

004.7:657.47(478)

**CONDIȚII DE BAZĂ  
PENTRU OPTIMIZAREA  
COSTURILOR DEZVOLTĂRII  
REȚELELOR DE COMUNICAȚII  
ELECTRONICE**

*Drd. Grigore VARANIȚA, ASEM,  
Coordonator de program al Conferinței  
Națiunilor Unite pentru Comerț  
și Dezvoltare în Turkmenistan  
grigore.varanita@gmail.com*

*În articol sunt descrise condițiile de bază pentru optimizarea costurilor dezvoltării rețelelor de comunicații electronice la etapa proiectării, cât și la etapele ulterioare de exploatare. Ca urmare, au fost dezvoltate 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. Astfel, a fost evidențiat faptul că eficiența rezolvării sarcinilor propuse, pentru dezvoltarea topologiei rețelei, 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.*

***Cuvinte-cheie:** gama serviciilor prestate, tehnologii avansate, abordare sistemică, indicatori de performanță, topologie, algoritmi euristici.*

**JEL: C6, C8.**

**Introducere**

În condițiile moderne de dezvoltare a societății informaționale un rol hotărâtor îl

004.7:657.47(478)

**BASIC CONDITIONS  
FOR OPTIMIZING THE COST  
OF DEVELOPING ELECTRONIC  
COMMUNICATIONS  
NETWORKS**

*PhD candidate Grigore VARANITA, ASEM,  
Programme Coordinator at  
United Nations Conference on Trade and  
Development in Turkmenistan  
grigore.varanita@gmail.com*

*The article describes the basic conditions for optimizing the costs of developing electronic communications networks at the design stage as well as at the later stages of operation. As a result, changes have been developed to the heuristic algorithms, for which to adapt their parameters to the tasks proposed for the development of the network topology according to the basic indicators of the electronic communications network. Thus, it was highlighted that the efficiency of solving the tasks proposed for the development of the network topology will influence the quality of the results obtained and as the synthesis of the network topology is related to major costs for mapping backup networks, as well as paying for network or spaces for the installation of network equipment, in which case the quality of the solutions obtained is of major importance.*

***Keywords:** range of provided services, advanced technologies, systemic approach, performance indicators, topology, heuristic algorithms.*

**JEL: C6, C8.**

**Introduction**

In modern conditions of information society development, the information infrastructure, in particular electronic communica-

joacă infrastructura informațională, în special rețelele de comunicații electronice. Dezvoltarea acestor rețele este o problemă foarte complexă, care depinde de foarte mulți factori de influență atât interni, cât și externi. Unele aspecte importante în acest context au fost cercetate în lucrările [1]-[4], unde autorii argumentează necesitatea unei abordări sistematice în dezvoltarea infrastructurii informaționale naționale. Suplimentar la acest compartiment, am putea menționa, că în acest scop se cere o abordare sistemică destul de echilibrată, care ar prevedea:

- 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;
- definirea funcționalităților sistemului;
- determinarea tuturor componentelor de bază ale sistemului, adică definirea hotarelor sistemului și, respectiv, ale cercetărilor în domeniu;
- 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 aceasta ar trebui să ofere cea mai apropiată variantă optimă posibilă a rețelei, prin prisma criteriului eficiență vis-à-vis cost, este important să înțelegem ce sarcini sunt planificate pentru a fi rezolvate cu ajutorul rețelei proiectate. Un factor determinant ar fi tipul de

tions networks, plays a decisive role. The development of these networks is a very complex problem, which depends on many factors of influence both internal and external. Some important aspects in this context have been investigated in the papers [1] - [4], where the authors argue the need for a systemic approach in the development of national information infrastructure. In addition to this compartment, we could mention that for this purpose a fairly balanced systemic approach is required, which would provide:

- determining external influence factors, imposed by the level of development of the international information infrastructure, which must be taken into account in solving the problems of development of telecommunications networks in the Republic of Moldova;
- defining the functionality of the system;
- determining all the basic components of the system, i.e. defining the system boundaries and research in the field, respectively;
- internal territorial and functional structuring of the system in accordance with internal factors (local requirements for the volume and quality of communications services, the already existing level of development of communications networks in the given area, the priorities imposed by government strategies in the field of economic development of the various administrative territories, etc.).

Even starting with the design phase, which is one of the most difficult and responsible steps in the deployment of communications systems, as it should provide the closest possible variant of the network, in the light of the cost-effectiveness criterion, it is important to understand what tasks are planned to be solved with the designed network. A determining factor would be the type of

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 și funcționalitate maximă pentru a putea fi gata de introducerea unor noi servicii și conectarea noilor clienți. Pe de altă parte, pentru operatorii 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 [5].

Există o multitudine de parametri de rețea, ale căror valori se schimbă, în mod constant, în timp real: gradul de încărcare a canalelor în orele de vârf și în mediu pe parcursul perioadei, încărcarea resurselor echipamentelor de sistem, numărul de rute, întârzieri de pachete etc.

Însăși, alegerea componentelor pe care se va baza arhitectura rețelei depinde de mai mulți parametri. Mai mult ca atât, parametrii înșiși pot depinde, de asemenea, 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, sunt: **gama serviciilor prestate; capacitatea; topologia; siguranța; scalabilitatea; operarea și mentenanța; bugetul.**

Totodată, trebuie de luat în considerație că înainte de soluționarea problemei de optimizare a costurilor pentru lucrările 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 strategiile internaționale. În special, pentru optimizarea costurilor de întreținere și dezvoltare a rețelei de comunicații electronice, o atenție deosebită merită acordată componentelor de bază legate de topologie.

services intended to be delivered. For example, telecommunications operators strive to take a leading position in the services market, which is why profit indicators are important to them. It follows from this, as a rule, that at every moment, the network must have the best indicators and maximum functionality in order to be ready for the introduction of new services and the connection of new customers. On the other hand, for small operators, the range of loads is quite limited and almost does not change over time and in this case, as a rule, networks are limited by functionality and by performance margin [5].

There is a multitude of network parameters, the values of which are constantly changing in real time: the degree of channel loading during peak and average hours during the period, the loading of system equipment resources, the number of routes, package delays, etc.

The choice of components on which the network architecture will be based depends on several parameters. Moreover, the parameters themselves may also depend on each other. This is similar to solving equations with multiple variables – substituting the values of one variable affects the values of others. The basic components necessary to initiate the design of the electronic communications network are: **the range of services provided; capacity; topology; safety; scalability; operation and maintenance; the budget.**

At the same time, it must be taken into account that before solving the problem of optimising the costs of the work of developing the networks themselves, a number of technical, social and general development problems, imposed by international strategies, must be carried out. In particular, in order to optimise the costs of developing the electronic communications network, particular attention is worth drawing to the basic component related to topology.

### **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 atunci când se face 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 rețelilor de comunicații presupune metode diferite, iar aceste metode au o mare influență în rețea [6, p.14].

Sistemele de comunicații electronice, 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 clasificate în două mari categorii, care se disting prin modul de organizare și pot fi: celulare și necelulare. Pentru categoria rețelilor celulare este specifică acoperirea suprafețelor mari, de cele mai multe ori la nivelul unei țări, însă cele din categoria rețelilor necelulare sunt indicate la soluționarea problemelor de conexiune pe anumite zone, fie în zone rurale sau suburbane (macro-cells), cu locuințe (puncte de conectare) dispersate, fie în zone aglomerate, dar cu dimensiuni relativ reduse, cum ar fi târguri, expoziții, fie în jurul unor zone rezidențiale (pico-cells) etc. [7, p. 2].

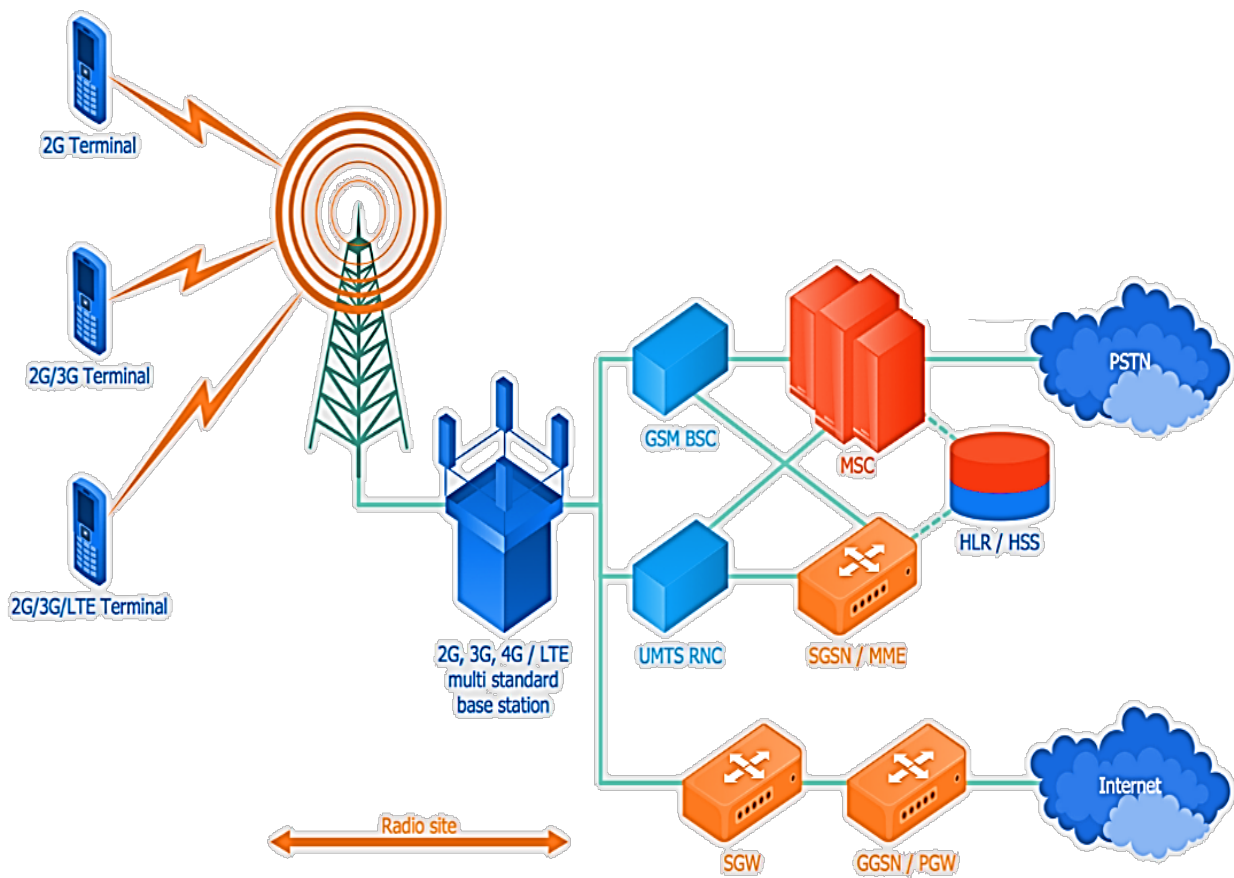
Schema tipică de organizare a unei rețele de comunicații mobile este reprezentată în figura 1.

### **Determination of telecommunications network topology**

Often, for the telecommunications network topology definition, reference is made to the physical layout in the field of the elements constituting a communications network or a computer network. As a result, topology is an established term, used when referring to the spatial configuration of the network and as a result determines its performance to a good extent. The choice of a particular topology influences both the type of equipment required and the amount reserved for free ports/nodes to be able to expand the network, as does the way the network is managed. The multiplicity of communication network topologies involves different methods, and these methods have a great influence on the network [6, p. 14].

Electronic communications systems can now be achieved using various solutions based on advanced technologies through both wired links and radio channels. Thus, electronic radio communications networks can be classified in two broad categories that are distinguished by the organization mode into: cellular and non-cellular. For the category of cellular networks, the coverage of large areas is specific, but those in the category of non-cellular networks are indicated for the resolution of connection problems in certain areas, either in rural or suburban areas (macro-cells), with dispersed connection points or in congested areas, but of relatively small size, such as fairs, exhibitions, or around residential areas (pico-cells), etc. [7, p.2].

The typical scheme for the organisation of a mobile communications network is shown in figure 1.



**Figura 1. Schema tipică a unei rețele de comunicații mobile/  
Figure 1. Typical scheme of a mobile communications network**

*Sursa: sugerată din [8] / Source: suggested from [8]*

Toate stațiile de bază sunt conectate la concentratoarele stațiilor mobile (RNC/BSC) prin intermediul unor canale dedicate de comunicații prin cablu sau radio releu (figura 1). 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) constituie subrețeaua Core-CS. Nodul SGSN/GGSN, formând subrețeaua Core-PS, este responsabil pentru livrarea pachetelor de

All base stations are connected to mobile station concentrators (RNC/BSC) via dedicated cable or radio relay channels (figure 1). The Switchcentre (MSC) is the component of the system that interfaces the base station system of a cellular network with other communication networks (i.e. PSTN). At the same time, MSC is the call switching station with subscribers from other mobile networks or for communications that take place within its network. The Switching Center shared with the Register of Visitor Subscribers (VLR) and the Register of Own Subscribers (HLR) form the Core-CS subnet. The SGSN/GGSN node, forming the Core-PS subnet, is responsible for delivering data packets to and from mobile stations within

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.

În acest caz bazat pe rețelele de comunicații electronice radio, 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 și luând în considerare posibilitățile utilizării antenelor direcționale și a stațiilor de bază adiacente pentru acoperirea creșterii de trafic în orele de vârf ș.a.

#### **Rezultatele obținute și discuții**

Reieșind din faptul că piața de comunicații voce a cunoscut o dezvoltare explozivă, în ultimele decenii s-a accelerat dezvoltarea de noi rețele de comunicații electronice, care la rândul lor, pe întreg ciclul de viață, sunt dependente de o schimbare constantă a numărului de abonați activi, volumul traficului și distribuția acestora pe teritoriul deservit. În plus, există modificări sezoniere (periodice) în volumul traficului și în distribuția teritorială a acestora. Pentru a garanta satisfacția clientului, configurația rețelei trebuie să acopere aceste schimbări, ceea ce impune ca procesul de planificare să aibă un aspect continuu [9].

Dacă e să analizăm componentele 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, inclusiv algoritmul Bahl-Tand. Toți acești

its service area. The SGSN tasks include the functionalities of:

- routing packages,
- transfer of packages,
- mobility management,
- location management.

In this case, based on radio electronic communications networks, the parameters of the system shall be carefully measured or calculated to determine the minimum number of base stations providing satisfactory service to subscribers throughout the territory, determining the optimal location of the base station taking into account the profile of the terrain, taking into account the possibilities of using directional antennas and adjacent base stations to cover traffic growth during peak hours, and so on.

#### **Results obtained and discussions**

Given the fact that the voice communications market has experienced explosive development in recent decades, the development of new electronic communications networks has accelerated, which in turn, throughout the life cycle, are dependent on a constant change in the number of active subscribers, the volume of traffic and its distribution in the territory served. In addition, there are seasonal (periodic) changes in traffic volume and territorial distribution. In order to guarantee customer satisfaction, the network configuration must cover these changes, which requires that the planning process have a continuous appearance [9].

If we look at the theoretical aspects of mobile communications network planning, we can conclude that at a high density of subscriber location in the territory, it is appropriate to build subscriber networks using data concentrators. Data-concentration subscriber network optimization algorithms are known: add ADD concentrators, remove DROP concentrators, remove branches, (Frazer algorithm), COM grouping and New Clust, Bahl-Tand algorithm. All of these algorithms pro-

algoritmi prevăd folosirea unui singur tip de canale de transfer date [3, p.142].

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 de utilizare a metodelor euristice și adaptarea acestora la obiectivele propuse [10, p. 272].

Însă, utilizarea algoritmilor euristici, în forma lor clasică, nu duce la rezultatele scontate, deoarece pentru rezolvarea anumitor probleme referitoare la topologia rețelilor de comunicații electronice este nevoie mai degrabă de rezultate „acceptate”, decât de soluții optime care de facto sunt generate de algoritmi „greedy”, așa ca Kruskal, Prim, Dijkstra etc. Cu atât mai mult, am putea afirma că utilizarea algoritmilor euristici cu parametri configurați, pentru soluționarea unor anumite situații specifice, poate să nu aibă un efect scontat atunci când se aplică și alte valori, cum ar fi: fiabilitatea; indicatorii 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-optimă.

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 cazul punerii în aplicare a noilor iterații ale algoritmilor euristici.

Eficiența rezolvării sarcinilor enumerate va influența asupra calității rezultatelor obținute, iar, după cum sinteza topologiei rețelei este legată de cheltuieli majore la trasarea rețelilor de rezervă și la deservirea acestora, la fel ca și plata pentru închirierea rețelilor sau a spațiilor pentru instalarea echipamentelor de rețea, în acest caz, calitatea soluțiilor obținute are o importanță majoră.

vide the use of a single type of data transfer channels [3, p.142].

For large networks with a complex structure, the realization of exact methods, which would define optimal topology, is practically impossible. In this context, there is a need to use heuristic methods and adapt them to the proposed objectives [10, p. 272].

However, the use of heuristic algorithms in their classical form does not lead to the expected results, because for certain problems related to the topology of electronic communications networks, “accepted” results are needed, rather than optimal solutions that are de facto generated by “greedy” algorithms, such as Kruskal, Prim, Dijkstra, etc. Moreover, we could say that the use of heuristic algorithms with configured parameters to solve a specific problem may not have an expected effect when other values are applied such as: reliability, quality indicators, the admissibility of network equipment (software and hardware solution). As a result, an increase in the number of iterations of heuristic algorithms will not have the expected effect due to premature convergence to a quasi-optimal solution.

It is therefore necessary to develop changes in heuristic algorithms for which their parameters are adapted to the tasks proposed for the development of the network topology according to the basic indicators of the electronic communications network, such as the frequency and modulation of channels, and to provide for their variation in the implementation of new iterations of the heuristic algorithms.

The efficiency of solving the listed tasks will influence the quality of the results obtained and, as the synthesis of the network topology is linked to major expenditure on the mapping of reserve networks and their service, as well as the payment for renting networks or premises for the installation of network equipment, in this case the quality of the solutions obtained is of major importance.

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 neconexe 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 algo-

In exploiting heuristic optimization algorithms it is necessary to develop an algorithm to determine the correctness of the solutions generated, that is, to transfer them within an admissible range of solutions. If the solutions generated as a result of the operation of the heuristic algorithms do not fall within the permissible range of solutions according to the reliability and cost criteria, then it is necessary to apply the correction algorithms. Before applying the correction algorithms it is necessary to verify that the network structure is connected, and if it is not related, algorithm 1 linking the non-intersectable subgraphs of the original graph must be performed with the edges of the minimum costs.

#### **Algorithm 1. Correction of the network connection**

The given algorithm consists of 9 steps as follows:

- Steps 1.* Check the solution if it is connected. If the check is successful (the graph model is connected) then proceed to stage 9, otherwise proceed to stage 2;
- Steps 2.* Randomly select the node  $v_i$  from  $V$  of the non-connected structure obtained;
- Steps 3.* There are a lot of nodes  $V'$ , accessible from the node  $v_i$ ;
- Steps 4.* Any node is selected  $v_j$  in  $V \setminus V'$ ;
- Steps 5.* There are a lot of nodes  $V''$ , accessible from the node  $v_j$ ;
- Steps 6.* The nodes are located  $v_a$  and  $v_b$  which are most distant from each other (according to the cost criterion), so that  $v_a \in V'$  and  $v_b \in V''$ ;
- Steps 7.* Complete the topology obtained with a link channel between nodes  $v_a$  și  $v_b$ ;
- Steps 8.* Return to stage 1;
- Steps 9.* End.

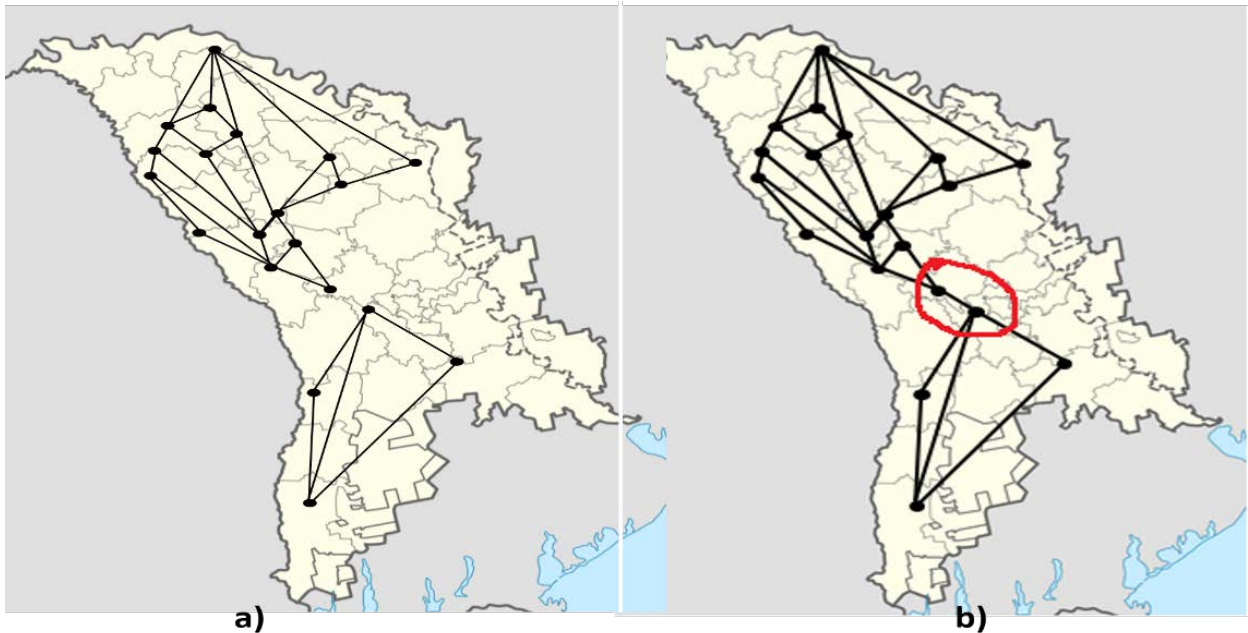
If the necessary solution is not obtained in the process of resolving the task of ensuring a certain level of structural reliability as a result of the operation of the algorithm, then all the best solutions obtained shall be modified to ensure the predetermined level of reliability.



ritmului, nu se obține soluția necesară, atunci totalitatea celor mai bune soluții obținute se modifică, pentru a asigura nivelul de fiabilitate prestabilit.

Exemplu al funcționării algoritmului de corectare a conexiunii rețelei este reflectat în figura 2.

An example of the operation of the network connection correction algorithm is reflected in figure 2.



**Figura 2. Exemplu al funcționării algoritmului 1;**

**a) topologie neconexă; b) topologie conexă/**

**Figure 2. Example of operation of algorithm 1;**

**a) non-connected topology; b) connected topology**

*Sursa: elaborată de autor/ Source: produced by the author*

**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 găsesc toate secțiunile minimale sau cele mai instabile

**Algorithm 2. Correcting solutions to achieve the reliability index reference value**

The given algorithm consists of 4 steps, as follows:

*Steps 1.* Checking the solution according to the reliability index reference value shall be performed. If the value of the reliability solution is not less than the minimum solution set, then proceed to stage 4;

*Steps 2.* Using the minimum network sectioning method, all the minimum or most unstable sections (sections with the highest probability of tolerance to failure) of the topology examined will be found;

(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 ale rețelei.

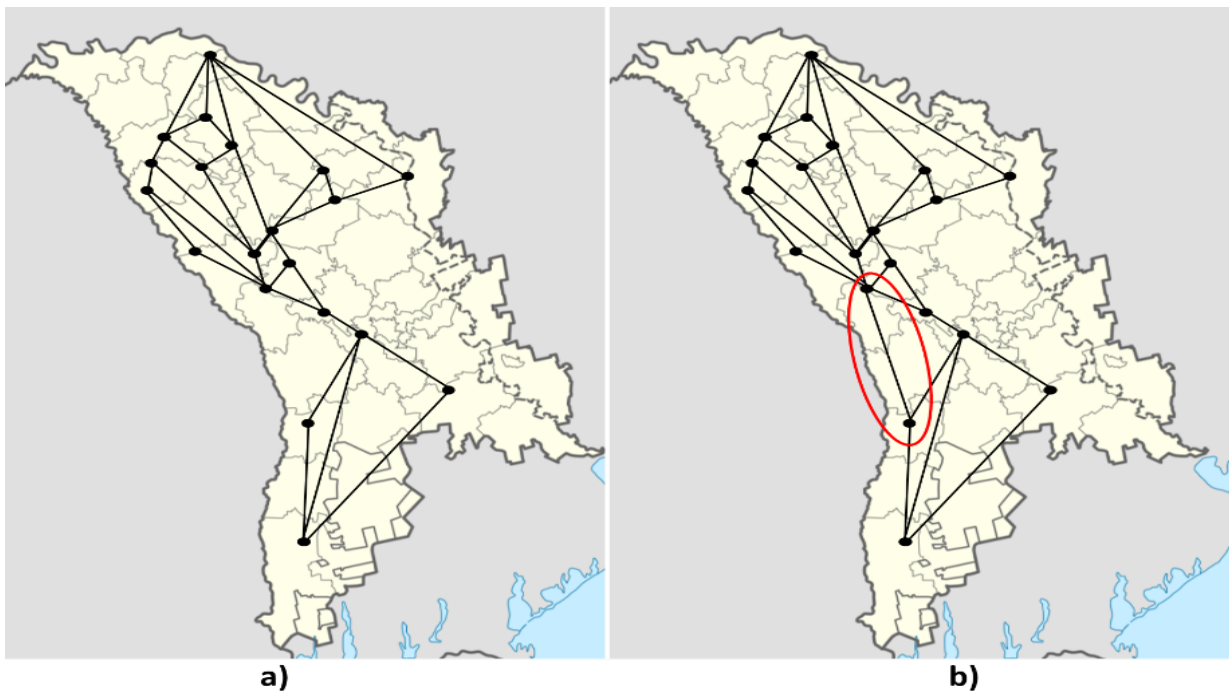
Exemplu al funcționării algoritmului de corectare a soluțiilor pentru atingerea valorii de referință a indicelui de fiabilitate este reflectat în figura 3.

*Steps 3.* Increase the strength of the section found on an edge and return to stage 1;

*Steps 4.* End.

During the operation of optimized algorithms often occurs the situation of increasing the reliability (safety) of the network structure on a predefined number of communication channels. The method that performs this type of correction is an iterative algorithm, where each iteration reallocates communication channels between network nodes. The purpose of this reallocation is to increase the reliability (safety) of the most unstable sectors of the network.

An example of the functioning of the solution correction algorithm to achieve the reliability index reference value is reflected in figure 3.



**Figura 3. 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/**

**Figure 3. Example of operation of algorithm 2;**  
**(a) topology with a minimum section size equal to 1;**  
**b) topology with minimum section size, equal to 2**

*Sursa: elaborată de autor/ Source: produced by the author*

**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 găsesc 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 corectare a soluțiilor, conform indicatorului de siguranță la limitarea numărului de canale de comunicare, este reflectat în figura 4.

**Algorithm 3. Correct solutions according to the safety indicator when limiting the number of communication channels**

The given algorithm consists of 7 steps as follows:

*Steps 1.* At this stage, using the minimum network sectioning method, the most unstable sections (those most likely to be tolerance to failure) of the topology examined will be found;

*Steps 2.* Check the solution according to the structural reliability reference value. If the verification procedure is carried out successfully (the value of the reliability of the solution will not be less than the minimum required), then it will proceed to stage 5;

*Steps 3.* Add one edge to each minimum section identified in step 1;

*Steps 4.* Return to stage 1;

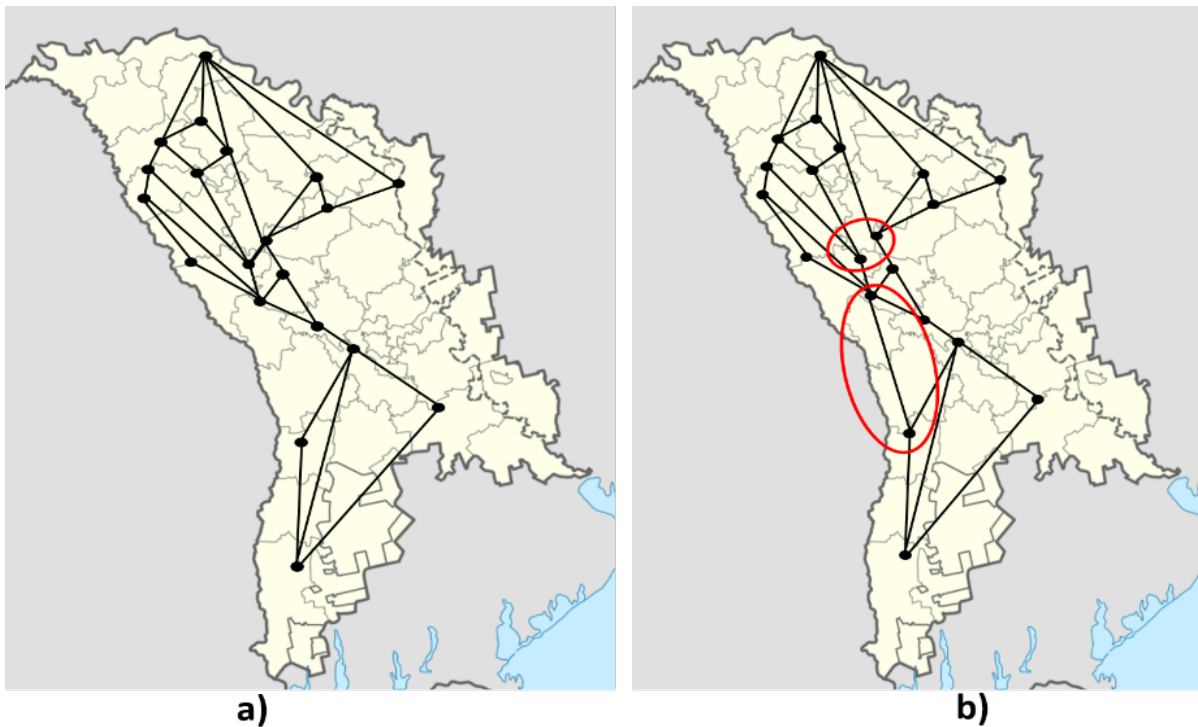
*Steps 5.* The set of H-edges that have not been included in the minimum sections identified in step 1 shall be formed;

*Steps 6.* Randomly exclude the edges from the H crowd until the solution does not meet the restrictions that relate to the number of edges. If the H set is empty and the solution will not satisfy the restrictions on the number of edges, then this solution will be excluded from those examined, because the given solution cannot be corrected using algorithm 3;

*Steps 7.* End.

If a solution with a predefined reliability index value is obtained and has an unacceptably high cost, then an attempt will be made to modify it in such a way as to reduce this cost.

Example of the operation of the solution correction algorithm according to the safety indicator when limiting the number of communication channels is reflected in figure 4.



**Figura 4. Exemplu al funcționării algoritmului 3;**  
**a) topologie cu capacitatea secțiunii minime, egală cu 1;**  
**b) topologie cu capacitatea secțiunii minime, egală cu 2/**

**Figure 4. Example of operation of algorithm 3;**  
**(a) topology with the capacity of the minimum section, equal to 1;**  
**b) topology with minimum section capacity equal to 2**

*Sursa: elaborată de autor/ Source: produced by the author*

**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 găsesc cele mai instabile secțiuni (secțiuni cu cea mai mare probabilitate de toleranță la eșec) a topologiei examinate;

**Algorithm 4. Correct solutions according to the minimum cost indicator with reliability indicator**

The given algorithm consists of 8 steps as follows:

*Steps 1.* At this stage, check the solution according to the cost index. If the verification has been carried out successfully (the value of the cost of the solution is not greater than that permissible), then it will proceed to stage 8, otherwise it will proceed to stage 2;

*Steps 2.* At this stage, using the minimum network sectioning method, the most unstable sections (sections most likely to tolerance to failure) of the topology examined will be found;

*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 corectare a soluțiilor conform indicatorului de cost cu pierderi minime a indicatorului de fiabilitate, este reflectat în figura 5.

*Steps 3.* The crowd is forming  $E^{cut}$ , consisting of edges where each edge shall be included in at least one of the sections found in steps 2;

*Steps 4.* The crowd is forming  $E^r = E^* \setminus E^{cut}$ .

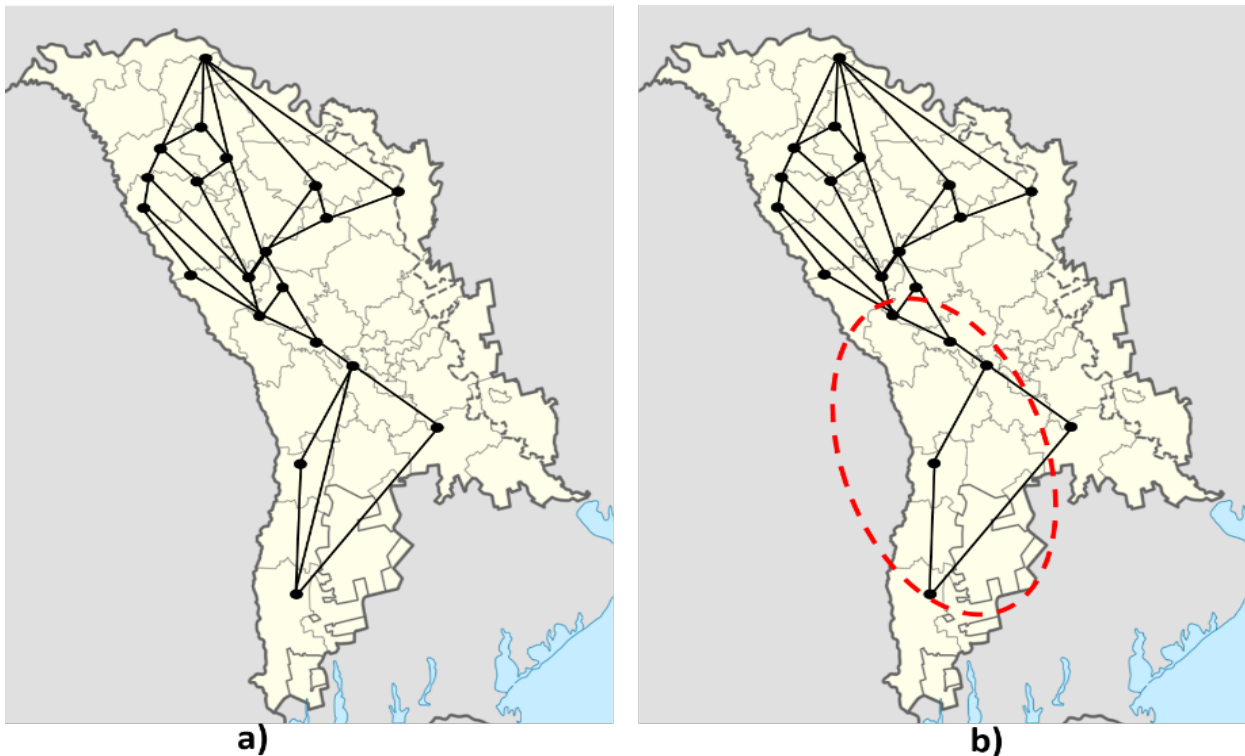
*Steps 5.* Searching in the crowd  $E^r$  the most expensive edge  $e^{r-max}$ ;

*Steps 6.* Exclude  $e^{r-max}$  from the solution.

*Steps 7.* Return to stage 1;

*Steps 8.* End.

An example of the operation of the solution correction algorithm according to the minimum cost indicator of the reliability indicator is reflected in figure 5.



**Figura 5. 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/**

**Figure 5. Example of operation of algorithm 4;**

**a) initial topology;**

**b) topology with edge removed of maximum cost and maintenance of acceptable value of reliability according to the cost criterion**

*Sursa: elaborată de autor/ Source: produced by the author*

Totodată este necesar de subliniat că topologia prezentată în figurile 2-5, este una abstractă și, fiind modelată pentru teritoriul Republicii Moldova, structura acesteia ar putea fi explicată în conformitate cu numărul populației din zonele respective. Deoarece, la sud avem mai puțină populație, respectiv, și o infrastructură mai slabă în comparație cu cele din partea de centru și nord a țării.

### **Concluzii**

În articolul 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 rețelelor propriu-zise, trebuie de realizat un șir de probleme de ordin tehnic, social, dar și de strategie generală de dezvoltare, impuse de strategiile internaționale, printre care pot fi enumerate: 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 necesară o reorganizare completă a acesteia.

Eficiența rezolvării sarcinilor, care determină topologia optimală, poate fi considerată ca o condiție de bază pentru optimizarea costurilor dezvoltării rețelei de comunicații electronice, conform [11]-[12], 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, conchidem că calitatea soluțiilor obținute are o importanță majoră.

At the same time, it is necessary to underline that the topology presented in figures 2 to 5, is an abstract one and being modeled for the territory of the Republic of Moldova, its structure could be explained according to the population number in the respective areas. Because, in the south, we have less population, and we also have a weaker infrastructure compared to those in the central and northern parts of the country.

### **Conclusions**

The given article analysed the basic conceptual conditions for optimising the costs of developing electronic communications networks, which would enable the creation of models and algorithms for cost evaluation and optimisation in compliance with basic quality requirements.

At the same time, it must be taken into account that before solving the problem of optimising the costs of the network development works themselves, a number of technical, social and general development problems must be carried out, imposed by international strategies, including the determination of the topology of the telecommunications network, as well as the development of methods for correcting solutions in order to obtain accessible network topologies.

Regardless of the projected capacity of the electronic communications network, sooner or later it will inevitably be exceeded and a complete reorganisation of the network may be required at a certain stage of the network's life.

The efficiency of task solving that determines optimal topology can be considered as a basic condition for optimising the costs of the development of the electronic communications network, according to [11]-[12], and as the synthesis of the network topology is linked to major expenses in the mapping and service of backup networks, as well as the payment for renting networks or premises for the installation of network equipment, we conclude that the quality of the solutions obtained is of major importance.

**Bibliografie/Bibliography:**

1. ANDRONATIEV, Victor. Elaborarea și cercetarea modelelor și algoritmilor de eficientizare a utilizării resurselor rețelelor informatice locale. Teza de doctor în economie. *Teza susținută pe 30 octombrie 2009 în CSS și aprobată de CNAA pe 18 martie 2010.* Academia de Studii Economice din Moldova, Chișinău, 2010. 192 p.
2. BOLUN, Ion. Rețelele informatice în societatea modernă. În: *Tendențe în dezvoltarea tehnologiilor informaționale și comunicaționale în domeniul învățământului și managementului: conf. internaț., 20-21 martie 2003.* Chișinău: Editura ASEM, 2003. p. 31-45, ISBN 9975-75-179-2
3. BOLUN, Ion. *Macrosinteza rețelelor de calculatoare.* Chișinău: Editura Academia de Studii Economice din Moldova, 1999. - 265 p.
4. BOLUN, Ion; CIUMAC, Anatol. Configuration of local area network set of servers. In: *Computer Science Journal of Moldova*, vol. 10, No. 2(29), 2002. Chisinau: IMCS. p. 99-124, ISSN 1561-4042, (1,6 c.a.).
5. НАЗАPOB, И. *Развитие и оптимизация телекоммуникационных сетей* [online]. 2013 [citat 10.12.2020]. Disponibil: [lib.secuteck.ru/articles2](http://lib.secuteck.ru/articles2)
6. ANDREI, Ilie. *Rețele de telecomunicații.* Partea I. București: Ed. Printech, 2009. 78 p.
7. Rețele de comunicații mobile [online]. 2006 [citat 12.12.2020]. Disponibil: <http://www.ms/r.pdf>
8. ITU-D Study Group 1. 6th Study Period 2014-2017. In: *Final report "Broadband access technologies, including IMT for developing countries"* [online]. [citat 12.12.2020]. Disponibil: <http://handle.itu.int/11.1002/pub/80ec6eb0-en>. ISBN 978-92-61-22601-5.
9. Мобильные системы связи [online]. [citat 17.12.2019]. Disponibil: <https://siblec.ru/telekommunikatsii/mobilnye-sistemy-svyazi#14>
10. АЛАШОВА, 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.
11. 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. *Economica*, An.XXVIII, nr.2 (108), iunie 2019. 10/3, p.103-117, ISSN 1810-9136
12. 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. *Conferință științifică internațională Competitivitate și inovare în economia cunoașterii, 28-29 septembrie 2018*, ASEM, Chișinău, p.40-42. E-ISBN 978-9975-75-934-2., 5/na