

ПРИМЕНЕНИЕ СИМПЛЕКС-МЕТОДА И МЕТОДА ИСКУССТВЕННОГО БАЗИСА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ БОРТОВОГО ПРИБОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Рассматривается применение методов оптимизации проектных решений (симплекс-метод и метод искусственного базиса) в приборостроении. Приводятся примеры их использования при проектировании бортового приборного оборудования.

Введение

Методы оптимизации применяются в различных областях науки и техники, в том числе в авиационном приборостроении. Оптимизация является одной из важнейших процедур при проектировании. Под оптимизацией будем понимать процесс получения наиболее удачного расположения органов управления проектируемого прибора относительно друг друга по заданному критерию. Критерий исходит из требований стандартов (ГОСТ, ОСТ и др.), технологичности изготовления изделия, требований технического задания.

Лицевая панель бортового приборного оборудования состоит из множества функциональных элементов, которые находятся в непосредственной близости друг от друга. Имеются элементы, с которыми взаимодействует человек (индикационный экран, функциональные кнопки и др.), такие элементы входят в состав информационно-управляющего поля кабины пилота. Они должны быть расположены рационально, должно обеспечиваться удобство сборки прибора на заводе-изготовителе и удобство его эксплуатации.

Для определения параметров конструирования органов управления лицевой панели информационно-управляющего поля кабины пилота летательного аппарата необходимо решить общую оптимизационную задачу проектирования $\text{extr} \{f(x_1, x_2 \dots x_n)\}$, где $x_1, x_2 \dots x_n$ – параметры проектируемого устройства; n – количество этих параметров. Общая задача проектирования решается в два этапа. На первом этапе определяются внешние параметры (габариты) устройства, на втором определяются внутренние параметры (расстояния между функциональными элементами устройства). Первый этап разрешается симплекс-методом, второй этап – методом искусственного базиса. Целевая функция проектирования первого этапа, описывающая внешний параметр проектируемого устройства, имеет вид

где $x_1, x_2 \dots x_n$ – параметры расстояния между функциональными элементами проектируемого прибора в горизонтальной плоскости; C_x – сумма горизонтальных размеров всех функциональных элементов лицевой панели; $c_1, c_2 \dots c_n$ – весовые коэффициенты целевой функции проектирования; $a_{11}, a_{12} \dots a_{mn}$ – коэффициенты системы ограничений; $b_1, b_2 \dots b_m$ – свободные члены системы ограничений; m – количество неравенств в системе. Параметры a, b, c выбираются с использованием экспертных оценок [1].

Целевая функция проектирования второго этапа имеет вид

124

6. Для генерации кортежа проектных решений определяется разрешающая строка по правилу $\min(b_i / a_{ir}), a_{ir} \geq 0, i = 1, 2, \dots, m$. (9)

Минимум (9) достигается при $i = p$, где p – номер разрешающей строки.

1. для элементов разрешающей строки используются зависимости

где a'_{pj} , b'_p – новые значения пересчитываемых элементов; a_{pj} , b_p – старые значения пересчитываемых элементов; a_{pr} – значение разрешающего элемента;

$$a_{pr} = 0, c_r = 0, i = 1, 2, \dots, m, \text{ кроме } i = p; \quad (11)$$
$$a'_{ij} = a_{ij} - \frac{a_{ir}a_{pj}}{a_{pr}}, \quad b'_i = b_i - \frac{a_{ir}b_p}{a_{pr}}, \quad c'_j = c_j - \frac{a_{pj}c_r}{a_{pr}},$$

где a'_{ij}, b'_i, c'_j, L' – новые значения пересчитываемых элементов; a_{ij}, b_i, c_j, L – старые значения пересчитываемых элементов.

Применение метода искусственного базиса для определения внутренних параметров проектируемого устройства

1. Система уравнений (2) приводится к расширенной канонической форме:

$$x_j \geq 0, j=1, 2, \dots, n; y_h \geq 0, h=1, 2, \dots, k; s_i \geq 0, b_i \geq 0, l_i \geq 0, i=1, 2, \dots, m+t;$$

Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики,
2013. № 1 (83)

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j=1}^n a_{ij}x_j \geq b_i \Rightarrow \sum_{j=1}^n a_{ij}x_j - s_i + l_i = b_i, \quad (i=1,2,\dots,m), \\ \sum_{h=1}^k a_{ih}y_h \geq b_i \Rightarrow \sum_{h=1}^k a_{ih}y_h - s_i + l_i = b_i, \quad (i=m+1,m+2,\dots,m+t), \\ \sum_{j=1}^n a_{ij}x_j = b_i \Rightarrow \sum_{j=1}^n a_{ij}x_j + l_i = b_i, \quad (i=1,2,\dots,m), \\ \sum_{h=1}^k a_{ih}y_h = b_i \Rightarrow \sum_{h=1}^k a_{ih}y_h + l_i = b_i, \quad (i=m+1,m+2,\dots,m+t), \\ f = \sum_{j=1}^n c_j x_j + \sum_{j=n+1, h=1}^{n+k, k} c_j y_h + C_x + C_y \rightarrow \max \Rightarrow \\ f = \sum_{j=1}^n c_j x_j + \sum_{j=n+1, h=1}^{n+k, k} c_j y_h + C_x + C_y - \sum_{i=1}^{m+t} M s_i \rightarrow \max, \end{array} \right. \quad (14)$$

где $M \gg 1$; l – вспомогательные переменные.

2. Составляется симплекс-таблица. Правила составления симплекс-таблицы аналогичны (5), за исключением дополнительно вводимой $(m+2)$ -ой строки. Правила заполнения $(m+2)$ -ой строки симплекс-таблицы имеют вид

$$\left\{ \begin{array}{l} z_{ij} = d_j, \quad i = m+t+2, \quad j = 1, 2, \dots, n+m, \\ z_{ij} = G, \quad i = m+t+2, \quad j = n+m+1, \end{array} \right. \quad (15)$$

где $d_j = \sum_{v=1}^{m+t} a_{vj}$, $j = 1, 2, \dots, n+m$ – сумма коэффициентов системы ограничений, содержащих искус-

ственные переменные; $G = -\sum_{v=1}^{m+t} b_v$ – сумма всех свободных членов системы ограничений, содер-

жащих искусственные переменные, взятая с обратным знаком.

3. Условия оптимальности проектного решения определяются по критериям

$$\forall d_j \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n+m, \quad (16)$$

$$\forall -c_j \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n+m. \quad (17)$$

4. Переменная, вводимая в базис (разрешающий столбец симплекс-таблицы) определяется как

$$\max(|d_j|), \quad j = 1, 2, \dots, n+m. \quad (18)$$

Значение (18) достигается при $j = r$, где r – номер разрешающего столбца.

5. Достаточное условие получения проектного решения при условии выполнения критериев (16) и (17) имеет вид

$$\exists a_{ir} \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, m+t. \quad (19)$$

6. Для генерации кортежа проектных решений определяется переменная, исключаемая из базиса (разрешающая строка симплекс-таблицы):

$$\min(b_i / a_{ir}), \quad a_{ir} \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, m+t. \quad (20)$$

Минимум (20) достигается при $i = p$, где p – номер разрешающей строки.

7. Переменная, вводимая в базис (разрешающий столбец симплекс-таблицы), определяется как

$$\max(|-c_j|), \quad j = 1, 2, \dots, n+m. \quad (21)$$

Значение (21) достигается при $j = r$, где r – номер разрешающего столбца.

8. Достаточное условие получения проектного решения при условии выполнения критериев (4) и (5) имеет вид

$$\exists a_{ir} \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, m+t. \quad (22)$$

9. Для генерации кортежа проектных решений определяется переменная, исключаемая из базиса (разрешающая строка симплекс-таблицы):

$$\min(b_i / a_{ir}), \quad a_{ir} \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, m+t. \quad (23)$$

Минимум (23) достигается при $i = p$, где p – номер разрешающей строки.

$$d'_j = d_j - \frac{a_{pj}d_r}{a_{pr}}, \quad G' = G - \frac{c_r b_p}{a_{pr}}, \quad j = 1, 2, \dots, n+m, \quad (24)$$

где d'_j, G' – новые значения пересчитываемых элементов; d_j, G – старые значения пересчитываемых элементов. Блок-схема алгоритма определения параметров y_1, y_2, \dots, y_k проектируемого устройства методом искусственного базиса приведен на рис. 1, б.

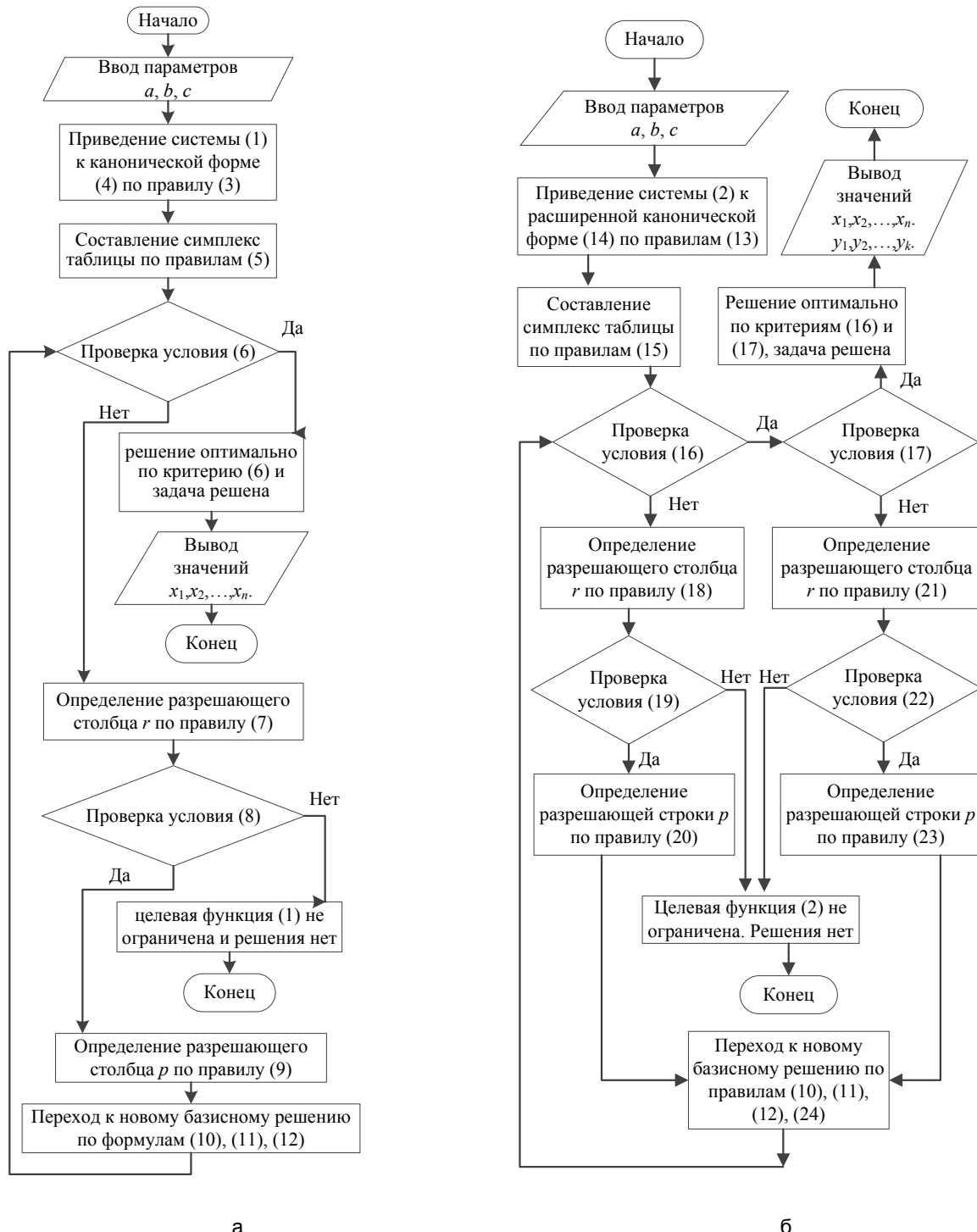


Рис. 1. Блок-схема алгоритмов для задачи проектирования бортового приборного оборудования: симплекс-метода (а); метода искусственного базиса (б)

10. Переход к новому базисному решению (пересчет элементов симплекс-таблицы) осуществляется последовательно по правилам (10)–(12) и по правилу:

$$d'_j = d_j - \frac{a_{pj}d_r}{a_{pr}}, \quad G' = G - \frac{c_r b_p}{a_{pr}}, \quad j = 1, 2, \dots, n + m, \quad (24)$$

где d'_j, G' – новые значения пересчитываемых элементов; d_j, G – старые значения пересчитываемых элементов. Блок-схема алгоритма определения параметров y_1, y_2, \dots, y_k проектируемого устройства методом искусственного базиса приведен на рис. 1, б.

Заключение

Симплекс-метод и метод искусственного базиса были применены на практике в ФГУП «СПб ОКБ «Электроавтоматика» им П.А. Ефимова» в процессе проектирования бортового пульта управления и индикации, входящего в состав информационно-управляющего поля кабины пилота летательного аппарата. В результате решения системы уравнений (1) симплекс-методом и системы уравнений (2) методом искусственного базиса определены значения рабочих параметров проектирования прибора (рис. 2): $x_1=5$ мм; $x_2=4$ мм; $y_1=8$ мм; $y_2=14$ мм; $y_3=12$ мм.

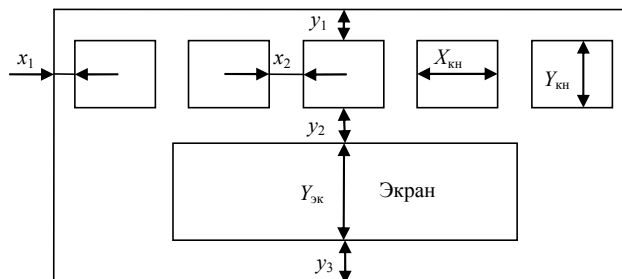


Рис. 2. Фрагмент лицевой панели пульта управления и индикации информационно-управляющего поля кабины пилота ($X_{кн}$ – горизонтальный размер кнопки; $Y_{кн}$ – вертикальный размер кнопки; $Y_{эк}$ – вертикальный размер экрана)

Проанализировав приведенные методы оптимизации и результаты расчетов на их основе, можно сказать, что они применяются при различных вариантах граничных условиях. Симплекс-метод применяется, когда в условиях проектной задачи в системе уравнений (1) содержится только отношение предпочтения вида « \leq ». Метод искусственного базиса используется, когда в условиях системы уравнений (2) присутствуют отношения предпочтения « \geq » и « $=$ » между левой и правой частями уравнений.

Литература

1. Гатчин Ю.А., Жаринов И.О. Основы проектирования вычислительных систем интегрированной модульной авионики: монография. – М.: Машиностроение, 2010. – 224 с.
2. Экономико-математические методы. Линейное программирование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://emm.ostu.ru/lect/lect2_2.html, свободный. Яз. рус. (дата обращения 14.05.2012).
3. Акулич И.Л. Математическое программирование в примерах и задачах. – М.: Высшая школа, 1986. – 319 с.
4. Ермаков В.И. Общий курс высшей математики для экономистов. – М.: ИНФРА-М, 2007. – 656 с.

Дейко Михаил Сергеевич – Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, магистрант, MadCat_MKPI@mail.ru
Жаринов Игорь Олегович – ФГУП «СПб ОКБ «Электроавтоматика» имени П.А. Ефимова», доктор технических наук, доцент, руководитель учебно-научного центра, igor_rabota@pisem.net

УДК 004.78

АНАЛИЗ МЕТОДИК ПРОЕКТИРОВАНИЯ БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНО-АКТУАТОРНЫХ СЕТЕЙ

Д.А. Киров, А.А. Ожиганов

Рассмотрены существующие методики проектирования информационно-управляющих систем. С учетом специфики беспроводных сенсорно-актуаторных сетей выделены и проанализированы аспектный, актор-ориентированный и платформу-ориентированный подходы, в общем виде описаны процессы проектирования исследуемых систем на их основе. Предложен ряд направлений к улучшению данных методик применительно к беспроводным сенсорно-актуаторным сетям, произведен анализ перспектив.

Ключевые слова: беспроводные сенсорно-актуаторные сети, встроенные интеллектуальные системы, аспектное проектирование, акторное проектирование, платформу-ориентированное проектирование, WSN, WSNAN.

Введение

Технология миниатюрных интеллектуальных сетей датчиков, известная как беспроводные сенсорные сети (БСС; Wireless Sensor Network – WSN), в настоящее время является уже довольно известной как