deoparte, și din țările Uniunii Europene (în primul rând, din Marea Britanie, Germania, Franța, România, Spania), pe de altă parte, precum și din Federația Rusă, dar și din Republica Moldova. 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, statelor 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 optimizării 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. [58, p. 5]

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 zone teritoriale concrete;
- Modele matematice 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. 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. Totodată, 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 scopurile de eficientizare continuă a dezvoltării rețelelor de comunicații în țară în condițiile 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 2015-2019. 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 atât 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 problematice 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:

- Modele matematice de descriere, evaluare și eficientizare a cheltuielilor pentru dezvoltarea rețelelor de telecomunicații cu fir și fără fir pentru zone teritoriale concrete;
- 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 dezvoltarea rețelei 3G. Aplicația informatică **CoverageMap**, elaborată pe baza metodelor matematice propuse de autor, a fost implementată în activitatea practică din domeniu, fapt confirmat de certificatul respectiv de implementare (vezi anexa 3).

Aprobarea rezultatelor științifice. Rezultatele cercetării realizate în cadrul tezei sunt publicate în articolele științifice ale autorului atât în revistele de specialitate, cât și în diverse comunicări în cadrul conferințelor naționale și internaționale. Rezultate cercetării au fost confirmate prin calculele identice sau cu aproximație a aprobării deciziilor de optimizare și dezvoltare a rețelei 3G în cadrul S.A. „Moldtelecom”, în care a participat autorul în calitate de conducător. De asemenea, rezultatele obținute au fost discutate la 8 conferințe naționale și internaționale, cât și prin 3 comunicări în plenul forumului Uniunii Internaționale în Telecomunicație 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.

Publicațiile la tema tezei. Rezultate cercetărilor expuse în teză sunt publicate în 17 lucrări științifice, inclusiv o carte, 4 lucrări în reviste științifice cu recenzenti, 10 lucrări fără coautori, cu un volum total de peste 28 coli autor.

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.

Sumarul compartimentelor tezei. Lucrarea se constituie din adnotare (în limbile română, rusă și engleză), lista abrevierilor, introducerea, compartimentele de bază (ce se structurează în patru capitole), concluzii generale și recomandări, bibliografie.

În **Introducere** este prezentată argumentarea și actualitatea temei de cercetare. Reieșind din experiența țărilor industrial dezvoltate și situația în domeniul dezvoltării infrastructurii informaționale din Republica Moldova, au fost identificate problemele existente și formulate scopul și sarcinile cercetării.

În Capitolul I. **Caracteristici generale ale rețelelor de comunicații electronice**, au fost abordate etapele dezvoltării istorice ale rețelelor de comunicații electronice, de la apariție până la tipurile și topologiile de rețele de comunicații electronice. Au fost puse în evidență aspectele privind procesul de evoluție a rețelelor de Internet, a fost efectuată analiza elementelor specifice ale dezvoltării rețelelor inteligente, în același timp au fost menționate aspectele specifice de dezvoltare a comunicațiilor electronice și problemele existente în Republica Moldova.

În Capitolul II. **Condițiile optimizării rețelelor de comunicații electronice**, a fost analizată dezvoltarea rețelelor de telecomunicații care este o problemă extrem de complicată și depinde de foarte mulți factori de influență atât interni, cât și externi, care ar prevedea determinarea tuturor componentelor de bază ale sistemului, adică definirea hotarelor sistemului și, respectiv, ale cercetărilor în domeniu. 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 au fost evidențiate cele mai importante, cum ar fi determinarea topologiei rețelei de telecomunicații și elaborarea metodelor de corectare a soluțiilor în scopul obținerii unor topologii accesibile de rețea.

Capitolul III. **Modele de optimizare a costurilor dezvoltării rețelelor de telecomunicații**, este dedicat caracteristicilor procedurilor de optimizare. În acest scop, au fost analizate, elaborate și utilizate metode și modele matematice de optimizare, respectiv, strategia de reducere a complexității algoritmilor, cât și elaborarea modelelor matematice de optimizare a rețelelor cu fir și fără fir. În baza acestor metode și modele a fost propusă o metodologie de optimizare a cheltuielilor necesare pentru dezvoltarea rețelelor de telecomunicații atât în zone concrete teritoriale, cât și pe întreg teritoriul țării. Analiza făcută a scos în relief anumite priorități de care trebuie să se țină cont la momentul aplicării acestora și anume: 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; descrierea accesului pentru îmbunătățirea indicilor calitativi ai rețelei în cele mai diverse scopuri, cum ar fi îmbunătățirea sunetului, tonalității, etc. Totodată, au fost elaborate pentru orice zonă geografică modele concrete de evaluare și optimizare a costurilor rețelelor de telecomunicații cu fir și fără fir. Pentru rețelele de telecomunicații fără fir,

în baza unui studiu de caz, folosind diferite variante ale criteriilor de calitate a fost elaborat un soft de realizare a algoritmului euristic de acoperire optimă a zonelor geografice cu hexagoane, în centrul cărora urmează de a fi amplasate stațiile de emisie. Algoritmul realizează în mod iterativ creșterea diametrului hexagoanelor până la valoarea în care următoarea creștere conduce la nerespectarea cel puțin a unuia din criteriile de calitate. În acest mod poate fi determinată structura rețelei de cost minimal. Cu ajutorul modelelor propuse, pot fi realizate anumite scenarii admisibile, selectând dintre toate acestea varianta preferată. Utilizând anumiți algoritmi combinatorii sau euristici, modelele facilitează identificarea rețelei de cost optimal, respectând concomitent cerințele cu privire la asigurarea calității de emisie a informației.

Capitolul IV. **Dezvoltarea rețelelor de comunicații electronice în bandă largă**, este consacrat unei viziuni critice a autorului referitor la politicile folosite în Republica Moldova pentru dezvoltarea comunicațiilor electronice în bandă largă care au devenit o prioritate la nivel mondial. Autorul reiese din faptul că societatea informațională poate avea un impact enorm asupra competitivității. Dar pentru aceasta este necesară dezvoltarea rapidă a comunicațiilor electronice și a tehnologiilor informaționale, precum și liberalizarea piețelor telecom. Măsurile care au fost propuse de către 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. De asemenea, 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. Un rol important în dezvoltarea rețelelor de comunicații electronice în bandă largă îl au rețelele inteligente și din acest motiv, au fost examinate aceste tehnici. Concluziile și propunerile din acest capitol vor contribui la implementarea serviciului universal în domeniul comunicațiilor electronice din Republica Moldova.

1. CARACTERISTICI GENERALE ALE REȚELOR DE COMUNICAȚII ELECTRONICE

1.1. Abordări istorice ale rețelilor de comunicații electronice

Comunicarea s-a dezvoltat în paralel cu evoluția unui suport tehnologic adecvat și are o importanță primordială în evoluția societății umane. Prin urmare, ultimele secole au fost marcate de tehnologii industriale specifice care au produs o revoluție tehnico-științifică de amploare la capitolul transmiterii informației. Sistemele mecanice caracterizate prin Revoluția Industrială în secolul al XVIII-lea, au fost dominante din punct de vedere tehnologic. Era mașinilor cu aburi s-a suprapus cronologic cu secolul al XIX-lea. Spre deosebire de aceste perioade, a căror tehnologie principală avea trăsături fizice, mecanice, se poate spune că secolul al XX-lea a promovat cu precădere tehnologia prelucrării informației, prin colectarea, gestionarea și distribuirea acesteia, iar secolul al XXI-lea în paralel cu dezvoltarea sistemelor monetare virtuale, robotică, drone, editare genom uman, aduce societății umane cel mai mare avantaj – accesul la informație. Actualmente, societatea umană este cea care beneficiază din plin de instalarea rețelilor telefonice mondiale, apariția radioului și televiziunii, a rețelilor de calculatoare ca urmare a dezvoltării explozive a industriei *hardware* și *software*, neutralitatea tehnologică rețelilor, inteligență artificială, cât și lansarea sateliților de comunicații. [16]

Astfel, am putea defini că rețeaua de telecomunicații reprezintă un ansamblu de mijloace prin intermediul cărora se asigură transmiterea la distanță a informațiilor între utilizatori sau abonații rețelei (indiferent de poziția geografică a acestora) cu ajutorul semnalelor electrice sau optice. Rețelele de telecomunicații pot asigura comunicații telefonice, fax, videoconferință, e-mail, transfer de fișiere, comerț electronic, educație la distanță, etc. [20, p. 1]

Telecomunicațiile sunt realizate cu ajutorul unor sisteme care asigură distribuția și transmisia informației între diferiți utilizatori. Informația se distribuie cu ajutorul sistemelor de comutație, iar transmisia se face prin intermediul sistemelor de telecomunicații.

În concepția teoretică a sistemelor de comunicații, acestea se pot considera ca fiind formate dintr-un ansamblu de rețele sau circuite, interconectate și interordonate, după anumite reguli.

Rețeaua de telecomunicații mai poate fi definită ca un ansamblu de sisteme elementare. Drep urmare, fiecare sistem este o entitate independentă care poate avea o manieră specifică de comportament la eventualele cereri de serviciu, astfel caracterizându-se ca un sistem cu pierderi sau cu așteptări, sistem cu servire exponențială sau sistem cu o durată constantă de serviciu. [17, p. 122]

Rețelele sau circuitele sunt formate, la rândul lor, din elemente de rețea. Acestea le corespund, piesele componente dintr-un ansamblu de echipamente. [6, p. 15]

Evoluția domeniului de telecomunicații se bazează în primul rând pe creșterea impunătoare a volumului informațional, în special transmisii de date, care duce la creșterea capacităților sistemelor de telecomunicații.

În scopul transmiterii sau recepționării informațiilor de diferite tipuri la distanță, rețelele de telecomunicații sunt de neînlocuit și au rolul de a furniza utilizatorilor aceste servicii. Realizarea conexiunii în rețeaua terminalelor de diverse tipuri și pentru diferite servicii a devenit actuală odată cu creșterea numărului lor, cât și a ariei de răspândire a acestora. Funcția principală a rețelelor este conectarea permanentă sau temporară care poate fi definită drept comutația a doi sau mai mulți utilizatori sau distribuirea/difuziunea aceleiași informație la un număr mare de utilizatori.

Cadrul de reglementare în domeniul de telecomunicații se bazează pe conceptul de furnizarea rețelei deschise, principalul scop al căreia este asigurarea unui acces deschis la rețelele și serviciile de telecomunicații conform unor condiții armonizate. [1, p. 6]

Un rol deosebit referitor la accesul rețelelor se acordă criptării informației. În 1977, guvernul SUA a adoptat ca standard oficial pentru informațiile nesecrete un cifru produs și dezvoltat de IBM, numit DES (Data Encryption System), care a fost larg adoptat în industrie. DES este cel mai popular algoritm cu cheie secretă; el continuă să stea la baza unor sisteme folosite în mod curent. DES folosește (uzual) o cheie de 256 de biti; aceasta a fost în cele din urmă adoptată în locul uneia de 128 de biti, neagreată de NSA (National Security Agency), agenția 'spargătoare de coduri a guvernului', care dorea supremația în domeniul criptografic. [50]

O dezvoltare rapidă a telecomunicațiilor în ultimele secole a fost însoțită de numeroase modificări de o importanță deosebită în domeniul dat. S-au dezvoltat rețele de telecomunicații moderne, care au oferit serviciile de telecomunicații necesare pieții. Modificările esențiale care au marcat dezvoltarea sectorului dat pot fi menționate ca apariția:

- tehnologiei comutației digitale (dezvoltată după anii 70 ai secolului trecut) ce-a asigurat integritatea serviciilor de voce, date și imagini, în rețelele cu comutație de circuite. Aceasta a dus la dezvoltarea și diversificarea serviciilor de telecomunicații prin introducerea rețelei de semnalizare nr. 7 (SS7) și a rețelelor inteligente (IN);

- tehnologiilor comunicațiilor mobile (dezvoltate după anii 80) care au asigurat comunicarea oricând și oriunde între abonați, realizate de sistemele de comunicații mobile, dintre care se remarcă în mod deosebit GSM², UMTS, 3G sau 4G.
- Internetul (evoluat după 1990) a cunoscut o dezvoltare explozivă, datorită inițial poștei electronice (e-mail) și transferului de fișiere, iar ulterior prin accesul rapid la informații și noi servicii (comerț electronic, educație la distanță) prin folosirea WWW (World Wide Web), acces la telefonie prin Internet (VOIP), videoconferință, acces multimedia, etc. [20, p. 3]

Începând cu perioada anilor '90 răspândirea accelerată și utilizarea calculatoarelor personale, evoluția tehnologiilor informaționale, și, totodată, dezvoltarea explozivă a rețelelor de comunicație și a serviciilor bazate pe utilizarea Internet-ului au produs transformări esențiale la scara mondială [47, p. 129].

1.1.1. Apariția și evoluția rețelelor de comunicații electronice

În secolul XX a fost construită rețeaua telefonică publică numită **PSTN** (*Public Switched Telephone Network*), care este o rețea globală bazată pe comutație de circuite. Aceasta asigură realizarea, pe durata comunicației, a unei conexiuni care oferă o bandă fixă, care se dovedește o soluție ideală pentru traficul de timp real, de exemplu pentru voce.

Integrarea serviciilor de date și de timp real (voce și video) a fost realizată inițial prin dezvoltarea rețelei cu comutație de circuite numită **ISDN** (*Integrated Service Digital Network*) care folosește infrastructura cu comutație de circuite a PSTN. ISDN permite integrarea serviciilor prin asigurarea comutației și transmisiei digitale a traficului de voce, video, date. Prin introducerea de protocoale noi de semnalizare (DSS = Digital Subscriber Signalling și SS7 = Signalling System nr.7 ITU-T) a fost posibilă introducerea de noi servicii pentru utilizatori.

PSTN, care a evoluat spre ISDN, este o rețea care necesită costuri mari, are o arhitectură rigidă, inadecvată pentru sesiuni scurte, variabile, multipunct sau fără conexiune. Alocarea fixă a benzii pe toată durata comunicației conduce la o utilizare inefficientă a rețelei.

Primele aplicații de date au fost realizate în rețelele cu comutație de pachete care ofereau servicii de tip *best effort*, în care se asigură transmiterea pachetelor fără a se realiza o conexiune (CL = *ConnectionLess*) utilizând în acest scop îndrumarea pachetelor de date pe baza adresei

² GSM a adus comunicații mobile ieftine și fiabile în majoritatea țărilor lumii deoarece caracteristicile și opțiunile sale sunt suficient de accesibile pentru a satisface nevoile specifice și dispartate ale utilizatorului. [38]

destinatarului. Acest tip de serviciu nu oferea garanții privind timpul de transmitere a pachetelor la destinație și al transmiterii sigure la destinație al pachetelor de date.

Mai târziu, în rețelele de date au fost realizate comunicații de timp real prin utilizarea de circuite virtuale, obținute prin introducerea de servicii orientate pe conexiune. Au fost dezvoltate tehnologiile **ATM** (*Asynchronous Transfer Mode*) și **FR** (*FrameRelay*). Sunt definite în acest scop circuite permanente sau virtual comutate prin rețeaua cu comutație de pachete, ceea ce impune controlul unei sesiuni de stabilire a comunicației între două dispozitive sau puncte terminale.

ATM a fost menit să asigure un standard de rețea unificat, care ar putea sprijini atât rețelele cu canal sincron (PDH, SDH) cât și rețeaua bazată pe pachete (IP, FrameRelay, etc), în timp ce susține mai multe niveluri de calitate a serviciului pentru traficul de pachete.

ATM a fost prima tehnologie care a inclus conceptul de clase de servicii, care a permis tratamentul diferențiat pentru tipuri diferite de trafic. Forumul ATM a definit 5 clase de servicii ATM: CBR (*Constant Bit Rate*), RT-VBR (*Real Time Variable Bit Rate*), nRT-VBR (*non-Real Time VBR*), ABR (*Available Bit Rate*), UBR (*Unspecified Bit Rate*). ATM permite minimizarea întârzierii prin definirea de celule de dimensiuni mici și fixe, care pot fi comutate *hardware*. ATM folosește conceptul de circuit virtual definit prin VCI (*Virtual Circuit Identifier*) și VPI (*Virtual Path Identifier*). Se realizează o setare a conexiunii care definește circuitul virtual, după care se realizează îndrumarea pachetelor la destinație fără a mai fi necesară prelucrarea impusă de rutare.

În prezent, **NGN** (*Next Generation of Networks*) utilizează tehnologia IP pentru integrarea serviciilor de comunicații. Tehnologia IP poate fi folosită în două variante:

- *Internet public*, care este o rețea care conține rețele *backbone*³ pentru accesul clienților la servicii prin ISPs (*Internet Service Providers*);
- *Rețele IP gestionate*, care furnizează un control mai mare asupra accesului, securității, calității și taxării comunicațiilor.

Tehnologia IP este folosită în prezent pentru telefonia publică care folosește sistemul de numerotare telefonică clasică geografică, conform E 164, prin asigurarea de: servicii de tranzit/internațional, în special pentru destinații internaționale, servicii de acces indirect printr-un transportator ales de client (*cartier selection*) sau servicii telefonice între PC multimedia sau telefoane IP. Telefonia prin Internet poate folosi adresarea Internet definită de **DNS** (*Dornain*

³ Cel mai frecvent viabil design de rezervă este cel al unei rețele de tip inel, deoarece în mod simplificat se rerutează în cazul eșecurilor de legătură. Un design conectat la două puncte are toate avantajele de supraviețuire a unui design de tip inel la o topologie de tip plasă. Avantajul în simplitatea supraviețuirii topologiei de tip inel vine în detrimentul unei rezervări mai mari a capacității, în contrast cu designul unei rețele de tip plasă. [52]

Name System) (user@domain) pentru interconectarea a doua terminale **IP** (*PC multimedia sau telefon IP*).

O atenție deosebită este acordată de ITU-T standardizării serviciului ENUM care folosește **DNS** (*Domain Name System*) al rețelei publice Internet pentru a furniza o lista de adrese accesibilă pentru comunicații cu o persoană identificată prin numărul propriu E.164. Serviciul ENUM poate fi folosit de chemator sau de furnizorii de servicii pentru a facilita dirijarea traficului din rețelele cu comutație de circuite în rețelele cu comutație de pachete (rețele IP).

Operatorii de telecomunicații folosesc tehnologia IP pentru a reduce costurile rețelei și pentru a dezvolta serviciile. La nivel național numai o 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. Calitatea transmisiei vocii printr-o conexiune în rețeaua de telecomunicații este influențată de imperfecțiunile circuitului de comunicație.

Din mulțimea de criterii de clasificare a rețelelor de calculatoare cele mai răspândite sunt: aria de cuprindere, topologia și tehnica transferului datelor, inclusiv de comutație.

După aria de cuprindere se deosebesc rețele de calculatoare: locale – LAN (*Local Area Network*); metropolitane – MAN (*Metropolitan Area Network*) și de arie largă – WAN (*Wide Area Network*). [87, p. 22]

Dacă până nu demult evoluția tehnicii ar fi putut fi descrisă de trecerea de la abordarea manuală la cea automată, ultimul deceniu ne arată că lucrurile nu se opresc aici. Neașteptat pentru unii, mult așteptat pentru alții, putem astăzi vorbi de o nouă etapă în tehnică – evoluția de la automat la inteligent. [23, p. 5]

În același timp, comunicațiile la distanță reprezintă o componentă fundamentală a vieții sociale de astăzi. Fără legături, practic instantanee, nu se poate concepe funcționarea sistemului mondial spre care se tinde și ale cărui elemente sunt în bună parte și realizate. [4, p. 5]

De asemenea, o rețea de telecomunicații prin fir este o totalitate de linii și noduri de transmisie, amplasate în așa fel, încât mesajele pot să migreze dintr-un punct al rețelei spre altul, prin mai multe linii și noduri. [14]

Evoluția convorbirilor telefonice a fost dependentă de dezvoltarea rețelei telefonice și a cunoscut mai multe etape, care din punct de vedere cronologic, pot fi enumerate în ordinea următoare:

- convorbirile telefonice universale (“oricine cu oricine”), au condiționat necesitatea proiectării și impunerii în calitate de soluție tehnică ➡ Centrala de comutație;

- necesitatea realizării unei rețele de telecomunicații eficiente și economice, a determinat proiectarea ➡ Echipamentul de transmisie multiplexată;
- necesitatea ca legătura dintre două telefoane să se facă fără existența unui intermediar, a determinat proiectarea ➡ Centrala telefonică automată. [14]

Prin urmare rețeaua telefonică s-a dezvoltat astfel:

- la prima etapă au fost conectați abonații situați în aceeași zonă la un “repartitor” comun deservit de un operator, ceea ce a determinat apariția **centrelor telefonice**;
- În etapele următoare au fost implicate zonele îndepărtate fiind conectate între ele. Aceasta a dus la apariția **conexiunilor interurbane**;
- totodată, au apărut soluțiile pentru a eficientiza economic conexiunile dintre centrele de conectare a abonaților, care a determinat apariția **tehnicilor de multiplexare**;
- la etapa finală a fost soluționată realizarea selecției în mod automat, determinând apariția **centrelor telefonice automate**. [14]

În figura 1.1. este reprezentată schema simplificată cu componentele de bază caracteristice rețelei telefonice.

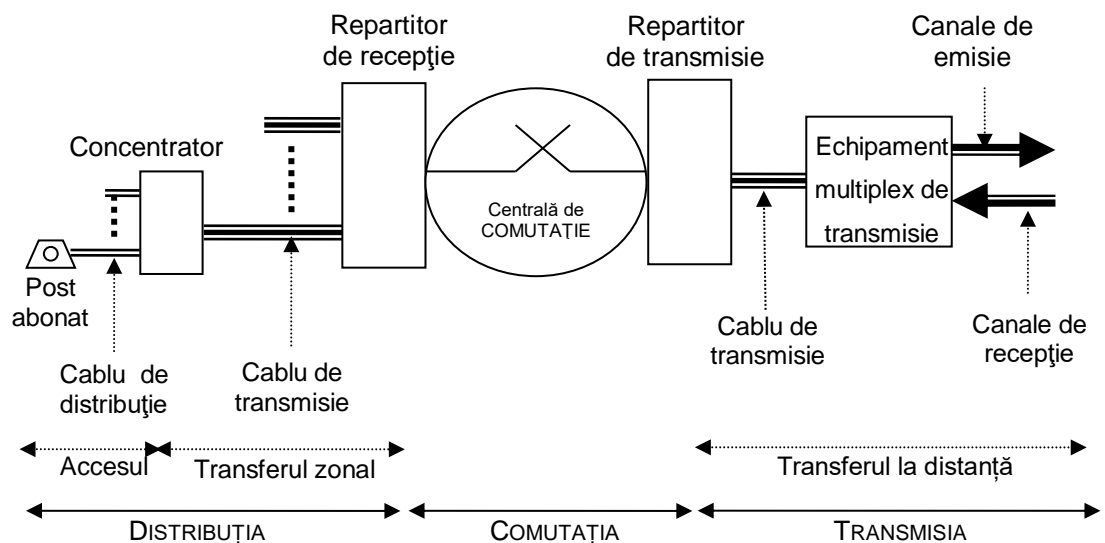


Figura 1.1. Componentele de bază a rețelei telefonice

Sursa: sugerată din [14]

Revenind la noțiunea de multiplexare, am putea-o defini ca pe o legătură de comunicație care este partajată în același timp de mai mulți utilizatori. Reeșind din figura 1.1 am putea conchide că la început, s-a utilizat transmisia multiplexată numai în porțiunea denumită “transfer la distanță”.

Mai apoi, în același timp cu dezvoltarea tehnologică transmiterea prin metode de multiplexare a fost proiectată și în porțiunea “transfer zonal”, iar în unele situații în porțiunea

“acces” pentru abonații speciali. Unele procedee de multiplexare pot fi cu partajare în frecvență și cu partajare în timp. [14, p. 10]

În cazul unei rețele de telecomunicații fără fir una din principale resurse necesare este spectru de frecvență care este limitat de la natură. Prin urmare, designul cu atenție al tuturor aspectelor din rețea este esențial pentru utilizarea eficientă a resurselor de spectru. O planificare buna a unei rețele radio trebuie să profite de toate caracteristicile sale, incluzând caracteristicile fizice ale canalelor alocate, cât și proprietățile structurale ale întregii rețele. [56]

Dezvoltarea rețelelor mobile de bandă largă și a traficului deservit de acestea solicită ca furnizorilor să le fie puse la dispoziție tot mai multe resurse de spectru. Un studiu al RSPG (Grupul de Politici în domeniul Spectrului Radio, înființat de Comisia Europeană) arată că pentru a permite dezvoltarea fără blocaje a rețelelor mobile de bandă largă, autoritățile naționale trebuie să pună la dispoziția pieței circa 1200 MHz de spectru. Aceasta reprezintă aproape de 6 ori mai mult spectru decât cel care a fost istoric alocat pentru GSM și de peste 3 ori mai mult decât volumul de spectru tradițional alocat pentru GSM și UMTS/HSPA împreună. Ca urmare a acestui studiu, Parlamentul European a luat Decizia nr.243/2012/EU, prin care îndeamnă statele membre să asigure punerea la dispoziție a unui astfel volum de spectru. [71, p. 1]

În 2012, urmare a aprobării de către Guvernul RM a Hotărârii nr.365 din 06.06.2012 *cu privire la dezvoltarea rețelelor și serviciilor publice de comunicații electronice cu acces radio în bandă largă*, ANRCETI a eliberat două licențe pentru utilizarea de frecvențe în banda 2600 MHz, care permiteau furnizorilor să dezvolte rețele mobile 4G. Al treilea furnizor a decis să nu aplice pentru licența respectivă. [72, p. 1] În 2013, prin Hotărârea Guvernului nr.116 din 11.02.2013 a fost aprobat Programul de management al spectrului de frecvențe radio pe anii 2013-2020. Conform acestei Hotărâri, pieței de comunicații mobile i-au fost puse la dispoziție resurse de spectru de 1017 MHz, împreună cu cele aflate deja în uz. [73, p. 1]

Lansarea pieței secundare a spectrului reprezintă, una dintre direcțiile apropiate de dezvoltare a reglementărilor privind domeniul spectrului pentru rețele mobile în Europa. În acest sens este de notat că prin Directiva (UE) 2018/1972 a Parlamentului European și a Consiliului din 11 decembrie 2018 de instituire a Codului european al comunicațiilor electronice, directivele 2002/19/CE [109], 2002/20/CE [110], 2002/21/CE [111] și 2002/22/CE [7] ale Parlamentului European și ale Consiliului au fost modificate în mod substanțial.

În urma sporirii cererii de acces la informație este necesară asigurarea disponibilității coordonate sporite ale spectrului de frecvențe radio. În țările comunitare, în vederea realizării unor rețele fixe și pe suport radio de foarte mare viteză în contextul dezvoltării rețelei 5G, benzile de

3,4-3,8 GHz și 24,25-27,5 GHz au fost identificate de către RSPG drept benzi prioritare adecvate pentru îndeplinirea obiectivelor Planului de acțiune privind 5G până în 2020. O altă decizie a fost aprobată în scopul selectării benzilor de 40,5-43,5 GHz și benzile de 66-71 GHz pentru studiu suplimentar. [108] Astfel, conform directivei în cauză, s-a stabilit necesitatea pentru “benzile de 3,4-3,8 GHz și benzile de 24,25-27,5 GHz sau părți din acestea a fi disponibile pentru sisteme terestre capabile să furnizeze servicii pe suport radio de bandă largă în condițiile armonizate instituite prin măsurile tehnice de punere în aplicare adoptate în conformitate cu articolul 4 din Decizia nr. 676/2002/CE, în completarea Deciziei (UE) 2017/899 a Parlamentului European și a Consiliului [105], întrucât aceste benzi au caracteristici specifice în ceea ce privește acoperirea și capacitatea datelor, care permit combinarea corespunzătoare a acestora în scopul îndeplinirii cerințelor 5G”. [108]

Însă, pentru ca telefoanele mobile să fie utilizate era necesară crearea unei rețele celulare. E cunoscut faptul că prima rețea de telefonie mobilă de nivel comercial (NTT) a apărut în Japonia în anul 1979. [61] În Europa revoluția mobilă a avut loc în anul 1980), când scandinavii de la *Nordic Mobile Telephone* (NMT) au pus la punct prima generație (1G) de rețea celulară europeană. [62]

A doua generație a rețelei (rețeaua GSM 2G) a apărut în anul 1991, de asemenea într-o țară scandinavă – mai exact în Finlanda. A treia generație de rețele (GSM 3G), cunoscută din anul 2001, este venită din inițiativa Japoniei, prin operatorul *NTT DoCoMo*. [62, p. 69] Un pas esențial, la această etapă, a fost faptul că la rând cu obișnuitele convorbiri vocale, 3G a adăugat posibilitatea realizării apelurilor video, precum și accesul la Internet de pe telefonul mobil cu viteze de până la 384 Kbps. [61]

În mod similar, cum ar fi consumarea rețelei 3G și evoluarea celei 4G, comerțul mobil la ziua de azi include servicii de localizare (servicii de căutare, oameni, produse, cartografie/direcții și informații), servicii de divertisment (video la cerere, muzică, jocuri în rețea), aplicații financiare mobile (bancare, brokeraj, tranzacții în numerar), administrarea proactivă a serviciilor și licitațiile de pe dispozitivele mobile. [68]

Astfel, dezvoltarea în ritm rapid a telecomunicațiilor în ultimele decenii a dus la orientarea cercetărilor spre noi metode și tehnici de vehiculare a informațiilor. [12, p. 90]

1.1.2 Tipuri de rețele de comunicații electronice

Conform definiției, telecomunicațiile sunt/pot fi realizate prin intermediul rețelelor de transmisie de mesaje. Astfel, putem constata că o rețea de telecomunicații este alcătuită din conexiunile și centralele necesare utilizatorilor acelei rețele pentru a efectua transmiterea mesajelor sub forma de voce, text, date, etc.

Prin urmare, “evoluția rețelelor de telecomunicații a presupus:

- dezvoltarea unei rețele pentru transmisiile telegrafice (rețeaua telegrafică);
- dezvoltarea unei rețele pentru transmisiile radio (rețeaua comunicațiilor radio);
- dezvoltarea unei rețele pentru transmisiile telefonice (rețeaua telefonică);
- dezvoltarea unei rețele pentru transmisiile de radiotelefonie celulară (telefonie mobilă);
- dezvoltarea rețelei pentru transmisiile Internet (rețeaua Internet), etc”. [14, p. 12]

În scopul dezvoltării compatibilității între rețele, cât și a integrării tuturor rețelelor existente într-o rețea mondială de telecomunicații, au fost standardizate echipamente de interfață corespunzătoare pentru ca fiecare rețea să aibă la bază unul sau mai multe medii de transmisie. Pentru realizarea conexiunilor, s-au folosit, următoarele medii de transmisie: legături prin conductoare de cupru (simetrice și nesimetrice), legături prin unde radio, legături prin fibre optice.

Prin urmare, prima transmisie radio a mesajelor în istorie este marcată de Marconi în 1895, însă unele momente importante pentru dezvoltarea telecomunicațiilor evidențiate în [14] sunt:

- Utilizarea repartitorului vocal (circa 1915);
- Transmisia multiplexată a convorbirilor (circa 1920);
- Utilizarea cablului coaxial (circa 1940);
- Lansarea sateliților pentru comunicații (după 1960);
- Folosirea cablului cu fibre optice (după 1975);
- Utilizarea transmisiilor de radiotelefonie mobilă (după 1980);
- Utilizarea pe scară largă a comunicațiilor prin Internet (după 1990).

După cerințele de transmisie a echipamentelor de interfață și tehnici specifice de modulație rețelele conform [14] pot fi delimitate în:

- *rețeaua de telegrafie*, care permitea viteze de transmisie modeste;
- *rețeaua de telefonie clasică*, ce permite transmisia de date în zona circuitului de abonat, numai cu ajutorul modem-urilor;
- *rețelele publice pentru comutația pachetelor de date*, care transportă datele în conformitate cu protocolul X.25;
- *rețelele de radio și televiziune*, conectate prin legături radio, prin rețele de radiorelee, sau prin cabluri coaxiale, necesitând modem-uri pentru transmisia datelor;
- *rețelele de comunicații mobile*, care permit conectarea la rețeaua fixă învecinată, și care suportă atât transmisia semnalelor vocale, cât și a semnalelor digitale;
- *rețelele private de radio* destinate serviciilor de urgență, deținătorilor de parcuri auto, etc.;

- *rețelele private de telefonie* (PABX=Private Automatic Branch Exchange), care în incinta unei întreprinderi au utilizare privată, fiind conectate la o centrală publică prin una sau mai multe joncțiuni;
- *rețelele private de calculatoare*, numite LAN-uri (Local AreaNetwork).

1.2. Aspecte privind procesul de evoluție a rețelelor de Internet

Este bine cunoscut că fiecare din secolele precedente a fost dominat de o anumită tehnologie, fapt ce a marcat dezvoltarea societății umane pentru următoarele generații. Astfel, pentru a stabili aspectele privind procesul de evoluție a rețelelor de Internet este necesar de menționat faptul că secolul XX a fost dominat de tehnologiile legate de colectarea, prelucrarea și distribuirea informației, ceea ce se remarcă ca fiind actual și pentru secolul XXI. Încadrarea Internetului în linia de dezvoltare a telecomunicațiilor este firească, deoarece el devine *sistemul de convergență al comunicațiilor în sec. XXI* (pentru transmiterea vocii – telefonie Internet; pentru transmisiuni video și televiziune; transmisiuni de date) [59, p. 357]

Referindu-ne la geneza Internet-ului, putem spune că practic este imposibil de localizat în timp, fapt ce vom menționa la acest capitol mai multe confirmări stabilite în revistele de specialitate.

Potrivit unor surse, originile rețelei Internet trebuie căutate în rapoartele către *Rand Corporation* ale lui Paul Baran, care, la începutul anilor '60, a intuit și a prefigurat pentru prima dată posibilitatea construirii unei rețele de transmisii de date. De-a lungul timpului Internet-ul a înregistrat o evoluție explozivă astfel încât acum toți specialiștii acceptă ideea că a căpătat dimensiuni mondiale. [25, p. 3]

Însă, pentru a ajunge la o înțelegere fundamentală a rețelei de Internet trebuie să menționăm faptul că a existat comunicație informațională la distanță și înainte de telecomunicație (focuri, poștă, porumbei) și s-ar putea să apară în viitor și forme de comunicație bazate pe alte principii fizice și informaționale decât cele oferite de telecomunicațiile de până acum. S-ar putea să apară și metode de telecomunicație pentru distanțe mari la scara universului și metode specifice unei posibile societăți a conștiinței care va urma societății cunoașterii. [60, p. 78].

Așadar, o problemă majoră pentru comunicarea populației a fost vechile sisteme telegrafice, care erau în terminologia actuală, legături punct-la-punct, folosind banda de hârtie perforată pentru a transmite informația pe următoarea legătură spre destinație. [19, p. 11]

Astfel spus, se consideră, că dezvoltarea Internet-ului începe odată cu *ARPAnet*, dar să nu uităm că telegraful a apărut cu un secol și jumătate în urmă. Încă în anul 1837 Charles Wheatstone în Anglia, dar și Samuel B. Morse în SUA au anunțat acest fapt ca invenție. Anume atunci au

apărut primele rețele de comunicație. Un rol important în dezvoltarea acestei infrastructuri l-au jucat telefonia multiplă, descoperită în 1906 de către Augustin Maior, iar mai târziu calculatoarele electronice. [63, p. 144]

O etapă calitativ nouă în procesul de evoluție a rețelelor de Internet s-a început odată cu experimentarea primelor rețele de calculatoare la mijlocul anilor '60. Aceasta, la rândul său, a contribuit la apariția conceptului de *rețele cu comutare de pachete*. [25]

În 1969, ARPA (Advanced Research Projects Agency – Agenția pentru proiecte de cercetare avansată) a Departamentului Apărării al SUA a inițiat rețeaua ARPANET. Această rețea extinsă era menită să conecteze experții din sfera universitară a SUA și cercetătorii din centrele respective ale Departamentului Apărării. Având de la început doar 4 noduri, rețeaua s-a extins mai târziu, adăugând și conectând unele rețele locale.

Scopul de bază a fost crearea unei rețele, care ar asigura posibilitatea transmiterii mesajelor de la expeditor la destinatar, chiar dacă parțial ar fi cu anumite defecțiuni. Cea mai importantă parte a cercetărilor a fost efectuată în universități în cadrul proiectelor de cercetare, legate de această rețea, rezultatul de bază fiind crearea și utilizarea protocoalele de rețea. [25]

E important să recunoaștem că aceste protocoale au devenit nucleul protocoalelor pentru Internet denumite în mod general TCP/IP. [25, p. 4]

Conform altor surse, ARPA a fost creată ca răspuns la lansarea Sputnik-ului de către URSS în 1957 și avea misiunea de a dezvolta tehnologii utilizabile în scopuri militare. Agenția, care nu avea savanți sau laboratoare, și nici un buget prea mare, a apelat la universități și firme pentru dezvoltarea proiectului. Încă, conform celor menționate mai sus, de la început, a apărut ideea implementării rețelei pe principiul comutării de pachete, o idee revoluționară la acea vreme, dar care fusese deja sugerată de Paul Baran în rapoarte ale Corporației RAND la începutul anilor '60. Rețeaua urma să fie formată dintr-o subrețea și calculatoare gazdă. [26]

Proiectul inițial prevedea ca sub rețeaua să fie constituită din mini calculatoare (numite IMP-uri – Interface Message Processors) conectate prin linii de transmisie, în așa mod, ca fiecare calculator IMP să fie legat la cel puțin alte două în scopul asigurării unui nivel mai înalt de siguranță în comunicare. În cazul defectării unor linii și IMP-uri, mesajele puteau fi transmise automat pe linii alternative. Fiecare nod al rețelei includea un IMP și o gazdă pentru transferul mesajelor, ambele fiind instalate în aceeași încăpere, fiind conectate între ele. După examinarea propunerilor de implementare în practică a *hard-ului* și *soft-ului* rețelei, proiectul a fost continuat de firma BBN (Massachusetts). Acolo au fost utilizate minicalculatoare Honeywell, ajustate în mod anumit pentru a fi folosite în calitate de IMP-uri. Soft-ul a fost elaborat separat pentru gazde

și subrețea. Astfel, a apărut prima configurație a rețelei ARPANET, care a fost dezvoltată continuu. ARPA a finanțat cercetări în domeniul rețelelor de sateliți și rețelelor mobile radio cu comutare de pachete. [26]

Astfel, între anii 1970-1980 au fost dezvoltate mai multe protocoale de comunicații Internet, care au stat la baza creării unei rețele dinamice și care putea funcționa chiar dacă un număr de noduri erau distruse. Luând în considerare că inițial rețeaua Internet a fost văzută ca bază pentru comunicații militare și între universități, pe parcursul creșterii cererii de acces la informație, fapt ce a determinat secolul XXI specific și dominant acestei cerințe, ea a devenit în prezent o rețea comercială, o rețea deschisă pentru oricine.

Proiectul ARPAnet asigura la început doar 3 servicii de comunicație: conectarea la distanță - telnet (*Remote login*), transferul de fișiere și tipărirea la distanță. [64]

Serviciul de poșta electronică - *e-mail* a fost introdus mai târziu, în 1972, când rețeaua s-a extins până la 37 de calculatoare. În aceeași perioadă (Octombrie, 1972), ARPAnet a fost prezentat în public la Conferința Internațională de la Washington DC (ICCC) [64, p. 13]

Aceste evoluții au arătat că protocoalele ARPANET existente nu erau potrivite pentru a rula pe mai multe rețele. Cercetările axate pe protocoale mai performante au dus la apariția lui TCP/IP, care a fost proiectat special pentru comunicarea inter-rețele, obiectiv esențial în condițiile în care tot mai multe rețele erau legate la ARPANET.

Pentru a încuraja adoptarea noilor protocoale și integrarea lor, ARPA a încheiat contracte cu BBN și cu Universitatea din California (Berkeley). Cercetătorii de acolo au dezvoltat o interfață de programare cu rețeaua și au scris numeroase aplicații, utilitare și programe de administrare orientate la simplificarea interconectării.

Softul respectiv a corespuns necesităților specifice ale acelor universități care posedau câteva minicalculatoare VAX conectate într-un LAN. Integrarea protocolului TCP/IP în sistemul de operare UNIX, un sistem portabil, scris în mare măsură în limbajul C, elaborat cu entuziasm în special de programatori din universități și răspândit în mod gratuit, a avut o contribuție semnificativă la evoluția rapidă a rețelei. [26]

În perioada anilor '80, ARPANET s-a extins, fiind conectate la ea și alte rețele. În scopul asigurării unui mod mai eficient de acces al gazdelor într-o inter-rețea de dimensiuni tot mai mari, a fost propus sistemul numelor de domenii DNS (Domain Naming System), care organiza mașinile în domenii în baza unei corespondențe dintre numele gazdelor și adresele IP.

Acestă soluție a fost implementată în Internet, ca un sistem de baze de date distribuit, utilizat pentru memorarea informațiilor despre procedurile de atribuire a numelor.

În 1983, ARPANET conținea peste 200 de IMP-uri și sute de gazde, era stabil și se bucura de succes. În acest moment, ARPA a încredințat administrarea rețelei Agenției de Comunicații a Apărării (DCA - Defense Communications Agency), care a izolat porțiunea militară (aproximativ 160 IMP-uri, din care 110 în SUA și 50 în străinătate) într-o rețea numită Milnet și a prevăzut porți stricte între aceasta și subrețeaua de cercetare rămasă.

În 1990, ARPANET era deja surclasat de rețelele mai moderne cărora le dădu-se naștere; a fost închis și demontat dar contribuția sa covârșitoare în crearea rețelei globale Internet rămâne actuală. Unul din avantajele rețelei Internetul este posibilitatea interconectării mijloacelor tehnice indiferent de platformă. Acest lucru a devenit posibil prin faptul că s-au stabilit o serie de reguli privind comunicația inițială între calculatoare, fapt ce a fost susținută pentru toate mijlocele de comunicare care urmau să fie dezvoltate pe parcurs. Acest set de reguli, denumite protocoale, definesc modul de lucru al aplicațiilor pentru a asigura compatibilitatea între ele.

Când Internet-ul e rețeaua, la care ne adresăm, noi trebuie să respectăm setul de protocoalelor cu identificarea generalizată de TCP/IP. Fiecare dintre aceste protocoale, este orientat la realizarea transmiterii prin rețea a datelor cu format și opțiuni diferite. În dependență de necesitățile concrete ale aplicației, pentru transferul informațiilor prin Internet poate fi folosit oricare din acest set de protocoale. [26]

Dezvoltarea rețelei Internet a fost influențată de mai multe aspecte cu referire la schimbul rapid și comod de informații prin utilizarea unor servicii specializate ca:

- poșta electronică care permite transferul de mesaje scurte constând în texte, fișiere document, fișiere imagine, clipuri video între utilizatori care au adrese de e-mail pe Internet, serviciul e-mail bazat pe protocoalele POP (Post Office Protocol) și SMTP (Simple Mail Transfer Protocol);

- transferul de fișiere prin utilizarea așa numitului protocol FTP (File Transfer Protocol), pentru a asigura un transfer de fișiere între două calculatoare conectate la rețeaua globală, de imagini grafice, secvențe audio și video; vizualizare de fișiere cu informații de tip text, etc.; de primirea informațiilor și actualizărilor regulate ale subiectelor de interes personal prin intermediul listelor de distribuție prin e-mail (mailing lists) organizate pe subiecte de interes, fiecare membru al grupului primind automat informațiile care apar în rețea; e permis accesul la mii de arhive informaționale din întreaga lume, prin intermediul unor servere specializate în gestiunea și rezolvarea cererilor de vizualizare și expediere a componentelor arhivelor; se largesc posibilitățile de divertisment;

- **logarea distantă** care oferă utilizatorilor posibilitatea conectării la alte calculatoare și

folosirea resurselor lor, în baza protocolului TELNET;

- **chat** -ul care suportă comunicarea în timp real între utilizatori, folosind o interfață textuală, printr-o rețea de servere interconectate, comunicare controlată de protocolul IRC (Internet Relay Chat), etc. [26]

Traficul în Internet continue să crească datorită creșterii numărului de utilizatori și de aplicații. La dezvoltarea rețelei Internet contribuie aplicațiile de sine stătătoare. Aceste au pus bazele unor noi domenii care în prezent sunt sectoare autonome ale rețelei.

Aplicațiile oferite de un operator INTERNET pot fi clasificate după domeniul în care sunt utilizate: comunicații, tranzacții, informații și publicitate, educație și recreere, administrare. Aplicațiile noi, cum ar fi telefonica, radiodifuziune și televiziunea prin Internet, videoconferința, impun rezolvarea de noi probleme pentru rețeaua Internet pentru asigurarea calității serviciilor (QoS = Quality of Service). [20, p. 383]

Între ele un loc important îl ocupă comerțul electronic, telefonica prin Internet, serviciile multimedia, etc, care nu pot fi concepute fără accesul la Internet:

- *comerțul electronic* (e-commerce) este cea mai interesantă aplicație a Internetului pentru viitor care presupune actualizarea continuă a cataloagelor de produse și servicii, astfel, clientul are acces la informațiile necesare, poate face direct comanda fără intermediari, poate face plata prin cartela de credit sau cont bancar, deci poate obține produsele sau serviciile de calitate dorită, mai repede, la prețuri mai mici;
- *telefonica prin Internet* este unul din cele mai folosite servicii, cu posibilitatea de a oferi acest serviciu prin Internet la prețuri foarte convenabile;
- *serviciile multimedia* sunt servicii care implică utilizarea mai multor tipuri de conexiuni și servicii (voce, date, video), unde Internetul este soluția practică, datorită volumului mare de trafic de transportat, la fel în aceeași categorie pot fi incluse serviciile de videoconferință sau transmisiuni video (de la o sursă la mai mulți utilizatori);
- *Intranet-ul* este o rețea a unei societăți bazată pe tehnologie Internet, care permite accesul salariaților la resursele comune de software, baze de date, pagini Web și care asigură protecția la accesul neautorizat;
- *terminalele* rețelei Internet au avut un rol determinant asupra dezvoltării rapide a Internetului la care prețul acestor terminale este în continuă scădere, în timp ce caracteristicile funcționale sporesc continuu și prin caracteristicile care devin importante în prezent sunt asigurarea mobilității, recunoașterea vorbirii, programe de colectare a informațiilor în concordanță cu preferințele utilizatorului;

- *televizorul (TV)* poate fi folosit ca terminal Internet pentru servicii de căutare WWW și e-mail și în acest scop se poate folosi controlul distant, o tastatură și "a set-top box", la care pentru început, comunicația de la utilizator la rețea se va realiza prin rețeaua publică cu comutație de circuite PSTN/ISDN/PLMN, iar prin modemul de cablu TV se poate obține acces la serviciul telefonic și acces la Internet prin operatorul de cablu TV. [26]

Există în prezent o cantitate enormă de informații, sub formă de pagini WEB, pe un număr foarte mare de servere. Transferul informației este facilitat de posibilitatea localizării informației dorite prin căutarea realizată de Browser Web, program care interpretează și afișează paginile WEB. Ca urmare, o pagină WEB poate conține texte, imagini, animații, clipuri video, legături la alte pagini web sau în cadrul aceleiași pagini, sunete, tabele, poate oferi utilizatorilor posibilitatea de a trimite mesaje sau de a completa anumite formulare cu date proprii. [26]

Rețelele de calculatoare conectate la rețeaua Internet contribuie substanțial la creșterea comunicației de date în rețea. Pot fi folosite terminale de rețea speciale cu un minim de hardware, care funcționează prin conectare la o rețea. Acestea pot fi administrate de administratorul de rețea care asigură cu ușurință actualizarea software-ului. [20, p. 385]

În scopul conectării mijloacelor tehnice indiferent de platforma de operare la Internet, modelul client / server, protocolul TCP (Transmission Control Protocol) este utilizat de aplicații care au nevoie de confirmare de primire a datelor și protocolul IP (Internet Protocol). Adicional la cele menționate, protocolul IP furnizează un serviciu de transfer de unități de date - datagrame - între "host computer" și *router* sau între *router*. Sursa și destinația sunt identificate prin adrese IP de lungime fixă. Protocolul IP este de asemenea responsabil cu segmentarea și recombinația datagramelor. La acest nivel nu se realizează controlul transmisiei corecte, dar se realizează o verificare a *headerului* pentru a detecta datagramele transmise eronat. [20, p. 387]

1.3. Elemente specifice ale dezvoltării rețelelor inteligente

Succesul Internet-ului a avut importante repercusiuni asupra sectorului tehnologiilor și al informației, dar în special asupra telecomunicațiilor. Rapida creștere a Internet-ului reprezintă deja motorul dezvoltării rețelei mondiale de telecomunicații într-o asemenea măsură, încât rețeaua va trebui optimizată pentru a putea transporta imense cantități de date; aceasta explică, de altminteri, și scăderea prețurilor comunicațiilor telefonice internaționale. Omniprezența Internet-ului și a protocolului asociat IP reprezintă astăzi elementul-cheie al proiectelor vânzătorilor de echipamente de telecomunicații și al operatorilor de rețea. În paralel, Internet-ul permite operatorilor scăderea sensibilă a costurilor, privilegierea relațiilor cu clientela și oferirea opțiunilor de serviciu liber.

Concurența în telecomunicații, abundența și prețul scăzut al lărgimii de bandă, precum și

eficacitatea mereu în creștere a puterii de procesare se conjugă pentru a face să scadă continuu costurile reale ale serviciilor de bază (de exemplu, comunicații la mare distanță) sau ale serviciilor cu valoare adăugată. În asemenea condiții este probabil că din ce în ce mai multe servicii cu valoare adăugată vor putea fi oferite gratuit, dacă costul expedierii lor poate fi amortizat cu debușee comerciale indirecte. Sau poate că abonații vor prefera să plătească o taxă mică și să primească, în schimb, informații personalizate și lipsite de mesaje publicitare. Problema centrală de astăzi a telecomunicațiilor este de a se adapta la noua situație, adoptând o concepție integratoare a sistemelor de rețele.

De la invenția telefonului în urmă cu mai bine de 100 de ani, un singur principiu de bază a stat la baza distribuirii apelurilor de-a lungul rețelelor publice mondiale comutate, acela de a chema mai degrabă o locație, și nu o anumită persoană. O dată cu sosirea telefoniei mobile, lucrurile s-au schimbat; nu se mai poate vorbi de o anumită locație, ci de o persoană - indiferent de locul unde se află și de rețeaua operatorului. Ceea ce a ușurat această schimbare fundamentală a fost apariția unei noi tehnologii de rețele, cunoscută sub numele de rețele „inteligente” (RI). [2, p. 7]

RI este un concept arhitectural pentru crearea, introducerea și exploatarea de noi servicii caracterizat prin:

- folosirea extensivă a tehnicilor de procesare a informației;
- folosirea eficientă a resurselor rețelei;
- modularizarea și reutilizarea funcțiilor rețelei;
- crearea și implementarea serviciilor integrate prin utilizarea funcțiilor reutilizabile modularizate ale rețelei;
- alocarea flexibilă a funcțiilor la entitățile fizice;
- portabilitatea funcțiilor rețelei pe entitățile fizice;
- comunicație standardizată între funcțiile rețelei prin interfețe de serviciu independente;
- asigurarea controlului unor atribute ale serviciului specific de către utilizatorul serviciului;
- managementul standardizat al logicii serviciului.

RI utilizează un concept arhitectural care poate fi aplicat în toate rețelele de telecomunicații. [20, p. 271] În forma lui cea mai pură, modelul conceptual al rețelei inteligente definește un mediu înconjurător flexibil, bogat în servicii și care suportă servicii cum ar fi vocea avansată (sisteme de procesare a vocii *call forwarding*, *caller ID* etc.), transmisia rapidă de date și video. În viața reală, RI se identifică într-o serie de noi componente ale rețelelor, cum ar fi comutatoarele și echipamentele de transmisie care pot fi rapid reconfigurate de la distanță, pentru a putea sprijini oferta unor noi servicii.

Nodurile rețelelor inteligente *wireless*⁴ pot fi realizate cu diferite echipamente: Wi-Fi, UWB, Bluetooth, Zig-Bee, celulare, etc. Echipamentele Wi-Fi pot fi utilizate pentru crearea rețelelor inteligente în structurile **mesh** și **ad hoc**. [126] O rețea Wi-Fi tipică poate include unul sau mai multe puncte de acces, AP, precum și una sau mai multe stații (clienți). După cum se menționează în [65, p. 74] ”standartul 802.11 lasă criteriul conectării și *roaming*-ul în totalitate deschis pentru client, ceea ce asigură un avantaj al Wi-Fi față de alte sisteme, cu consecința că unele adaptoare wireless se pot comporta mai bine ca altele. Rețelele mesh, WMN de tip punct la punct și punct la multi punct sunt de mai multă vreme dezvoltate pe baza echipamentelor Wi-Fi”. [62]

O arhitectură la nivel generic WMN ca și una ad hoc, care se bazează pe echipamente IEEE 802.11 realizează o conexiune la structura centralizată de rețea a unor rețele locale, bazate pe echipamente Wi-Fi și alte echipamente, PDA-uri, etc. [66, p. 32]

Funcționarea echipamentelor WiMAX (Worldwide Interoperability Microwave Access) are la bază elemente de inteligență din punct de vedere al funcționării și utilizării eficiente a resurselor, precum și al încadrării celor din urmă în funcționalitatea unei rețele în scopul de a se conecta, de a asigura comunicația în funcție de conținutul acesteia, de a transfera legătura de comunicație fără a fi întreruptă sesiunea etc.). ”Condițiile impuse pentru sistemele mobile din seria 802.16 au fost formulate la începutul anului 2003 și au fost preluate și de WiMAX mobil.” [67, p. 78]

Independente de platformă și de vânzător, RI separă serviciul logic de comutatoare și de alte echipamente, permițând adăugarea de noi servicii la cele vechi, actualizarea acestora din urmă și reproiectarea lor, fără să fie nevoie de efectuarea unor schimbări complexe ale infrastructurii PSTN în permanență. Datorită structurii ei modulare, RI permite dezvoltarea de noi servicii și produse, precum și integrarea lor în rețea, rapid și cu ușurință. Pentru operatori și furnizori de servicii ea oferă noi posibilități competitive realizând sisteme inovative ”pe măsură” și servicii orientate client. Pentru utilizatori, tehnologia RI înseamnă o gamă mai bogată de servicii cu valoare adăugată.

Datorită liberalizării piețelor de telecomunicații, operatorii actuali lucrează într-un mediu competitiv, tarifele lor sunt supuse presiunii prețurilor și noilor tehnologii, cum ar fi *voice-over-IP*, ceea ce face ca prețurile serviciilor bazate pe voce să scadă continuu. Tehnologia RI oferă o

⁴ Rețelele wireless și mobile sunt folosite în diverse domenii așa ca turism, educație, comerț, militar, livrarea coletelor și îngrijire medicală. [69]

soluție flexibilă pentru operatorii care sunt în căutarea unor căi noi pentru creșterea veniturilor și pentru a se distanța de concurență. [2, p. 9]

În Portugalia, până nu demult, operatorii de telecomunicații ofereau access de bandă largă la Internet prin linie de abonat digital și modem. Estimând impactul accesului de bandă largă la Internet în baza separării acestor două servicii s-a constatat efecte pozitive la compartimentul preț și satisfacerea utilizării serviciului. [98]

Deja la sfârșitul mileniului al doilea în Internet – se procesa o sarcină comparabilă cu cea din rețelele telefonice. Este de menționat că începând cu primul manual dedicat rețelelor „inteligente” intitulat *The Intelligent NetWork - A Joint Study by Bell Atlantic, IBM and Siemens*, publicată de Springer-Verlag, în 1989, de editorii Ambrosch, W. D., Maher, A. și Sasscer, B. se specifică textual: „Acest document nu încredințează societăților Bell Atlantic International Inc., IBM Deutschland GmbH sau Siemens AG dezvoltarea vreunui produs, serviciu, cerințe sau standard de interconectare. Documentul de față nu trebuie interpretat ca o sugestie adresată fabricanților de a modifica sau schimba vreunul din produsele lor. Dar, atunci când se aruncă un cristal într-o soluție suprasaturată, efectul a fost exact invers decât cel recomandat în scurta notiță introductivă - deși se sconta pe el, cel puțin în parte. În momentul apariției acestei surse, toți marii fabricanți de echipamente de telecomunicații de atunci lucrau febril în laboratoarele lor pentru a pune la punct echipamentele necesare pentru rețelele RI. Efectul a fost acela al unui catalizator, conținute în acesta au devenit curând viitoare standarde în materie. [2, p. 129 - 132].

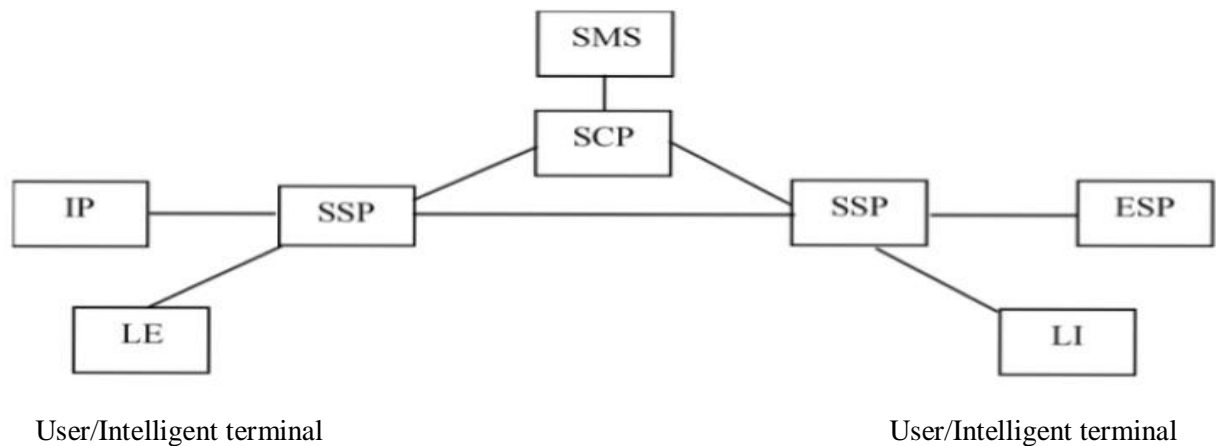


Figura 1.2. Modelul de referință pentru arhitectura de livrare a serviciilor

Sursa: sugerată din [2]

O RI se deosebește de o rețea neinteligentă prin eficacitatea și comoditatea interfeței dintre rețea și utilizatori. Termenul RI este folosit astăzi în asociație cu modelul Bellcore, cu rețeaua propusă și cu elementele ei constitutive (figura 1.2): *Service Switching Point (SSP)*, *Service Control Point (SCP)*, *Service Management System (SMS)* și *Intelligent Peripheral (IP)*. Această

așa-numită inteligență a existat întotdeauna sub o formă sau alta de-a lungul istoriei telecomunicațiilor. La începuturile telefoniei, centralista era cea care deținea frâul prin modul în care ea trata apelurile. Apariția rețelelor inteligente (RIs) în anii '80 a făcut să apară inteligența la toate nivelurile rețelei unde erau folosite computere, provocând o explozie de noi servicii atât la scară națională, cât și la cea internațională.

La origine, serviciile erau programate într-un limbaj de tip CHILL și trebuiau să fie instalate în fiecare comutator. Specialiștii și-au dat însă repede seama că ar fi mult mai bine dacă serviciile RI ar putea fi concepute cu ajutorul unui limbaj mai evoluat, putând fi desfășurate și gestionate dintr-un singur loc. Aceasta a incitat Uniunea Internațională a Telecomunicațiilor (UIT) să standardizeze conceptul RI. Primul standard RI al UIT nu dă decât posibilități de acțiuni limitate la nivelul infrastructurii de comutare. Totuși, potențialul RI este foarte puternic, iar standardul CS2 dă posibilități mai mari și permite să se ofere utilizatorilor servicii și mai elaborate. Cu progresele rapide ale tehnologiei informației, RIs nu fac decât să înceapă să-și descopere potențialitatea lor; rețelele inteligente sunt indispensabile pentru integrarea rețelei telefonice, a rețelelor mobile (4G, LTE, 5G).

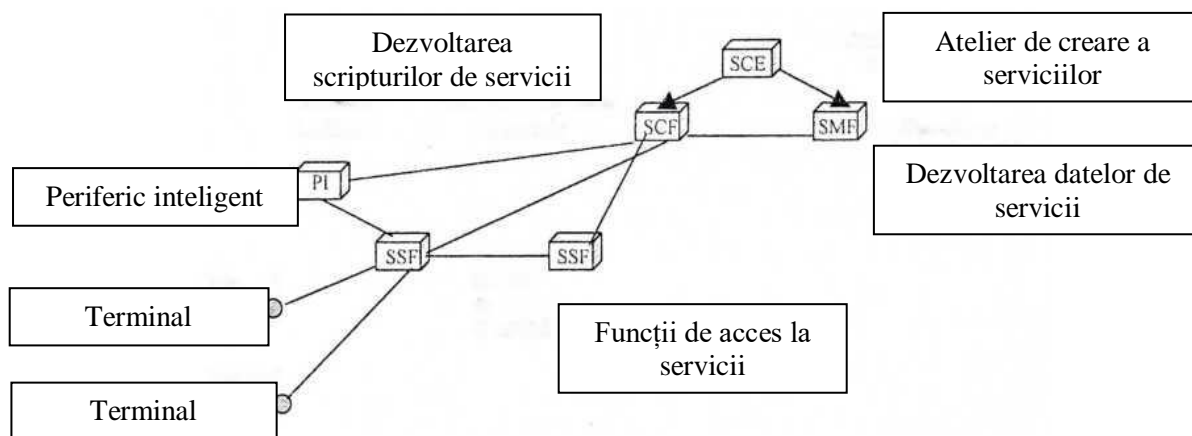


Figura 1.3 Funcțiile rețelei inteligente RI

Sursa: sugerată din [2]

În acest context, arhitectura RI este modulară, ea este constituită din numeroase blocuri funcționale care posedă funcțiile de comutație, de procesare, de gestiune și de desfășurare a serviciilor, regăsită în figura 1.3. [2, p. 18]

1.4. Starea generală a cercetărilor în domeniul dezvoltării infrastructurii informaționale naționale în RM

Unele aspecte importante ale dezvoltării infrastructurii informaționale naționale (IIN) au fost cercetate de savanții din Republica Moldova Ion Bolun, Ilie Costăș, Constantin Gaidric,

Svetlana Cojocar, Anatol Godonoagă și alții. De exemplu, reieșind din necesitatea dezvoltării societății informaționale în RM, și problemele specifice condiționate de perioada complicată de tranziție, în [76], [77], [78], [80] autorii argumentează necesitatea unei abordări sistemice în dezvoltarea infrastructurii informaționale naționale. În acest context, o atenție deosebită este acordată argumentării necesității unui management informațional integrat, orientat la asigurarea și coordonarea tuturor activităților ce țin de dezvoltarea componentelor atât informaționale (inclusiv serviciile informaționale), cât și cele ale asigurării tehnice ale infrastructurii informaționale naționale.[77], [80], [85], [87]

Pe baza unei analize a factorilor de influență la dezvoltarea IIN la etapa respectivă (atât pozitivi, cât și negativi), în special în lipsa în acea perioadă a unui sector privat dezvoltat, în [80] au fost formulate unele concluzii în sensul că cea mai eficientă formă de dezvoltare a IIN și a creării societății informaționale în RM este strategia bazată pe o planificare statală, control și coordonare centralizată a proceselor de informatizare a societății într-un context internațional, ceea ce înseamnă sporirea rolului guvernului în aceste procese. În acest context, în [75], [80], [85] sunt elaborate bazele conceptuale ale unui sistem de management informațional integrat la nivel de societate, care ar gestiona toate aspectele ce țin de dezvoltarea IIN.

Practic, în majoritatea cercetărilor ce țin de dezvoltarea societății informaționale în Republica Moldova (referitoare la crearea unui spațiu informațional unic, e-guvernarea, integrarea sistemelor, etc.) în mod direct, sau indirect se subliniază primordialitatea dezvoltării componente tehnice a infrastructurii, în special, a rețelelor de telecomunicații [74], [79], [83].

Cercetările cele mai apropiate de tema tezei în cauză au fost efectuate de către profesorul universitar Ion Bolun. În teza de doctor habilitat [86], dar și în lucrările [87], [88], [90], [113] autorul a obținut un șir de rezultate științifice fundamentale, principalele dintre care sunt următoarele:

1) În baza cercetării caracteristicilor interpelărilor utilizatorilor, examinării modelelor și algoritmilor de analiză, sinteză și organizare a funcționării rețelelor de calculatoare, a fost evidențiată o direcție științifică nouă în domeniu – macrosinteza și valorificarea resurselor rețelelor de calculatoare regionale.

2) Au fost sistematizate informațiile privind evoluția dezvoltării rețelelor informatice în Moldova, elucidate problemele integrării informaționale a R. Moldova în ciber spațiul internațional, dezvoltării bazei informaționale a rețelelor informatice, creării unor servere de căutare a informațiilor ținând cont de priorități, creării unei rețele de transfer date publice pivot în

Moldova și a unui nod de comutație în Chișinău, dezvoltarea suportului legislativ al domeniului ș.a.

3) Rezultatele cercetărilor au fost folosite la: proiectarea Rețelei Naționale de Calculatoare și a Rețelei Naționale de Transfer Date; crearea Rețelei de Calculatoare a Ministerului Informaticii, Informației și Telecomunicațiilor și a întreprinderilor din subordinea acestuia.

Diferite aspecte ale dezvoltării rețelelor de telecomunicații au fost obiecte de cercetări pentru câteva teze de doctor și respectiv, în lucrările publicate. De exemplu, în [81], [89] au fost formulate probleme de eficientizare a utilizării resurselor rețelelor informatice locale; argumentată reducerea setului de indicatori de apreciere a eficienței economice a folosirii resurselor rețelelor informatice locale; elaborate modele analitice de cercetare a efectelor economice ale fragmentării rețelelor locale Ethernet și constatările în baza lor; elaborate modele economico-matematice și algoritmi de valorificare a resurselor rețelelor informatice locale.

În [82], [91] sunt propuse câteva modele și elaborați algoritmi de configurare fizică a seturilor de servere pentru rețelele locale. Ca criteriu de optimizare servește minimizarea cheltuielilor sumare cu serverele. De asemenea, sunt obținute soluții analitice pentru cazuri particulare și elaborați algoritmi de distribuire optimă a fluxului de cereri ale utilizatorilor între servere, urmărind minimizarea duratei medii de răspuns la cereri. Necesitatea unei abordări sistemice în dezvoltarea rețelei informatice naționale (inclusiv a sistemului de transfer date) a fost argumentată într-un șir de lucrări, principalele fiind [92], [93], [94], [95].

E de menționat lucrarea membrilor corespondenți ai AȘM prof.univ. Gaidric C. și prof.univ. Cojocar S. [83], în care autorii au efectuat o analiză a structurii organizatorice a infrastructurii informaționale naționale, inclusiv în domeniul telecomunicațiilor, precum și a stării actuale (în perioada respectivă) în domeniul implementării mijloacelor avansate de telecomunicații de uz general și a serviciilor informaționale, evidențiind dinamica informatizării Republicii Moldova, întârzierea și decalajul mare dintre RM și țările Europei Centrale și de Vest în acest domeniu. Au fost formulate un șir de recomandări pentru eventualele politici și strategii în dezvoltarea infrastructurii informaționale naționale.

Trebuie de menționat că cu eforturile guvernului RM, a organismelor internaționale, precum și a specialiștilor informaticieni, în ultimii ani au fost obținute rezultate esențiale în domeniu dezvoltării IIN, dar au rămas încă multe probleme de soluționat. Având în vedere starea economică complicată în RM, e foarte important ca toate lucrările, ce țin de dezvoltarea IIN, să fie cât mai eficiente în cadrul resurselor financiare limitate. În acest context, e necesară optimizarea tuturor activităților în acest domeniu. Realizarea acestui scop poate fi posibilă în baza utilizării

metodelor economico-matematice în procesele de luare a deciziilor. Partea buna, în acest context, constă în faptul că școala matematică în RM întotdeauna a fost recunoscută ca una din cele mai puternice în fosta URSS și rămâne la nivel și în prezent. Aici vom enumera doar o parte din cei mai cunoscuți matematicieni, care au efectuat cercetări și publicații relevante în domeniu: Solomon D. [96], Gamețchi A. [96], [97], Godonoagă A., Toacă Z. [97] și alții. Unele metode matematice ale acestor specialiști și abordări în soluționarea problemelor complexe vor fi utilizate și în cercetarea actuală.

1.5. Specificul dezvoltării comunicațiilor electronice în Republica Moldova

Analiza specificului dezvoltării comunicațiilor electronice în Republica Moldova va fi efectuată, având în vedere, în primul rând, cele două abordări recunoscute în definiția telecomunicațiilor și sfera de cuprindere a lor, după cum urmează:

a) viziunea americană, unde telecomunicațiile reprezintă o comunicare interactivă și alte forme de transfer la distanță a datelor cu ajutorul mijloacelor electrooptice. Sistemul de telecomunicații este prezentat ca o rețea a telefoniei fixe și mobile, a antenelor de satelit, a cablurilor TV, serviciilor în bandă largă, cât și a rețelelor de calculatoare și a altor sisteme;

b) viziunea europeană, potrivit căreia telecomunicațiile reprezintă doar partea comunicațiilor electronice, care cuprinde rețelele de telefonie fixă și mobile. [24, p. 78-80]

Conform clasificatorului activităților din Republica Moldova aprobat în 2009, ramura „Comunicații electronice/ Telecomunicații” cuprinde: activitățile legate de exploatarea, întreținerea și accesul la facilități pentru comunicații electronice și activitățile serviciilor anexe, precum activitățile de transmisie voce, date, text, sunet și imagini. Metodele de transmisie care facilitează desfășurarea activităților menționate pot să se bazeze pe o tehnologie sau pe o combinație de tehnologii. Comun pentru ambele cazuri ce se referă la activitățile clasificate conform viziunii date este transmiterea conținutului, nu și cele de creare a lui. Ca urmare, sectorul comunicațiilor electronice din Republica Moldova cuprinde cel al telefoniei fixe, telefoniei mobile, transport date, acces la Internet, difuzarea și retransmisiile programelor audiovizuale. [103]

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”. Raportul statistic privind dezvoltarea comunicațiilor electronice în Republica Moldova se elaborează anual în baza datelor statistice prezentate de către furnizorii de rețele și servicii de comunicații electronice accesibile publicului. În fiecare trimestru se publică pe pagina

web rapoarte referitoare la situația în piața de telecomunicații, iar anual, până la 30 aprilie, se publică anuarul privind dezvoltarea sectorului de comunicații electronice în anul precedent. Ca rezultat, în baza datelor raportate de furnizori pentru piețele de telefonie mobilă, Internet mobil, telefonie fixă, Internet fix, retransmisie a programelor audiovizuale, alte activități în domeniul comunicațiilor electronice, ANRCETI acumulează informația necesară pentru evaluarea tendințelor existente pe segmentele pieței de comunicații electronice și pentru efectuarea analizelor de piață. 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. Această scădere poate fi lămurită prin faptul diminuării vânzărilor pe cele trei segmente de piață: telefonie fixă, telefonie mobilă, dar și Internet mobil dedicat. În același timp, veniturile din alte activități⁵ în domeniul comunicațiilor electronice s-au micșorat cu 2,8% și au constituit 686,9 mln MDL, (figura 1.4). 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. [11]

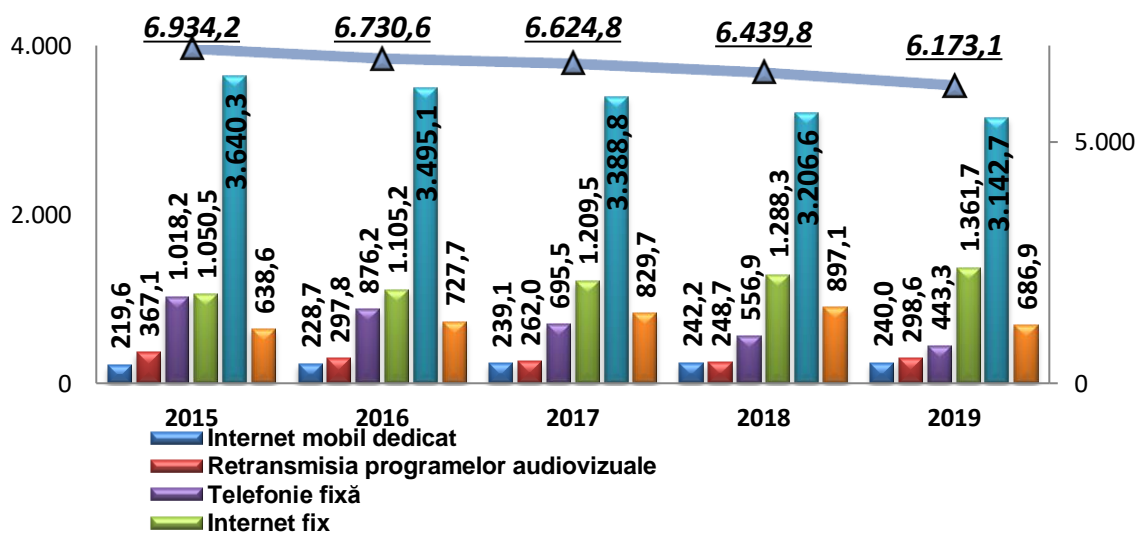


Figura 1.4 Evoluția veniturilor înregistrate în sectorul comunicațiilor electronice (mln MDL)

Sursa: sugerată din [11]

⁵Veniturile 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.

Ca urmare a unei comparații cu anul 2018, am putea conchide că structura pieței de comunicații electronice, în funcție de venituri, a suferit schimbări neesențiale. Astfel, ponderea veniturilor din serviciile de acces la Internet fix a crescut de la 20% la 22,1%, iar a veniturilor din serviciile de acces la Internet mobil dedicat - de la 3,8% la 3,9%, cele din retransmisia programelor audiovizuale au variat între 3,9% și 4,8%, însă pentru servicii de telefonie mobilă - 49,8% și 50,9%. Totodată, ponderea veniturilor provenite din servicii de telefonie fixă s-a micșorat de la 8,6% la 7,2%, însă cele a veniturilor din alte activități în domeniul CE - 13,9% la 11,1% (figura 1.5). [11]

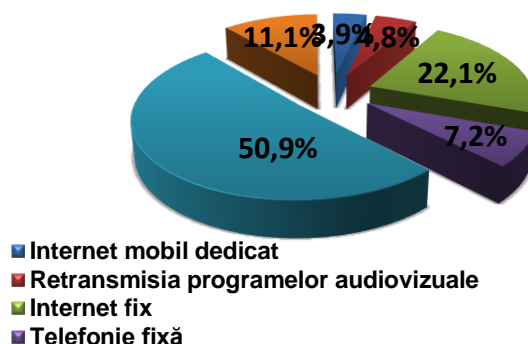


Figura 1.5. Structura pieței de comunicații electronice, în funcție de venituri

Sursa: sugerată din [11]

Astfel, conform datelor statistice pentru anul 2019, ca și în anii precedenți, cel mai semnificativ venit mediu lunar per utilizator (ARPU) – de 176,1 lei - a fost înregistrat pe piața serviciilor de acces la Internet fix. Pe piața accesului la Internet mobil dedicat acest indicator a fost de 84,3 lei, pe piața serviciilor de telefonie mobilă – de 73,3 lei, pe piața serviciilor de televiziune (TV) contra plată – de 39,1 lei și pe piața serviciilor de telefonie fixă - de 33,9 lei (figura 1.6) [11]

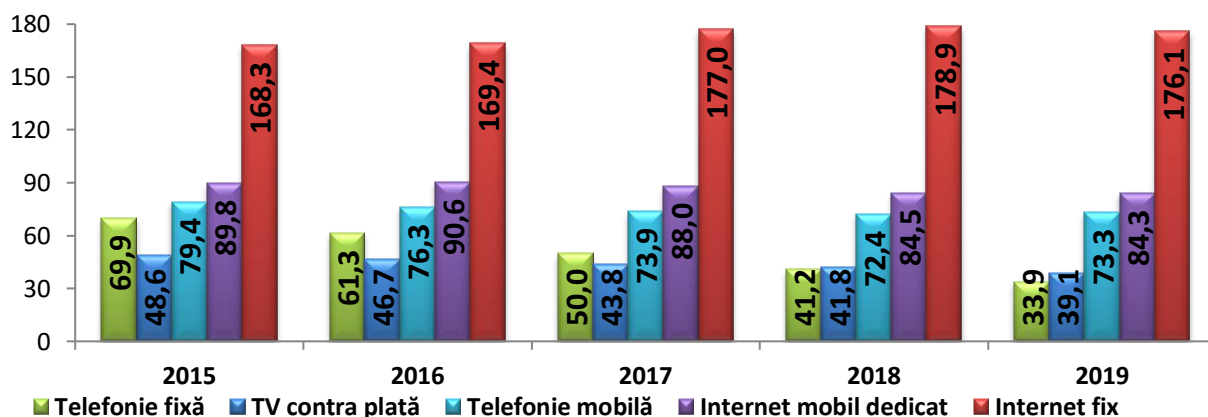


Figura 1.6. Evoluția venitului mediu lunar per utilizator - ARPU (lei)

Sursa: sugerată din [11]

În rezultatul indicatorilor înregistrați la capitele venituri pentru perioada anului 2019, una din cele mai dinamice majorări de utilizatori finali a fost înregistrată pe piața serviciilor de acces la Internet la puncte mobile (în baza tehnologiilor 2G, 3G, 4G și prin modemuri/carduri/USB - acces dedicat). Astfel, numărul total al acestor utilizatori a crescut față de anul 2018, cu 9,8% și a înglobat peste 2381,1 mii. La fel, numărul utilizatorilor serviciilor de acces la Internet mobil prin smartphone-uri s-a majorat cu 11,3% și a atins cifra de peste 2 mil. 144 mii, însă cel al utilizatorilor serviciilor de acces la Internet mobil dedicat s-a micșorat cu 1,8% și a atins cifra de 237,1 mii. [11]

După cum se vede din analiza situației actuale a dezvoltării rețelelor de telecomunicații, dar și din cercetările profesioniștilor din domeniul dat din Republica Moldova, infrastructura informațională, inclusiv partea ei tehnică (rețelele de telecomunicații) au atins un nivel relativ bun în unele aspecte de dezvoltare și în prezent se observă și o dinamică pozitivă în acest context. Cu toate acestea, au fost evidențiate un șir de probleme serioase în acest domeniu, care frânează esențial ritmul de dezvoltare a acestui compartiment important al infrastructurii informaționale a societății din Republica Moldova față de țările industrial dezvoltate din occident. În primul rând, aceste probleme sunt condiționate atât de lipsa unui volum necesar de finanțare a acestor lucrări, cât și de lipsa unei strategii clare de dezvoltare a rețelelor, având în vedere volumul și etapizarea dezvoltării rețelelor de telecomunicații în conformitate cu resursele disponibile de finanțare.

În acest context, **problema de cercetare** constă în identificarea unor abordări sistemice speciale orientate la elaborarea unor metode și instrumente de eficientizare a procesului decizional în domeniul dezvoltării rețelelor de telecomunicații în condițiile economice complicate din RM, având ca scop nu numai asigurarea caracteristicilor calitative tehnice, dar și minimizarea cheltuielilor. Problema principală existentă în domeniul dat este condiționată de faptul că metodele existente și cunoscute în literatura de specialitate oferă doar o orientare conceptuală generală referitoare la evaluarea cheltuielilor pentru dezvoltarea rețelelor de telecomunicații, fără a asigura posibilității concrete de evaluare și optimizare a cheltuielilor necesare.

Direcțiile de soluționare a problemei sunt următoarele:

a) elaborarea metodelor și instrumentarului, precum și a metodologiei pentru evaluarea și optimizarea proceselor de dezvoltare a rețelelor de comunicații;

b) studierea experienței avansate în implementarea serviciului universal în țările industrial dezvoltate și elaborarea unor propuneri pentru strategiile de dezvoltare a acestui serviciu în RM, considerat criteriu major, care trebuie să contribuie la dezvoltarea rapidă a telecomunicațiilor.

Scopul de bază al cercetărilor constă în asigurarea procesului de argumentare și luare a deciziilor în domeniul dezvoltării rețelelor de comunicații electronice cu metode și instrumente

moderne, care ar facilita procesul de evaluare a și argumentare a variantelor soluțiilor de proiect de dezvoltare a rețelelor, asigurând și posibilitatea optimizării calității acestor rețele atât din punct de vedere tehnic, cât și economic în conformitate cu restricțiile existente.

Obiectivele tezei:

Identificarea factorilor de influență asupra soluțiilor de proiect în domeniul dezvoltării rețelelor de comunicații;

Elaborarea metodelor matematice de evaluare a costurilor de dezvoltare a rețelelor cu fir și fără fir atât pentru zone specifice teritoriale, cât și pentru întreg teritoriul țării;

Elaborarea aplicației informatice pe baza metodelor matematice propuse pentru soluționarea practică a problemelor de optimizare a rețelelor de comunicații;

Elaborarea propunerilor pentru implementarea serviciului universal în RM.

Ipoteza de bază a cercetării: în baza metodologiei propuse și cu ajutorul modelelor matematice elaborate vor putea fi realizate scenarii admisibile de dezvoltare a rețelelor, selectând dintre toate acestea varianta preferată. Utilizând anumiți algoritmi combinatorii sau euristici, modelele vor facilita identificarea rețelei de cost optimal, respectând concomitent cerințele față de parametrii tehnici și față de asigurarea calității de emisie a informației.

1.6. Concluzii la Capitolul I

Într-o societate modernă rețelele de comunicații electronice, și în deosebi Internet-ul, sunt esențiale pentru a globaliza procesele de comunicare, nu și fără de piață de telefonie mobilă (voce și date) care în ultima perioadă stagnează (vocea) datorită rețelelor de socializare. 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 în linii generale substituie și pe alocuri completează unele mijloace care au intrat în obișnuința întregii societăți, așa ca, serviciile poștale, de comerț cu amănuntul, accesul la presă scrisă și educația prin instruirea on line. În cele din urmă, folosirea de serviciile vitale ale societății în proces de virtualitate, schimbă modul de viață în societate și se impun noi abordări și cerințe față de omenire.

Întrarea în un nou mileniu este însoțită de imense mutații în evoluția omenirii, care pătrund prin intermediul noilor tehnologii și în deosebi prin procesul de virtualitate în majoritatea domeniilor din societate. Astfel, am putea confirma că importanța rețelelor de telecomunicații ca

mecanisme eficiente de informare și comunicare, cât și efectuarea unui studiu de analiză multiparametrică și multicriterială a lor în sensul optimizării cheltuielilor pentru construirea și utilizarea, accesul rapid și îmbunătățirea calității celor din urmă, sunt teme extrem de actuale.

Datorită liberalizării piețelor de telecomunicații, operatorii actuali lucrează într-un mediu competitiv, tarifele lor sunt supuse presiunii prețurilor și noilor tehnologii, cum ar fi *voice-over-IP*, ceea ce face ca prețurile serviciilor bazate pe voce să scadă în mod continuu. Tehnologia RI oferă o soluție flexibilă pentru operatorii care sunt în căutarea unor căi noi pentru creșterea veniturilor și pentru a se distanța de concurență. [2, p. 9]

Datele statistice din Republica Moldova arată că în anul 2019 volumul total al veniturilor în sectorul comunicațiilor electronice a 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. Diminuarea ritmului de creștere a acestui indicator se datorează, în temei, contractării veniturilor provenite din piața de telefonie fixă, care s-au micșorat cu 20,4% și au totalizat 443,3 mln MDL, pe piața de telefonie mobilă, care au înregistrat o scădere ușoară de 2% și au însumat 3142,7 mln MDL, cât și pe piața serviciilor de Internet mobil dedicat (prin modemuri/carduri/USB) - cu 0,9% și au alcătuit 240 mln MDL.

Situația de pe celelalte segmente ale pieței de comunicații electronice a fost marcată, în temei, de aceleași tendințe care s-au prefigurat în anii 2017 – 2018. Și aici, este necesar de menționat, că dezvoltarea continuă a pieței serviciilor de acces la Internet la puncte mobile și fixe, a determinat-o drept motorul de bază al domeniului și totodată factorul de încetinire a ritmului sporirii pieței de telefonie mobilă. Toate acestea împreună, au condiționat în perioada recentă o diminuare semnificativă a pieței telefoniei fixe. Totuși, în aceste condiții a fost posibilă menținerea cifrei de afaceri a pieței de comunicații electronice, cu mici abateri, la nivelul anilor precedenți.

Deși în general, se observă o evoluție pozitivă în dezvoltarea rețelelor de comunicații în RM, aici mai rămân probleme serioase, care prezintă o piedică în dezvoltarea societății informaționale în țară. În primul rând, aceste probleme sunt condiționate de decalajul enorm dintre nivelul de dezvoltare a rețelelor de telecomunicații în zonele urbane și cele rurale și, respectiv, dintre nivelul serviciilor informaționale în aceste zone, dar și de situația economică complicată din țară. În acest context a fost argumentată problema și scopul cercetărilor științifice în teză, obiectivele cercetărilor și formulată ipoteza că problemele eficientizării dezvoltării rețelelor de comunicații electronice pot fi soluționate prin elaborarea metodelor matematice respective și a unei aplicații informatice, în care ar fi luate în considerație factorii relevanți de influență la soluțiile de proiect în domeniu.

2. CONDIȚIILE OPTIMIZĂRII REȚELELOR DE COMUNICAȚII ELECTRONICE

Dezvoltarea rețelelor de telecomunicații este o problemă foarte complicată, care depinde de foarte mulți factori de influență atât interni, cât și externi. Aici se cere o abordare sistemică destul de echilibrată, care ar prevedea:

- determinarea tuturor componentelor de bază ale sistemului, adică definirea hotarelor sistemului și, respectiv, ale cercetărilor în domeniu;
- definirea funcționalităților sistemului;
- determinarea factorilor de influență externi, impuși de nivelul de dezvoltare a infrastructurii informaționale internaționale, care trebuie luați în considerație la soluționarea problemelor de dezvoltare a rețelelor de telecomunicații din RM;
- structurarea teritorială și funcțională internă a sistemului în conformitate cu factorii interni (cerințele locale față de volumul și calitatea serviciilor de comunicații, nivelul deja existent de dezvoltare a rețelelor de comunicații în zona dată, prioritățile impuse de strategiile guvernului în domeniul dezvoltării economice a diferitelor teritorii administrative etc.);

Chiar 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 prizma 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. De exemplu, operatorii de telecomunicații se străduiesc să adopte o poziție de lider pe piața serviciilor, de aceea indicatorii de profit sunt importanți pentru aceștia. 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. Pe de altă parte, pentru operatori mici, gama de sarcini este destul de limitată și aproape că nu se schimbă în timp și în acest caz, de regulă, rețelele sunt limitate după funcționalitate și după marja de performanță. [37]

Există o multitudine de parametri de rețea, ale căror valori se schimbă 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. Înșși, alegerea componentelor pe care se va baza arhitectura rețelei depinde de mai mulți parametri. Mai mult ca atât, parametrii înșși pot depinde unul de celălalt. Acest lucru este similar cu rezolvarea ecuațiilor cu mai multe variabile - substituirea valorilor unei variabile afectează valorile altora. Componentele de bază necesare pentru a iniția proiectarea rețelei de comunicații electronice:

- **gama serviciilor prestate** - alegerea spectrului de serviciu va determina interfețele echipamentelor terminale, precum și de funcțiile suplimentare pe care trebuie să le asigure fiecare element al rețelei proiectate. De exemplu, dacă rețeaua IP proiectată va fi utilizată pentru telefonie, este posibil să fie necesare gateway-uri suplimentare pentru a se conecta la operatorii locali de telefonie, iar echipamentele de rețea trebuie să sprijine tehnologia necesară pentru transmiterea traficului în timp real;

- **capacitate** - acesta este unul dintre parametrii primari care ar trebui să fie definit la etapele inițiale ale proiectării. Pentru calcul, este necesară estimarea numărului de abonați, tipurile de trafic și a dispozitivelor de rețea conectate. Cerințele față de lățime de bandă afectează în principal alegerea echipamentelor de rețea. Lățimea de bandă este definită drept cantitate de date pe unitatea de timp (sec.). Pentru a crește lățimea de bandă trebuie să folosim un mediu de comunicație care oferă o lățime de bandă mai mare și să alegem un furnizor de servicii, care are ofertă îmbunătățită;

- **topologie** – este un alt parametru important în procesul de proiectare. Este necesar în dependență de topologie să se determine numărul necesar de conexiuni la nivel fizic și cele de canal, precum și tipurile de conexiuni fizice (în funcție de distanță și condiții externe). Această decizie va afecta rezistența rețelei și capacitatea de a distribui încărcarea canalului. Dacă liniile de comunicare fizică nu sunt suficiente și nu există nicio posibilitate pentru construcția lor, atunci este necesară utilizarea echipamentelor suplimentare pentru canalele de multiplexare (SDH) sau multiplexare (WDM). De asemenea, se poate utiliza serviciul VPN mai ieftin al operatorilor de telecomunicații, sacrificând în același timp securitatea și performanța rețelei;

- **siguranță** - acest domeniu include un număr mare de măsuri și instrumente de protecție împotriva amenințărilor interne și externe. [133] Cerințele pentru securitatea rețelei sunt formate, din nou, în principal, pe baza sarcinilor de producție. Pentru operatorii de telecomunicații mici și întreprinderile mici și mijlocii, poate fi suficient să asigure un acces securizat la echipamentele de rețea și terminale, în timp ce pentru întreprinderile mari, cerințele de securitate se pot limita la o nebunie paranoică. Adesea, în astfel de cazuri, problema de securitate poate veni mai întâi, iar arhitectura rețelei va fi formată numai pe baza acestor cerințe;

- **scalabilitate** - acesta este un factor important care va dicta perioada de funcționare a rețelei până în momentul în care devine necesară reorganizarea acesteia. Este necesar să se determine cât de mult poate fi încărcată rețeaua în următorii ani. Acest lucru va face posibilă alegerea echipamentelor optime și a arhitecturii de rețea și va economisi fonduri semnificative pe viitor;

- **operarea și mentenanța** - aceasta este un compartiment important, care are ca scop operarea, mentenanța, controlul și supervizarea serviciilor pentru ca operatorul să asigure nivelul

calității cerut de clienți și să garanteze un grad de satisfacție maximă față de serviciile furnizate. Rețeaua este un „organism” complex și de aceea administrarea trebuie realizată pe porțiuni, putând fi divizată în administrare fizică, administrare logică și administrare informațională;

- **buget** - pentru majoritatea organizațiilor, bugetul este un factor decisiv atunci când alegeți o arhitectură de rețea. Pe lângă costurile primare, este necesar să se țină seama de costurile obișnuite de asistență, de închiriere de canale etc. Din păcate, se întâmplă adesea că în faza de proiectare bugetul este alocat în mod nejustificat, iar economiile excesive în timpul construcției rețelei pot duce la pierderi financiare neplanificate în viitor. [37]

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). Rentabilitatea investiției este un indicator de performanță care poate fi utilizat pentru măsurarea eficienței 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. ROI măsoară valoarea rentabilității unei investiții în raport cu costul sau și poate fi considerat un reper foarte important atunci când se solicită identificarea unei investiții optime. Rentabilitatea investiției are de obicei o corelație directă cu riscul, în cele mai multe cazuri un risc mai mare poate însemna și o rentabilitate mai bună. Deși este unul dintre principalii indicatori de evaluare a proiectelor de investiții, acesta trebuie calculat complementar cu ceilalți indicatori de rentabilitate (a capitalului, a activelor, etc) și comparat cu o investiție ce nu presupune niciun risc (de exemplu un depozit bancar). Dacă cele două procente sunt relativ apropiate, investiția (care presupune un risc oarecare) nu se justifică și este indicată urmărirea unei alte oportunități mai profitabile. [39]

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 de dezvoltare, impuse de strategii internaționale. Dintre toate acestea, în teză ne vom concentra pe determinarea topologiei rețelei de telecomunicații, cât și elaborarea metodelor de corectare a soluțiilor în scopul obținerii unor topologii accesibile de rețea.

2.1. Determinarea topologiei rețelei de telecomunicații

Deseori, pentru definirea topologiei rețelei de telecomunicații se face trimitere la dispunerea fizică în teren a elementelor care compun o rețea de comunicații sau o rețea de calculatoare. Ca urmare, topologia este un termen consacrat, folosit când se fac referiri la configurația spațială a rețelei și ca rezultat determină în bună măsură performanțele acesteia. Alegerea unei anumite topologii influențează atât tipul de echipament necesar, cât și cantitatea

rezervată de porturi/noduri libere pentru a avea posibilitatea de extindere a rețelei, la fel și modul în care este administrată rețeaua. Multitudinea topologiilor rețelelor de comunicații presupune metode diferite, iar aceste metode au o mare influență în rețea. [14, p. 14]

În rețeaua Internet, există o multitudine de topologii specifice subrețelelor de acces/distribuție, cât și topologii specifice subrețelelor de transmisie. Prin urmare, aceste topologii au loc ca rezultat al unor considerente de implementare practică, de întreținere și de siguranță în funcționare. Totodată, “topologiile radio locale sunt topologii utile pentru conectarea de interior sau pentru zone mici de acțiune”. [14, p. 15]

Tipurile de topologii specifice distribuției conform [14] sunt:

- Structuri în arbore sau radiale specifice rețelei de telefonie prin fir;
- Structuri prin centrală privată;
- Structuri pentru servicii Internet (rețea magistrală, inel, stea);
- Structuri de tip CATV (rețea magistrală).

Din punct de vedere economic sunt mai avantajoase structurile tip arbore, deoarece asigură o lungime minim posibilă a căilor de transmisie prin rețeaua de comunicații electronice. Însă, dezavantajul major constă în lipsa rețelei de rezervă. În figura 2.1 este reprezentată schematic o structură de tip arbore.

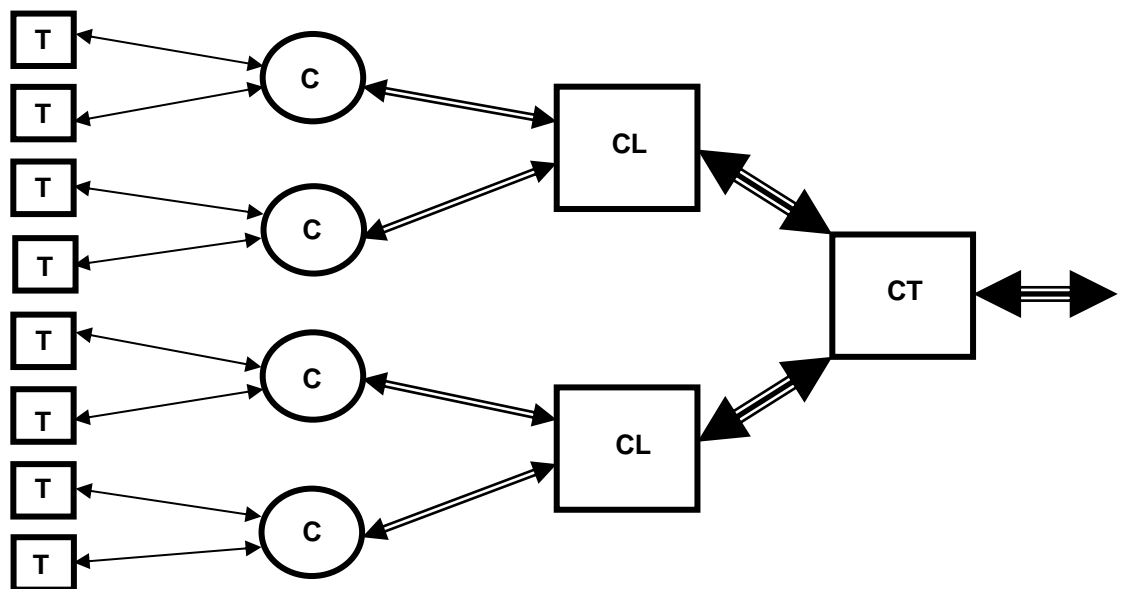


Figura 2.1. Structura tip arbore (de distribuție)
(T: terminal; C: concentrator; CL: centrală locală; CT: centrală de tranzit)
Sursa: sugerată din [14]

Însă, drept structură de bază utilizată pentru rețeaua de comunicații electronice cu fir pentru o interconectare sigură în zona de transmisie este topologia de tip plasă. Un asemenea tip de rețea

este prezentată în figura 2.2. Prezența unor rute de rezervă determină avantajul unei interconectări sigure iar dezavantajul care îl prezintă este legat de costuri mai mari.

Prin rețele de comunicații electronice, se obișnuiește să se înțeleagă structurile și mijloacele destinate transferului unor cantități mari de informații (de obicei sub formă digitală) prin linii de legătură radio sau fizică. Rețelele de telecomunicații includ structuri de transmitere a informațiilor precum sisteme de comunicații celulare (inclusiv macro și micro-celulare), sisteme de apeluri directe, rețele de telefonie publică (PSTN), sisteme de comunicații prin satelit, s.a..

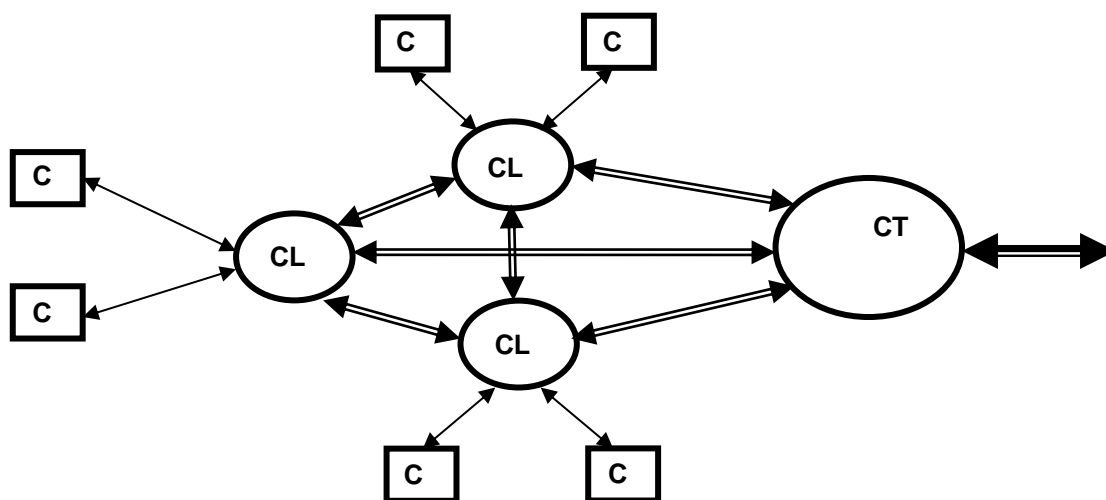


Figura 2.2. Structura tip plasă
 (C: concentrator; CL: centrală locală; CT: centrală de tranzit)
Sursa: sugerată din [14]

După scop, rețelele de telecomunicații sunt grupate după cum urmează:

- sisteme de radiodifuziune;
- sisteme de comunicare (inclusiv apelare directă - paging);
- rețele de calculatoare.

După tipul de mediu de transfer de informații utilizat: cablu (cupru tradițional); fibră optică; eter/radio; satelit. Prin metoda de transmitere a informațiilor: analog; digitale.

Conform [84, p. 1], sistemele de comunicații pot fi divizate după tipul conexiunilor:

1) **conexiune fixă** – când utilizatorul se conectează la rețeaua de comunicații într-un punct anumit, fără posibilitatea modificării punctului de conectare în cazul conexiunii utilizatorului la o rețea telefonică, POTS, ISDN, sau CATv;

2) **conexiune nomadică** – când utilizatorului i se asigură posibilitatea modificării poziției sale în rețea și a primirii sau transmiterii informațiilor dorite. Poziția utilizatorului față de rețea rămâne fixată în timpul comunicației

Am putea afirma că, pentru rețele cu o conexiune nomadică schimbarea de la o priză electrică la alta a utilizatorului nu este afectată legătura și cel din urmă își poate relua comunicația. Un exemplu practic este prezentat de rețele de comunicații radio în momentul în care deplasarea abonaților la această rețea de la o adresă fixă la alta poate fi efectuată fără a fi distorsionat procesul de transmitere și recepționare a datelor.

3) **conexiune mobilă** – când utilizatorul poate efectua comunicația fiind în mișcare pentru minimum trei limite de viteză care definesc mobilitatea față de rețea a utilizatorului și anume:

a) mobilitate pietonală cu menținerea comunicației, în limitele de viteză a deplasării de până la 10 km/h;

b) mobilitatea utilizatorilor aflați în mișcare cu viteză de până la 120 km/h;

c) mobilitatea utilizatorilor aflați în mișcare cu viteză de până la 500 km/h.

Sistemele de comunicații în prezent, se pot realiza folosind diverse soluții bazate pe unele tehnologii avansate atât prin intermediul legăturilor cu fir, cât și prin canalele radio. Astfel, rețelele de comunicații electronice radio, pot fi identificate în două mari categorii care se disting prin noțiunea de celulare și ne celulare. Pentru categoria rețelelor celulare este specifică acoperirea suprafețelor mari, însă cele din categoria rețelelor ne celulare sunt indicate la soluționarea problemelor de conexiune pe anumite zone, fie în zone rurale sau suburbane (macro-cells), cu locuințe dispersate, fie în zone aglomerate, dar cu dimensiuni relativ reduse, cum ar fi târguri, expoziții, fie în jurul unor zone rezidențiale (pico-cells), etc. [84, p. 2]

Sistemele de comunicații mobile sunt împărțite conform [116] după modul de acoperire a zonei de servicii:

- microcelular - DECT;
- celular - NMT-450, D-AMPS, GSM/2G, CDMA/2.5G, UMTS/3G, LTE/4G, 5G;
- trunking (macrocell, zone) - TETRA, SmarTrunk și satelit.

În cazul telecomunicațiilor fără fir, spre deosebire de telecomunicațiile cu fir, una dintre cele mai importante probleme este asigurarea unei lățimi de bandă de frecvență corespunzătoare. Prin urmare, principala preocupare a operatorilor de telecomunicații fără fir este de a obține suficient spectru pentru a corespunde cerințelor de lățime de bandă. Suplimentar la toate deficiențele se mai enumeră și faptul că spectrul alocat la nivel de regulator pentru toți operatorii din țară este limitat ca bandă de spectru. Prin urmare, trebuie luate în considerare și puse în aplicație măsuri de optimizare, pentru a utiliza mai eficient spectrul disponibil operatorului. [115]

Schema tipică de organizare a unei rețele de comunicații mobile este reprezentată în fig. 2.3. Toate stațiile de bază sunt conectate la concentratoarele stațiilor mobile (RNC/BSC) prin

intermediul unor canale dedicate de comunicații prin cablu sau releu radio (figura 2.3). Centrul de comutare (MSC) reprezintă componenta sistemului care realizează interfața dintre sistemul stațiilor de bază al unei rețele celulare și alte rețele de comunicație (i.e. PSTN). În același timp, MSC reprezintă centrala de comutație a apelurilor cu abonații din alte rețele mobile sau pentru comunicațiile care au loc în cadrul rețelei proprii. Centrul de comutare de comun cu Registrul abonaților vizitatori (VLR) și Registrul abonaților proprii (HLR) formează subrețeaua Core-CS. Nodul SGSN/GGSN formînd subrețeaua Core-PS, este responsabil pentru livrarea pachetelor de date de la și către stațiile mobile din interiorul ariei sale de serviciu. În sarcinile SGSN sunt incluse funcționalitățile de: rutarea pachetelor, transferul pachetelor, managementul mobilității, managementul localizării.

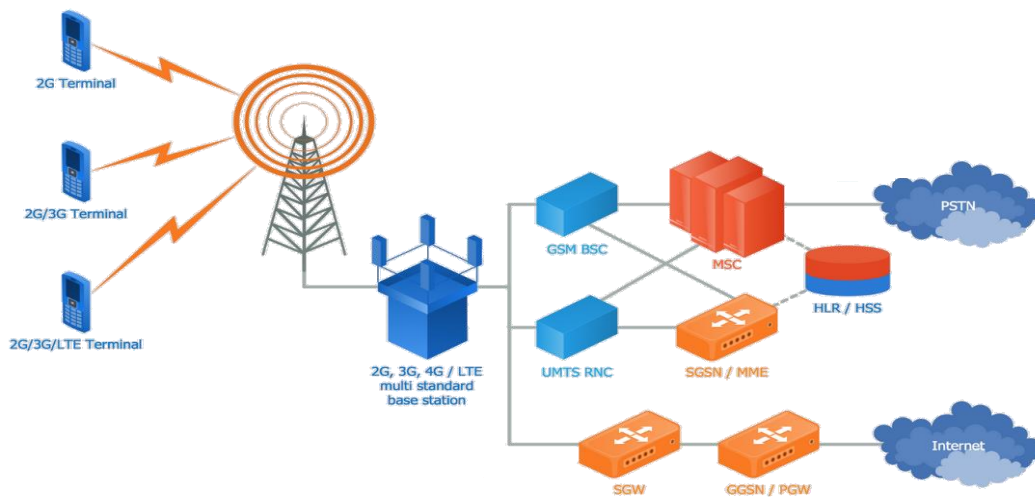


Figura 2.3. Schema tipică a unei rețele de comunicații mobile.

Sursa: sugerată din [115]

Fiecare celulă formată de cele 3 sectoare ale stațiilor de bază, este deservită de propriul emițător cu o putere de ieșire scăzută și un număr limitat de canale de comunicare asociat emițătorului. Există două modalități de a împărți teritoriul servit în celule:

1. bazat pe evaluarea caracteristicilor statistice ale propagării semnalului în sistemele de comunicare,
2. bazat pe evaluarea sau calcularea parametrilor propagării semnalului pentru o anumită zonă.

La punerea în aplicare a primei metode, întregul teritoriu deservit este împărțit în zone de aceeași formă și, utilizând legea de propagare a semnalelor radio se determină dimensiunile și distanțele între alte zone în care sunt îndeplinite condițiile de influență reciprocă admisibilă. Pentru o divizare optimă, fără a se suprapune sau a omite zone, a împărți teritoriul în celule, se folosește un hexagon, întrucât în cazul amplasării antenei cu un model de radiație circulară în centrul

acesteia, atunci va fi asigurat accesul la aproape toate părțile celulei. În acest caz, parametrii sistemului sunt mășurați sau calculați cu atenție pentru a determina numărul minim de stații de bază care oferă servicii satisfăcătoare abonaților pe întreg teritoriul, determină locația optimă a stației de bază ținând cont de profilul reliefului, de posibilitățile utilizării antenelor direcționale și a stațiilor de bază adiacente pentru acoperirea creșterii de trafic în orele de vârf, s.a.

În conformitate cu [116] condițiile de propagare a undelor radio includ 5 modele:

- model static (STATIC);
- pentru zonele rurale (Rax);
- pentru terenuri deluroase (NTx);
- pentru dezvoltarea urbană tipică (Tux);
- pentru dezvoltarea urbană densă (Bux).

În cazul modelelor cu dinamică (Rax, HTx, Tux, Vuh), sunt specificate două opțiuni pentru modificarea parametrilor, care corespund condițiilor de mișcare a automobilului în oraș cu o viteză de 50 km / h și în zonele rurale pînă la 200 km / h. De exemplu, o modificare a semnalului radio la intrarea unui receptor radio auto care se deplasează cu o viteză de pînă la 200 km / h în condiții deluroase este descrisă de modelul NT200. Modelul static se caracterizează prin absența amplitudinii și denaturării de fază a semnalului. Un model de propagare a semnalului rural descrie fluctuațiile semnalului printr-o distribuție Rice și simulează o schimbare constantă a frecvenței Doppler. Condițiile de propagare a semnalului pe terenurile deluroase presupune absența vizibilității radio directe între receptor și emițător, precum și prezența unor obiecte reflectorizante suficient de îndepărtate. Astfel de condiții sunt descrise de un model cu două raze, cu un raport mediu de nivel de fascicul de minus 8,6 dB și o întârziere medie a semnalului în al doilea fascicul de un sfert de caracter. Fluctuațiile semnalului la intrarea receptorului sunt descrise de legea Rayleigh. Modelele de propagare a semnalului în mediile urbane presupune absența vizibilității radio directe între receptor și emițător și prezența unui număr mare de obiecte reflectorizante. Acest caz este descris și de un model cu două raze, dar cu raporturi de amplitudine și timp diferite. De exemplu, întârzierea dintre fascicule este de aproximativ 1/10 din simbol, adică semnalul de la intrarea receptorului practic nu prezintă distorsiuni intersimbol. [116]

În funcție de parametrii care caracterizează legătura radio este recomandată 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 propogare, 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 [118]:

$$P_{R(d)} = P_T G_T G_R \left(\frac{c}{4\pi f d} \right)^2 \quad (2.1)$$

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;

Atât recepția semnal emisă, cât și cea recepționată pot fi calculate conform relației:

$$G = \frac{4\pi A_e}{f^2} \quad (2.2)$$

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

În cazul modelului de propagare prin reflexie pe o suprafață plană, nivelul semnalului recepționat este calculat cu ajutorul relației [118]:

$$P_R = P_T G_T G_R \left(\frac{h_T h_R}{d^2} \right)^2 \quad (2.3)$$

unde: h_T, h_R – înălțimile celor două antene;

Astfel, relația indicată e valabilă când distanța între emițător și receptor este mult mai mare decât înălțimile celor două antene (conform relației, pierderile pentru propagare nu depind de frecvență).

Deci, la proiectarea tronsonului radio e necesar de avut în vedere elipsoizii Fresnel. Pierderile de difracție pe muchie de cuțit relativ la pierderile din spațiul liber, sunt prezentate de relația de mai jos [118]:

$$L_{Rel} = \frac{\frac{1}{2} - C(v) - S(v) + C^2(v) + S^2(v)}{2} \quad (2.4)$$

unde, v este parametrul de difracție Fresnel-Kirchhoff $v = h \sqrt{\frac{2(d_1+d_2)}{f d_1 d_2}}$ determinat în dependență de geometria zonei producerii difracției (d_1, d_2 reprezintă distanțele dintre fiecare stație și obstacolul ce obturează elipsoidul Fresnel, h - înălțimea obstacolului). $C(v), S(v)$ - reprezintă funcțiile cosinus și sinus integral.

Conform (2.1) – (2.4), am putea rezuma ca faza de proiectare 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, cât și pierderi minime ale semnalului radio. [116]

Cerințele de bază, odată identificate și formulate în raport cu rețeaua planificată, printre care ar fi - gama serviciilor planificate de a fi prestate, capacități de abonati planificați a fi conectați, volumului de trafic mediu generat per tip de client (trafic voce și date) se poate purcede la proiectarea fiecărei subrețele în parte (Core-CS, Core-PS și subsistemului stațiilor de baza - SSB).

Etapele de proiectare a subrețelelor Core-CS/PS se reduc la următoarele:

- determinarea tipurilor de interfețe fizice necesare pentru interconectare internă/externă;
- determinarea volumului de trafic sumar generat în orele de vârf pe direcțiile de intrare și ieșire;
- determinarea volumului fluxului de semnalizare necesar pentru deservirea traficului;
- determinarea tipurilor de semnalizare pentru interconectare;
- determinarea parametrilor de configurare;
- altele.

La proiectarea nodului de comutație Core-CS a rețelei celulare, se iau în considerare trei tipuri de interfețe:

- pentru conectarea la rețele externe;
- între diferite elemente ale rețelei celulare;
- între rețeaua celulară și alte rețele (PSTN, PLMN).

Toate interfețele interne și existente ale rețelei celulare urmează să respecte Recomandările ETSI / GSM 03.02. [117]

Cantitatea de interfețe necesară a fi proiectată și implementată pe rețea este direct proporțională cu volumul general de trafic estimat a fi generat în rețea și cantitatea de elemente ale rețelei celulare.

Multiplele interfețe existente, destinate pentru interconectare și care sunt caracterizate prin conectarea la rețeaua de telefonie publică se realizează de către MSC prin intermediul liniei de comunicație de 2 Mbit/s în conformitate cu sistemul de alarmă SS Nr 7. Caracteristicile electrice ale interfeței de 2 Mbit/s sunt conforme cu Recomandările CCITT G.732. Interfața dintre MSC și SSB (interfața IuCS) oferă mesagerie pentru controlul SSB, transfer de apel și control de mișcare. O interfață combină canale de comunicație și linii de semnalizare. Specificația completă IuCS-Interface corespunde Recomandărilor ETSI TS 125 427. [120]

Interfața dintre MSC și HLR este combinată cu VLR (interfața D - ETSI TS 123 002). [119] Când MSC trebuie să determine locația stației mobile, se adresează la VLR. Dacă stația mobilă inițiază procedura de locație cu MSC, aceasta informează VLR-ul său, care înregistrează toate informațiile care se schimbă în registrele sale. Această procedură are loc întotdeauna când MS se mută dintr-o zonă de locație în alta. Dacă abonatul solicită servicii suplimentare speciale

sau modifică o parte din datele sale, MSC informează, de asemenea, VLR, care înregistrează modificările și, dacă este necesar, le raportează la HLR.

Conform [123], interfața dintre MSC și HLR (interfața C - ETSI TS 123 002) este utilizată pentru a asigura interoperabilitatea între MSC și HLR. MSC poate trimite o indicație (mesaj) HLR la sfârșitul sesiunii de comunicare, astfel încât abonatul să poată fi tarificat. Atunci când rețeaua de telefonie fixă nu poate finaliza configurarea apelului abonatului mobil, MSC poate solicita unui HLR să stabilească locația abonatului pentru a trimite un apel terminalului mobil.

Interfața dintre HLR și VLR (interfața D) este utilizată pentru a extinde schimbul de date pe poziția stației mobile și pentru a controla procesul de comunicare. Principalele servicii oferite abonatului mobil sunt posibilitatea de a trimite sau primi mesaje indiferent de locație. Pentru a face acest lucru, HLR trebuie să-și completeze datele. VLR informează HLR despre poziția terminalului mobil, controlând-o și reassignându-i numerele în timpul procesului de rătăcire, trimite toate datele necesare pentru a furniza servicii stației mobile.

La etapa de proiectare a subrețelei stațiilor de bază, este necesar să se determine locația instalațiilor subsistemului stațiilor de baza (SSB) și să se distribuie canalele de frecvență disponibile între celule (pentru a întocmi un plan de frecvență teritorială în conformitate cu principiul reutilizării frecvenței), astfel încât să se ofere servicii de comunicare celulară dintr-un anumit teritoriu cu calitatea necesară cu un număr minim de SSB, adică, la costul minim al infrastructurii de rețea.

De fapt, această sarcină este foarte dificilă. Pe de o parte, un aranjament excesiv de frecvențe de SSB este dezavantajos. Întrucât implică costuri nejustificate. Pe de altă parte, locația prea rară a SSB poate duce la apariția unor secțiuni nesupravegheate ale teritoriului, care nu este disponibil. Sarcina devine și mai complexă din cauza dificultății unei evaluări analitice a caracteristicilor locației semnalelor și a calculului intensității câmpului, precum și de necesitatea luării în considerare a traficului neuniform pe teritoriul deservit.

Calitatea serviciilor furnizate de rețelele mobile este determinată în mare măsură de caracteristicile subsistemului stațiilor de baza (SSB).

În procesul de planificare a subrețelei SSB, se rezolvă următoarele sarcini:

1. asigurarea acoperirii radio a teritoriului pe care ar trebui furnizate serviciile de comunicare;
2. construirea unei rețele a cărei capacitate va fi suficientă pentru a deservi traficul creat de abonați cu un nivel acceptabil de congestiune;

3. optimizarea soluției problemelor de mai sus (folosind numărul minim de subsisteme și elemente de rețea) pe tot ciclul rețelei.

Fără a rezolva problemele de mai sus, este imposibil să se asigure calitatea înaltă a serviciilor furnizate. Conform definiției Uniunii Internaționale a Telecomunicațiilor (ITU), calitatea serviciilor se înțelege ca efect combinat al furnizării de servicii, care determină gradul în care sunt satisfăcuți de abonat. Pe lângă aspectele tehnice ale calității rețelei, această definiție include și aspecte legate de furnizarea de servicii suplimentare (de exemplu, cum ar fi trimiterea de mesaje scurte), costul serviciului, prețul și calitatea muncii terminalelor mobile etc.

Etapa de proiectare a subrețelei stațiilor de bază poate fi împărțită în mai multe etape:

- planificarea acoperirii radio;
- planificarea capacității;
- planificarea frecvenței;
- analiza lucrărilor și optimizarea rețelei. [116]

O astfel de diviziune pe etape este în mare parte arbitrară, deoarece toate etapele sunt strâns legate între ele. Secvența pașilor pentru planificarea SSB este prezentată în figura 2.4.

Este de menționat, că de-a lungul întregului ciclu de viață al rețelei avem o schimbare constantă a numărului de abonați activi, volumul traficului și distribuția acestuia pe teritoriul deservit. În plus, există modificări sezoniere (periodice) în volumul traficului și în distribuția teritorială a acestuia. Pentru a garanta satisfacția clientului, configurația rețelei SSB trebuie să acopere aceste schimbări, ceea ce impune ca procesul de planificare să aibă un aspect continuu. [116] Totodată, indiferent de capacitatea proiectată a rețelei de comunicații electronice, mai devreme sau mai târziu, aceasta va fi inevitabil depășită, iar la o anumită etapă de viață a rețelei va fi posibil necesară o reorganizare completă a acesteia.

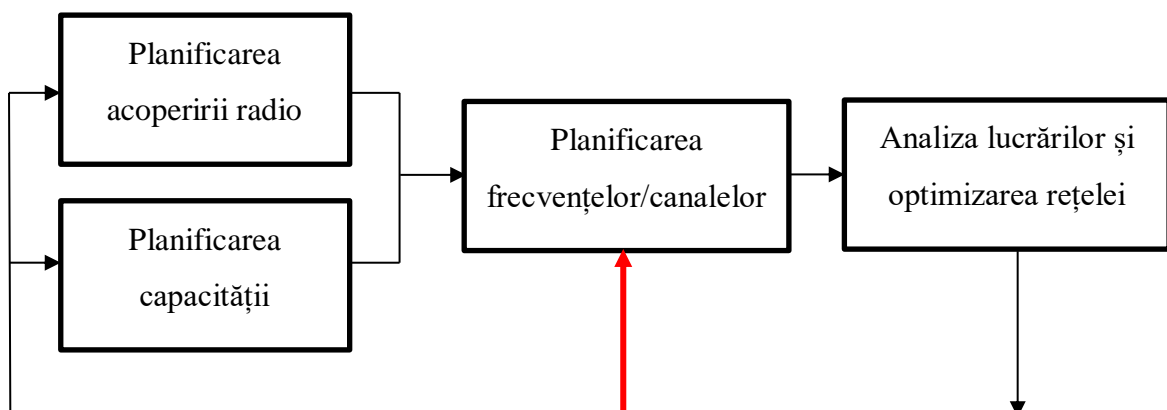


Figura 2.4. Etapele de planificare radio a rețelelor de comunicații mobile.

Sursa: sugerată din [116]

Dacă e să analizăm aspectele teoretice ale planificării rețelelor de comunicații mobile, putem concluziona că la o densitate înaltă de amplasare a abonaților pe teritoriu, este oportună construirea rețelelor de abonat cu folosirea concentratoarelor de date.

Sunt cunoscuți algoritmi de optimizare a rețelelor de abonat cu concentrare de date: de adăugare a concentratoarelor ADD, de eliminare a concentratoarelor DROP, de eliminare a ramurilor, (algoritmul Frazer), de grupare COM și New Clust, algoritmul Bahl-Tand. Toți acești algoritmi prevăd folosirea unui singur tip de canale de transfer date. [87, p. 142].

Totodată, un aspect important al problemei sintezei rețelelor de calculatoare este alegerea structurii topologice. [87, p. 147] Pentru rețelele de dimensiuni mari, cu o structură complexă, realizarea metodelor exacte care ar defini topologia optimă este practic imposibilă. În acest context apare necesitatea utilizării metodelor euristice și adaptarea lor la obiectivele propuse [28, p. 272].

Algoritmii euristici funcționează cu șiruri de biți care descriu soluția. Prin urmare este necesar de elaborat mecanisme de codificare a topologiei rețelei în șiruri de biți și decodificarea acesteia [29, p. 279]. În acest caz, în dependentă de metoda de codificare și mărimea șirului de biți depinde și complexitatea de calcul al algoritmilor.

Pentru rezolvarea sarcinilor care determină topologia optimală a rețelei este necesar de examinat posibilitatea aplicării următorilor algoritmi euristici: genetic, imunologic și metoda recoacerii simulate. Eficiența rezolvării sarcinilor enumerate va influența asupra calității rezultatelor obținute iar după cum sinteza topologiei rețelei este legată de cheltuieli majore la trasarea rețelelor de rezervă și la deservirea acestora, la fel ca și plata pentru închirierea rețelelor sau a spațiilor pentru instalarea echipamentelor de rețea, în acest caz calitatea soluțiilor obținute are o importanță majoră.

Algoritmul genetic

Algoritmii genetici sunt proceduri de calcul robuste și adaptive modelate pe mecanismul sistemului de selecție naturală. Algoritmii genetici se comportă ca o metaforă biologică și încearcă să emuleze câteva dintre procesele observate în evoluția naturală cum este cea a moștenirii genetice și evoluției naturale. Ei sunt văzuți ca tehnici de căutare și optimizare aleatoare structurate [33,p.4].

Ideea de utilizare a algoritmului genetic (AG) este preluată din natură și constă în aplicarea de modele a proceselor biologice care stau la baza unei selectări naturale de a găsi soluții eficiente într-un interval de valori fezabile. La fel ca și în procesele biologice, algoritmii genetici permit îmbunătățirea rezolvării problemelor reale la codificarea corespunzătoare a soluțiilor și selectarea operatorilor algoritmului precum și ajustarea lor. Schema-bloc a algoritmului genetic este redată în figura 2.5.

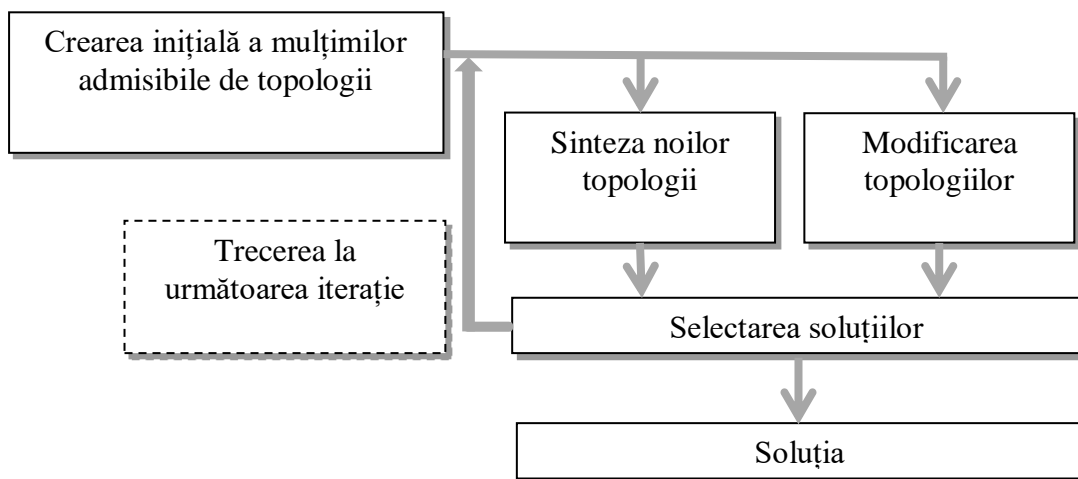


Figura 2.5. Schema-bloc a algoritmului genetic

Sursa: elaborat de autor

Algoritmul imun

Există o serie de modificări ale algoritmului imun, dintre care cel mai simplu și care permite obținerea soluțiilor calitative este algoritmul [30, p. 278], prezentat în figura 2.6.

Referitor la topologiile rețelelor de telecomunicații, sub noțiune de operator de clonare se subînțelege o copie exactă a structurii topologiei pentru formarea unei noi soluții. Operatorul de modificare – reprezintă operatorul care modifică structura copiei soluției topologie de rețea prin adăugarea sau excluderea canalelor de comunicare. Actualizarea soluției în algoritmul imun este organizată în formă de stivă, formată prin adăugarea de soluții cu cea mai bună valoare a funcției obiectiv. Selectarea soluției poate fi realizată conform strategiei descrisă în algoritmul genetic și de asemenea poate conține o mulțime de corecții a mulțimii de soluții conform regulii de diversitate definită de distanța Hamming a topologiei de rețea.

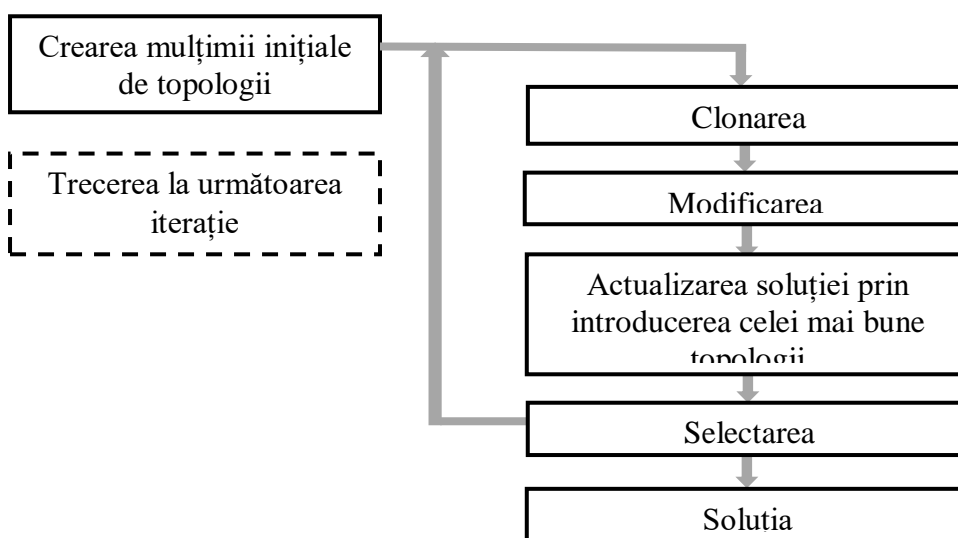


Figura 2.6. Schema bloc de bază a algoritmului imun.

Sursa: elaborat de autor

Metoda recoacerii simulate

În algoritmul recoacerii simulate pentru obținerea unei soluții optimale se utilizează căutarea aleatorie pe baza unui proces fizic real care se petrece în timpul recoacerii metalelor. Metoda dată se bazează pe procesul natural de trecere a unei substanțe dintr-o stare lichidă în una solidă în rezultatul încălzirii acesteia și răcirii lente pentru formarea unei structuri optimale. În cadrul realizării acestui proces, energia atomilor din substanță treptat scade, astfel se încetinește mișcarea lor aleatoare. Când temperatura scade până la minimum, energia cinetică a particulelor se reduce maximal și acestea sunt aranjate într-o rețea cristalină - se produce solidificarea substanței.

Tranziția atomului dintr-o celulă în alta depinde de temperatură și se realizează cu o oarecare probabilitate care se va micșora odată cu reducerea temperaturii. La fel de temperatură depinde” distanța” poziția nouă a atomului față de cel precedent. Inițial, particula își poate schimba poziția sa în oricare, dar la micșorarea temperaturii coeficientul de variație al noii sale poziții va scădea. În cazul căutării euristice algoritmi de recoacere simulate au avantaje dacă în intervalul de soluții în apropierea extremelor globale se află o mulțime de extreme locale. Fiecare topologie nouă este obținută prin includerea unor modificări în mulțimea de canale de comunicare, iar dacă funcția obiectiv formată de o topologie nouă este mai bună decât cea generată la iterația precedentă a algoritmului, atunci topologia nouă este considerată ca fiind optimală la această iterație a soluției. În caz contrar, adoptarea noii topologii ca soluție va avea un caracter probabilistic și va depinde de un parametru numit „temperatura” rețelei, care caracterizează procesul de modelare [31, p. 325].

Acest mecanism va permite evitarea ciclării de ajungere (de a nimeri) a soluțiilor în extremele locale. Parametrii variabili de bază a metodei recoacerii sunt:

- legea modificării „temperaturii” $T(k)$, conform căreia se micșorează gradul de modificare a topologiei de rețea;
- funcția probabilității de acceptare a soluției în corespundere cu „temperatura”;
- funcția de căutare a noii soluții.

Algoritmul general al metodei de recoacere simulată este prezentată în figura 2.7.

La modificarea temperaturii se va genera o soluție nouă – topologie. Numărul de modificări în mulțimea de rețelele de telecomunicații, care formează topologia, va depinde de temperatura curentă – cu cât temperatura este mai ridicată cu atât mai mult topologia va fi supusă modificării.

Pentru realizarea metodei de recoacere este necesară utilizarea legii de modificare a temperaturii [32, p. 205]. Nu au fost examinate expresii de modificare a temperaturii, deoarece nu a fost scopul acestei lucrări.

Toți algoritmi euristici examinați sunt „iterativi”. La fiecare iterație se formează soluții noi pe baza soluțiilor existente, iar la o iterație nouă se selectează cele mai eficiente, cu alte cuvinte soluțiile care au cea mai mare importanță a unei funcții obiectiv. La fiecare iterație, algoritmi euristici vor lucra cu unele mulțimi de topologii. În procesul de lucru al algoritmilor, eficiența cumulativă a soluției trebuie să crească (în afară de metoda de recoacere simulată, în care această regulă nu poate lucra din cauza caracteristicilor algoritmului), deoarece soluțiile elaborate de topologii mai calitative le vor substitui pe cele mai nesigure.

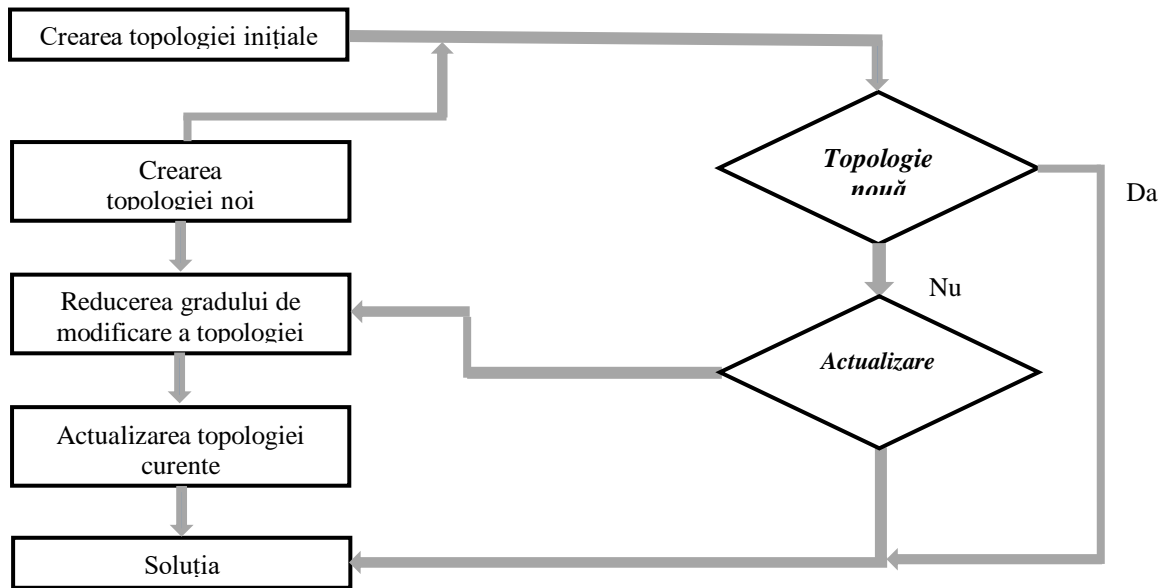


Figura 2.7. – Schema bloc de bază metodei de recoacere.

Sursa: elaborat de autor

Algoritmi euristici prelungesc să funcționeze până când permite limitele de căutare în timp a soluțiilor sau până când nu se va genera numărul prestabilit de iterații, sau într-o mulțime de soluții calitatea lor nu se va schimba într-o anumită perioadă de timp.

Cu toate cele formulate mai sus, utilizarea algoritmilor euristici în forma lor clasică nu duce la rezultatele scontate, deoarece pentru anumite probleme legate de topologia rețelilor de comunicații electronice este nevoie de rezultate “acceptate”, decât de soluții optime care de facto sunt generate de algoritmi “greedy”, așa ca Kruskal, Prim, Dijkstra, e.t.c. Cu atât mai mult, am putea afirma că utilizarea algoritmilor euristici cu parametri configurați pentru a rezolva o anumită problemă specifică poate să nu aibă un efect scontat atunci când se aplică și alte valori așa ca: fiabilitatea, indicatori de calitate, admisibilitatea echipamentelor de rețea (soluția software și hardware). Ca urmare, o creștere a numărului de iterații ale algoritmilor euristici nu va avea efectul scontat din cauza convergenței premature la o soluție cvasi-optimală. Prin urmare, este necesar să se dezvolte modificări ale algoritmilor euristici, pentru care să se adapteze parametrii acestora la

sarcinile propuse pentru dezvoltarea topologiei rețelei în funcție de indicatorii de bază a rețelei de comunicații electronice, așa cum sunt, frecvența și modulația canalelor, precum și să se prevadă variația lor în punerea în aplicare a noilor iterații ale algoritmilor euristici.

Reeșind din caracteristicile algoritmului euristic clasic bazat pe Metoda recoacerii simultane care este menționat mai sus, propunem efectuarea de modificări în scopul îmbunătățirii convergenței soluțiilor primite la nivelul celor optime.

2.2. Elaborarea algoritmului de formare a mulțimii inițiale de soluții

Întru 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.

Înainte de aplicarea algoritmilor de corectare este necesar de verificat dacă structura rețelei este conexă, iar în cazul când aceasta nu este conexă, trebuie să fie realizat algoritmul 1 care leagă subgrafurile neintersectabile ale grafului inițial cu muchiile costurilor minime.

Algoritmul 1. Corectarea conexiunii rețelei

Algoritmul dat este alcătuit din 9 etape după cum urmează:

Etapa 1. Se verifică soluția dacă este conexă. Dacă verificarea este reușită (modelul de graf este conex) atunci se trece la etapa 9, în caz contrar se trece la etapa 2.

Etapa 2. Se selectează în mod aleatoriu nodul v_i din mulțimea de noduri V a structurii neconexă obținută.

Etapa 3. Se află mulțimea de noduri V' , accesibile din nodul v_i .

Etapa 4. Este selectat oricare nod v_j în mulțimea $V \setminus V'$.

Etapa 5. Se află mulțimea de noduri V'' , accesibile din nodul v_j .

Etapa 6. Se află nodurile v_a și v_b care sunt cele mai îndepărtate unul față de altul (conform criteriului de cost), astfel încât $v_a \in V'$ iar $v_b \in V''$.

Etapa 7. Se completează topologia obținută cu un canal de legătură între nodurile v_a și v_b .

Etapa 8. Se trece la etapa 1.

Etapa 9. Sfârșit.

Dacă în procesul de soluționare a sarcinii de asigurare a unui anumit nivel de fiabilitate a structurii ca rezultat al funcționării algoritmului nu se obține soluția necesară, atunci totalitatea celor mai bune soluții obținute se modifica pentru a asigura nivelul de fiabilitate prestabilit.

Exemplu al funcționării algoritmului de corectare a conexiunii rețelei e reflectat în figura 2.8.

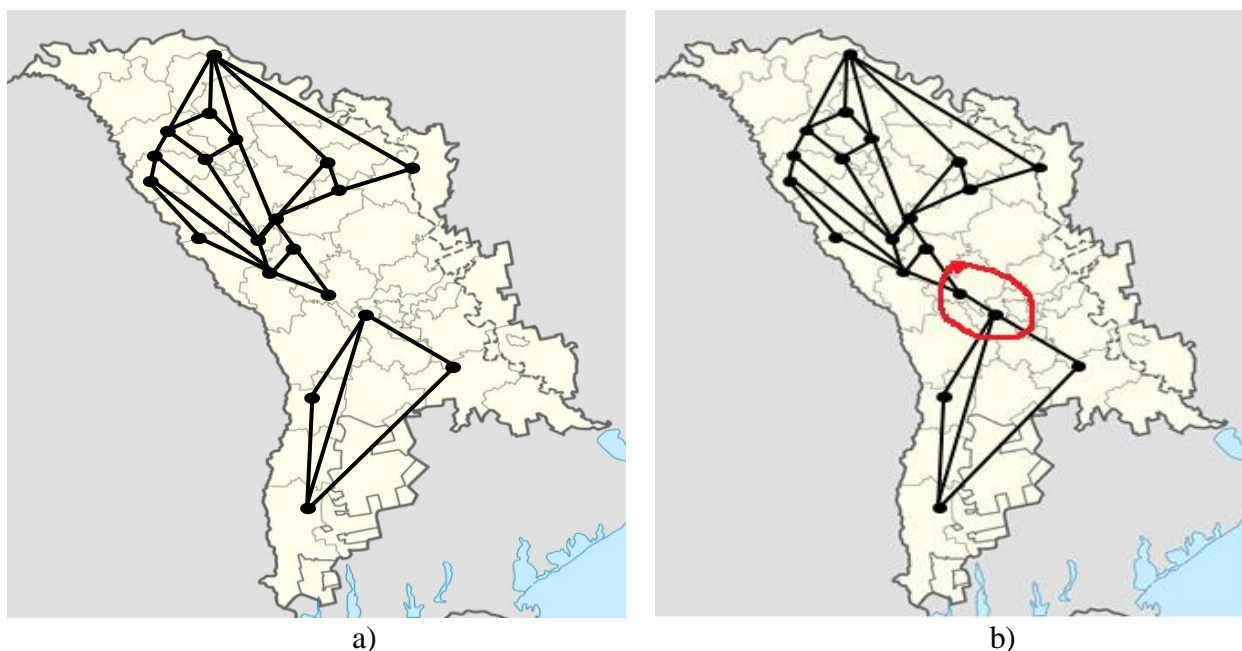


Figura 2.8. – Exemplu al funcționării Algoritmului 1; a) topologie ne conexă; b) topologie conexă

Sursa: elaborat de autor

Algoritmul 2. Corectarea soluțiilor pentru atingerea valorii de referință a indicelui de fiabilitate

Algoritmul dat este alcătuit din 4 etape după cum urmează:

Etapa 1. Se execută verificarea soluției conform valorii de referință a indicelui de fiabilitate. Dacă valoarea soluției de fiabilitate nu este mai mică decât soluția minimă stabilită, atunci se trece la etapa 4.

Etapa 2. Cu ajutorul metodei secționării minime a rețelei se vor găsi toate secțiunile minimale sau cele mai instabile (secțiuni cu cea mai mare probabilitate de toleranță la eșec) a topologiei examinate.

Etapa 3. Se mărește puterea secțiunii găsite pe o muchie și se întoarce la etapa 1.

Etapa 4. Sfârșit.

În timpul funcționării algoritmilor optimizați deseori apare situația de creștere a fiabilității (siguranței) structurii rețelei pe un număr predefinit de canale de comunicații. Metoda care îndeplinește acest tip de corectare, reprezintă un algoritm iterativ, unde la fiecare iterație se produce realocarea canalelor de comunicare între nodurile de rețea. Scopul acestei realocări constă în creșterea fiabilității (siguranței) celor mai instabile sectoare a rețelei.

Exemplu al funcționării algoritmului de corectarea soluțiilor pentru atingerea valorii de referință a indicelui de fiabilitate este reflectat în figura 2.9.

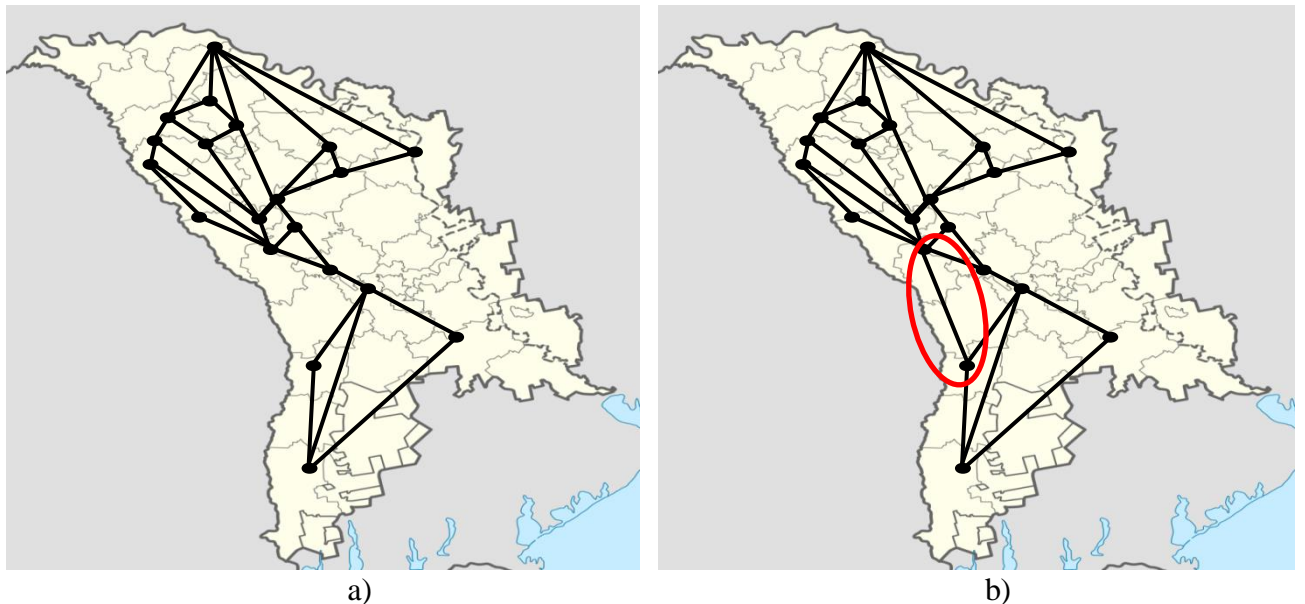


Figura 2.9. – Exemplu al funcționării Algoritmului 2; a) topologie cu dimensiune minimă a secțiunii, egală cu 1; b) topologie cu dimensiune minimă a secțiunii, egală cu 2

Sursa: elaborat de autor

Algoritmul 3. Corectarea soluțiilor conform indicatorului de siguranță la limitarea numărului de canale de comunicare

Algoritmul dat este alcătuit din 7 etape după cum urmează:

Etapa 1. La această etapă cu ajutorul metodei secționării minime a rețelei se vor găsi cele mai instabile secțiuni (cele care au cea mai mare probabilitate de toleranță la eșec) a topologiei examinate.

Etapa 2. Se verifică soluția conform valorii de referință a fiabilității structurale. Dacă procedura de verificare este realizată cu succes (valoarea fiabilității soluției nu va fi mai mică decât cea minim necesară), atunci se va trece la etapa 5.

Etapa 3. Se adaugă câte o muchie în fiecare secțiune minimă identificată la etapa 1.

Etapa 4. Trecerea la etapa 1.

Etapa 5. Se formează mulțimea de muchii H care nu au fost incluse în secțiunile minime identificate la etapa 1.

Etapa 6. În mod aleatoriu se vor exclude muchiile din mulțimea H până când soluția nu va satisface restricțiile ce se referă la numărul de muchii. Dacă mulțimea H este goală, iar soluția nu va satisface restricțiile privind numărul de muchii, atunci această soluție va fi exclusă din cele examinate, deoarece soluția dată nu poate fi corectată cu ajutorul algoritmului 3.

Etapa 7. Sfârșit.

În cazul obținerii unei soluții cu o valoare predefinită a indicelui de fiabilitate și care are un cost inacceptabil de mare, atunci se va încerca modificarea acesteia în așa mod încât să fie redus acest cost.

Exemplu al funcționării algoritmului de corectarea soluțiilor conform indicatorului de siguranță la limitarea numărului de canale de comunicare este reflectat în figura 2.10.

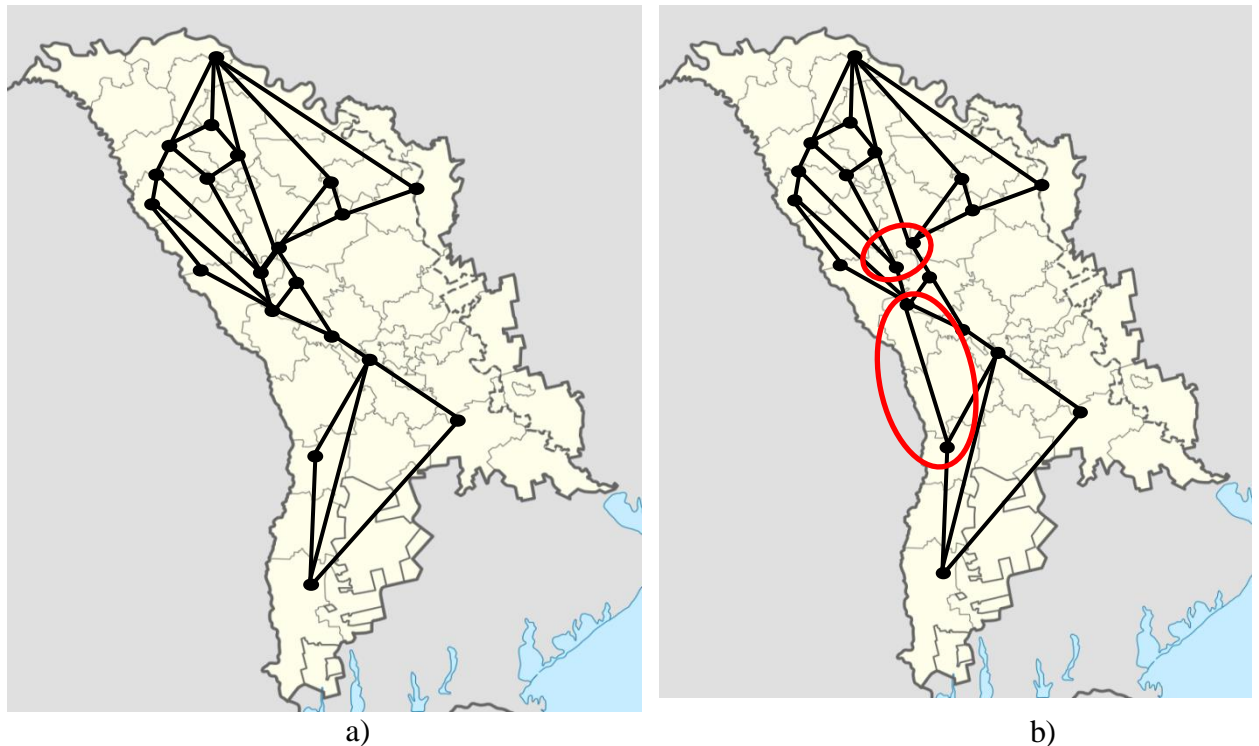


Figura 2.10. – Exemplu al funcționării Algoritmului 3; a) topologie cu capacitatea secțiunii minime, egală cu 1; b) topologie cu capacitatea secțiunii minime, egală cu 2

Sursa: elaborat de autor

Algoritmul 4. Corectarea soluțiilor conform indicatorului de cost cu pierderi minime a indicatorului de fiabilitate

Algoritmul dat este alcătuit din 8 etape după cum urmează:

Etapa 1. La aceasta etapă se verifică soluția conform indicelui de cost. Dacă verificarea a fost realizată cu succes (valoarea costului soluției nu este mai mare decât cea admisibilă), atunci se va trece la etapa 8, în caz contrar se va trece la etapa 2.

Etapa 2. La această etapă cu ajutorul metodei secționării minime a rețelei se vor găsi cele mai instabile secțiuni (secțiuni cu cea mai mare probabilitate de toleranță la eșec) a topologiei examinate.

Etapa 3. Se formează mulțimea E^{cut} , alcătuită din muchii unde, fiecare muchie se include în cel puțin una din secțiunile găsite la etapa 2.

Etapa 4. Se formează mulțimea $E^r = E^* \setminus E^{cut}$.

Etapa 5. Se caută în mulțimea E^r cea mai costisitoare muchie e^{r-max} .

Etapa 6. Se exclude e^{r-max} din soluție.

Etapa 7. Trecerea la etapa 1.

Etapa 8. Sfârșit.

Exemplu al funcționării algoritmului de corectarea soluțiilor conform indicatorului de cost cu pierderi minime a indicatorului de fiabilitate este reflectat în figura 2.11.

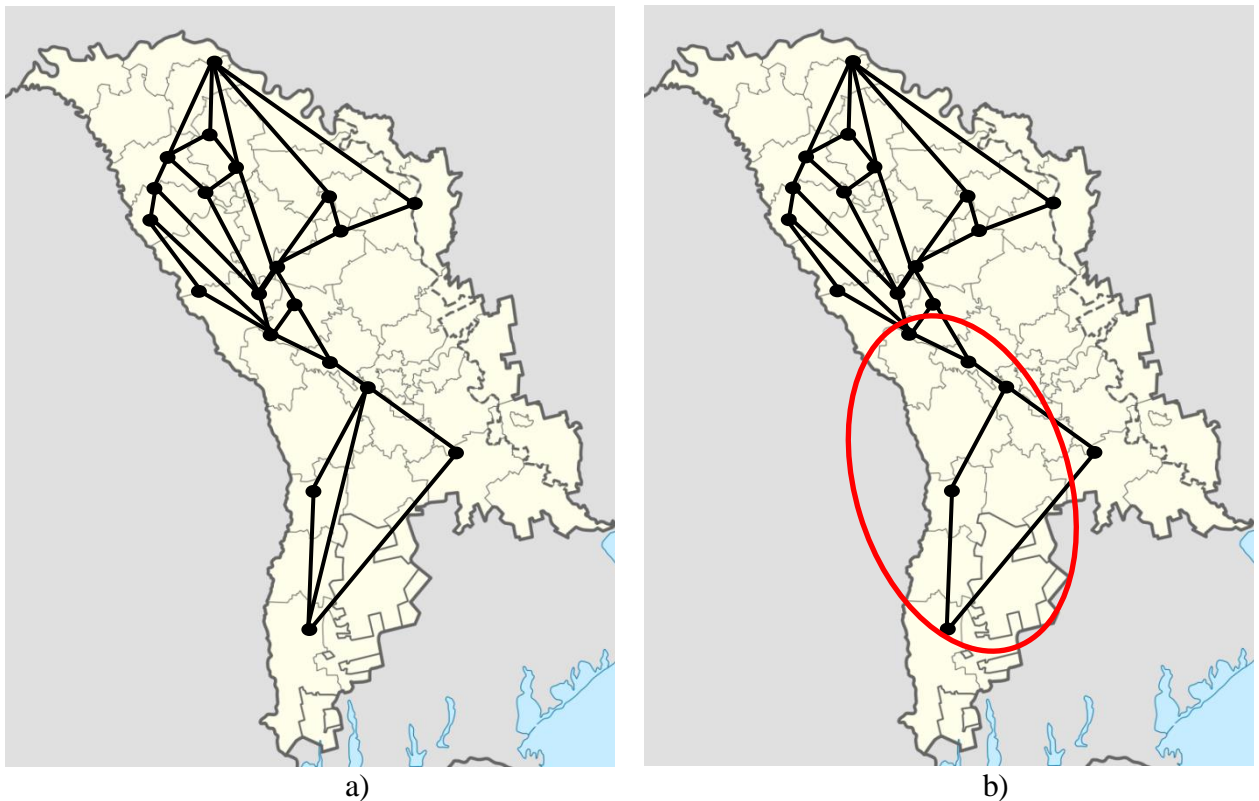


Figura 2.11. – Exemplu al funcționării Algoritmului 4; a) topologia inițială; b) topologie cu muchie înlăturată a costului maxim și menținerea valorii acceptabile de fiabilitate conform criteriului de cost

Sursa: elaborat de autor

Notă: Topologia prezentată în figurile 2.8 – 2.11, este una abstractă și fiind modelată pentru teritoriul Republicii Moldova, structura ei ar putea fi explicată în conformitate cu numărul populației în zonele respective. Deoarece, la sud avem mai puțină populație, respectiv avem și o infrastructură mai slabă în comparație cu cele din partea de centru și nord a țării.

2.3. Concluzii la Capitolul 2

În capitolul dat au fost analizate condițiile conceptuale de bază pentru optimizarea costurilor dezvoltării rețelelor de comunicații electronice, ceea ce ar da posibilitatea creării unor modele și algoritmi de evaluare și optimizare a costurilor cu respectarea cerințelor de bază a calității.

Totodată, trebuie de luat în considerație că înainte de soluționarea problemei de optimizare a costurilor lucrărilor de dezvoltare a rețeleor propriu zise, trebuie de realizat un șir de probleme de ordin tehnic, social, dar și de strategie generală de dezvoltare, impuse de strategii internaționale printre care pot fi enumerate ca determinarea topologiei rețelei de telecomunicații, cât și elaborarea metodelor de corectare a soluțiilor în scopul obținerii unor topologii accesibile de rețea.

Indiferent de capacitatea proiectată a rețelei de comunicații electronice, mai devreme sau mai târziu, aceasta va fi inevitabil depășită, iar la o anumită etapă de viață a rețelei va fi posibil necesară o reorganizare completă a acesteia.

Pentru rezolvarea sarcinilor care determină topologia optimală a rețelei este necesar de examinat posibilitatea aplicării următorilor algoritmi euristici: genetic, imunologic și metoda recoacerii simulate. Eficiența rezolvării sarcinilor enumerate va influența asupra calității rezultatelor obținute iar după cum sinteza topologiei rețelei este legată de cheltuieli majore la trasarea rețelelor de rezervă și la deservirea acestora, la fel ca și plata pentru închirierea rețelelor sau a spațiilor pentru instalarea echipamentelor de rețea, în acest caz calitatea soluțiilor obținute are o importanță majoră.

Cu toate acestea, utilizarea algoritmilor euristici în forma lor clasică nu duce la rezultatele scontate, deoarece pentru anumite probleme legate de topologia rețelelor de comunicații electronice este nevoie de rezultate “acceptate”, decât de soluții optime care de facto sunt generate de algoritmi “greedy”, așa ca Kruskal, Prim, Dijkstra, e.t.c. Cu atât mai mult, am putea afirma că utilizarea algoritmilor euristici cu parametri configurați pentru a rezolva o anumită problemă specifică poate să nu aibă un efect scontat atunci când se aplică și alte valori așa ca: fiabilitatea, indicatori de calitate, admisibilitatea echipamentelor de rețea (soluția software și hardware).

Ca urmare, pentru exploatarea algoritmilor euristici de optimizare a fost necesar de dezvoltat algoritmi de corectare în cazul în care soluțiile generate în rezultatul funcționării algoritmilor euristici nu intră în intervalul admisibil de soluții conform criteriilor de fiabilitate și costuri.

Reeșind din caracteristicile algoritmului euristic clasic bazat pe Metoda recoacerii simultane, s-a propus efectuarea unor modificări în scopul îmbunătățirii convergenței soluțiilor primite la nivelul celor optime.

3. MODELE DE OPTIMIZARE A COSTURILOR DEZVOLTĂRII REȚELELOR DE TELECOMUNICAȚII

3.1. Rețele de telecomunicații și unele modalități de optimizare

Procesul de optimizare a unei rețele de telecomunicații poate fi orientat în mai multe direcții. [43, p. 1361] Una ar fi condiționată de proiectarea și crearea unei noi rețele. A doua direcție poate fi dictată de necesitatea reducerii consumului de resurse, sau a costurilor unei rețele deja existente, a treia - de îmbunătățire a calității de emisie a acesteia ș.a. Un limbaj comod de descriere a rețelei, dar și a procesului de optimizare a acesteia, este limbajul grafurilor. [100] De exemplu, în fig. 3.1., arborele constituit din muchiile reprezentate cu linie punctată ar putea indica conexiunile dintre nodurile beneficiarilor (clienților), purtând informația costurilor, resurselor alocate în rețea și calitatea de modulare, atunci când aceasta se află în faza inițială de funcționare.

De regulă, modalitățile de optimizare se realizează prin selectarea iterativă a celor muchii ale grafului de acoperire a rețelei din mulțimea muchiilor grafului complet (care s-ar interpreta ca o rețea inițială), care asigură optimizarea cheltuielilor totale, adică minimizarea acestora [Algoritmii Crusal, Prim ș.a.]. Procesul de evidențiere a unui asemenea graf este iterativ și la fiecare iterație se constată sau diminuarea costului rețelei, sau îmbunătățirea unor indicatori calitativi ai acesteia, nemajorând, desigur, costul rețelei, având a priori un set de indici doriți. Se cunoaște, conform fundamentărilor teoretice din teoria optimizării grafurilor, că un asemenea graf există, acesta ar putea fi nu neapărat unic. Important este faptul că algoritmi existenți sunt capabili să identifice rețeaua optima, indiferent în ce context este formulată problema. [101]

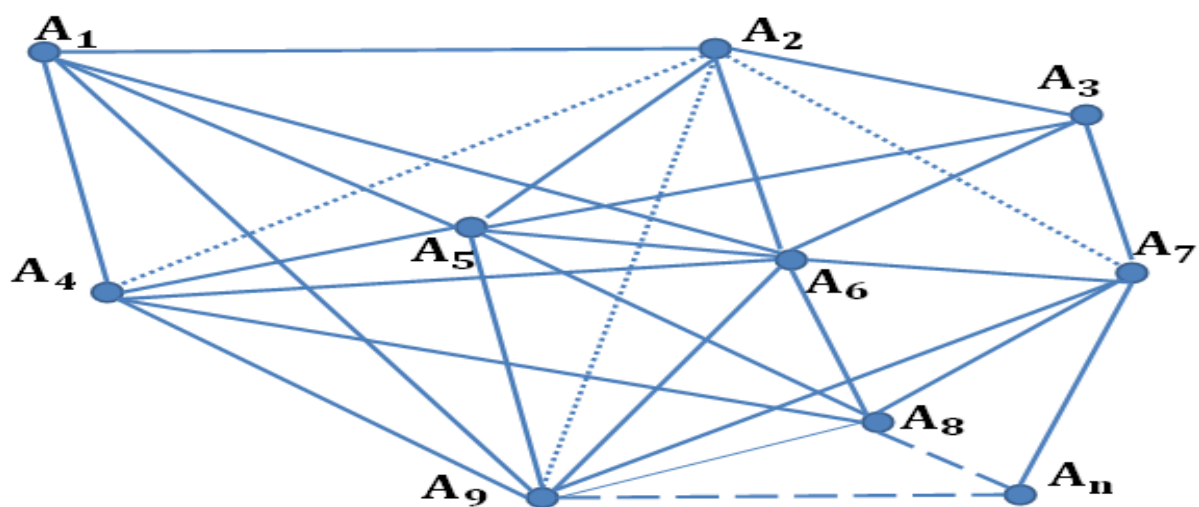


Fig. 3.1. Graful obținut prin optimizarea rețelei de comunicații electronice

Sursa: elaborat de autor

Pentru planificarea și optimizarea rețelei se utilizează diverse metode și SOFT-uri. Toate acestea sunt orientate spre atingerea unui oarecare obiectiv, de exemplu, de minimizare a costurilor sumare. În unele cazuri, în model decidentul poate să-și propună realizarea mai multor obiective, care, în ultimă instanță, conduc la cercetarea unui model de optimizare multicriterială, ori, dacă aceste funcții obiectiv pot fi integrate într-o funcție-sinteză, s-ar propune spre analiză modelul corespunzător de optimizare unicriterială (ceea ce nu se aplică atât de frecvent).

S-ar putea întâmpla, ca atunci când considerăm modelul cu un singur criteriu, spre exemplu, cel al costurilor, s-ar obține realizarea costurilor minimale, dar, totodată, parametri de calitate a accesului la rețea ar putea fi nesatisfăcători. **De aceea**, în acest scop, la realizarea sarcinilor de definire a limitelor de frontieră și optimizarea acestora, se utilizează mai multe criterii și metodologii. De exemplu, după ce se pun în evidență limitele de acces la rețea, calculate în funcție de costurile minime s-ar putea verifica posibilitatea tehnică de racordare a rețelei, utilizând metodele bazate pe criteriile de calitate. [40]

Este important de remarcat, că la planificarea și optimizarea rețelelor de telecomunicații cu fir ar putea fi aplicate cu succes metodele tradiționale din teoria grafurilor, cum ar fi algoritmii Cruscal, Prim ș.a. [99], în deosebi dacă punctele de amplasare a stațiilor și utilizatorilor, care se presupun a fi fixe, sunt cunoscute la momentul respectiv.

Cu totul e o altă situație în cazurile rețelelor fără fir. Pentru a proiecta o acoperire de minim cost și care ar respecta în zona dată anumite cerințe cu privire la indicatorii de calitate, se cer cu totul alte modalități. Aceasta se explică prin faptul că, spre deosebire de rețelele cu fir, rețelele fără fir nu pot avea în mod predeterminat fixate punctele de amplasare a stațiilor de emisie, dar nici numărul acestora nu se cunoaște din timp. Ideia principală care se află la baza optimizării rețelelor de telecomunicații fără fir [40] constă în definirea unei rețele inițiale (rețele de start) în cadrul căreia stațiile vecine stației date s-ar afla la o “mica distanță”, asigurând, astfel toți indicatorii de calitate. Apoi se organizează un proces iterativ, în care stațiile vecine se “distanțiază” cu un anumit pas (acesta se determină apriori, până la depășirea algoritmului). “Distanțarea” stațiilor se produce până la momentul în care se “produce alarma” că cel puțin un indicator de calitate nu se mai respectă. Apoi se revine la iterația precedentă la care și „se declară” obținerea proiectului pentru rețeaua de cost minimal.

3.2. Analiza metodelor de optimizare a rețelelor de telecomunicații

Pentru soluționarea unei probleme de optimizare a rețelelor de telecomunicații, care este o problemă cu mai mulți parametri și variabile, se aplică, de regulă, metode și algoritmi de

optimizare multiparametrică și multicriterială. Este necesar ca pe întreg parcursul de analiză a rezultatelor, unii parametri specifici, ca de exemplu calitatea sau fiabilitatea, să fie mereu controlabili. Este de menționat faptul, că majoritatea variabilelor din model sunt asociate cu parametri de calitate printr-o relație neliniară, deseori această relație fiind cu caracter implicit. Prin urmare, modelele examinate sunt din domeniul programării neliniare.

Pentru a evalua gradul de eroare, încălcare a restricțiilor poate fi utilizată metoda funcțiilor de penalizare [98]. Conform acestei metode, penalitatea suportată va crește direct proporțional odată cu mărirea gradului de deviere de la restricțiile de domeniu. Pentru soluționarea acestor probleme se aplică diverse metode, cum ar fi: "metoda gradientului [98], numită altfel metoda coborârii", "mingii grele", "poliedrului deformabil" Pearson, etc. E de subliniat, că aceste metode pot fi utilizate doar atunci când variabilele funcțiilor sunt de tip continuu, ori, cel puțin, definite într-o mică vecinătate.

Însă, în cazul optimizării rețelei de acces, ca regulă valorile variabilelor de bază sunt discrete, unele dintre ele neavând chiar valoare numerică, de exemplu, ca tipuri de modulare: QPSK, 4QAM, 16QAM, 64QAM ș.a. Prin urmare, implementarea optimizării continue nu poate fi aplicabilă în acest caz. Valorile variabilelor pentru elementele rețelei, în mod tradițional se dau prin mulțimi de valori discrete. Există însă și cazuri când se utilizează ambele tipuri de variabile atât discrete cât și continue. Atunci, pentru soluționarea unor astfel de probleme de optimizare, se utilizează așa numitele metode hibride. Pentru realizarea obiectivelor de minimizare ale cheltuielilor totale în rețelele de telecomunicații cu fir și fără fir vom utiliza metode discrete, atât din considerentele naturii distincte a parametrilor și a variabilelor implicate cât și a unor restricții vis-à-vis de calitatea rețelei [40].

Se propune realizarea următoarelor sarcini, după cum urmează:

- Optimizarea multiparametrică;
- Sortarea variabilelor și a valorilor acestora în funcție de efectul asupra rezultatului;
- Metodologii de evaluare a costurilor, inclusiv și a celor minimale, păstrând în limitele necesare a caracteristicilor de bază a rețelei.

Modelele respective vizează facilitarea identificării costului optim al rețelelor de telecomunicații și sugerează anumite scenarii admisibile, selectând, dintre toate acestea, varianta preferată. Utilizând anumiți algoritmi combinatorii sau euristici, modelele identifică rețelele de cost optimal, respectând concomitent cerințele calității de emisie a informației pentru fiecare zonă cu criteriile respective de calitate. Pentru cazul general, când s-ar examina problema 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.

Reieșind 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 programul informatic de simulare, realizat în limbajul de programare C#, iar mediul Visual Studio, care poate furniza soluțiile de optimizare ca o frontieră între teorie și practică. Descrierea detaliată a programului informatic este redată în Anexa 1 la teză. Codul de program este prezentat în Anexa 2 la teză.

Fiecare metodă de optimizare poate fi descrisă folosind următoarele etape:

- prezentarea problemei de optimizare = conține principalele aspecte care intervin în rezolvarea algoritmului respectiv și pregătește noțiunile necesare parcurgerii pas cu pas a algoritmului;
- prezentarea algoritmului = în această secțiune sunt parcurși pașii din care este format algoritmul (tratați din punct de vedere teoretic);
- prezentarea unui exemplu de funcționare a algoritmului, ținând cont de fiecare pas în parte (tratați din punct de vedere numeric);
- observații cu privire la problemele specifice fiecărui algoritm;
- implementarea algoritmului = sunt prezentate principalele probleme care intervin în implementarea computațională a algoritmului și variabilele folosite în acest scop.

Analiza și optimizarea rețelelor de comunicații la nivel topologic, atât în faza de proiectare cât și în cea de exploatare a ei, se poate realiza după următoarele criterii:

- distanță;
- flux informațional;
- probabilitate de realizare a legăturii;
- întârziere;
- fiabilitate, etc.

3.3. Modele de optimizare a rețelei de acces

În lucrarea [40] se formulează un model general (fără a specifica unele detalii și date concrete) de proiectare a unei rețele de comunicații fără fir, pentru o oarecare zonă geografică,

care ar asigura anumite criterii de calitate și ar avea un cost minimal. Conform [40], funcția *cost* a rețelei poate fi exprimată astfel:

$$C=f(A, T), A \in \mathbf{A}, T \in \mathbf{T}, A=(B,L), T=(M,R,H,V,W,G), \quad (3.1)$$

unde *C* – costul implementării rețelei; *A* – variabila limitei rețelei de acces; *B* – dimensiunea elementului grilă (aria suprafeței, în km²); *L* – dimensiunea (aria suprafeței, în km²) 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 (3.1) seturile de variabile sunt definite prin produsele carteziene:

$$A = B \times L, T = M \times R \times H \times V \times W \times G,$$

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

$$Q_{imin} \leq Q_i \leq Q_{imax}, i=1, 2, \dots, r. \quad (3.2)$$

Modelul (3.1) - (3.2) 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*^{*}) [40]. 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 acestora, dar și de a pune în evidență acele restricții, care urmează de a fi respectate.

Totodată, e important de menționat, că (3.1) - (3.2) reprezintă un model formal. Reieșind din această constatare, considerăm oportună examinarea mai la concret a specificului a două tipuri de rețea: cu fir și fără fir, dat fiind faptul că asigurarea tehnică a acestora e foarte diferită de la caz la caz.

Comparativ cu modelele existente elaborate din domeniu, și aici am putea să ne referim la lucrarea [40], modelele elaborate în această teză sunt bazate pe specificul dezvoltării rețelelor de comunicații electronice din Republica Moldova care au fost realizate în baza standardelor internaționale și a unei abordări profesioniste reeșind din progresul tehnico – științific al tehnologiilor de ultimă generație. O altă particularitate a modelelor elaborate în teză este concretica datelor ce se referă la costurile echipamentelor și componentelor rețelelor de comunicații electronice cu fir și fără fir.

Astfel, în continuare se propun și se examinează două modele de evaluare a costurilor rețelelor de comunicații: cu fir și fără fir. [121]

3.3.1. Modelul matematic de evaluare a costurilor pentru rețele cu fir

Considerând că rețeaua 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.

Se notează cu:

$$Cf_i(S_j^p), \quad (3.3)$$

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 transmisiuni pentru centrală se încadrează în intervalul [10000; 600000] MDL. Se notează cu:

$$Cf_i(d_i^c; Th_l), \quad (3.4)$$

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:

$$Cf_i(d_i^r), \quad (3.5)$$

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:

$$Cf_i(T_c, Cl), \quad (3.6)$$

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:

$$Cf_i(t_i), \quad (3.7)$$

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:

$$Cf_i(d_{ij}, Ts), \quad (3.8)$$

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:

$$Cf_i = Cf_i(S_j^p) + Cf_i(d_i^c; Th_i) + Cf_i(d_i^r) + Cf_i(T_c, Cl) + Cf_i(t_i) + Cf_i(d_{ij}, Ts) \quad (3.9)$$

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:

$$Cf_R = \sum_{i=1}^n Cf_i. \quad (3.10)$$

3.3.2. Modelul matematic de evaluare a costurilor pentru rețele fără fir

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:

$$C_i(S_j^q), \quad (3.11)$$

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

$j = 1$ – BTS₁ cu un sector (un bloc radio și o antenă directivă),

$j = 2$ – BTS₂ cu două sectoare (două blocuri radio și două antene directive),

$j = 3$ – BTS₃ 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:

$$(d_i^c; Th_l), \quad (3.12)$$

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:

$$C_i(d_i^r), \quad (3.13)$$

unde d_i^r – reprezintă lungimea LEA până la punctul de racordare pentru electro alimentarea BTS în zona i :

$r = 1$ – conectare prin disjunctori 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:

$$C_i(T_c), \quad (3.14)$$

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:

$$C_i(t_i), \quad (3.15)$$

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 emisiei stației de bază și avizele necesare (a) pentru a pune în funcțiune stația BTS în zona i și se notează cu:

$$C_i(a). \quad (3.16)$$

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

$$C_i = C_i(S_j^q) + C_i(d_i^c; Th_l) + C_i(d_i^r) + C_i(T_c) + C_i(t_i) + C_i(a). \quad (3.17)$$

Numărul zonelor se va exprima prin:

$$n = n(d). \quad (3.18)$$

Mărimea d reprezintă lungimea razei BTS (hexagonului) în zona i . Formula de calcul (în cazul rețelei hexagonale) a caracteristicii d este următoarea [40]:

$$d = \sqrt{L \times \frac{2}{3 \times \sqrt{3}}}$$

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

$$C_R = \sum_{i=1}^{n(d)} C_i, \quad (3.19)$$

unde valoarea C_i se calculează conform relației (3.17).

3.4. Studiu de caz raportat la modelul rețelelor de telecomunicații fără fir

În continuare vom propune o ilustrare practică a procedurii de optimizare a rețelei de acces fără fir. Se expune modul de determinare a soluțiilor optime ale rețelei, care va genera costuri minime și nu încalcă restricțiile de calitate (vectorul P). Tipul stațiilor de baza se considera a fi cu trei sectoare (trei blocuri radio și trei antene directive).

Pentru aceasta au fost selectate un șir de localități care prezintă o zonă compactă propuse spre acoperire (tabelul 3.1).

Tabelul 3.1

Localitățile Republicii Moldova propuse spre acoperire cu rețele de telecomunicații fără fir

Raion	Localitatea	Populația 2018
Drochia	Hasnasenii Noi	1178
Drochia	Pelinia	7602
Glodeni	Iabloana	2487
Glodeni	Sturzovca	4411
Mun. Bălți	Sadovoe	1367
Râșcani	Alunis	1788
Râșcani	Ciobanovca	27
Râșcani	Recea	2501
Râșcani	Singureni	1729
Râșcani	Slobozia-Recea	104
Râșcani	Sverdiac	475
Râșcani	Usurei	374

Sursa: elaborat de autor

Datele care reprezintă parametrii inițiali pentru studiu sunt prezentate în tabelul 3.2.

Conform metodologiei descrise în [40], se determină variantele optime ale rețelelor de cost minimal respectând, totodată, restricțiile de calitate (până când toate componentele vectorului P sunt 0). Îndată ce, cel puțin o componentă a vectorului P devine 1, această denotă încălcarea a cel puțin a unei restricții de calitate. Tabelele 3.3 și 3.4 prezintă datele de referință pentru determinarea soluțiilor optime în două cazuri:

a) $Q_{2min} = -15 \text{ dB}$, $Q_{1max} = 200 \text{ ms}$,

b) $Q_{2max} = -8 \text{ dB}$, $Q_{1min} = 40 \text{ ms}$.

Tabelul 3.2

Date inițiale pentru evaluarea costurilor rețelei în zona selectată

Parametrii/variabile	Valoarea
Suprafața	260 km ²
Numărul de localități	12
Numărul de locuitori	24043
Frecvența radio a stației de bază	2100 MHz
$d_1, d_2, \dots, d_8; \Delta d$	0.4 km, 0.9 km, ... 3.9 km; 0.5 km
R_1, \dots, R_{16}	64 kbps ... 21 Mbps
H, V	HSDPA, WCDMA
W, disponibilitatea canalului	a) 16QAM, 99.999% b) 64QAM, 99.999%
G	a) AMR b) AMR-WB
Q1 – întârzierea pachetelor de date	$Q_{1min} = 40 \text{ ms}$, $Q_{1max} = 200 \text{ ms}$
Q2 – raportul semnal-zgomot	$Q_{2min} = -15 \text{ dB}$, $Q_{2max} = -8 \text{ dB}$

Sursa: sugerată din [40] și ajustată de autor în conformitate cu condițiile Republicii Moldovei.

Rezultatele evaluării costurilor pentru $Q_1 = 40 \text{ ms}$, $Q_2 = -8 \text{ dB}$, $W = 64 \text{ QAM}$, $G = \text{AMR-WB}$ (Varianta I) sunt $R = 2.4 \text{ km}$, $L(L5) = 14,96 \text{ km}^2$, $C_{\min} = 32,5 \text{ mln MDL}$ și sunt prezentate în formă grafică în figura 3.2.

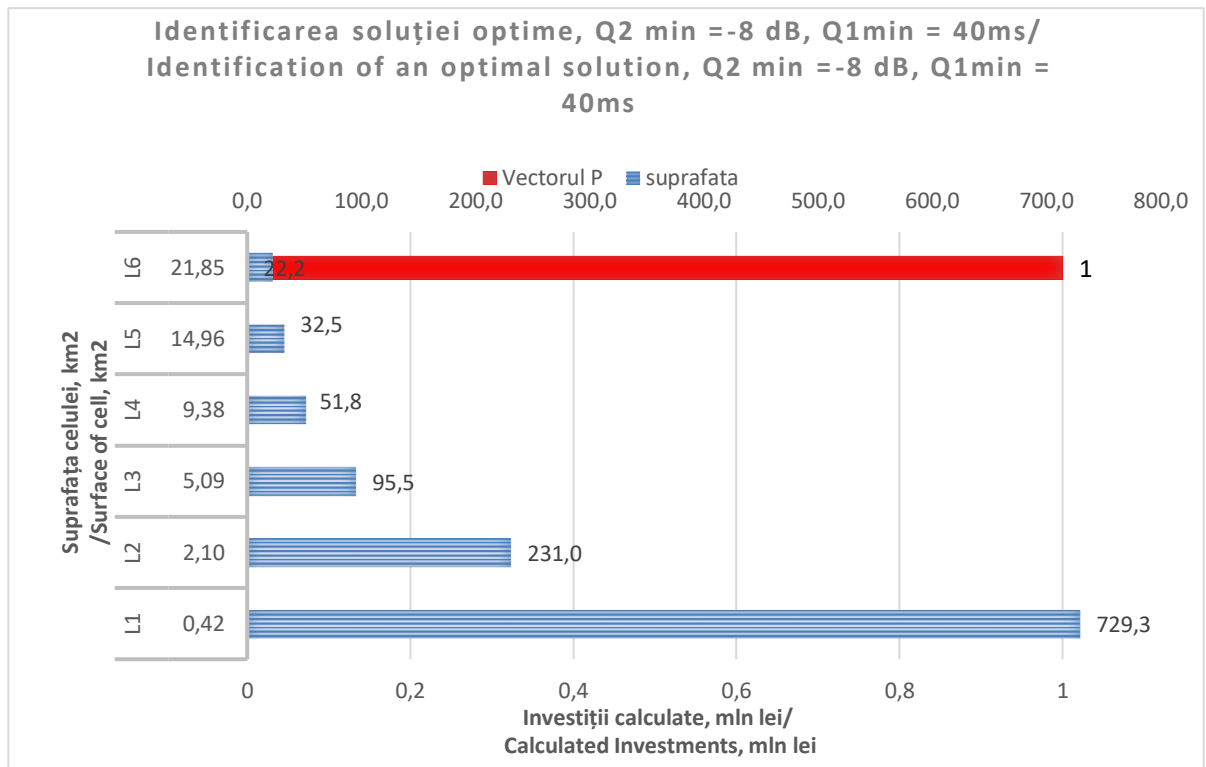


Figura 3.2. Identificarea soluției optime (varianta I)

Sursa: elaborat de autor

În condițiile în care rețeaua, ce urmează a fi proiectată, se bazează pe utilajul cu caracteristicile $W=64QAM$, $G=AMR-WB$, costul minimal al acesteia ar fi **$C_{\text{min}} = 32,5 \text{ mln MDL}$** (figura 3.2). Raza de acțiune a unei stații, localizate în centrul hexagonului, este $d = 2,4 \text{ km}$, aria de acoperire a hexagonului fiind $L = L_5$ de circa $14,96 \text{ km}^2$. Parametrii de calitate se pronunță cu valorile $Q_1 = 40 \text{ ms}$, $Q_2 = -8 \text{ dB}$. Dacă s-ar încerca de majorat raza hexagonului cu $\Delta d = 0,5 \text{ km}$, adică de trecut de la $d = 2,4 \text{ km}$ la $d = 2,9 \text{ km}$ (căreia îi corespunde $L = 21,85 \text{ km}^2$), s-ar obține valori inadmisibile ale indicatorilor de calitate. [124]

În cazul când $Q_1 < Q_{1\text{min}} = 40 \text{ ms}$, sau $Q_2 > Q_{2\text{max}} = -8 \text{ dB}$, ceea ce ar semnifica că o asemenea soluție nu poate fi acceptată (în figura 3.2 această situație este marcată cu linia din extrema de sus, numită și linia 1).

Prin urmare, algoritmul începe cu raza de acțiune $d = 0,4 \text{ km}$, crescând treptat această rază cu mărimea $\Delta d = 0,5 \text{ km}$ și până la momentul în care raza $d = 2,4 \text{ km}$. Astfel, pentru a asigura acoperirea zonei geografice indicate, sunt necesare 17 hexagoane (aceasta fiind ilustrată în figura 3.4), adică 17 stații de tip $W = 64QAM$, $G = AMR-WB$.

În tabelul 3.3 sunt reflectate cantitatea necesară de stații de bază și configurația acestora pentru asigurarea indicatorilor de calitate nominalizați.

Tabelul 3.3

Numărul necesar de stații de bază în aria de acoperire (varianta I)

Date de referința	Valoarea
Cantitatea calculată de stații de bază	17
Costuri de investiție, total mln MDL	32,5

Sursa: elaborat de autor

Rezultatele evaluării costurilor pentru $Q_1=200\text{ ms}$, $Q_2=-15\text{ dB}$, $W=16QAM$, $G=AMR$ (varianta II) sunt $R=3.4\text{ km}$, $L(L7)=30,03\text{ km}^2$, $C\text{ min}=17,5\text{ mln MDL}$ și sunt prezentate în formă grafică în figura 3.3.

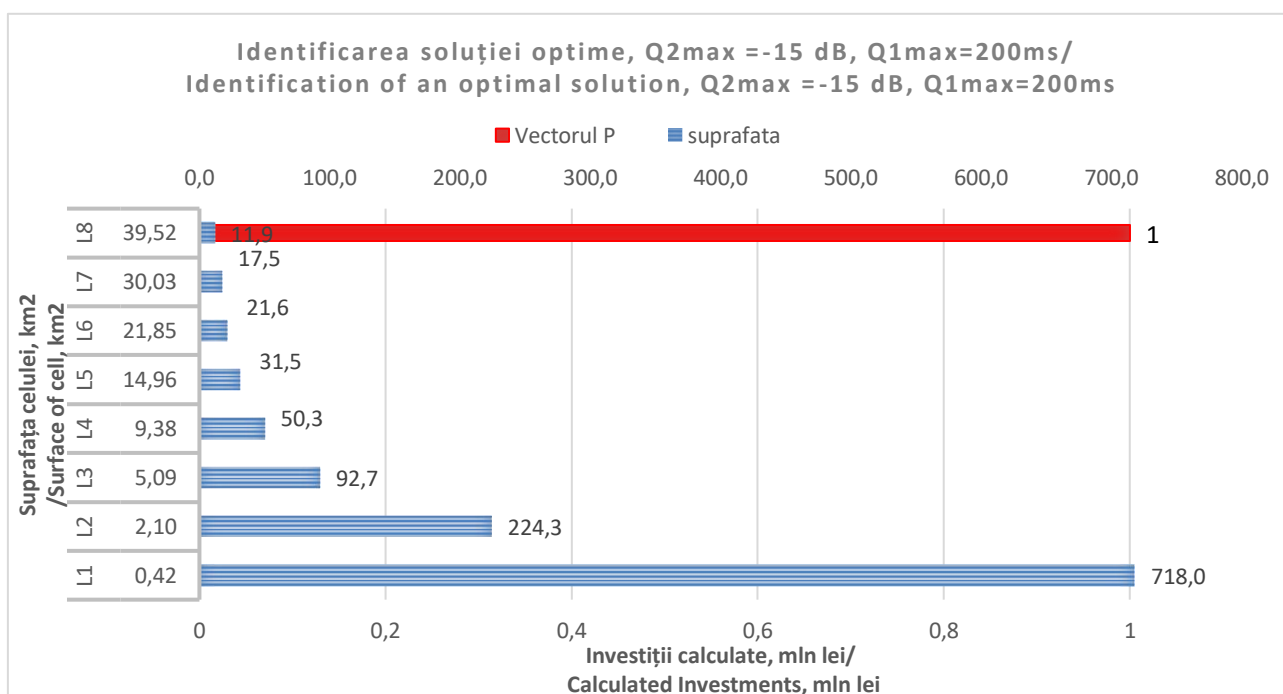


Figura 3.3. Identificarea soluției optime (varianta II)

Sursa: elaborat de autor

În figura 3.3 se ilustrează procesul de depănare a algoritmului în presupunerea că rețeaua proiectată va include stații cu caracteristicile $W=16QAM$, $G=AMR$. În mod similar, inițial se consideră raza de acțiune $d=0,4\text{ km}$, se trece treptat la următoarea rază cu creșterea $\Delta d=0.5\text{ km}$, până la momentul în care raza devine egală cu $d=3,4\text{ km}$ (adică în acest caz se realizează efectiv 7 iterații) și aria suprafeței de acoperire a hexagonului $L=30,03\text{ km}^2$. Valorile indicatorilor de calitate sunt la limitele $Q_1=200\text{ ms}$, $Q_2=-15\text{ dB}$, dar admisibile. Creșterea în continuare a razei d a hexagonului cu $\Delta d=0.5\text{ km}$ conduce la nerespectarea restricțiilor cu privire la indicatorii de

calitate: sau $Q_1 > 200 \text{ ms}$, sau $Q_2 < -15 \text{ dB}$ (în figura 3.3 această situație fiind ilustrată prin linia 1 din extrema de sus). Așadar, în cazul respectiv, 10 stații cu caracteristicile indicate vor asigura pe deplin rețeaua proiectată, costul acesteia, care este și costul minimal, fiind estimat la **17,5 mln MDL** (acoperirea respectivă fiind reprezentată de figura 3.5).

În tabelul 3.4 sunt reflectate cantitatea necesară de stații de bază și configurația acestora pentru asigurarea indicatorilor de calitate Q_1 și Q_2 .

Tabelul 3.4

Numărul necesar de stații de bază în aria de acoperire (varianta II)

Date de referință	Valoarea
Cantitatea calculată de stații de bază	10
Costuri de investiție, total mln MDL	17,5

Sursa: elaborat de autor

Figurile 3.4 și 3.5 prezintă imaginile structurilor rețelelor optime de acces fără fir din punctul de vedere al costurilor și al calității înalte a serviciilor.

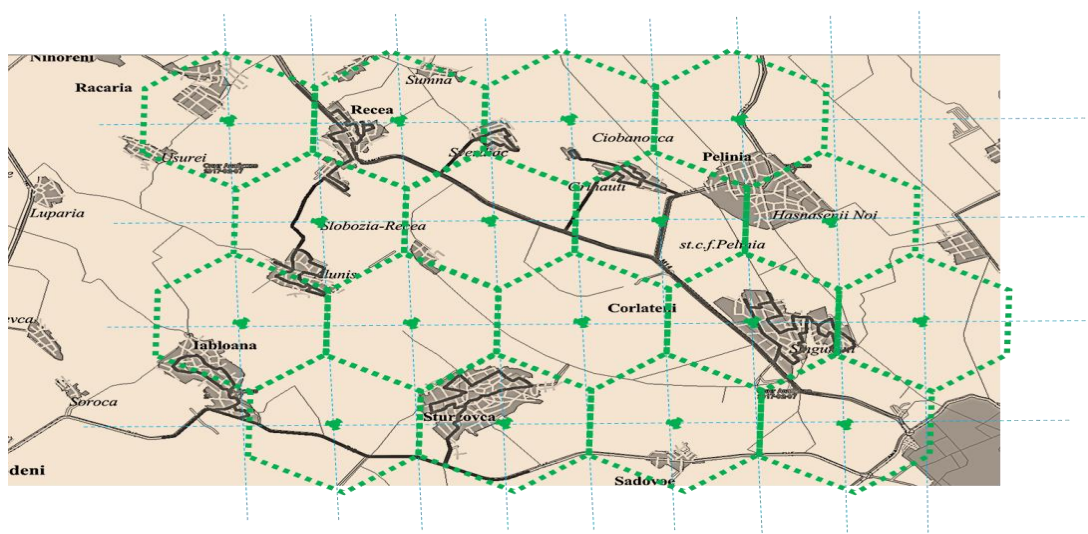


Figura 3.4. Acoperirea teritorială pentru Q_1 și Q_2 și a restricțiilor intacte: 64QAM modulația, codec de tip AMR – WB, $N_s=17$, rază de acoperire maximă 2,4 km, disponibilitatea 99,999%.

Sursa: sugerată din [40] și ajustată de autor în conformitate cu condițiile Moldovei

Figura 3.4 reprezintă o ilustrare geometrico-geografică a variantei optime din figura 3.2 căreia îi corespund în amplasarea pe teren 17 stații de bază.

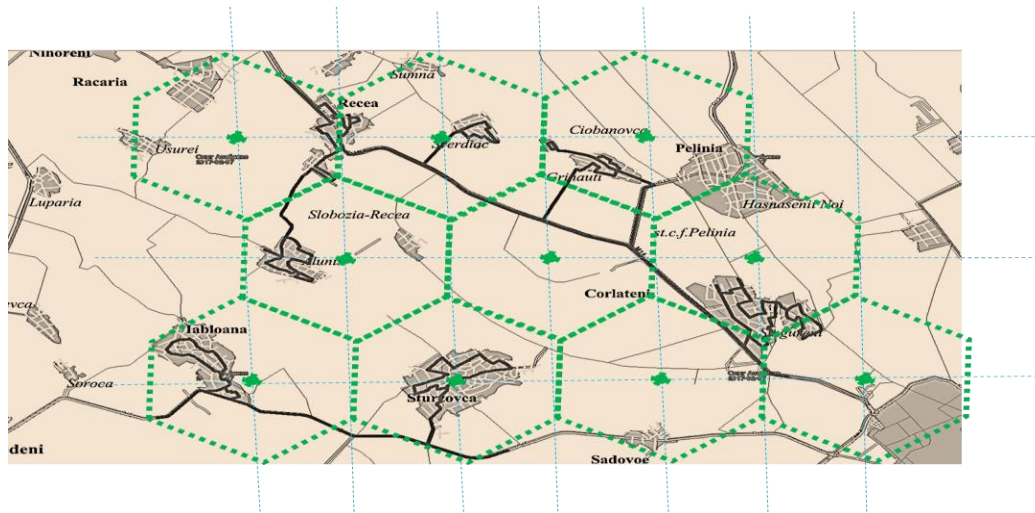


Figura 3.5. Acoperirea teritorială pentru Q_1 și Q_2 și a restricțiilor intacte: 16QAM modulația, codec de tip AMR, $N_s=10$, rază de acoperire maximă 3,4 km, disponibilitatea 99,999% /

Sursa: sugerată din [40] și ajustată de autor în conformitate cu condițiile Moldovei

Figura 3.5 corespunde în mod similar variantei optime din figura 3.3 cu 10 stații de bază amplasate pe teren.

Diferența ambelor variante este una esențială la capitolul investiției, deoarece au fost selectate diferite criterii de comparație, ca cele legate de calitatea sunetului și a compresiei. Este evident că în timp ce ratele de modulare mai ridicate pot oferi rate de transfer mult mai rapide și niveluri mai ridicate de eficiență spectrală pentru sistemul de comunicații radio, acest lucru va avea un impact asupra prețului. Schemele de modulare de ordin mai înalt sunt considerabil mai puțin rezistente la zgomot și la interferențe. Ca urmare a acestui fapt, multe sisteme de comunicații radio utilizează acum tehnici de modulare dinamică adaptivă. Ele simt condițiile canalului și adaptează schema de modulare pentru a obține cea mai mare rată de transfer de date. Pe măsură ce rapoartele semnalului / zgomotului scad, erorile vor crește odată cu re-expedierea datelor, ceea ce va reduce performanțele. Prin revenirea la o schemă de modulare de ordin inferior, legătura poate fi făcută mai fiabilă, cu mai puține erori de date și retransmitere.

Cu ajutorul modelelor matematice descrise în acest capitol pot fi realizate anumite scenarii admisibile, selectând dintre toate acestea varianta preferată. Utilizând anumiți algoritmi combinatorii sau euristici, modelele facilitează identificarea rețelei de cost optimal, respectând concomitent cerințele cu privire la asigurarea calității de emisie a informației.

În rezultatul cercetării, reeșind din datele studiului de caz prezentate în tabelul 3.1 și 3.2, pentru acoperirea celor 12 localități enumerate mai sus, 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 (tabelul 3.4) 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 tehnologiei informației.

În mod general, pentru soluționarea problemelor întru dezvoltarea întregii infrastructuri de telecomunicații în țară, rezultatele obținute conform studiului de caz dat pot fi folosite în felul următor. 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. După aceea, în dependență de aceste criterii, pentru fiecare zonă conexă se concretizează modelele de evaluare a costurilor descries mai sus. Astfel, metodologia examinată ar permite soluționarea problemelor de optimizare a costurilor respectând cerințele în raport de criteriile de calitate.

3.5. Metodologia și modelele evaluării costurilor necesare pentru dezvoltarea întregii infrastructuri de comunicații electronice în țară

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:

- a) intensitatea fluxurilor informaționale locale;
- b) cerințele față de cantitatea și calitatea serviciilor oferite;
- c) densitatea instituțiilor publice și a populației în diferite zone;
- d) 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. [128]

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, fig 3.7.



Fig 3.7 Harta RM divizată în zone geografice

Sursa: elaborat de autor

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 conexă 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.**

Costul rețelei în raport cu zona geografică ZG_l :

$$CZG_l = K_l^1 \times CRCF_l + K_l^2 \times CRFF_l, \quad (3.20)$$

unde:

$CRCF_l$ exprimă costul rețelei cu fir în ZG_l ;

$CRFF_l$ – costul rețelei fără fir în ZG_l ;

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

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

Formula (3.20) 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:

$$\begin{aligned} CZG_l &\rightarrow \min; \\ IQ^l &\div QRZG_l, \end{aligned}$$

unde $CRCF_l$ are aspectul formulei:

$$Cf_R = \sum_{i=1}^n Cf_i, \quad (3.21)$$

ajustată la zona geografică l ;

$CRFF_l$ se prezintă prin formula:

$$C_R = \sum_{i=1}^{n(d)} C_i, \quad (3.22)$$

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 zonei geografice l se poate prezenta succint în 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 prioritate 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 RM se alocă un buget clar determinat B . Pentru fiecare zonă va fi suportat un cost total C . Fie că zonei l , de exemplu îi corespunde acoperirea hexagonală cu diametru hexagonului determinat prin simulare: $l \sim C_l$ – costul rețelei pentru ZG_l , conform fig 3.8.



Fig 3.8 Reprezentarea zonelor geografice în perspectiva dezvoltării rețelelor de comunicații electronice

Sursa: elaborat de autor

Dacă costul total al rețelei RM simulate în rezultatul scenariului S nu depășește bugetul B adică: $C_1^S + C_2^S + C_3^S + \dots + C_L^S \leq B$ și pe orice zonă se respectă criteriile de calitate înaintate atunci putem afirma că bugetul B este suficient pentru a elabora o rețea funcțională pe întreg teritoriul RM. Cu alte cuvinte, bugetul B alocat este suficient pentru elaborarea rețelei RM avînd posibilitatea totodată de a economisi o parte din acest buget pentru alte proiecte deoarece este evident că în varianta optimă din punct de vedere a costurilor, costul minimal total a rețelei RM 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 apriori 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:

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

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:

$$\min_{IQ^1, \dots, IQ^L} \sum_{l=1}^L CZG_l = \sum_{l=1}^L \min_{IQ^l} CZG_l \rightarrow \min., \quad (3.23)$$

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.

3.6. Descrierea aplicației informatice CoverageMap

Aplicația informatică **CoverageMap** este destinată pentru generarea automatizată a costurilor totale pentru rețele de telecomunicații fără fir în baza modelelor matematice care pot fi utilizate la analiza și optimizarea rețelelor deja existente sau la proiectarea și edificarea unor rețele noi. Cu ajutorul aplicației informatice **CoverageMap** pot fi realizate anumite scenarii admisibile, selectând dintre toate acestea varianta preferată. Aplicația informatică **CoverageMap** facilitează identificarea rețelei de cost optimal, respectând concomitent cerințele cu privire la asigurarea calității de emisie a informației.

Algoritmul programului informatic funcționează în conformitate cu următorii pași:

1. Pe hartă se selectează zona teritorială, care trebuie acoperită cu rețele;
2. Se calculează coordonatele maxime și minime ale zonei teritoriale;
3. Se calculează centrul zonei teritoriale;
4. Se setează raza inițială a hexagonului = **parametru: Initial hexagon radius**;
5. Începând cu centrul determinat din pasul 3, se trasează hexagoane atâta timp, cât ele se află în zona teritorială selectată;
6. Se modifică raza hexagonului cu **Parametru Δd^*** (mărind-o sau micșorând-o, în dependență de respectarea sau nerespectarea criteriilor de calitate) și se repetă de la pasul 4;

7. Când numărul de hexagoane ajunge la indicele calculat conform coordonatelor maxime și minime după suprafață – ne oprim.

Structura softului. Aplicația cuprinde câteva module și anume:

- Modulul de încărcare a datelor cu calcule;
- Modulul de definire a parametrilor;
- Modulul de bază al aplicației și lucrul cu harta geospațială;
- Modulul de calcul al soluției optime;
- Modulul de prezentare grafică a costurilor.

Aplicația este bazată pe componentele GeoSpatale: DotSpatial 1.9 și este scrisă pe tehnologia .Net. Limbajul de programare utilizat este C#, iar mediul – Visual Studio.

DotSpatial este o bibliotecă de sisteme de informații geografice scrise pentru .NET Framework. Acesta permite dezvoltatorilor să integreze, în aplicațiile lor, datele de spațiu, analiza și cartografierea sau să contribuie la extinderea GIS comunității.

DotSpatial oferă un control al hărții pentru .NET și mai multe capacități GIS, inclusiv:

- afișează harta într-un .NET Windows Forms;
- deschide fișierele de formă, grilele, rasterurile și imaginile;
- creează o simbologie și etichete de redare;
- reproiectează în zbor;
- manipulează și afișează datele despre atribute;
- analizează științific informația;
- citește datele GPS etc.

Baza informațională cuprinde date despre numărul de stații de bază optime și cheltuielile estimate pentru o anumită arie. Aceste date au fost calculate separat de aplicație și sunt ca o bază de cunoștințe pentru aceasta.

Ca parametri pentru aplicație figurează:

- aria terenului selectat de utilizator – se calculează automat;
- raza inițială a hexagonului – se introduce în forma de mai jos, figura 3.9;
- **Parametru Δd^*** – care reprezintă dimensiunea cu care se va mari raza hexagonului la fiecare iterație;
- Q2, Q1 – nivelul de calitate dorit. Sunt disponibile 2 categorii: Q2 max = - 8 dB, Q1 min = 40 ms și Q2 min = -15 dB, Q1 max=200 ms.

Parameters/Variable	Value
Area size	
BWA parameter:Ps, Gs, Gi, f	19 dBm, 15 dB, 28 dB, 24,5 GHz
M	radio
Initial Hexagon Radius	1,500
Δd^*	0,500
ΔR	64 kbps
H, V	M/M/1/S, TDMA
W, link availability	4QAM, 99,999%
Q2{S/Tr}, Q1{t}	Q2 min =-8 dB, Q1min = 40ms

OK CANCEL

Figura 3.9. Parametrii inițiali

Sursa: elaborat de autor

Nivelul de complexitate de exploatare a aplicației. CoverageMap este aplicație desktop, care lucrează în sistemul de operare Windows. Este o aplicație intuitivă și dă ușor posibilitatea de a opera cu aceasta. Etapele de calcul sunt descrise sub formă de pași distincți (Step1-Step3) din meniul de bază Algorithm. În **Pasul 1**, se încarcă harta, în versiunea curentă este predefinită harta Republicii Moldova. Se poate încărca orice hartă în formatul **.shp**. **Pasul 2** se selectează zona pentru care se dorește acoperirea. Aceasta se face prin click pe hartă, prin care se desenează un poligon. **Pasul 3** – este pasul de desenare/calculare a acoperirii. În acest pas, se desenează toate variantele până la cea optimă. La identificarea soluției optime, algoritmul se oprește. Adăugător, se poate vizualiza graficul soluțiilor identificate. Acesta se obține prin tastarea meniului Graph.

Luând în considerare dimensiunea poligonului selectat și parametri inițiali (raza inițială a hexagonului și parametru Δd^*), se pot obține soluții rapide, dar costisitoare și cu marja de eroare a acoperirii foarte mare sau, micșorând acești parametri, se poate consuma mai mult timp, dar calitatea calculului vor fi mai exacte. Ca și în orice algoritm, câștigând în timp, pierdem în calitate și invers. Aici, cel mai bine este de identificat valorile medii prin introducerea diferitelor valori ale parametrilor.

3.7. Concluzii la Capitolul 3

În capitolul dat a fost efectuat un studiu de analiză multiparametrică și multicriterială a rețelei de telecomunicații în sensul optimizării cheltuielilor pentru construirea și utilizarea acesteia, accesul rapid către rețea și îmbunătățirea calității acesteia. În acest scop, a fost propusă utilizarea

unor modele și metode de programare matematică, modele matematice de descriere și evaluare a costurilor totale pentru rețele de telecomunicații cu fir și fără fir. Modelele pot fi utilizate la analiza și optimizarea rețelelor deja existente, sau la proiectarea și edificarea unor rețele noi.

Totodată, au fost elaborate pentru orice zonă geografică modele concrete de evaluare și optimizare a costurilor rețelelor de telecomunicații cu fir și fără fir. Pentru rețelele de telecomunicații fără fir, în baza unui studiu de caz, folosind diferite variante cu privire la criteriile de calitate a fost elaborat un soft de realizare a algoritmului euristic de acoperire optimă a zonelor geografice cu hexagoane, în centrul cărora urmează de a fi amplasate stațiile de emisie. Algoritmul realizează în mod iterativ creșterea diametrului hexagoanelor până la valoarea în care următoarea creștere conduce la nerespectarea cel puțin a unuia din criteriile de calitate. În acest mod poate fi determinată structura rețelei de cost minimal. Cu ajutorul modelelor propuse, pot fi realizate anumite scenarii admisibile, selectând dintre toate acestea varianta preferată. Utilizând anumiți algoritmi combinatorii sau euristici, modelele facilitează identificarea rețelei de cost optimal, respectând concomitent cerințele cu privire la asigurarea calității de emisie a informației.

În rezultatul cercetării, reieșind din datele studiului de caz prezentate în tabelele 3.1 și 3.2 pentru acoperirea celor 12 localități enumerate mai sus, 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 (tabelul 3.4) 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 baza rezultatelor obținute pentru diferite zone geografice a fost elaborat un model matematic de evaluare a costurilor pentru cazul general de dezvoltare a infrastructurii de telecomunicații pentru întreg teritoriul țării. Pentru evaluarea costurilor în conformitate cu acest model și întru dezvoltarea întregii infrastructuri de telecomunicații în țara, rezultatele obținute în lucrarea dată a fost propusă următoarea metodologie. 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. După aceea, în dependență de aceste criterii, pentru fiecare zonă conexă se concretizează modelele de evaluare a costurilor descrise mai sus. Astfel, metodologia examinată ar permite soluționarea problemelor de optimizare a costurilor respectând cerințele în raport de criteriile de calitate.

4. DEZVOLTAREA REȚELELOR DE COMUNICAȚII ELECTRONICE ÎN BANDĂ LARGĂ

Faptul că comunicațiile electronice în bandă largă s-au dovedit a fi prioritare la scara mondială pentru jumătatea anilor 90, se argumentează atât prin impactul semnificativ al competitivității în societatea bazată pe cunoaștere, cât și prin dezvoltarea rapidă a comunicațiilor și a tehnologiilor informaționale, precum și prin liberalizarea piețelor telco. [22, p. 1]

Luând în considerație înaltele standarde de modernizare a societății globale care au fost marcate începând cu mileniul trei, autoritățile europene, au lansat un șir de acțiuni cu scopul identificării unei viziuni de dezvoltare a competitivității economiei europene. Astfel, în urma conferinței CE de la Lisabona, care a avut loc în anul 2000, a fost identificată viziunea care a stabilit direcțiile de bază, cât și strategiile și politicile pentru a face față provocărilor legate de competitivitatea economiilor țărilor europene, care devenise a fi o problemă de ordin global. În istoria modernă formularea CE de la Lisabona este numită drept “Strategia Lisabona”. Pentru ca obiectivele fundamentale formulate în „Strategia Lisabona” să fie realizate au fost stabilite mai multe instrumente principale – unul dintre ele fiind determinat ca „dezvoltarea unei economii bazate pe cunoaștere în coroborare cu stimularea sectorului de tehnologia informației și comunicațiilor (TIC)”. [22, p. 1] Am putea spune, că prin această formulare, a avut loc recunoașterea avantajelor aplicării în practică a serviciilor și echipamentelor sectorului tehnologia informației și comunicațiilor la crearea unei societăți informaționale care ar putea să accelereze creșterea competitivității economice, cât și gradul de coeziune socială în societatea globală.

4.1. Tehnologiile utilizate pentru accesul în bandă largă la Internet fix și mobil în Republica Moldova

Cele mai utilizate tehnologii pentru accesul la Internet fix pe teritoriul Republicii Moldova sunt tehnologiile FTTx și xDSL. Infrastructura de acces solicitată de utilizatorii finali ai serviciilor de acces la Internet fix, conform datelor statistice acumulate și prelucrate de ANRCETI în anul 2018, a fost dominată de conexiunile prin tehnologii de fibră optică (FTTx - Fiber to the premises) și prin xDSL (Digital Subscriber Line). În perioada unui an, numărul utilizatorilor conectați la rețea prin fibră optică a sporit cu 13,4% și a totalizat 394,2 mii, iar al celor conectați prin cablu coaxial a crescut cu 6,4% și a ajuns la peste 44,3 mii. Pentru aceeași perioadă de timp, numărul abonaților conectați la rețea în baza tehnologiilor xDSL a scăzut cu 5,5% și a totalizat 182,2 mii (figura 4.1.). [11]

Pentru perioada anului 2018, ponderea conexiunilor la Internet fix în baza tehnologiilor FTTx a crescut, față de perioada anului precedent, cu 3,8 p.p. și a constituit 63,3%, iar cea a

conexiunilor prin cablu coaxial s-a diminuat ne semnificativ însumând aceleași 7,1%, comparativ cu anul 2017. În același timp, ponderea conexiunilor în baza tehnologiilor xDSL și-a păstrat trendul negativ din ultimii ani micșorându-se cu 3,8 p.p. și alcătuind 29,2% (figura 4.2.). [11]

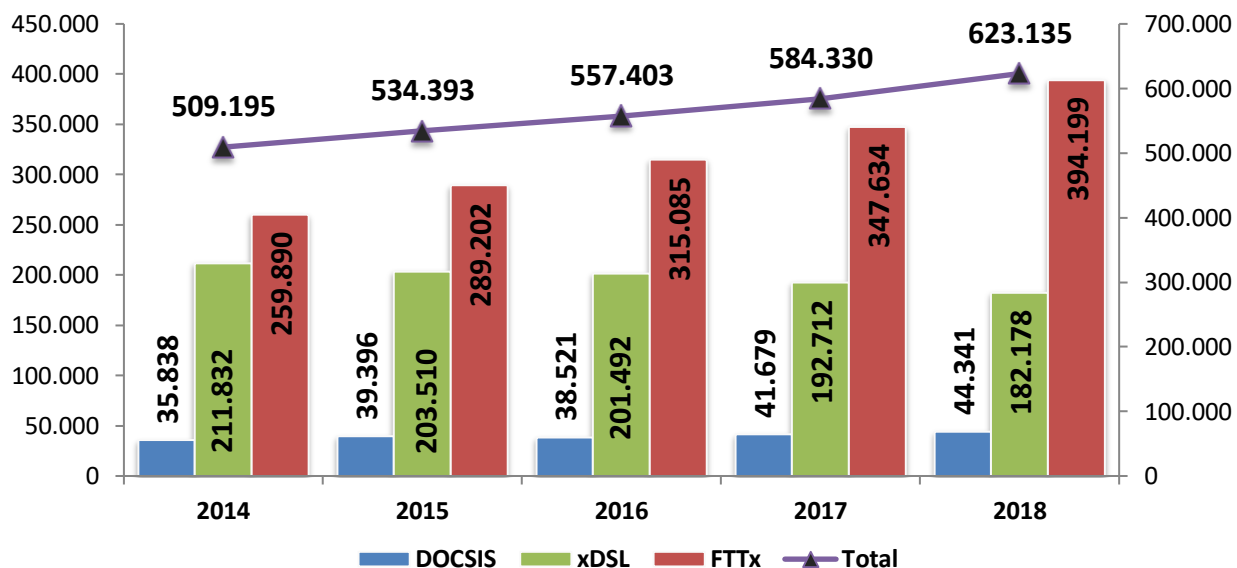


Figura 4.1. Evoluția numărului de abonați la serviciile de acces la Internet fix, în funcție de tehnologia utilizată.

Sursa: sugerată din [11]

Astfel, conform datelor prezentate de ANRCETI, putem constata că creșterea cotei conexiunilor prin FTTx a fost cauzată, în primul rând, de substituirea în masă a conexiunilor xDSL cu FTTx, cât și de expansiunea acestor tipuri de rețele în zonele urbane și rurale ale țării.

Această substituire a conexiunilor, a fost cauzată de avantajele tehnologice superioare pe care le oferă tehnologiile FTTx, ceea ce permite asigurarea vitezelor de 100 Mbps, 1 Gbps, 10 Gbps și mai mult. Prin urmare, majoritatea tehnologiilor din familia xDSL la care viteza de transfer a datelor nu depășește 24 Mbps (cu excepția tehnologiilor VDSL și VDSL2, care permit viteze până la 52 Mbps și, respectiv, 200 Mbps), sunt limitate din punct de vedere tehnologic și depind de calitatea rețelei de cablu și de distanța până la abonat. Totodată, echipamentele pentru VDSL și VDSL2 nu au găsit o largă răspândire în Republica Moldova din cauza că sunt mai scumpe decât cele care suportă tehnologiile mai puțin performante din familia xDSL și au fost surclasate de noua tehnologie net superioară – FTTx prin oferirea utilizatorilor finali a prețurilor avantajoase calculate la o unitate de mărime de viteză. Această micșorare a prețurilor a avut loc odată cu dezvoltarea tehnologiilor FTTx prin oferirea capacităților de transfer date într-o perioadă relativ scurtă de timp.

În conformitate cu datele statistice, cât și în baza analizei conexiunilor la Internet fix, în funcție de viteza de transfer al datelor, contractate de abonați, putem conchide că în anul 2018 cea

mai importantă creștere a fost atestată pe segmentul abonaților la conexiunile ce permit viteze de peste 100 Mbps. În comparație cu anul 2017, numărul abonaților conectați la Internet fix a crescut cu 56,8% și a ajuns la circa 62,6 mii.

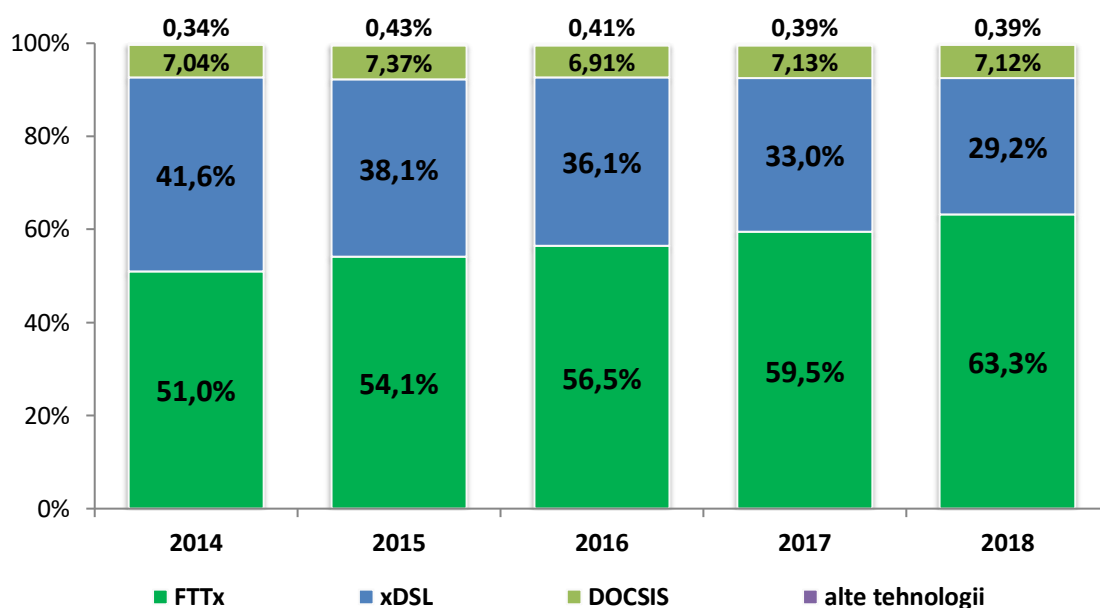


Figura 4.2. Ponderea conexiunilor la Internet fix, în funcție de tehnologiile de acces

Sursa: sugerată din [11]

Totodată, numărul abonaților cu conexiuni ce permit viteze de transfer al datelor cuprinse între 30 Mbps și 100 Mbps a sporit cu 14,8% și a totalizat peste 338,9 mii. Pentru cei cu viteze între 10 Mbps și 30 Mbps s-a majorat cu 2,3%, astfel însumând 194,4 mii. Însă, pe segmentele de conexiuni cu viteze între 2 Mbps și 10 Mbps s-au înregistrat micșorări – până la 68,1% în număr de 8,4 mii abonați. La fel, pentru cei cu viteze până la 2 Mbps a fost în scădere cu 11,6% care a atins 18,9 mii de abonați. Către finele anului 2018, ponderea abonaților la conexiunile cu viteză de peste 100 Mbps a ajuns la circa 10%, iar la conexiunile cu viteză cuprinse între 30 Mbps și 100 Mbps s-a ridicat la 54,4%, ceea ce confirmă preferința pentru tehnologia FTTx.

În același timp, ponderea abonaților la conexiunile care permit viteze între 10 Mbps și 30 Mbps s-a micșorat până la 31,2%, la conexiunile cu viteze între 2 Mbps și 10 Mbps - până la 1,3%, iar la conexiunile cu viteze de până la 2 Mbps s-au micșorat până la 3% (figura 4.3.). [11]

Este necesar de remarcat faptul că serviciile de acces în bandă largă prin radioacces, nu sînt în concurență directă cu Internetul fix prin rețele de cablu, deoarece limitările sunt caracteristice celor prin radio, astfel viteza conexiunii depinde de distanță față de stația de bază și numărul utilizatorilor deserviți concomitent de aceasta. În unele cazuri, Internetul fix este substituit de radioacces, drept exemplu pot fi, atât situațiile unde locația dată nu este asigurată cu capacitatea conectării utilizatorilor la una din tehnologiile pentru piața de Internet fix, cât și în situațiile în care

utilizatorii nu sunt înregistrați permanent la o adresă fixă (cu domiciliu temporar), și, drept urmare, nu pot avea posibilitatea respectării condițiilor contractuale pentru accesul la această tehnologie.

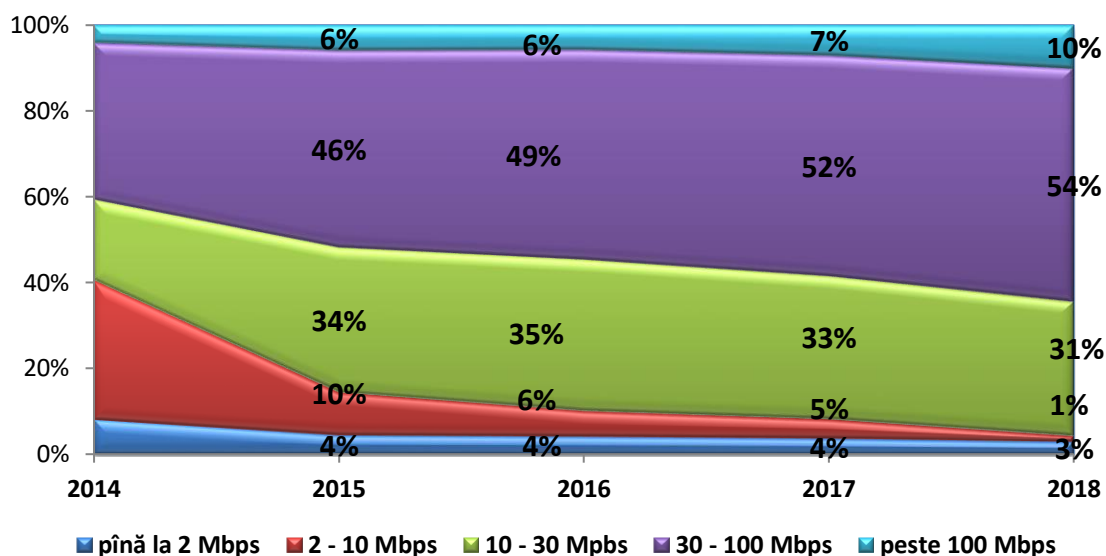


Figura 4.3. Ponderea conexiunilor la Internet fix, în funcție de viteza de transfer al datelor
Sursa: sugerată din [11]

O altă cauză ar putea avea loc atunci când prețul abonamentului pentru acces în bandă largă la punct fix este prea mare în comparație cu puterea de cumpărare a utilizatorului. Ca rezultat, se optează pentru o ofertă de acces mai limitată, dar accesibilă din punct de vedere financiar. [104] În RM, există trei operatori cu acoperire națională, care furnizează servicii de acces în bandă largă prin diferite benzi de frecvență, atribuite în urma licitațiilor publice de către ANRCETI.

Este necesar de menționat că începînd cu anul 2015, în Republica Moldova, în urma licitării frecvențelor în condițiile de neutralitate tehnologică a fost posibilă furnizarea serviciilor prin radio acces în rețele mobile de generația a treia (3G UMTS) pentru operatorii ÎM „Orange Moldova”, cât și SA „Moldtelecom” care prestează servicii prin rețea de comunicații electronice în banda de frecvențe 880-890 / 925-935 MHz (e-GSM) și 900-905/945-950 MHz. [127]

ÎM „Orange Moldova” SA și ÎM „Moldcell” SA, fiind autorizați drept furnizori de comunicații mobile, prestează serviciile de comunicații electronice prin metoda de acces radio în banda largă, utilizând tot spectrul de frecvențe disponibil la balanța acestor companii, în urma procesului de licitație, în standardul 4G (LTE), în același timp al treilea operator, SA „Moldtelecom”, doar utilizând banda 1710-1785/1805-1880 MHz. Este bine cunoscut că, pentru a obține parametri înalți la transferul de date spre abonat, și anume o valoare de peste trei Mbps se poate folosi tehnologia WCDMA/CDMA2000, însă pentru valori de circa 42 Mbps - HSPA/HSPA+. În cazul tehnologiei 4G (LTE) valorile acestui parametru se încep de la 100 Mbps

pâna la 300 Mbps. Prin urmare, pentru utilizatorii finali în aceste rețele, poate fi realizat accesul la Internet fie cu ajutorul terminalelor mobile, cum ar fi telefonul mobil, tableta sau notebook-ul cu modemul prestabilit, ori cu calculatorul obișnuit cu conectarea unui modem UMTS/HSPA ori LTE. [104]

Conform datelor cu privire la acoperirea teritoriului și populației republicii cu semnal radio provenit din rețelele de comunicații electronice mobile (3G UMTS) am putea conchide, că în anul 2018 S.A. „Orange Moldova” a avut aceleași rate de acoperire atinse în anul precedent, însă, cât privește S.A. „Moldcell” și S.A. „Moldtelecom”, ambele au raportat o creștere a acestui indicator cu patru și respectiv un p.p., înregistrând o rată de 96% și 99% (figura 4.4.). [11]

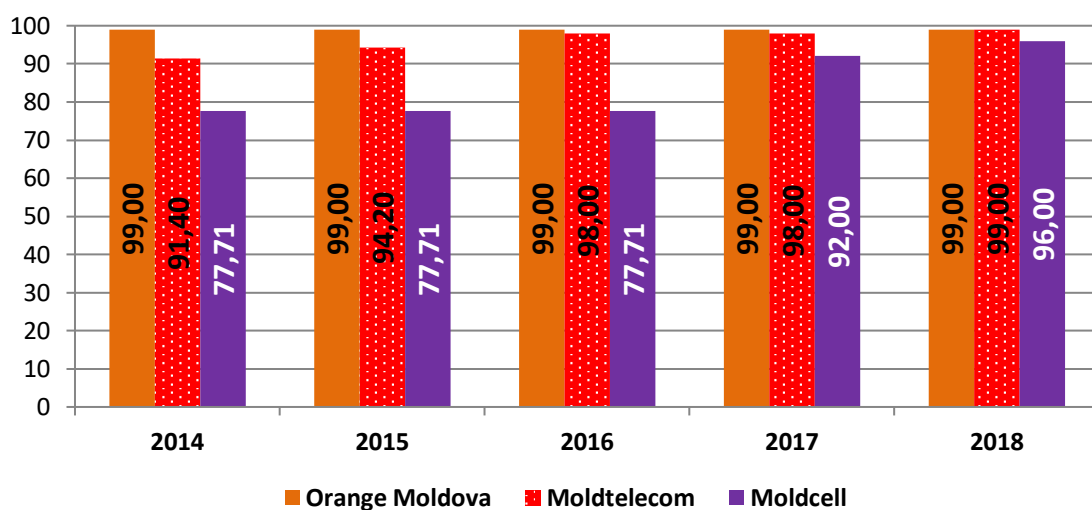


Figura 4.4. Rata de acoperire a teritoriului R.M. cu semnalul rețelelor 3G (%)
Sursa: sugerată din [11]

Însă, conform datelor cu privire la acoperirea populației țării cu semnal radio provenit din rețelele 3G, putem concluziona că în anul 2018 cea mai mare rată a acoperirii de 99,8 % a fost înregistrată de S.A. „Moldtelecom”, deși rețeaua dată a fost construită cu o întârziere de 10 ani în comparație cu alți furnizori de pe piață. Rata înregistrată de ÎM „Orange Moldova” SA a fost de 99%, iar de ÎM „Moldcell” SA – 99 %. Astfel, acoperirea populației RM cu semnal radio provenit din rețelele 3G în anul 2018 este, ca și în anul precedent, de aproximativ 100% (figura 4.5).

Dacă e să ne referim la acoperirea teritoriului republicii cu semnal radio, provenit din rețelele de comunicații electronice mobile 4G, am putea vedea o divergență esențială a furnizorilor de pe piață. Pe parcursul anului 2018 - similar anului precedent, una din cele mai mari creșteri a acestui indicator – de 21 p.p. – a fost înregistrată de S.A. „Moldcell” – începând cu 46% și finisând cu 67%. Atât S.A. „Moldtelecom”, cât și S.A. „Orange Moldova” au raportat indicatorul respectiv la nivelul anului precedent - de 7% și respectiv 94%. (figura 4.6) Este necesar de menționat că utilizatorul final tinde să migreze spre furnizorii cu tehnologii avansate [11]

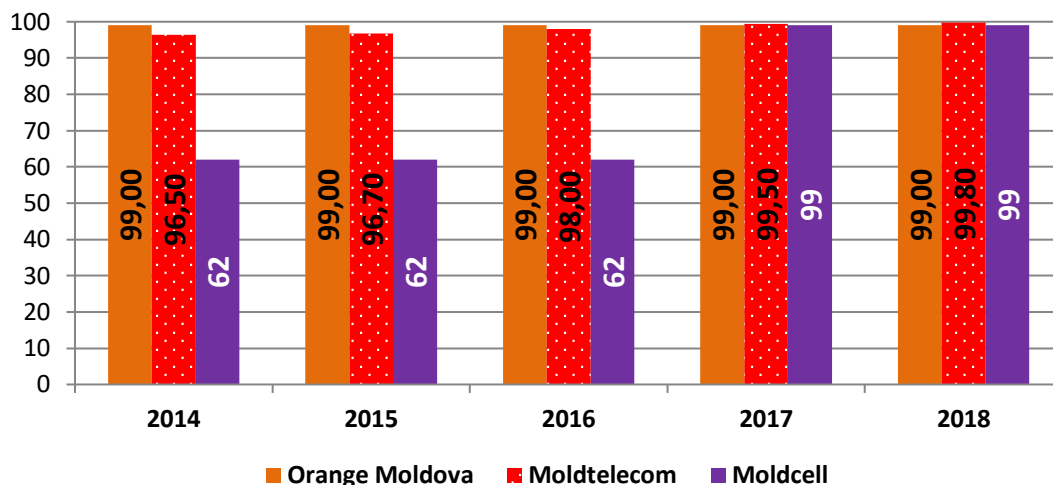


Figura 4.5. Rata de acoperire a populației R.M. cu semnalul rețelelor 3G (%)
Sursa: sugerată din [11]

Drept urmare, acoperirea populației republicii cu semnal radio provenit din rețelele 4G, a rămas la nivelul anului 2017 (figura 4.7.).

În rezultatul creșterii numărului de utilizatori ai serviciilor de acces la Internet fix și al celor care au accesat Internetul mobil în bandă largă, se constată sporirea ratelor de penetrare a acestor servicii raportate la 100 de locuitori. Creșterea de 14,6 p.p. a fost înregistrată la rata de penetrare a serviciilor de acces la Internet mobil în bandă largă, acest indicator ajungând la 83%. În schimb, rata de penetrare a serviciilor de acces dedicat la Internet mobil a scăzut neesențial, față de anul 2017, ca rezultat stabilindu-se la 8,8%, iar cea a serviciilor de acces la Internet fix a sporit cu 1 p.p. și a constituit 17,5% (figura 4.8.). [11]

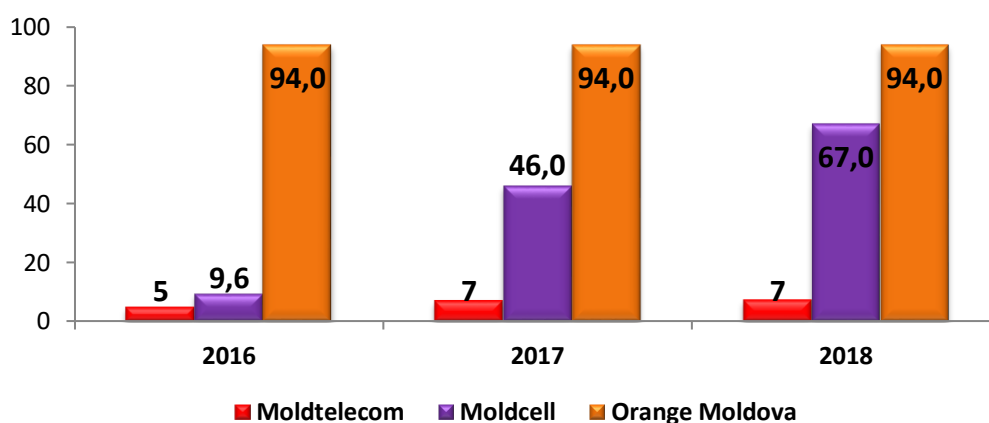


Figura 4.6. Rata de acoperire a teritoriului R.M. cu semnalul rețelelor 4G (%)
Sursa: sugerată din [11]

În baza datelor ANRCETI, în anul 2018, numărul abonaților la serviciile de acces la Internet fix a fost în creștere, față de anul 2017, cu 6,6% și a însumat 623,1 mii, iar numărul utilizatorilor

serviciilor de acces la Internet mobil în bandă largă (în baza tehnologiilor 3G, 4G și prin modemuri/carduri/USB – acces dedicat) a crescut cu 21,3% și a depășit cifra de 2 mil. 948 mii.

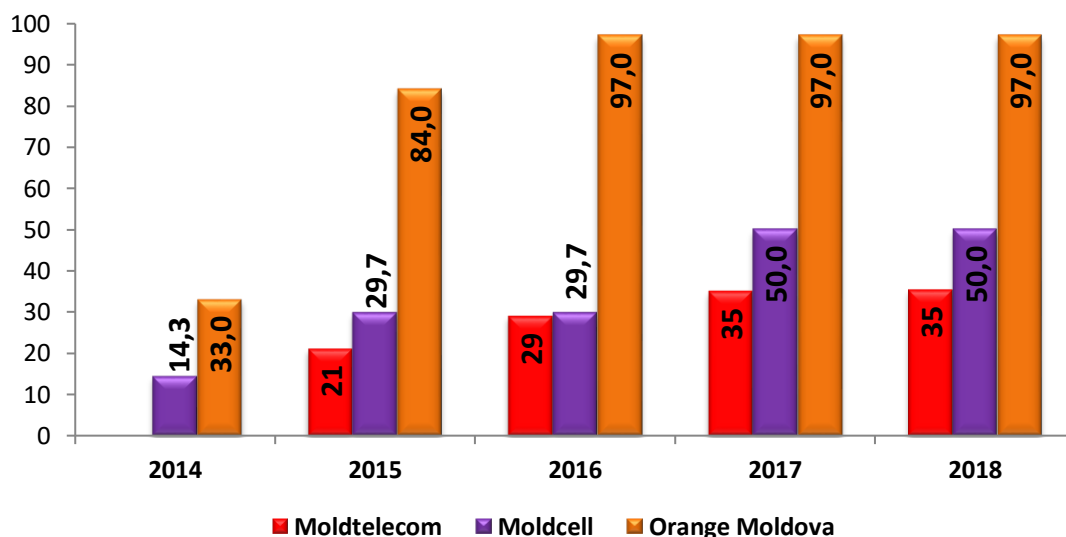


Figura 4.7. Rata de acoperire a populației R.M. cu semnalul rețelelor 4G (%)

Sursa: sugerată din [11]

Segmentul acces la Internet în baza tehnologiilor 3G și 4G de pe piața serviciilor de acces la Internet mobil în bandă largă, a înregistrat cea mai mare creștere. Astfel, numărul utilizatorilor acestor servicii a crescut cu mai bine de 24,6% și a depășit cifra de 2 mil. 636,1 mii.

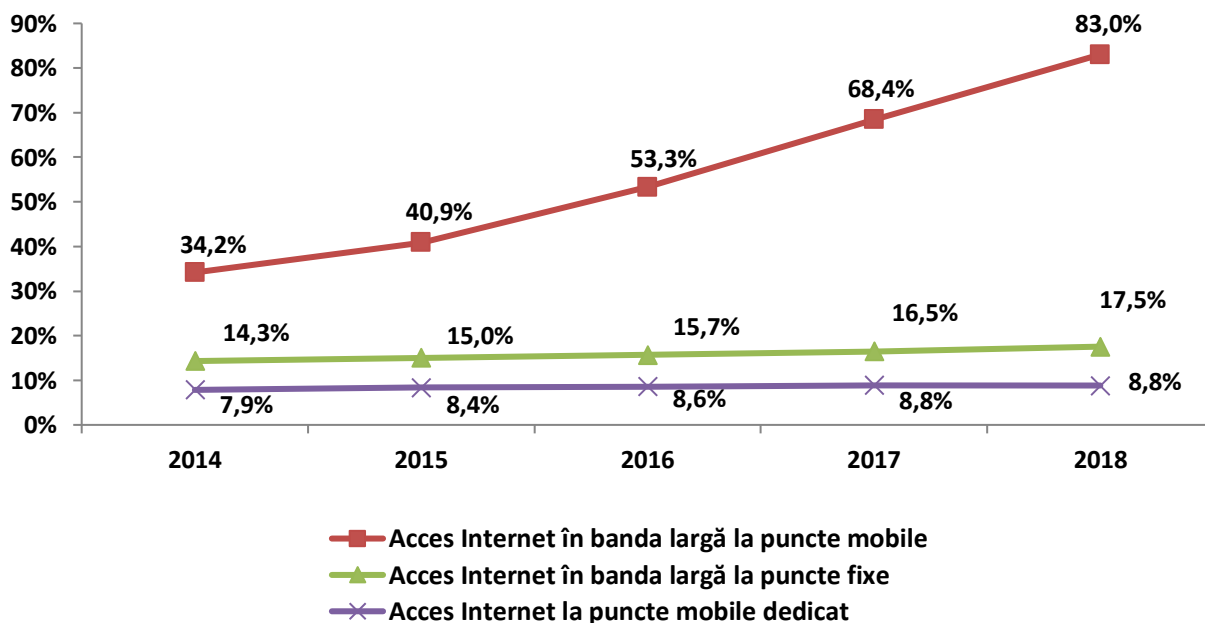


Figura 4.8. Evoluția ratelor de penetrare a serviciilor de acces la Internet mobil și la Internet fix

Sursa: sugerată din [11]

Totodată, numărul celor care au utilizat serviciile de acces dedicat la Internet mobil a scăzut cu 0,7% și a atins cifra de 312,1 mii. [11]

Creșterea numărul utilizatorilor de pe piața serviciilor de acces la Internet mobil în bandă largă se explică prin extinderea substanțială a acoperirii rețelelor 4G/LTE, în special la unul din furnizori, apariția pe piață a terminalelor la prețuri accesibile, cât și interesul sporit al utilizatorilor pentru avantajele tehnologiei 4G/LTE față de tehnologiile 3G (UMTS/HSPA), rezultat al vitezei mare de transmitere a datelor. Însă, chiar și în aceste circumstanțe, numărul utilizatorilor de Internet mobil prin rețelele 4G este de circa 2,14 ori mai mic în comparație cu numărul utilizatorilor de Internet mobil prin rețelele 3G (UMTS/HSPA).

În baza Programului de management al spectrului de frecvențe radio pe anii 2013-2020, aprobat prin Hotărârea Guvernului Republicii Moldova nr.116 din 11 februarie 2013, pe parcursul lunii august 2014, ANRCETI a eliberat celor trei furnizori de comunicații electronice mobile, prin încredințare directă, licențe pentru dreptul de utilizare a resurselor de spectru radio din benzile de frecvențe 800 MHz, 900 MHz, 1800 MHz. Este necesar de menționat ca, în comparație cu perioadele precedente, licențe date au fost acordate în regim de neutralitate tehnologică, ceea ce a determinat un avantaj esențial pentru furnizorii locali.

Prin urmare, furnizorul de rețea, în baza neutralității tehnologice, poate să aleagă, la discreția sa, tehnologia care îl satisface mai mult. Totodată, scopul aplicării principiului de neutralitate tehnologică a fost de a asigura dezvoltarea continuă a rețelelor de comunicații electronice, cât și prestarea de servicii de comunicații mobile în bandă largă. Drept urmare, pentru aceleași benzi de frecvențe sunt valabile mai multe tehnologii, drept exemplu poate fi prezentată formula în care vom avea o tehnologie pentru voce (2G GSM), iar alta pentru transfer date (3G UMTS, 4G/LTE) și acces la Internet în bandă largă”. [104]

Decizia 2017/899 a Parlamentului European și a Consiliului din 17 mai 2017 privind punerea în aplicarea a benzilor de frecvențe în diapazonul 470-790 MHz pe teritoriul Uniunii Europene a creat cadrul legal în scopul promovării și implementării tehnologiilor de comunicații mobile de bandă largă. Drept urmare, următoarea generație (5G) va avea la baza noii tehnologii, frecvențele din benzile 694-790 MHz, sau denumită drept banda 700 MHz.

În scopul menținerii ritmului de creștere a ofertei pentru necesitățile de pe piața serviciilor de acces la Internet mobil în bandă largă, se impune operarea modificărilor în Programul de management al spectrului de frecvențe radio pe anii 2013-2020, prin stabilirea valorilor minime a prețului de expunere la concurs a taxei de licență pentru subbenzi de frecvențe din banda 700 MHz, cât și a altor condiții ce urmează a fi înaintate furnizorilor serviciilor de comunicații electronice.

În scopul reducerii esențiale a unor costuri pentru dezvoltarea sau implementarea infrastructurii naționale este imperativ de a impune unele drepturi și obligații jucărilor de pe piață la diferite etape ale procesului. Astfel, apare necesitatea unor investiții majore din partea unor potențiali investitori care urmează a fi protejate și încurajate prin reducerea barierelor la planificarea lucrărilor de construcții civile, necesitatea de a simplifica procedurile de autorizare, cât și dotarea clădirilor în proces de construcție cu infrastructuri ale rețelelor de acces de mare viteză la etapele inițiale, prin obligativitatea respectării a condițiilor tehnice prestabilite. [18, p. 6]

Ca urmare, la momentul analizei efectuate la acest compartiment, pot fi identificate următoarele probleme de bază:

- 1) rata destul de mică a disponibilității accesului la punctele fixe în banda largă în zonele rurale;
- 2) numărul sporit de cereri nesoluționate din diferite zone geografice pentru conectarea persoanelor care solicită accesul la rețelele în banda largă la punctele fixe;
- 3) conexiunile în bandă largă care nu pot asigura viteze de transmisiune a datelor mai mari de 24 Mbps sunt încă la o pondere înaltă;
- 4) dificultatea și uneori imposibilitatea utilizării infrastructurii fizice, cât și a obținerii accesului pe proprietăți și utilizării partajate a infrastructurii asociate rețelelor publice de comunicații electronice.

Măsurile care au fost propuse de către 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.

Reesind din experiența autorului tezei de circa 20 ani în domeniul TIC dintre care 10 ani în domeniul comunicații electronice, soluționarea problemelor enumerate poate fi realizată prin implementarea serviciului universal. Serviciul universal constituie un criteriu major care poate să

contribuie la soluționarea problemei cu privire la disponibilitatea redusă a accesului la puncte fixe în bandă largă în zona rurală, cât și dezvoltarea rapidă a telecomunicațiilor în bandă largă, cu un obiectiv de beneficiere de către utilizatorii finali a noilor servicii și tehnologii din acest domeniu.

Așadar, se impune adoptarea de măsuri care să determine la întreprinderea unor acțiuni concrete pentru a promova și încuraja prin intermediul serviciului universal a unei distribuții echilibrate pentru populația din zonele rurale și urbane, oferirea serviciilor de înaltă calitate atât pentru utilizatorii din zonele înalt dezvoltate (metropole), cât și pentru altele cu o situație economică mai modestă, ceea ce nemijlocit va contribui la efecte benefice de ordin ecologic, atât prin stoparea migrației spre zonele urbane, cât și prin repartizarea uniformă a zonelor industriale.

Având în vedere caracteristicile tehnice, care permit operatorilor de rețele publice mobile să furnizeze acces la rețeaua publică de comunicații de voce, cât și a faptului că rețelele de telefonie fixă sunt tot mai puțin folosite din cauza mobilității populației, se impune adoptarea unor documente de politici și strategii ce ar fi bazate pe principiul neutralității tehnologice, ceea ce ar avea obiectivul major – asigurarea accesului la o rețea publică de comunicații de voce la un punct fix care poate fi atins prin furnizarea mijloacelor rezonabile de acces la acest serviciu (public) cu ajutorul altor tehnologii decât cele prin cablu ori prin radio, atât timp cât este asigurat serviciul cerut. [21] Prin aceste raționamente, am putea afirma, că unul dintre obiectivele serviciului universal, și anume – asigurarea accesului la o rețea publică de comunicații de voce la un punct fix, poate fi implementat în baza unor soluții bazate nu doar pe rețelele fixe.

4.2. Concepții și obiective ale implementării serviciului universal

Liberalizarea sectorului telecomunicațiilor la sfârșitul anilor 1990 a fost însoțită de norme privind serviciul universal, care aveau rolul unei plase de siguranță pentru cazul în care doar piața singură nu furniza servicii de bază. Astfel, unul din obiectivele de bază, era cel de a preveni excluziunea socială prin garantarea accesului cetățenilor cu venituri reduse sau al celor din zonele rurale și din cele îndepărtate la serviciile de telecomunicații de bază și esențiale la prețuri accesibile. [112, p. 2]

În acest context, am putea veni cu afirmația că furnizarea serviciului universal, fapt recomandat de directivele europene în procesul liberalizării sectorului telecomunicațiilor și a unei concurențe tot mai mare prin oferte de servicii de comunicații tot mai diversificate trebuie să fie realizată “în paralel cu o acțiune având ca scop crearea unui cadru de reglementare armonizat”. Odată cu atingerea progreselor tehnologice și cu o dinamică pozitivă a evoluției pieței și a cererii utilizatorilor, “conceptul de serviciu universal ar trebuie să evolueze”. [108]

Pentru aceasta, atragem atenția că în unele țări acest concept nu a fost implementat și nici nu a fost stabilit ca o prioritate pentru implementarea lui, necâtînd la faptul insistenței recomandărilor Comisiei Europene. Prin o nouă definiție a serviciului universal din 11 decembrie 2018, în baza căreia putem constata o atenție sporită din partea CE la capitolul implementării acestui serviciu de către țările europene, am putea conchide că eforturile pentru implementarea serviciului universal trebuie direcționate în scopul garantării faptului că populația este în drept să beneficieze de un set minim de servicii ceea ce ar asigura “o plasă de siguranță menită să garanteze” accesul consumatorilor la un preț rezonabil și accesibil. [108] Lipsa prezenței faptului că au fost identificate cereri ale utilizatorilor, cât și dinamica pozitivă a evoluției pieței de comunicații electronice la compartimentul indicatorilor de acoperire teritorială a serviciilor de telefonie mobilă, nu exclude riscul ca cetățenii să fie lezați de posibilitatea beneficiii unor tratamente sociale și economice echitabile.

Astfel, un accent deosebit este stabilit în Directiva 2002/22/CE privind serviciul universal și drepturile utilizatorilor, modificată prin Directiva (UE) 2018/1972 a Parlamentului European și a Consiliului din 11 decembrie 2018 de instituire a Codului european al comunicațiilor electronice, cu privire la rețelele și serviciile de comunicații electronice, la compartimentul indicatorului calitate/cost pentru serviciile care urmează să fie incluse în setul minim al serviciului universal. Drept urmare, accesibilitatea tarifelor pentru serviciile incluse în setul minim a serviciului universal urmează să fie comparabile și ca calitate pe întreg teritoriul statelor europene, având o acoperire a cadrului de reglementare prin măsuri foarte clar stabilite la compartimentul măsurătorilor stabiliți în conformitate cu metodologiile de măsurare, precum și a condițiilor stabilite prin licențe/autorizații eliberate furnizorilor de rețele și servicii de comunicații electronice.

În conformitate cu directiva sus-menționată, statele CE sunt obligate să asigure utilizatorilor finali setul minim de servicii drept fiind disponibil, atât la prețuri accesibile, cât și la indicatorii de calitate conform reglementărilor în vigoare. La fel, conform prevederilor directivei menționate, sunt detaliate unele cerințe pentru fiecare tip de serviciu din setul minim și, totodată, sunt stabilite prevederile legate de tarifele accesibile la servicii, auditul referitor la costurile serviciului de către abonații la aceste servicii, costurile pentru asigurarea serviciului dat, stabilirea unor proceduri transparente la capitolele legate de finanțare și revizuire a setului minim de servicii, care pot fi rezultatul unor evoluții de ordin social, economic sau tehnologic. [21, p. 5]

Actualele norme ale Uniunii Europene (UE), în temeiul Directivei privind serviciul universal din 2002 a UE și modificată prin Directiva (UE) 2018/1972 a Parlamentului European și a Consiliului din 11 decembrie 2018 de instituire a Codului european al comunicațiilor

electronice, impun statelor membre să se asigure că cetățenii se pot conecta la un post fix din rețeaua publică de comunicații de voce și că pot accesa servicii publice de comunicații de voce pentru comunicații de voce și de date, cu acces funcțional la internet.

De asemenea, directiva impune statelor membre să se asigure că consumatorii au acces la servicii de informații telefonice, la liste ale abonaților telefonici și la posturi telefonice publice cu plată și să aplice măsuri speciale pentru cazul persoanelor cu handicap. La fiecare trei ani, Comisia revizuieste sfera de aplicare a directivei privind serviciul universal. [112, p. 2]

Actualmente, am putea afirma că “accesul adecvat la internet de bandă largă la prețuri accesibile a dobândit o importanță crucială pentru societate și pentru economie în ansamblu”. Astfel, este evidentă importanța fiecărui din noi de a participa la digitalizarea economiei și a societății în ansamblu prin utilizarea aplicațiilor din mediul on-line. La fel, în directivele europene, este menționat și faptul necesității stabilirii drept prioritate majoră accesul consumatorilor la prețuri accesibile de transport date și voce prin Internet cu ajutorul rețelelor de bandă largă, aceasta fiind o cerință fundamentală a serviciului universal. [108]

Conform [21], comunicațiile electronice la etapa actuală reprezintă “un sector strategic al economiei naționale”. Această afirmație este valabilă, atât pentru Republica Moldova, cât și pentru alte state de pe glob. Investițiile care au fost efectuate în domeniul comunicațiilor electronice și a tehnologiei informației pe parcursul ultimelor decenii au accelerat dezvoltarea creșterii economice prin stimularea tuturor sectoarelor economiei naționale, atât pentru fiecare stat în parte, cât și la nivel global. [132]

Unul din argumentele forte pentru o continuă analiză al sectorului telco, poate fi citatul: “sectorul comunicațiilor electronice cunoaște o orientare clară către un anumit profil concurențial”. [23, p. 174] Astfel, în ultima perioada observăm o dezvoltare a ofertelor în baza infrastructurii proprii de acces la utilizatori, unde a fost înregistrate succese notabile în Republica Moldova. Acest succes poate fi explicat pe bază de creștere a cererii permanente, care la rândul ei se datorează faptului că, atât puterea de cumpărare, cât și preferința de consum a utilizatorului final nu poate fi satisfăcută de ofertele care provin din serviciile rețelelor fixe, limitate în gama de servicii.

Totodată, chiar și în cazul existenței problemelor legate de rețelele fixe tradiționale subdezvoltate, fenomenul de convergență apărut datorită noilor tehnologii în sectorul comunicațiilor electronice, oferă o cursă dinamică pentru concurența loială dintre companiile care prestează servicii de telefonie tradițională și cele care prestează doar servicii de telefonie mobilă, cele din urmă, avînd avantajul de a oferi mobilitate, sunt mult mai mult solicitate de către utilizatorii finali. [27, p. 98]

Prin urmare, datorită faptului că utilizatorul final are posibilitatea de a alege între mai mulți operatori de servicii de comunicații electronice, și, totodată poate să-și asigure unele beneficii de la exploatarea serviciilor de comunicații electronice oferite pe piață prin menținerea nivelului de preț, am putea conchide că procesul dat este un instrument esențial de a menține acea balanță a indicatorului cost/calitate. [21, p. 2]

În baza celor menționate mai sus, cât și a faptului că Republica Moldova are tendința de a adera la Uniunea Europeană prin asigurarea unor condiții adecvate de trai pentru populație, am putea afirma că statul are obligația de a asigura pentru cetățeni dreptul la o comunicare liberă și o informare la zi. Aceasta 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.

Astfel, conform directivei (UE) 2018/1972 a Parlamentului European și a Consiliului din 11 decembrie 2018 de instituire a Codului european al comunicațiilor electronice, statelor membre le este recomandat să ofere prețuri accesibile la serviciile de acces la Internet în bandă largă pentru consumatorii de servicii de comunicații electronice aflați în mișcare, care sunt diferite de serviciile de acces la puncte fixe, fapt ce ar asigura participarea lor la evenimentele sociale și economice din societatea civilă. O atenție sporită la compartimentele accesului și prețului adecvat a acestor servicii se acordă persoanelor cu dizabilități.

La fel este recomandat că nu “ar trebui să existe limitări privind mijloacele tehnice utilizate pentru realizarea conexiunii”, astfel, oferind posibilitatea de a folosi atât tehnologii prin fir, cât și, tehnologii fără fir în procesul de conexiune pentru furnizorii care cad sub incidența parțială sau totală a obligațiilor de prestare a serviciului universal. [108]

În cazul statelor membre a fost posibilă adjudecarea prin tendere a anumitor elemente ale serviciului universal, pentru anumite servicii/ localizări, ceea ce poate fi utilizat și în cazul altor țări care urmează să implementeze acest concept. În astfel de cazuri costul de rețea pentru o asemenea prestare trebuie să fie acoperit prin mecanismul de finanțare. Această abordare este cunoscută ca ”plată sau operare”. [1, p. 10]

Astfel, am putea afirma, că pentru a asigura accesul abonaților la serviciile rețelelor de comunicații electronice există careva dificultăți. Multe din ele pot fi raportate la faptul că persoanele social-vulnerabile nu au posibilitatea de a achita tarifele pentru serviciile prestate, altele la faptul prezenței decalajului digital de dezvoltare a ariilor urbane și rurale.

În acest sens, există necesitatea efectuării unui studiu de evaluare a situației privind asigurarea accesului populației Republicii Moldova la serviciile de comunicații electronice, pentru

a stabili zonele (raioanele, localitățile) cele mai defavorizate. De asemenea, este important de a stabili un set de servicii care poate fi inclus în mod obligatoriu în serviciul universal.

Acest set de servicii este definit prin directivele 2002/22/CE [7] și 2009/136/CE [8] ale Comisiei Europene și este format din următoarele componente:

1. Existența unei conexiuni la o adresă fixă, cât și cea a accesului la servicii de telefonie publică, în scopul efectuării apelurilor la nivel național și internațional pentru comunicații vocale, fax și transport date cu conectare la Internet.

2. Formarea unui registru al abonaților care au dat acordul de a fi incluși în acest registru, cu scopul de a fi disponibil tuturor utilizatorilor în format tipărit, electronic sau în alte formate și care pot fi actualizate periodic.

3. Disponibilitatea a minimum unui serviciu de informare a utilizatorilor, care să asigure toate numerele naționale geografice de apel.

4. Posibilitatea efectuării gratuite a apelurilor de urgență, de la puncte fixe, mobile, publice, pentru a apela la numărul „112” sau alte numere naționale de urgență.

5. Acordarea accesului la rețele pentru abonații cu handicap și persoane cu venituri mici.

6. Urgentarea implementării rețelelor de acces în bandă largă.

7. Asigurarea unui nivel înalt de confidențialitate în sectorul comunicațiilor electronice, cât și uniformizarea registrelor abonaților.

Astfel, în baza directivelor europene, accesul la un set minim de servicii de comunicații electronice este considerat drept o normă fundamentală pentru cetățenii statelor membre, esențială, atât pentru integrarea lor în comunitate, cât și, în societatea informațională, respectând standardele de calitate în vigoare.

Cu certitudine putem afirma că în lipsa accesului la serviciile de comunicații electronice care corespund criteriului de calitate și accesibilitate preț se poate produce unele riscuri de marginalizare a celor vizați în societatea contemporană. Aceasta poate fi explicat prin faptul că prin intermediul serviciilor de comunicații electronice poate fi creat un mecanism cu ajutorul căruia se pot furniza publicului larg a unei multitudini de informații, atât către administrațiile publice, cât și către cele care aparțin sectorului privat. [21, p. 2]

În Republica Moldova, sectorul comunicațiilor electronice a cunoscut, în ultimii ani, o evoluție deosebit de dinamică. În anul 2018, volumul total al investițiilor în sectorul comunicațiilor electronice a crescut, față de anul 2017, cu 8,9% și a constituit 1 mld. 194 mil. lei. Această creștere a fost determinată de creșterea de circa 44% a investițiilor în rețelele de comunicații electronice fixe, care au totalizat 423 mil. lei.

În același timp, valoarea investițiilor în rețelele de comunicații electronice fără fir s-a micșorat la nivelul a 2,3% și au însumat 662 mil. lei, însă investițiile în rețelele de comunicații electronice pentru transmisia și retransmisia programelor din sectorul audiovizualului s-au micșorat cu 12,8% și au constituit 109 mil. lei (figura 4.9) [11]

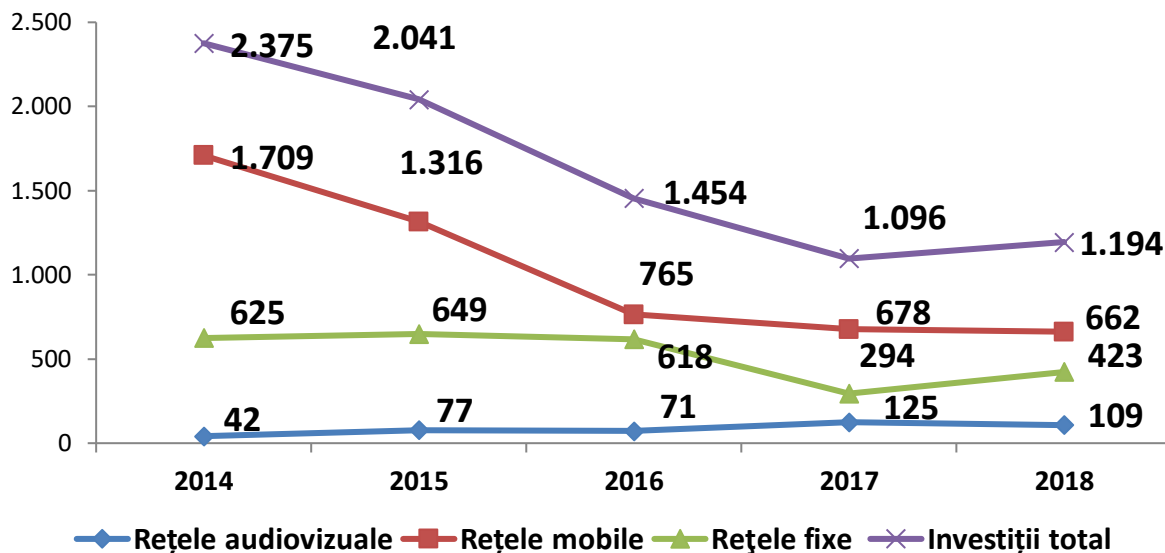


Figura 4.9. Evoluția investițiilor în sectorul comunicațiilor electronice (mil. lei)
Sursa: sugerată din [11]

Cu referire la ponderea investițiilor, cea mai mare valoare a acestui indicator - de 55,4% - a fost înregistrată pe segmentul rețele de comunicații electronice mobile. Valoarea acestui indicator pe segmentul rețele de comunicații electronice fixe a fost de 35,5%, iar pe segmentul rețele pentru transmisia și retransmisia programelor audiovizuale - a constituit circa 9,1%. [11]

Acțiunile propuse pentru a fi întreprinse în vederea soluționării problemei legate de implementarea serviciului universal se bazează pe specificul referitor la situația din Republica Moldova comparativ cu situațiile existente a altor țări europene, în special, în statele care au avut un parcurs similar a etapelor de dezvoltare până în anii 90 ai secolului trecut. Astfel, analizând parcursul țărilor Uniunii Europene, putem conchide, că în multe cazuri (țări) a fost desemnat în calitate de furnizor de serviciu universal operatorul național, fapt ce a fost argumentat prin deținerea unei poziții monopoliste pe piața servicii de acces la un punct fix, cât și a unui procent de acoperire net superior față de competitorii rețelei de telefonie fixă, ceea ce a permis extinderea rețelei într-o perioadă scurtă de timp către noii abonați. În Republica Moldova, actualmente, situația este una mai mult sau mai puțin asemănătoare, din cauza eșuării tentativei de liberalizare a pieței prin menținerea monopolului de către operatorul național, fapt ce ne-ar putea permite să

parcurgem aceleași etape, doar luând în considerație noile recomandări ale directivelor europene cu privire la conținutul setului minim și parametrii acestuia.

Urmare a liberalizării pieței și a implementării recomandărilor directivelor europene în statele membre ale Uniunii Europene, actualmente, deservirea pentru utilizatorii de servicii de comunicații electronice poate fi realizată la un cost rezonabil, ceea ce nu putem să spunem despre Republica Moldova, pentru care ezitarea în privința deciziei de implementare a serviciului universal a rezultat la formarea unor costuri mari la conectarea rețelei publice de telefonie fixă în termeni rezonabili a tuturor gospodăriilor, astfel fiind micșorate șansele extinderii masive a rețelelor de telefonie fixă prin care putea fi prestate servicii de transport date. [122]

În aceste împrejurări, este imperativ necesară, în termeni proximi, o decizie a autorităților competente de a veni cu o strategie de implementare a serviciului universal ceea ce ar avea drept rezultat imediat, conectarea la serviciile de comunicații electronice a unui număr impunător de noi utilizatori.

Totodată, este necesar de a menționa importanța convergenței rețelelor de comunicații electronice care poate fi determinată ca un mijloc de a lărgi gama serviciilor oferite utilizatorilor finali, cât și pentru a da un impuls de creștere a cererii serviciilor provenite din alte rețele și tehnologii pentru a dezvolta piața de comunicații electronice. Astfel, având la dispoziție rețele digitalizate, serviciile oferite utilizatorilor finali în cadrul pachetelor convergente nu pot fi diferențiate din punct de vedere a modului de furnizare (prin/fără fir), ceea ce rezultă că serviciile respective pot fi prestate într-o gamă foarte largă a soluțiilor legate de infrastructura selectată, care în final determină creșterea concurenței.

Astfel, rolul autorității de reglementare devine unul foarte important, dat fiind faptul că, în procesul de promovare a intereselor utilizatorilor finali, este necesar ca furnizorilor de servicii de comunicații electronice, să le fie impuse anumite obligații transparente, care ar face ca concurența dintre ei să nu afecteze drepturile utilizatorilor de a beneficia de întreaga gamă de oferte, ci dimpotrivă, să aibă acces la informații detaliate despre ofertele propuse la luarea deciziilor de a fi abonat, cât și a avea garanții suficiente în procesul de exploatare a serviciilor oferite în pachete convergente, conform unor contracte tipizate, forma și conținutul cărora fiind aprobate de regulator în prealabil. [21, p. 9]

O altă latură legată de convergența rețelelor de comunicații electronice este asigurarea securității lor. Odată ce utilizatorul final obține acces la rețeaua globală, riscurile de a avea acces la informații confidențiale, legate de viața privată sunt destul de mari. În acest caz rolul

regulatorului este de a impune furnizorii de rețele și servicii să implementeze măsuri necesare de protecție a accesului neautorizat.

În condițiile unde este un interes sporit de a 'sparge' o rețea de comunicații electronice, este evident ca proiectanții/producătorii de resurse hard și soft sunt în situația de a lua măsurile necesare de protecție contra unor tentative nesancționate de administratorul rețelei. Unele metode de protecție care sunt elaborate pentru a stopa 'inamicii' accidentali pot fi inutile sau cu un impact neesențial asupra unor adversari care au posibilități materiale considerabile [46, p. 98].

Unele aspecte ce țin de securitatea rețelelor se regăsesc și în sistemele tradiționale de comunicații: de exemplu, poșta care are rolul de a asigura integritatea și confidențialitatea informației care trebuie să ajungă la destinație. Deseori, există necesitatea prezentării documentelor în original. Însă, cât privește mesajele electronice, pentru o distincție dintre un original și o copie sunt necesare și alte componente, așa ca semnătura digitală. [48]

Odată cu utilizarea tehnologiilor noi așa ca cloud computing, spațiu de stocare în rețea și dispozitive mobile, firmele constată din ce în ce mai mult că nu pot gestiona securitatea resurselor proprii. Acest lucru duce la unul din cele mai interesante fenomene emergente: externalizarea securității informațiilor. [54]

În legătură cu faptul că, răspândirea avantajelor rețelei globale depind tot mai des de accesul la Internet prin intermediul rețelelor cu o capacitate de viteză sporită în rândul cetățenilor și a companiilor, utilizarea sporită a serviciilor de comunicații în bandă largă a fost stabilită ca fiind un "obiectiv major la nivel european ca rezultat al faptului că societatea bazată pe cunoaștere are un impact semnificativ asupra competitivității", cât și la dezvoltarea rapidă a sectorului tehnologia informației și comunicațiilor, care constituie la rândul său un factor important la dezvoltarea economică a statului. [22]

Interconectarea dintre furnizorii de rețele este foarte importantă și necesită de a fi reglementată de stat prin intermediul regulatorului, dat fiind faptul ca la selectarea unui furnizor de serviciu universal trebuie să existe, atât opțiunea de inițiere și primire a apelurilor telefonice din diferite zone geografice cu statut local, național și internațional la prețuri rezonabile și cu respectarea principiului nediscriminării, cât și de acces la transferul de date și asigurarea gratuită a apelurilor spre numerele de urgență stabilite conform legislației în diferite state.

Totodată, dezvoltarea noilor rețele de nivel public de comunicații de voce pentru a oferi servicii la puncte fixe în vederea asigurării drepturilor ale accesului la serviciile din sfera serviciului universal cu referire la cetățenii ce nu au acces la această gamă de servicii, ar constitui drept un obiectiv prestabilit. În acest context, este important de a asigura disponibilitatea acestor

servicii pentru populația care nu dispune de aceste conexiuni, cât și pentru a da un impuls la dezvoltarea rețelelor publice de comunicații de voce pentru a asigura accesul noilor abonați. În acest scop vor fi desemnați furnizorii de serviciu universal prin intermediul unor proceduri competitive sau, acolo unde nu este posibilă desemnarea pe baza unor astfel de proceduri, din oficiu. [21, p. 12]

Este necesar de a întreprinde unele măsuri pentru ca potențialii furnizori ai serviciului universal desemnați să prezinte utilizatorilor serviciilor de comunicații electronice registrul complet tipărit sau electronic al tuturor abonaților în una din formele accesibile și cerute de abonat cu o actualizare periodică de minimum o dată în an, cu aprobarea conținutului de către autoritatea de reglementare. Cu atât mai mult, autoritatea de reglementare va întreprinde măsurile de rigoare pentru ca furnizorul/furnizorii ai serviciului universal desemnați vor pune la dispoziția utilizatorilor serviciilor de comunicații electronice inclusiv celor de telefoane publice cu plată, minimum un registru cu privire la abonați. La fel, este necesar de identificat categoriile de date care trebuie de adus la cunoștința publicului larg prin intermediul registrelor și a serviciului de informare. [21, p. 13]

Concomitent, este oportun de a întreprinde măsuri suficiente în scopul asigurării persoanelor cu dizabilități a accesului la rețelele publice de comunicații voce în condiții egale cu ale tuturor utilizatorilor finali care aparțin unei și aceleiași rețele, cât și accesul gratuit a apelurilor spre numere de urgență, asigurarea cu date referitor la abonați și la registrul acestora. Unele măsuri trebuie să fie sunt direcționate pentru a:

- a) elibera facturi, la cerința persoanei cu deficiențe, în format special, cu folosirea unor caractere de mărimi suficiente pentru a putea fi citite sau în varianta imprimată în limbajul Braille;
- b) asigura persoanele cu dizabilități, fără plată, cu date referitor la abonații rețelelor de comunicații voce;
- c) echipa telefoanele publice cu mijloace speciale ce vor permite accesul persoanelor cu dizabilități locomotorii sau cu deficiente de auz sau de vorbire.

Ca rezultat, în urma acestor măsuri, se urmărește prevenirea și excluderea așa numitului fenomen al excluziunii sociale prin crearea condițiilor de acces la rețelele publice de comunicații voce, cât și creșterea unui grad de accesibilitate sporit la serviciile de telefonie la un punct fix, în cazul când, cererea pentru cele din urmă, este una bazată pe necesitatea parvenită din partea abonatului. În același context, odată cu realizarea măsurilor indicate mai sus, va fi creată o platformă comună de comunicare pentru întreaga societate și înlăturarea tuturor barierelor pentru o dezvoltare durabilă a societății, cât și, direcționarea ei către o „Societate Informațională modernă,

compatibilă cu standardele Uniunii Europene, cu baze solide, care să asigure o integrare deplină și eficientă în structurile comunitare”. [21, p. 14]

Monitorizarea acțiunilor trebuie să fie efectuată în baza următorilor indicatori:

1. Determinarea ratelor de penetrare pentru serviciile din setul minim stabilit pentru serviciul universal, calculate pentru numărul populației și a gospodăriilor separat;
2. Determinarea numărului de abonați în ariile geografice pentru care s-au implementat măsurile necesare implementării serviciului universal;
3. Nivelul de acoperire a serviciilor din setul minim al serviciului universal pentru numărul total al populației;
4. Determinarea numărului abonaților cu dizabilități care au aplicat la serviciile setului minim, drept rezultat al implementării unor reglementări cu referire la serviciul universal. [21]

Acoperirea costurilor pentru implementarea serviciilor din setul minim trebuie să fi asigurate din cadrul unui fond unic al serviciului universal, administrat de regulator în baza unei taxe fixe impuse tuturor furnizorilor autorizați/licențiați de rețele și servicii de comunicații electronice care activează pe piața de comunicații electronice.

Astfel, am putea conchide că, prin implementarea unui fond unic de finanțare a implementării prevederilor stabilite în programul serviciului universal, se va obține o procedură transparentă de acoperire a costurilor legate de punerea în aplicare a celor acțiuni, care vor fi considerate drept fiind strict necesare pentru a contribui la o abordare de proporționalitate și nediscriminare a tuturor jucătorilor pieței de comunicații electronice. [129]

În vederea compensării costului net al furnizării pentru serviciile care fac parte din setul minim este necesar de elaborat “un mecanism de finanțare bazat pe contribuțiile furnizorilor de rețele sau de servicii de comunicații electronice”. Administrarea acestui mecanism urmează a fi pus în sarcina autorității de reglementare (regulatorului), iar contribuțiile furnizorilor de rețele sau servicii destinate serviciului universal, urmează a fi gestionate separat de alte venituri ale regulatorului. [21, p. 16]

Astfel, conform prevederilor directivelor europene în scopul recuperării sau finanțării a unor costuri nete ce se referă la obligațiile parvenite din sfera serviciului universal ar putea fi impusă acordarea unei compensații pentru întreprinderile care sunt supuse obligațiilor din sfera serviciului universal, și anume, “pentru serviciile furnizate în condiții necomerciale”. Pentru statele membre, compensațiile care implică transferuri financiare, “trebuie să garanteze că acestea sunt efectuate în mod obiectiv, transparent, nediscriminatoriu și proporționat”. Astfel, am putea conchide că, odată

cu implementarea acestui mecanism de finanțare, nu ar trebui să fie afectată concurența pe piața de comunicații electronice. [108]

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 procente. Cel mai mare procent este în SUA – 15-17%, care poate fi mai mare sau mai mic (se calculează trimestrial).

Deasemenea, este de remarcat 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 4.10:

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).

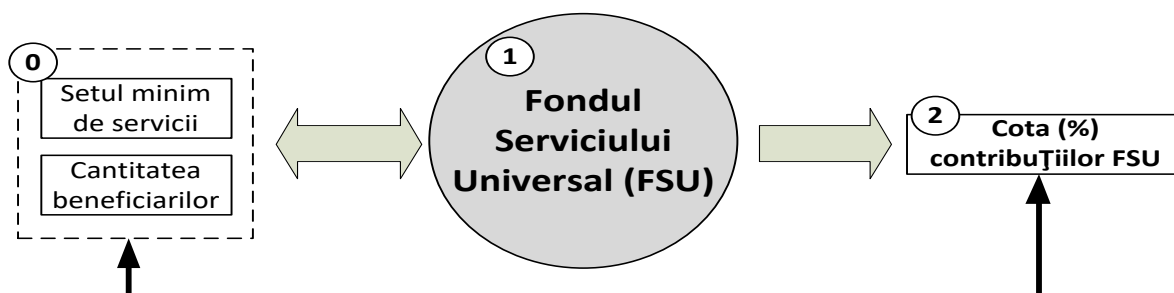


Figura 4.10. Etapele de determinare a cotei contribuțiilor fondului serviciului universal

Sursa: elaborat 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).

În vederea asigurării transparenței modului de utilizare a resurselor din cadrul fondului de serviciu universal, urmează de a fi inclus în cadrul raportului anual privind implementarea serviciului universal, atât informațiile cu privire la resursele financiare pentru anul în cauză, cât și modalitatea utilizării mijloacelor financiare totale sau a celor nefolosite la sfârșitul anului respectiv. Ca urmare, se va stabili un mecanism proporțional și transparent pentru colectarea fondurilor destinate compensării costului net la furnizarea unor servicii din sfera serviciului

universal, și, totodată, vor fi atinse atât obiectivele de politici, cât și cele strategice pentru realizarea priorităților de implementare a setului minim, asigurând o utilizare eficientă a mijloacelor financiare. [21, p. 16]

4.3. Oportunitatea implementării serviciului universal în Republica Moldova

În general, pentru abonații situați în mediul urban, diversitatea de oferte a serviciilor de comunicații electronice este mai mare în comparație cu cei din mediul rural, ultimii fiind puși în situația unei oferte limitate la gama de servicii de comunicații electronice, dat fiind faptul că în zona geografică respectivă este prezent un singur furnizor de rețele și/sau servicii, ori un număr limitat de furnizori pentru întreaga gama a serviciilor existente pe piața de comunicații electronice. La fel, pot fi cazuri de lipsa de acces la mijloace de comunicații, în situația în care se află în afara ariei de acoperire a rețelelor de comunicații electronice. [130]

Necăținând la faptul că, la nivel internațional, după indicatorul de viteză de acces la Internet, Republica Moldova se poziționează în top-ul a 20 de țări din lume, realizarea conexiunilor în bandă largă la puncte fixe nu este implementată în anumite zone geografice, iar în unele, ceea ce reprezintă o pondere esențială din numărul total al localităților, în comparație cu statele membre, viteză de acces nu poate fi mai mare de 30 Mbps, obiectiv stabilit în Strategia națională de dezvoltare a societății informaționale „Moldova Digitală 2020”, drept a fi unul esențial raportat la necesitățile de moment și de viitor ale țării. Astfel, am putea constata o diferență majoră dintre localitățile urbane și cele rurale la capitolul acces la rețele în bandă largă. Circa în 22% dintre localitățile rurale nu este acces în bandă largă la Internet fix. Conform datelor statistice prezentate ANRCETI de către furnizori, doar 61 la sută din numărul total de abonați la serviciile de acces la Internet în bandă largă la puncte fixe provin din localitățile urbane și 39 la sută – din localitățile rurale. Comparând aceste date în funcție de tehnologii, am putea conchide că din cele 1532 de localități, accesul la Internet la rețele în banda largă prin xDSL este disponibil în peste 1200 localități, însă prin FTTx doar în circa 640 de localități.

Investițiile în tehnologia FTTx pentru zonele urbane sunt determinate de numărul sporit de abonați, urmare a concentrării lor în o anumită zonă geografică (clădiri multietajate), ca rezultat, costul raportat la o unitate de abonat este mai mic în comparație cu zona rurală, unde, din punct de vedere economic, este mai rentabilă conectarea abonaților prin alte tehnologii decât FTTx. Una din soluțiile care se folosesc la moment este tehnologia xDSL. Această situație este una benefică pentru operatorul național, datorită existenței rețelelor magistrale din zonele rurale, fapt ce îl scutește de concurență la furnizarea serviciilor de acces în bandă largă la puncte fixe. Situația dată este una în defavoarea utilizatorilor finali, deoarece lipsa concurenței în zonele rurale vor duce la

stagnarea ofertelor de servicii de comunicații electronice cu cerințe mari de viteze, așa cum ar fi televiziunea prin protocolul IP și altele.

Ca exemplu, în baza datelor ANRCETI, doar în 8 localități (dintre care două sunt rurale) unde sunt furnizate servicii de acces la Internet fix în bandă largă prin rețelele de televiziune prin cablu, concurenți potențiali ai operatorului istoric pot deveni furnizorii acestor serviciilor. Unul din factorii majori care reprezintă această situație, se datorează volumului înalt de investiții necesar pentru o modernizare a rețelelor de televiziune prin cablu.

Un alt factor, legat de aceasta, se referă la posibilitățile reduse a furnizorilor de a se interconecta în condiții economice avantajoase și cu resurse minime cu rețelele operatorilor internaționali în zonele de frontieră pentru a beneficia de un preț concurențial la rețeaua globală. Prin urmare, pentru dezvoltarea serviciilor de acces la Internet fix în bandă largă, un rol esențial, este acordat punctelor de prezență a rețelei de fibră optică.

Astfel, la momentul analizei, punctele de prezență a rețelei de fibră optică erau construite doar pentru circa 1100 de localități, sau puțin mai mult de 71% din cantitatea totală de localități. Cu referire la, cantitatea totală de localități unde sunt prezente primăriile, au fost constatate circa 43 de localități (sau circa 5%) lipsite de puncte de prezență ale rețelelor de fibră optică (în conformitate cu tabelul 4.1). [104, p. 5]

Tabelul 4.1

Lista localităților cu primării din RM unde nu sunt instalate puncte de prezență al fibrei optice (situația la 1 august 2017)

Nr. crt.	Raion	Localitate	Populație, locuitori
1	2	3	4
1.	r.Anenii Noi	s.Zolotievca	577
2.	r.Briceni	s.Bălcăuți	636
3.	r.Briceni	s.Mihăileni	482
4.	r.Călărași	s.Buda	835
5.	r.Călărași	s.Meleșeni	1551
6.	r.Căușeni	s.Cremenciug	1100
7.	r.Cimișlia	s.Codreni	484
8.	r.Criuleni	s.Bălțata	1321
9.	r.Dondușeni	s.Climăuți	1129
10.	r.Dondușeni	s.Pivniceni	673
11.	r.Drochia	s.Petreni	1011
12.	r.Drochia	s.Popeștii de Sus	1687
13.	r.Dubăsari	s.Molovata Nouă	1945
14.	r.Edineț	s.Constantinovca	538

1	2	3	4
15.	r.Edineț	s.Gașpar	1244
16.	r.Edineț	s.Goleni	1153
17.	r.Fălești	s.Natalievca	541
18.	r.Florești	s.Cernița	1033
19.	r.Florești	s.Trifănești	952
20.	r.Hîncești	s.Boghiceni	2767
21.	r.Hîncești	s.Cotul Morii	1640
22.	r.Hîncești	s.Fundul Galbenei	2521
23.	r.Leova	s.Sărățica Nouă	740
24.	r.Nisporeni	s.Călimănești	1037
25.	r.Nisporeni	s.Ciutești	1481
26.	r.Orhei	s.Sămănanca	791
27.	r.Orhei	s.Step-Soci	2027
28.	r.Rîșcani	s.Gălășeni	1010
29.	r.Rîșcani	s.Pociumbăuți	646
30.	r.Sîngerei	s.Tăura Veche	519
31.	r.Soroca	s.Hristici	1165
32.	r.Strășeni	s.Căpriana	2322
33.	r.Șoldănești	s.Rogojeni	74
34.	r.Ștefan Vodă	s.Brezoaia	1003
35.	r.Ștefan Vodă	s.Marianca de Jos	562
36.	r.Taraclia	s.Balabanu	942
37.	r.Taraclia	s.Vinogradovca	530
38.	r.Telenești	s.Brînzanii Noi	932
39.	r.Telenești	s.Ordășei	907
40.	r.Ungheni	s.Buciumeni	698
41.	r.Ungheni	s.Negurenii Vechi	666
42.	r.Ungheni	s.Zagarancea	1518
43.	r.UTA Găgăuzia	s.Carbalia	543

Sursa: sugerat din [104]

Conform estimărilor datelor din tabel, cât și a unei analize estimative la capitolul profitabilitatea investiției în infrastructura de bandă largă pentru aceste localități, am putea conchide că, atât reglementările ex-ante, cât și măsurile pentru stimularea cererilor nu vor fi suficiente pentru a permite furnizarea serviciilor de acces la Internet fix în bandă largă. În cea mai mare parte, valoarea scăzută a profitabilității, este determinată de numărul redus de gospodării din zona rurală, precum și de gradul de dispersare a acestora. Astfel, intervenția publică în scopul reducerii decalajului digital privind accesul la rețelele de bandă largă de generație nouă este indispensabilă, avînd în vedere că investițiile necesare în zonele în care nu există sau este improbabil să se dezvolte o infrastructură în bandă largă în viitorul apropiat sînt relativ mari. Conform [104], din partea autorităților publice locale, doar pe parcursul anilor 2013-2016, au

parvenit circa 18 demersuri „cu solicitări privind examinarea posibilităților de instalare a unui punct de prezență al rețelei de cablu de fibră optică”, cât și cu privire la dezvoltarea de rețele în banda largă pentru localitățile unde nu există asemenea rețele. Însă, numărul neoficial al acestor solicitări este cu mult mai mare și în continuă creștere. [104, p. 6]

Evident că, activitatea crescută economică a localității, cât și crearea, păstrarea locurilor de muncă este direct legată de disponibilitatea serviciilor de acces la Internet fix în bandă largă și acest lucru este benefic dintr-o perspectivă economică mai largă, de exemplu datorită efectelor pozitive de răspândire asupra economiilor locale. De asemenea, am putea conchide că, disponibilitatea acestor servicii ar îmbunătăți accesul tuturor actorilor societății la un set de mijloace de comunicare esențiale, sporind coeziunea socială și regională. Este necesar de menționat că la etapa actuală, eforturile de creare a instrumentelor alternative (inclusiv stimularea cererii și reglementările ex-ante) nu au rezolvat problemele asociate lipsei serviciilor de acces la Internet fix în bandă largă în zonele vizate. Pe parcursul perioadei de analiză au fost constatate unele măsuri de informare și reglementare, însă conform celor menționate în [104], fapt ce reprezintă o dovadă în plus a autorului tezei se stipulează că “fără ajutorul de stat nu va fi posibilă atingerea obiectivului de disponibilitate a serviciilor de acces la Internet fix în bandă largă”. [104, p. 7]

Astfel, în concluzie, venim cu afirmația că furnizorii de comunicații electronice, de cele mai multe ori, nu au stimulente comerciale în formă de subsidii pentru a dezvolta rețelele existente în alte zone decât cele existente la momentul actual, deoarece în zonele cu densitate mică a populației nu se așteaptă să obțină un profit adecvat investițiilor făcute. [134]

Reieșind atât din parametri tehnici, cât și condițiile comerciale impuse de furnizorii de servicii de comunicații electronice la serviciile de acces în bandă largă prin radio acces, am putea să afirmăm că aceste servicii nu pot concura cu cele provenite din rețelele de cablu, ci doar pot fi complementare celor din urmă, dat fiind faptul că furnizorii de rețele și servicii prin radio acces impun limitări la trafic. Aceste limitări sunt dictate de faptul că în cazul unei conexiuni prin radio acces, viteza conexiunii este dependentă de distanța dintre stația de bază, cât și de numărul abonaților conectați concomitent la aceasta.

Conform [104], radio accesul este complementar, în primul rând, accesului “la Internet fix în cazurile în care în localitatea respectivă nu există posibilitatea de conectare a utilizatorului prin acces la Internet fix”. Unul din exemplele des întâlnite este atunci când abonatul nu are domiciliu permanent și, ca urmare, nu poate să-și respecte obligațiile referitor la condițiile contractuale. Unul din factorii esențiali pentru utilizatorii serviciilor de comunicații electronice este prețul

abonamentului pentru acces în bandă largă la un punct fix. În cazul când este prea mare, reieșind din puterea de cumpărare a utilizatorului, se optează pentru o ofertă de acces cu limitări, dar accesibilă din punct de vedere financiar. [104, p. 8]

Pentru ca serviciile de acces în bandă largă prin radioacces să devină concurențiale cu rețelele de bandă largă pentru acces la Internet fix este nevoie de un spectru de frecvențe mai mare, astfel ar putea fi posibilă asigurarea celor aproape 22% dintre localitățile rurale care nu au încă acces în bandă largă, cât și diminuarea discrepanței substanțiale între accesul în localitățile urbane și în cele rurale prin utilizarea conexiunii de radioacces. Totodată, majorarea spectrului de frecvențe va facilita apariția pe piața din Republica Moldova a serviciilor de radioacces în bandă largă prin rețele mobile de generația a cincea (5G).

Este necesar de remarcat faptul menționat în Directiva (UE) 2018/1972 a parlamentului european și a consiliului [108], precum că odată ce există o creștere a numărului de cereri la capitolul spectrului de frecvență radio, cât și o creștere de cereri din partea abonaților pentru capacități suplimentare de bandă largă prin radio acces (adesea această cerere este dictată de noile aplicații online), este necesar de a găsi unele modalități ce pot permite alte soluții de acces, care ar putea fi, sub forma unor sisteme de radio acces de o putere scăzută și pentru arii de acoperire limitate ca suprafață, totodată, pot fi complementare spectrului de frecvențe autorizat de regulator, cum ar fi, de exemplu, “RLAN-urile și rețelele de puncte de acces celulare de mică putere și de mici dimensiuni”.

O atenție deosebită în Directivă este acordată la astfel de sisteme de acces pe suport radio adiționale, în mod deosebit punctele de acces disponibile publicului, care majorează accesul utilizatorilor finali la internet și des congestionează traficul mobil pentru operatorii de comunicații mobile. Avantajele acestor echipamente sunt determinate de faptul că cele din urmă “utilizează spectrul de frecvențe radio armonizat fără a avea nevoie de o autorizație individuală sau de un drept de utilizare a spectrului de frecvențe radio”, cât și posibilitatea pentru majoritatea dintre ele să fie folosite până în prezent de utilizatori privați ca o prelungire locală a conexiunii lor fixe pe suport radio de bandă largă. O altă prevedere enorm de esențială pentru limitarea spectrului de frecvențe, prevede ca abonaților, să nu le fie restricționate drepturile de a partaja accesul pentru utilizatorii autorizați prin procedee bine cunoscute (Hot spot) în limitele valorilor disponibile a abonamentelor la serviciile de transport date. Aceasta ar duce la o eficientizare a canalelor de transport date prin radio acces și utilizarea la maximum a spectrului de frecvențe radio autorizate, cât și va “crea o infrastructură pe suport radio de bandă largă complementară eficientă din punctul

de vedere al costurilor accesibilă altor utilizatori finali”. Ca rezultat, ar trebui “să se elimine restricțiile inutile care împiedică instalarea și interconectarea punctelor de acces RLAN”. [108]

Completarea capacităților actuale în materie de spectru de frecvențe radio pe care le oferă RLAN-urile și punctele de acces pe suport radio pot fi asigurate de apariția noilor tehnologii, cum ar fi LiFi-ul, pentru a folosi punctele de acces optic bazate pe utilizarea luminii vizibile și a beneficia de rețele locale hibride care permit comunicațiile optice pe suport radio. Reeșind din faptul că “punctele de acces pe suport radio de mică putere cu arie de acoperire restrânsă, precum femtocelulele, picocelulele, metrocelulele și microcelulele”, sunt, de obicei, de mărimi mai mici în comparație cu antenele radio, sunt echivalente unor routere sau puncte de acces (AccesPoint) folosite pentru extinderea rețelelor locale, de asemenea, nu există necesitatea unor proceduri de licențiere suplimentare celor prevăzute de autoritatea de reglementare, cât și luând în considerație unele efecte pozitive ale acestora la eficientizarea spectrului de frecvențe radio și la dezvoltarea comunicațiilor prin radio acces, “ar trebui să se limiteze pe cât posibil orice restricție la instalarea acestora”. [108]

Prin urmare, avînd la dispoziție tot spectrul de soluții pentru a elabora concepția implementării serviciului universal, se impune adoptarea de măsuri care ar transforma acest serviciu într-un “instrument eficient de promovare a coeziunii sociale, economice și culturale în cadrul comunității, care să încurajeze o distribuție mai echilibrată a populației”, ce ar duce la micșorarea ritmului migrației spre zonele urbane, ar reduce poluarea atmosferei în aceste zone prin micșorarea traficului auto, cât și ar contribui la “estomparea diferențelor de dezvoltare dintre zonele rurale și cele urbane”. [21, p. 8]

Scopul serviciului universal rezidă în asigurarea promovării integrării tuturor utilizatorilor unui stat în societatea informațională prin acordarea drepturilor de a beneficia de setul minim de servicii de comunicații electronice, la un anumit nivel de calitate și prețuri accesibile indiferent de amplasarea geografică a acestora.

Promovarea intereselor specifice ale utilizatorilor din zone geografice defavorizate și utilizatorii persoane cu dizabilități trebuie să constituie o prioritate, în spiritul politicilor naționale de promovare a incluziunii sociale.

Din prevederile directivelor **2002/22/EC** [7], **2009/136/CE** [8] și **2018/1972** [108] reiese că serviciul universal este un factor-cheie de facilitare a utilizatorilor pentru a se integra în societatea informațională și este un instrument eficient de promovare a coeziunii sociale, economice și culturale și ar trebui pus în aplicare cât mai repede posibil.

Așa cum rezultă din prevederile alin. (2) art. 85 din *Legea comunicațiilor electronice nr.241/2007* [15], garantarea dreptului de acces la serviciul universal pentru cetățenii Republicii Moldova conduce la garantarea pe întreg teritoriul țării a faptului că acest serviciu este disponibil, calitativ și accesibil, respectiv a accesului la rețeaua publică de comunicații de voce la un punct fix, la serviciile de informații privind abonații și la registrul unic al abonaților, a accesului la telefoane publice cu plată, inclusiv accesul gratuit la serviciile de urgență, precum și accesul la servicii de bandă largă care în perspectivă pot fi cuprinse în setul serviciului universal.

Abordarea problemei implementării serviciului universal trebuie să țină seama de particularitățile situației din Republica Moldova. La fel ca și în majoritatea țărilor din Uniunea Europeană, în Republica Moldova este posibilă desemnarea în calitate de furnizor de serviciu universal a operatorului național/istoric de telefonie fixă, care continuă să dețină monopolul pe piața de acces la un punct fix cu o valoare de circa 92%, și, este determinat drept operator cu putere semnificativă, ceea ce îl obligă să fie supus acțiunilor de control și reglementare din partea autorității de reglementare. Argumentul de bază pentru desemnarea lui în calitate de operator de serviciu universal este bazat pe faptul că rețeaua de transport date este dezvoltată în mai multe zone geografice, comparativ cu alți furnizori existenți pe piață, care ar putea fi extinsă cu costuri mici către noii abonați.

În scopul identificării problemelor care necesită implicarea statului, precum și a opțiunilor de intervenție 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 rețele și servicii publice de comunicații de voce.

4.4. Tehnici inteligente în scopul dezvoltării rețelelor de comunicații în bandă largă

Odată cu dezvoltarea progresului tehnico-științific, începând cu anii 80, în domeniul tehnologiei informației și comunicațiilor au avut loc mai multe descoperiri la nivel teoretic ceea ce a dat un impuls puternic direcției de cercetare a regulilor noi de învățare, „ca de exemplu bine cunoscuta regula a retro propagării erorii pentru rețelele multistrat”, rezultatul cărora au pus bazele pentru rețelele neuronale. În acea perioadă de timp, **J.J Hopfield** vine cu o nouă abordare asupra rețelelor neuronale, caracterizându-le drept fiind „sisteme energetice cărora li se poate asocia o funcție de energie”. [5, p. 218]

Dacă e să ne referim la un trecut mai îndepărtat, și anume, cu referire la conceptul de "neuron", atunci putem spune că, acest concept a fost menționat pentru prima dată încă în anii 40 ai secolului trecut de McCulloch et Pitts, și prezentat „ca un model matematic pentru neuronul

elementar biologic”. Avînd la etapa inițială mai multe limitări, modelul a fost capabil să demonstreze unele calcule logice și matematice, însă cel mai important rezultat al acestui model este faptul că „a permis explicarea funcționării unor ansambluri de neuroni elementari”. [5, p. 211]

Însă, este necesar de remarcat că, ideea pentru realizarea inteligenței artificiale a apărut la începutul secolului trecut doar ca o ficțiune adevărată, astfel, realmente, toți suntem martorii realizărilor multor proiecte de anvergură legate de roboți inteligenți creați pentru a facilita activitățile de zi cu zi a populației de pe glob. Dezvoltarea ideilor de robotizare și inteligență artificială, de obicei, sunt alimentate de nevoile și imaginațiile oamenilor. [114, p. 1]

Astfel, la momentul actual, am putea constata că există mai multe disensiuni la capitolul definirii termenului de inteligență, însă, putem spune cu certitudine că inteligența reprezintă, atât abilitatea de a gândi asemenea populației umane, cât și a deducerii unor soluții raționale în baza mai multor masive de date.

Disensiunile legate de termenul de inteligență au apărut chiar de la începutul cercetărilor, în rezultatul căreia au fost determinate două căi diferite de dezvoltare a inteligenței artificiale:

- paradigma logico-simbolică – cea ce presupunea dezvoltarea unui produs software pe baza unor computere clasice existente la momentul respectiv (inteligența artificială);
- paradigma conexionistă – presupunea realizarea unui produs hardware conceptual nou, care ar avea posibilitatea de a modela „mecanismele gândirii umane (rețelele neuronale)”. [3, p. 98]

Actualmente, oamenii pot cu greu să existe fără telefonul mobil. Atât timp, cât telefoanele mobile oferă mai multe servicii, competiția dintre operatorii mobili devine tot mai acerbă. În scopul de a câștiga o cotă mai mare de piață și a asigura servicii de calitate, operatorul mobil are nevoie de a lua unele măsuri preventive: a prognoza numărul utilizatorilor care vor renunța la serviciile prestate; clasificarea lor pe diferite nivele în corespundere cu riscul renunțării și asigurarea lor cu servicii corespunzătoare.

Este complicat de imaginat cantitatea de informație generată pentru câteva milioane de abonați în fiecare lună, încercând extragerea informației utile dintr-un set atât de complex de date pentru a prognoza fluxul renunțării. Fluxul renunțării abonaților a fost pe larg discutat și au fost propuse mai multe metode de calcul. Aceasta a condus la elaborarea tehnicilor pentru prognoza fluxului renunțării abonaților așa ca: rețeaua Bayesian, decizia arborilor, pădurea aleatorie și rețelele neuronale. [13]

Rețelele neuronale (în continuare RN) sunt definite drept ca „sisteme neliniare formate dintr-un număr mare de procesoare elementare relativ simple, numite neuroni, care operează în

paralel”. Astfel, cantitatea de legături dintre neuroni este asociată nivelului de cunoștințe, iar abilitatea de schimbare a interconexiunilor dintre ei se asociază gradului de învățare. [114, p. 1]

În conformitate cu definiția rețelelor neuronale, am putea conchide că există „două caracteristici semnificative, care reprezintă și sursa procesării de calcul sporite (față de metodele convenționale):

- structura paralelă și distribuită;
- capacitatea de a învăța”. [36, p. 97]

Astfel, este necesar de a menționa că rețelele neuronale sunt capabile „să reprezinte orice funcție, atât reală cât și complexă, liniară cât și neliniară” fapt pentru care sunt utilizate în identificarea și modelarea sistemelor neliniare. Această proprietate este bine cunoscută ca "aproximare universală". [70, p. 95]

Rețelele neuronale au capacitatea de a-și modifica valorile parametrilor, și prin urmare, performanțele, ca răspuns la semnalele din exterior, deci de a învăța. Rețeaua își modifică ponderile în sensul minimizării diferenței dintre răspunsul dorit și starea sa curentă de ieșire, conform unui criteriu statistic aleatoriu, în perioada antrenamentului. [114, p. 2]

RN se adaptează intrărilor afectate de zgomot, furnizând și în aceste condiții răspunsul corect. Ele realizează generalizările necesare prin structura lor, și nu prin elaborarea de noi programe, ca în cazul calculatoarelor convenționale. Generalizarea este automata într-o rețea distribuită. Modelele necorelate nu interacționează. Experimentarea unor modele similare duce la întărirea ponderilor conexiunilor comune. Astfel, rețeaua extinde comportarea adecvată pentru un anumit model de intrare la modele similare. Rețeaua va învăța să asocieze tendința a doua modele similare și în prezența zgomotelor. [114, p. 3]

Fiecare nod dintr-o rețea este un procesor elementar, care operează independent de toate celelalte procesoare din sistem. Astfel încât pentru rezolvarea unor probleme mai complexe, sistemul se poate mări într-o manieră modulară, prin adăugare de procesoare fără a fi necesară restructurarea.

Ca urmare, proprietatea de extindere a rețelelor neuronale în baza unor module adăugătoare (maniera modulară) este una foarte importantă pentru a rezolva problemele care pot apărea în domeniul de comunicații electronice și pot să:

- identifice, modeleze și să determine unele caracteristici ale traficului reieșind din istoricul acestor date;
- fie ușor adaptabile în cazul diferitor nivele de încărcare ale rețelei de comunicații electronice;
- controleze dinamic comportarea traficului.

Analiza comportamentului dinamic al rețelelor neuronale care implică aplicarea feedback-ului (procesul care are loc în fiecare parte a sistemului nervos al fiecărui animal și există într-un sistem dinamic ori de câte ori ieșirea unui element din sistem influențează parțial intrarea aplicată aceluși element, dând astfel naștere la una sau mai multe căi închise pentru transmiterea semnalelor în jurul sistemului) este, din păcate, complicată de faptul că unitățile de procesare utilizate pentru construcția rețelei sunt de obicei neliniare. [34, p. 21]

Însă, necătând la nivelul destul de complicat folosit pentru identificarea și modelarea indicatorilor traficului de date există aplicații ale rețelelor neuronale, pentru modelarea amplificatoarelor neliniare, tuburilor cu undă progresivă, amplificatoarelor cu dispozitive semiconductoare, cât și la proiectarea emițătoarelor și receptoarelor, proiectarea antenelor adaptive pentru estimarea direcției semnalului și formarea acestuia. [114]

Unele din problemele actuale ale rețelelor de comunicații electronice care au apărut odată cu migrarea traficului de voce în rețele IP sunt perturbațiile legate de transmiterea semnalului voce, sau zgomotul care se produce în momentul vorbirii. În acest scop, pentru codarea receptoarelor de semnale CDMA, în urma avalanșei numărului de semnale a fost nevoie de identificarea tuturor codurilor utilizatorilor care produceau interferența în procesul semnalului. Una din soluțiile parvenite a fost identificate în rețelele neuronale care au eliminat zgomotul și perturbațiile datorită “accesului multiplu și reconstrucției semnalelor transmise fără a necesita cunoașterea codurilor de împrăștiere” [35, p. 95] Astfel, pentru a minimiza perturbațiile care se pot produce în procesul transmisiei semnalului de voce, este necesar ca să fie determinate efectele de interferență inter simbol și interferența cu canalele adiacente în baza indicatorilor parametrilor rețelei de comunicații electronice. Pentru a obține o viteză superioară la transmiterea datelor este necesar de a utiliza antene adaptive cu rețelele neuronale. Cu certitudine am putea afirma că, rețelele neuronale pot depăși problemele legate de unele calcule complexe prin inversări de matrice, bazate pe funcții liniare ce sunt folosite deseori în regim offline și care sunt dependente de procesul de calibrare a părții radio a unui sistem de comunicații celulare, oferind soluții alternative și exacte în regim real de timp. [125]

Așadar, pentru a elimina ecoul și în același timp zgomotul de fundal în momentul unei convorbiri telefonice au fost găsite soluțiile de rigoare prin intermediul unor tehnici convenționale. Deseori, efectele legate de ecou și zgomot la transmisia sunetului prin intermediul tehnologiilor radio sunt raportate ca erori de transmisie și pot forma o impresie negativă asupra întregii rețele a operatorului de către abonați. Atât în cazul suprapunerii ecoului și zgomotului, cât și în cazul unor transmisii multiple, se creează un disconfort pentru utilizatorii finali care poate fi înlăturat prin

intermediul rețelelor neuronale ca o „bună alternativă datorită potențialului lor deosebit de procesare, în timp real”. [114]

Soluția pentru asemenea probleme în rețelele neuronale este dată de concepția separării semnalelor în curbe neliniare care sunt ușor de detectat chiar și prin canalele complexe. Alte avantaje ale rețelelor neuronale sunt bazate pe viteza și precizia de procesare a semnalelor de transmisie în regim real.

Astfel, în urma utilizării rețelelor neuronale în procesul de recepție a semnalelor de transmisie are loc eliminarea distorsiunilor liniare și neliniare produse în rețeaua operatorului prin canalele sale de comunicații. Aici am putea menționa unele efecte negative așa ca: “interferența intersimbol, interferența cu canalele adiacente, zgomotul aditiv, fluctuațiile de fază și amplitudine ale semnalelor transmise datorate condițiilor meteo de propagare”. [114, p. 6]

Una din direcțiile de o importanță majoră pentru rețelele de comunicații electronice este asigurarea funcționării aplicațiilor care se bazează pe analiza de imagini. În acest caz, pentru o eficiență maximă în procesul de transmitere se parcurge la compresia lor. Astfel, rețelele neuronale sunt preferate de către operatorii de rețele și servicii de comunicații electronice din cauza rezultatelor net superioare față de rețelele de comunicații tradiționale la capitolul compresia și decompresia imaginilor în regim real de timp. [41, p. 178] Actualmente, se pune un accent tot mai mare pe aplicațiile legate de recunoașterea facială și procesarea unor imagini video, în mișcare. Pentru a procesa asemenea date păstrând calitatea înaltă a imaginilor în scopul recunoașterii lor în cadrul aplicațiilor, deseori legate de securitatea statului și a serviciilor speciale este necesar de a: extrage partea de contur a imaginii, filtra și în același timp sorta obiectele în funcție de orientare sau dimensiune, detecta minimele și maximele într-o imagine pe scara nuanțelor de gri, segmenta imagini și recunoaște caractere scrise pentru automatizarea serviciilor poștale, elimina zgârieturi, recunoaște bancnote și a bloca copiatoare inteligente pentru a evita posibilele fraude legate de reproducerea imaginilor. [114]

Referitor la capitolul detecția mișcării, am putea constata un progres tehnico științific legat de ultimele evenimente din societatea contemporană, deseori tratate ca dorința serviciilor de inteligență de a impune un control automatizat al identificării persoanelor în procesul migrării lor în alte state, cât și a deplasărilor interne prin: extrageri de imagini pentru a detecta gura sau ochii pe imaginile faciale în mișcare, în cazul când persoana este acoperită cu o mască de protecție; reconstruirea, aproximarea și rotația obiectelor tridimensionale; analiza minuțioasă în procesul de mișcare a mai multe obiecte (ținte) care sunt în prealabil setate în baze de date pentru persoane date în căutare.

Astfel prin intermediul rețelelor neuronale pot fi soluționate unele probleme complexe ale rețelelor și serviciilor de comunicații electronice tradiționale, deoarece soluțiile oferite de acestea pot caracteriza și prezice volumul traficului de transport date pentru a estima capacitatea canalelor în scopul menținerii calității serviciilor prestate; pot controla comutarea, fluxul și congestia canalelor de transport date, cât și a echipamentelor periferice atribuite acestor canale; dirija dinamic traficul de transport date; atribui noi canale în rețelele de comunicații mobile. [42, p. 99]

Există un studiu care utilizează o rețea neuronală ca instrument alternativ care urmează să fie utilizat în locul decoderului la distanță minimă în metoda de codificare. S-a constatat că chiar și în medii zgomote, o rețea neuronală oferă rezultate mai bune decât decoderul la distanță minimă pentru identificarea defecțiunilor bazate pe o singură sursă. [53]

Prin capacitatea rețelelor neuronale de a învăța din exemplele anterioare am putea spune că ele reprezintă avantajul major pentru managementul adaptiv al resurselor. [131] În scopul identificării rapide și exacte a traficului de date este necesar de a caracteriza și prognoza principalii indicatori ai săi. O rețea neuronală are capacitatea să învețe funcțiile de densitate și probabilitate a traficului, să selecteze parametrii statistici de bază și să prognozeze valori planificate ale lor. Altfel spus, rețelele neuronale sunt utilizate pentru a caracteriza, clasifica și prognoza traficul de date. În contextul celor menționate, rețelele neuronale au fost privite ca soluții de a optimiza rețelele de comunicații electronice tradiționale, ceea ce au demonstrat avantajul „în rutarea dinamică prin îmbunătățirea semnificativă a performanțelor în special în condiții de trafic intens”. [114]

Deasemenea, rețelele neuronale sunt frecvent utilizate în multe probleme de modelare și prognoză pentru subiectele esențiale ale finanțelor și deciziilor de marketing care ar putea fi abordate anterior doar prin analize statistice multivariate, unde previziunile schimbărilor în valoarea activelor financiare sub formă de acțiuni, valute, analiza puterii situațiilor financiare istorice pot fi identificate în principal datorită șanselor de utilizare ale anumitor metodelor de calcul. Principalul avantaj al aceluiași lucru este capacitatea de a aproxima aproape orice funcție non-liniară apropiată în mod arbitrar. [10]

4.5. Concluzii la Capitolul 4

În Republica Moldova cele mai utilizate tehnologii pentru accesul la Internet fix sînt tehnologiile FTTx și xDSL. Datele statistice arată că, în anul 2018 numărul utilizatorilor conectați la rețea prin fibră optică a sporit cu 13,4% și a totalizat 394,2 mii, iar al celor conectați prin cablu coaxial a crescut cu 6,4% și a ajuns la peste 44,3 mii. În același timp, numărul abonaților conectați la rețea în baza tehnologiilor xDSL a scăzut cu 5,5% și a totalizat 182,2 mii.

Astfel, în baza directivelor europene, accesul la un set minim de servicii de comunicații electronice este considerat drept o normă fundamentală pentru cetățenii statelor membre, esențială, atât pentru integrarea lor în comunitate, cât și, în societatea informațională, respectând standardele de calitate în vigoare. În concluzie am putea afirma că în lipsa accesului la serviciile de comunicații electronice care corespund criteriului de calitate și accesibilitate preț se poate produce unele riscuri de marginalizare a celor vizați în societatea contemporană. Aceasta poate fi explicat prin faptul că prin intermediul serviciilor de comunicații electronice poate fi creat un mecanism cu ajutorul căruia se pot furniza publicului larg a unei multitudini de informații, atât către administrațiile publice, cât și către cele care aparțin sectorului privat.

Serviciul universal constituie un criteriu major care trebuie să contribuie la dezvoltarea rapidă a telecomunicațiilor, cu un obiectiv de beneficiere de către utilizatorii finali de beneficiile noilor servicii și tehnologii din acest domeniu.

În prezent, în Republica Moldova, serviciul de informație privind abonații este furnizat numai de către S.A.” Moldtelecom”, iar registrul acestea include doar lista abonaților serviciilor de telefonie fixă a S.A.” Moldtelecom”. Prezența pe piață a mai multor furnizori de servicii de telefonie fixă și/sau mobilă a condus la creșterea gradului de complexitate privind crearea și punerea la dispoziția utilizatorilor finali a unui registru complet al abonaților, inclusiv furnizarea serviciilor de informații despre abonații acestor servicii.

Una din cauze este dispersarea informațiilor despre toți abonații furnizorilor de servicii, fiind dificilă obținerea informației vizând numerele de telefon ale tuturor abonaților. Situația s-a complicat și mai mult odată cu implementarea serviciului de portabilitate a numerelor telefonice în rețelele mobile și fixe.

Asigurarea accesului la posturi publice de telefon cu plată în legătură cu penetrarea masivă a telefoniei mobile a devenit mai puțin prioritară în comparație cu necesitatea asigurării tarifelor accesibile pentru serviciile de telefonie fixă pentru păturile social-vulnerabile.

În prezent accesul utilizatorilor la telefoanele publice cu plată pe întreg teritoriul țării este asigurat destul de neuniform. Marea majoritate a telefoanelor publice sunt amplasate în orașul Chișinău (62%) și în centrele raionale, și numai 5% din localitățile rurale au instalate posturi telefonice publice. În sate practic nu există (nu sunt instalate) telefoane publice cu plată. [11]

Întru beneficiul utilizatorilor de servicii de comunicații electronice, este imperativ de a implementa serviciul universal prin a depune suficiente eforturi la furnizarea unui set de servicii calitative și la tarife accesibile, pentru toți cetățenii, astfel încât, indiferent de poziția geografică, abonații să beneficieze de tot spectrul de servicii în condiții similare.

Prin urmare, se impune adoptarea de măsuri care să determine la întreprinderea unor acțiuni concrete pentru a promova și încuraja prin intermediul serviciului universal a unei distribuții echilibrate pentru populația din zonele rurale și urbane, oferirea serviciilor de înaltă calitate atât pentru utilizatorii din zonele înalt dezvoltate (metropole), cât și pentru altele cu o situație economică mai modestă, ceea ce nemijlocit va contribui la efecte benefice de ordin ecologic, atât prin stoparea migrației spre zonele urbane, cât și prin repartizarea uniformă a zonelor industriale.

Astfel, datorită faptului că utilizatorul final are posibilitatea de a alege între mai mulți operatori de servicii de comunicații electronice, și, totodată poate să-și asigure unele beneficii de la exploatarea serviciilor de comunicații electronice oferite pe piață prin menținerea nivelului de preț, am putea conchide că procesul dat este un instrument esențial de a menține acea balanță a indicatorului cost/calitate.

Ca urmare, proprietatea de extindere a rețelelor neuronale în baza unor module adăugătoare (maniera modulară) este una foarte importantă pentru a rezolva problemele care pot apărea în domeniul de comunicații electronice și pot să identifice, modeleze și să determine unele caracteristici ale traficului reieșind din istoricul acestor date; să fie ușor adaptabile în cazul diferitor nivele de încărcare ale rețelei de comunicații electronice; să controleze dinamic comportarea traficului, etc.

Posibilitatea rețelelor neuronale de a reprezenta orice funcție, atât reală, cât și complexă, liniară. cât și neliniară, determină oportunitatea aplicării lor în modelarea și identificarea sistemelor neliniare.

Actualmente, rețelele neuronale sunt folosite pentru a monitoriza *on line* apelurile abonaților, cât și pentru a analiza și îmbunătăți în regim *off line* performanțele rețelelor de comunicații electronice și a indicatorilor de calitate ale serviciilor telco.

Deasemenea, rețelele neuronale sunt frecvent utilizate în multe probleme de modelare și prognoză pentru subiectele esențiale ale finanțelor și deciziilor de marketing care ar putea fi abordate anterior doar prin analize statistice multivariate, pentru capacitatea de a aproxima aproape orice funcție non-liniară apropiată în mod arbitrar.

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 piață 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. Problematika 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 a 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 domeniul, 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 zonlele 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 în RM, a experienței și strategiilor de dezvoltare a acestei componente a infrastructurii în țările industrial dezvoltate, și luând în considerație situația economică complicată în 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 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, strategii 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 factori de influență (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 a 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 beneficiile noilor servicii și tehnologii din acest domeniu. Pornind de la directivele europene, orientate la asigurarea accesului la un set minim de servicii de comunicații electronice, considerat drept o normă fundamentală pentru cetățenii statelor membre, esențială, 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 necesitatea 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 necesar, 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%. (cap. 3)

6) În 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 (vezi anexa 3).

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 acestora. 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 este concretizarea datelor ce se referă la costurile echipamentelor rețelelor de comunicații electronice cu fir și fără fir. Astfel, modelele elaborate, completate de aplicația informatică realizată pe baza lor, au devenit efectiv lucrativă 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 rețelor 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 pentru a promova prin intermediul serviciului universal a unei distribuții echilibrate pentru populația din zonele rurale și urbane, oferirea 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. (capitolul 4).

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 rețele și servicii 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. ARVINTE, Vitalie. *Studiu comparativ privind serviciile de telecomunicații*. Chișinău: Tacis, 2002. 41 p. CZU 004.73.
2. BĂJENESCU, Titu. *“Inteligența” distribuită și serviciile în rețelele de telecomunicații. Rețele inteligente*. București: Editura tehnică, 2001. 302 p. ISBN 973-31-2047-2.
3. BULEA, M. *Prelucrarea imaginilor și recunoașterea formelor: teorie și aplicații*. București: Editura Academiei Române, 2003. 458 p. ISBN 973-27-1000-4.
4. CHIVU, Mircea, BREABĂN Florin. *Recepția emisiunilor de televiziune și radio prin satelit*. Timișoara: Editura de vest, 1992. 195 p. ISBN 973-36-0106-3.
5. CIOCOIU, Iulian. *Rețele neurale artificiale*. Iași: Editura CANTES, 2001. ISBN 973-8173-16-7.
6. CONDREA, Sergiu. *Rețele și sisteme de telecomunicații - O introducere în teoria modernă a circuitelor*. București: Editura tehnică, 1972. 440 p.
7. Directive 2002/22/EC of the European Parliament and of the Council of 7 March 2002 on universal service and users' rights relating to electronic communications networks and services (Universal Service Directive). In: *Official Journal of the European Union*, L 108, 24/04/2002 pp. 51 – 77.
8. Directive 2009/136/EC of the European Parliament and of the Council of 25 November 2009 amending Directive 2002/22/EC on universal service and users' rights relating to electronic communications networks and services, Directive 2002/58/EC concerning the processing of personal data and the protection of privacy in the electronic communications sector and Regulation (EC) No 2006/2004 on cooperation between national authorities responsible for the enforcement of consumer protection laws. In: *Official Journal of the European Union*, L 337, 18.12.2009, pp. 11–36.
9. BOROIU, Al., ȚÎȚU, M. *Managementul fiabilității și mentenabilității sistemelor*. București: Editura AGIR, 2011. ISBN 978-973-720-3618.
10. SHARMA A., CHOPRA A. Artificial neural networks: Applications in Management. In: *IOSR Journal of Business and Management*, Volume 12, Issue 5 (Jul. - Aug. 2013), pp. 32-40. e-ISSN: 2278-487X, p-ISSN: 2319-7668.
11. *Raportul „Evoluția piețelor de comunicații electronice” în anul 2018*. Agenția Națională de Reglementare în Comunicații Electronice și Tehnologia Informației, ©2019 [citat 10.07.2019]. Disponibil: <http://www.anrceti.md/>.
12. GHIȚĂ, Teodor. *Cabluri de telecomunicații*. București: Editura Tehnică, 1990. 198 p.

13. RUIYUN, YU1, XUANMIAO, AN1, BO JIN2, JIA SHI1, OGUTI ANN MOVE1, YONGHE LIU3. Particle classification optimization-based BP network for telecommunication customer churn prediction. *Neural Comput&Applic* [online]. 2018, 29:707–720 [citat 22.01.2019]. ISSN: 1433-3058. Disponibil: <https://doi.org/>.
14. ANDREI, Ilie. *Rețele de telecomunicații, Partea I*. București: Ed. Printech, 2009. 78 p.
15. Legea comunicațiilor electronice a Republicii Moldova: nr. 241-XVI din 15.11.2007. În: *Monitorul Oficial al Republicii Moldova*, 2008, nr.51-54 pp. 155.
16. MICLE, Dorel. Tipuri de documente hypermedia și programe specifice utilizate în publicarea electronică a patrimoniului istoric și arheologic. In: *Patrimonium Banaticum*, nr. 4, 2005, Timișoara, pp. 405-419.
17. NICULESCU, Graziela. *Traficul în rețele de telecomunicații*. București: Editura tehnică, 1995, 228 p. ISBN: 973-31-0722-0.
18. Hotărârea Guvernului României privind aprobarea Programului pentru implementarea Planului Național de Dezvoltare a Infrastructurii - NGN (Next Generation Network): Nr. 414 din 03.06.2015. În: *Monitorul Oficial al României*, 2015, nr. 441 din 19 iunie 2015.
19. PLATON, Lilian, **VARANIȚA, Grigore**. *Dreptul telecomunicațiilor*. Chișinău: Editura Foxtrot, 2015, 180 p. ISBN 978-9975-120-68-5.
20. RĂDULESCU, Tatiana. *Rețele de telecomunicații*. București: Editura Thalia, 2005, 504 p. ISBN 9738592607.
21. 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.
22. Hotărârea Guvernului României privind aprobarea Strategiei guvernamentale de dezvoltare a comunicațiilor electronice în bandă largă în România pentru perioada 2009-2015: Nr. 444 din 08.04.2009. În: *Monitorul Oficial al României*, 2009, nr. 525 din 30 iulie 2009.
23. ZĂHAN, Sorina. *Comunicații mobile. Evoluția spre 3G (Reeditare)*. Cluj-Napoca: Editura Albastră, 2006. 273 p.
24. MIHAILA, S. Piața comunicațiilor electronice: reglementare, structură și tendințe de dezvoltare. In: *Revista Economica*, nr/2 (58), iunie 2007. pp. 78-80. ISSN 1810-9136.
25. Internetul și rețele de comunicare [online]. Proiect, 2015, [citat 05.07.2017]. Disponibil: <http://www.asecib.ase.ro/mps/>.

26. Sisteme Informatice în Administrația Publică [online]. Internetul, 2013 [citat 23.04.2018]. Disponibil: <https://biblioteca.regielive.ro/proiecte/>.
27. АНДРИАНОВ, В.И., СОКОЛОВ, А.В. *Средства мобильной связи*. Санкт-Петербург: ВHV-Санкт-Петербург, 1998. 256 с. ISBN 5-7791-0115-9.
28. БАЛАШОВА, Т.И. Кодирование допустимого решения задачи по строения архитектуры вычислительной сети. In: *Материалы международной научно-технической конференции "Информационные системы и технологии (ИСТ-2012)"*. Н. Новгород: НГТУ, 2012, 272-273 с.
29. БАЛАШОВА, Т., КАПРАНОВ С., ПАШКОВСКАЯ П., СИДОРЕНКОВ Д. Применение метода отжига в задаче синтеза надежной сети связи. In: *Материалы международной научно-технической конференции "Информационные системы и технологии (ИСТ-2013)"*. Н. Новгород: НГТУ, 2013, 279 с.
30. БАЛАШОВА, Т., ГОЛОВАНОВ В., ТЕРЕХИНА Е. Применение иммунного алгоритма к задаче оптимизации архитектуры вычислительной сети. In: *Материалы международной научно-технической конференции "Информационные системы и технологии (ИСТ-2013)"*. Н. Новгород: НГТУ, 2013, 278 с.
31. БАЛАШОВА, Т., КАПРАНОВ С., ТЕРЕХИНА Е. Оптимизация архитектуры вычислительной сети с помощью приближенных методов. In: *Материалы международной научно-технической конференции "Информационные системы и технологии (ИСТ-2014)"*. Н. Новгород: НГТУ, 2014, 325 с.
32. СМОЛОВИК, С.Н. *Методы планирования и оптимизации параметров радиоподсистемы сети UMTS*: дис. д-ра тех. наук. Москва, 2005, 205 с.
33. Algorimi genetici pentru rezolvarea problemelor prin evoluție și co-evoluție [online]. Universitatea Politehnică București, 2003 [citat 23.04.2018]. Disponibil: <http://www.ostafiev.com/education/master-dissertation.pdf>
34. HAYKIN, S. *Neural Networks and Learning Machines* (3rd Edition), Prentice Hall, 2008. 936 p. ISBN 978-0131471399.
35. DOGARU, R. *Universality and Emergent Computation in Cellular Neural Networks*. World Scientific, 2003.
36. CHUA, LO., ROSKA, T. *Cellular Neural Networks. Premieres and Foundations*. Notes course Berkeley, 1997.
37. НАЗАРОВ, И. Развитие и оптимизация телекоммуникационных сетей [online]. 2013 [citat 10.12.2019]. Disponibil: lib.secuteck.ru/articles2

38. REDL, S., WEBER, N., OLLIPHANT, M. *GSM and personal communications handbook*. Artech House Inc., 1998, 526 p. ISBN 0-89006-957-3.
39. 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.
40. GRMAILA, V., LISTOPADSJIS, N. Optimization of telecommunication access network. In: *Elektronika Ir Elektrotehnika*, 72 (8), 2006, pp. 25-30. ISSN: 1392-1215
41. BOURRET, P., SAMUELIDES, M. *Réseaux neuronaux, une approche connexionniste de l'Intelligence Artificielle*. Teknea Toulouse, 1991.
42. BOTOCA, C. *Réseaux de neurones. Applications dans le traitement du signal*. Editura Politehnica, 2006.
43. VISHNEVSKII, V. M., DUDIN, A.N. *Queueing Systems with Correlated Arrival Flows and Their Applications to Modeling Telecommunication Networks*. Automation and Remote Control, 2017. Vol. 78, No. 8, pp. 1361–1403. ISSN 0005-1179.
44. TANENBAUM, Andrew S. *Rețele de calculatoare*. București: Ed. Byblos s.r.l., @2003, 779 p. ISBN: 973-0-03000-6.
45. ȘERB, Aurel, BARON, Constantin, ISĂILĂ, Narcisa. *Securitatea informatică în societatea informațională*. București: Pro Universitaria, 2013, 22 p. ISBN: 978-606-647-592-1.
46. MARES, Marius Daniel. *Bazele Informaticii*. București: Ed. Fundației România de Mîine, 2000. 258 p.
47. NASTASE, Pavel, BERBEC, Florentina, TAMAS, Ilie, ALI, Eden, IONESCU, Bogdan, IONESCU, Iuliana, OANCEA, Mirela, COSACESCU, Luana. *Bazele informaticii*. București: Ed. Info Mega, 2000. 224 p.
48. Buchmann & Hogrell. CCNP Routing Guide. In: *Berkeley CA Osborne Publishing*, 2000.
49. STREBE, Matthew, PERKINS, Charles. Firewalls 24 Seven. In: *Alameda CA. Sybex Network Press*, 2000. ISBN: 0782125298.
50. National Security Agency. Guide to Cisco Router Setup [online]. December 27, 2001, [citat 10.12.2017]. Disponibil: <http://nsa1.www.conxion.com/>.
51. MARGHESCU, I., NICOLAESCU, COTANIS S. N. *Comunicații mobile terestre*. București: Editura Tehnică, 1997. 376 p. ISBN: 9733110515
52. OYA EKIN Karaşan, A. Ridha MAHJOUR, ONUR Özkök, HANDE Yaman. Survivability in Hierarchical Telecommunications Networks Under Dual Homing. In: *INFORMS Journal on Computing* Vol. 26, no. 1, Winter 2014, pp.1–15. ISSN 1091-9856 (print), ISSN 1526-5528 (online).

53. ATILA, YILMAZ. Comparative study for identification of multiple alarms in telecommunication. In: *Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences*, TurkJElecEng&CompSci, 2017, pp. 677 - 688.
54. ALOK, GUPTA, DMITRY, ZHDANOV. Growth and sustainability of managed security services networks: an economic perspective. In: *Mis quarterly* vol. 36 no. 4, december 2012, pp. 1109-1130.
55. LAI, Vincent, CHUNG, Wingyan. Managing international data communications. In: *Communications of the ACM*, March 2002, Vol. 45, Issue 3, pp. 89-93. ISSN 0001-0782.
56. EREZ KANTOR, ZVI LOTKER, MERAV PARTER and DAVID PELEG. The Topology of Wireless Communication. In: *Journal of the ACM*, Vol. 62, no.5, October 2015, pp. 1- 32.
57. BULAT, Mihai, CATARANCIUC, Sergiu, ZGUREANU, Aureliu. Mulțimi de relații multi-are și criptarea informației. Chișinău: CEP USM, 2013. 207 p. ISBN 978-9975-71-364-1.
58. COJOCARU, I. *Supportul informațional al evaluării cercetării științifice în Republica Moldova*: tz. de doct. în infomratică. Chișinău, 2014. 160 p.
59. JABBARI, B, AWDUCHE, D.O, REKHTER, Y., WALRAND, J. *Scanning the Issue*. Proceedings IEEE, September 2002. 1475 p.
60. JABBARI, B, AWDUCHE, D.O, REKHTER, Y., WALRAND, J. *Special Issue on Internet Technology and Convergence of Communication Services*. Proceedings IEEE, Sept. 2002.
61. ARONSSON, Lars. *Aronsson's Telecom History Timeline*. 2001.
62. BOCU, Liliana, TEODOSIE, Nicolae. *Contribuțiile lui Augustin Maior la telefonie multiplă*. Editura Academiei, 1980.
63. DEBBASC, Charles. *Droit de l'audiovisuel*. Paris:Dalloz, 1988.
64. FILIP, Florin, POPA, Gh. I. *Evoluții și perspective în realizarea și în utilizarea rețelelor de calculatoare pentru cercetare-dezvoltare*. Academica, Octombrie 1996.
65. NICOLAESCU, Ștefan-Victor. *Rețelele wireless inteligente*. București: Telecomunicații nr. 2/2012.
66. AGGELOU, George. *Wireless Mesh Networking with 802.16, 802.11 and ZigBEE*. Ed: McGraw Hill. 2009.
67. CHEN, Kwang-Cheng, ROBERTO de Marca. *Mobile WiMAX*. Ed. John Wiley&Sons Ltd.2008.
68. SASHA DEKLEVA, SHIM, J.P., UPKAR, VARSHNEY, GEOFFREY, KNOERZER. Evolution and Emerging Issues in Mobile Wireless Networks. In: *Communications of the ACM*, June 2007, Vol. 50, no. 6, pp. 38-43.

69. RAJESWARI, MALLADI, DHARMA, R., AGRAWAL. Current and Future Applications of Mobile and Wireless Networks. In: *Communications of the ACM*, October 2001, Vol. 45, no. 10, pp.144-146.
70. HAYKIN, S. *Neural Networks*. Mcmillan Publishing Co, Englewood Cliffs, 1999.
71. Decision 243/2012/EU of the European Parliament and of the Council of 14 March 2012 establishing a multiannual radio spectrum policy programme. In: *Official Journal of the European Union*, L 81, 21.03.2012, pp. 7–17.
72. Hotărîrea Guvernului Republicii Moldova cu privire la dezvoltarea rețelelor și serviciilor publice de comunicații electronice cu acces radio în bandă largă: Nr. 365 din 06.06.2012. În *Monitorul Oficial al Republicii Moldova*, 2012, nr. 113-118, 403.
73. Hotărîrea Guvernului Republicii Moldova cu privire la aprobarea Programului de management al spectrului de frecvențe radio pe anii 2013-2020: Nr. 116 din 11.02.2013. În *Monitorul Oficial al Republicii Moldova*, 2013, nr. 31-35, 161.
74. COSTAȘ I., BOLUN I., RAGER J. The Development of e-Government in the Republic of Moldova. In: *Computer Science Journal of Moldova*. 2008, vol.16, no.3(48), pp. 377 - 408.
75. КОСТАШ И., КИРЕВ П. Системная концепция создания информационной инфраструктуры в Республике Молдова. В: *Acta Academia*. 1997, с.105-124.
76. COSTAȘ I., CHIREV P., ZACON T. Managementul informational în Republica Moldova: aspect infrastructural. In: *Acta Academia*. 2000, International Informatization Academy, Chisinau: Evrica, pp. 9 - 23.
77. COSTAȘ I., CHIREV P., ZACON T. National Informational Infrastructure in the Republic of Moldova. In: *Today's Problems and Prospects of Development. SINTES 10. Automation Computers Electronics: international symposium on system theory, May 25-26, 2000*. Craiova-Romania, 2000, pp. 96-99.
78. COSTAȘ I., CHIREV P., ZACON T. *Infrastructura Informațională în Republica Moldova*. Monografie. Chișinău: FEP “Tipografia Centrală”, 2001. 208 p.
79. COSTAȘ I. *Tehnologii de procesare a informației economice*. Chișinău: ASEM, 2011. 284 p.
80. COSTAS I. *Managementul informațional în societate: aspecte conceptuale pentru perioada de tranziție în Republica Moldova. Afaceri electronice. Teorie și practica*. Chisinau: Editura ASEM, 2002. 131 p.
81. ANDRONATIEV VICTOR. *Elaborarea și cercetarea modelelor și algoritmilor de eficientizare a utilizării resurselor rețelelor informatice locale: tz. de doct. în economie*. Chișinău, 2010. 192 p.

82. CIUMAC ANATOL. *Modele și algoritmi de configurare a setului de servere pentru rețelele locale*: tz. de doct. în tehnică. Chișinău, 2007. 142 p.
83. COJOCARU S., GAINDRIC C. *Considerente asupra edificării societății informaționale în Moldova*. Chișinău: Editura Știința, 2003. 96 p.
84. Rețele de comunicații mobile [online]. 2006 [citat 12.12.2017]. Disponibil: <http://www.ms/r.pdf>
85. CHIREV, PAVEL. *Direcții manageriale de perfecționare a infrastructurii informaționale în Republica Moldova*: tz. de doct. în științe economice. Chișinău, 2000. 120 p.
86. BOLUN, ION. *Macrosinteza și valorificarea resurselor rețelelor de calculatoare regionale*: autoreferat al tz. de doct. habilitat în științe tehnice. Chișinău, 1999. 42 p.
87. BOLUN, I. *Macrosinteza rețelelor de calculatoare*. Chișinău: Editura ASEM, 1999. 265 p.
88. BOLUN, I. *Inițiere în rețele. Internet*. Chișinău: Editura ASEM, 1997. 391 p. ISBN 9975-945-02-3.
89. BOLUN, I., ANDRONATIEV, V. *Internet și Intranet*. Chișinău: Editura ASEM, 2014. 456 p. ISBN 978-9975-75-698-3.
90. BOLUN, I. *Rețeaua Informatică Națională: caracteristică, probleme, soluții*. In: *Economie și finanțe*. Chișinău: Editura ASEM, 2001, nr 4, pp. 62-69.
91. BOLUN, I., CIUMAC, A. *Configuration of local area network set of servers*. In: *Computer Science Journal of Moldova*. Chisinau: IMCS, 2002, vol. 10, No 2(29), pp. 99-124.
92. BOLUN, I. *Cu privire la dezvoltarea sistemelor de transfer date în Republica Moldova*. In: *Studii și Cercetări Economice*. Cluj-Napoca, 2001, vol. XXX, pp. 1199-1206.
93. BOLUN, I., NAZAROI, I., MUZÎCA, S. *Cu privire la crearea Rețelei Informatice Naționale*. În: *Transporturi și Comunicații*. Chișinău, 2000, nr 3, pp. 4-15.
94. BOLUN, I. *Conceptul Rețelei Informatice Naționale*. În: *Strategii și modalități de intensificare a colaborării dintre Moldova și România în condițiile extinderii Uniunii Europene spre Est: simpozion internaț. Vol. II*. Chișinău: Editura ASEM, 2000. pp. 264-267.
95. BOLUN, I. *Rețelele informatice în societatea modernă*. În: *Tendențe în dezvoltarea tehnologiilor informaționale și comunicaționale în domeniul învățământului și managementului: Conf.intern., 20-21 martie 2003*. Chișinău: Editura ASEM, 2003. pp. 31-45.
96. GAMEȚCHI A., SOLOMON D. *Cercetări Operaționale*. Editura "Evricea", 2015. 500 p.
97. ANATOL GODONOAGĂ, ANDREI GAMEȚCHI, ZINOVIA TOACĂ. *Cercetări Operaționale*. Editura ASEM, 2015. 280 p.
98. PEREIRA, PEDRO, RIBEIRO, TIAGO. *The impact on broadband access to the Internet of the dual ownership of telephone and cable networks*. In: *International Journal of Industrial Organization*. Mar 2011, Vol. 29 Issue 2, pp. 283-293.

99. ANDONIE, Răzvan, GÂRBACEA, Ilie. *Algoritmi fundamentali. O perspectivă C++*. Cluj-Napoca: Editura Libris, 1995. p.273. ISBN 973-96494-5-9
100. 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.
101. 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.
102. IANCU, S. *Unele probleme sociale, economice, juridice și etice ale utilizării tehnologiei informației și comunicațiilor*. București, 2001. 78 p.
103. GASNAȘ, I. *Instrumente de reglementare juridico-administrativă în sectorul comunicațiilor electronice*: tz. de doct. în drept. Chișinău, 2016. 180 p.
104. Hotărârea Guvernului Republicii Moldova cu privire la aprobarea Programului de dezvoltare a rețelelor de bandă largă pe anii 2018-2020 și a Planului de acțiuni pentru realizarea acestuia: Nr. 629 din 05.07.2018. În *Monitorul Oficial al Republicii Moldova*, 2018, nr. 256-265, 691.
105. Decision (EU) 2017/899 of the European Parliament and of the Council of 17 May 2017 on the use of the 470-790 MHz frequency band in the Union. In: *Official Journal of the European Union*, L 138, 25.05.2017, pp. 131–137.
106. COMMISSION RECOMMENDATION of 11 September 2013 on consistent non-discrimination obligations and costing methodologies to promote competition and enhance the broadband investment environment (2013/466/EU). In: *Official Journal of the European Union*, L 251, 21.09.2013, pp 13.
107. 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.
108. Directive (EU) 2018/1972 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 establishing the European Electronic Communications Code (Recast)Text with EEA relevance. In: *Official Journal of the European Union*, L 321, 17.12.2018, pp. 36–214.
109. Directive 2002/19/EC of the European Parliament and of the Council of 7 March 2002 on access to, and interconnection of, electronic communications networks and associated facilities (Access Directive). In: *Official Journal of the European Union*, L 108, 24/04/2002 pp. 7-20.

110. Directive 2002/20/EC of the European Parliament and of the Council of 7 March 2002 on the authorisation of electronic communications networks and services (Authorisation Directive). In: *Official Journal of the European Union*, L 108, 24/04/2002 pp. 21-32.
111. Directive 2002/21/EC of the European Parliament and of the Council of 7 March 2002 on a common regulatory framework for electronic communications networks and services (Framework Directive). In: *Official Journal of the European Union*, L108, 24/04/2002 pp.33-50.
112. Telecomunicații: consultare privind viitorul serviciu universal în era digitală [online]. Bruxelles, 2 martie 2010 [citat 10.02.2017]. Disponibil: ([Press-release IP-10-218_ro](#)).
113. BOLUN, I. Cu privire la concentrarea rațională a resurselor infrastructurii informatice pentru iMoldova. În: *Integrarea europeană și competitivitatea economică: simpozion internaț., 23-24 sept., 2004. Vol. III*. Chișinău: Editura ASEM, 2004. pp. 192-196.
114. Introducere Optimizarea rețelelor cu tehnici inteligente [online]. 2017 [citat 19.02.2019]. Disponibil: www.tc.etc.upt.ro, p. 1-10.
115. ITU-D Study Group 1. 6th Study Period 2014-2017. In: *Final report "Broadband access technologies, including IMT for developing countries"* [online]. [citat 27.12.2018]. Disponibil: <http://handle.itu.int/11.1002/pub/80ec6eb0-en>. ISBN 978-92-61-22601-5.
116. Мобильные системы связи [online]. [citat 17.12.2019]. Disponibil: <https://siblec.ru/telekommunikatsii/mobilnye-sistemy-svyazi#14>
117. Simulating Notes. Simulating Fading with R&S® Vector Signal Generators. [online]. Rohde & Schwarz [citat 10.08.2019]. Disponibil: <https://cdn.rohde-schwarz.com/pws/SigGens.pdf>
118. Proiectarea software a rețelelor de comunicații [online]. [citat 01.05.2018]. Disponibil: <http://discipline.elcom.pub.ro/>
119. ITU-T Recommendation Q.1741.2 In: *Network architecture (3GPP TS 23.002 version 4.3.0 Release 4)* [online]. [citat 17.02.2019]. Disponibil: <https://www.google.com/url?REC-Q.1741.2-200212-PDF>.
120. Recommendation ITU-R M.1457-8. In: UTRAN Iur and Iub interface user plane protocols for DCH data streams (3GPP TS 25.427 version 3.11.0 Release 1999) [online]. [citat 07.03.2019]. Disponibil: https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.1457-8-200905-S!!PDF-E.pdf.
121. 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 . ISSN 1810-9136. BD DOAJ <https://doaj.org/>.
122. 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/>.
123. **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 . ISSN 1810-9136. BD DOAJ <https://doaj.org/>
124. **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 . ISBN 978-9975-75-968-7
125. **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
126. **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 . ISBN 978-9975-75-777-5.
127. **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 . ISBN 978-9975-75-842-0
128. **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
129. **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
130. **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.
131. **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
132. **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.
133. **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
134. **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 , p. 185-187. (0,19 c.a.)

Descrierea aplicației informatice CoverageMap

Procedura de instalare a aplicației informatice. Oferă posibilitatea utilizatorului sa instaleze aplicația informatică **CoverageMap** la postul de lucru al specialistului responsabil de analiza și optimizarea rețelelor deja existente sau la proiectarea și edificarea unor rețele noi prin efectuarea următoarelor operațiuni:

- Se copiază fisierul CoverageMap.zip pe calculatorul specialistului responsabil;
- Se dezarchivează fisierul CoverageMap.zip cu ajutorul unui sistem standart de dezarhivare;
- Se lansează aplicația CoverageMap.exe.

Rezultatul efectuării operațiunilor efectuate mai sus poate fi văzut în figura A1.1.

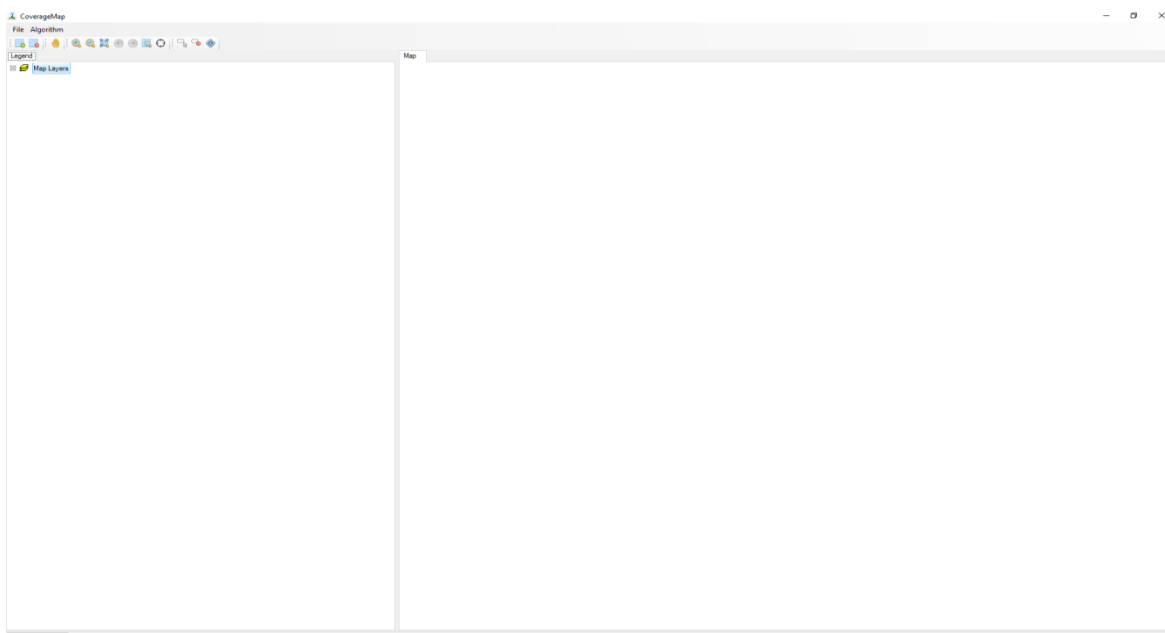


Figura A1.1. Ecranul de startare a aplicației informatice CoverageMap

Verificarea integrității aplicației la pornire. La pornirea aplicației se verifica prezența și conectarea la toate nomenclatoarele necesare, iar în caz de lipsă, atrage atenția operatorului la problemele apărute și cere înlăturarea problemei.

Modificarea nomenclatoarelor. La baza aplicației este harta unei țări, regiuni, arii, etc. (numită nomenclator) care poate fi modificată sau importată din fișierele deja existente. Toate nomenclatoarele se afișează în procesul de lucru la cerința specialistului.

Posibilități funcționale ale aplicației.

- Tastam Algorithm/Step1 - ca rezultat apare harta (nomenclator) setată. Vezi figura A1.2.

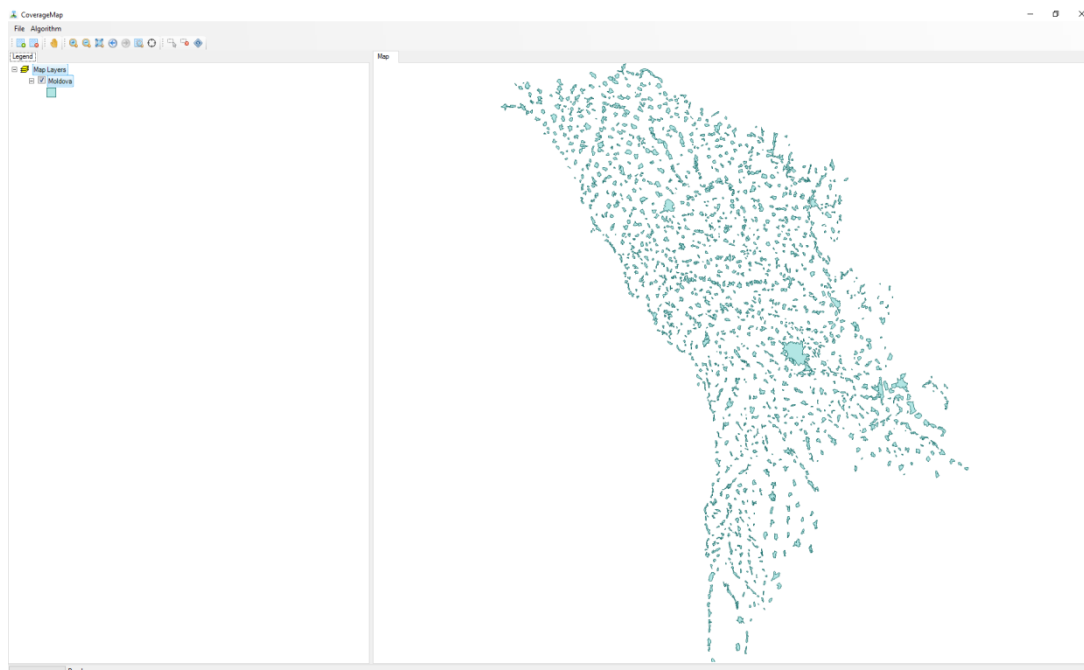


Figura A1.2. Harta țării, regiunii, arii, etc.

- Tastam Algoritm/Step2 – cursorul se transforma in semnul “+” și tastăm cu butonul stîng al mouse-ului pe harta astfel încât sa selectam portiunea pe care dorim să reprezentăm aria. Dupa al treilea click va aparea aria selectată. Pentru a finisa selectarea tastam pe butonul din dreapta a mouse-ului, figura A1.3.



Figura A1.3. Aria selectată

- Tastam Algorithm/Step3 – ca rezultat algoritmul aplicației caută toate soluțiile și le reprezintă pe harta conform figurii A1.4. Se selectează Raza inițială a hexagonului, pasul de majorare al hexagonului și calitatea (Q2...).

Parameters/Variable	Value
Area size	1298.476
BWA parameter:Ps, Gs, Gi, f	19 dBm, 15 dB, 28 dB, 24,5 GHz
M	radio
Initial Hexagon Radius	1,500
Δd^*	0,500
ΔR	64 kbps
H, V	M/M/1/S, TDMA
W, link availability	4QAM, 99,999%
Q2{S/Tr}, Q1{t}	Q2 min =-8 dB, Q1min = 40ms

OK CANCEL

Figura A1.4. Parametrii inițiali

În figura A1.5 este prezentată soluția optimă conform parametrilor inițiali.

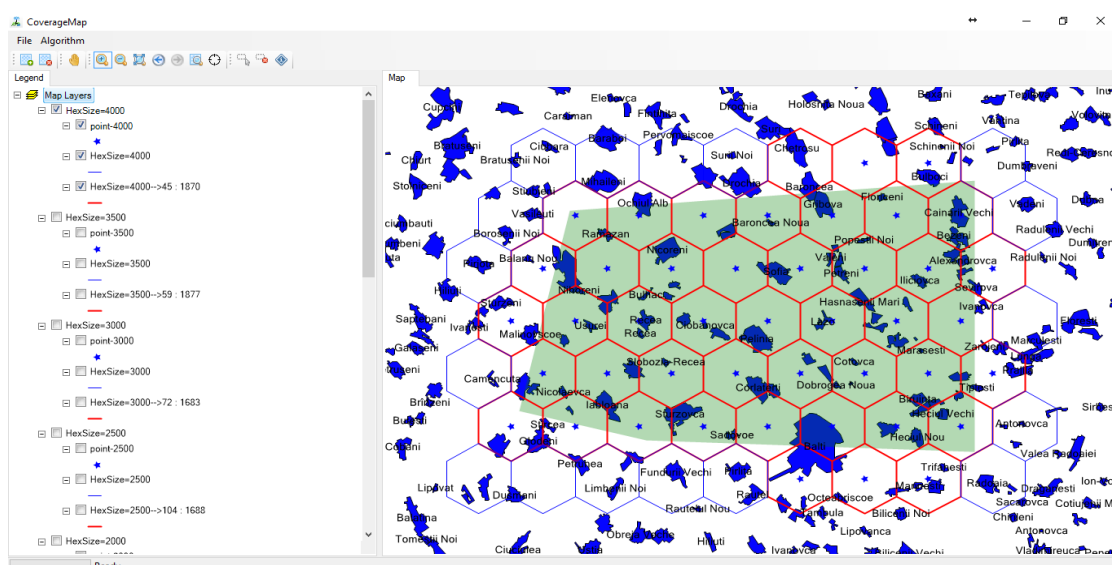


Figura A1.5. Soluția optimă

- Pentru a vedea toate soluțiile se bifează pe HexSize și mărimea razei hexagonului conform figurii A1.6.

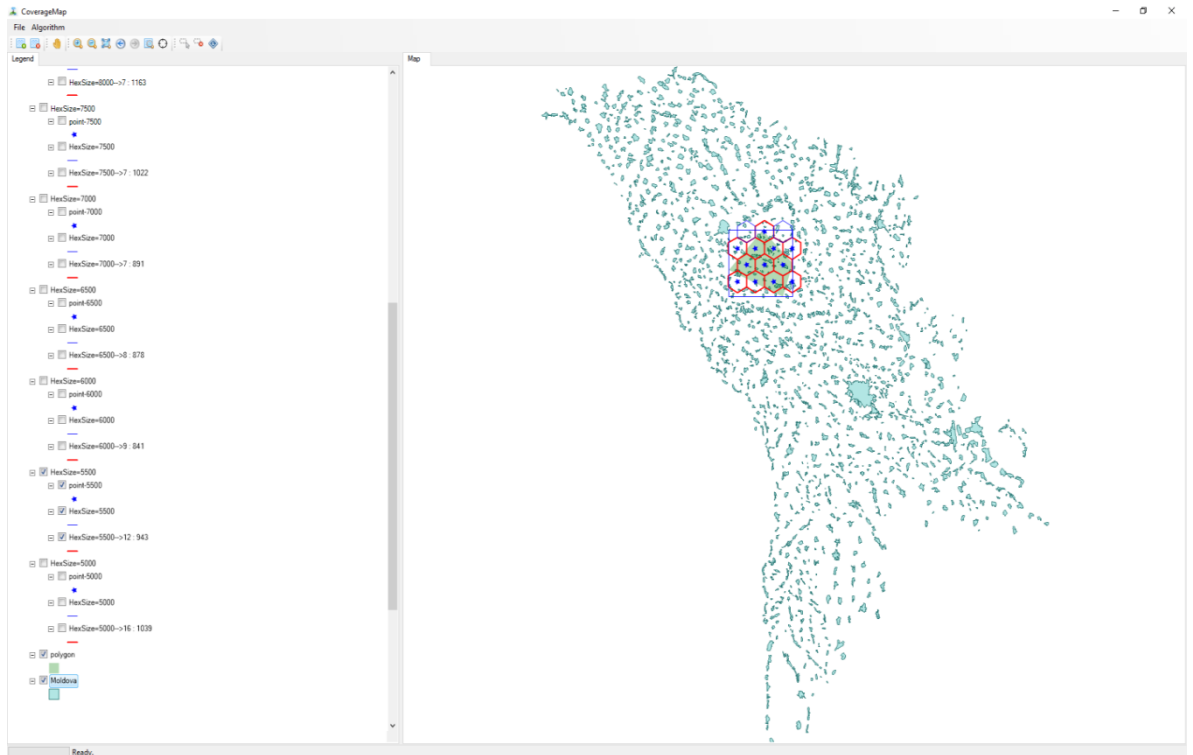


Figura A1.6. Multitudinea de soluții optime

- Tastam Algorithm/Graph – pentru a vedea reprezentarea grafică a soluției optime, conform figurii A1.7.

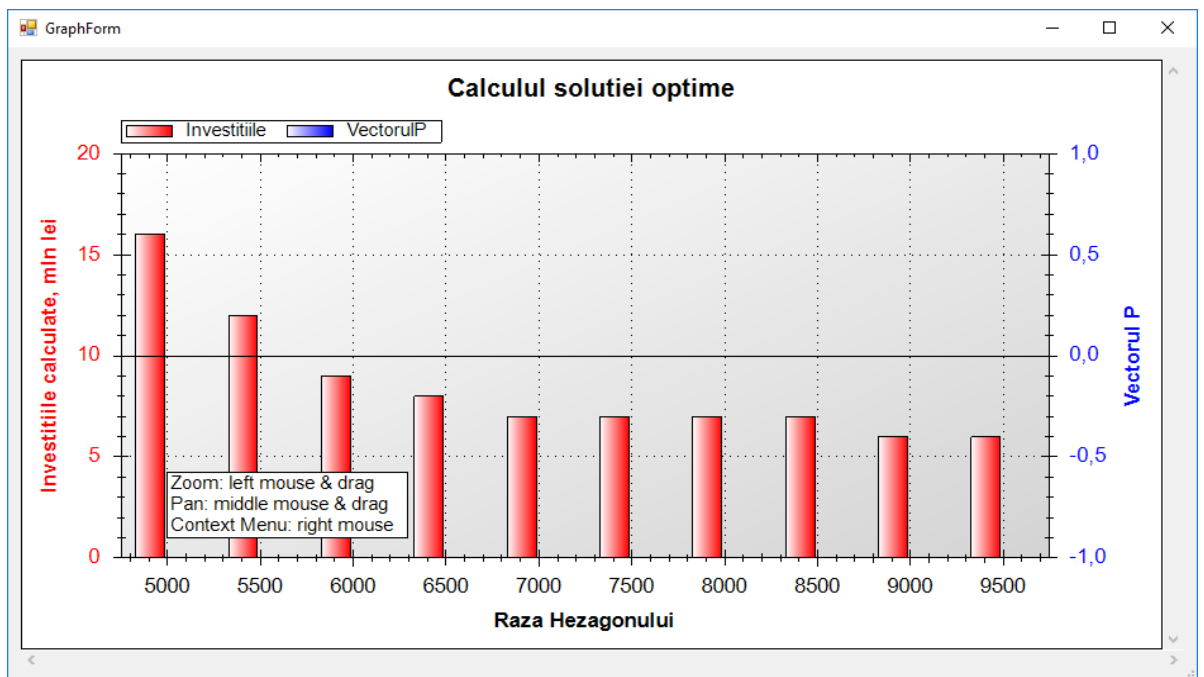


Figura A1.7. Reprezentarea grafică a soluției optime

În mod general, pentru soluționarea problemelor întru optimizarea întregii infrastructuri de telecomunicații în țara, rezultatele obținute conform aplicației informatice **CoverageMap** pot fi folosite în câteva etape. Ca bază în **CoverageMap** a fost utilizata metoda poziționării hexagoanelor din centrul poligonului până cândmăcar un punct al acestuia va aparține poligonului. Algoritmul lucreaza în felul urmator: se ia o rază inițială a hexagonului și se plasează pe hartă până se "umple" zona. La urmatoarea iterație se mărește raza hexagonului cu pasul stabilit și iarăși se "umple" zona. Algoritmul calculeaza ca soluție optimă numărul de hexagoane în baza datelor predefinite și aria poligonului selectat. Practic, a fost automatizată procedura care a fost simulată manual la etapa de elaborare a modelului matematic. 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. După aceea, în dependență de aceste criterii, pentru fiecare zonă conexă se stabilesc parametrii inițiali pentru evaluarea costurilor. Astfel, metodologia examinată ar permite soluționarea problemelor de optimizare a costurilor pe o suprafață planificată, respectând cerințele în raport de criteriile de calitate.

Codul sursă a programului informatic CoverageMap

```

using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.IO;
using System.Linq;
using System.Security.Cryptography;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;
using System.Windows.Forms;
using System.Xml;
namespace CoverageMap
{
    public partial class DataForm : Form
    {
        private static String mKey = "56924783";

        public DataForm()
        {
            InitializeComponent();
        }
        private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
        {
            DataTable dt = GetDataSourceFromFile("sites.txt");
            MessageBox.Show(dt.Rows.Count.ToString());

            EncryptFile(dt, "site.bin");
            MessageBox.Show("Finish Encrypt");
            DataSet ds = DecryptFile("site.bin");
            MessageBox.Show(ds.Tables[0].Rows.Count.ToString());
        }
        public DataTable GetDataSourceFromFile(string fileName)
        {
            DataTable dt = new DataTable("Sites");
            string[] columns = null;
            var lines = File.ReadAllLines(fileName);
            // assuming the first row contains the columns information
            if (lines.Count() > 0)
            {
                columns = lines[0].Split(new char[] { '\t' });

                foreach (var column in columns)
                    dt.Columns.Add(column);
            }
        }
    }
}

```

```

// reading rest of the data
for (int i = 1; i < lines.Count(); i++)
{
    DataRow dr = dt.NewRow();
    string[] values = lines[i].Split(new char[] { '\t' });

    for (int j = 0; j < values.Count() && j < columns.Count(); j++)
        dr[j] = values[j];

    dt.Rows.Add(dr);
}
return dt;
}

public static void EncryptFile(DataTable dataTable, string destinationFilePath)
{
    XmlTextWriter writer = new XmlTextWriter(destinationFilePath,
Encoding.UTF8);
    UnicodeEncoding a = new UnicodeEncoding();
    byte[] key = a.GetBytes(mKey);
    RijndaelManaged rm = new RijndaelManaged();
    CryptoStream strm = new CryptoStream(writer.BaseStream,
rm.CreateEncryptor(key, key), CryptoStreamMode.Write);

    dataTable.WriteXml(strm);
    strm.Close();
}

public static DataSet DecryptFile(string sourceFilePath)
{
    DataSet dt = new DataSet();
    FileStream fs = new FileStream(sourceFilePath, FileMode.Open);
    StreamReader sr = new StreamReader(fs);
    UnicodeEncoding encoding = new UnicodeEncoding();
    byte[] key = encoding.GetBytes(mKey);
    RijndaelManaged rm = new RijndaelManaged();
    CryptoStream strm = new CryptoStream(fs, rm.CreateDecryptor(key, key),
CryptoStreamMode.Read);

    dt.ReadXml(strm);
    sr.Close();
    fs.Close();
    return dt;
}
}

namespace CoverageMap
{
    public partial class ParametersForm : Form
    {

```

```

public int qualityIndex = 0;
public double areaSize = 0;
public double initHexSize = 0;
public double hexSTep = 0;
public Boolean OK = false;
public ParametersForm()
{
    InitializeComponent();
}
private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
{
    qualityIndex = cbQ2.SelectedIndex;
    OK = true;
    this.Close();
}

private void button2_Click(object sender, EventArgs e)
{
    this.Close();
}

private void ParametersForm_Load(object sender, EventArgs e)
{
    cbQ2.SelectedIndex = 0;
    txtArea.Text = areaSize.ToString("#.###");
    initHexSize = Double.Parse(numInitHexSize.Value.ToString());
    hexSTep = Double.Parse(numHexStep.Value.ToString());
}
}
}
using System.ComponentModel.Composition;
using DotSpatial.Symbology;
using DotSpatial.Controls;
using DotSpatial.Plugins.WebMap;
using DotSpatial.Topology;
using DotSpatial.Data;
using DotSpatial.Controls.Header;
using ZedGraph;
namespace CoverageMap
{
    public partial class Form1 : Form
    {
        [Export("Shell", typeof(ContainerControl))]

```

```

private static ContainerControl Shell;
private static int count = 0;
List<Coordinate> fullHexagon = new List<Coordinate>();
string fname = "Tahoma";
double fsize = 8.0;
Color fcolor = Color.Black;
private DotSpatial.Controls.Map map1;
double xmin = Double.MaxValue;
double xmax = Double.MinValue;
double ymin = Double.MaxValue;
double ymax = Double.MinValue;
static double HexSize = 1000;
static double HexStep = 1000;
static double HexMax = 99999999;
static double HexHeight = HexSize * 2;
static double HexWidth = Math.Sqrt(3) / 2 * HexHeight;
private bool firstClick = false;
bool polygonmouseClick = false;
PointPairList listHexSizes = new PointPairList();
PointPairList listVectorulP = new PointPairList();
FeatureSet polygonF = new FeatureSet(FeatureType.Polygon);
MapLineLayer lineLayer = default(MapLineLayer);
MapLineLayer lineLayer2 = default(MapLineLayer);
FeatureSet lineF = new FeatureSet(FeatureType.Line);
FeatureSet lineF2 = new FeatureSet(FeatureType.Line);
//the new point feature set
FeatureSet pointF = new FeatureSet(FeatureType.Point);
private bool optimalSolution = false;
private DataTable dtSites;
private Double polygonArea = 0;
public Form1()
{
    InitializeComponent();
}

```

```

        if (DesignMode) return;
        Shell = this;
        appManager1.LoadExtensions();
        map1 = (DotSpatial.Controls.Map)appManager1.Map;
        string MyFile = "MyFile";
        appManager1.HeaderControl.Add(new RootItem(MyFile, "Algorithm") {
SortOrder = -15 });

        appManager1.HeaderControl.Add(new SimpleActionItem(MyFile, "Step1",
step1_Click) { GroupCaption = HeaderControl.ApplicationMenuKey, SortOrder = 20,
ToolTipText = "" });
        appManager1.HeaderControl.Add(new SimpleActionItem(MyFile, "Step2",
step2_Click) { GroupCaption = HeaderControl.ApplicationMenuKey, SortOrder = 20,
ToolTipText = "" });
        appManager1.HeaderControl.Add(new SimpleActionItem(MyFile, "Step3",
step3_Click) { GroupCaption = HeaderControl.ApplicationMenuKey, SortOrder = 20,
ToolTipText = "" });
        appManager1.HeaderControl.Add(new SimpleActionItem(MyFile, "Graph",
Graph_Click) { GroupCaption = HeaderControl.ApplicationMenuKey, SortOrder = 20,
ToolTipText = "" });
    }
    private void Data_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        DataForm df = new DataForm();
        df.ShowDialog();
    }
    private void Graph_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        GraphForm gf = new GraphForm();
        gf.listHexSizes = listHexSizes;
        gf.listVectorulP = listVectorulP;
        gf.ShowDialog();
    }
}

```

```

private void map1_MouseDown(object sender, MouseEventArgs e)
{
    if (!polygonmouseClick) return;
    if (e.Button == MouseButton.Left)
    {
        //left click - fill array of coordinates
        Coordinate coord = map1.PixelToProj(e.Location);
        if (coord.X < xMin) xMin = coord.X;
        if (coord.X > xMax) xMax = coord.X;
        if (coord.Y < yMin) yMin = coord.Y;
        if (coord.Y > yMax) yMax = coord.Y;
        // Drawing will take place from a bitmap buffer, so if data is updated,
        // we need to tell the map to refresh the buffer
        if (polygonmouseClick)
        {
            //first time left click - create empty line feature
            if (firstClick)
            {
                //Create a new List called polygonArray.
                //this list will store the Coordinates
                //We are going to store the mouse click coordinates into this array.
                List<Coordinate> polygonArray = new List<Coordinate>();
                //Create an instance for LinearRing class.
                LinearRing polygonGeometry = new LinearRing(polygonArray);
                IFeature polygonFeature = polygonF.AddFeature(polygonGeometry);
                //add first coordinate to the polygon feature
                polygonFeature.Coordinates.Add(coord);
                firstClick = false;
            }
            else
            {
                IFeature existingFeature =
                (IFeature)polygonF.Features[polygonF.Features.Count - 1];
            }
        }
    }
}

```

```

        existingFeature.Coordinates.Add(coord);
        //refresh the map if line has 2 or more points
        if (existingFeature.Coordinates.Count >= 3)
        {
            //refresh the map
            polygonF.InitializeVertices();
            map1.ResetBuffer();
        }
    }
}
else
{
    //right click - reset first mouse click
    firstClick = true;
    map1.Cursor = Cursors.Arrow;
    polygonmouseClick = false;
    IFeature existingFeature =
(IFeature)polygonF.Features[polygonF.Features.Count - 1];
    Polygon pg2 = new Polygon(existingFeature.Coordinates);
    polygonArea = pg2.Area / (1000 * 1000);
}
}
private void step1_Click(object sender, EventArgs e)
{
    System.Data.DataSet ds = DataForm.DecryptFile("site.bin");
    dtSites = ds.Tables[0];
    IMapLayer l = appManager1.Map.AddLayer("Moldova.shp");
    int selectedIndex = appManager1.Map.Layers.IndexOf(l);
    appManager1.Map.Layers[selectedIndex].IsSelected = true;
    appManager1.Map.Layers.SelectedLayer =
appManager1.Map.Layers[selectedIndex];
}

```

```

        IMapFeatureLayer myLayer = appManager1.Map.Layers.SelectedLayer as
IMapFeatureLayer;
        IMapLabelLayer labelLayer = new MapLabelLayer();
        ILabelCategory category = labelLayer.Symbology.Categories[0];
        category.Expression = "[NAME]";
        category.Symbolizer.Orientation = ContentAlignment.MiddleCenter;
        myLayer.ShowLabels = true;
        myLayer.LabelLayer = labelLayer;
        appManager1.Map.Legend.RefreshNodes();
    }
    private Coordinate hex_corner(Coordinate center, double size, int i)
    {
        var angle_deg = 60 * i + 30;
        var angle_rad = Math.PI / 180 * angle_deg;
        Coordinate point = new Coordinate(center.X + size * Math.Cos(angle_rad),
center.Y + size * Math.Sin(angle_rad));
        return point;
    }
    private List<Coordinate> hexCoord(Coordinate coord)
    {
        List<Coordinate> list = new List<Coordinate>();
        list.Add(hex_corner(coord, HexSize, 0));
        list.Add(hex_corner(coord, HexSize, 1));
        list.Add(hex_corner(coord, HexSize, 2));
        list.Add(hex_corner(coord, HexSize, 3));
        list.Add(hex_corner(coord, HexSize, 4));
        list.Add(hex_corner(coord, HexSize, 5));
        return list;
    }
    private void createPolylineShapefileToolStripMenuItem_Click(object sender,
EventArgs e)
    {
        var group = new MapGroup();

```



```

group.Checked = false;
group.LegendText = "HexSize=" + HexSize.ToString();
appManager1.Map.Layers.Add(group);
//set shape type
String shapeType = "line";
//set projection
lineF.Projection = map1.Projection;
lineF2.Projection = map1.Projection;
//add the featureSet as map layer
lineLayer = (MapLineLayer)group.Layers.Add(lineF);
lineLayer2 = (MapLineLayer)group.Layers.Add(lineF2);
//Set the symbolizer to the line feature.
LineStylebolyzer symbol = new LineSymbolizer(Color.Blue, 1);
lineLayer.Symbolizer = symbol;
lineLayer.LegendText = "HexSize=" + HexSize.ToString();
lineLayer.Checked = false;
LineStylebolyzer symbol2 = new LineSymbolizer(Color.Blue, 1);
lineLayer2.Symbolizer = symbol2;
lineLayer2.LegendText = "HexSize=" + HexSize.ToString();
lineLayer2.Checked = false;
shapeType = "Point";
//set projection
pointF.Projection = map1.Projection;
//initialize the featureSet attribute table
//add the featureSet as map layer
MapPointLayer pointLayer = (MapPointLayer)group.Layers.Add(pointF);
//Create a new symbolizer
//PointSymbolizer    symbol    =    new    PointSymbolizer(Color.Red,
DotSpatial.Symbology.PointShape.Ellipse, 3);
    PointSymbolizer    symbol3    =    new    PointSymbolizer(Color.Blue,
DotSpatial.Symbology.PointShape.Star, 10);
//Set the symbolizer to the point layer
pointLayer.Symbolizer = symbol3;

```

```

        pointLayer.Checked = false;
        //Set the legendText as point
        pointLayer.LegendText = "point-" + HexSize.ToString();
    }
    private void createPolygonShapefileToolStripMenuItem_Click(object sender,
EventArgs e)
    {
        //initialize polyline feature set
        map1.Cursor = Cursors.Cross;
        //set shape type
        String shapeType = "polygon";
        //set projection
        polygonF.Projection = map1.Projection;
        //initialize the featureSet attribute table
        DataColumn column = new DataColumn("PolygonID");
        if (!polygonF.DataTable.Columns.Contains("PolygonID"))
        {
            polygonF.DataTable.Columns.Add(column);
        }
        //add the featureSet as map layer
        MapPolygonLayer polygonLayer =
(MapPolygonLayer)map1.Layers.Add(polygonF);
        //Create the simple pattern with opacity
        SimplePattern sp = new SimplePattern(Color.Green);
        sp.SetFillColor(Color.Green);
        sp.Opacity = (float)0.3;
        PolygonSymbolizer symbol = new PolygonSymbolizer(Color.Transparent);
        symbol.Patterns.Add(sp);
        polygonLayer.Symbolizer = symbol;
        polygonLayer.LegendText = "Selected Zone";
        firstClick = true;
        polygonmouseClick = true;
    }

```

```

private void step3_Click(object sender, EventArgs e)
{
    ParametersForm pf = new ParametersForm();
    pf.areaSize = polygonArea;
    pf.ShowDialog();
    if (!pf.OK)
    {
        return;
    }
    HexSize = pf.initHexSize*1000;
    HexStep = pf.hexSTep*1000;
    int calculatedCountHex = countOfSites(polygonArea, dtSites, pf.qualityIndex+1);
    int countHex;
    double totalAreaHex;
    IFeature polygonFeature = polygonF.GetFeature(0);
    Polygon pg = new Polygon(polygonFeature.Coordinates);
    for (; HexSize <= HexMax; HexSize += HexStep)
    {
        HexHeight = HexSize * 2;
        HexWidth = Math.Sqrt(3) / 2 * HexHeight;
        countHex = 0;
        totalAreaHex = 0;
        lineF = new FeatureSet(FeatureType.Line);
        lineF2 = new FeatureSet(FeatureType.Line);
        pointF = new FeatureSet(FeatureType.Point);
        createPolylineShapefileToolStripMenuItem_Click(sender, e);
        fullHexagon = new List<Coordinate>();
        Polygon pgMap = new Polygon(polygonFeature.Coordinates);
        Coordinate center = new Coordinate(pgMap.Centroid.X,
pgMap.Centroid.Y);
        drawHexagon(center);
    }
}

```

```

listHexSizes.Add(HexSize, countHex);
if (countHex <= calculatedCountHex)
{
    listVectorulP.Add(calculateCost(countHex), 1);
    optimalSolution = true;
}
else
{
    listVectorulP.Add(calculateCost(countHex), 0);
}
////Set the symbolizer to the line feature.
LineStylebolizer symbol = new LineSymbolizer(Color.Red, 2);
lineLayer.Symbolizer = symbol;
lineLayer.LegendText = "HexSize=" + HexSize.ToString() + "-->" + countHex
+ " : " + (int)totalAreaHex;
lineF.InitializeVertices();
lineF2.InitializeVertices();
map1.ResetBuffer();
if (optimalSolution)
{
    map1.Layers[map1.Layers.Count - 1].Checked = true;
    foreach (Layer l in ((MapGroup)map1.Layers[map1.Layers.Count -
1]).Layers)
    {
        l.Checked = true;
    }
    var target = ((Group)map1.Layers[map1.Layers.Count - 1]);
    var menuItem = target.ContextMenuItems.First(_ => _.Name == "Zoom to
Group");
    menuItem.ClickHandler(menuItem, EventArgs.Empty);

    break;
}

```

```

}
void drawHexagon(Coordinate center)
{
    if (fullHexagon.Contains(center))
    {
        return;
    }
    if (center.X > xMax + HexWidth) return;
    if (center.X < xMin - HexWidth) return;
    if (center.Y > yMax + HexHeight) return;
    if (center.Y < yMin - HexHeight) return;
    count++;
    fullHexagon.Add(center);
    List<Coordinate> full = hexCoord(center);
    int k = 0;
    foreach (Coordinate c in full)
    {
        if (pg.Contains(new DotSpatial.Topology.Point(c)))
        {
            k++;
        }
    }
    if (pg.Contains(new DotSpatial.Topology.Point(center)))
    {
        k += 2;
    }
    if (k < 1)
    {
        List<Coordinate> lineArray2 = new List<Coordinate>();
        LineString lineGeometry2 = new LineString(lineArray2);
        IFeature lineFeature2 = lineF2.AddFeature(lineGeometry2);
        full.Add(full.ElementAt(0));
        ((List<Coordinate>)lineFeature2.Coordinates).AddRange(full);
    }
}

```

```

        return;
    }
    List<Coordinate> lineArray = new List<Coordinate>();
    LineString lineGeometry = new LineString(lineArray);
    IFeature lineFeature = lineF.AddFeature(lineGeometry);
    countHex++;
    full.Add(full.ElementAt(0));
    DotSpatial.Topology.Point point = new DotSpatial.Topology.Point(center);
    IFeature currentFeature = pointF.AddFeature(point);
    ((List<Coordinate>)lineFeature.Coordinates).AddRange(full);
    Polygon pg2 = new Polygon(lineFeature.Coordinates);
    totalAreaHex += pg2.Area / (1000 * 1000);
    lineF.InitializeVertices();
    lineF2.InitializeVertices();
    map1.ResetBuffer();
    Coordinate c1 = new Coordinate(full.ElementAt(0).X + HexWidth / 2,
full.ElementAt(0).Y - (HexHeight * 1 / 4));
    drawHexagon(c1);
    Coordinate c2 = new Coordinate(full.ElementAt(1).X + HexWidth / 2,
full.ElementAt(1).Y + (HexHeight * 1 / 4));
    drawHexagon(c2);
    Coordinate c3 = new Coordinate(full.ElementAt(2).X, full.ElementAt(2).Y +
(HexHeight * 2 / 4));
    drawHexagon(c3);
    Coordinate c4 = new Coordinate(full.ElementAt(3).X - HexWidth / 2,
full.ElementAt(3).Y + (HexHeight * 1 / 4));
    drawHexagon(c4);
    Coordinate c5 = new Coordinate(full.ElementAt(4).X - HexWidth / 2,
full.ElementAt(4).Y - (HexHeight * 1 / 4));
    drawHexagon(c5);
    Coordinate c6 = new Coordinate(full.ElementAt(5).X, full.ElementAt(5).Y -
(HexHeight * 2 / 4));
    drawHexagon(c6);

```

```

    }
}
private void step2_Click(object sender, EventArgs e)
{
    map1.FunctionMode = FunctionMode.None;
    createPolygonShapefileToolStripMenuItem_Click(sender, e);
    map1.MouseDown += new
System.Windows.Forms.MouseEventHandler(this.map1_MouseDown);
}
private int countOfSites(Double area, DataTable sites, int column)
{
    foreach (DataRow dr in sites.Rows)
    {
        if (Double.Parse(dr[column].ToString()) < area)
        {
            continue;
        }
        else
        {
            return Int16.Parse(dr[0].ToString());
        }
    }
    return 1400;
}
private double calculateCost(int numSites)
{
    double c1 = 1000;
    double c2 = 30000;
    double c3 = 70000;
    double c4 = 10000;
    double c5 = 350000;
    double c6 = 2000;

```

```

        return (c1*numSites + c2*numSites + c3*numSites + c4*numSites + c5*numSites
+c6*numSites)/1000000.0;
    }
}
}

using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;
using System.Windows.Forms;
using ZedGraph;
namespace CoverageMap
{
    public partial class GraphForm : Form
    {
        public PointPairList listHexSizes = new PointPairList();
        public PointPairList listVectorulP = new PointPairList();

        public GraphForm()
        {
            InitializeComponent();
        }

        private void GraphForm_Load(object sender, EventArgs e)
        {
            GraphPane myPane = zg1.GraphPane;
            myPane.Title.Text = "Calculul solutiei optime";
            myPane.XAxis.Title.Text = "Raza Hezagonului";
            myPane.YAxis.Title.Text = "Investitiile calculate, mln lei";
            myPane.Y2Axis.Title.Text = "Vectorul P";
           BarItem myCurve = myPane.AddBar("Investitiile",
                listHexSizes, Color.Red);
            myCurve = myPane.AddBar("VectorulP",
                listVectorulP, Color.Blue);
            myCurve.IsY2Axis = true;
            myPane.XAxis.MajorGrid.IsVisible = true;
            myPane.YAxis.Scale.FontSpec.FontColor = Color.Red;
            myPane.YAxis.Title.FontSpec.FontColor = Color.Red;
            myPane.YAxis.MajorTic.IsOpposite = false;
            myPane.YAxis.MinorTic.IsOpposite = false;
            myPane.YAxis.MajorGrid.IsZeroLine = false;
            myPane.YAxis.Scale.Align = AlignP.Inside;
            myPane.XAxis.Type = AxisType.LinearAsOrdinal;

```



```

myPane.Y2Axis.IsVisible = true;
myPane.Y2Axis.Scale.FontSpec.FontColor = Color.Blue;
myPane.Y2Axis.Title.FontSpec.FontColor = Color.Blue;
myPane.Y2Axis.MajorTic.IsOpposite = false;
myPane.Y2Axis.MinorTic.IsOpposite = false;
myPane.Y2Axis.MajorGrid.IsVisible = true;
myPane.Y2Axis.Scale.Align = AlignP.Inside;
myPane.Chart.Fill = new Fill(Color.White, Color.LightGray, 45.0f);
TextObj text = new TextObj(
    "Zoom: left mouse & drag\nPan: middle mouse & drag\nContext Menu: right
mouse",
    0.05f, 0.95f, CoordType.ChartFraction, AlignH.Left, AlignV.Bottom);
text.FontSpec.StringAlignment = StringAlignment.Near;
myPane.GraphObjList.Add(text);
zg1.IsShowHScrollBar = true;
zg1.IsShowVScrollBar = true;
zg1.IsAutoScrollRange = true;
zg1.IsScrollY2 = true;
zg1.IsShowPointValues = true;
zg1.PointValueEvent += new
ZedGraphControl.PointValueHandler(MyPointValueHandler);
zg1.ZoomEvent += new ZedGraphControl.ZoomEventHandler(MyZoomEvent);
SetSize();
zg1.AxisChange();
zg1.Invalidate();
}
private void GraphForm_Resize(object sender, EventArgs e)
{
    SetSize();
}
private void SetSize()
{
    zg1.Location = new Point(10, 10);
    zg1.Size = new Size(this.ClientRectangle.Width - 20,
        this.ClientRectangle.Height - 20);
}

pane,
        private string MyPointValueHandler(ZedGraphControl control, GraphPane
        CurveItem curve, int iPt)
        {
            PointPair pt = curve[iPt];

            return curve.Label.Text + " is " + pt.Y.ToString("f2") + " mln lei at " +
pt.X.ToString("f1") + " raza";
        }
    }
}

```

Scrisoare de confirmare a autenticității și implementării aplicației CoverageMap

OPERATOR NAȚIONAL
MOLDTELECOM

**Scrisoare de confirmare
a autenticității aplicației software CoverageMap, a nivelului de realizare și
implementare**

Prin prezenta, se confirmă autenticitatea aplicației software CoverageMap, în elaborarea căreia a participat Domnul **Grigore Varanița** în calitate de manager de proiect, căruia îi aparține ideea conceptuală a aplicației și care a gestionat procesul de implementare în sine a programului.

Această aplicație a fost verificată în toate regimurile prevăzute de proiect, iar rezultatele obținute au demonstrat corectitudinea și eficacitatea conceptelor teoretice puse la baza elaborării soft-ului.

Aplicația software CoverageMap a fost utilizată în cadrul pregătirii materialelor teoretice și practice pentru lucrarea de doctorat „**Direcții și metode de dezvoltare și optimizare a rețelelor de comunicații electronice**”.

De asemenea, aplicația a fost utilizată în practică în cadrul proiectului de implementare a rețelei 3G/UMTS, la etapa premergătoare procesului de proiectare tehnică și astfel demonstrând eficiența algoritmului pus în spatele aplicației care permite:

- optimizarea multi-parametrică (distanță, disponibilitatea canalului, rata de întârziere, fiabilitate, s.a.);
- sortarea variabilelor și a valorilor acestora în funcție de rezultat;
- realizarea unei metodologii de evaluare a costurilor de investiție pentru diverse seturi de componente și funcționalități ale rețelei planificate spre dezvoltare.

Victor MOLDOVANU



Șef Serviciul Analiză și Performanță Rețele
Direcția Rețele Celulare al S.A. "Moldtelecom"

DECLARAȚIA PRIVIND ASUMAREA RĂSPUNDERII

Subsemnatul, declar pe răspunderea personală că materialele prezentate în teza de doctorat sunt rezultatul propriilor activități și realizări științifice, în caz contrar, urmând să suport consecințele, în conformitate cu legislația în vigoare.

Grigore VARANIȚA

Data: ”__” _____ 2020

CURRICULUM VITAE

Familia	VARANIȚA
Numele	GRIGORE
Data nașterii	13 Mai, 1977
Adresa	str. Cuza-Voda, 1/1, mun. Chișinău, MD-2001, RM
Num. telefon	domiciliu: 373.22. 53 97 30

STUDII:

- Academia de Studii Economice, Chișinău, Republica Moldova
(2013-2016), Studii de doctorat;
- MBA, Universitatea Newport (Proera) (2009 - 2013)
- Academia de Administrare Publică de pe lângă Președintele Republicii Moldova, Chișinău, Republica Moldova (2003 – 2006)
Departamentul Relații Internaționale, Magistrul în relații internaționale ;
- Academia de Studii Economice, Chișinău, Republica Moldova
(1998-2001), Finanțe și asigurări, Licențiat în economie;
- Colegiul Republican de Informatică Chișinău, Republica Moldova
(1993 – 1998), Contabilitate și Informatică economică.

EXPERIENȚĂ PROFESIONALĂ:

- Manager de proiect la Conferința Națiunilor Unite pentru Comerț și Dezvoltare, Turkmenistan, Ashgabat (2017-present)
- Director Agenția Națională pentru Reglementarea în Comunicații Electronice și Tehnologia Informației (2013 - 2017);
- Vicedirector general S.A. “Moldtelecom” (2009-03/2013)
- Expert IT UNCTAD (2008 - 2009);
- *Manager al proiectului ASYCUDAWorld în cadrul Acordului semnat dintre UNCTAD (Conferința Națiunilor Unite pentru Comerț și Dezvoltare) și Serviciul Vamal în perioada (11/2003-2006)*
- Serviciul Vamal din Republica Moldova;
Sef direcție Tehnologii Informaționale și Statistică Vamală (2002 - 2008)

Şef secție Programme, Implementare și Supraveghere (2001 - 2002)

Inspector superior al secției Programme, Imp. și Supraveghere (2000-2001)

Inspector al secției Programme, Imp. și Supraveghere (02/1999-2000)

SESIUNI (CURSURI) DE INSTRUIRE:

- Enterprize DBA: Architecture and Administration – organizat în Ucraina, Kiev 2001.
- Instructor Certification Workshop – în cadrul programului de Securizare a Frontierei, 2004
- ASYCUDA World Functional training course – organizat în Elveția, Geneva 2004;
- Sesiunea cu privire la Modelul de Date Vamale – organizat de Organizația Mondială a Vămirilor în Rusia, Moscova 2008.

DISTINȚII DE STAT: Ordinul "Gloria Muncii".

DOMENIUL INTERESELOR PROFESIONALE:

Relații internaționale, finanțe, programare, baze de date, rețele, sisteme de operare.

ALTE AFILIERI:

Comunicabil cu capacități de a lucra cu oamenii în colectiv. Capabilitate de transmitere a cunoștințelor. Capacitatea soluționării rapide a problemelor dificile. Posed bune capacități organizatorice. Dorința de cunoaștere a noilor tehnologii.

LIMBI STRĂINE:

- Limba de stat /fluent
- Rusă / fluent
- Engleza / fluent
- Franceza / începător