

1. Ракецкий, В.М. Опыт разработки и особенности внедрения обучающе-контролирующих программ в учебный процесс / В.М. Ракецкий // Материалы международной научно-практической конференции «Современные информационные технологии (mcIT-2008)», 21–24 апреля 2008 г. – Гродно, 2008. – С. 205–208.

В.М. РАКЕЦКИЙ

ОПОРНЫЙ МЕТОД ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОСТЫХ ЗАДАЧ ВЫПУКЛОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Рассмотрим задачу выпуклого программирования

$$f(x) \rightarrow \min, \quad (1)$$

при простых ограничениях

$$d_* \leq x \leq d^*, \quad (2)$$

где $f(x)$ – выпуклая дважды дифференцируемая функция, $x, d_*, d^* \in R^n$.

Пусть $\Delta = \frac{\partial f(x)}{\partial x}$, $D = \frac{\partial^2 f(x)}{\partial x^2}$ соответственно градиент и гессиан целевой функции (1), $J = \{1, 2, \dots, n\}$. Компоненты градиента ниже будем называть оценками. Точку, удовлетворяющую ограничениям (2), назовем планом.

Зададим величину $\varepsilon > 0$ – точность отыскания решения задачи (1)–(2). Будем считать, что план x – решение задачи (1)–(2) с заданной точностью, если $\Delta_j \geq -\varepsilon$, $x_j = d_{*j}$, $\Delta_j \leq \varepsilon$,

$$x_j = d_j^*, |\Delta_j| \leq \varepsilon \text{ при } d_{*j} < x_j < d_j^*, j \in J. \quad (3)$$

Множество индексов $J_{oc} \subset J$, возможно пустое, назовем опорой целевой функции, если $\det D_{oc} = \det D[J_{oc}, J_{oc}] \neq 0$ при $J_{oc} \neq \emptyset$. Совокупность $\{x, J_{oc}\}$ из плана и опоры целевой функции назовем согласованным опорным планом (СОП) задачи (1)–(2), если $|\Delta_j| < \varepsilon$, $j \in J_{oc}$.

На основании введенных понятий и определений опишем итерацию прямого метода [1] для решения задачи (1), (2). Допустим, что к началу итерации известен СОП $\{x, J_{oc}\}$, для которого не выполняются соотношения оптимальности (3), а также построена матрица $G_{oc} = D_{oc}^{-1}$ (если $J_{oc} \neq \emptyset$). Тогда итерация состоит из следующих этапов:

1) среди оценок Δ_j , $j \in J_n = J \setminus J_{oc}$, не удовлетворяющих условиям оптимальности (3), выберем оценку Δ_{j_*} с максимальной по модулю величиной. Подходящее для СОП $\{x, J_{oc}\}$ направление построим по формулам:

$$l_{j_0} = -\text{sign}\Delta_{j_0}; \quad l_j = 0, \quad j \in J_n \setminus j_0, \quad l_{o\alpha} = G_{o\alpha} p_{o\alpha} \text{sign}\Delta_{j_0} \text{ при } J_{o\alpha} \neq \emptyset,$$

где $p_{o\alpha} = D(J_{o\alpha}, j_0)$.

2) вычислим шаг θ^0 вдоль направления l : $\theta^0 = \min\{\theta_{o\alpha}, \theta_\alpha, \theta_{j_0}\}$, где $\theta_{o\alpha}$ – ограничение на шаг, вытекающее из учета ограничений по опорным компонентам; θ_α – ограничение на шаг, вытекающее из условия минимума целевой функции вдоль направления $f(x + \theta_\alpha l) = \min_{\theta} f(x + \theta l)$; θ_{j_0} – ограничение на шаг, вытекающее из учета ограничений по компоненте x_{j_0} .

3) вычислим новый план $\tilde{x} = x + \theta^0 l$ и проверим его согласованность. Если пара $\{\tilde{x}, J_{o\alpha} \cup j_0\}$ не согласована, то положим $\tilde{J}_{o\alpha} = \emptyset$ и перейдем к п. 1) новой итерации. В противном случае перейдем к п. 4) текущей итерации.

4) в зависимости от результатов вычисления максимально допустимого шага построим новую опору $\tilde{J}_{o\alpha}$ и соответствующую ей матрицу $\tilde{G}_{o\alpha}$:

а) $\theta^0 = \theta_{j_0}$. Полагаем $\tilde{J}_{o\alpha} = J_{o\alpha}$ и переходим к следующей итерации. Поскольку опора целевой функции не изменилась, $\tilde{G}_{o\alpha} = G_{o\alpha}$ (при $J_{o\alpha} \neq \emptyset$).

б) $\theta^0 = \theta_\alpha$. Полагаем $\tilde{J}_{o\alpha} = J_{o\alpha} \cup j_0$. Если $J_{o\alpha} = \emptyset$, то $\tilde{G}_{o\alpha} = \{1/d_{j_0 j_0}\}$; в противном случае $\tilde{G}_{o\alpha}$ вычисляется по формуле:

$$\tilde{G}_{o\alpha} = \begin{pmatrix} G_{o\alpha} + \frac{l_{o\alpha} l'_{o\alpha}}{\alpha} & -\frac{l_{o\alpha}}{\alpha} \text{sign}\Delta_{j_0} \\ -\frac{l'_{o\alpha}}{\alpha} \text{sign}\Delta_{j_0} & \frac{1}{\alpha} \end{pmatrix}, \quad \alpha = |\Delta_{j_0}| / \theta_\alpha$$

в) $\theta^0 = \theta_{o\alpha} = \theta_{i_0}$. Полагаем $\tilde{J}_{o\alpha} = J_{o\alpha} \setminus i_0$. При этом, если $\tilde{J}_{o\alpha} \neq \emptyset$, то

$$\tilde{G}_{o\alpha} = G(\tilde{J}_{o\alpha}, \tilde{J}_{o\alpha}) - \frac{G(i_0, \tilde{J}_{o\alpha})G(\tilde{J}_{o\alpha}, i_0)}{G(i_0, i_0)}$$

На этом описание итерации опорного метода завершено.

Пусть $x^{(1)}, x^{(2)}, \dots, x^{(k)}, \dots$ – итерационная последовательность точек, построенная по правилам 1) – 4). Имеет место утверждение:

$\lim_{k \rightarrow \infty} x^{(k)} = x^*$, где x^* – решение задачи (1), (2).

1. Ракецкий, В.М. Прямой опорный метод квадратичного программирования / В.М. Ракецкий // Проблемы оптимального управления: сб. научн. тр. – Минск: Наука и техника, 1981. – С. 318–335.

В.И. ХВЕЩУК

ПРОЦЕСС ФОРМУЛИРОВАНИЯ И АНАЛИЗА ТРЕБОВАНИЙ ПРИ СОЗДАНИИ КОМПАРАТИВНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Процесс формулирования и анализа требований при создании, эксплуатации и сопровождении (ТЭС) компаративных информационных систем (КИС) является сложной, многоэтапной и слабоформализуемой задачей, в решении которой участвуют многочисленные специалисты, заказчики и будущие пользователи. В общем случае формулируемые требования делятся на две группы: требования к системе (требования к структуре и функциям систем, требования к видам обеспечения системы, требования к документированию системы и другие) и требования к процессу создания, эксплуатации и сопровождения (далее создание) системы.

Результатом реализации данного процесса является системный проект (концепция, видение) на КИС. Он предполагает определение, анализ и утверждение требований в виде технического задания (ТЗ) на создание КИС [1].

В работе предложен комплексный подход для реализации этого процесса, основанный на наборе классификаций (заинтересованных лиц, компонент объекта автоматизации, требований к КИС, элементов КИС) и процессной модели жизненного цикла (ЖЦ) КИС. Данный подход позволяет структурировать как рассматриваемые объекты, системы, требования и заинтересованных лиц, так и распределить участников этого процесса по компонентам модели ЖЦ КИС, в рамках которых формулируются определенные группы требований. Для описания модели объекта автоматизации (ОА) и создаваемой КИС использован системный подход. Модель ОА определяется в виде взаимосвязанной совокупности следующих компонентов: организационной, функциональной и информационной структур; моделей помещений и внешней среды. КИС описывается совокупностью системных элементов (оборудование, программы, базы данных и другие) и внешней среды. Каждый из элементов КИС может быть декомпозирован на определенное количество уровней описания (иерархия описания). КИС создается в рамках одного или нескольких взаимосвязанных проектах.

В качестве основы для классификации требований к КИС использован стандарт ГОСТ 34.602 – 90 «Техническое задание на создание автоматизированной системы» [1], в котором перечислены основные группы