

УДК 519.816

МЕТОД ФУНКЦИОНАЛЬНОГО БАЛАНСА РЕСУРСОВ

Г.С. Теслер

Институт проблем математических машин и систем НАН Украины

e-mail: tesler@immsp.kiev.ua

Введение

Баланс ресурсов играет важную роль в экономике, производстве, в организации процессов вычислений и различных процессах, протекающих в искусственной, живой природе и обществе. Основная задача баланса ресурсов есть выполнение поставленной цели с наиболее рациональным использованием ресурсов. Особо актуальна сегодня эта проблема в Украине в части энергосбережения, распределения ограниченных средств бюджета по различным статьям в зависимости от их важности, а также во многих других случаях. Актуально использование такого баланса для проектировщиков новой техники и организаторов различных проектов. Это, прежде всего, связано с тем, что, как ни странно, конечный результат проекта либо процесса во многом зависит от наиболее "слабого звена". Выявление и устранение "слабых звеньев", которые тождественны "узким местам" исследуемых процессов, и составляют суть излагаемого ниже метода функционального баланса ресурсов.

В качестве ресурсов могут выступать материальные средства, ценности, запасы, время, усилия, затрачиваемые на выполнение необходимой работы, финансы и тому подобное, включая природные, экономические и трудовые ресурсы.

В результате использования предлагаемого метода происходит перераспределение ресурсов от менее важных (по определенному критерию важности, в простейшем случае - выступает весовая функция) частей процесса к более важным, с учетом устранения "узких мест" и получения в конечном счете необходимого показателя. При этом конечный показатель в большинстве случаев выше исходного. Понятие функционального баланса связано с критерием выбора критерия важности.

Отметим, что в живой природе критерий функционального баланса используется регулярно. Примером этого может служить профиль листьев растений, который имеет переменное значение, чтобы обеспечить правильную реакцию на внешние воздействия.

Излагаемая постановка задачи восходит к работам [1-3], где оптимизируется время выполнения команд компьютера в зависимости от частоты их встречаемости в заданном классе задач. Идея того, что общая производительность вычислительной системы определяется самым медленным звеном, восходит к закону Амдала.

Излагаемый подход позволяет использовать предлагаемый метод баланса для более широкого класса задач и их постановок.

1. Суть метода баланса

Пусть для системы S заданы множество процессов, протекающих в системе, и характеристики λ_i интенсивности протекания процессов, а также затраты ресурсов на реализацию этих процессов U_i . В дискретном случае мы можем задать следующие три вектора:

$A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ - вектор множества процессов;

$B = \{b_1, b_2, \dots, b_n\}$ - вектор интенсивности процессов;

$U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ - вектор затраты ресурсов.

В качестве компонентов *вектора процессов* могут выступать команды компьютера, части вычислительного процесса, группа событий и т.п.

В качестве компонентов *вектора интенсивности* могут выступать частота встречаемости команды, интенсивность финансового либо любого другого потока и т.п.

В качестве компонентов *вектора ресурсов* могут выступать время, затрачиваемое на выполнение работы, например, команды компьютера, материальные либо финансовые средства и т.п.

В простейшем случае будем считать, что топология системы S образует последовательную топологию, а при более сложной топологии можно воспользоваться подходом, используемым в теории надежности.

Здесь общая пропускная способность системы S определяется самым критичным звеном. В идеальном случае необходимо обеспечить выполнение равенства

$$\varphi(b_1, u_1) = \varphi(b_2, u_2) = \dots = \varphi(b_n, u_n),$$

а в нашем случае

$$b_1 \cdot u_1 = b_2 \cdot u_2 = b_n \cdot u_n.$$

Однако такого добиться не всегда удастся, так как требуется использование больших усилий и ресурсов.

Здесь целесообразно использовать следующую методику:

1. Определить среднюю величину $b_i u_i$ $i \in \overline{1, n}$, найти

$$L = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n b_i u_i.$$

Можно вместо средней величины $b_i u_i$ $i \in \overline{1, n}$ найти среднее значение, т.е. медиану, что обеспечит устойчивость к отдельным вопросам.

2. Определить $\rho_i = \max_i |b_i u_i - L|$.

3. Пункт 2 повторять до тех пор, пока ρ_i не станет меньше некоторой заданной величины.

Получение значения потоков процессов i подлежат корректировке, что и позволит приблизить пропускную систему к идеальной. Этот подход достаточно сложно использовать в случае, когда топология следования потоков системы имеет параллельно-последовательную структуру, например, при оптимизации надежности системы, когда часть элементов дублирована.

В общем случае целесообразно использовать непрерывную либо дискретную марковскую цепь. В качестве одного из таких подходов используем модель оптимизации обслуживания входных пакетов [4, 5], где под пакетом будем понимать описанные выше процессы, протекающие в сети.

Рассмотрим трансформацию входящего потока заявок с интенсивностью λ_0 ко входам составляющих сеть системы массового обслуживания (СМО) для установившегося режима. Пусть α_i , $i = \overline{1, n}$, коэффициент трансформации (передачи) входящего потока ко входу системы S_i (S_i - источник заявок), количественно равному среднему появлению произвольной заявки из входного потока в входящем потоке СМО S_i , т.е. равный среднему числу обслуживаний, получаемых произвольной заявкой в СМО S_i за все время пребывания ее в сети. Отметим, что в качестве источника заявок может служить поток входящих либо выходящих пакетов, запрос данных их пакета и т.д.

Тогда интенсивность входящего потока СМО S_i может быть выражена через интенсивность входящего потока сети λ_0 :

$$\lambda_i = \alpha_i \lambda_0, \quad i = \overline{1, n}.$$

В нашем случае

$$\lambda_j = P_{0j} \lambda_0 + \sum_{i=1}^n P_{ij} \lambda_i, \quad j = \overline{1, n},$$

где P_{ij} - вероятности, обслуженные системой S_i поступают в систему S_j или покидают ее ($j=0$).

$$\text{Причем } \sum_{j=0}^n P_{ij} = 1, \quad i = \overline{0, n} \text{ и } P_{00} = 0.$$

Выражая интенсивность λ_i входящих и выходящих потоков СМО S_i через интенсивность источников заявок: можно получить уравнение Колмогорова относительно искомых коэффициентов передачи λ_i :

$$\begin{aligned} (P_{11} - 1) \alpha_1 + P_{21} \alpha_2 + \dots + P_{n1} \alpha_n &= -P_{01}; \\ P_{12} - \alpha_1 + (P_{22} - 1) \alpha_2 + \dots + P_{n2} \alpha_n &= -P_{02}; \\ P_{1n} \alpha_1 + P_{2n} \alpha_2 + \dots + (P_{nn} - 1) \alpha_n &= -P_{0n}, \end{aligned}$$

имеющее единственное решение независимо от того, разомкнута или замкнута рассматриваемая сеть.

При этом должно выполняться условие существования установившегося режима в каждой из СМО сети:

$$\rho_i / m_i = \lambda_i (m_i \mu_{4i}),$$

где m_i - число каналов обслуживания,

μ_i - интенсивность потока обслуживания.

Для каждой из составляющих сеть СМО S_i можно найти эффективность (время ожидания в очереди, время обслуживания, среднее число каналов, занятых обслуживанием заявок i -го типа, и т.д.), а также сформулировать критерий эффективности и найти его значение.

Выводы

Предложенные в докладе два подхода оптимизации потоков, протекающих в системе, позволят удовлетворить в той или иной мере принцип функционального баланса ресурсов.

Список литературы

1. Сергиенко И.В. Методы организации вычислительного процесса на вычислительных машинах. - Киев: РИО ИК АН УССР, 1971. - 162.
2. Благовещенский Ю.В., Теслер Г.С. Вычисление элементарных функций на ЭВМ. - Киев: Техніка, 1977. - 208.
3. Попов Б.А., Теслер Г.С. Вычисление функций на ЭВМ: Справочник. - Киев: Наукова думка, 1984. - 600 с.
4. Вероятностные методы в вычислительной технике / А.В.Крайников, Б.А.Курдинов, А.Н.Лебедь и др. - М.: Высш. школа, 1986. - 312 с.
5. Багура-Рид А.Т. Элементы теории марковских процессов и их приложение. - М.: Наука, 1969. - 511 с.