

DOI: 10.18372/2310-5461.55.16902

УДК 681.51:519.876

В. О. Хорошко, д-р техн. наук, професор,
Національний авіаційний університет
orcid.org/0000-0001-6213-7086
e-mail: professor_va@ukr.net;

Ю. В. Баланюк, канд. техн. наук, доцент
Національний авіаційний університет
orcid.org/0000-0003-3036-5804
e-mail: lalink@ukr.net;

Ю. Є. Хохлячова, канд. техн. наук, доцент,
Національний авіаційний університет
orcid.org/0000-0002-1883-8704
e-mail: yuliahohlachova@gmail.com;

А. Аль-Далваш, аспірант
Національний авіаційний університет
orcid.org/0000-0001-1003-9182
e-mail: abduiah.dalosh@gmail.com

ОПТИМІЗАЦІЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ СТРУКТУР ЛОКАЛЬНИХ МЕРЕЖ

Вступ

Процес впровадження інформаційних технологій в усі сфери життя сучасного суспільства, що вступає в сучасний період свого розвитку, не можливий без рішення питань оптимізації інформаційних структур мереж в різних сферах: політичній, військовій, економічній, соціальній та фінансовій. Широкомасштабне використання обчислювальної техніки та комунікаційних (інформаційних) мереж, перехід до збільшення об'ємів оброблюваної інформації та розширення кола користувачів приводять до якісно нових можливостей. Незважаючи на те, сучасний процес в області інформаційних мереж привів до розробки численних методів, призначених для оптимізації структур інформаційних мереж.

Аналіз досліджень і публікацій

Аналіз останніх публікацій щодо зв'язку між структурою локальної мережі на її кіберзахисності [1], методів оптимізації вузлів та мереж зв'язку [2], аналізу надійності та живучості мережі передачі в залежності від топології [3], аналізу методів адаптивної маршрутизації на паралельних обчислювальних структурах [4] показав деякі прогалини у теоретичних розробках щодо оптимізації архітектури загальних структур інформаційних мереж. У цих роботах сформульовані підходи до визначення критеріїв, але відсутні підходи до кількісних оцінок оптимізації та декомпозиції структур. Визначені критерії не можуть використовуватись для оптимізації інформаційних структур локальних мереж.

При розробці трафіків передачі інформації в мережах необхідно враховувати побудову структур інформаційних потоків, які визначаються раціональними факторами: кількісними, топологічними, якісними і часовими [4]. Основним критерієм є максимізація суми відношень ефектів взаємодії локальних мереж до затрат на їх взаємодію. Оскільки виникають труднощі, пропонується основний критерій подати у вигляді ієрархії локальних критеріїв, а задачу розробки розділити на ряд локальних задач. Основи декомпозиції складає залежність між локальними критеріями оптимізації та факторами, які приховуються.

Мета роботи. Мета полягає у розробці методу кількісної оптимізації інформаційних структур локальних мереж.

Основна частина. Виконання задачі розробки структур і трафіків передачі інформації починається з побудови початкових інформаційних структур $G_n^{(1)}, (n = \overline{1, n_0})$, що являють собою зв'язані орієнтовані графи [4, 5]. Вершинами графів є задачі взаємодії макрорівня $M_i^{(\mu_i)}, (i = \overline{1, i_0}, \mu_i = \overline{1, (\mu_i)_0})$, що здійснюють інформаційний обмін між елементами локальної мережі та локальними мережами, а дугами – спрямовані інформаційні повідомлення, які назвемо впливами або атаками. Зміст кожного впливу (атаки) визначає локальна мережа, що його використовує.

Задачі $M_i^{\mu_i}$, в свою чергу, представляють зв'язані орієнтовані підграфи, вершинами яких служать задачі взаємодії мікрорівня

$U_i^{\lambda_i}, \lambda_i = \overline{1, (\lambda_i)_0}$, що перетворюють і передають інформацію елементам локальної мережі S_i , а дугами – інформацію цій локальній мережі.

Задачі взаємодії макрорівня і мікрорівня поділимо на три типи [4, 5]:

$$\begin{aligned} M_i^{\mu_i} &= A_i^{\alpha_i} \vee B_i^{\beta_i} \vee D_i^{\delta_i}; \\ (\alpha_i, \beta_i, \delta_i) &= \overline{1, (\mu_i)_0}; \alpha_i \neq \beta_i \neq \delta_i; \\ U_i^{\varphi_i} &= X_i^{\varphi_i} \vee Y_i^{\psi_i} \vee Z_i^{\xi_i}; \\ (\varphi_i, \psi_i, \xi_i) &= \overline{1, (\lambda_i)_0}; \varphi_i \neq \psi_i \neq \xi_i, \end{aligned}$$

де $(A_i^{\alpha_i}, X_i^{\varphi_i})$ – джерела, що виконують збір підготовку та передачу інформації; $(B_i^{\beta_i}, Y_i^{\psi_i})$ – споживачі, в результаті обробки інформацією, якими формуються рішення або здійснюються дії в мережі S_i . Позначену задачу $X_i^{\varphi_i}$ або $Y_i^{\psi_i}$ через $(U^I)^{\lambda_i}$, а задачу $Y_i^{\psi_i}$ або $Z_i^{\xi_i}$ через $(U'')^{\lambda_i}$. Аналогічно $(M')^{\mu_i}$ ідентифікує задачу $A_i^{\alpha_i}$ або $B_i^{\beta_i}$, а $(M'')^{\mu_i}$ – задачу $B_i^{\beta_i}$ або $D_i^{\delta_i}$.

Використовуючи позначення задач взаємодії, можна виразити інформацію, якою обмінюються елементи мережі, наприклад,

$$\begin{aligned} S_k \text{ і } S_i \quad W_{k_i}^{M_{\mu_k} U_{\lambda_k}^{\mu_k}, M_{\mu_k} U_{\lambda_k}^{\mu_k}} \times \\ \times (k = \overline{1, l_0}, \mu_k = \overline{1, (\mu_k)_0}, \lambda_k = \overline{1, (\lambda_k)_0}), \end{aligned}$$

що функціонує всередині локальної мережі

$$S_i, W_{ii}^{M_{\mu_i} U_{\lambda_i}^{\mu_i}, M_{\mu_i} U_{\lambda_i}^{\mu_i}}, (\gamma_i = \overline{1, (\lambda_i)_0}, \gamma_i \neq \lambda_i).$$

У зв'язку з тим, що вихідні структури зовнішньої інформації і задачі взаємодії макрорівня необхідно розглядати як в напрямку від джерел до споживачів інформації, так і навпаки, то вони можуть бути подані у вигляді (1) і (2):

$$G_n^{(1)} = \left\{ \begin{aligned} & \left(A_k^{\alpha_k} \right) \left[W_{k_i}^{A_{\lambda_k} U_{\lambda_k}^{\mu_k}, M_{\mu_i} U_{\lambda_i}^{\mu_i}} \right], \\ & A_k^{\alpha_k} (U')_k^{\lambda_k} I^* (M'')^{\mu_i} (U'')^{\lambda_i} \times \\ & \times \left[\wedge W_{k_i}^{A_{\lambda_k} U_{\lambda_k}^{\mu_k}, M_{\mu_i} U_{\lambda_i}^{\mu_i}} \right] (B_i^{\beta_i}), \\ & (M')_k^{\mu_k} (U')_k^{\lambda_k} I^* B_i^{\beta_i} (U'')^{\lambda_i} \times \\ & \times \left[\wedge W_{ij}^{B_{\beta_i} U_{\lambda_i}^{\mu_i}, M_{\mu_j} U_{\lambda_j}^{\mu_j}} \right], \\ & B_i^{\beta_i} (U')_i^{\lambda_i} I_1^* (M'')^{\mu_j} (U'')^{\lambda_j} \times \\ & \times \left[\wedge W_{ij}^{M_{\mu_i} U_{\lambda_i}^{\mu_i}, D_{\delta_j} U_{\lambda_j}^{\mu_j}} \right] \left[(D_j^{\delta_j}) \right] \end{aligned} \right\}, \quad (1)$$

$$(k, i, j) = \overline{1, l_0}; (\mu_i, \delta_j) = \overline{1, (\mu_j)_0};$$

$$\lambda_j = \overline{1, (\lambda_j)_0}, k \neq i \neq j.$$

$$M_i^{\mu_i} = \left\{ \begin{aligned} & \left(X_{\varphi_i} \right) \left[\wedge U_{\lambda_i}^{\mu_i} \right], \left[\wedge U'_{\varphi_i} \right] \left(Y_{\psi_i} \right) \times \\ & \times X_i^{\varphi_i} I^* (U'')^{\lambda_i} (U')_i^{\gamma_i} I^* Y_i^{\psi_i} \times \\ & \times \left[\wedge U_{\lambda_i}^{\mu_i} \right], \left[\wedge U'_{\gamma_i} \right] \left(Z_{\xi_i} \right) \\ & Y_i^{\psi_i} I^* (U'')^{\lambda_i} (U')_i^{\gamma_i} I^* Z_i^{\xi_i}, \end{aligned} \right\}, \quad (2)$$

де I^* позначає оператор безпосереднього інформаційного зв'язку. Наприклад, в (1) задача $A_k^{\alpha_k} (U')_k^{\lambda_k}$, а задача $(M'')^{\mu_i} (U'')^{\lambda_i}$ безпосередньо йде за задачею $A_k^{\alpha_k} (U')_k^{\lambda_k}$. В $G_n^{(1)}$ індекс (1) вказує порядковий номер локальної задачі.

Задачі взаємодії мікрорівня, що розглядаються в (1), будемо називати екзогенними, так як вони безпосередньо видають або отримують інформацію від інших елементів мережі. Решта задач мікрорівня є ондогенними, оскільки вони формують, переробляють або використовують інформацію, що функціонує в середині однієї мережі [4, 5].

Припустимо, що структури $G_n^{(1)}$ перетворені в структури $G_n^{(3)}$, в результаті видалення в них і задачах $M_i^{\mu_i}$ елементарних контурів і мінімізації кількості дубльованої інформації.

Оптимізація структур за кількісним фактором здійснюється в локальній задачі обчислення раціональних об'єктів інформації [4,5].

Під об'єктом інформації будемо розуміти кількість елементарних символів. Слід відзначити, що мова йде про об'єми інформації, що складається з базових, а не синтетичних показників.

Раціональний об'єм повинен відповідати вимогам повноти інформації, що становиться важливою задачею для споживача.

Якщо об'єм інформації менше потрібного, то елемент мережі, споживач або вся мережа відчуватиме недостачу в інформації. У випадку надлишку потрібного об'єму виникають непродуктивні затрати на формування, обробку та передачу інформації або результатів рішення задач [4, 5].

Позначимо через $\theta_{k_i}^{M_{\mu_i} U_{\lambda_k}^{\mu_k}, M_{\mu_i} U_{\lambda_i}^{\mu_i}}$, $\theta_{ij}^{M_{\mu_i} U_{\lambda_i}^{\mu_i}, M_{\mu_j} U_{\lambda_j}^{\mu_j}}$, $\theta_{ij}^{M_{\mu_i} U_{\lambda_i}^{\mu_i}, M_{\mu_k} U_{\lambda_i}^{\mu_k}}$ об'єми відповідної інформації $W_{k_i}^{M_{\mu_i} U_{\lambda_i}^{\mu_i}, M_{\mu_i} U_{\lambda_i}^{\mu_i}}$, $W_{ii}^{M_{\mu_i} U_{\lambda_i}^{\mu_i}, M_{\mu_j} U_{\lambda_j}^{\mu_j}}$, $W_{ij}^{M_{\mu_i} U_{\lambda_i}^{\mu_i}, M_{\mu_j} U_{\lambda_j}^{\mu_j}}$,

$$W_{ii}^{M''_{\mu_i} U'_{\lambda_i} U''_{\nu_i}} \left(v = \overline{(\lambda_i)_0}, v_i \neq \lambda_i \right).$$

Нехай $(Q_{\text{вх}})^{M''_{\mu_i} U'_{\lambda_i}}$ або $(Q_{\text{вх}})^{B_{\beta_i} Y_{\psi_i}}$ визначають об'єми даних, що необхідні для виконання відповідних задач $(M'')_{\mu_i}^{U'_{\lambda_i}}$, $B_{\beta_i} Y_{\psi_i}$, а $(\theta_{\text{вих}})_{\mu_i}^{M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i}}$ і $(\theta_{\text{вих}})_{\mu_i}^{B_{\beta_i} Y_{\psi_i}}$ ідентифікують об'єми результатів рішення задач $(M'')_{\mu_i}^{U'_{\lambda_i}}$ і $B_{\beta_i} Y_{\psi_i}$.

$$K_{\theta} = \left[\forall_{G_n^{(4)}} (M'')_{\mu_i}^{U'_{\lambda_i}} (U'')_{\nu_i}^{\lambda_i} \left(\vartheta_g \sum_{(M'')_{\mu_k}^{U'_{\lambda_k}} (U'')_{\nu_i}^{\lambda_i}} \frac{(\theta_{k_i}^{M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i} U''_{\nu_i}})^{\vartheta_n}}{(\theta_{\nu\lambda})_{\mu_i}^{M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i}}} + \sum_{(U'')_{\nu_i}^{\lambda_i} I^*(U'')_{\nu_i}^{\lambda_i}} \frac{(\theta_{ii}^{M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i} U''_{\nu_i}})}{(\theta_{\text{вх}})^{M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i}}} \right) \rightarrow 1 \right],$$

де ϑ_g – коефіцієнт достовірності інформації ($\vartheta_g \leq 1$), ϑ_n – коефіцієнт повноти інформації ($\vartheta_n \leq 1$). Крім того вони дійсні при врахуванні накладених обмежень.

$$(\theta_{\text{вих}})^{M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i}} \geq \left[\left\{ \vartheta_g (\theta_{ij}^{M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i}, M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i}})^{\vartheta_n} \right\}, \left\{ (\theta_{ii}^{M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i} U''_{\nu_i}})^{\vartheta_n} \right\} \right], \quad (3)$$

$$(\theta_{\text{вх}})_i^{B_{\beta_i} Y_{\psi_i}} = (\theta_{\text{вих}})_i^{B_{\beta_i} Y_{\psi_i}}, \quad (4)$$

$$(\theta_{\text{вих}})^{M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i}} \geq \left[\left\{ \vartheta_g (\theta_{ij}^{M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i}, M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i}})^{\vartheta_n} \right\}, \left\{ (\theta_{ii}^{M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i} U''_{\nu_i}})^{\vartheta_n} \right\} \right].$$

Обмеження (3) вказує на те, що задачам $(M'')_{\mu_i}^{U'_{\lambda_i}}$ і $(M'')_{\mu_i}^{U'_{\lambda_i}} (U'')_{\nu_i}^{\lambda_i}$, що використовують інформацію відповідно $W_{ij}^{M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i}, M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i}}$ та $W_{ij}^{M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i}, U''_{\nu_i}^{\lambda_i}}$, можуть передаватися всі або частина результатів рішення задачі $(M'')_{\mu_i}^{U'_{\lambda_i}}$. Обмеження (4) характеризує рівність вхідних і вихідних об'ємів даних задач – транзитів.

Коефіцієнт достовірності ϑ_g і коефіцієнт повноти ϑ_n визначаються на основі статистичних матеріалів як наступні відношення:

$$\vartheta_g = \frac{\left((\theta_{\Phi}^p)_{k_i}^{M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i}, M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i}} \right)^{\nu_i}}{\left((\theta_{\text{пр}})_{k_i}^{M'_{\mu_k} U'_{\lambda_k}, M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i}} \right)^{\nu_i}},$$

$$\vartheta_n = \frac{\left((\theta_{\Phi})_{k_i}^{M'_{\mu_k} U'_{\lambda_k}, M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i}} \right)^{\nu_i}}{\left((\theta_{\text{пр}})_{k_i}^{M'_{\mu_k} U'_{\lambda_k}, M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i}} \right)^{\nu_i}}.$$

Використовуючи введені позначення, сформулюємо математичну постанову локальної задачі. Тобто, необхідно отримувати структуру $G_n^{(3)}$ за кількісним фактором θ , який характеризує об'єм інформації: необхідний споживачу

$$G_n^{(4)} = \text{opt} G_n^{(3)},$$

Отже, кількісний критерій K_{θ} буде мати такий вигляд:

Тут використані позначення $W_{k_i}^{M'_{\mu_k} U'_{\lambda_k}, M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i}}$, $(\theta_{\text{пр}})_{k_i}^{M'_{\mu_k} U'_{\lambda_k}, M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i}}$ ідентифікують проектний об'єм інформації, фактичний об'єм позначений $(\theta_{\Phi})_{k_i}^{M'_{\mu_k} U'_{\lambda_k}, M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i}}$,

$(\theta_{\Phi}^p)_{k_i}^{M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i}, M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i}}$ – кількість релевантних символів у фактичному об'ємі інформації, а u_i є коефіцієнтом нелінійності, що залежить від цілі H_i системи S_i та вибирається евристично.

Для обчислення раціональних об'ємів інформації, що функціонує всередині задачі взаємодії макрорівня $M_i^{\mu_i}$, критерій K_{θ} доцільно представити у наступному вигляді:

$$K_{\theta} = \left[\forall_{M_i^{\mu_i}} (U'')_{\nu_i}^{\lambda_i} \times \sum_{(U'')_{\nu_i}^{\lambda_i} I^*(U'')_{\nu_i}^{\lambda_i}} \frac{(\theta_{ii}^{M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i} U''_{\nu_i}})^{\vartheta_n}}{(\theta_{\text{вх}})^{M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i}}} \rightarrow 1 \right].$$

Обмеження (3) і (4) можна перетворити у наступні вирази:

$$(\theta_{\text{вих}})^{M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i}} \geq \left\{ (\theta_{ii}^{M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i} U''_{\nu_i}})^{\vartheta_n} \right\},$$

$$(\theta_{\text{вх}})_i^{M_{\mu_i} Y_{\psi_i}} = (\theta_{\text{вих}})_i^{M_{\mu_i} Y_{\psi_i}}.$$

Вихідними даними локальної задачі є об'єми інформації $(\theta_{\text{в}})_i^{M_{\mu_i} Z_{\xi_i}}$, $(e = \overline{1, e\check{z}I})$, що використовуються для вироблення тих або інших керуючих рішень або здійснення будь-яких керуючих дій в мережі S_i , та коефіцієнти об'ємів $h_{k_i}^{M'_{\mu_k} U'_{\lambda_k}, M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i}}$, $h_{ii}^{M'_{\mu_k} U'_{\lambda_k}, M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i}}$,

$\left[\left(h_{k_i}^{M'_{\mu_k} U'_{\lambda_k}, M''_{\mu_i} U''_{\lambda_i}}, h_{ii}^{M'_{\mu_i} U'_{\gamma_i}, M''_{\mu_i} U''_{\lambda_i}} \right) \leq 1 \right]$, відповідної інформації $W_{k_i}^{M'_{\mu_k} U'_{\lambda_k}, M''_{\mu_i} U''_{\lambda_i}}, W_{ii}^{M'_{\mu_i} U'_{\gamma_i}, M''_{\mu_i} U''_{\lambda_i}}$.

Значення $(\theta_B)_i^{M_{\mu_i} Z_{\xi_i}}, h_{k_i}^{M'_{\mu_k} U'_{\lambda_k}, M''_{\mu_i} U''_{\lambda_i}}, h_{ii}^{M'_{\mu_i} U'_{\gamma_i}, M''_{\mu_i} U''_{\lambda_i}}$ визначаються так, щоб для кожної екзогенної задачі $(M'')_i^{\mu_i} (U'')_i^{\lambda_i}$ виконувалася наступна рівність:

$$\sum (M'')_k^{\mu_k} (U'')_k^{\lambda_k} I^*(M'')_i^{\mu_i} (U'')_i^{\lambda_i} h_{k_i}^{M'_{\mu_k} U'_{\lambda_k}, M''_{\mu_i} U''_{\lambda_i}} + \sum (U'')_i^{\gamma_i} I^*(U'')_i^{\lambda_i} h_{ii}^{M'_{\mu_i} U'_{\gamma_i}, M''_{\mu_i} U''_{\lambda_i}} = 1, \quad (5)$$

а для ендогенної задачі $(M'')_i^{\mu_i} (U'')_i^{\lambda_i}$ виконується рівність:

$$\sum (U'')_k^{\gamma_k} I^*(U'')_i^{\lambda_i} h_{ii}^{M'_{\mu_i} U'_{\gamma_i}, M''_{\mu_i} U''_{\lambda_i}} = 1.$$

В загальному випадку значення об'єму $(\theta_{Bx})_i^{M_{\mu_i} Z_{\xi_i}}$ знаходиться в інтервалі між найбільшим значенням із $\{(\theta_B)_i^{M_{\mu_i} Z_{\xi_i}}\}$ і сумою всіх $(\theta_B)_i^{M_{\mu_i} Z_{\xi_i}}$:

$$\max \left\{ (\theta_e)_i^{M_{\mu_i} Z_{\xi_i}} \right\} \leq (\theta_{Bx})_i^{M_{\mu_i} Z_{\xi_i}} \leq \sum_{e=1}^{e_{\xi_i}} (\theta_e)_i^{M_{\mu_i} Z_{\xi_i}}.$$

Однак при подальшому розгляді обмеження повинні бути наступними:

$$(\theta_{Bx})_i^{M_{\mu_i} Z_{\xi_i}} = \max \left\{ (\theta_e)_i^{M_{\mu_i} Z_{\xi_i}} \right\}, \quad (6)$$

$$(\theta_{Bx})_i^{M_{\mu_i} Z_{\xi_i}} \leq \sum_{e=1}^{e_{\xi_i}} (\theta_e)_i^{M_{\mu_i} Z_{\xi_i}}, \quad (7)$$

при цьому $(\theta_{Bx})_i^{M_{\mu_i} Z_{\xi_i}}$ визначається за цими виразами в залежності від значення коефіцієнта релевантності $\theta_i^{M_{\mu_i} Z_{\xi_i}}$.

В результаті рішення локальної задачі необхідно знайти раціональні об'єми:

$$\theta_{k_i}^{M'_{\mu_k} U'_{\lambda_k}, M''_{\mu_i} U''_{\lambda_i}}, \theta_{ii}^{M'_{\mu_i} U'_{\gamma_i}, M''_{\mu_i} U''_{\lambda_i}} \text{ та } (\theta_{Bx})_i^{M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i}}.$$

Алгоритм обчислення об'ємів інформації починається з послідовного аналізу задач $M_i^{\mu_i}$ і пошуку в них задач-споживачів Z_{ξ_i} [4, 5]. Використовуючи опис задачі макрорівня в (4) і коефіцієнтів об'ємів, обчислюємо раціональні об'єми інформації $W_{ii}^{M'_{\mu_i} U'_{\gamma_i}, M''_{\mu_i} U''_{\lambda_i}}$. Припустимо, що

$$\left(\theta_{ii}^{M'_{\mu_i} U'_{\gamma_i}, M''_{\mu_i} U''_{\lambda_i}} \right)^{\vartheta_i} = h_{ii}^{M'_{\mu_i} U'_{\gamma_i}, M''_{\mu_i} U''_{\lambda_i}} (\theta_{Bx})_i^{M'_{\mu_i} U'_{\gamma_i}, M''_{\mu_i} U''_{\lambda_i}},$$

тоді

$$\theta_{ii}^{M'_{\mu_i} U'_{\gamma_i}, M''_{\mu_i} U''_{\lambda_i}} = \left[h_{ii}^{M'_{\mu_i} U'_{\gamma_i}, M''_{\mu_i} U''_{\lambda_i}} (\theta_{Bx})_i^{M'_{\mu_i} U'_{\gamma_i}, M''_{\mu_i} U''_{\lambda_i}} \right]^{\frac{1}{\vartheta_i}} \quad (8)$$

Якщо задача $Z_i^{\xi_i}$ отримує також інформацію $W_{k_i}^{M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i}, M''_{\mu_i} Z'_{\xi_i}}$ із зовнішнього середовища, то за описом $G_n^{(3)}$ в (2) знаходимо ці впливи і визначимо їх раціональні об'єми:

$$\vartheta_g \left(\theta_{k_i}^{M'_{\mu_k} U'_{\lambda_k}, M''_{\mu_i} Z'_{\xi_i}} \right)^{\vartheta_n} = h_{ii}^{M'_{\mu_k} U'_{\lambda_k}, M''_{\mu_i} Z'_{\xi_i}} (\theta_{Bx})_i^{M''_{\mu_i} Z'_{\xi_i}}, \quad (9)$$

$$\theta_{k_i}^{M'_{\mu_k} U'_{\lambda_k}, M''_{\mu_i} Z'_{\xi_i}} = \left[\frac{h_{ik}^{M'_{\mu_k} U'_{\lambda_k}, M''_{\mu_i} Z'_{\xi_i}} (\theta_{Bx})_i^{M''_{\mu_i} Z'_{\xi_i}}}{\vartheta_g} \right]^{\frac{1}{\vartheta_n}}. \quad (10)$$

Оскільки інформація $W_{k_i}^{M'_{\mu_k} U'_{\lambda_k}, M''_{\mu_i} Z'_{\xi_i}}$ передається між елементами мережі, то в (9) і (10) враховується коефіцієнт достовірності ϑ_g , тип задачі $M_i^{\mu_i}$ у цьому випадку рівний B або D .

Далі переходимо, до обчислення об'ємів $(\theta_{Bx})_i^{M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i}}$ та $(\theta_{Bx})_i^{M'_{\mu_k} U'_{\lambda_k}}$. Послідовно розглядаємо задачі $D_i^{\delta_i} Z_i^{\xi_i}$ і визначаємо:

$$D_i^{\delta_i} (U')_i^{\gamma_i} I^* D_i^{\delta_i} Z_i^{\xi_i}, \\ (M')_k^{\mu_k} (U')_k^{\lambda_k} I^* D_i^{\delta_i} Z_i^{\xi_i}.$$

За задачами $D_i^{\delta_i} (U')_i^{\gamma_i}$ або $(M')_k^{\mu_k} (U')_k^{\lambda_k}$ безпосередньо можуть іти не тільки задачі-споживачі, але й задачі-транзити. Тоді зафіксувавши задачі $D_i^{\delta_i} (U')_i^{\gamma_i}$ або $(M')_k^{\mu_k} (U')_k^{\lambda_k}$, слід обчислити об'єми результатів виконання задач-транзитів аналогічно (8) і (10). Якщо за цими задачами-транзитами, в свою чергу безпосередньо ідуть інші задачі-транзити, то процес фіксування і аналізу вихідних об'ємів повторюється до тих пір, доки за задачею, що розглядається, не будуть іти задачі типу Z . Вихідні об'єми задач обчислюються як в (6) і (7) на основі заданого значення коефіцієнта релевантності $a_i^{M_{\mu_i}}$

$$(\theta_{Bx})_i^{M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i}} = \max \left[\left\{ \vartheta_g \left(\theta_{ij}^{M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i}, M''_{\mu_i} U''_{\lambda_i}} \right)^{\vartheta_n} \right\} \left\{ \left(\theta_{ii}^{M'_{\mu_i} U'_{\gamma_i}, M''_{\mu_i} U''_{\lambda_i}} \right)^{\vartheta_n} \right\} \right];$$

$$(\theta_{Bx})_i^{M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i}} = \sum (M')_i^{\mu_i} (U')_i^{\lambda_i} I^*(M'')_i^{\mu_i} (U'')_i^{\lambda_i} \vartheta_g \left(\theta_{ij}^{M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i}, M''_{\mu_i} U''_{\lambda_i}} \right)^{\vartheta_n} +$$

$$+ \sum_{(U')_i^{\lambda_i} I^*(U'')^{\lambda_i}} \left(\theta_{ii}^{M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i} U''_{\lambda_i}} \right)^{\vartheta_n}$$

для екзогенних задач $(U')_i^{\lambda_i}$ і згідно

$$\left(\theta_{\text{вих}} \right)^{M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i}} = \max \left\{ \vartheta_g \left(\theta_{ij}^{M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i}, M'_{\mu_i} U''_{\lambda_i}} \right)^{\vartheta_n} \right\},$$

$$\left(\theta_{\text{вих}} \right)^{M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i}} = \sum_{(U')_i^{\lambda_i} I^*(U'')^{\lambda_i}} \left(\theta_{ii}^{M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i} U''_{\lambda_i}} \right)^{\vartheta_n},$$

для екзогенних задач $(U')_i^{\lambda_i}$. Враховуючи (4) і (5)

знаходимо об'єми інформації $\left(\theta_{\text{вих}} \right)^{B_{\beta_i} Y_{\psi_i}}$ та $\left(\theta_{\text{вих}} \right)^{M_{\mu_i} Y_{\psi_i}}$.

Послідовно розглядаючи всі зафіксовані задачі, можна визначити раціональні об'єми інформації:

$$\theta_{k_i}^{M'_{\mu_k} U'_{\lambda_k}, M'_{\mu_i} U''_{\lambda_i}} = \left[\frac{h_{k_i}^{M'_{\mu_k} U'_{\lambda_k}, M'_{\mu_i} U''_{\lambda_i}} \left(\theta_{\text{вих}} \right)^{M'_{\mu_i} U''_{\lambda_i}}}{\vartheta_A} \right]^{\frac{1}{\vartheta_1}};$$

$$\theta_{ii}^{M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i} U''_{\lambda_i}} = \left[h_{ii}^{M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i} U''_{\lambda_i}} \left(\theta_{\text{вих}} \right)^{M'_{\mu_i} U''_{\lambda_i}} \right]^{\frac{1}{\vartheta_1}}.$$

В порядку обчислення раціональні об'єми вносимо в опис задачі взаємодії макрорівня (2). Після закінчення процедури визначення раціональних об'ємів інформації вирази (1) і (2) приймуть відповідно такий вигляд:

$$G_n^{(4)} = \left\{ \begin{array}{l} \left(A_k^{\alpha_k} \right) \left[\sqrt{ \left(W_{k_i}^{A_{\alpha_k} U'_{\lambda_k}, M'_{\mu_i} U''_{\lambda_i}} \theta_{k_i}^{A_{\alpha_k} U'_{\lambda_k}, M'_{\mu_i} U''_{\lambda_i}} \right) } \right], \\ A_k^{\alpha_k} (U')_k^{\lambda_k} I^*(M'')_{\mu_i} (U'')_i^{\lambda_i} \\ \left[\wedge W_{k_i}^{M'_{\mu_k} U'_{\lambda_k}, B_{\beta_i} U''_{\lambda_i}} \theta_{k_i}^{M'_{\mu_k} U'_{\lambda_k}, B_{\beta_i} U''_{\lambda_i}} \right] \left(B_i^{\beta_i} \right), \\ (M')_k^{\mu_k} (U')_k^{\lambda_k} I^* B_i^{\beta_i} (U'')_i^{\lambda_i} \\ \left[\sqrt{ \left(W_{ij}^{B_{\beta_i} U'_{\lambda_i}, M'_{\mu_i} U''_{\lambda_i}} \theta_{k_i}^{B_{\beta_i} U'_{\lambda_i}, M'_{\mu_i} U''_{\lambda_i}} \right) } \right], \\ B_i^{\beta_i} (U')_i^{\lambda_i} I^*(M'')_{\mu_j} (U'')_j^{\lambda_j} \\ \left[\wedge W_{ij}^{M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i}, D_{\delta_j} U''_{\lambda_j}} \theta_{ij}^{M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i}, D_{\delta_j} U''_{\lambda_j}} \right] \left(D_j^{\delta_j} \right) \\ (M')_i^{\mu_i} (U')_i^{\lambda_i} I^* D_j^{\delta_j} (U'')_j^{\lambda_j}, \end{array} \right\},$$

$$M_i^{\mu_i} = \left\{ \begin{array}{l} \left(X_{\varphi_i} \right) \left[\wedge U_{\lambda_i}'' \theta_{ii}^{M_{\mu_i} X_{\varphi_i} U''_{\lambda_i}} \right] \\ X_i^{\varphi_i} I^*(U'')_i^{\lambda_i} \\ \left[\wedge U_{\lambda_i}' \theta_{ii}^{M_{\mu_i} U'_{\lambda_i} Y_{\psi_i}} \right] \left(Y_{\psi_i} \right) \left[\wedge \left(U_{\gamma_i}'' \theta_{ii}^{M_{\mu_i} Y_{\psi_i} U''_{\lambda_i}} \right) \right], \\ (U')_i^{\gamma_i} I^* Y_i^{\psi_i} \\ Y_i^{\psi_i} I^*(U'')_i^{\lambda_i} \\ \left[\wedge \left(U_{\gamma_i}' \theta_{ii}^{M_{\mu_i} U'_{\lambda_i} Z_{\xi_i}} \right) \right] \left(Z_{\xi_i} \right) \\ (U')_i^{\gamma_i} I^* Z_i^{\xi_i}. \end{array} \right\}$$

На цьому оптимізація інформаційних структур локальних мереж закінчена.

Висновки

Приведені викладки на отримані результати дозволяють виконати кількісну оптимізацію інформаційних структур локальних мереж. Для її виконання розв'язана задача максимізації суми відношень ефектів взаємодії локальних мереж до затрат на їх взаємодію та розроблений порядок обчислення її.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Захарченко І. В., Мамедов М. А., Гаджиев М. М. Теоретические основы оптимизации узлов и сетей связи. 2007. 271 с.
- [2] Кузавков В. В., Болотюк Ю. В., Хорошко В. О. Аналіз стійкості топології мережі передачі даних. *Сучасна спеціальна техніка*, 2022. № 1(68). С. 84–91.
- [3] Баранов В. Л., Мартынова О. П., Алексева Л. А. Адаптивная маршрутизация на параллельных вычислительных структурах. *Проблеми інформації та управління*: Зб. Наук. Праць. 2008. Вип. 1(19). С. 15–19
- [4] Шорошев В. В. Теоретичні і практичні аспекти організації і побудови архітектури захищених комп'ютерних систем ОВС України: монографія. К.: Вид. ДУІКТ, 2011. 256 с.
- [5] Браїловський М. М., Зибін С. В., Кобозева А. А., Хорошко В. О., Хохлачова Ю. Є. Аналіз кіберзахищеності інформаційних систем: Монографія. К., 2021. 360с.

Хорошко В. О., Баланюк Ю. В., Хохлачова Ю. Є., Аль-Далваш А. ОПТИМІЗАЦІЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ СТРУКТУР ЛОКАЛЬНИХ МЕРЕЖ

Широкомасштабне використання обчислювальної техніки та комунікаційних (інформаційних) мереж, перехід до збільшення об'ємів оброблюваної інформації та розширення кола користувачів приводять до якісно нових можливостей. Аналіз досліджень і публікацій показав недоліки у теоретичних розробках щодо оптимізації архітектури загальних структур інформаційних мереж у відсутності підходів до кількісних оцінок оптимізації та декомпозиції структур. Визначені критерії не можуть використовуватись для оптимізації інформаційних структур локальних мереж.

При розробці трафіків передачі інформації в мережах необхідно враховувати побудову структур інформаційних потоків, які визначаються раціональними факторами: кількісними, топологічними, якісними і часовими. Основним критерієм є максимізація суми відношень ефектів взаємодії локальних мереж до затрат на їх взаємодію.

Оскільки виникають труднощі, пропонується основний критерій подати у вигляді ієрархії локальних критеріїв, а задачу розробки декомпонувати на ряд локальних задач. Основи декомпозиції складає залежність між локальними критеріями оптимізації та факторами, які приховуються. Отримані результати дозволяють виконати кількісну оптимізацію інформаційних структур локальних мереж. Для її виконання розв'язана задача максимізації суми відношень ефектів взаємодії локальних мереж до затрат на їх взаємодію та розроблений порядок її обчислення.

Ключові слова: локальні мережі, кількісна оптимізація, інформаційні структури.

Khoroshko V. O., Balanyuk Yu., Khokhlovich Yu., Al-Dalwash A.
OPTIMIZATION OF INFORMATION STRUCTURES OF LOCAL NETWORKS

The process of implementing information technology in all spheres of modern society, entering the modern period of its development, is not possible without addressing the optimization of information structures of networks in various fields: political, military, economic, social and financial. Large-scale use of computer technology and communication (information) networks, the transition to increasing the amount of processing information and expanding the range of users lead to qualitatively new opportunities. When developing traffic information transmissions in fences, it is necessary to induce structures of information flows, which are based on rational factors: some, topological, like clockwork The main criterion is the maximization of the sum of the number of effects in the interconnection of local hemlines to the costs of these interconnections.

When developing information transmission traffic in networks, it is necessary to take into account the construction of information flow structures, which are determined by rational factors: quantitative, topological, qualitative and time. The main criterion is the maximization of the sum of the ratios of the effects of the interaction of local networks to the costs of their interaction.

Since difficulties arise, it is proposed to present the main criterion in the form of a hierarchy of local criteria, and to decompose the development task into a number of local tasks. The basis of decomposition is the dependence between local optimization criteria and factors that are hidden. The obtained results allow quantitative optimization of information structures of local networks. For its implementation, the problem of maximizing the sum of the ratios of the effects of the interaction of local networks to the costs of their interaction was solved and the procedure for its calculation was developed.

Keywords: local networks, quantitative optimization, information structures.

Стаття надійшла до редакції 01.08.2022 р.

Прийнято до друку 14.09.2022 р.