УДК 621.324

ОПТИМИЗАЦИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КОРПОРАТИВНОЙ СИСТЕМЫ

к.т.н. В.В. Калачёва, В.А. Пудов
(представил д.т.н., проф. Ю.В. Стасев)

Выполнен анализ частных критериев эффективности функционирования распределенных корпоративных информационных систем (КИС). Предложена процедура формирования количественно-качественного обобщенного критерия эффективности функционирования распределенных КИС.

Введение. За последние годы во всем мире резко возрос интерес к созданию распределенных КИС, использующих технологии различного уровня – от непосредственного использования сокетов до технологий с высоким уровнем абстракции типа RMI и CORBA [1]. В настоящей работе основное внимание уделено сравнительному анализу и синтезу технологий RMI и CORBA создания распределенных КИС [2 – 3]. Задача многокритериального синтеза распределенной КИС по совокупности технико-экономических показателей формулируется следующим образом: найти наиболее целесообразные структуру и состав распределенной КИС, которые удовлетворяют функциональному назначению системы, совокупности ограничивающих условий и обеспечивают наилучшее значение обобщенного критерия эффективности К = <К1, К2, … , Кm>, включающего критерии задержки, достоверности, целостности, скорости передачи, производительности и стоимости.

В данной работе будем рассматривать оптимизацию системы управления. Характеристики процесса разработки будут учитываться лишь в таких показателях качества как время T_p и стоимость C_p (поскольку С учитывает также и стоимость проектирования). Синтез будет выполняться с учетом нескольких показателей качества, т.е. на основе вектора

$$K(K_1, K_2, \dots, K_m) . \tag{1}$$

Это обусловлено свойством многокритериальности сложной системы (которой и является КИС).

Глобальным называется синтез, выполняемый с учетом всех существенных показателей качества, включая и экономические. Таким образом, при проведении глобального синтеза требуется определить такие значения управляемых переменных $X \in D$, которые обеспечивают минимум одновременно по всем введенным критериям оптимальности

$$Q_K(X), \quad k = 1, 2, \dots, S. \tag{2}$$

Обычно эти критерии противоречивы, и оптимизация по каждому из них приводит к разным значениям управляемых переменных X. В связи с этим для совместного учета всей совокупности частных критериев необходимо рассматривать векторный критерий оптимальности

$$Q(x) = \left[Q_1(x), Q_2(x), \ldots, Q_S(x)\right], \tag{3}$$

приводящий к задаче многокритериальной оптимизации.

При решении задачи оптимального проектирования для каждого критерия $Q_1(x), \ldots, Q_S(x)$ необходимо найти вектор $X = (x_1, \ldots, x_n)$, обеспечивающий минимальное (максимальное) значение критерия оптимальности

$$Q_i = Q_i(x_1, x_2, \ldots, x_n), \quad i = 1, 2, \ldots, S \tag{4}$$

при выполнении системы неравенств:

$$g_i(X_1, X_2, \ldots, X_n) \geq 0, \quad i = 1, 2, \ldots, m; \tag{5}$$

$$X_j^- \leq X_j \leq X_j^+, \quad j = 1, 2, \ldots, n. \tag{6}$$

Таким образом, решение задачи оптимизации КИС сводится к решению задачи оптимизации (4) – (6). Решение задачи многокритериальной оптимизации в общем случае не является оптимальным ни для одного из частных критериев, однако оказывается компромиссным для вектора Q(x) в целом. Можно определить, что решение задачи многокритериальной оптимизации (компромиссное решение) $X^* \in D$ является эффективной точкой, если для нее справедливо неравенство $Q(X^*) \leq Q(x)$ при $X \in D$, т.е. любая компонента $Q_k(X^*) \leq Q_k(X)$, k =1, 2, ..., S, но хотя бы для одного j из S чисел найдется точка $X \in D$, в которой выполняется строгое неравенство $Q_j(X^*) \leq Q_j(X)$ Из определения ***эффективной точки*** следует, что она не единственна. Множество всех эффективных точек называется областью компромиссов, или областью решений, оптимальных по Парето.

Оптимальность по Парето векторного критерия Q(x) означает, что нельзя далее уменьшать значение одного из частных критериев, не увеличивая значения хотя бы одного из остальных. Для определения минимума необходимо перейти от задачи векторной оптимизации к задаче нелинейной оптимизации со специально сконструированной функцией цели

$$P(x) = P\left[Q_1(x), Q_2(x), \ldots, Q_k(x)\right]. \tag{7}$$

Предположим, что перечисленные нами критерии равноценны. Это позволить использовать в качестве обобщенного критерия сумму относительных отклонений частных критериев от их средних значений

$$Q(x) = \sum_{k=1}^{s} \left[Q_k(x) - Q_k^*\right] / Q_k^* . \tag{8}$$

При решении задачи нелинейной оптимизации с указанной функцией, заданной выражением (8), обеспечивается компромиссного решения, наилучшего «в среднем». Для получения решения, обеспечивающего наилучшее приближения для критерия «наиболее» удаленного от своего оптимального значения, необходимо рассматривать функцию

$$Q(x) = \max_{k} \left| \left[Q_k(x) - Q_k^* \right] / Q_k^* . \right| \qquad (9)$$

Если относительно весовых коэффициентов λ известно только то, что они принадлежат множеству $D_\lambda = \left\{ \lambda \big/ \lambda_k \geq 0,\ k = 1, 2, \ldots, s,\ \sum_{k=1}^{s} \lambda_k = 1 \right\}$, то обобщенный критерий можно представить в виде

$$Q(x) = \max_{k \in D} \sum_{k=1}^{s} \lambda_k Q_k(x). \qquad (10)$$

Решение задачи нелинейной оптимизации с критерием (10) позволяет получить наилучшее гарантированное значение X^* для наихудшего сочетания весовых коэффициентов λ_k. Для большей достоверности описанных процессов необходимо учитывать случайные факторы, которые имеют место в любой корпоративной информационной системе. Критерий оптимальности и ограничения при фиксированных значениях управляемых переменных X – случайные величины, зависящие от вектора внешних факторов y:

$$\min_{X \in D} Q(x, y),\ D = \{ x / g_i(x, y) \geq 0, \quad i = 1, 2, \ldots, m \}. \qquad (11)$$

При решении задачи (11) возможны две ситуации: 1) оптимальное решение X^* требуется определить до реализации факторов y, т.е. независимо от их конкретных значений; 2) оптимальное решение X^* требуется определить после того, как стали известны факторы *y*. В первом случае учет случайных значений вектора *y* в условиях задачи оптимизации (11) сводится, по существу, к введению нового критерия оптимальности и ограничений, которые позволяют избавиться от неопределенности. В зависимости от степени информированности о законе распределения случайных величин y можно рассматривать три случая: 1) об y ничего не известно, кроме того, что они принадлежат некоторой области D; 2) для факторов *y* задана функция распределения f(y); 3) для факторов y задан закон распределения с точностью до вектора параметров Q, т.е. задана функция f(y, a), для которой неизвестны параметры Q, принадлежащие области D_a.

В зависимости от степени информированности о законе распределения случайных факторов новый критерий оптимальности и ограничения приходится выбирать, ориентируясь либо на худший случай относительно неопределенности значений вектора y, либо на некоторые средние значения критерия и ограничений. Если известно только, что $y \in D_y$, критерий оптимальности назначается из условия обеспечения наилучшего результата в наихудшем по неопределенности случае $Q(x)=\max\limits_{X\in D_y} Q(x, y)$. Аналогично для ограничений можно записать $g_j(x)=\min\limits_{y\in D_y} g_j(x, y)$, т.е. при выполнении системы неравенств:

$$g_j(X_1, X_2, \dots, X_n)\geq 0,\quad i=1, 2, \dots, m;\qquad X_j^-\leq X_j\leq X_j^+,\quad j=1, 2, \dots, n \quad (12)$$

и отсутствии информации о факторах y (случай неопределенности), приходим к детерминированной задаче оптимизации

$$\min_{X\in D}\max_{X\in D_y} Q(x, y),\qquad D=\left\{ x \Big/ \min_{y\in D_y} g_i(x, y)\geq 0,\ i=1, 2, \dots, m\right\}. \quad (13)$$

Если законы распределения известны, в качестве критерия оптимальности можно взять математическое ожидание (среднее значение) случайной функции Q(x, y):

$$Q(x)=M\{Q(x, y)\}=\int\limits_{y\in D_y} Q(x, y)\, df(y) \quad (14)$$

либо вероятность того, что случайная величина Q(x, y) превысит некоторый заданный уровень Q^-:

$$Q(x)=P\left\{Q(x, y)>Q^-\right\}. \quad (15)$$

Используя выражения типа (14) – (15) в качестве критерия оптимальности и ограничений для случая известных законов распределения, приходим к одной из задач стохастического программирования.

Усредненную задачу стохастического программирования сформулируем так: найти вектор управляемых переменных x, обеспечивающий

$$\min_x \int\limits_{y\in D_y} Q(x, y)\, df(y) \ \text{ при } \int\limits_{y\in D_y} g_j(x, y)\, df(y)\geq 0, i=1, 2, \dots, m. \quad (16)$$

Задача стохастического программирования с вероятностными ограничениями сводится к нахождению вектора управляемых переменных X, что

$$\min_x \int\limits_{y\in D_y} Q(x, y)\, df(y) \ \text{ при } P\left\{g_j(x, y)\geq 0, 1, 2, \dots, m\right\}\geq P, \quad (17)$$

где $0\leq P\leq 1$ – некоторая заданная вероятность выполнения системы ограничений исходной задачи (11), а вероятностная задача стохастического программирования может быть представлена в таком виде:

найти вектор управляемых переменных X, обеспечивающий

$$\max_x P\left\{Q(x, y)\leq Q^+\right\}. \quad (18)$$

При наличии информации о законах распределения случайных факторов, заданных с точностью до вектора параметров a, выражения (14) – (15) становятся функциями от этих переменных. Однако о векторе *a* ничего не известно, кроме того, что он принадлежит области D_a. В этом случае необходимо использовать комбинированный критерий, сочетающий в себе выражение (12) и одно из выражений (14) – (15). Это позволит перейти от задачи (11) к одной из задач стохастического программирования. Например, усредненная задача стохастического программирования в этом случае формулируется так: найти вектор управляемых переменных x, обеспечивающий

$$\min_{x} \max_{a \in D_a} \int_{y \in D_y} Q(x, y)\, df(y, a) \text{ при } \left[\min_{a \in D_a} \int_{y \in D_y} g_j(x, y)\, df(y, a) \right] \geq 0, \; i = \overline{1, m}.$$

Следовательно, определение оптимального решения X^*, не зависящего от конкретной реализации *y,* сводится к решению задачи нелинейной оптимизации, при которой решение можно записать как $\min_{X \in D} Q(x)$.

Когда известны значения y, рассматриваемая задача аналогична обычной задаче оптимизации. При этом конкретным реализациям случайных факторов y соответствуют различные оптимальные решения $X^* = X^*(y)$, т.е. при изменении условий в задаче оптимизации мы можем «перестраивать» оптимальное решение.

Выводы. Таким образом, процесс поиска оптимального решения в задачах проектирования КИС (как при многокритериальной оптимизации, так и с учетом случайных факторов) практически сводится к численному решению детерминированной задачи нелинейной оптимизации.

Предложенный метод получения обобщенного критерия при оптимизации систем управления позволяет вычислить действительные значения параметров управляемой сети с учетом предъявляемых к ним требовании. Метод также учитывает случайные факторы, в результате чего точность оценок повышается.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Кульба В.В., Ковалевский С.С., Косяченко С.А., Сиротюк В.О. Теоретические основы проектирования оптимальных структур распределенных баз данных. – М.: СИНТЕГ, 1999. – 660 с.*
2. *Каков Г.К. Методы оптимизации структур вычислительных систем. – М.: Энергия, 1974. – 144 с.*
3. *Мамиконов А.Г., Кульба В.В., Косяченко С.А., Ужастов И.А. Оптимизация структур распределенных баз данных в АСУ. – М.: Наука, 1990. – 240 с.*

Поступила 1.09.2004

***КАЛАЧЁВА Вероника Валерьевна**, канд. техн. наук, старший научный сотрудник НИЛ ХУ ПС. В 1995 году окончила ХГТУРЭ. Область научных интересов – системы поддержки принятия решений в логистических информационных системах.*

***ПУДОВ Виталий Анатольевич,** научный сотрудник НИЛ ХУ ПС. В 2000 году*

окончил ХНУРЭ. Область научных интересов – компьютерные сети и системы.