Изв. АН Армении (сер. ТН), т. XLVI, № 1, 1993, с. 31—33.

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

УДК 519.6.621.311

В. Х. ШАХИН

# МЕТОД СПЛАЙН АППРОКСИМАЦИИ В САПР ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ

Работа посвящена получению расчетных формул решения задачи оптимального проектирования программных средств. Алгоритм оптимизации параметров проектируемых программных средств реализован на ПЭВМ IBM PC AT.

Библиогр.: 3 назв.

*Աշխատանքում դիտարկվում են ծրագրային միջոցների օպտիմալ նախագծման խնդրի լուծման հաշվարկային բանաձևերը։ Խնդրի լուծման ալգորիթմը իրականացված է* IBM PC AT *համակարգչով։*

Численное описание характеристик программного обеспечения обусловливает возможность его использования для целенаправленного управления и оптимального проектирования разрабатываемых программных средств [1].

Известно [1], что комплексы программ характеризуются конкретными функциональными показателями качества, в роли которых выступают такие показатели, как время наработки на отказ, вероятность ошибки, число маршрутов в программе и т. д. Следовательно, если задачу оптимального проектирования программных средств можно свести к задаче нахождения глобального максимума или минимума функции многих переменных и таким образом сформулировать критерий эффективности, то с другой стороны, приходится сталкиваться с проблемой, связанной с трудностями решения оптимизационной задачи.

В настоящей статье изложен метод решения задачи оптимального проектирования программных средств, основанный на методе сплайн-аппроксимации. Преимущество сплайнов по сравнению с многочленами и рациональными дробями состоит в том, что последние обладают рядом недостатков, состоящих в определении поведения аппроксимируемой функции в целом поведением в окрестности какой-либо точки [2].

Пусть:

а) $C^{\{m_j\}}(P)$ означает совокупность функций $f(x^1, \dots, x^k)$, имеющих непрерывные частные производные на $P$, порядок дифференцирования которых по $x^j$ не превосходит $m_j$, $j = 1, \dots, k$; $P = \prod_{j=1}^{k} [a^j, b^j]$;

б) $P_{m_1}(x)$ — множество алгебраических многочленов степени не выше $m$ по $x$;

$$\text{в) } \Delta_{n_1, n_2, \dots, n_k}: \begin{cases} a^j = x_0^j < x_1^j < \dots < x_n^j = b^j, \\ u_1^j < u_2^j < \dots < u_{n_j}^j, \\ x^j < u_n^j < x_{n+1}^j; \end{cases} \tag{1}$$

г) $(y - v_j) + m = \max\{0, (y - v_j)\}^m$. (2)

Функции по

$$S_2(x^1, x^2, \ldots, x^k) = P_{0, 0, \ldots, 0}(x^1, \ldots, x^k) + \sum_{j=1}^{k} \sum_{l=1}^{nj} P_{lj}(x^j)(x^j - u_l^j)^2 +$$

$$+ \sum_{j \neq q}^{k} \sum_{l=1}^{nj} \sum_{l=1}^{nq} a_{il}^{jq}(x^j - u_i^j)^2 \cdot (x^q - u_l^q)^2, \qquad (3)$$

где $x^j \in [a^j, b^j] = [a^1, b^1] \cdot [a^2, b^2] \ldots [a^k, b^k]$, будем называть интерполяционным сплайном.

Пусть заданы функции эффективности и ограничений

$$\varepsilon(x^1, \ldots, x^k) \to \min, \qquad (4)$$

$$g_\xi(x^1, \ldots, x^k) \leqslant b_\xi, \qquad \xi = 1, \ldots, \nu. \qquad (5)$$

Представим функцию $\varepsilon(x^1, \ldots, x^k)$ и функции $g_\xi(x^1, \ldots, x^k)$ следующим образом

$$\Phi_2(x^1, \ldots, x^k) = \Phi_{0, 0, \ldots, 0}(x^1, \ldots, x^k) + \sum_{j \neq q}^{k} \sum_{l=1}^{nj} \sum_{l=1}^{nq} a_{il}^{jq}(x^j - u_i^j)^2 \times$$

$$\times (x^q - x_l^q)^2 + \sum_{j=1}^{k} \sum_{l=1}^{nj} P_{lj})x^j)(x^j - u_l^j)^2; \qquad (6)$$

$$C_{2\xi}(x^1, \ldots, x^k)\, C_{\xi, 0, \ldots, 0}(x^1, \ldots, x^k) + \sum_{j=1}^{k} \sum_{l=1}^{nj} P_{lj}^{\xi}(x^j)(x^j - u_l^j)^2 +$$

$$+ \sum_{j \neq q}^{k} \sum_{l=1}^{nj} \sum_{l=1}^{nq} a_{il}^{jq}(x^j - u_l^j)^2 (x^q - u_l^q)^2, \qquad (7)$$

где

$$\Phi_{0, 0, \ldots, 0}(x^1, \ldots, x^k) = \sum_{j=1}^{k} c^j x^j + \sum_{j, z=1}^{k} c^{jz} x^j x^z,$$

$$P_{lj}(x^j) = \alpha_l^j x^j + w_l^j (x^j)^2,$$

$$G_{\xi, 0, \ldots, 0}(x^1, \ldots, x^k) = \sum_{j=1}^{k} v_\xi^j x^j + \sum_{j, z=1}^{k} v_\xi^{jz} x^j x^z, \qquad (8)$$

$$P_{lj}^{\xi}(x^j) = \alpha_k^{j\xi} x^j + w_l^{j\xi}(x^j)^2.$$

Решение задачи (4), (5) будем искать при помощи функции Лагранжа

$$L(x^1, \ldots, x^k) = \sum_{j=1}^{k} c^j x^j + \sum_{j, z=1}^{k} c^{jz} x^j x^z + \sum_{j=1}^{k} \sum_{l=1}^{nj} (\alpha_l^j x^j + w_l^j (x^j)^2 (x^j - u_l^j)^2 +$$

$$+ \sum_{j=q}^{k} \sum_{l=1}^{nj} \sum_{l=1}^{nq} a_{il}^{jq}(x^j - u_i^j)^2 (x^q - u_l^q)^2 + \sum_{\xi=1}^{\nu} \sum_{j=1}^{k} \lambda_\xi v_\xi^j x^j + \sum_{\xi=1}^{\nu} \sum_{z, j=1}^{k} \lambda_\xi v^{jz} x^j x^z +$$

$$+ \sum_{j=1}^{k} \sum_{i=1}^{nj} \sum_{\xi=1}^{\nu} \lambda_\xi (\alpha_l^{j\xi} x^j + w_l^{j\xi}(x^j)^2)(x^j - u_l^j)^2 +$$

$$+ \sum_{\xi=1}^{\nu} \sum_{j \neq q}^{k} \sum_{l=1}^{nj} \sum_{l=1}^{nq} \lambda_\xi a_{il}^{jq}(x^j - u_l^j)^2 (x^q - u_l^q)^2. \qquad (9)$$

Отсюда

$$
\begin{aligned}
\frac{\partial L}{\partial x^{l}} = {} & c^{l'} + \sum_{\xi=1}^{\nu} \lambda_\xi v_\xi^{l'} + \sum_{z=1}^{k} x^{z} \left( c^{l'z} + \sum_{\xi=1}^{\nu} \lambda_\xi v^{l'z} \right) + \sum_{j=1}^{k} x^{j} \left( c^{jl'} + \sum_{\xi=1}^{\nu} \lambda_\xi v^{jl'} \right) + \\
& + \sum_{j=1}^{k} \sum_{l=1}^{nj} (x^{j} - u_l^{j})^2 \left[ \sum_{\xi=1}^{\nu} \lambda_\xi (\alpha_l^{l'\xi} + 2w_l^{l'\xi} x^{l'}) + (\alpha_l^{l'} + 2w_l^{l'} x^{l'}) \right] + \\
& + \sum_{j=1}^{k} \sum_{l=1}^{nj} 2 (x^{l'} - u_l^{l'}) \left[ (\alpha_l^{j} x^{j} + w_l^{j} (x^{j})^2) + \sum_{\xi=1}^{\nu} \lambda_\xi (\alpha_l^{j\xi} x^{j} + w_l^{j\xi} (x^{j})^2) \right] + \\
& + \left( 1 + \sum_{\xi=1}^{\nu} \lambda_\xi \right) \left[ 2 \sum_{l=1}^{nl} \sum_{q=1}^{k} \sum_{l=1}^{nq} (x^{l'} - u_l^{l'}) (x^{q} - u_l^{q})^2 + \right. \\
& \left. + 2 \sum_{j=1}^{k} \sum_{l=1}^{nj} \sum_{l=1}^{nl'} (x^{j} - u_l^{j})^2 (x^{l'} - u_l^{l'}) \right]. \qquad (10)
\end{aligned}
$$

Приравнивая к нулю производную

$$
\frac{\partial L}{\partial x^{l'}} = 0, \qquad l' = 1, \ldots, k, \qquad (11)
$$

получим систему нелинейных уравнений относительно переменных $x^{l}$, $l = 1, \ldots, k$.

Применение метода [3] позволяет решить систему (II).

Алгоритм решения задачи (4), (5) на основе решения системы (II) реализован на ПЭВМ IBM PC AT..

### ЛИТЕРАТУРА


1. *Липаев В. В.* Качество программного обеспечения.—М:. Финансы и статистика, 1983.—263 с.
2. *Субботин Ю. Н.* Сплайны в вычислительной математике.—М:. Наука, 1976.—248 с.
3. *Карманов В. Г.*—М.: Наука, 1980.—256 с.


ГИУА

20. IV. 1992