

## МОДЕЛЮВАННЯ РОЗПОДІЛЕНОЇ СИСТЕМИ ЗБОРУ ІНФОРМАЦІЇ

к.т.н. Г.А. Кучук  
(подав проф. А.В. Корольов)

Запропонована математична модель розподіленої системи збору інформації (РСЗІ), що дозволяє провести аналіз поточного стану системи і визначити стратегію її розвитку на ряд узгоджених планових підперіодів заданого календарного періоду.

Розподілена територіально система збору інформації, що має велику кількість пунктів надходження вихідних даних, один або декілька центральних пунктів збору і аналізу даних, які розглядаються сумісно з комутованими або виділеними каналами зв'язку, описується відповідною мережною структурою. При синтезі таких систем важливе значення мають:

- просторовий чинник;
- наявність великого числа елементів, які володіють помітною автономністю і обмеженою територіальною взаємозамінністю;
- можлива нерівномірність надходження даних;
- неможливість точного передбачення завантаження каналів зв'язку;
- невизначеність у розвитку технічних засобів базової обчислювальної мережі (БОМ);
- велика кількість різних варіантів як організації функціонування системи, так і її розвитку.

РСЗІ може бути подана у вигляді мережної структури, для якої характерні нестабільність параметрів і підструктур, значний вплив зовнішнього середовища. Для визначення динаміки мережної структури, тобто її планування та прогнозування, необхідні засоби, що досить адекватно подають основні властивості та зв'язки вивчаємої системи у їх сукупності. При моделюванні можливо комбінація дедуктивного підходу, який використовує загальні закономірності побудови структури системи та організації її функціонування, з індуктивним підходом, який базується на використанні експериментальних даних для деяких станів системи, що дозволяють одержати достатньо адекватну математичну модель.

Подамо мережну структуру РСЗІ як множину мережних вузлів, які приймають або передають різноманітні інформаційні масиви за комутованими чи виділеними каналами зв'язку з використанням різноманітних

засобів телекомунікації. До складу розглядаємої мережі повинні бути включеними як вузли і засоби телекомунікації, що входять до системи в початковий момент її функціонування, так і ті вузли і засоби телекомунікації, що можуть бути включеними до її складу в розглядаємий у перспективі період часу. Математичним поданням даної мережної структури є неорієнтований зв'язний граф  $S^{(0)}$ , вершини якого відповідають вузлам РСЗІ (можливе включення до множини вершин окремими елементами комутаторів і маршрутизаторів базової обчислювальної мережі), а ребра – лініями зв'язку.

При великій кількості вузлів графа  $S^{(0)}$  можна розглядати укрупнений граф  $S \subset S^{(0)}$ , який будується у відповідності до наступного правила: до  $S$  включаються всі вузли, які приймають первинну інформацію та ті передавальні вузли, відсутність котрих може призвести до суттєвої похибки при визначенні величин інформаційних потоків. У відповідності до цього правила всі мережні комутатори і маршрутизатори, що знаходяться на перетині головних інформаційних потоків обов'язково повинні бути виділені в окремі вершини графа  $S$ .

Припустимо, що база даних (БД) по РСЗІ містить інформацію для моделювання системи, що має  $N$  вузлів, на протязі  $k$  календарних періодів ( $k \in \overline{1, K}$ ). На множині  $\{k\}$  задамо відношення  $R(k)$  яке визначає прогнозуемі підперіоди при заданому значенні  $k$  ( $R(l_1) < R(l_2)$ , якщо  $l_1 < l_2$ ,  $l_1, l_2 \in \overline{1, k}$ ).

Для кожної  $j$  - ї лінії зв'язку ( $j = \overline{1, J}$ ) визначимо розмір максимально можливого трафіка до початку підперіоду  $R(l)$  як  $Q(j, l)$ . При цьому розмір допустимого трафіка  $j$  - ї лінії не може бути меншим за  $Q(j, 1)$ , а різниця  $Q(j, l) - Q(j, 1)$  визначає розмір плануємого трафіка за розширяємими або модернізуємими лініями зв'язку.

Загальна модель РСЗІ  $I$  складається із ряду підмоделей  $i$ , які описують функціонування системи на  $n_i$  календарних періодів із числа заданих ( $I = \{i\}$ ). Для кожної підмоделі задамо матрицю інцидентності  $S_{nj}^{(i)} = (s_{nj}^{(i)})$  розміром  $N \times J$ , яка описує структуру графа існуючої мережі РСЗІ. Також для  $i$  - ї підмоделі задамо множину можливих підперіодів із числа розглядаємих:  $V = \{\beta^{(i)}(\alpha)\}$ . Аргумент  $\alpha$  елемента  $\beta^{(i)}(\alpha)$  відноситься до підперіоду з номером  $\alpha$  загальної моделі  $I$ .

Будемо відрізнати прямий і зворотній потоки за допомогою індексу  $m$ . Якщо  $m = 0$ , то потік є прямим, тобто виходить із вхідного приймаючого вузла РСЗІ; якщо  $m = 1$ , то потік зворотній, тобто йде у напрямку до приймаючого вузла. Введемо змінні, що описують для  $i$  - ї підмоделі трафік для кожної  $j$  - ї лінії. Нехай змінні  $x_{j\alpha m}^{(i)}$  описують потік за  $j$  - ю

лінією у межах заданого трафіка  $Q(j, \beta^{(i)}(\alpha))$ , а  $x_{j\alpha_1\alpha_2m}^{(i)}$  – частина запланованого на підперіод  $\alpha_2$  приросту продуктивності  $j$  – ї лінії, яка буде досягнута в періоді  $\alpha_1$  ( $1 \leq \alpha_1 < \alpha_2 \leq n_i$ ,  $n_i$  - кількість календарних періодів, які розглядаються у  $i$  – й підмоделі). Тоді для кожної лінії повинні виконуватись наступні співвідношення:

$$\sum_{\alpha_1 < \alpha_2} x_{j\alpha_1\alpha_2m}^{(i)} \leq Q(j, \beta^{(i)}(\alpha_2)) - Q(j, \beta^{(i)}(\alpha_2 - 1)); \quad 1 < \alpha_2 \leq n_i; \quad (1)$$

$$x_{j\alpha m}^{(i)} \leq Q(j, \beta^{(i)}(\alpha));$$

$$x_{j\alpha_1\alpha_2m}^{(i)} \geq 0; \quad x_{j\alpha m}^{(i)} \geq 0;$$

$$k \in \overline{1, K}; \quad 1 \leq \alpha_1 < \alpha_2 \leq n_i; \quad m \in \{0, 1\}; \quad i \in I; \quad j \in J.$$

За вихідними даними, що маємо у БД за РСЗІ, можна визначити булеві змінні  $\theta_{j/m}^{(i)}$ , які приймають значення 1 тільки тоді, коли потік  $x_{j\alpha/m}^{(i)}$  хоча б при одному значенні  $\alpha_2 \leq l$  використовується в  $i$  - й підмоделі [1].

Розглянемо загальний потік за  $j$  - ю лінією зв'язку у конкретному підперіоді  $\alpha$

$$Q(j, \beta(\alpha)) = \sum_{i \in I} \sum_{l \in \alpha} \sum_{m=0}^1 x_{j\alpha/m}^{(i)} \quad (2)$$

і потік за існуючою лінією

$$Q^{(c)}(j, \beta(\alpha)) = \sum_{i \in I} \sum_{m=0}^1 x_{j\alpha m}^{(i)}. \quad (3)$$

Із (2) та (3) визначається сумарний потік у підперіод  $\alpha$  за розширенням  $j$  – ї лінії

$$Q^{(n)}(j, \beta(\alpha)) = Q(j, \beta(\alpha)) - Q^{(c)}(j, \beta(\alpha)). \quad (4)$$

Для складання балансових рівнянь мережі РСЗІ [2] введемо змінні  $y_{n\alpha}^{(i)}$ , які дорівнюють узагальненому трафіку для вузла  $n$  у розглядаємому підперіоді  $\alpha$ , тобто фактично різниці між вхідним і вихідним трафіком. Для вузлів мережі, в яких введені змінні від'ємні, розглянемо величини, що визначають перевищення вихідного трафіка над вхідним

$$\Delta_{n\alpha}^{(i)} = \max\{-y_{n\alpha}^{(i)}, 0\}.$$

Нехай  $y_{n\alpha}^{(l)} = \max\{-y_{n\alpha}^{(i)}, 0\}$ . Якщо  $\gamma_{mj/l}$  – питома вага трафіка на  $j$  – й лінії (індекс  $l$  визначає продуктивність, яка розглядається у поточний період:  $l = 0$  – існуюча на початок періоду;  $l = 1$  – нова;  $l > 1$  – перспективна) у

прямому ( $\mathbf{m} = \mathbf{0}$ ) або зворотному ( $\mathbf{m} = \mathbf{1}$ ) напрямках, то балансові рівняння приймають наступний вид:

$$\sum_{j \in J} S_{nj}^{(i)} \cdot \sum_{m=0}^1 (-1)^m \sum_{l>\alpha} \theta_{j/m}^{(i)} \cdot x_{j\alpha/m}^{(i)} (1 - \delta_m^l \cdot \gamma_{mjl}) + \Delta_{n\alpha}^{(i)} = y_{n\alpha}^{(i)}; \quad (5)$$

$$\alpha \in \overline{1, n_i}; \quad i \in I; \quad n = \overline{1, N}; \quad j \in J,$$

де  $\delta_m^l$  – символ Кронекера.

Дані співвідношення пов'язують потоки на різних лініях мережі РСЗІ у межах плануемого підперіоду. Щоб провести аналіз сумарних інформаційних потоків за декілька розглядаємих підперіодів або за весь інтервал планування, подамо множину всіх ліній зв'язку  $J_M$  у вигляді об'єднання підмножин реверсивних та нереверсивних ліній зв'язку [3]

$$J_M = J_M^{(R)} \cup J_M^{(N)}.$$

Тоді вирази (4) та (5) сумісні, якщо виконується наступна вимога: інформаційні потоки на нереверсивних лініях з множини  $J_M^{(N)}$  повинні бути монотонними за часом. На лінії з множини  $J_M^{(R)}$  ніяких обмежень не накладається.

Розглянута математична модель, реалізована при невеликих розмірностях матриць інцидентності  $S_{nj}^{(i)}$  та кількості календарних періодів, що не перевищує 32 ( $K < 32$ ), у середовищі системи програмування MS EXCEL 2000. При реалізації ряду шагів алгоритму використовувався язык програмування VBA (*Visual Basic For Applications*) [4]. Розроблений програмний продукт дозволив одержати наявний цифровий і графічний потенціал для проведення аналізу поточного стану системи та визначення стратегії її розвитку.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Barliauskas A., Vygovskaya R. Dynamic and Stochastic Optimization of Transport Net works // System Modeling and Optimization. Proc. of 12 th IFIA Conference. – Berlin: Springer - Verlaq, 1986. – P. 254 - 263.
2. Карзанов А.В., Диниц Е.А. Поточковые алгоритмы. – М.: Наука, 1982. – 235 с.
3. Жожикашвили В.А., Вишневский В.М. Сети массового обслуживания. Теория и применение к сетям ЭВМ. – М.: Радио и связь, 1988. – 192 с.
3. Гарнаев А.Ю. Использование MS Excel и VBA в экономике и финансах. – С. - П.: БХВ, 1999. – 336 с..