

## КІЛЬКІСНА ОПТИМІЗАЦІЯ РЕСУРСІВ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ЕФЕКТИВНОЇ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

Стаття присвячена оптимізації ресурсів інформаційної системи за кількісним фактором, яка здійснюється в локальній задачі обчислення раціональних об'ємів інформації. З цією метою сформульована математична постановка локальної задачі з оптимізації ресурсів інформаційної системи за кількісним критерієм. Задача розв'язана шляхом обчислення раціональних об'ємів інформації та внесення їх в опис ресурсів інформаційної системи.

**Ключові слова:** інформаційна безпека, інформаційна система, кількісний критерій, захист інформації, система підтримки прийняття рішень, інформаційний вплив, керуюче рішення.

Zybin S. V. State University of Telecommunications, Kyiv

## THE QUANTITATIVE OPTIMIZATION OF INFORMATION SYSTEM RESOURCES FOR EFFECTIVE DECISION SUPPORT

The article is devoted to the optimization of information system resources by quantitative factor. This optimization is carried out in the local issue of calculating rational volumes of information. For this purpose, the mathematical formulation of a local task for optimizing resources of the information system was formulated by a quantitative criterion. The fulfillment of the task begins with the construction of information structures, which are oriented connected graphs. The vertices of graphs are macro-level interaction tasks, which carry out information exchange between system resources and external sources, and arcs are information flows. Correspondingly, macro level tasks are related oriented subgraphs, the vertices of which are the tasks of the interaction of the microlevel, providing the exchange of information flows between the system resources, and arcs are information flows. The tasks of the interaction of the macro level and the micro level are divided into three types: sources-resources, which collect, prepare and transmit information; transit-resources that process and transmit information; users-resources. Information from external sources and the task of macro level interaction is considered both in the direction from sources to users, and vice versa. The tasks of the micro-level interaction directly output or receive information from other elements of the network. The rest of the microlevel tasks form, process, or use information that functions within the system. The problem is solved by calculating rational volumes of information and entering them into the description of resources of the information system.

**Keywords:** information security, information system, quantitative criterion, information protection, decision support system, information impact, control solution.

Зыбин С. В. Государственный университет телекоммуникаций, Киев

## КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Статья посвящена оптимизации ресурсов информационной системы по количественному фактору, который осуществляется в локальной задаче вычисления рациональных объемов информации. С этой целью сформулирована математическая постановка локальной задачи по оптимизации ресурсов информационной системы по количественному критерию. Задача решена путём вычисления рациональных объемов информации и внесения их в описание ресурсов информационной системы.

**Ключевые слова:** информационная безопасность, информационная система, количественный критерий, защита информации, система поддержки принятия решений, управляющее решение.

## 1. Вступ. Постановка задачі дослідження

На сьогоднішній час структури інформаційних технологій представляють собою поєднання різних програмних і апаратних систем, сховищ і мережевих пристроїв. Оптимізація дає можливість налагодити найбільш раціональну взаємодію всіх систем, автоматизувати і спростити всі процеси. Головною метою створення та впровадження інформаційних систем являється підвищення ефективності діяльності і зниження часових, матеріальних і трудових ресурсів за рахунок вдосконалення технологічних процесів; оптимізації інформаційних ресурсів і організації оперативного доступу до них; автоматизації операцій обробки і переміщення інформації.

Аспекти розробки та застосування інформаційних систем, а саме, систем підтримки прийняття рішень (СППР), детально розглянуто у роботах [1-3]. Проаналізовано історію їх розвитку, галузі застосування, наведено опис найпоширеніших систем підтримки прийняття рішень. Необхідними умовами ефективності рішень, що приймаються, являються своєчасність, комплексність та оптимальність. Перша з наведених умов являється обмеженням, а інші – визначальними фундаментальними умовами. Вимога комплексності передбачає необхідність якомога повнішого та всебічного урахування впливу на рішення внутрішніх і зовнішніх факторів та їх взаємозв'язків.

*Метою статті* є вирішення задачі оптимізації ресурсів інформаційної системи за кількісним фактором, яка розв'язується шляхом обчислення раціональних об'ємів інформації та внесення їх в опис ресурсів інформаційної системи.

## 2. Оптимізація інформаційних потоків СППР

При взаємодії елементів системи підтримки прийняття рішень, яка складається із множини підсистем необхідно враховувати об'єми інформаційних потоків і виходячи з цього виконувати оптимізацію інформаційних елементів, ресурсів і структур з метою мінімізації кількості елементів, які виконують обробку, передачу інформації. Виконувати оптимізацію можна за декількома критеріями: кількісним, якісним, топологічним або часовим [4, 5]. Для оптимізації ресурсів системи необхідно виконати кількісну оптимізацію інформаційних потоків для підтримки прийняття рішень.

Виконання поставленого завдання починається з побудови інформаційних структур  $G_n^{(1)}$ , ( $n = \overline{1, n_0}$ ), що представляють собою зв'язані орієнтовані графи [6]. Вершинами графів являються задачі взаємодії макрорівня  $M_i^{\mu_i}$ , ( $i = \overline{1, i_0}$ ,  $\mu_i = \overline{1, (\mu_i)_0}$ ), що здійснюють інформаційний обмін між ресурсами системи і зовнішніми джерелами, а дугами являються інформаційні потоки. Відповідним чином задачі  $M_i^{\mu_i}$  представляють собою зв'язані орієнтовані підграфи, вершинами яких служать задачі взаємодії мікрорівня  $U_i^{\lambda_i}$ ,  $\lambda_i = \overline{1, (\lambda_i)_0}$ , що забезпечують обмін інформаційними потоками між ресурсам системи  $S_i$ , а дугами – інформаційні потоки.

Задачі взаємодії макрорівня і мікрорівня поділимо на три типи [4].

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

$$(\alpha_i, \beta_i, \delta_i) = \overline{1, (\mu_i)_0}; \alpha_i \neq \beta_i \neq \delta_i; i = \overline{1, i_0}$$

$$U_i^{\lambda_i} = X_i^{\phi_i} \cup Y_i^{\psi_i} \cup Z_i^{\xi_i}; \quad (2)$$

$$(\phi_i, \psi_i, \xi_i) = \overline{1, (\lambda_i)_0}; \phi_i \neq \psi_i \neq \xi_i; i = \overline{1, i_0},$$

де  $(A_i^{\alpha_i}, X_i^{\phi_i})$  – ресурси-джерела, що виконують збір, підготовку і передачу інформації;

$(B_i^{\beta_i}, Y_i^{\psi_i})$  – ресурси-транзити, які обробляють і передають інформацію;

$(D_i^{\delta_i}, Z_i^{\xi_i})$  – ресурси-користувачі, ОПР або користувачі. Даного виду ресурси-споживачі формують рішення або виконуються дії в мережі  $S_i'$  за результатами обробки інформації.

Позначимо задачу  $A_i^{\alpha_i} \cup B_i^{\beta_i}$  через  $(M')_i^{\mu_i}$ , а задачу  $B_i^{\beta_i} \cup D_i^{\delta_i}$  через  $(M'')_i^{\mu_i}$ . Аналогічно позначимо задачу  $X_i^{\phi_i} \cup Y_i^{\psi_i}$  через  $(U')_i^{\lambda_i}$ , а задачу  $Y_i^{\psi_i} \cup Z_i^{\xi_i}$  через  $(U'')_i^{\lambda_i}$ .

Використаємо позначення задач взаємодії через  $W$ . В цьому випадку можна виразити інформацію, якою обмінюються ресурси різних систем (підсистем), наприклад,  $S_k$  і  $S_i$ , як  $W_{ki}^{(M')^{\mu_k}(U')^{\lambda_k},(M'')^{\mu_i}(U'')^{\lambda_i}}$  ( $k = \overline{1, i_0}$ ,  $\mu_k = \overline{1, (\mu_k)_0}$ ,  $\lambda_k = \overline{1, (\lambda_k)_0}$ ). Інформацію, яка обертається всередині системи  $S_i$ ,  $W_{ii}^{(M')^{\mu_i}(U')^{\lambda_i},(U'')^{\lambda_i}}$ , ( $\gamma_i = \overline{1, (\lambda_i)_0}, \gamma_i \neq \lambda_i$ ).

В зв'язку з тим, що інформацію із зовнішніх джерел і задачі взаємодії макрорівня необхідно розглядати як в напрямку від джерел до користувачів, так і навпаки, то вони можуть бути подані у вигляді (3) і (4):

$$G_n^{(1)} = \{A_k^{\alpha_k} \cap W_{ki}^{A_k^{\alpha_k}(U')^{\lambda_k},(M'')^{\mu_i}(U'')^{\lambda_i}}, A_k^{\alpha_k}(U')^{\lambda_k} I^*(M'')_i^{\mu_i}(U'')^{\lambda_i} \cap (W_{ki}^{A_k^{\alpha_k}(U')^{\lambda_k},(M'')^{\mu_i}(U'')^{\lambda_i}} B_i^{\beta_i}), \\ (M')_k^{\mu_k}(U')^{\lambda_k} I^* B_i^{\beta_i}(U'')^{\lambda_i} \cap W_{ij}^{B_i^{\beta_i}(U')^{\lambda_i},(M'')^{\mu_j}(U'')^{\lambda_j}}, \\ B_i^{\beta_i}(U')^{\lambda_i} I^*(M'')_j^{\mu_j}(U'')^{\lambda_j} \cap W_{ij}^{(M')^{\mu_i}(U')^{\lambda_i},D_j^{\delta_j}(U'')^{\lambda_j}} (D_j^{\delta_j})\}, \quad (3) \\ (M')_i^{\mu_i}(U')^{\lambda_i} I^* D_j^{\delta_j}(U'')^{\lambda_j}$$

$$(k, i, j) = \overline{1, i_0}, \quad (\mu_j, \delta_j) = \overline{1, (\mu_j)_0}, \quad \lambda_j = \overline{1, (\lambda_j)_0}, \quad k \neq i \neq j.$$

$$M_i^{\mu_i} = \{X_i^{\psi_i} \cap (U'')^{\lambda_i}, \cap (U')_i^{\gamma_i} Y_i^{\psi_i} \cap (U'')^{\lambda_i}, \cap (U')_i^{\gamma_i} Z_i^{\xi_i}\}, \quad (4) \\ X_i^{\phi_i} I^*(U'')^{\lambda_i} \quad (U')_i^{\gamma_i} I^* Y_i^{\psi_i} \quad Y_i^{\psi_i} I^*(U'')^{\lambda_i} \quad (U')_i^{\gamma_i} I^* Z_i^{\xi_i},$$

де  $I^*$  позначає оператор безпосереднього інформаційного зв'язку. Наприклад, в (3) задача  $A_k^{\alpha_k}(U')^{\lambda_k}$  безпосередньо передуює задачі  $(M'')_i^{\mu_i}(U'')^{\lambda_i}$ , а задача  $(M'')_i^{\mu_i}(U'')^{\lambda_i}$  безпосередньо йде за  $A_k^{\alpha_k}(U')^{\lambda_k}$ . В  $G_n^{(1)}$  індекс (1) вказує порядковий номер локальної задачі.

Задачі взаємодії мікрорівня, що представлені в (3), безпосередньо видають або отримують інформацію від інших елементів мережі. Решта задач мікрорівня формують, переробляють або використовують інформацію, що функціонує всередині системи.

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 потоків інформації.

Оптимізація структур за кількісним фактором здійснюється в локальній задачі обчислення об'ємів інформації.

Якщо об'єм інформації для підтримки прийняття рішення менший необхідного, тоді користувач або підсистема відчуватиме нестачу інформації. У випадку надлишку потрібного об'єму виникають непродуктивні затрати на формування, обробку і передачу інформації або результатів рішення задач, а також загрози доступності системи. В глобальному випадку проблема набагато складніше, оскільки частина інформаційного потоку може бути інформаційним деструктивним впливом або загрозою порушення критеріїв інформаційної безпеки [8].

### 3. Локальна задача оптимізації

Позначимо через  $Q_{ki}^{(M')^{\mu_k}(U')^{\lambda_k},(M'')^{\mu_i}(U'')^{\lambda_i}}$ ,  $Q_{ii}^{(M'')^{\mu_i}(U'')^{\lambda_i},(U')^{\lambda_i}}$ ,  $Q_{ij}^{(M')^{\mu_i}(U')^{\lambda_i},(M'')^{\mu_j}(U'')^{\lambda_j}}$ ,  $Q_{ii}^{(M'')^{\mu_k}(U'')^{\lambda_i},(U')^{\lambda_i}}$  об'єми відповідної інформації завдань взаємодії  $W_{ki}^{(M')^{\mu_k}(U')^{\lambda_k},(M'')^{\mu_i}(U'')^{\lambda_i}}$ ,  $W_{ii}^{(M'')^{\mu_i}(U'')^{\lambda_i},(U')^{\lambda_i}}$ ,  $W_{ij}^{(M')^{\mu_i}(U')^{\lambda_i},(M'')^{\mu_j}(U'')^{\lambda_j}}$ ,  $W_{ii}^{(M'')^{\mu_i}(U'')^{\lambda_i},(U')^{\lambda_i}}$ , ( $v_i = \overline{1, (\lambda_i)_0}, v_i \neq \lambda_i$ ).

Нехай  $(Q_{IN})_i^{(M'')^{\mu_i}(U'')^{\lambda_i}}$ ,  $(Q_{IN})_i^{B_i^{\beta_i}Y_i^{\psi_i}}$  визначають об'єми даних, які необхідні для виконання відповідно задач  $(M'')^{\mu_i}(U'')^{\lambda_i}$ ,  $B_i^{\beta_i}Y_i^{\psi_i}$ , а  $(Q_{OUT})_i^{(M')^{\mu_i}(U')^{\lambda_i}}$  і  $(Q_{OUT})_i^{B_i^{\beta_i}Y_i^{\psi_i}}$  ідентифікують об'єми результатів розв'язку задач  $(M')^{\mu_i}(U')^{\lambda_i}$  і  $B_i^{\beta_i}Y_i^{\psi_i}$ .

Використовуючи позначення, які були прийняті, сформулюємо математичну постановку локальної задачі:

– необхідно оптимізувати структуру  $G_n^{(3)}$  за кількісним фактором  $Q$

$$G_n^{(4)} = \underset{Q}{opt} G_n^{(3)} \quad (5)$$

тобто, необхідно забезпечити виконання кількісного критерію  $K_Q$

$$K_Q = [\forall_{G_n^{(4)}} (M'')^{\mu_i}(U'')^{\lambda_i} \times (\mathcal{G}_D \sum_{(M')^{\mu_k}(U')^{\lambda_k} \Gamma^{(M'')^{\mu_i}(U'')^{\lambda_i}}} \frac{(Q_{ki}^{(M')^{\mu_k}(U')^{\lambda_k}, (M'')^{\mu_i}(U'')^{\lambda_i}})^{\mathcal{G}_D}}{(Q_{IN})_i^{(M'')^{\mu_i}(U'')^{\lambda_i}}} + \sum_{(U')^{\beta_i} \Gamma^{(U'')^{\lambda_i}}} \frac{(Q_{ii}^{(M'')^{\mu_i}(U'')^{\lambda_i}, (U'')^{\beta_i}})^{\mathcal{G}_D}}{(Q_{IN})_i^{(M'')^{\mu_i}(U'')^{\lambda_i}}} \rightarrow 1], \quad (6)$$

де  $\mathcal{G}_D$  – коефіцієнт достовірності, ( $\mathcal{G}_D \leq 1$ ),  $\mathcal{G}_D$  – коефіцієнт повноти, ( $\mathcal{G}_D \leq 1$ ), накладаються наступні обмеження

$$(Q_{OUT})_i^{(M')^{\mu_i}(U')^{\lambda_i}} \geq [\{\mathcal{G}_D (Q_{ij}^{(M')^{\mu_i}(U')^{\lambda_i}, (M'')^{\mu_j}(U'')^{\lambda_j}})^{\mathcal{G}_D}\}, \{(Q_{ii}^{(M')^{\mu_i}(U')^{\lambda_i}, (U'')^{\beta_i}})^{\mathcal{G}_D}\}], \quad (7)$$

$$(Q_{IN})_i^{B_i^{\beta_i}Y_i^{\psi_i}} = (Q_{OUT})_i^{B_i^{\beta_i}Y_i^{\psi_i}};$$

$$(Q_{OUT})_i^{(M'')^{\mu_i}(U'')^{\lambda_i}} \geq [\{\mathcal{G}_D (Q_{ij}^{(M'')^{\mu_i}(U'')^{\lambda_i}, (M')^{\mu_j}(U')^{\lambda_j}})^{\mathcal{G}_D}\}, \{(Q_{ii}^{(M'')^{\mu_i}(U'')^{\lambda_i}, (U'')^{\beta_i}})^{\mathcal{G}_D}\}]. \quad (8)$$

Обмеження (7) вказує на те, що задачам  $(M'')^{\mu_j}(U'')^{\lambda_j}$  і  $(M')^{\mu_i}(U')^{\lambda_i}$ , які використовують інформацію  $W_{ij}^{(M')^{\mu_i}(U')^{\lambda_i}, (M'')^{\mu_j}(U'')^{\lambda_j}}$  і  $W_{ii}^{(M'')^{\mu_i}(U'')^{\lambda_i}, (U'')^{\beta_i}}$  відповідно, можуть передаватися всі або частина результатів розв'язку задачі  $(M')^{\mu_i}(U')^{\lambda_i}$ . Обмеження (8) характеризує рівність вхідних і вихідних об'ємів даних задач-транзитів.

Коефіцієнт достовірності  $\mathcal{G}_D$  і коефіцієнт повноти  $\mathcal{G}_D$  визначаються на основі статистичних матеріалів як відношення (9) і (10):

$$\mathcal{G}_D = \left( \frac{(Q_{\Phi})_{ki}^{(M')^{\mu_k}(U')^{\lambda_k}, (M'')^{\mu_i}(U'')^{\lambda_i}}}{(Q_{np})_{ki}^{(M')^{\mu_k}(U')^{\lambda_k}, (M'')^{\mu_i}(U'')^{\lambda_i}}} \right)^{y_i}, \quad (9)$$

$$\mathcal{G}_D = \left( \frac{(Q_{\Phi})_{ki}^{(M'')^{\mu_k}(U'')^{\lambda_k}, (M')^{\mu_i}(U')^{\lambda_i}}}{(Q_{np})_{ki}^{(M'')^{\mu_k}(U'')^{\lambda_k}, (M')^{\mu_i}(U')^{\lambda_i}}} \right)^{y_i}. \quad (10)$$

У виразах (9), (10)  $(Q_{np})_{ki}^{(M')^{\mu_k}(U')^{\lambda_k}, (M'')^{\mu_i}(U'')^{\lambda_i}}$  ідентифікує проектний об'єм інформації;  $(Q_{\Phi})_{ki}^{(M')^{\mu_k}(U')^{\lambda_k}, (M'')^{\mu_i}(U'')^{\lambda_i}}$  – фактичний об'єм інформації;  $(Q_{\Phi})_{ki}^{(M'')^{\mu_k}(U'')^{\lambda_k}, (M')^{\mu_i}(U')^{\lambda_i}}$  – кількість релевантних символів у фактичному об'ємі інформації;  $y_i$  являється коефіцієнтом нелінійності, що залежить від цілі  $H_i$  системи  $S_i$  і вибирається евристично.

Для обчислення об'ємів інформації, що функціонують всередині задачі взаємодії макрорівня  $M_i^{\mu_i}$ , критерій  $K_Q$  доцільно представити у вигляді (11):

$$K_Q = [\forall_{M_i^{\mu_i}} (U'')^{\lambda_i} \cdot \sum_{(U')^{\lambda_i} \Gamma^* (U'')^{\lambda_i}} \frac{(Q_{ii}^{(M')^{\mu_k} (U')^{\lambda_k} (U'')^{\lambda_i}})^{g_n}}{(Q_{IN})_i^{M_i^{\mu_i} (U'')^{\lambda_i}}} \rightarrow 1. \quad (11)$$

Обмеження (7) і (8) можна перетворити у вирази (12) і (13):

$$(Q_{OUT})_i^{(M')^{\mu_k} (U')^{\lambda_k} (U'')^{\lambda_i}} \geq \{(Q_{ii}^{M_i^{\mu_i} (U')^{\lambda_i} (U'')^{\lambda_i}})^{g_n}\}, \quad (12)$$

$$(Q_{IN})_i^{M_i^{\mu_i} Y_i^{\nu_i}} = (Q_{OUT})_i^{M_i^{\mu_i} Y_i^{\nu_i}}. \quad (13)$$

Вихідними даними локальної задачі являються об'єми інформації  $(Q_e)_{i}^{M_i^{\mu_i} Z_i^{\xi_i}}$ ,  $(e = \overline{1, e_{\xi_i}})$ , що використовуються для вироблення тих або інших керуючих рішень або здійснення будь-яких керуючих дій в мережі  $S_i$ , а також коефіцієнти об'ємів  $h_{ki}^{(M')^{\mu_k} (U')^{\lambda_k}, (M'')^{\mu_i} (U'')^{\lambda_i}}$ ,  $h_{ii}^{(M'')^{\mu_i} (U')^{\lambda_i} (U'')^{\lambda_i}}$ ,  $[(h_{ki}^{(M')^{\mu_k} (U')^{\lambda_k}, (M'')^{\mu_i} (U'')^{\lambda_i}}, h_{ii}^{(M'')^{\mu_i} (U')^{\lambda_i} (U'')^{\lambda_i}}) \leq 1]$ , відповідної інформації задач  $W_{ki}^{(M')^{\mu_k} (U')^{\lambda_k}, (M'')^{\mu_i} (U'')^{\lambda_i}}$ ,  $W_{ii}^{(M'')^{\mu_i} (U')^{\lambda_i} (U'')^{\lambda_i}}$ . Значення  $(Q_e)_{i}^{M_i^{\mu_i} Z_i^{\xi_i}}$ ,  $h_{ki}^{(M')^{\mu_k} (U')^{\lambda_k}, (M'')^{\mu_i} (U'')^{\lambda_i}}$ ,  $h_{ii}^{(M'')^{\mu_i} (U')^{\lambda_i} (U'')^{\lambda_i}}$  визначаються при дослідженні цілей системи. Коефіцієнти об'ємів задаються так, щоб для кожної зовнішньої задачі  $(M'')^{\mu_i} (U'')^{\lambda_i}$  виконувалося наступне рівняння:

$$\sum_{(M')^{\mu_k} (U')^{\lambda_k} \Gamma^* (M'')^{\mu_i} (U'')^{\lambda_i}} h_{ki}^{(M')^{\mu_k} (U')^{\lambda_k}, (M'')^{\mu_i} (U'')^{\lambda_i}} + \sum_{(U')^{\lambda_i} \Gamma^* (U'')^{\lambda_i}} h_{ii}^{(M'')^{\mu_i} (U')^{\lambda_i} (U'')^{\lambda_i}} = 1, \quad (14)$$

а для внутрішньої задачі  $(M'')^{\mu_i} (U'')^{\lambda_i}$  виконувалось рівняння:

$$\sum_{(U')^{\lambda_i} \Gamma^* (U'')^{\lambda_i}} h_{ii}^{(M'')^{\mu_i} (U')^{\lambda_i} (U'')^{\lambda_i}} = 1. \quad (15)$$

В загальному випадку значення об'єму  $(Q_{IN})_i^{M_i^{\mu_i} Z_i^{\xi_i}}$  знаходиться в інтервалі між найбільшим значенням із  $\{(Q_e)_{i}^{M_i^{\mu_i} Z_i^{\xi_i}}\}$  і сумою всіх  $(Q_e)_{i}^{M_i^{\mu_i} Z_i^{\xi_i}}$ :

$$\max \{(Q_e)_{i}^{M_i^{\mu_i} Z_i^{\xi_i}}\} \leq (Q_{IN})_i^{M_i^{\mu_i} Z_i^{\xi_i}} \leq \sum_{e=1}^{e_{\xi_i}} (Q_e)_{i}^{M_i^{\mu_i} Z_i^{\xi_i}}. \quad (16)$$

Однак при подальшому розгляді обмежимося виразами (17) і (18):

$$(Q_{IN})_i^{M_i^{\mu_i} Z_i^{\xi_i}} = \max \{(Q_e)_{i}^{M_i^{\mu_i} Z_i^{\xi_i}}\}, \quad (17)$$

$$(Q_{IN})_i^{M_i^{\mu_i} Z_i^{\xi_i}} \leq \sum_{e=1}^{e_{\xi_i}} (Q_e)_{i}^{M_i^{\mu_i} Z_i^{\xi_i}}, \quad (18)$$

при цьому  $(Q_{IN})_i^{M_i^{\mu_i} Z_i^{\xi_i}}$  визначається за цими виразами в залежності від значення коефіцієнта релевантності  $a_i^{M_i^{\mu_i} Z_i^{\xi_i}}$ .

В результаті рішення локальної задачі необхідно знайти раціональні об'єми  $Q_{ki}^{(M')^{\mu_k} (U')^{\lambda_k}, (M'')^{\mu_i} (U'')^{\lambda_i}}$ ,  $Q_{ii}^{(M'')^{\mu_i} (U')^{\lambda_i} (U'')^{\lambda_i}}$  і  $(Q_{OUT})_i^{(M')^{\mu_k} (U')^{\lambda_k}}$ .

Алгоритм обчислення об'ємів інформації починається з послідовного аналізу задач  $M_i^{\mu_i}$  і пошуку в них задач-користувачів  $Z_i^{\xi_i}$ . Використовуючи опис задачі макрорівня в (4) і коефіцієнти об'ємів, обчислюємо об'єми інформації  $W_{ii}^{(M'')^{\mu_i} (U')^{\lambda_i} (U'')^{\lambda_i}}$ .

Припустимо, що

$$\left( Q_{ii}^{M_i^{\mu_i}(U')^{\gamma_i} Z_i^{\xi_i}} \right)^{\mathfrak{G}_{\Pi}} = h_{ii}^{M_i^{\mu_i}(U')^{\gamma_i} Z_i^{\xi_i}} (Q_{IN})_i^{M_i^{\mu_i}(U')^{\gamma_i} Z_i^{\xi_i}}, \quad (19)$$

тоді

$$Q_{ii}^{M_i^{\mu_i}(U')^{\gamma_i} Z_i^{\xi_i}} = [h_{ii}^{M_i^{\mu_i}(U')^{\gamma_i} Z_i^{\xi_i}} (Q_{IN})_i^{M_i^{\mu_i}(U')^{\gamma_i} Z_i^{\xi_i}}]^{\frac{1}{\mathfrak{G}_{\Pi}}}. \quad (20)$$

Якщо задача  $Z_i^{\xi_i}$  отримує також інформацію  $W_{ki}^{(M')_k^{\lambda_k}(U')^{\lambda_k}, (M'')_i^{\mu_i} Z_i^{\xi_i}}$  із зовнішнього середовища, то за описом  $G_n^{(3)}$  в (4) знаходимо ці впливи і визначаємо їх об'єми:

$$\mathfrak{G}_D(Q_{ki}^{M_{\mu_k}(U')^{\lambda_k}, (M'')_i^{\mu_i} Z_i^{\xi_i}}) \mathfrak{G}_{\Pi} = h_{ki}^{(M')_k^{\lambda_k}(U')^{\lambda_k}, (M'')_i^{\mu_i} Z_i^{\xi_i}} (Q_{IN})_i^{(M'')_i^{\mu_i} Z_i^{\xi_i}}, \quad (21)$$

$$Q_{ki}^{(M')_k^{\lambda_k}(U')^{\lambda_k}, (M'')_i^{\mu_i} Z_i^{\xi_i}} = \left[ \frac{h_{ik}^{(M')_k^{\lambda_k}(U')^{\lambda_k}, (M'')_i^{\mu_i} Z_i^{\xi_i}} (Q_{IN})_i^{(M'')_i^{\mu_i} Z_i^{\xi_i}}}{\mathfrak{G}_D} \right]^{\frac{1}{\mathfrak{G}_{\Pi}}}. \quad (22)$$

Оскільки інформація  $W_{ki}^{(M')_k^{\lambda_k}(U')^{\lambda_k}, (M'')_i^{\mu_i} Z_i^{\xi_i}}$  передається між елементами мережі, то в (21) і (22) враховується коефіцієнт достовірності  $\mathfrak{G}_D$ , тип задачі  $M_i^{\mu_i}$  у цьому випадку рівний  $B$  або  $D$ .

Далі переходимо до обчислення об'ємів  $(Q_{OUT})_i^{(M')_i^{\mu_i}(U')^{\gamma_i}}$ ,  $(Q_{OUT})_k^{(M')_k^{\lambda_k}(U')^{\lambda_k}}$ . Послідовно розглядаємо задачі  $D_i^{\delta_i}, Z_i^{\xi_i}$  і визначаємо безпосередньо передуючі їм задачі

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

За задачами  $D_i^{\sigma_i}(U')^{\gamma_i}$  або  $(M')_k^{\mu_k}(U')^{\lambda_k}$  безпосередньо можуть йти не тільки задачі-користувачі, але й задачі-транзити. Тоді, зафіксувавши задачі  $D_i^{\sigma_i}(U')^{\gamma_i}$  або  $(M')_k^{\mu_k}(U')^{\lambda_k}$ , необхідно обчислити об'єми результатів виконання задач-транзитів аналогічно (20) і (22).

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, поки за задачею, що розглядається, не будуть іти задачі типу  $Z$ .

Вихідні об'єми задач обчислюються як в (17) і (18) на основі заданого значення коефіцієнта релевантності  $a_i^{M_i^{\mu_i}(U')^{\lambda_i}}$

$$(Q_{OUT})_i^{(M')_i^{\mu_i}(U')^{\lambda_i}} = \max[\{\mathfrak{G}_D(Q_{ij}^{(M')_i^{\mu_i}(U')^{\lambda_i}, (M'')_j^{\mu_j}(U')^{\lambda_j}}) \mathfrak{G}_{\Pi}\}, \{(Q_{ii}^{(M')_i^{\mu_i}(U')^{\lambda_i}(U'')^{\gamma_i}}) \mathfrak{G}_{\Pi}\}],$$

$$(Q_{OUT})_i^{(M')_i^{\mu_i}(U')^{\lambda_i}} = \sum_{(M')_i^{\mu_i}(U')^{\lambda_i} I^* (M'')_j^{\mu_j}(U')^{\lambda_j}} \mathfrak{G}_D(Q_{ij}^{(M')_i^{\mu_i}(U')^{\lambda_i}, (M'')_j^{\mu_j}(U')^{\lambda_j}}) \mathfrak{G}_{\Pi} + \sum_{(U')_i^{\lambda_i} I^* (U'')_i^{\gamma_i}} (Q_{ii}^{(M')_i^{\mu_i}(U')^{\lambda_i}(U'')^{\gamma_i}}) \mathfrak{G}_{\Pi}$$

для зовнішніх задач  $(U')^{\lambda_i}$ ; і згідно

$$(Q_{OUT})_i^{(M')_i^{\mu_i}(U')^{\lambda_i}} = \max\{\mathfrak{G}_D(Q_{ii}^{M_{\mu_i}(U')^{\lambda_i}(U'')^{\gamma_i}}) \mathfrak{G}_{\Pi}\},$$

$$(Q_{OUT})_i^{(M')_i^{\mu_i}(U')^{\lambda_i}} = \sum_{(U')_i^{\lambda_i} I^* (U'')_i^{\gamma_i}} (Q_{ii}^{(M')_i^{\mu_i}(U')^{\lambda_i}(U'')^{\gamma_i}}) \mathfrak{G}_{\Pi}$$

для внутрішніх задач  $(U')^{\lambda_i}$ . Враховуючи (8) і (13) знаходимо об'єми інформації  $(Q_{IN})_i^{B_i^{\beta_i} Y_i^{\nu_i}}$  і  $(Q_{IN})_i^{M_i^{\mu_i} Y_i^{\nu_i}}$ .

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

$$Q_{ki}^{(M')_k^{\mu_k}(U')_k^{\lambda_k},(M'')_i^{\mu_i}(U'')_i^{\lambda_i}} = \left[ \frac{h_{ki}^{(M')_k^{\mu_k}(U')_k^{\lambda_k},(M'')_i^{\mu_i}(U'')_i^{\lambda_i}} (Q_{IN})_i^{(M'')_i^{\mu_i}(U'')_i^{\lambda_i}}}{\mathfrak{G}_D} \right]^{\frac{1}{\theta_{\Pi}}}$$

$$Q_{ii}^{M_i^{\mu_i}(U')_i^{\lambda_i}} = [h_{ii}^{M_i^{\mu_i}(U')_i^{\lambda_i}} (Q_{IN})_i^{M_i^{\mu_i}(U')_i^{\lambda_i}}]^{\frac{1}{\theta_{\Pi}}}$$

За порядком обчислення об'єми вносимо в опис структури (3) або в опис задачі взаємодії макрорівня (4). Після закінчення процедури визначення об'ємів інформаційних потоків вирази (3) і (4) приймуть відповідно такий вигляд:

$$\begin{aligned} G_n^{(4)} &= \{ (A_k^{\alpha_k}) \cap (W_{ki}^{A_k^{\alpha_k}(U')_k^{\lambda_k},(M'')_i^{\mu_i}(U'')_i^{\lambda_i}} Q_{ki}^{A_k^{\alpha_k}(U')_k^{\lambda_k},(M'')_i^{\mu_i}(U'')_i^{\lambda_i}}) \}, \\ A_k^{\alpha_k}(U')_k^{\lambda_k} I^*(M'')_i^{\mu_i}(U'')_i^{\lambda_i} \cap (W_{ki}^{(M')_k^{\mu_k}(U')_k^{\lambda_k},B_i^{\beta_i}(U'')_i^{\lambda_i}} Q_{ki}^{(M')_k^{\mu_k}(U')_k^{\lambda_k},B_i^{\beta_i}(U'')_i^{\lambda_i}}) B_i^{\beta_i}, \\ (M')_k^{\mu_k}(U')_k^{\lambda_k} I^* B_i^{\beta_i}(U'')_i^{\lambda_i} \cap (W_{ij}^{B_i^{\beta_i}(U')_i^{\lambda_i},(M'')_j^{\mu_j}(U'')_j^{\lambda_j}} Q_{ij}^{B_i^{\beta_i}(U')_i^{\lambda_i},(M'')_j^{\mu_j}(U'')_j^{\lambda_j}}), \\ B_i^{\beta_i}(U')_i^{\lambda_i} I^*(M'')_j^{\mu_j}(U'')_j^{\lambda_j} (W_{ij}^{(M')_i^{\mu_i}(U')_i^{\lambda_i},D_{\delta_j}(U'')_j^{\lambda_j}} Q_{ij}^{(M')_i^{\mu_i}(U')_i^{\lambda_i},D_{\delta_j}(U'')_j^{\lambda_j}}) D_{\delta_j}^{\delta_j}, \\ (M')_i^{\mu_i}(U')_i^{\lambda_i} I^* D_{\delta_j}^{\delta_j}(U'')_j^{\lambda_j}, \\ M_i^{\mu_i} = \{ (X_i^{\psi_i}) \cap ((U'')_i^{\lambda_i} Q_{ii}^{M_i^{\mu_i} X_i^{\psi_i}(U'')_i^{\lambda_i}}), \\ X_i^{\psi_i} I^*(U'')_i^{\lambda_i} \cap (U')_i^{\lambda_i} Q_{ii}^{M_i^{\mu_i}(U')_i^{\lambda_i} Y_i^{\psi_i} Y_i^{\psi_i} \cap ((U'')_i^{\lambda_i} Q_{ii}^{M_i^{\mu_i} Y_i^{\psi_i}(U'')_i^{\lambda_i}}), \\ (U')_i^{\lambda_i} I^* Y_i^{\psi_i} Y_i^{\psi_i} I^*(U'')_i^{\lambda_i} \cap ((U')_i^{\lambda_i} Q_{ii}^{M_i^{\mu_i}(U')_i^{\lambda_i} Z_i^{\xi_i}}) Z_i^{\xi_i} \}. \\ (U')_i^{\lambda_i} I^* Z_i^{\xi_i} \end{aligned}$$

Отже, наведені викладки та отримані результати дозволяють виконати кількісну оптимізацію ресурсів системи.

#### 4. Висновок

Задача оптимізації ресурсів інформаційної системи за кількісним фактором розв'язана шляхом обчислення раціональних об'ємів інформації та внесення їх в опис ресурсів інформаційної системи.

Якщо об'єм інформації для підтримки прийняття рішення менший необхідного, тоді користувач або підсистема відчуватиме нестачу інформації. У випадку надлишку потрібного об'єму виникають непродуктивні затрати на формування, обробку і передачу інформації або результатів рішення задач, а також загрози доступності системи.

В глобальному випадку проблема набагато складніше, оскільки частина інформаційного потоку може бути інформаційним деструктивним впливом або загрозою порушення критеріїв інформаційної безпеки.

#### Список використаної літератури

1. Бідюк О. П. Комп'ютерні системи підтримки прийняття рішень / О. П. Бідюк, О. П. Гожий, Л. О. Коршевнік. – Миколаїв : Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2012. – 380 с.
2. Ларичев О. И. Теория и методы принятия решений, а также Хроника событий в Волшебных странах / О. И. Ларичев. – Москва: Логос, 2002. – 392 с.
3. Саати Т. Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях. Аналитические сети / Т. Л. Саати. – Москва: ЛКИ, 2008. – 360 с.

4. Кудинов В. А. Оптимизация структуры информационной сети / В. А. Кудинов, Л. Т. Пархуц, В. А. Хорошко // *Захист інформації*. – 2004. – № 3. – С.44-49.
5. Кудинов В. А. Методика синтеза оптимальной топологической структуры / В. А. Кудинов, Д. В. Плус, В. А. Хорошко, Д. В. Чирков // *Захист інформації*. – 2005. – № 1. – С. 12-21.
6. Берж К. Теория графов и её применение / К. Берж. – Москва: Издательство иностранной литературы, 1962. – 320 с.
7. Newman D.J. A problem in graph theory / D. J. Newman // *Amer. Math. Monthly* 65 (1958), p. 55. 611. MR0099042 (20 #5487).
8. Критерії оцінки захищеності інформації в комп'ютерних системах від несанкціонованого доступу // НД ТЗІ 2.5-004-99.

### References

1. Bidyuk O. P., Hozhyi O. P., Korshevniuk L. O. "Computer decision support systems." *Mykolaiv: ChDU Petro Mohyla* (2012): 380.
2. Larichev O. I. "Theory and methods of decision making, as well as the Chronicle of events in the Magical countries." *Moskva: Logos* (2002): 392.
3. Saati T. L. "Decision-making for dependencies and inverse relationships. Analytical networks." *Moskva: LKI* (2008): 360.
4. Kudinov V. A., Parkhuts L. T., Khoroshko V. A. "Optimization of the structure of the information network." *Zakhyst informatsii* 3 (2004): 44-49.
5. Kudinov V. A., Plus D. V., Khoroshko V. A., Chirkov D. V. "Method of synthesis of an optimal topological structure." *Zakhyst informatsii* 1(2005): 12-21.
6. Berg K. "The theory of graphs and its application." *Moskva: Publishing house of foreign literature* (1962) 320.
7. Newman D. J. "A problem in graph theory." *Amer. Math Monthly* 65 (1958): 55. 611. MR0099042 (20 # 5487).
8. "Criteria for assessing the security of information in computer systems against unauthorized access." *ND TZI 2.5-004-99, Ukraine* (1999):

### *Автор статті*

**Зибін Сергій Вікторович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри комп'ютерної інженерії, Державний університет телекомунікацій, Київ, Україна. Тел. +380 44 249-4588. E-mail: [duikt@ua.fm](mailto:duikt@ua.fm).

### *Author of the article*

**Zybin Serhii Viktorovych** – candidate of sciences (technical), associate professor of computer sciences department, State University of Telecommunications, Kyiv. Tel. +380 (44) 249-45-88. E-mail: [duikt@ua.fm](mailto:duikt@ua.fm).

Дата надходження  
в редакцію: 27.01.2018 р.

Рецензент:  
доктор технічних наук, професор К. С. Козелкова  
*Державний університет телекомунікацій, Київ*