

ОПТИМІЗАЦІЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ СТРУКТУР ЛОКАЛЬНИХ МЕРЕЖ**В.О. Хорошко, Ю.Є. Хохлачова, А. Аясрах, А. Аль-Далваш**Національний авіаційний університет,
пр. Любомира Гузара, 1, Київ, 03058, Україна; e-mail: post@nau.edu.ua

Широкомасштабне використання обчислювальної техніки та комунікаційних (інформаційних) мереж, перехід до збільшення об'ємів оброблюваної інформації та розширення кола користувачів в усіх сферах життя сучасного суспільства (політичній, військовій, економічній, соціальній та фінансовій) приводять до якісно нових можливостей. Сучасний процес в області інформаційних мереж привів до розробки численних методів, призначених для оптимізації структур інформаційних мереж. При розробці трафіків передачі інформації в мережах необхідно враховувати побудову структур інформаційних потоків, які визначаються кількісними, топологічними, якісними і часовими факторами. Основним критерієм є максимізація суми відношень ефектів взаємодії локальних мереж до затрат на їх взаємодію. *Метою* є кількісна оптимізація інформаційних структур локальних мереж. 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. Оптимізація структур за кількісним фактором здійснюється в локальній задачі обчислення раціональних об'єктів інформації. Раціональний об'єм повинен відповідати вимогам повноти інформації, що стає важливою задачею для споживача. Отримані в роботі 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, трафік передачі інформації, ієрархія локальних критеріїв, декомпозиція.

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.

При розробці трафіків передачі інформації в мережах необхідно враховувати побудову структур інформаційних потоків, які визначаються раціональними факторами: кількісними, топологічними, якісними і часовими [1,2]. 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 [2, С.253].

Метою є кількісна оптимізація 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 [3, С.183]. 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 [1,4].

$$M_i^{\mu_i} = A_i^{\alpha_i} \vee B_i^{\beta_i} \vee D_i^{\delta_i}; \quad (1)$$

$$(\alpha_i, \beta_i, \delta_i) = \overline{1, (\mu_i)_0}; \alpha_i \neq \beta_i \neq \delta_i;$$

$$U_i^{\varphi_i} = X_i^{\varphi_i} \vee Y_i^{\psi_i} \vee Z_i^{\xi_i};$$

$$(\varphi_i, \psi_i, \xi_i) = \overline{1, (\lambda_i)_0}; \varphi_i \neq \psi_i \neq \xi_i,$$

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 $(U^t)_i^{\lambda_i}$, а задачу $Y_i^{\psi_i}$ або $Z_i^{\xi_i}$ через $(U'')_i^{\lambda_i}$. Аналогічно $(M')_i^{\mu_i}$ ідентифікує задачу $A_i^{\alpha_i}$ або $B_i^{\beta_i}$, а $(M'')_i^{\mu_i}$ – задачу $B_i^{\beta_i}$ або $D_i^{\delta_i}$.

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

$$S_k \text{ і } S_i W_{k_i}^{M'_{\mu_k} U'_{\lambda_k} \overline{M''_{\mu_k} U''_{\lambda_k}}} (k = \overline{1, i_0}, \mu_k = \overline{1, (\mu_k)_0}, \lambda_k = \overline{1, (\lambda_k)_0}),$$

що функціонує всередині локальної мережі $S_i, W_{ii}^{M_{\mu_i} U'_{\lambda_i} U''_{\lambda_i}}$, ($\gamma_i = \overline{1, (\lambda_i)_0}, \gamma_i \neq \lambda_i$).

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 (2) і (3):

$$G_n^{(1)} = \left\{ \begin{array}{l} (A_k^{\alpha_k}) [W_{k_i}^{A_{\lambda k} U_{\lambda k} M_{\mu_i}^{\lambda_i} U_{\lambda_i}^{\lambda_i}}], \\ A_k^{\alpha_k} (U')_k^{\lambda_k} I^* (M'')_i^{\mu_i} (U'')_i^{\lambda_i} \times \\ \times [\wedge W_{k_i}^{A_{\lambda k} U_{\lambda k} M_{\mu_i}^{\lambda_i} U_{\lambda_i}^{\lambda_i}}] (B_i^{\beta_i}), \\ (M')_k^{\mu_k} (U')_k^{\lambda_k} I^* B_i^{\beta_i} (U'')_i^{\lambda_i} \times \\ \times [\wedge W_{ij}^{B_{\beta_i} U_{\lambda_i} M_{\mu_j}^{\lambda_j} U_{\lambda_j}^{\lambda_j}}], \\ B_i^{\beta_i} (U')_i^{\lambda_i} I^* (M'')_j^{\mu_j} (U'')_i^{\lambda_i} \times \\ \times [\wedge W_{ij}^{M_{\mu_i} U_{\lambda_i} D_{\delta_j} U_{\lambda_j}^{\lambda_j}}] [(D_j^{\delta_j})] \end{array} \right\}, \quad (2)$$

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

$$M_i^{\mu_i} = \left\{ \begin{array}{l} (X_{\varphi_i}) [\wedge U''_{\lambda_i}], [\wedge U'_{\varphi_i}] (Y_{\psi_i}) \times \\ \times X_i^{\varphi_i} I^* (U'')_i^{\lambda_i} (U')_i^{\gamma_i} I^* Y_i^{\psi_i} \times \\ \times [\wedge U''_{\lambda_i}], [\wedge U'_{\gamma_i}] (Z_{\xi_i}) \end{array} \right\}, \quad (3)$$

$$Y_i^{\psi_i} I^* (U'')_i^{\lambda_i} (U')_i^{\gamma_i} I^* Z_i^{\xi_i},$$

де I^* позначає оператор безпосереднього інформаційного зв'язку. Наприклад, в (2) задача $A_k^{\alpha_k} (U')_k^{\lambda_k}$, а задача $(M'')_i^{\mu_i} (U'')_i^{\lambda_i}$ 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 (2), 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 [5, С.89].

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

Оптимізація структур за кількісним фактором здійснюється в локальній задачі обчислення раціональних об'єктів інформації [2,5].

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 $\theta_{k_i}^{M'_{\lambda_k} U'_{\lambda_k}, M''_{\mu_i} U''_{\lambda_i}}$, $\theta_{ij}^{M'_{\mu_i} U'_{\gamma_i} U''_{\lambda_i}}$, $\theta_{ij}^{M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i} M''_{\mu_j} U''_{\lambda_j}}$, $\theta_{ii}^{M''_{\mu_k} U''_{\gamma_i} U''_{\lambda_i}}$ об'єми відповідної інформації $W_{ki}^{M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i}, M''_{\mu_i} U''_{\lambda_i}}$, $W_{ii}^{M'_{\mu_i} U'_{\gamma_i} U''_{\lambda_i}}$, $W_{ij}^{M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i}, M''_{\mu_j} U''_{\lambda_j}}$, $W_{ii}^{M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i} U''_{v_i}}$ ($v_i = \overline{1, (\lambda_i)_0}, v_i \neq \lambda_i$). Нехай $(Q_{BX})^{M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i}}$ або $(Q_{BX})^{B_{\beta_i} Y_{\psi_i}}$ визначають об'єми даних, що необхідні для виконання відповідних задач $(M'')_i^{\mu_i} (U'')_i^{\lambda_i}$, $B_{\beta_i} Y_{\psi_i}$, а $(\theta_{вих})_i^{M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i}}$ і $(\theta_{вих})_i^{B_{\beta_i} Y_{\psi_i}}$ ідентифікують об'єми результатів рішення задач $(M'')_i^{\mu_i} (U'')_i^{\lambda_i}$ і $B_{\beta_i} Y_{\psi_i}$.

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

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

Отже, кількісний критерій K_Q буде мати такий вигляд:

$$K_\theta = \left[\forall_{G_n^{(4)}} (M'')_i^{\mu_i} (U'')_i^{\lambda_i} \left(\mathcal{G}_g \sum (M'')_k^{\mu_k} (U'')_i^{\lambda_i} (M'')_i^{\mu_i} (U'')_i^{\lambda_i} \frac{(\theta_{k_i}^{M'_{\mu_i} U'_{\lambda_k}, M''_{\mu_i} U''_{\lambda_i}})^{\mathcal{G}_n}}{(\theta_{v\lambda})_i^{M''_{\mu_i} U''_{\lambda_i}}} + \sum (U'')_i^{\gamma_i} I^*(U'')_i^{\lambda_i} \frac{(\theta_{ii}^{M''_{\mu_k} U''_{\gamma_i} U''_{\lambda_i}})^{\mathcal{G}_n}}{(\theta_{ex})^{M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i}}} \right) \rightarrow 1 \right],$$

де \mathcal{G}_g – коефіцієнт достовірності інформації ($\mathcal{G}_g \leq 1$), \mathcal{G}_n – коефіцієнт повноти інформації ($\mathcal{G}_n \leq 1$). Крім того вони дійсні при врахуванні накладених обмежень.

$$(\theta_{вих})_i^{M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i}} \geq \left[\left\{ \mathcal{G}_g \left(\theta_{ij}^{M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i}, M''_{\mu_i} U''_{\lambda_i}} \right)^{\mathcal{G}_n} \right\}, \left\{ \left(\theta_{ii}^{M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i} U''_{v_i}} \right)^{\mathcal{G}_n} \right\} \right], \quad (4)$$

$$\begin{aligned} (\theta_{ex})_i^{B_{\beta_i} Y_{\psi_i}} &= (\theta_{вих})_i^{B_{\beta_i} Y_{\psi_i}}, \\ (\theta_{вих})_i^{M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i}} &\geq \left[\left\{ \mathcal{G}_g \left(\theta_{ij}^{M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i}, M''_{\mu_i} U''_{\lambda_i}} \right)^{\mathcal{G}_n} \right\}, \left\{ \left(\theta_{ii}^{M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i} U''_{v_i}} \right)^{\mathcal{G}_n} \right\} \right] \end{aligned} \quad (5)$$

Обмеження (4) вказує на те, що задачам $(M'')_i^{\mu_i} (U'')_i^{\lambda_i}$ і $(M')_i^{\mu_i} (U'')_i^{\nu_i}$, що використовують інформацію відповідно $W_{ij}^{M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i}, M''_{\mu_j} U''_{\lambda_j}}$ та $W_{ii}^{M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i} U''_{v_i}}$, можуть передаватися всі або частина результатів рішення задачі $(M')_i^{\mu_i} (U'')_i^{\lambda_i}$. Обмеження (5) характеризує рівність вхідних і вихідних об'ємів даних задач – транзитів.

Коефіцієнт достовірності \mathcal{G}_g і коефіцієнт повноти \mathcal{G}_n визначаються на основі статистичних матеріалів як наступні відношення:

$$\mathcal{G}_g = \left(\frac{(\theta_\phi^p)_{k_i}^{M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i}, M''_{\mu_i} U''_{\lambda_i}}}{(\theta_{np})_{k_i}^{M'_{\mu_k} U'_{\lambda_k}, M''_{\mu_i} U''_{\lambda_i}}} \right)^{\nu_i},$$

$$\mathcal{G}_n = \left(\frac{(\theta_\phi)_{k_i}^{M'_{\mu_k} U'_{\lambda_k}, M''_{\mu_i} U''_{\lambda_i}}}{(\theta_{np})_{k_i}^{M'_{\mu_k} U'_{\lambda_k}, M''_{\mu_i} U''_{\lambda_i}}} \right)^{Y_i}$$

Тут використані позначення $W_{ki}^{M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i}, M''_{\mu_i} U''_{\lambda_i}}$, $(\theta_{np})_{k_i}^{M'_{\mu_k} U'_{\lambda_k}, M''_{\mu_i} U''_{\lambda_i}}$ ідентифікують проектний об'єм інформації, фактичний об'єм позначений $(\theta_\phi)_{k_i}^{M'_{\mu_k} U'_{\lambda_k}, M''_{\mu_i} U''_{\lambda_i}}$, $(\theta^p)_{k_i}^{M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i}, M''_{\mu_i} U''_{\lambda_i}}$ – кількість релевантних символів у фактичному об'ємі інформації, а y_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:

$$K_\theta = \left[\forall_{M_i^{\mu_i}} (U^n)_i^{\lambda_i} \times \sum_{(U^*)_i^{\gamma_i} I^*(U^*)_i^{\lambda_i}} \frac{(\theta_{ii}^{M''_{\mu_i} U''_{\lambda_i}, U''_{\lambda_i}})^{\mathcal{G}_n}}{(\theta_{ex})^{M''_{\mu_i} U''_{\lambda_i}}} \rightarrow 1 \right].$$

Обмеження (4) і (5) можна перетворити у наступні вирази:

$$(\theta_{six})^{M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i}} \geq \left\{ (\theta_{ii}^{M''_{\mu_i} U''_{\lambda_i}, U''_{\lambda_i}})^{\mathcal{G}_n} \right\},$$

$$(\theta_{ex})_i^{M_{\mu_i} Y_{v_i}} = (\theta_{six})_i^{M_{\mu_i} Y_{v_i}}.$$

Вихідними даними локальної задачі є об'єми інформації $(\theta_\theta)_i^{M_{\mu_i} Z_{\xi_i}}$, $(e = \overline{1, e_{\xi i}})$, що використовуються для вироблення тих або інших керуючих рішень або здійснення будь-яких керуючих дій в мережі S_i , та коефіцієнти об'ємів $h_{k_i}^{M'_{\mu_k} U'_{\lambda_k}, M''_{\mu_i} U''_{\lambda_i}}$, $h_{ii}^{M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i}, M''_{\mu_i} U''_{\lambda_i}}$, $\left[(h_{k_i}^{M'_{\mu_k} U'_{\lambda_k}, M''_{\mu_i} U''_{\lambda_i}}, h_{ii}^{M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i}, M''_{\mu_i} U''_{\lambda_i}}) \leq 1 \right]$, відповідної інформації $W_{k_i}^{M'_{\mu_k} U'_{\lambda_k}, M''_{\mu_i} U''_{\lambda_i}}$, $W_{ii}^{M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i}, M''_{\mu_i} U''_{\lambda_i}}$.

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

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

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

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

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

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

Однак при подальшому розгляді обмеження повинні бути наступними:

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

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

при цьому $(\theta_{ex})_i^{M_{\mu_i Z_{\xi_i}}}$ 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:

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

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 (3) і коефіцієнтів об'ємів, обчислюємо раціональні об'єми інформації $W_{ii}^{M'_{\mu_i} U'_{\gamma_i}, Z_{\xi_i}}$. Припустимо, що

$$\left(\theta_{ii}^{M'_{\mu_i} U'_{\gamma_i}, Z_{\xi_i}} \right)^{\mathcal{G}_1} = h_{ii}^{M'_{\mu_i} U'_{\gamma_i}, Z_{\xi_i}} (\theta_{ex})_i^{M'_{\mu_i} U'_{\gamma_i}, Z_{\xi_i}},$$

Тоді

$$\theta_{ii}^{M'_{\mu_i} U'_{\gamma_i}, Z_{\xi_i}} = \left[h_{ii}^{M'_{\mu_i} U'_{\gamma_i}, Z_{\xi_i}} (\theta_{ex})_i^{M'_{\mu_i} U'_{\gamma_i}, Z_{\xi_i}} \right]^{\frac{1}{\mathcal{G}_1}}. \quad (8)$$

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

$$\mathcal{G}_g \left(\theta_{k_i}^{M'_{\mu_k} U'_{\lambda_k}, M''_{\mu_i} U''_{\lambda_k}, Z'_{\xi_i}} \right)^{\mathcal{G}_n} = h_{ii}^{M'_{\mu_k} U'_{\lambda_k}, M''_{\mu_i} U''_{\lambda_k}, Z'_{\xi_i}} (\theta_{ex})_i^{M''_{\mu_i} U''_{\lambda_k}, Z'_{\xi_i}}, \quad (9)$$

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

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 \mathcal{G}_g , тип задачі $M_i^{\mu_i}$ у цьому випадку рівний В або D.

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

$$D_i^{\sigma_i} (U')_i^{\gamma_i} I * D_i^{\delta_i} Z_i^{\xi_i},$$

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

За задачами $D_i^{\sigma_i} (U')_i^{\gamma_i}$ або $(M')_k^{\mu_k} (U')_k^{\lambda_k}$ безпосередньо можуть іти не тільки задачі-споживачі, але й задачі-транзити. Тоді зафіксувавши задачі $D_i^{\sigma_i} (U')_i^{\gamma_i}$ 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 $a_i^{M_{\mu_i}}$

$$(\theta_{\text{вих}})_{i}^{M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i}} = \max \left[\left\{ \mathcal{G}_g \left(\theta_{ij}^{M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i}, M''_{\mu_i} U''_{\lambda_i}} \right)^{\mathcal{G}_n} \right\} \left\{ \left(\theta_{ii}^{M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i}, M''_{\mu_i} U''_{\lambda_i}} \right)^{\mathcal{G}_n} \right\} \right],$$

$$(\theta_{\text{вих}})_{i}^{M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i}} = \sum_{(M')_i^{\mu_i} (U')_i^{\lambda_i} I * (M'')_i^{\mu_i} (U'')_i^{\lambda_i}} \mathcal{G}_g \left(\theta_{ij}^{M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i}, M''_{\mu_i} U''_{\lambda_i}} \right)^{\mathcal{G}_n} + \sum_{(U')_i^{\lambda_i} I * (U'')_i^{\lambda_i}} \left(\theta_{ii}^{M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i}, M''_{\mu_i} U''_{\lambda_i}} \right)^{\mathcal{G}_n};$$

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

$$(\theta_{\text{вих}})_{i}^{M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i}} = \max \left\{ \mathcal{G}_g \left(\theta_{ij}^{M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i}, M''_{\mu_i} U''_{\lambda_i}} \right)^{\mathcal{G}_n} \right\},$$

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

для екзогенних задач $(U')_i^{\lambda_i}$. Враховуючи (5) і (13) знаходимо об'єми інформації $(\theta_{\text{ex}})_{i}^{B_{\beta_i} Y_{\nu_i}}$ та $(\theta_{\text{ex}})_{i}^{M_{\mu_i} Y_{\nu_i}}$.

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

$$\theta_{k_i}^{M'_{\mu_k} U'_{\lambda_k}, M''_{\mu_i} U''_{\lambda_i}} = \left[\frac{h_{k_i}^{M'_{\mu_k} U'_{\lambda_k}, M''_{\mu_i} U''_{\lambda_i}} (\theta_{\text{ex}})_{i}^{M'_{\mu_i} U'_{\lambda_i}}}{\mathcal{G}_A} \right]^{\frac{1}{\mathcal{G}_1}};$$

$$\theta_{ii}^{M'_{\mu_i} U'_{\gamma_i} U''_{\lambda_i}} = \left[h_{ii}^{M'_{\mu_i} U'_{\gamma_i} U''_{\lambda_i}} (\theta_{ex})_i^{M'_{\mu_i} U''_{\lambda_i}} \right] \frac{1}{g_i}$$

В порядку обчислення раціональні об'єми вносимо в опис задачі взаємодії макрорівня (3). Після закінчення процедури визначення раціональних об'ємів інформації вирази (2) і (3) приймуть відповідно такий вигляд:

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

$$(M')_i^{\mu_i} (U')_i^{\lambda_i} I * D_j^{\delta_j} (U'')_j^{\lambda_j}$$

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

$$(U')_i^{\gamma_i} I * Z_i^{\xi_i}$$

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.

Список літератури

1. Брахман Т.Р. Многокритериальность и выбор альтернативы в техник. Москва: Радио и связь, 1984. 308 с.
2. Штойер Р. Многокритериальная оптимизация. Теория вычислений и приложения. Москва: Радио и связь, 1992. 504с.
3. Оре О. Теория графов. Москва: Наука, 1980. 336 с.
4. Майника Э. Алгоритмы оптимизации на сетях и графах. Москва: Мир, 1981. 323с.
5. Козюра В.Д., Шелест М.Є., Ткач Ю.М. Комплексні системи захисту інформації в інформаційно-телекомунікаційних системах. Ніжин: ТПК «Орхідея», 2019. 144с.

ОПТИМИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СТРУКТУР ЛОКАЛЬНОЙ СЕТИ

В.О. Хорошко, Ю.Є. Хохлачова, А. Аясрах, А. Аль-Далваш

Национальный авиационный университет,
пр. Любомир Гузар, 1, Киев, 03058, Украина; e-mail: post@nau.edu.ua

Широкомасштабное использование вычислительной техники и коммуникационных (информационных) сетей, переход к увеличению объемов обрабатываемой информации и расширение круга пользователей во всех сферах жизни современного общества (политической, военной, экономической, социальной и финансовой) приводят к качественно новым возможностям. Современный процесс в области информационных сетей привел к разработке многочисленных методов, предназначенных для оптимизации структур информационных сетей. При разработке трафиков передачи информации в сетях необходимо учитывать построение структур информационных потоков, которые определяются количественными, топологическими, качественными и временными факторами. Основным критерием является максимизация суммы отношений эффектов взаимодействия локальных сетей к затратам на их взаимодействие. Целью является количественная оптимизация информационных структур локальных сетей. Предлагается основной критерий представить в виде иерархии локальных критериев, а задачу разработки декомпозировать на ряд локальных задач. Основы декомпозиции составляет зависимость между локальными критериями оптимизации и факторами, которые скрываются. Оптимизация структур по количественному фактору осуществляется в локальной задаче вычисления рациональных объектов информации. Рациональный объем должен соответствовать требованиям полноты информации, становится важной задачей для потребителя. Полученные в работе результаты позволяют выполнить количественную оптимизацию информационных структур локальных сетей. Для ее выполнения решена задача максимизации суммы отношений эффектов взаимодействия локальных сетей к затратам на их взаимодействие и разработан порядок ее исчисления.

Ключевые слова: локальные сети, количественная оптимизация, информационные структуры, трафик передачи информации, иерархия локальных критериев, декомпозиция.

OPTIMIZATION OF INFORMATION STRUCTURES OF LOCAL NETWORKS

V.O. Khoroshko, Yu.Ye. Khokhlachova, A. Ayasrah, A. Al-Dalwash

National Aviation University,

1, Lubomyr Guzarv Ave, Kyiv, 03058, Ukraine; e-mail: post@nau.edu.ua

Large-scale use of computers and communication (information) networks, the transition to increasing the amount of processing information and expanding the range of users in all spheres of modern society (political, military, economic, social and financial) lead to qualitatively new opportunities. The modern process in the field of information networks has led to the development of numerous methods designed to optimize the structures of information networks. When developing traffic for information transmission in networks, it is necessary to take into account the construction of information flow structures, which are determined by quantitative, topological, qualitative and time factors. The main criterion is to maximize the sum of the ratios of the effects of interaction of local networks to the cost of their interaction. The aim is to quantitatively optimize the information structures of local networks. 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 relationship between local optimization criteria and hidden factors. The optimization of structures by a quantitative factor is carried out in the local problem of calculating rational objects of information. Rational volume must meet the requirements of completeness of information, which becomes an important task for the consumer. The results obtained in this work allow to perform quantitative optimization of information structures of local networks. To perform it, the problem of maximizing the sum of the ratios of the effects of interaction of local networks to the cost of their interaction is solved and the procedure for its calculation is developed.

Keywords: local networks, quantitative optimization, information structures, traffic of information transfer, hierarchy of local criteria, decomposition.