

## Mövzu – 11 və 12.

### Tədqiqat metodu ilə effektivlik kriteriyalarının seçilməsi, təhlili və tədqiqi

Yeni şəbəkə texnologiyaların tətbiqi ilə telekommunikasiyada müxtəlif informasiya sistemləri fəaliyyət göstərir və TM –a görə onların özünəməxsus qurulma prinsipləri mövcuddur. Lakin TS-in effektivliyinin qiymətləndirilməsi və onların seçilməsi hansı şərtlər daxilində, hansı kriteriyalarla aparılması elektrik rabitə nəzəriyyəsinin TM qarşısında duran problemlərdən biridir.

TS-də qoyulan məsələlərin həlli TM-a görə optimallaşma məsələlərinin həllinə gətirilir. Bu zaman ayrı-ayrı TS-in qovşaqlarının (veriliş sistemi, modem, kodek terminal kompleksləri, rabitə kanalları və s.) yox, bütövlükdə informasiya veriliş sisteminin optimallaşdırılması daha məqsədə uyğun hesab olunur.

İnformasiya veriliş sistemlərinin (İVS) xarakteristikalarının optimallaşdırılması və TS-nə seçimi çoxaddımlı mexanizmlər və alqoritmlər bazasında yerinə yetirilməsi əhəmiyyətli nəticələr verir. TS-inə iki böyük qrup xarakteristikalara görə seçim edilir və TM-da  $i$  – məlumatların ötürülməsi geniş aspektdə belə qiymətləndirilir:

$$Q_{TS} = \left\{ \max_i [E_{i,ef}, D_{i,man}] \right\}, \quad i = \overline{1, N} \quad (1.1)$$

burada  $E_{i,ef}$ ,  $D_{i,man}$  – telekommunikasiya sistemlərində  $i$  – məlumatların ötürülməsi zamanı effektivlik

$$E_{ef} = (E_{1ef}, \dots, E_{i,ef})$$

və maneəyədavamlılıq

$$D_{man} = (D_1, \dots, D_i)$$

xarakteristikalarının çoxluğu olub, informasiya veriliş sistemlərinin keyfiyyət və kəmiyyət göstəriciləri ilə təyin olunurlar.

İnformasiya və şəbəkə texnologiyaları bazasında telekommunikasiya şəbəkələrinin effektivliyini qiymətləndirmək üçün sistemin keyfiyyət göstəricilərini təyin etmək, müxtəlif tip trafiklərin ötürülməsi və qəbulu prosesi üçün böyük əhəmiyyət kəsb edir.

Telekommunikasiya sistemlərin (TS), şəbəkələrin (TŞ) və terminal qurğuların keyfiyyət göstəriciləri onların istifadə olunduqları şəbəkənin tipindən, emal etdikləri trafiklərin xarakterindən, QoS – parametrlərindən və RK-dan asılı olaraq, aşağıdakı ardıcılıqla təyin olunur:

1. Telekommunikasiya şəbəkələrinin maksimum buraxma qabiliyyəti kəmiyyət göstəricisi olub, K.Şennon informasiya nəzəriyyəsinə görə belə təyin olunur:

$$C_{\max} = \Delta F \log_2 \left( 1 + \frac{P_s}{N_0 \cdot \Delta F} \right) \geq C_{\max}^{bb}, \text{ bit/san.}$$

Bu ifadəyə Şennon düsturu deyirlər və TS buraxma qabiliyyəti onun tezlik zolağının eni  $\Delta F$  və verilişinin çıxışında signal-maneə nisbətindən asılıdır. Məsələn:  $\Delta F = 100\text{Hz}$  (teleqraf rabitəsində olduğu kimi) və  $(P_s/P_m) = 10^3 = 3 \text{ dB}$  olarsa,  $C_{\max} \approx 1000 \text{ bit/s}$  olar, burada  $P_s$ ,  $P_m$  - TS-də signalın və maneənin gücü (Vt);

$N_0$ -maneənin və ya ağ küyün gücünün spektral sıxlığıdır və  $N_0 = P_m/\Delta F$ , (Vt/Hz).

TS-in buraxma qabiliyyəti veriliş sürətindən, kodlama üsulundan, modulyasiya növündən və sıxma əmsallarından asılıdır.

2. TS-nin məhsuldarlığı və ya informasiya veriliş sürəti [22]:

$$V_i = R_i = \frac{k}{n} \cdot \frac{\log_2 m}{\tau_0}, \text{ bit/s, } n = r + k, \quad (1.2)$$

burada  $n, k, r$  - istifadə olunan kodlarda ümumi, informasiya və yoxlayıcı kod elementlərin sayı;  $m$  - kodun əsası;  $\tau_0$  – impulsun davam etmə müddətidir.

3. TS-in informasiya effektivliyi  $\eta_{ie}$ :

$$\eta_{ie} = \frac{R_i}{C_{\max}} \leq 1, \quad R_i \leq C_{\max}. \quad (1.3)$$

Bu ifadə TS-də informasiya veriliş sürətinin nə dərəcədə sistemin buraxma qabiliyyətinə yaxınlaşdığını göstərir və bütövlükdə isə sistemin buraxma qabiliyyətindən istifadə olunmanı xarakterizə edir. Eyni zamanda (8.3)-dən görünür ki,  $\eta_{ie}$  həmişə  $0 \leq R_i \leq C_{\max}$  və  $0 \leq \eta_{ie} \leq 1$  bərabərsizliyini də ödəməlidir. Əgər  $\eta_{ie} \rightarrow 1$  olarsa, TS mükəmməl veriliş sistemi hesab edilir. Bu zaman (SNR) signal maneə-nisbəti təyinedijə xarakterli olub mühüm əhəmiyyət kəsb edir.

4. TS-in çıxışında və ya girişində signal-küy nisbəti verilmiş informasiya veriliş sürəti nəzərə alınmaqla belə təyin edilir:

$$\text{SNR}(N_0, P_s) = \eta_{sk} = \frac{P_s T_i}{N_0} > \frac{P_s}{N_0 C_{\max}}, \text{ dB.} \quad (1.4)$$

burada  $\text{SNR}(N_0, P_s)$  veriliş sürətindən və  $\Delta F$ -dən asılı olub, səhv ehtimalını təyin edir və keyfiyyət göstərijisidir.

5. İnformasiya veriliş sistemlərində keyfiyyət kriteriyası olan səhv ehtimalından istifadə olunur. Bu kriteriya kodlamadan istifadə etməməklə, modemlərdə veriliş sürətinə əsasən, İVS-in optimallığı üçün vacib kriteriya hesab olunur.

Aşağı sürətli rabitə sistemlərində diskret siqnalların  $U_0$  və  $U_1$  qəbulunun səhv ehtimalı belə təyin edilir [1, 3]:

$$P_{s\grave{e}h} = 0,5 \left\{ P(U_0) \cdot \left[ 1 - \Phi \left( \frac{\Pi_{or} - U_0}{\sigma_0} \right) \right] + P(U_1) \cdot \left[ 1 - \Phi \left( \frac{U_1 - \Pi_{or}}{\sigma_1} \right) \right] \right\}, \quad (1.5)$$

burada  $P_{or}$  – qəbuledici TQ-da həlledici qurğunun orta aatana və ya poroq qiymətidir;

$F(\cdot)$  - Kramp funksiyası olub, (x –görə əlavə-2 də cədvəldən götürülür) belə təyin edilir:

$$\Phi(x) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) dt$$

Əgər,  $U_0 = 0$ ,  $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma$ ,  $P(U_1) = P(U_0) = 0,5$  və  $P_{or} = P_{opt} = 0,5U_1$  qəbul etsək, onda (1.5) belə bir sadə şəkildə ifadə olunur:

$$P_{s\grave{e}h} = 0,5 \left[ 1 - \Phi \left( \frac{U_1}{2\sigma} \right) \right], \quad (1.6)$$

burada,  $U_0$  və  $U_1$  - uyğun olaraq 0 və 1 diskret siqnalların gərginlik qiymətləridir;

$P(0)$  və  $P(1)$  - 0 və 1 siqnallarının daxil olmasının aprior ehtimallarıdır.

Alınmış ifadələr (1.5) və (1.6) veriji və qəbuledici TS iş alqoritmini və QoS – göstəricilərini xarakterizə edir.

Diskret siqnalların qəbulu zamanı mühəndis hesabatı üçün TS keyfiyyət göstəricisi olan  $P_{s\grave{e}h}$  ehtimal aşağıdakı kimi təyin edilə bilər:

$$P_{s\grave{e}h} = \frac{0,4 \exp(-0,5\eta^2)}{\eta^2} \leq P_{Seh}^{bb}, \quad \eta = \eta_{sk} \geq 3 \text{ dB}, \quad (1.7)$$

burada  $\eta = \eta_{sk}$  - poroq qurğusunun və ya həlledici qurğunun girişində siqnal-küy nisbəti  $\eta_{sk}$  olub, güjə  $P_k$  və gərginliyə görə aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$SNR(U_1) = \eta_{sk} = \frac{U_1}{2\sigma_k}, \quad \eta_{sk} = \frac{P_s}{P_k},$$

burada  $\sigma_k$  - qəbuledici terminalda küy gərginliyin dispersiyasıdır.

Burada (1.7) ifadəsini optik veriliş sistemlərinə də şamil etmək olar ( $P_{s\grave{e}h}$ -qiymətini təyin etmək üçün əlavə1-dən istifadə oluna bilər).

6. Telekommunikasiya sistemləri ilə məlumatlar ötürülən zaman tezlik effektivliyi ( $\text{bit}=\text{bit/s}\cdot\text{Hs}$ ):

$$\gamma_{te} = \frac{R_i}{\Delta F} = \frac{\log_2 m}{T_0 \cdot \Delta F} \geq 2, \quad \frac{\text{bit}}{\text{s} \cdot \text{Hs}}, \quad (1.8)$$

Naykvist tezlik zolağı  $\Delta F_N = \Delta F = \frac{1}{2T_0}$  nəzərə alınarsa, onda (8.8) belə bir forma alar:

$$\gamma_{te, \max} = 2 \log_2 m, \quad \gamma_{te, \max} = 2 \frac{\text{bit}}{\text{s} \cdot \text{Hs}}.$$

Axıncı ifadə verici və qəbuledici TS-in və RK-in tezlik zolağına görə istifadə olunmasını xarakterizə edir.

7. TS energetik effektivliyi isə belə ifadə olunur  $\beta_{ee}$ :

$$\beta_{ee} = \frac{R_i}{P_s / N_0}, \quad \frac{\text{bit}}{\text{s} \cdot \text{Vt}},$$

$$\text{Bit} = \text{bit/s} \cdot \text{Hs} = (\text{bit/s}) / (\text{Vt/Vt} \cdot \text{Hs}), \quad (8.9)$$

Burada (8.9) ifadəsi telekommunikasiya şəbəkələrində məlumatlar ötürülən zaman energetik effektivliyi təyin edir və TS-dən güjə görə istifadə olunmasını xarakterizə edir.

8. Telekommunikasiya şəbəkələrində orta gecikmə müddəti məlumatın mənbədən alana kimi veriliş traktında ötürmə müddəti başa düşülür və aşağıdakı kimi təyin edilir [27, 29, 48]:

$$T_{ogm} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N T_{i,ogm}, \quad i = \overline{1, N}, \quad (8.10)$$

burada  $N$  – veriliş traktında məlumatın ötürülməsində iştirak edən terminal və kanal avadanlıqların sayı, yəni aralıq yaddaşlı (AY) rabitə qovşaqlarının və ya son tranzit məntəqələrin sayıdır.

Burada (8.10) ifadəsi QoS – parametri olub, keyfiyyət göstərijisi hesab olunur.

Yuxarıda təyin olunmuş TS effektivlik göstərijiləri arasında aşağıdakı münasibətləri də müəyyən etmək olar. Məsələn: Şennon düsturuna əsasən  $\eta_{iki}$  belə təyin olunur:

$$\eta_{ie} = \frac{\gamma_{te}}{\log_2 \left( \frac{\gamma_{te}}{\beta_{ee}} + 1 \right)} \quad (10.10a)$$

Bu zaman qəbuledijdə signal-küy nisbəti güjə görə belə təyin olunur:

$$\eta_{sk} = \frac{P_s}{P_k}, \quad P_k = N_0 \cdot \int_0^\infty \left( \frac{\sin \pi \cdot F \cdot \tau_0}{\pi \cdot F \cdot \tau_0} \right)^2 dF = \frac{N_0}{2\tau_0}.$$

Onda, TS və RK-in tezlik və energetik effektivlikləri belə ifadə olunur:

$$\gamma_{rk} = \eta_{sk} \cdot \beta_{rk}, \quad \beta_{rk} = \frac{\gamma_{rk}}{2^{\gamma_{rk}} - 1}, \quad \eta_{rk} = 1.$$

Yekun olaraq, qeyd edək ki, TS və RK-in effektivliklərini təyin edən zaman informasiya veriliş sisteminin bütün göstərijiləri nəzərə alınmalıdır.