MODELELE MATEMATICE A CALITĂȚII REȚELELOR DE COMUNICAȚII MULTIFUNCȚIONALE ŞI SERVICIILOR

Țurcanu D.N., Nistiriuc P.P., Alexei A.S., Baxan L.V., Bejan N.P., Nistiriuc A.P., Iazlovețchi M.L., Finciuc S.I., Chihai A.Gh., Țurcanu T.P.
Universitatea Tehnică a Moldovei
dinu.tsurcanu@gmail.com

Abstract. *In this paper analyzes mathematical models of quality of multiservice networks of comunications and quality of service.*

Cuvinte-cheie: *modele matematice, rețele de comunicații multifuncționale, calitatea serviciilor QoS (Quality of Service).*

I. Introducere

Modelele matematice joacă un rol important în mentenanța, managementul şi asigurarea calității de deservire în rețelele de comunicații multifuncționale.

II. Partea de bază

Legătura dintre calitatea rețelelor de comunicații multifuncționale (RCM) şi calitatea serviciilor.

Articolul fundamental despre calitate aprobat în standardele internaționale ITU ale seriei 900, prevede un sistem de măsuri care acționează în decursul ciclului de viață a produsului. Ciclul de viață a produsului reprezintă o totalitate de procese legate reciproc de modificarea stării produsului de la momentul creării până la utilizare. De regulă, ciclul de viață se reprezintă sub formă de model, care constă din etape consecutive, ce se caracterizează prin particlaritățile şi rezultatele lucrărilor îndeplinite la fiecare etapă formând o spirală a calității.

Luând în considerare, că RCM a operatorului şi serviciul în principiu sunt produse, vom reprezenta decurgerea etapelor ciclului de viață a lor sub formă de spirală a calității RCM şi serviciului, care sunt reprezentate în fig.1.

Conform modelelor reprezentate în fig.1, la etapa de marketing se studiază cerințele beneficiarilor către RCM a operatorului sau către serviciu, iar apoi în baza lor se formează sarcina de proiectare. În continuare la etapa de elaborare ele se realizează sub formă de proiect şi după asigurarea materială-tehnică corespunzătoare se produce sau se realizează cu acel nivel al calității, care este fixat în procesul de elaborare. Cu scopul de a stabili corespunderea sarcinii de proiectare a calității RCM şi serviciului, obținută în rezultatul producerii şi realizării, ele se expun la încercări. În cazul obținerii rezultatului pozitiv, în procesul expunerii la încercări, RCM a operatorului trec în regimul de exploatare experimentală şi concomitent sunt propuse beneficiarilor, iar serviciul se instalează în rețeaua beneficiarului. La etapa următoare RCM a operatorului şi serviciul se verifică cu scopul de a stabili corespunderea cerințelor beneficiarului. După achiziționarea şi confirmarea corespunderii, RCM şi serviciul încep să se exploateze şi să se mențină la nivelul necesar. Pentru asigurarea capacității de funcționare a RCM şi confirmării prestării serviciului de calitate necesară la următoarea etapă a ciclului de viață se înfăptuieşte deservirea şi controlul atât a RCM, cât şi a serviciului.

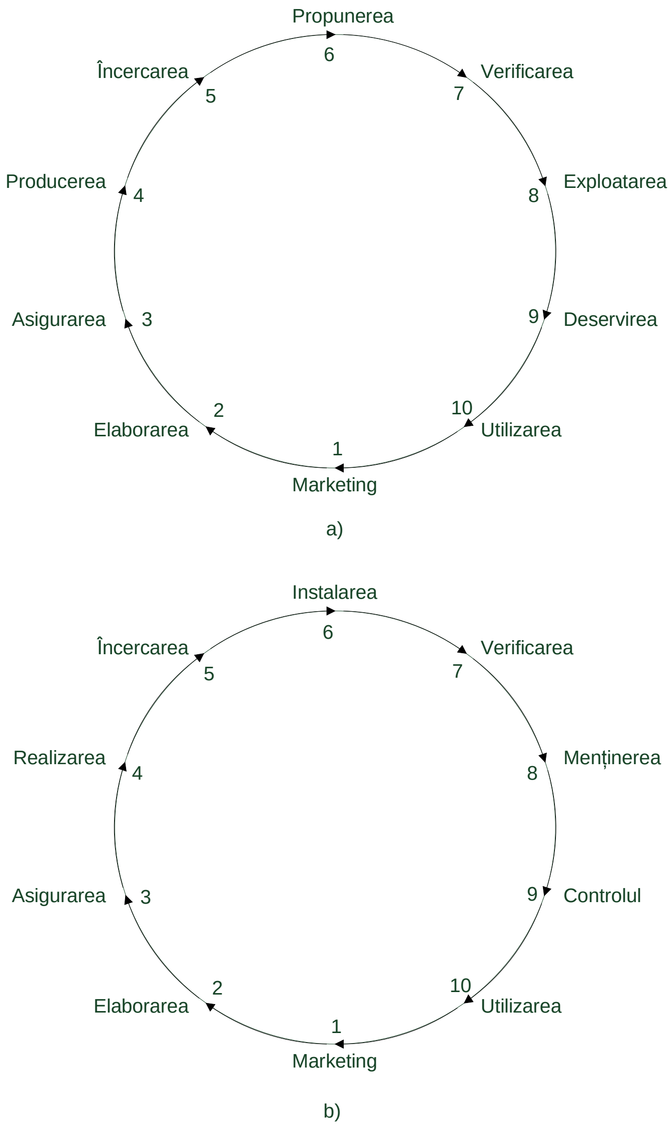

Fig. 1. Stadiile ciclului de viață a operatorului (a) şi serviciului (b)

Este evident că durata utilizării RCM şi serviciului depinde de uzura morală a lor şi exploatării corecte de către utilizatori. De aceea, până la utilizarea RCM şi serviciului se înfăptuieşte sau modernizarea lor, sau studierea posibilităților noilor realizări tehnologice cu trecerea lentă la etapa de marketing şi inițiind astfel o nouă spiră de activitate în domeniul calității.

Astfel, conform modelelor analizate în [1], sistemul calității poate fi reprezentat ca un ansamblu al structurii organizatorice, resurselor, metodelor şi proceselor de asigurare a calității RCM şi serviciului în decursul ciclului lor de viață.

Pentru a analiza schimbarea calității în decursul ciclului de viață a RCM şi serviciului, transformăm spirele corespunzătoare a calității în funcțiile temporale a calității RCM *Q(t)* şi serviciului $QoS(t)$. Cu acest scop vom introduce indicii de calitate corespunzători a RCM j_i şi serviciul y_i, care pot fi exprimați prin următoarele formule:

$$j_i = \frac{h_i \cdot t_i}{\sum_i h_i \cdot t_i}, \qquad (1)$$

$$y_i = \frac{m_i \cdot t_i}{\sum_i m_i \cdot t_i}, \qquad (2)$$

unde h_i, m_i şi t_i, t_i sunt cheltuielile şi duratele etapei i a ciclului de viață corespunzător pentru RCM a operatorului şi serviciului.

Prin urmare, nivelul calității, realizat la fiecare din etapele ciclului de viață, poate fi exprimat pentru RCM a operatorului prin relația $Q_i = j_i \cdot Q$, iar pentru serviciu – $(QoS) = y_j \cdot (QoS)$, unde $i, j \in 1,2,...,10.$ Atare dependență va poseda forma funcțiilor în treaptă, aproximarea cărora prin linie continuă pentru $Q(t)$ şi prin linie punctată pentru $QoS(t)$ sunt reprezentate în fig.2.

Conform caracterului dependențelor din fig. 2 se poate de făcut concluzie, că începând cu etapa de marketing, pentru care nivelele calității RCM şi serviciului obțin corespunzător valorile Q_1 şi $(QoS)_1$, calitatea lor brusc sporeşte, atingând valoarea maximă Q_4 la momentul de finisare a instalării RCM şi realizării serviciului $(QoS)_4$. După aceste etape şi până la finisarea exploatării RCM şi serviciului, când nivelele calității se reduc până la valoarea minimă admisibilă, egală corespunzător cu Q_9 şi $(QoS)_9$, se declanşează procesul de utilizare, pentru care valoarea calității tinde la zero.

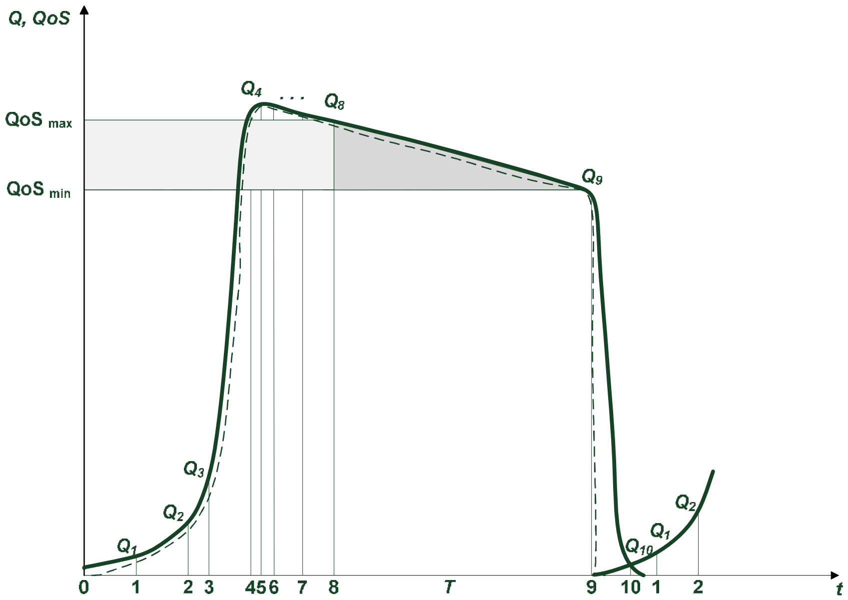

Fig.2. Dependențele temporale a calității operatorului şi serviciului

În continuare ne imaginăm, că serviciul reprezintă RCM, caliatatea cărora se schimbă în corespundere cu dependența din fig.2, şi de aceea în procesul de exploatare RCM teoretic poate să asigure calitatea serviciului în gama de la $(QoS)_{max}$ până la $(QoS)_{min}$ .Este evident, că durata de prestare a serviciului de anumită calitate va depinde de gama admisiblă de schimbare a calității în limitele $D(QoS) = (QoS)_{max} - (QoS)_{min}$ a intervalului de timp DT, care la rândul lor se determină de schimbarea calității RCM a operatorului $Q(t)$ în dependență de timpul ei de exploatare T. Este cazul să menționăm, că nivelul minim admisibil a calității serviciului nu este obligatoriu să fie valoarea, care se obține la finisarea exploatării RCM.

Cerințele beneficiaruui pot să determine atât nivelul minim al calității, cât şi un nivel mai sporit al calității, ceea ce pentru majorarea duratei de deservire necesită sau sporirea calității RCM sau micşorarea vitezei de reducere a calității. În cazul micşorării vitezei de reducere a calității poate fi utilizată dirijarea, care va stabiliza calitatea serviciului la un anumit nivel $(QoS)_{min} < (QoS)_{nom} < (QoS)_{max}$ în intervalul de timp $DT < T$, micşorând astfel gama de schibare a calității $D(QoS) \to min$.

Deoarece asupra calității sistemului cu excepția uzurii poate să exercite influență şi o serie de alți factori, atunci calitatea desrvirii este necesar de a fi analizată numai în combinație cu caliatatea RCM a operatorului. Aceasta necesită stabilirea legăturii reciprice a caracteristicilor RCM cu caracteristicile calității serviciului luând în considerare dependențele lor temporale, adică este necesar de a stabili dinamica dependenței calității serviciului QoS de calitatea RCM a operatorului *Q*, care poate fi exprimată în modul următor:

$$QoS(t) = f[Q(t)]. \quad (3)$$

Luând în considerare complexitatea şi diversitatea proceselor de funcționare a RCM şi de prestare a serviciului, ne vom limita cu unele modele matematice, care descriu cele mai esențiale proprietăți funcționale şi nefuncționale ale acestor procese. Totodată prin proprietățile funcționale ale RCM se subînțeleg acele aspecte ale RCM care determină ce şi cum trebuie să procedeze operatorul RCM pentru prestarea serviciului necesar, iar prin proprietățile nefuncționale se subînțeleg acele proprietăți, care determină caracteristicile necesare ale serviciului. Astfel, la proprietățile funcționale ale sistemului pot fi referite, de exemplu, modularea, demodularea şi transmisiunea prin mediul fizic a semnalelor, iar la proprietățile nefuncționale ale sistemului pot fi referite neliniaritata caracteristicii de modulare/demodulare, distorsiunile de frecvență, diferite genuri de întârzieri, erori, deranjamente, etc.

Indicii de asociere a acestor proprietăți pentru operator reprezintă calitatea RCM *Q(t)* şi calitatea serviciului QoS analizate mai sus.

Modele matematice al calității RCM şi serviciului

Este cunoscut, că orice proprietate ce caracterizează manifestarea fenomenului fizic, matematic poate fi exprimat prin valorile numerice obținute în rezultatul observărilor sau măsurărilor a mărimii fizice corespunzătoare. Schimbarea valorii numerice la rândul ei reflectă un oarecare proces fizic, care se modelează, de exemplu, prin variabila *r(t)*, coordonată de referința *t* al căruia nu depinde de fenomenul ce se analizează, însă numai indirect caracterizează condițiile de observare a procesului fizic. În calitate de atare coordonată de regulă se alege timpul, însă ea poate să posede şi un alt sens fizic, în particular, la stabilirea legăturii cauzei şi urmărilor, când fenomenul studiat este cauza sau urmare a altor fenomene.

Fie cauza fenomenului descris de variabila *r(t)* sau schimbarea proprietăților lui nu reprezintă coordonata de referință, însă reprezintă o altă proprietate a fenomenului dat sau a altui fenomen. Totodată vom considera, că ultimul fenomen se descrie de variabila *u(t).* De regulă, atare legătură a cauzei şi urmărilor între proprietățile fenomenelor descrise de variabilele *u(t)* şi *r(t)* se analizează corespunzător, ca acțiune (cauza) şi reacție sau răspuns (urmare) la acțiunea corespunzătoare.

Matematic atare legătură se modelează prin următoare dependență funcțională:

$$r(t) = j[u(t)] \equiv nu(t), \quad (4)$$

sau într-o formă simplificată

$$r = r(U) \equiv n(U). \quad (5)$$

În formulele (4) şi (5) n poate fi analizat ca un simbol al operatorului, care pune în corespundere numărul *r* numărului *u* sau ca un simbol a parametrului $n = r(u)/u$ a unei oarecare legături dintre cauză şi urmare.

Modelul matematic generalizat pentru RCM

RCM pot fi analizate sub formă de sisteme modelate autonome cu h intrări independente (puncte de acțiune şi reacții), care sunt unite prin legăturile corespunzătoare a cauzelor şi urmărilor. Atare RCM se descriu prin variabilele ce acționează la fiecare intrare i $(i = 1, 2, ..., h)$ şi prin dependența parametrilor fiecărei legături de acțiunile exterioare. Totodată proprietățile sistemului sunt determinate de reacțiile $r(i)$ la acțiunile date şi din punct de vedere analitic pot fi descrise prin intermediul următoarei ecuații funcționale:

$$f(r_1, r_2, ..., r_h, u_1, u_2, ..., u_h) = 0. \qquad (6)$$

Ecuația (6) poate fi transformată sub forma:

$$f_i(r_1, r_2, ..., r_h) = u \qquad (7)$$

unde $i = 1, 2, \dots, h$, ce corespunde următorului sistem de ecuații operaționale:

$$\sum_{i=1}^{h} b_{i,j} r_j = a_i u_i, \qquad (8)$$

unde $i = 1,2, \dots, h$.

Împărțind părțile din dreapta şi din stânga fiecărei ecuații i a sistemului (8) la parametrul a_i, vom obține sistemul de ecuații:

$$\sum_{j=1}^{h} w_{i,j} = u_i, \qquad (9)$$

unde $i = 1, 2, \dots, h$, iar prin împărțirea la $b_{i,i}$ – sistemul de ecuații:

$$\sum_{j=1}^{h} n_{i,j} r_j = n_{i,0} u_i, \qquad (10)$$

unde $i = 1, 2, ..., h$; $n_{i,j} = b_{i,j} / b_{i,i}; n_{i,i} = 1$; şi $n_{j,0} = a_i / b_{i,i}$.

Ecuațiile obținute corespunzător, sunt izomorfe următoarelor ecuații matriciale:

$$WR = U \qquad (11)$$

$$VR = V_0 U. \qquad (12)$$

În ecuația (11) R şi U reprezintă vectorii coloanelor variabilelor reacțiilor şi acțiunilor, iar W reprezintă matricea pătratică a parametrilor $w_{i,j}$. În ecuația (12) R şi $V_0 U$ sunt vectorii coloanelor variabilelor r_i şi $n_{i,0} r_i$, iar V este matricea pătratică a parametrilor $n_{i,j}$ cu elemente diagonale unitare.

Deoarece în cazul dat, fizic sunt independente numai variabile u_i, se poate de înfăptuit transformări echivalente, care conduc la modelul final al legăturii cauzei şi urmărilor, ce poate fi exprimat sub următoarea formă matricială:

$$R = FU \equiv W^{-1} U. \qquad (13)$$

Luând în considerare, că parametrii $w_{i,j}$ legăturilor cauzelor şi urmărilor în practică depind de acțiunile exterioare, inclusiv şi de timp, condițiile de lucru le vom reprezenta prin vectorul (mulțimea) $Z = [z_1, z_2, ..., z_m]$, componentele căruia sunt valorile discrete u_x sau t.

Cu evidența tuturor elementelor, modelul matematic al sistemului (RCM sau situației) poate fi reprezentat prin următoare ecuație funcțională:

$$f(r_1, r_2, ..., r_h, u_1, u_2, ..., u_h, w_1, w_2, ..., w_k, z_1, z_2, ..., z_m) = 0, \qquad (14)$$

sau la notarea parametrilor legăturilor prin simbolurile ecuației

$$WR - U = 0, \qquad (15)$$

vom obține ecuația operațională de forma:

$$P[\,R(Z),U(Z),W(Z),Z\,]=0\,, \qquad (16)$$

unde *R=R(Z), U=U(Z), W=W(Z)* sunt mulțimele (vectorii) elementelor modelului, care în caz general depind de condițiile de lucru; $k,m \in \overline{1,N}$.

Modelul matematic al calității RCM

Analogic poate fi reprezentat şi modelul matematic al calității RCM şi indicilor de comportare a RCM care le vom descrie prin intermediul variabilei *q(t)*, ce depinde de o oricare proprietate a RCM, în cazul dat de *r(t).* Atare legătură, după cum a fost arătat mai sus, matematic se modelează prin dependența funcțională (4) şi poate fi notată sub următoarea formă:

$$q(t)=j\,[\,r(t)\,]\equiv nr(t). \qquad (17)$$

Proprietățile sistemului în cazul dat sunt determinate de reacțiile *q(i)* la schimbările *r(i),* ce din punct de vedere analitic se descriu de următoarea ecuație funcțională:

$$f(\,q_1,q_2,...,q_h,r_1,r_2,...,r_h\,)=0. \qquad (18)$$

Ecuația (18) poate fi transformată sub forma:

$$f_i(\,q_1,q_2,...,q_h\,)=r_i\,, \qquad (19)$$

unde *i=1, 2, …, h* ce corespunde următorului sistem de ecuații operaționale:

$$\sum_{i=1}^{h} b_{i,j}q_j = a_i r_i\,, \qquad (20)$$

unde *i=1, 2, …, h.*

Împărțind părțile din dreapta şi din stânga fiecărei ecuații *i* a sistemului (20) la parametrul a_i, vom obține sistemul de ecuații:

$$\sum_{j=1}^{h} g_{i,j}q_j = r_i\,, \qquad (21)$$

unde *i=1, 2, …,h,* care este izomorf următoarei ecuații matriciale a calității:

$$GQ=R. \qquad (22)$$

În ecuația (20) *Q* şi *R* reprezintă vectorii coloanelor variabilelor calității (reacțiilor) şi proprietăților (acțiunilor) RCM a operatorului, iar *G* este matricea pătratică a parametrilor $g_{i,j}$ şi legăturilor reciproce a parametrilor $g_{i,j}$.

Luând în considerare, că relativ de calitate, variabilele r_i fizic sunt independente, atunci poate fi înfăptuită transformarea, care conduce la modelul de schimbare a calității RCM de la schimbarea parametrilor (proprietăților) RCM exprimată prin următoarea ecuație matricială:

$$Q=FR\equiv G^{-1}R. \qquad (23)$$

Cu evidența ecuației (13), ecuația calității în varianta finală va avea forma:

$$Q=G^{-1}W^{-1}U\,, \qquad (24)$$

care la notarea parametrilor de legătură prin simbolurile ecuației

$$GQ-W^{-1}U=0\,, \qquad (25)$$

ne permite să o reprezentăm în următoarea formă operatorială:

$$P[\,Q(Z),U(Z),G(Z),W(Z),Z\,]=0\,. \qquad (26)$$

În expresia (26) *Q=Q(Z)* reprezintă mulțimea (vectorii) elementelor modelului, care i-au în considerare calitatea RCM şi condițiile de funcționare a RCM; $U=(U_1,U_2,...,U_l)$ este vectorul variabilelor acțiunilor de la intrări; $W=(W_1,W_2,...,W_l)$ sunt parametrii modelului;

$G=(G_1,G_2,...,G_l)$ sunt parametrii legăturilor; $Z=(Z_1.Z_2,...,Z_l)$ este vectorul parametrilor acțiunilor (frecvența ciclică w, timpul procesului *t*, temperatura mediului amiant *T*, etc.); $l \in \overline{1,N}$.

Modelul matematic al calității serviciului

Fie calitatea serviciului prestat de operatorul RCM şi indicii de manifestare a serviciului se descriu prin variabila $q(t)$, care depinde de o oricare proprietate a RCM, de exemplu, de *r(t).* Atare legătură după cum a fost arătat mai sus, matematic poate fi modelată conform dependenței funcționale (4) obținând forma:

$$q(t)= f[r(t)] \equiv nr(t). \tag{27}$$

Proprietățile sistemului în cazul dat sunt determinate de reacțiile $q(i)$ la schimbările *r(i)* şi din punct de vedere analitic se descriu de următoarea ecuație funcțională:

$$f(q_1,q_2,...,q_h,r_1,r_2,...,r_h)=0. \tag{28}$$

Ecuația (28) poate fi transformată sub forma:

$$f_i(q_1,q_2,...,q_h)=r_i, \tag{29}$$

unde *i=1, 2, …, h,* ce corespunde următorului sistem de ecuații operaționale:

$$\sum_{i=1}^{h} b_{i,j}q_j = a_i r_i \tag{30}$$

unde *i=1, 2, …, h.*

Împărțind părțile din dreapta şi din stânga fiecărei ecuații *i* a sistemului (30) la parametrul a_i, vom obține sistemul de ecuații:

$$\sum_{j=1}^{h} d_{i,j}q_j = r_i, \tag{31}$$

unde *i=1, 2, …, h,* care este izomorf următoarei ecuații matriciale a calității:

$$Dq = R. \tag{32}$$

În ecuația (32) q şi *R* reprezintă vectorii coloanelor variabilelor calității serviciului (reacțiilor) şi proprietăților (acțiunilor) RCM, iar *D* este matricea pătratică a parametrilor $d_{i,j}$ şi legăturilor reciproce a parametrilor $d_{i,j}$.

Luând în considerare, că în cazul analizat, variabilele r_i fizic sunt independente, atunci poate fi înfăptuită transformarea, care conduce la modelul de schimbare a calității serviciului de la schimbarea parametrilor (proprietăților) RCM exprimată prin următoarea ecuație matricială:

$$q = FR \equiv D^{-1}R. \tag{33}$$

Cu evidența ecuației (13) ecuația în varianta finală va avea forma:

$$q = D^{-1}W^{-1}U, \tag{34}$$

care la notarea parametrilor de legătură prin simbolurile ecuației

$$DQ - W^{-1}U = 0, \tag{35}$$

ne permite să o reprezentăm în următoarea formă operatorială:

$$P[Q(Z),U(Z),D(Z),W(Z),Z] = 0. \tag{36}$$

În expresia (36) $q = q(Z)$ reprezintă mulțimea (vectorii) elementelor modelului, care iau în considerare calitatea serviciului şi condițiile de prestare a serviciului; $U=(U_1,U_2,...,U_l)$ este vectorul variabilelor acțiunilor de la intrări; $W=(W_1,W_2,...,W_l)$ sunt parametrii modelului; $D=(D_1,D_2,...,D_l)$ sunt parametrii legăturilor; $Z=(Z_1,Z_2,...,Z_l)$ este vectorul parametrilor acțiunilor (frecvența ciclică w, timpul procesului t, temperatura mediului ambiant T, etc.); $l \in \overline{1,N}$.

Optimizarea caracteristicilor RCM şi serviciului

În realitate frecvent apare necesitatea îmbunătățirii caracteristicilor RCM şi serviciilor prestate de operatorul RCM, ce poate fi realizată în rezultatul experimentelor desfăşurate sau nemijlocit la RCM (optimizarea fizică) sau prin intermediul modelului matematic al RCM (optimizarea matematică).

Luând în considerare ecuațiile matriciale (24) şi (34) poate fi stabilită legătura calității serviciului q de calitatea RCM Q prin intermediul următoarelor ecuații:

$$R = W^{-1}U, \tag{37}$$

$$Q = G^{-1}W^{-1}U, \tag{38}$$

$$q = D^{-1}GQ. \tag{39}$$

Astfel, RCM, calitatea RCM şi calitatea serviciului prestat de operatorul RCM pot fi descrise de sistemul de ecuații matriciale (37−39) unde $Q = Q(Z)$ şi $q = q(Z)$ sunt mulțimile (vectorii) elementelor modelului, care i-au în considerare calitatea RCM şi serviciului; $U = (U_1, U_2, ..., U_l)$ sunt vectorii variabilelor acțiunilor de la intrări; $W = (W_1, W_2, ..., W_l)$ sunt parametrii modelului; $G = (G_1, G_2, ..., G_l)$ şi $D = (D_1, D_2, ..., D_l)$ sunt parametrii legăturilor; $Z = (Z_1, Z_2, ..., Z_l)$ sunt vectorii parametrilor acțiunilor; $l \in \overline{1,N}$.

Procesul de optimizare se înfăptuieşte pentru acțiunile de la intrările prescrise prin schimbarea cauzei (parametrilor elementelor, adică a variabilelor independente a procesului) ce conduce la schimbarea urmării (reacțiilor intrărilor RCM care reprezintă variabilele independente a procesului).

În procesul de optimizare matematică, efectul de îmbunătățire a caracteristicilor se înregistrează conform proprietăților modelului, de exemplu, al ecuației (37), reprezentată sub formă de sistem al ecuațiilor funcționale (echilibrului):

$$P_i[X(Z), Z] = P[L_i, U(Z), R(Z)] = 0. \tag{40}$$

unde $i \in I_1, I_1 = \{1, 2, ..., m\}$ sau în formă matricială:

$$P[L, U(Z), R(Z)] = 0, \tag{41}$$

unde $Z = (Z_1, Z_2, ..., Z_l)$ este vectorul parametrilor (frecvența ciclică w, timpul procesului t, temperatura mediului ambiant T, etc.); $X = (X_1, X_2, ..., X_l)$ este vectorul variabilelor modelului, inclusiv variabilele acțiunilor de la intrările $U = (U_1, U_2, ..., U_l)$, variabilele intrărilor $R = (R_1, R_2, ..., R_l)$ şi parametrii elementelor modelului $L = (L_1, L_2, ..., L_l)$.

Divizăm m ecuații ale sistemului (40) într-un subsistem din m_1 ecuații de legătură, indicii cărora i obțin valorile din submulțimea I_2 şi în subsistemul din m_2 ecuații de bază (sau subsistemul de bază) cu indicii din submulțimea I_3. Este evident, că $m = m_1 + m_2$ şi $I_2 \subseteq I_1, I_3 \subseteq I_1$.

Variabilele modelului, valorile cărora pot fi prescrise aleator le vom numi independente şi le vom nota prin vectorul $X_{ind.} = (X_{ind.1}, X_{ind.2}, ..., X_{ind.n_1})$. Elementele vectorului $X_{ind.}$ sunt alese din vectorul $X = (X_1, X_2, ..., X_l)$, adică indicii variabilelor independente aparțin unei oricare submulțimi J_2 a mulțimii $J_1 = \{1, 2, ..., l\}$.

Variabilele modelului, care pentru $X_{ind.}$ prescrise sunt soluții a subsistemului ecuațiilor de bază $P[X(Z),Z]=0$ le vom numi dependente şi le vom nota prin vectorul $X_{dep.}=(X_{dep.1},X_{dep.2},...,X_{dep.n_2})$. Indicii acestor variabile aparțin submulțimii $J_3(J_3 \subset J_1)$.

Astfel, vectorul variabilelor *X* cu dimensiunea *n* se divizează în două blocuri:

$$X=\begin{bmatrix} X_{ind.} \\ X_{dep.} \end{bmatrix}, \tag{42}$$

care posedă corespunzător dimensiunile n_1 şi n_2.

Atare variabile pot fi mărimi scalare (care nu depind de *Z*) sau mărimi vectoriale (care depind de *Z*) sau multidimensionale. În caz general variabilele *X* sunt funcții dependente de parametrii, care pot să se schimbe continuu sau să obțină valori discrete $Z_{r1},Z_{r2},...,Z_{ri}$. În continuare vom utiliza variabilele de primele două tipuri, admițând în principiu posibilitatea reprezentării variabilelor şi în formă matricială.

La optimizarea RCM şi comportarea RCM urmează să luăm în considerare unele particularități prin care se deosebeşte comportarea însăşi a RCM de comportarea ce se obține în cazul modelării RCM. Astfel, spre deosebire de RCM, comportarea cărora întotdeauna se supune legilor fizice, ecuația (17), care reflectă atare legi, posedă soluții numai pentru anumite relații a variabilelor $X_1,X_2,...,X_n$. Ca urmare a acestui fapt funcția matematică care reprezintă criteriul de optimizare, trebuie să includă, de exemplu, următorii termeni ai sumei exprimată în formă aditivă:

$$m(X)=m_1+m_2=m_{1leg.}+m_{2baz.}+m_2, \tag{43}$$

unde m_1 este funcția ce include deficiența ecuațiilor (40); $m_{1leg.}$ este deficiența ecuațiilor de bază; m_2 reflectă nivelul criteriilor de optimizare, care a fost obținut în rezultatul optimizării.

Deoarece *X* întotdeauna satisface ecuațiilor de bază, deficiența $m_{2baz.}=0$, de aceea rezultatul de optimizare se va exprima prin valoarea minimă a funcției (17), care se obține prin minimizarea $m_{1leg.}$ şi m_2 şi alegerea variabilelor $X_{ind.}$ cu ajutorul metodelor de programare neliniară [2,3].

În prezent este cunoscut un număr de algoritme de optimizare generalizată a modelului, care posedă diferite posibilități de calcul. Atare deosebiri sunt cauzate, de regulă, de metodele diferite de divizare a vectorului *X* în variabile dependente şi independente şi descompunerea sistemului (40) în ecuații de bază şi în ecuații de legătură.

Din toate algoritmele cunoscute şi utilizate pentru soluționarea a astfel de probleme, vom analiza în calitate de exemplu, algoritmul de optimizare generalizată, în care se utilizează sistemul de ecuații al echilibrului modelului. Pentru aceasta vom introduce variabilele dependente $X_{dep.}$ şi independente $X_{ind.}$, numărul cărora n_1 şi n_2 satisfac limitărilor: $1 \le n_1 \le n-m$, iar $n_2 \ge n-m$, corespunzător. O particularitate a algoritmului optimizării generalizate reprezintă faptul, că $m_2=m$, adică toate ecuațiile sistemului (40) sunt analizate ca ecuații de bază, iar submulțimea $I_2=0$. Totodată variabilele dependente, care reflectă proprietățile modelului, se determină în procesul de soluționare a sistemului de ecuații.

Fie valorile numerice inițiale a variabilelor modelului $X_j=X_{j0}$ pentru $j \in J_1$ şi $J_1=\{1,2,...,m\}$, divizarea aleasă a vectorului *X* este determinată de submulțimea indicilor J_2 şi J_3 şi sunt prescrise metodele de formare a ecuațiilor sistemului (40) pentru $i \in I_1$ şi

$I_1 = \{1, 2, ..., m\}$ criterii de optimizare. Atunci, conform algoritmului analizat se înfăptuieşte următoarea consecutivitate de proceduri:

1. Se prescrie numărul inițial al iterației $K=0$;
2. Se formează ecuațiile de bază pentru $i \in I_3$ şi $I_3 = I_1$;
3. Pentru vectorul prescris a variabilelor independente $X_{ind.}$ se soluționează subsistemul ecuațiilor de bază relativ de vectorul variabilelor dependente $X^k_{dep.}$;
4. Se calculează criteriile de optimizare $y^k_1(X), y^k_2(X), ...$;
5. Se verifică condițiile de finisare a procesului $\left| y^k_r(X) \right| < e_r, r = 1, 2, 3, ...$;
6. La îndeplinirea acestor condiții procesul se întrerupe;
7. Dacă viteza procesului este insuficientă se înfăptuieşte trecerea la punctul 9;
8. Se determină vectorul sporirii variabilelor independente $DX_{ind.}$;
9. Presupunând $X^{k+1}_{ind.} = X^{k+1}_{ind.} + DX^k_{ind.}$, se înfăptuieşte trecerea la punctul 2;
10. Modificând submulțimea indicilor variabilelor independente J_2 pentru limitările $n_1 = n - m$, se înfăptuieşte trecerea la punctul 2.

Alegerea metodelor matematice de calcul al $X_{dep.}$, $DX_{ind.}$ şi criteriilor de evaluare a vitezei de îndeplinire a procesului pentru algoritmul prescris sunt neesențiale şi pot să apară numai la etapa de realizare.

Conform principiului independenței în vectorul $X_{ind.}$ se poate de inclus orice variabilă a modelului, ce pentru $n_1 \geq n - m$ conduce la mulțimea ($\sum_{r=1}^{n-m} C^r_n$, unde C^r_n este numărul de combinații) de realizări a problemei de optimizare, care se deosebesc prin divizarea vectorului X în blocurile $X_{ind.}$ şi $X_{dep.}$.

III. Concluzii

Sunt propuse modelele matematice a calității rețelelor de comunicații multifuncționale şi calității de deservire, care ne permit să analizăm întrebările QoS la toate stadiile de asigurare a QoS, începînd de la elaborarea serviciului prestat de operator, serviciile propriu-zise şi stabilirea acordurilor până la dirijarea cu diferite aspecte de rețea şi scopul realizării calității necesare a serviciilor, ce sunt legate succesiv cu politica de dirijare a QoS. Politica de dirijare, în esență, reprezintă un set de reguli şi funcții de dirijare cu indicii QoS şi se realizează prin acțiunea asupra anumitor evenimente, admițând posibilitatea de concentrare asupra aspectelor particulare a serviciului, de exemplu, asupra vitezei de transmisiune a datelor, securității, etc. Astfel oricare din aceste aspecte presupune determinarea QoS, formarea şi transmisiunea informației despre QoS, reprezentarea QoS.

IV. Referințe

1. Țurcanu D. Modelul calității serviciilor QoS în rețelele de comunicații multifuncționale, partea1. Meridianul ingineresc nr.2. UTM. Chişinău,2009. –p 43-47.
2. Țurcanu D. Modelul calității serviciilor QoS în rețelele de comunicații multifuncționale, partea2. Meridianul ingineresc nr.4. UTM. Chişinău,2009. –p 64-70.
3. Базара М., Шетти К. Нелинейное программирование. Теория и алгоритмы. –Москва: Мир, 1982
4. Химмельблау Д. Прикладное нелинейное программированиу. - Москва: Мир, 1975.