

УДК 621.391.146.004.15

Л. В. КОЛОСОВ,  
канд. техн. наук,  
И. Ф. ЦАПКОВ

ОБ ОСНОВНОМ ПОКАЗАТЕЛЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
СИСТЕМ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

*Постановка задачи.* Составной частью автоматизированных систем управления (метасистем) является система обработки данных (СОД).

При проектировании и совершенствовании разработанных СОД возникает проблема выбора оптимального варианта, для решения которой необходимо оценить эффективность СОД и влияние ее на эффективность метасистемы.

СОД является сложной системой, эффективность ее оценивается множеством показателей (ПЭ). Возникает задача многокритериальной (векторной) оптимизации, решение которой чрезвычайно сложно. На практике из множества возможных ПЭ выбирают такой, который в наибольшей степени позволяет оценить способность СОД выполнять возложенные на нее задачи [1]. В этом случае выбранный ПЭ называют основным (ОПЭ).

Главной задачей СОД является обработка потоков поступающих сообщений, поэтому в качестве основных показателей эффек-

тивности предлагается [3] использовать интегральную ( $\Pi_n$ ) и динамическую ( $\Pi_d$ ) пропускные способности, определяемые по формулам

$$\Pi_n(0, t) = \frac{N_0(0, t)}{N_n(0, t)}; \quad (1)$$

$$\Pi_d(\Delta t, t) = \frac{N_0(\Delta t, t)}{N_n(\Delta t, t)}, \quad (2)$$

где  $N_0(0, t)$ ,  $N_n(0, t)$  — число сообщений, обработанных и поступивших за время  $(0, t)$ ;

$N_0(\Delta t, t)$ ,  $N_n(\Delta t, t)$  — число сообщений, обработанных и поступивших за интервал  $\Delta t$  к моменту времени  $t$ .

Интегральная и динамическая пропускные способности являются функционалами вида

$$\Pi_n(0, t) = \Pi_n(t, L); \quad \Pi_d(\Delta t, t) = \Pi_d(\Delta t, t, L),$$

где

$$L = L_n \cup L_c \cup L_s \cup L_{cp};$$

$L_n$ ,  $L_c$  — множество параметров входящего потока сообщений и системы обработки данных;

$L_s$ ,  $L_{cp}$  — множество параметров элементов СОД и внешней среды.

Целесообразность выбора пропускной способности в качестве ОПЭ обусловлена тем, что она достаточно полно характеризует производительность элементов и СОД в целом и является обязательным аргументом целевой функции метасистемы.

В общем случае поток сообщений на входе СОД является неоднородным по важности и по количеству информации. Для повышения эффективности СОД при обслуживании потоков такого типа выбирают последовательность приоритетов, обеспечивающую минимум потерь информации вследствие отказа в обработке, а также нахождения сообщений в очереди [2]. Эти особенности не учитываются при выборе в качестве ОПЭ интегральной и динамической пропускных способностей (1), (2), а поэтому названные ПЭ могут быть взяты за основные только в частном случае: при обработке однородных потоков сообщений.

В работе предлагается в качестве основного показателя эффективности СОД брать информационный ПЭ, свободный от указанных выше недостатков.

*Информационный показатель эффективности СОД.* Рассмотрим многоканальную систему обработки данных, на вход которой поступает поток сообщений. Каждое сообщение несет в себе сведения о состоянии одной из независимых простых систем  $X_i$ . Простые системы являются элементами некоторой сложной системы  $Z$  ( $X_i \in Z$ ), которая состоит из  $m$  множеств простых систем

$$Z = \bigcup_q X_q,$$

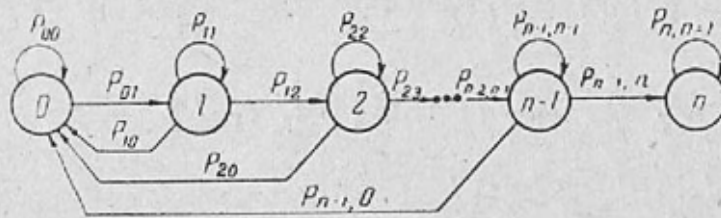
где  $X_q$  — множество простых систем  $q$ -го типа ( $q = \overline{1, m}$ ).

Сообщения о простых системах  $q$ -го типа характеризуются относительной важностью  $C_q$ . Простые системы входят в сложную систему с суммарной плотностью

$$\lambda_{\Sigma} = \sum_{q=1}^m \lambda_q,$$

где  $\lambda_q$  — плотность потока простых систем  $q$ -го типа. Они находятся в системе  $Z$  случайное время  $T$ . После входа простой системы в сложную сообщения о ней в интервале  $\tau_0$  могут поступить с вероятностью  $P$ . Вероятность поступления в этом интервале

двух и более сообщений об одной системе  $X_i$  равна нулю ( $P_{\geq 2}(\tau_0) = 0$ ).



При поступлении и обработке сообщений о простой системе  $X_i$  в СОД строится фазовая траекто-

рия  $\Phi_i(t)$ . Задача СОД состоит в том, чтобы с заданной точностью построить фазовую траекторию.

В любой момент времени простая система может находиться в одном из  $j$ , ( $j = 0, 1, \dots, n$ ) состояний, которые характеризуются числом поступивших сообщений. Вначале простая система находится в состоянии 0, а затем переходит из одного состояния в другое. Граф состояний простой системы показан на рисунке. Состояние  $n$  является поглощающим и соответствует случаю, когда простая система  $X_i$  покидает сложную.

Отказ в обработке сообщений о простых системах  $X$ , находящихся в  $j$ -м состоянии, приводит к потере информации, которая в среднем характеризуется величиной  $\bar{I}_j^{(n)}$ , ( $j = \overline{1, n}$ ).

Если выбрать определенную последовательность приоритетов, то ей соответствуют вероятности потерь сообщений  $P_{jq \text{ пот}}$  о  $q$ -й простой системе, находящейся в  $j$ -м состоянии.

Тогда суммарные потери информации за интервал времени  $\tau_0$  с учетом важности и информативности сообщений о простых системах

$$\bar{I}_{\Sigma}^{(n)} = \sum_{j=1}^n \sum_{q=1}^m C_q \bar{N}_{jq} P_{jq \text{ пот}} \bar{I}_j^{(n)}, \quad (3)$$

где  $\bar{N}_{jq}$  — среднее число сообщений о системах  $q$ -й важности и находящихся в  $j$ -м состоянии, поступающих на обработку за время  $\tau_0$ .

Используя граф состояний (см. рисунок), определим величину

$$\bar{N}_{jq} = \bar{N}_{j-1, j}^{(q)} \bar{K}_j P.$$

Здесь  $\bar{N}_{j-1, j}^{(q)}$  — математическое ожидание числа простых систем  $q$ -го типа, переходящих за интервал времени  $\tau_0$  из состояния  $(j-1)$  в  $j$ :

$$\bar{N}_{j-1, j}^{(q)} = \bar{N}_{j-1} P_{j-1, j};$$

$\bar{K}_j$  — математическое ожидание времени (в числе интервалов времени  $\tau_0$ ) нахождения простой системы в состоянии  $j$ ;

$P$  — вероятность поступления сообщений о системе за время  $\tau_0$ ;

$\bar{N}_{j-1}^{(q)}$  — математическое ожидание числа простых систем  $q$ -го типа, находящихся в  $(j-1)$ -м состоянии;

$P_{j-1, j}$  — вероятность перехода простой системы из  $(j-1)$  в  $j$ -е состояние за интервал времени  $\tau_0$ .

Частные случаи.

1. При одинаковой важности сообщений ( $C_1 = C_2 = \dots = C_m = 1$ ) формула (3) будет иметь вид

$$\bar{I}_{1\Sigma}^{(1)} = \sum_{j=1}^n \sum_{q=1}^m \bar{N}_{jq} P_{jq} \text{ пот } \bar{I}_j^{(n)} = \sum_{j=1}^n \bar{I}_j^{(n)} \sum_{q=1}^m P_{jq} \text{ пот } \bar{N}_{jq}. \quad (4)$$

Вероятность потери в данном случае не зависит от важности, следовательно,

$$\bar{I}_{1\Sigma}^{(n)} = \sum_{j=1}^n \bar{N}_j P_j \text{ пот } \bar{I}_j^{(n)}. \quad (5)$$

Показатель (5) представляет собой среднее значение теряемой информации за время  $\tau_0$ .

2. Сообщения имеют одинаковую важность ( $C_1 = C_2 = \dots = C_m = 1$ ) и информативность ( $\bar{I}_1^{(n)} = \bar{I}_2^{(n)} = \dots = \bar{I}_n^{(n)} = \bar{I}^{(n)}$ ).

Тогда с учетом (5) имеем

$$\bar{I}_{2\Sigma} = \bar{I}^{(n)} \sum_{j=1}^n P_j \text{ пот } \bar{N}_j, \quad (6)$$

где  $\sum_{j=1}^n P_j \text{ пот } \bar{N}_j = N_{\text{пот}}(\tau_0)$  — среднее число потерянных сообщений за интервал времени  $\tau_0$ .

Показатель (6) учитывает только дисциплину обслуживания сообщений  $j$ -го типа.

3. Сообщения имеют одинаковую важность, информативность и обслуживаются без приоритета ( $P_{j \text{ по}} = P_{\text{пот}}(\tau_0)$ ) ( $j = \overline{1, n}$ ).

Подставив величину  $P_{\text{пот}}(\tau_0)$  в (6), получим

$$\bar{N}_{\text{пот}}(\tau_0) = P_{\text{пот}}(\tau_0) \bar{N}_n(\tau_0), \quad (7)$$

где  $N(\tau_0)$  — математическое ожидание числа поступивших сообщений за время  $\tau_0$ .

Из (7) определим вероятность потери сообщений за интервал времени  $\tau_0$

$$P_{\text{пот}}(\tau_0) = \frac{\bar{N}_{\text{пот}}(\tau_0)}{\bar{N}_n(\tau_0)}.$$

Учитывая, что  $\bar{N}_{\text{пот}}(\tau_0) = N_n(\tau_0) - N_0(\tau_0)$ , находим

$$P_{\text{пот}}(\tau_0) = \frac{\bar{N}_n(\tau_0) - N_0(\tau_0)}{\bar{N}_n(\tau_0)} = 1 - \Pi(\tau_0). \quad (8)$$

Величина  $\Pi(\tau_0)$  в зависимости от значения  $\tau_0$  соответствует интегральной или динамической пропускной способности.

Таким образом, предложенный показатель эффективности (3) представляет собой взвешенное среднее значение теряемой информации за интервал времени  $\tau_0$ . Он учитывает важность ( $C_q$ ) и информативность ( $\bar{I}_j^{(n)}$ ) сообщений, а также вероятность потери сообщений  $P_{jq \text{ пот}}$ , зависящую от дисциплины их обработки. Этот показатель позволяет более достоверно производить сравнение различных вариантов систем обработки данных в целях выбора оптимального.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Вентцель Е. С. Исследование операций. М., «Сов. радио», 1972. 522 с.
2. Колосов Л. В., Цапков И. Ф. Об информационном критерии оценки эффективности приоритетного обслуживания в системах сбора и обработки данных. «Управляющие системы и машины», 1973, № 4, с. 43—45.
3. Мачулин В. В., Пятибратов А. П. Эффективность систем обработки информации. М., «Сов. радио», 1972. 280 с.

УДК 621.391.146.004.15

Об основном показателе эффективности систем обработки данных. Колосов Л. В., Цапков И. Ф. Сб. «Автоматизированные системы управления и приборы автоматики», вып. 35, 1975, с. 12—16.

Предлагается информационный показатель эффективности систем обработки данных, учитывающий неоднородность входящего потока сообщений по важности и информативности, а также дисциплину обработки сообщений. Ил. 1. Библиогр. 3.