

УДК 621.316

О.В. БОЙЧЕНКО

*Кримський юридичний інститут Одеського державного університету
внутрішніх справ, Сімферополь, Україна***АНАЛІЗ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ФОРМУВАННЯ
УПРАВЛІНСЬКИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ**

Проаналізовано математичну модель оптимізації функціонування управлінської інформаційної системи в частині контролю потоків даних підсистем і пристроїв обслуговування. Визначено, що знаходження ймовірності різних станів систем масового обслуговування, а також встановлення залежності між заданими параметрами та характеристиками роботи СМО є основним напрямом вирішення основного завдання теорії масового обслуговування й відповідно вирішенням завдання оптимізації функціонування управлінської ієрархічної структури. Запропоновано застосування отриманих результатів моделювання для оптимізації управлінських інформаційних систем шляхом коригування їх структури підвищенням продуктивності та надійності обміну інформаційними даними в умовах невизначеності та швидкоплинності обстановки.

Ключові слова: управлінська інформаційна система, математична модель, інформаційні потоки, одноканальна та багатоканальна система масового обслуговування

Вступ

При побудові розподілених систем обробки інформації виникає питання про розподіл навантаження між основними пристроями обробки інформації. Побудувавши модель руху інформації відносно пристроїв обробки і визначивши основні параметри цього пристрою, можлива побудова системи з оптимальними параметрами по навантаженню, часу обробки і т. ін. Інформаційна модель наочно демонструє систему взаємодії між пакетами інформації і дозволяє визначити, яку роль виконує той або інший пакет інформації. Так само можна простежити взаємозв'язок вхідних і вихідних пакетів інформації.

У даній статті проводиться аналіз напрямів оптимізації інформаційних систем управління шляхом математичного моделювання потоків інформаційних даних підсистем та пристроїв обслуговування.

1. Експериментальна частина

Будь-яка інформаційна модель не дає в повному об'ємі уявлення про систему в цілому, у зв'язку з чим необхідно побудувати математичну модель системи, за допомогою якої можна отримати основні характеристики системи за різних умов.

Щодо інформаційних потоків управлінської системи, то вони мають наступні характеристики: щільність потоку даних; час, що витрачається на обслуговування одного документу; об'єм передаваної інформації і т. ін.

Оптимізація інформаційної системи потребує при доробці запровадження декількох етапів. Зок-

рема на першому етапі необхідно визначити взаємозв'язок вершин орієнтованого графа руху інформаційних потоків і обслуговуючих пристроїв. Таким чином, кожен обслуговуючий пристрій e_i є безліччю E , що складається з пакетів інформації a_{ij} , які проходять через цей пристрій обслуговування безпосередньо [1].

Зокрема множина пристроїв обслуговування визначається як $E = \{e_{ij}\}$, а відповідно безліч пакетів інформації, що належать пристрою обслуговування, як $e = \{a_{ij}\}$. Оскільки кожна вершина графа є пакетом інформації $z_i = a_{ji}$, то тоді вираз $e = \{a_{ij}\}$ можна представити у виді $e = \{z_i\}$.

Графічно орієнтований граф руху інформації і взаємозв'язок пристроїв обслуговування з пакетами інформації може бути поданий як на рис. 1.

Ребра орієнтованого графа визначають переміщення даних $U = \{u_{ij}\}$ з одного пакету інформації в інший, а будь-який рух інформації характеризується такими основними властивостями як інтенсивність вступу, об'єм та час перенесення даних. Таким чином, кожній вершині графа належить безліч переміщуваних даних $z_i = \{u_{ij}\}$.

На підставі граф-схеми, що подана на рис. 1, будують схему руху потоків інформації відносно пристроїв обробки (рис. 2).

Визначені дані про інтенсивність, об'єм і час обробки для кожного u_{ij} заносяться в табл. 1.

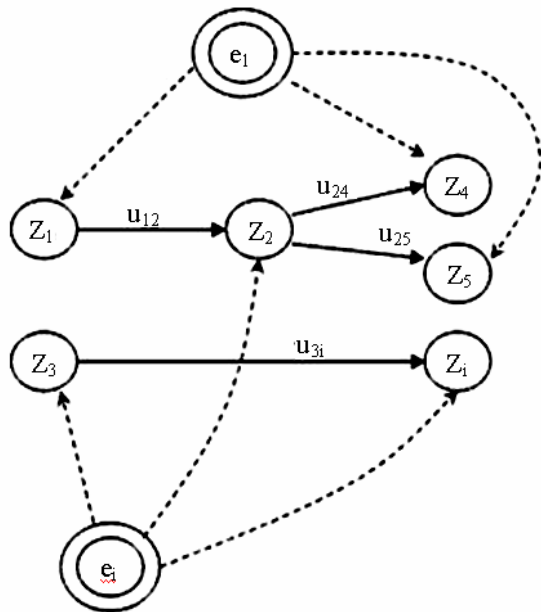


Рис. 1. Граф-схема взаємозв'язку інформаційного графа з пристроями обслуговування

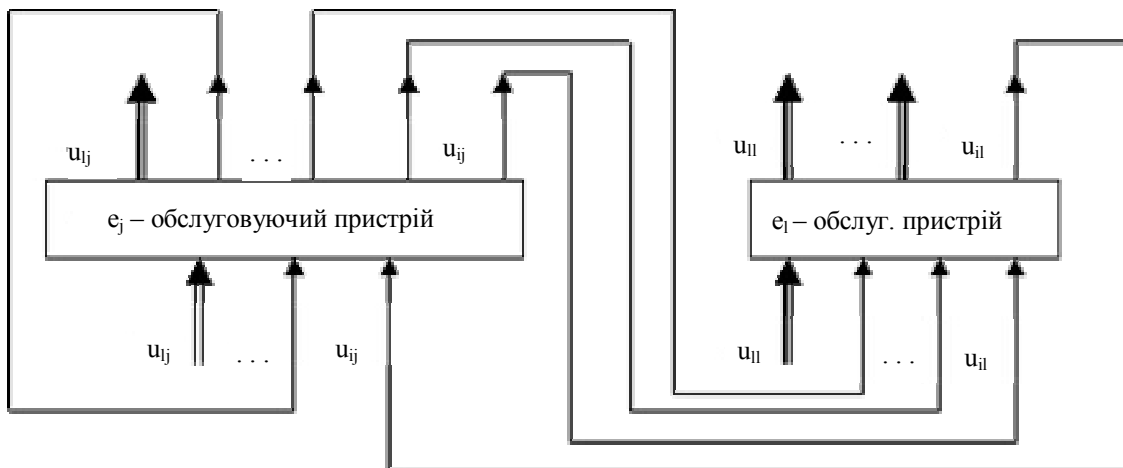


Рис. 2. Схема руху потоків інформації відносно пристроїв обробки

- середнє число заявок в СМО (які обслуговуються або чекають своєї черги) z ;
- середнє число заявок в черзі r ;
- середній час перебування заявки в СМО (у черзі або в обробці) $t_{\text{сист}}$;
- середній час перебування заявки в черзі $t_{\text{черг}}$.

У загальному випадку усі ці характеристики залежать від часу. Але багато СМО працюють в незмінних умовах досить довгий час, і тому для них потрібно встановити режим, близький до стаціонарного.

Для будь-якої відкритої СМО (одно каналної чи багатоканальної при будь-яких видах потоків і обслуговуванні) справедливі залежності, отримані на основі точних методів визначення їх

Таблиця 1

Обсяг та час обробки інформаційних даних

№ з/п	Позначення, u_{ij}	Інтенсивність (кільк./ год.), λ_i	Час обслуговування (хв.), $t_{\text{обсл.}}$	Об'єм (байт), W
...	...	...	...	...

Основним завданням теорії масового обслуговування є знаходження ймовірності різних станів систем масового обслуговування (СМО), а також встановлення залежності між заданими параметрами і характеристиками роботи СМО.

В якості таких характеристик можуть розглядатися:

- середня кількість заявок A , яке обслуговує СМО в одиницю часу;
- ймовірність обслуговування заявки Q (відносна пропускна спроможність СМО), що поступила;
- ймовірність відмови $P_{\text{відм}}$, тобто ймовірність того, що заявка, що поступила, не буде оброблена;

характеристик, а трудомісткість отримання рішення залежить в основному від розмірності системи [2], зокрема:

- 1) середній час перебування заявки в системі

$$t_{\text{сист}} = z / \lambda, \quad (1)$$

- 2) середній час перебування заявки в черзі

$$t_{\text{черг}} = r / \lambda. \quad (2)$$

Крім того, експоненціальні моделі засновані на припущенні про те, що потоки заявок, які поступають в систему, являються пуасонівськими, а час обслуговування має експоненціальний розподіл [3].

Поряд із зазначеним, для побудови моделі опису функціонування системи вводиться ряд припущень.

Припущення перше усуває залежність між часом обслуговування в каналах і полягає в тому, що довжина вхідного пакету в i -й канал вибирається незалежно відповідно до щільності розподілу

$$f(x) = \lambda e^{-\lambda x}, \quad (3)$$

де $1/\lambda$ – середня довжина пакету, вимірювана в бітах.

Як уже зазначалося, процес входу пакетів в систему являється пуасонівським з параметром Λ_r (пакетів/с), де r – номер пари «вузол-джерело» – «вузол-адресат».

Усі пари впорядковані відповідно до номерів $1, 2, \dots, R$. Маршрут пакетів r -го класу (передаються в r -й парі джерело-адресат) визначається матрицею $\|P_{ij}(r)\|$, де $P_{ij}(r)$ – ймовірність того, що пакет r -класу, що закінчив обслуговування в i -му каналі, поступить потім в j -й канал ($i, j = 1, M$).

Припущення, застосовані в моделі, визначають необмеженість черги та миттєву передачу підтвердження про успішну обробку пакету.

Зазначені припущення дозволяють визначити спроектовану систему як відкриту неоднорідну мережу масового обслуговування, яка моделює функціонування системи. У таку СМО поступають r класів пуасонівських потоків пакетів з інтенсивністю Λ_r , маршрут кожного з яких характеризується матрицею $\|P_{ij}(r)\|$.

А функція розподілу тривалості обслуговування пакетів r -го класу в i -му центрі СМО, який моделює відповідний канал, є експоненціальною з параметром μ_{ir} (пакетів/с).

Інтенсивність потоку пакетів класу r , що поступають в i -й канал λ_{ir} задовольняє рівнянню балансу потоків

$$\lambda_{jr} = \Lambda_r \delta_{ir} + \sum_{j=1}^M \lambda_{jr} P_{ji}(r). \quad (4)$$

Загальний потік пакетів, що поступають в i -й канал λ_{ir} та ззовні в мережу Λ , дорівнює відповідно

$$\begin{aligned} \lambda_i &= \sum_{r=1}^R \lambda_{ir}; \\ \Lambda &= \sum_{r=1}^R \Lambda_r. \end{aligned} \quad (5)$$

Позначимо через ρ_{ir} завантаження i -го каналу пакетами r -го класу і ρ_i загальне завантаження каналу i :

$$\rho_{ir} = \frac{\lambda_{ir}}{\mu_{ir}}; \quad \rho_i = \sum_{r=1}^R \rho_{ir}. \quad (6)$$

Одноканальні СМО з необмеженою чергою можна представити у вигляді графа станів, який представлений на рис. 3.

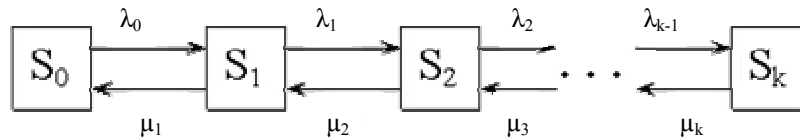


Рис. 3. Граф станів одноканальної СМО з необмеженою чергою
(S_0 – СМО вільна; S_1 – канал зайнятий (в черзі);
 S_2 – канал зайнятий (одна заявка в черзі);
 S_k – канал зайнятий ($k-1$ заявок в черзі))

Щодо фінальної ймовірності станів, то вона може бути подана таким чином [5]:

$$\begin{aligned} p_0 &= 1 - \rho; \\ p_k &= \rho^k (1 - \rho); \\ k &= 1, 2, \dots \\ \rho &= \frac{\lambda}{\mu}. \end{aligned} \quad (7)$$

Урахування поданих залежностей та те, що $\Lambda = \lambda, Q = 1, P_{в\text{вдм}} = 0$ визначає характеристики ефективності системи масового обслуговування таким чином:

$$\begin{aligned} \bar{z} &= \frac{\rho}{1 - \rho}; \\ \bar{r} &= \frac{\rho^2}{1 - \rho}; \\ \bar{t}_{\text{сист}} &= \frac{\rho}{\lambda(1 - \rho)}; \\ \bar{t}_{\text{черг}} &= \frac{\rho^2}{\lambda(1 - \rho)}. \end{aligned} \quad (8)$$

Тоді ймовірність того, що обслуговуючий канал зайнятий, дорівнює

$$\bar{k} = \frac{\lambda}{\mu} = \rho. \quad (9)$$

Щодо багатоканальних СМО з необмеженою чергою, то їх можна представити у вигляді графа станів, який подано на рис. 4.

Так, на n -канальну СМО поступає простий потік заявок з інтенсивністю λ , а час обслуговування однієї заявки є показником з параметром μ .

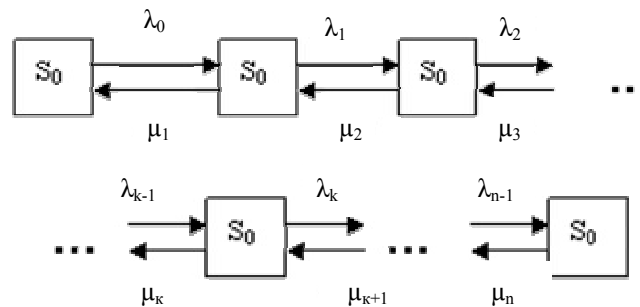


Рис. 4. Граф станів багатоканальної СМО з необмеженою чергою

При цьому стани СМО нумеруються по числу заявок в СМО так що:

- S_0 – СМО вільна;
- S_1 – зайнятий один канал;
- S_k – зайнято k каналів;
- S_n – зайняті усі n каналів;
- S_{n+1} – зайняті усі n каналів, одна заявка стоїть в черзі;

S_{n+r} – зайняті усі n каналів, r заявок коштує в черзі.

Тоді фінальна ймовірність станів виражається такими формулами

$$p_0 = \left\{ 1 + \frac{\rho}{1!} + \dots + \frac{\rho^k}{n!} + \frac{\rho^{k+1}}{nn!} \cdot \frac{1}{1-\chi} \right\}^{-1};$$

$$p_k = \frac{\rho^k}{k!} p_0, (1 \leq k \leq n);$$

$$p_{n+r} = \frac{\rho^{n+r}}{n^r \cdot n!} p_0, (r \geq 1).$$

2. Аналіз отриманих результатів

Аналіз отриманих виразів дозволяє створити уявлення про працездатність усієї розгалуженої управлінської інформаційної системи.

Практичною цінністю застосування розглянутої методики є отримання важливих показників функціонування інформаційної системи, таких як: завантаження пристроїв та підсистем; максимальну довжину черги заявок; кількість оброблених заявок; середню кількість зайнятих каналів.

Висновки

Контроль функціонування інформаційної системи управління за допомогою комплексу зазначених показників дозволить оптимізувати процес інформаційної підтримки управлінської діяльності підрозділу в умовах невизначеності.

Рекомендована для оптимізації управлінських інформаційних систем шляхом коригування їх структури підвищенням продуктивності та надійності обміну інформаційними даними в умовах невизначеності та швидкоплинності обстановки.

Література

1. Козел В.Н. Построение математической модели формирования распределенных систем / В.Н. Козел, А.Н. Шеховцов // Вісник Херсонського державного технічного університету. – 2004. – № 2 (24). – С. 325-332.
2. Козел В.Н. Методика преобразования информационных потоков в ориентированный граф / В.Н. Козел // Вісник Херсонського державного технічного університету. – 2002. – № 1 (14). – С. 527-528.
3. Вентцель Е.С. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения: монография / Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров. – М.: Наука, 1991. – 356 с.
4. Кузин Л.Т. Основы кибернетики: учебник [для студ. высш. учебн. завед.] / Л.Т. Кузин. – М.: Энергия, 1979. – 584 с.
5. Евгениев Г.Б. Технология экспертного программирования / Г.Б. Евгениев, А.С. Кобелев, С.А. Борисов // Информационные технологии. – 2002. – № 3. – С. 2-9.

Надійшла до редакції 10.11.2010

Рецензент: д-р техн. наук, проф., проф. кафедри телекомунікаційних систем А.І. Сененко, Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій, Київ.

АНАЛИЗ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ФОРМИРОВАНИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

О.В. Бойченко

Проанализирована математическая модель оптимизации функционирования управленческой информационной системы в части контроля потоков данных подсистем и устройств обслуживания. Определенно, что нахождение достоверности разных состояний систем массового обслуживания, а также установление зависимости между заданными параметрами и характеристиками работы СМО является основным направлением решения основного задания теории массового обслуживания и соответственно решениям задания оптимизации функционирования управленческой иерархической структуры. Предложено применение полученных результатов моделирования для оптимизации управленческих информационных систем путем корректировки их структуры повышением производительности и надежности обмена информационными данными в условиях неопределенности и быстротечности обстановки.

Ключевые слова: управленческая информационная система, математическая модель, информационные потоки, одноканальная и многоканальная система массового обслуживания

ANALYSIS OF MATHEMATICAL MODEL OF FORMING OF ADMINISTRATIVE INFORMATIVE SYSTEMS

O.V. Bojchenko

The mathematical model of optimization of functioning of EIS is analysed in part of control of streams of these subsystems and servicers. Certainly, that being of authenticity of the different states of the queuing systems, and also establishment of dependence between preset parameter and descriptions of work of Queuing system is basic direction of decision of basic task of theory of mass service and according to the decisions of task of optimization of functioning of administrative hierarchical structure. Application is offered got результатп designs for optimization of EISS by adjustment of their structure the increase of the productivity and reliability of exchange by informative data in the conditions of vagueness and transience of situation.

Keywords: EIS, mathematical model, informative streams, one channel and multichannel system mass service

Бойченко Олег Валерійович – канд. техн. наук, доцент, професор кафедри оперативно-розшукової діяльності та спеціальної техніки Кримського юридичного інституту Одеського державного університету внутрішніх справ, Сімферополь, Україна, e-mail: bole61@mail.ru.