

Віталій Тронь,
*завідувач кафедри інформаційних технологій УАДУ,
професор, кандидат технічних наук*
Валерій Сидоренко,
*доцент кафедри інформаційних технологій УАДУ,
кандидат економічних наук*
Євген Нузний,
доцент кафедри інформаційних технологій УАДУ

Математична модель створення інформаційних систем державного управління

У концепції побудови інформаційних систем забезпечення державного управління, яка базується на тришаровій архітектурі додатків у системах клієнт/сервер, чільним є шар управління базою даних [1]. При проектуванні систем на зразок клієнт/сервер поняття бази даних (БД) є центральним, філософським та рушійним фактором. Це концепція, а точніше, п'ять концепцій, які потрібно враховувати.

1. Як зберігаються дані, який механізм взаємного зв'язку окремих даних і як організоване їх управління ?
2. Які інструментальні засоби застосовуються для пошуку, аналізу та відображення цих даних ?
3. Яка узагальнена математична модель застосовується для того, щоб мати уявлення про стан певної організації як у короткостроковому, так і в довгостроковому аспектах ?
4. Який вид БД найбільш придатний для інформаційного забезпечення прийняття оптимальних рішень на різних рівнях державного управління ?
5. Які процедури передбачені в структурах цих баз даних для аналізу ситуації, прийняття рішення, виявлення наслідків його реалізації, тобто еластичності прийнятого рішення ?

Багато фахівців інформаційних технологій на сьогодні широко зізнаються, що вони не зовсім розуміють, що ж таке БД для прийняття рішення. Це можна пояснити плутаниною стосовно тих значень, які розуміють під словами база даних: чи це механізм, який сумісно використовується, чи це технічні засоби (ПК), чи правила прийняття рішення, чи організаційні заходи. Якщо запропонувати фахівцям провести порівняльний аналіз реляційних та об'єктно-орієнтованих БД, то готових відповідей не отримаємо. Кожний пропонуватиме своє тлумачення.

У системах клієнт/сервер ПК може бути як клієнтом, так і сервером. Основна робота сервера зводиться до управління ресурсами, вони виконують функції адміністратора БД. Сервери надають інформаційні послуги (сервіс-обслуговування). Кого обслуговують сервери? Вони обслуговують комп'ютери, які є комп'ютерами-клієнтами. Сервер - активний слуга. Для кожного виду послуг є свій сервер, який здатний обробляти все, що потрібно для надання даної послуги. Інколи один сервер може надавати різні послуги; в інших випадках сервер може бути виділений тільки для конкретних послуг. Одним з головних завдань ПК є забезпечення візуалізації віртуального світу. Система клієнт/сервер, що створює віртуальний світ, може бути відтворена на ПК, якщо останній

має доступ в реальному масштабі часу і до реальної інформації, яка зберігається в комп'ютерах організації. Інформація в системі клієнт/сервер не тільки повинна надходити з ПК, який сумісно використовується, але і при зміні даних (фактів) негайно відправлятися назад у комп'ютер організації. І головне, запобігти надмірності даних, тобто дані повинні бути занесені в БД тільки в одному місці, а звертатися до таких даних можна з будь-якого іншого місця.

Отже, в наявності маємо дві функції, які повинна виконувати БД. Перша, операційна, її можна також визначити у вигляді транзакційних додатків (транзакційна база даних - ТБД), які працюють у реальному часі. Друга функція - забезпечує аналіз при підтримці прийняття рішення (аналітична база даних - АБД). Ключовим аспектом додатків підтримки прийняття рішення є те, що вони не працюють у реальному часі. Часто цей тип аналізу називають "що-коли".

Головна мета - мати повну й точну інформацію, абсолютно доступну і цілком погоджену на корпоративному рівні, яка не є надлишковою, до того часу, поки нею не скористалися. На перший погляд, кращою ідеєю було б поєднати в одну структуру транзакційні та аналітичні БД. Ідея проста, але неправильна. В режимі реального часу всі дані змінюються весь час. Звичайно, це перешкодило б створенню передумов для системи підтримки прийняття рішення. Тому системи підтримки прийняття рішення порівняно з операційними системами не тільки не працюють з даними в реальному часі, а взагалі не можуть працювати з даними реального часу. Щоб зрозуміти, чому, розглянемо порівняльні характеристики цих двох типів БД [2].

Транзакційна БД	Аналітична БД
Актуальна до хвилини Постійно змінна Деталізована Специфікована Локальна Сучасна	Актуальна до визначеного періоду (часу) Миттєві зміни Агрегована Узагальнена Глобальна Історична

Актуальні дані базуються на періодичних відліках. Актуальний для аналітичної БД означає "дані на минулий період". У транзакційній БД кількарізкові результати будуть різними, а в аналітичній БД результати мають бути однаковими. Як бачимо, відмінність між ТБД і АБД - це простір і час. Але головним є все ж таки час.

Компанії в усьому світі прагнули крокувати в ногу з часом і вдосконалювали свої БД. Центральні БД задовольняли інформаційні потреби організації як єдиного цілого. Але користувачі з аналітичним попитом відмовлялися від таких БД, тому що вони працювали повільно, були важкими і негнучкими в користуванні. Центральні БД скоріше були еквівалентом диктатури: контрольована узгодженість, але без індивідуальної свободи. Поява персональних комп'ютерів та їх персональних моделей БД принесла свободу й анархію. ЛПР (люди, що приймають рішення) одразу ж змогли створити особисті БД і керувати ними самовладно, але дані, з якими вони працювали, були, як правило, обмеженими, неточними і неповними, що утруднювало їх використання навіть в одній організації.

Бажання поєднати всі переваги в одній центральній базі даних (ЦБД), тобто ТБД+АБД=ЦБД, викликало розчарування. Така БД була нездатною упоратися з великим

навантаженням. Навіть у невеликих організаціях ЦБД безперечно не могла справитися з підтримкою рішень, такою необхідною для аналітиків і менеджерів. І дійсно, ЦБД стали тимчасовим явищем.

Більшість розробників переконалися, що відокремлення ТБД від АБД було дуже сміливим кроком. Перші операційні БД, такі як IMS, IDMS, Total і ADABAS, були швидкодіючими і дуже надійними, але майже непридатними для здійснення складних і гнучких аналізів. Більш пізні реляційні моделі БД (relation model - модель, яка побудована на математичній теорії відношень, зв'язків), такі як DB/2, Oracle, Ingres і Sysbase, були неперевершеними в підтримці гнучких аналізів, але також не справлялися з навантаженням, якого вимагала операційна система.

Таким чином, системи, які створюються тільки для виробничої діяльності або тільки для управлінських і стратегічних завдань, завжди будуть неефективними. Перші не розраховані на інтеграцію з іншими системами даних для використання на більш високих рівнях. Другі потребують даних, які відтворюються за межами цих рівнів. Джерела збирання інформації в таких випадках ненадійні і випадкові. Який же вихід? Не диктатура, не анархія, а федерація.

З метою подальшої побудови математичної моделі інформаційної мережі даних для прийняття рішення використаємо таку класифікацію БД:

M_1 - сервери, в які надходить первинна інформація;

M_2 - сервери, з яких отримують інформацію;

M_3 - проміжні сервери;

M_4 - сервери, в яких накопичуються запити на інформаційні послуги одного виду;

M_5 - сервери, в яких накопичуються запити на інформаційні послуги різного виду;

$M_4^{(1)}$ - ТБД задоволення на конкретний момент різних видів інформаційних послуг;

$M_4^{(2)}$ - клієнти ТБД або АБД для особистого користування;

$M_4^{(3)}$ - АБД для прийняття рішення.

Найбільш популярними на сьогодні є реляційні БД. Як було згадано раніше, термін реляційна база означає модель БД, яка являє собою невпорядковані сукупності кортежів-таблиць. Інакше кажучи, відношення дійсно є зв'язками, але тільки в тому розумінні, в якому належність до деякої таблиці робить той чи інший запис або рядок зв'язаним з цією таблицею. У звичайному розумінні відношення в реляційній базі, хоч як це прикро, не мають жодного відношення до міжфайлових зв'язків. Це не зауваження, це просто факт. Тип бази, який ґрунтується на реляційній теорії, як виявляється, має суттєві обмеження. Такі бази не досить добре працюють саме з відношеннями, зі зв'язками. Реляційні БД дійсно працюють з математичними відношеннями (зв'язками) до певної міри, але ці відношення ґрунтуються на окремих таблицях та інколи - на сукупностях таблиць. Але однак це не відбиває всі види зв'язків, на основі яких треба будувати реальні РБД. Більше того, такі обмеження проявляються через виразність і продуктивність. Усунення надмірності в РБД - велике досягнення, але якою ціною? Нормалізовані БД надто складні для розуміння і працюють повільно. Знову протиріччя.

Спробуємо формально уявити інформаційну структуру даних за допомогою мережі з урахуванням наведених особливостей і звести її оптимізацію до стандартних завдань програмування.

Складність питання полягала в затримці інформації, що надходить, та запитів на

послуги. Останній елемент не потрапляв у систему або "ставав у чергу", поки не обслуговувався попередній. Ця властивість відрізняла досліджену систему від традиційних, які вивчала теорія систем. Для вирішення проблеми був застосований спеціальний математичний апарат, який ґрунтувався на властивостях ступінчастих функцій. Ідея полягала в заміні безперервних функцій на ступінчасті шляхом розбиття кінцевого інтервалу, на якому була обумовлена безперервна функція $f(x)$, на n частин і визначення сталих значень ступінчастих функцій на кожній з цих частин. Всі оператори, які діють на безперервних функціях, замінювалися на відповідні матриці. Якщо цими матрицями користуватися у загальних випадках, то можна визначити аналоги коефіцієнтів передачі. Якщо ж підставити числові значення, то з допомогою цих же матриць можна обчислити конкретні вихідні сигнали при заданих вхідних сигналах пристроїв. У рамках розробленого апарату вдається адекватно змодельовати властивості затримуючих мереж, до яких належать і системи клієнт/сервер. Але не будемо зосереджуватися на більших подробицях і розглянемо таку мережу з іншого боку.

Уявімо структуру мережі як лінійно орієнтований граф, який складається зі скінченної множини серверів $N_{(i,j)}$ і скінченної множини упорядкованих пар $M_{(i,j)}$ (гілок, дуг, каналів передачі). Таку мережу можна визначити у вигляді графа

$$G = \{N, M\}. \quad (1)$$

Кожній упорядкованій парі (i,j) поставимо у відповідність невід'ємне число $C_{ij}(t) > 0$, яке відобразатиме здатність дуги пропускати інформацію, тобто визначатиме максимальну кількість інформації, яку може пропустити дуга за одиницю часу t .

Причому

$$C_{j0} = C_{n,j} = 0,$$

де $i = 1, 2, \dots, n$; $j = 0, 1, 2, \dots, n-1$; і якщо якась пара (m, l) не з'єднана дугою, то

$$C_{lm} = C_{ml} = 0.$$

Кількість інформації, яка фактично передається по гілці (i,j) за відлік часу t , позначимо $U_{ij}(t)$. Поток по інформаційному середовищу, або просто інформаційним потоком будемо вважати сукупність $\{U_{ij}(t)\}$ потоків по всіх дугах інформаційної мережі. Інформаційні потоки задовольняють обмеження

$$0 \leq U_{ij}(t) \leq C_{ij}(t), \quad (2)$$

де $i = 1, 2, \dots, n$; $j = 0, 1, 2, \dots, n-1$.

Обмеження (2) означають, що інформаційний потік по каналу передачі (i,j) невід'ємний і не перевищує її пропускну здатності. Крім того, вважатимемо, що з одного сервера в інший веде не більше однієї гілки (дуги), хоча не виключаються дуги виду

$i \leftrightarrow j$. Кожному серверу (вузлу) інформаційної мережі поставимо у відповідність деяке невід'ємне число

$$Y_i(t) \geq 0, \quad (3)$$

яке характеризує інформаційну пропускну здатність сервера в момент часу t . Сумарний потік, що виходить із сервера в момент часу t , повинен, звичайно, відповідати відношенню

$$\sum_{j \in B(i)} U_{ij}(t) \leq Y_i(t), \quad (4)$$

де $B(i)$ - множина серверів, які зв'язані з виходами I -го сервера.

Назвемо інформаційним потенціалом сервера (запасом інформації в сервері в момент часу t) величину, яка визначається виразом

$$Q_i(t) = \int_0^t \left(\sum_{g \in A(i)} U_{ig}(\tau) - \sum_{j \in B(i)} U_{ij}(\tau) \right) d\tau + Q_i(0), \quad (5)$$

де $A(i)$ - множина вузлів, які зв'язані з входом i -го сервера; $B(i)$ - множина дуг, що виходять з i -го сервера.

Зміну величини інформаційного потенціалу в сервері в момент часу t можна визначити з виразу

$$\frac{dQ_i(t)}{dt} = \sum_{g \in A(i)} U_{ig}(t) - \sum_{j \in B(i)} U_{ij}(t). \quad (6)$$

Очевидно, що для кожного інформаційного сервера мережі існує обмеження на обсяг запасу інформації в сервері

$$0 \leq Q_i(t) \leq L_i \leq F_i, \quad (7)$$

де L_i - деяка невід'ємна величина, яка характеризує релевантну частину інформації. Релевантна інформація задовольняє інформаційний запит ЛПР у сфері "впливу" i -го сервера (підприємство, регіон, відомство та ін.); F_i - невід'ємна величина, яка характеризує пертинентну частину інформації. Пертинентна інформація задовольняє інформаційний попит ЛПР.

Інформація може бути релевантною і водночас не пертинентною. Пертинентна частина інформації завжди релевантна.

Розіб'ємо всю множину інформаційних серверів мережі M на три множини, що не перетинаються:

M_1 - множина інформаційних серверів, у які надходить інформація ззовні;

M_2 - множина інформаційних серверів, від яких клієнти (споживачі) отримують інформацію;

M_3 - множина проміжних інформаційних серверів.

Будемо вважати, що

$$M_3 = M \setminus M_1 \cup M_2, \quad (8)$$

де символи \setminus, \cup різниці та об'єднання. Для спрощення вважатимемо, що по кожній дузі (гілці) мережі переміщуються запити на послуги та інформація одного виду. Це обмеження може бути знято введенням відповідної індексації, якщо розглядати окремі види інформації як незалежні один від одного. У протилежному разі завдання індексації ускладнюється.

Кожній парі дуг, які входять і виходять із сервера $i \in M_3$, поставимо у відповідність невід'ємне число τ^i_{qi} яке дорівнює часу "перебування" інформації в i -му сервері з моменту її надходження в сервер по дузі $q = i$ до моменту її споживання або виходу її з сервера по дузі (i, j) .

Серед множини серверів $i \in M_3$, можна виділити підмножину $M_4 \subset M_3$ серверів по всіх вхідних та вихідних дугах, якими переміщується інформація одного виду. До того ж, у будь-який момент часу t потоки інформації по всіх дугах, що примикають до сервера $i \in M_4$, повинні відповідати обмеженню (2).

Під множина $M_5 = M_3 \setminus M_4$ поєднує сервери, через які переміщується інформація різного виду. Інформаційні потоки по всіх дугах, що примикають до сервера $i \in M_5$ в будь-який момент часу t , пов'язані один з одним співвідношеннями виду:

$$U_{qi}(t) = \sum_{j \in B(i)} f^i_{jq} [U_{ij}(t + \tau^i_{jk})], \quad q \in A(i); \quad (9)$$

$$u_{i,j_1}(t) = \psi^i_{j_1 j_2} [U_{ij_2}(t + \Delta \tau^i_{j_1 j_2})], \quad j_1, j_2 \in B(i), \quad j_1 \neq j_2 \quad (10)$$

$$\Delta \tau^i_{j_1 j_2} = \tau^i_{j_1 q} - \tau^i_{j_2 q}, \quad q \in A(i).$$

Для будь-якого інформаційного сервера $i \in M_5$ у довільний відлік часу справджується співвідношення

$$\sum_{q \in A(i)} U_{qi}(t) - \sum_{j \in B(i)} U_{ij}(t + \tau^i_{qj}) \leq 0, \quad (11)$$

Сервери $i \in M_5$ будемо називати внутрішнім джерелом інформації, бо вони не

тільки є супутником транзиту інформації, а й місцем утворення транзакцій (ТБД).

Множина серверів $i \in M_5$, для яких у довільний відлік часу справедливі співвідношення виду

$$K_i(t) \leq \sum_{q \in A(i)} U_{qi}(t) - \sum_{j \in B(i)} U_{ij}(t) \leq C_{qi}(t) \quad (12)$$

будемо називати проміжними серверами аналітичної інформації (АБД). Підставимо співвідношення (9) в (6) і, враховуючи структуру інформаційної мережі, отримаємо:

$$\begin{aligned} \frac{dQ}{dt} &= \begin{cases} - \sum_{j \in M_4} U_{ij}(t) - \sum_{j \in M_3; q \in A(i); j \in B(i)} \sum f_{iq}^j [U_{jq}(t + \tau_{iq}^i)], & i \in M_1, \\ \sum_{j \in M_4} U_{ji}(t) + \sum_{j \in M_5} U_{ji}(t), & i \in M_2, \\ \sum_{j \in M_2} U_{ji}(t) - \sum_{j \in M_2} U_{ij}(t) + \sum_{j \in B(i)} \left\{ U_{ji}(t) - \sum_{q \in A(i)} f_{iq}^j [U_{jq}(t + \tau_{iq}^i)] \right\}, & i \in M_3. \end{cases} \quad (13) \end{aligned}$$

Система рівнянь (13) разом з (2), (4), (5) і системою початкових умов

$$Q_i(t_0) = N_i(t_0) \quad i \in M \setminus M_5 \quad (14)$$

описують стан інформаційної мережі в довільний момент часу, де N - деяка стала. Які переваги дає такий підхід?

1 При вирішенні завдань оптимізації такої структури з'являється можливість охопити всю мережу, а не її локальні ділянки.

2 Система рівнянь дозволяє прийнятну ідеалізацію:

- оптимізація окремих локальних технологічних операцій не розглядається;
- динамічні властивості нелінійних ланцюжків апроксимуються чистим запізненням;

- вигляд функції f_{jq}^i в (9), а також відлік запізнення τ_{iq}^i залежать від конкретного виду інформації, способу та умов її перетворення. Ці значення будемо вважати протягом певного інтервалу часу $(0, T)$ незмінними;

- часом переходу від обробки одного виду інформації до іншого можна знехтувати.

3 Розглянута система рівнянь має цілком визначений фізичний зміст. Так, рівняння (2) показує, що інформаційний потік обмежений пропускною здатністю сервера (пропускну здатність каналу передачі інформації не враховуємо). Рівняння (4) дозволяє визначити в момент часу t кількість інформації у проміжних інформаційних серверах (відомства, підприємства, регіони та ін.), або кількість інформації, яку виробив / -й сервер і передав клієнту з початку планованого періоду, а рівняння (7) нагадує, що ця

величина є додатною, а для уникнення надлишкових запасів даних повинна бути меншою або дорівнювати інформаційній потребі конкретного сервера. Величина L_j в (7) є накопиченою на сервері кількістю інформації, яку в принципі можна використати для задоволення інформаційної потреби. Рівняння (9), (10) описують динамічні властивості локальних серверів (ЛТБД) і відображають вимоги технологічного режиму, який забезпечує обробку, зберігання, пошук та видачу інформації.

Система рівнянь (13) відображає умови інформаційного балансу в мережі клієнт/сервер. Кількість виробленої і спожитої інформації в мережі має бути збалансованою. Слідкувати за цим повинен менеджер мережі.

Таким чином, запропонована узагальнена математична модель інформаційного середовища клієнт/сервер дозволяє здійснювати не тільки оптимізацію середовища, а й керувати з метою удосконалення як усієї мережі, так і її окремих складових.

Те, що система рівнянь (13) дійсно відбиває умови інформаційного балансу в мережі, впливає з таких міркувань. У довільний момент часу будь-якому клієнтові бажано мати пертинентну інформацію i -го виду. Ця вимога задовольняється за рахунок продуктивності серверів, які накопичують інформацію i -го виду в момент часу t . Рівняння 9-14 відображає рівень накопичень запасів такої інформації до початкового періоду, що розглядається. Якщо інформаційним потокам, які виходять з серверів $i \in M_3$, поставимо у відповідність функцію

$$\psi_{ij}(t) = \begin{cases} 0, & U_{ij}(t) = 0 \\ 1, & U_{ij}(t) = 1 \end{cases}, \quad (15)$$

що рівнозначно введенню в ці сервери логічних вузлів ψ_{ij} , то розв'язування задачі зведеться до одного з методів дискретного програмування.

Зауваження. Деякі сервери накопичують і проводять специфічну обробку інформації різного виду, тому вони неспроможні працювати одночасно в кількох технологічних режимах (інформаційні потоки по всіх дугах, що виходять з i -го сервера, не можуть бути одночасно додатними до всіх j). Тоді величина ψ_{ij} відповідає відношенню

$$\sum \psi_{ij}(t) \leq 1; \quad B^*(i) \subset (i) \quad i \in M, \quad (16)$$

Позначимо сервери множини M_1 через p ($p = 1, 2, \dots$), M_2 через k ($k = 1, 2, \dots$), M_5 через i ($i = 1, 2, \dots$) і обмежимося розглядом мережі, у якій

$$M = \{i \in M_5 : i \in B(p)\} \quad \exists R = \{i \in M_5 : i \in A(k)\} \quad \exists \Phi,$$

тобто будемо вважати, що інформаційне середовище має сервери для всіх видів інформації, а вихідна, перероблена і підготовлена для споживання інформація надходить тільки з серверів $M_2(2)$, $M_4(3)$.

Якщо який-небудь сервер відсутній, то L_i у відповідному рівнянні (12) з урахуванням обмежень (7) слід прирівняти до нуля. Тоді система рівнянь (13), що описує стан інформаційного середовища у довільний відлік часу з урахуванням (15) і (16), набере такого вигляду:

$$\frac{dQ_\rho(t)}{dt} = - \sum_{j \in B(\rho)} U_{\rho j}(t); \quad (\rho \in M_1) \quad (17)$$

$$\frac{dQ_k(t)}{dt} = \sum_{j \in A(k)} U_{jk}(t); \quad (k \in M_2) \quad (18)$$

$$\begin{aligned} \frac{dQ_j(t)}{dt} = & \sum_{\rho \in A(j)} U_{\rho j}(t) - \sum_{k \in B(j)} U_{jk}(t) + \sum_{i \in A(j)} \psi_{ij}(t) U_{ij}(t) - \\ & - \sum_{i \in B(j)} \sum_{j^* \in B(i)} f_{jj^*}^i [\psi_{jj^*}(t + \tau_{jj^*}^i) U_{jj^*}(t + \tau_{jj^*}^i)]. \end{aligned} \quad (19)$$

На класи функцій $U_{ij}(t)$ ніяких обмежень немає.

Метою інформаційного середовища клієнт/сервер є різного роду перетворення первинної інформації в інформаційні "напівфабрикати" для особистого вживання (ТБД) і у вторинні - для задоволення процедур прийняття рішення (АБД).

Розіб'ємо підмножину M_4 на три множини $*M_4^{(i)}$, що не перетинаються, в серверах яких зберігається первинна інформація різного виду:

- $*M_4^{(1)}$ - сервери, в яких зберігається первинна інформація різного виду, локальні (ЛТБД)

$$*M_4^{(1)} = \{j_1 : \rho \in A(j_1) \neq \Phi; k \in B(j_1) = \Phi\};$$

- $*M_4^{(2)}$ - сервери, в яких зберігаються інформаційні "напівфабрикати" для особистого вживання (ЛТБД) і (ЛАБД)

$$*M_4^{(2)} = \{j_2 : \rho \in A(j_2) = \Phi; k \in B(j_2) = \Phi\};$$

- $*M_4^{(3)}$ - сервери, в яких концентрується інформація для прийняття рішення (АБД)

$$*M_4^{(3)} = \{j_3 : \rho \in A(j_3) = \Phi; k \in B(j_3) \neq \Phi\}.$$

Тоді рівняння (19) еквівалентне трьом рівнянням виду

$$\frac{dQ_{j_1}(t)}{dt} = \sum_{p \in A(j_1)} U_{pj_1}(t) - \sum_{i \in B(j_1)} \sum_{j \in B(i)} f'_{j_1 j} [\psi_{ij}(t + \tau^i_{j_1 j}) U_{ij}(t + \tau^i_{j_1 j})] \quad (20)$$

$$\frac{dQ_{j_2}(t)}{dt} = \sum_{i \in A(j_2)} \psi_{ij_2}(t) - \sum_{i \in B(j_2)} \sum_{j \in B(i)} f'_{j_2 j} [\psi_{ij}(t + \tau^i_{j_2 j}) U_{ij}(t + \tau^i_{j_2 j})] \quad (21)$$

$$\frac{dQ_{j_3}(t)}{dt} = \sum_{i \in A(j_3)} \psi_{ij_3}(t) U_{ij_3}(t) - \sum_{k \in B(j_3)} U_{j_3 k}(t) - \sum_{i \in B(j_3)} \sum_{j \in B(i)} f'_{j_3 j} [\psi_{ij}(t + \tau^i_{j_3 j}) U_{ij}(t + \tau^i_{j_3 j})] \quad (22)$$

Тепер вирішення різних завдань оперативного керування та функціонування інформаційного середовища, техніко-економічного планування та матеріально-технічного забезпечення можна звести до визначення інформаційних потоків і структури (топології) мережі, що описуються системою рівнянь (2), (5), (7), (9), (10) - (12), (15) - (18), (20) - (22).

Завданням моделювання є варіювання топологією, величинами потоків, які в загальному випадку не мають нормативів, що в подальшому викладенні потребує ймовірнісного підходу до побудови мережі, нормами часу на різні види перетворення інформації, а також, враховуючи інші параметри інформаційного забезпечення, оптимізації на двох напрямках:

1. Ефективність функціонування мережі (максимізація параметрів, що характеризують одиниці отриманої інформації або в інших зручних релевантних одиницях, наприклад, виконання планових завдань у грошових одиницях, або отримання прибутку від реалізації).

2. Виконання запитів у найкоротший строк.

В математичному розумінні оптимізація в першому напрямку полягає у переведенні інформаційного середовища, яке описується системою рівнянь (2), (5), (7), (9) - (12), (15) - (18), (20) - (22) за період

$$Q(T) \in G \quad G = \{Q(T); B_1 \leq Q(T) \leq B_2\} \quad (23)$$

так, щоб забезпечити максимум функціоналу F :

$$F = \int_0^T \sum_{k \in M_2} \sum_{j \in A(k)} \beta_{jk} U_{jk}(t) dt \Rightarrow \max \quad (24)$$

де β_{jk} - вага, яка приписується інформаційному потокові одиничної інтенсивності по дугах ($j - k$), $\beta_{jk} \geq 0$, $\beta_{jk} = \alpha_{jk}$, якщо за критерій оптимальності прийняти максимальний обсяг інформації (скажімо, у грошовому вираженні), який споживає клієнт, а α_k - відпускна ціна одиниці інформації k -то виду; $\alpha_k = 1$, якщо оптимізується обсяг інформації, яку отримав клієнт, у натуральних одиницях

вимірювання; $\beta_{ik} = (\alpha_k - \beta^*_{ik})$, якщо (24) є прибуток, який можна отримати від реалізації виданої інформації, а β^*_{ik} - розрахункова собівартість інформації при її переміщенні по дугах $j = k$.

Оптимізація в другому напрямку (оптимізація швидкодії) за тих самих умов полягає в мінімізації функціоналу:

$$\int_0^T dT = T. \quad (25)$$

Обидва напрямки можуть бути визначені наближено до дискретного часу $t_n = n \Delta t$, якщо їх звести до задач математичного програмування. Перехід до дискретної моделі можна уявити таким чином. Відлік часу T розбивається на ряд інтервалів тривалістю Δt кожний. Величина Δt повинна бути $\Delta t \ll Z$, де Z - найбільший спільний дільник величин $\tau^i_{jk}, \tau^i_{i_1 i_2}$. Послідовним часовим інтервалам присвоюємо порядкові номери $n = 1, 2, \dots, N$. При досить малому значенні Δt можна вважати, що всі величини протягом одного інтервалу залишаються сталими. Тоді система рівнянь (15)-(18), (20)-(22) набере вигляду:

$$Q_\rho^n - Q_\rho^{n-1} = - \sum_{j \in B(\rho)} U_{\rho j}^n \quad \rho \in M_1 \quad (26)$$

$$Q_k^n - Q_k^{n-1} = \sum_{j \in A(k)} U_{jk}^n \quad k \in M_2 \quad (27)$$

$$Q_{j_1}^n - Q_{j_1}^{n-1} = \sum_{i \in A(j_1)} U_{\rho j_1}^n - \sum_{i \in B(j_1)} \sum_{j \in B(i)} f'_{j_1 j} (\psi_{ij}^{n-1} \frac{1}{\Delta t} \tau^i_{j_1 j} U_{ij}^{n-1} \frac{1}{\Delta t} \tau^i_{j_1 j}) \quad (28)$$

$$Q_{j_1}^n - Q_{j_1}^{n-1} = \sum_{i \in A(j_1)} \psi_{ij_1}^n U_{\rho j_1}^n - \sum_{i \in B(j_1)} \sum_{j \in B(i)} f'_{j_1 j} (\psi_{ij}^{n-1} \frac{1}{\Delta t} \tau^i_{j_1 j} U_{ij}^{n-1} \frac{1}{\Delta t} \tau^i_{j_1 j}), j \in M_4^{(2)} \quad (29)$$

$$Q_{j_3}^n - Q_{j_3}^{n-1} = \sum_{i \in A(j_3)} \psi_{ij_3}^n U_{ij_3}^n - \sum_{k \in B(j_3)} U_{jk}^n - \sum_{i \in B(j_3)} \sum_{j \in B(i)} f_{j_3 j} (\psi_{ij}^{n-1} \frac{1}{\Delta t} \tau^i_{j_3 j} U_{ij}^{n-1} \frac{1}{\Delta t} \tau^i_{j_3 j}) \quad (30)$$

$$J_3 \in M_4^{(3)}, \quad U_{ij} \leq C_{ij}, \quad i, j \in M. \quad (31)$$

$$\psi_{ij}^n = \begin{cases} 0, & U_{ij}^n = 0 \\ 1, & U_{ij}^n > 0 \end{cases} \quad i \in M_5, \quad j \in M_4 \cup M_2. \quad (32)$$

$$\sum_{j \in B^*(i)} \psi_{ij}^n \leq 1; \quad B^*(i) \subset B(i), \quad i \in M_5. \quad (33)$$

$$F = \sum_{n=1}^N \sum_{k \in J_2} \sum_{j \in A(k)} \beta_{ik} U_{ik}^n = \max, \quad (34)$$

де скрізь $n = 1, 2, \dots, N$.

Із цієї загальної моделі можна отримати як частинний випадок такі варіанти задач:

- оперативного і перспективного управління інформаційним середовищем;
- перерозподілу інформаційних потоків у нетипових (напружених) ситуаціях;
- вибору оптимальної топології інформаційного середовища;
- матеріально-технічного забезпечення середовища.

Розглянемо постановку двох типових частинних задач.

1. Оптимальний перерозподіл інформаційних потоків у нетипових ситуаціях.

Під нетиповою ситуацією будемо розуміти перебої в інформаційному забезпеченні, неритмічності в обслуговуванні, нераціональний розподіл даних по мережі, тобто будь-які аномалії, що ведуть до порушення інформаційного балансу в мережі.

Збої в інформаційному забезпеченні клієнта, тобто відсутність інформації j -го виду від p -го сервера або зменшення інформаційного потоку за одиницю часу до величини $C^*_{pj_1}(t)$, еквівалентні введенню в загальну модель обмеження виду

$$U_{pj_1}(t) = 0, \quad U_{pj_1}(t) \leq C^*_{pj_1}(t). \quad (35)$$

Аварійна ситуація може бути врахована обмеженнями

$$\sum_{i \in B(p)} U_{pj_1}(t) \leq K_p(t), \quad (36)$$

де $K_p(t)$ - заданий рівень пертинентності всіх клієнтів у момент часу t .

Зниження продуктивності окремих серверів еквівалентне заміні в рівнянні (2) величини $C_{ij}(t)$ на величину C^*_{ij} , яка є максимальною продуктивністю i -го сервера з переробки інформації різного виду, тобто

$$U_{ij}(t) \leq C^*_{ij}(t), \quad U_{ik}(t) \leq C^*_{ik}(t), \quad j, k \in B(i) \quad (37)$$

Якщо передбачаються планові зупинки, то

$$C^*_{ij}(t) = C^*_{ik}(t) = 0. \quad (38)$$

Якщо з якихось причин проміжні сервери не можуть отримувати, зберігати і накопичувати інформацію, то обмеження (7) треба замінити на вираз

$$Q_j(t) = 0. \quad (39)$$

2. Оптимальне керування. Припустимо, що всі сервери протягом планового періоду працюють з номінальною продуктивністю і видають на запити ЛПР (клієнтів) за одиницю часу інформацію різного виду в кількості U^H_{ij} . Апроксимуємо залежності (9),

(10) у точках U_{ij}^H прямими, що проходять через початок координат, і обчислимо тангенси кутів нахилу цих прямих до осі абсцис;

$$U_{j^*j} = \alpha_{j^*j} U_{ij}^H \quad (40)$$

Оскільки час планування T значно перевищує інтервали $\tau^i_{j^*i}, \Delta \tau^i_{j^*i}$, то останніми можна знехтувати.

Тепер розглянемо ефективність серверів, що надають інформаційні послуги одного виду (відомча, галузева інформація) і серверів, що надають інформаційні послуги різного виду (аналітична, регіональна, міжгалузева інформація). Будемо вважати, що кожний вид серверів проводить обслуговування в задані строки. Для порівняльної оцінки їх ефективності можна застосувати два показники: повноту задоволення запитів W і точність виданої на запит інформації G . Повнота W приблизно може бути взята пропорційною до фонду інформаційних джерел (фактів, документів) F , яким володіє той чи інший сервер, а точність G пропорційна до кількості персональних станцій, які обслуговує сервер Q і обернено пропорційна фонду інформаційних джерел:

$$W = k_1 F ; \quad (41)$$

$$G = k_2 \frac{Q}{F}. \quad (42)$$

При користуванні формулами (41) і (42) для визначення ефективності вузькопрофільного сервера значення W і Q повинні відповідати саме цьому серверу, бо ефективність відноситься до окремого клієнта, який звернувся з конкретним запитом саме до цього сервера. За даними [3] можна приблизно обчислити ці показники:

➤ для вузькопрофільного сервера (у середньому):

$$W = k_1 * 7 * 10^4 ; \quad Q = k_2 * 6 * 10^4 ;$$

➤ для сервера з широким профілем послуг:

$$W^* = k_1^* * 30 * 10^7 ; Q^* = k_2^* * 0.67 * 10^{-4}.$$

Враховуючи однотипність структури та методів функціонування цих серверів, можна припустити рівність для коефіцієнтів

$$k_1^* = k_1, k_2^* = k_2$$

Остаточно отримуємо

$$\frac{W^*}{W} \approx 429; \quad \frac{Q^*}{Q} \approx 0.11.$$

Як свідчать ці показники, треба мати сервери з вузькопрофільними послугами (ТБД) і сервери з широким спектром інформаційних послуг (АБД). Вони доповнюватимуть один одного, підвищуючи ефективність інформаційного обслуговування.

Отже, в структурі інформаційного середовища України бажано мати найрізноманітніші сервери, які виконують широкий спектр інформаційних послуг. Це сервери різних рівнів: верхніх, середніх, нижніх - локальні та центральні, операційні та аналітичні, відомчі, галузеві, міжгалузеві; сервери, що накопичують інформацію як одного, так і багатьох видів; сервери, з яких отримують інформацію, проміжні сервери тощо. Але для прийняття рішення можуть бути використані тільки аналітичні сервери.

На підставі викладеного вище можна зробити такі висновки:

1. Запропонована математична модель інформаційного середовища для прийняття рішення, яка зводиться до стандартного динамічного програмування, дозволяє не тільки оптимізувати інформаційне середовище будь-якої складності, а й керувати ним з метою вдосконалення як усієї мережі, так і окремих елементів її середовища.

2. Принцип клієнт/сервер підказує модель державної централізації зусиль окремих колективів, що сьогодні самоврядуються.

Список використаної літератури

1. Сидоренко В. Загальна концепція побудови інформаційних систем забезпечення державного управління // Вісн. Укр. Академії держ. упр. при Президентіві України - 1996. - №2. - С.149-160.

2. Васкевич Д. Стратегии клиент/сервер: Руководство по выживанию для специалистов по реорганизации бизнеса - К.: Диалектика, 1996. - 384 с.

3. Тронь В.П., Казачинский В.З., Береговенко Г.Я. Теоретические вопросы информационного обслуживания: [Мат. модель единой межотраслевой автоматизир. респ. системы науч.-техн. информ.] - К.: УкрНИИИТИ, 1974. - 256 с.