

БАЗОВЫЕ ПАРАМЕТРЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК НАБОРОВ КОНЦЕВЫХ МЕР

Рассматриваются вопросы оптимизации параметров наборов плоскопараллельных концевых мер на основе методики объединения исследуемых параметров по факторам и нахождения по результатам объединений в каждом факторе базовых параметров наборов. По базовым параметрам строятся модели для нахождения основных характеристик наборов концевых мер.

Ключевые слова: факторная нагрузка, объединение по фактору, базовый, параметр-аргумент, вклад, минимизация, регрессия.

Вопросы проектирования универсальных наборов концевых мер освещаются в работах [1...9]. В данной статье представлен один из подходов к решению вопроса оптимизации наборов, позволяющий ограничить количество исходных данных при проектировании наборов с использованием базовых параметров.

Для определения базовых параметров строится матрица исследования со следующими параметрами-столбиками: 1 – общее число мер в исходном наборе; 2 – количество мер в первой группе; 3 – количество мер во второй

группе; 4 – количество мер в третьей группе; 5 – количество мер в четвертой группе; 6 – последний размер в исходном наборе; 7 – сумма размеров в исходном наборе; 8 – количество составленных размеров; 9 – критерий оптимизации; 10 – минимальный составленный размер; 11 – максимальный составленный размер; 12 – минимальный размер в первой группе; 13 – максимальный размер в первой группе; 14 – шаг между размерами в первой группе; 15 – минимальный размер во второй группе; 16 – максимальный размер во второй группе;

Таблица 1. Значения параметров наборов общие

Н-общее количество мер, количество мер в группах n1, n2, n3, n4	Последний размер в исходном наборе, мм	Сумма размеров мер в исходном наборе, мм	Количество составленных размеров	Критерий оптимизации	Границы составленных размеров, мм
30 10, 9, 6, 5	24.49	109.91	9898	4524.28	1.005-50.49
40 13, 11, 10, 6	67.625	333.36	27152	11083.6	1.005-136.76
45 15, 13, 11, 6	98.215	486.735	39388	15938.2	1.005-197.94
46 16, 13, 11, 6	104.82	518.65	42030	17025.9	1.005-211.15
47 17, 13, 11, 6	111.425	550.57	44673	18204.5	1-224.36
48 17, 14, 11, 6	118.99	587.695	47699	19437.7	1-239.49
50 17, 14, 12, 7	147.06	788.89	58927	22082.4	1-295.63
55 17, 17, 14, 7	200.71	1098.095	80387	29496.8	1-402.93
60 20, 17, 15, 8	283.3	1670.21	113422	38387.7	1.005-568.11
65 22, 19, 16, 8	365.685	2172.9	146376	49123.1	1.005-732.88
70 23, 21, 18, 8	466.535	2820.115	186716	61569.4	1.005-934.58
80 27, 24, 20, 9	759.67	4958.195	303970	92774.2	1.005-1520.85
90 30, 27, 23, 10	1180.61	8334.985	472346	133230.4	1.005-2362.73

17 – шаг между размерами во второй группе;
 18 – минимальный размер в третьей группе;
 19 – максимальный размер в третьей группе;
 20 – шаг между размерами в третьей группе;
 21 – минимальный размер в четвертой группе;
 22 – максимальный размер в четвертой группе;
 23 – шаг между размерами в четвертой группе.

Строчками-наблюдениями в матрице исследования являются значения параметров, представленных в табл. 1 и 2.

На построенной матрице исследования был проведен факторный анализ (результаты факторного анализа представлены в табл. 3–5).

Как видно, базовым параметром в факторе 1 по наибольшей нагрузке является параметр 20 – шаг между размерами мер в третьей группе, а базовым параметром в факторе 2 является параметр 10 – минимальный составленный размер.

Согласно факторному анализу любой параметр, объединившийся в факторе, может быть определен по регрессионной модели, параметрами-аргументами в которой будут все остальные параметры, попавшие в фактор.

Поскольку первый фактор имеет самую большую сумму квадратов факторных нагрузок, то все рассмотрение будет для параметров, попавших в первый фактор.

Самую большую факторную нагрузку в первом факторе имеет параметр 20-шаг между размерами в третьей группе. Этот параметр является базовым для первого фактора.

Несколько меньшие факторные нагрузки имеют параметры: 1-общее число мер в исходном наборе; 16-максимальный размер во второй группе; 18-минимальный размер в третьей группе. Поэтому в качестве параметров-аргументов в регрессионных моделях были взяты четыре параметра: 1-общее число мер в исходном наборе; 16-максимальный размер во второй группе; 18-минимальный размер в третьей группе; 20-шаг между размерами в третьей группе.

Рассмотрим результаты регрессионного анализа для основных характеристик наборов конечных мер:

– модель для количества мер в первой группе
 $y_2 = +(0.92737484358452e-11)*(x_1) +$
 $(0.94224350694452e2)*(x_{16}) +$
 $+(-0.14711217534385e3)*(x_{18}) +$

Таблица 2. Значения параметров наборов по группам мер

Н-общее количество мер, количество мер в группах n1, n2, n3, n4	Группа-1 Начальный размер, конечный размер, шаг в группе	Группа-2 Начальный размер, конечный размер, шаг в группе	Группа-3 Начальный размер, конечный размер, шаг в группе	Группа-4 Начальный размер, конечный размер, шаг в группе
30 10, 9, 6, 5	0.5, 0.545, 0.005	0.59, 0.99, 0.05	1.475, 4.15, 0.535	7.79, 24.49, 4.175
40 13, 11, 10, 6	0.5, 0.56, 0.005	0.62, 1.27, 0.065	2.035, 9.505, 0.83	18.5, 67.625, 9.825
45 15, 13, 11, 6	0.5, 0.57, 0.005	0.64, 1.54, 0.075	2.575, 13.675, 1.11	26.84, 98.215, 14.275
46 16, 13, 11, 6	0.5, 0.575, 0.005	0.65, 1.61, 0.08	2.715, 14.565, 1.185	28.62, 104.82, 15.24
47 17, 13, 11, 6	0.5, 0.58, 0.005	0.66, 1.68, 0.085	2.855, 15.455, 1.26	30.4, 111.425, 16.205
48 17, 14, 11, 6	0.5, 0.58, 0.005	0.66, 1.765, 0.085	3.025, 16.475, 1.345	32.44, 118.99, 17.31
50 17, 14, 12, 7	0.5, 0.58, 0.005	0.66, 1.765, 0.085	3.025, 17.82, 1.345	35.13, 147.06, 18.655
55 17, 17, 14, 7	0.5, 0.58, 0.005	0.66, 2.02, 0.085	3.535, 24.335, 1.6	48.16, 200.71, 25.425
60 20, 17, 15, 8	0.5, 0.595, 0.005	0.69, 2.29, 0.1	4.075, 30.465, 1.885	60.42, 283.3, 31.84
65 22, 19, 16, 8	0.5, 0.605, 0.005	0.71, 2.69, 0.11	4.875, 39.3, 2.295	78.09, 365.685, 41.085
70 23, 21, 18, 8	0.5, 0.61, 0.005	0.72, 3.02, 0.115	5.535, 50.245, 2.63	99.98, 466.535, 52.365
80 27, 24, 20, 9	0.5, 0.63, 0.005	0.76, 3.865, 0.135	7.225, 73.63, 3.495	146.75, 759.67, 76.615
90 30, 27, 23, 10	0.5, 0.645, 0.005	0.79, 4.69, 0.15	8.875, 104.245, 4.335	207.98, 1180.61, 108.07

$$+(0.1999999999327e3)*(x20)+ \\ +(0.26708351448005e2) \quad (1)$$

Средняя абсолютная ошибка аппроксимации по модели (1) составила 0.000000000017.

– модель для количества мер во второй группе

$$y3=+(-0.17654813042124e-4)*(x1)^3+ \\ +(0.27949996787421e-2)*(x1)^2+ \\ +(-0.14400472132136e0)*(x1)+ \\ +(-0.65103613075989e1)*(x16)^3+ \\ +(0.17639182913203e1)*(x16)^2+ \\ +(0.97105388299858e2)*(x16)+ \\ +(-0.79733703647779e0)*(x18)^3+ \\ +(0.21558444049030e2)*(x18)^2+ \\ +(-0.32267889112508e2)*(x18)+ \\ +(0.12301171548846e2)*(x20)^3+ \\ +(-0.74908203843835e2)*(x20)^2+ \\ +(-0.48416769821731e2)*(x20)+ \\ +(-0.31553826827588e2) \quad (2)$$

Средняя абсолютная ошибка аппроксимации по модели (2) составила 0.0043599421.

– модель для количества мер в третьей группе

$$y4=+(0.15915328290070e-3)*(x1)^3+ \\ +(-0.12139654498924e-1)*(x1)^2+ \\ +(0.59298424249233e0)*(x1)+ \\ +(-0.30276083417902e2)*(x16)^3+ \\ +(-0.13831182059994e3)*(x16)^2+ \\ +(0.36851799902274e3)*(x16)+ \\ +(-0.38485878899021e1)*(x18)^3+ \\ +(0.12598541002300e3)*(x18)^2+ \\ +(-0.42703324177599e3)*(x18)+ \\ +(0.56559442725247e2)*(x20)^3+ \\ +(-0.29226471152314e3)*(x20)^2+ \\ +(0.41764795538570e3)*(x20)+ \\ +(0.14627323084096e2) \quad (3)$$

Средняя абсолютная ошибка аппроксимации по модели (3) составила 0.030136389.

– модель для количества мер в четвертой группе

$$y5=+(-0.14149847546144e-3)*(x1)^3+ \\ +(0.93446558172752e-2)*(x1)^2+$$

Таблица 3. Сумма квадратов нагрузок по факторам

Номера факторов	Сумма квадратов нагрузок
1	19.065
2	1.482

Таблица 4. Объединение параметров по фактору 1

Номер параметра	Название параметра	Нагрузка
1	1-общее число мер в исходном наборе	0.9902
2	2-количество мер в первой группе	0.9870
3	3-количество мер во второй группе	0.9870
4	4-количество мер в третьей группе	0.9747
5	5-количество мер в четвертой группе	0.9456
6	6-последний размер в исходном наборе	0.9630
7	7-сумма размеров в исходном наборе	0.9516
8	8-количество составленных размеров	0.9630
9	9-критерий оптимизации	0.9742
11	11-максимальный составленный размер	0.9630
13	13-максимальный размер в первой группе	0.9870
15	15-минимальный размер во второй группе	0.9870
16	16-максимальный размер во второй группе	0.9907
17	17-шаг между размерами во второй группе	0.9870
18	18-минимальный размер в третьей группе	0.9907
19	19-максимальный размер в третьей группе	0.9747
20	20-шаг между размерами в третьей группе	0.9912
21	21-минимальный размер в четвёртой группе	0.9747
22	22-максимальный размер в четвёртой группе	0.9630
23	23-шаг между размерами в четвёртой группе	0.9756

$$\begin{aligned}
&+(0.55102042280476e0)*(x1)+ &+(0.54060002804192e3)*(x18)+ \\
&+(0.36586243050877e2)*(x16)^3+ &+(-0.68860612634837e2)*(x20)^3+ \\
&+(0.16487652075044e3)*(x16)^2+ &+(0.36717290683946e3)*(x20)^2+ \\
&+(-0.44248885997737e3)*(x16)+ &+(-0.56923117128772e3)*(x20)+ \\
&+(0.46709499169155e1)*(x18)^3+ &+(-0.41217863633687e2) \\
&+(-0.15458809300429e3)*(x18)^2 &
\end{aligned} \tag{4}$$

Таблица 5. Объединение параметров по фактору 2

Номер параметра	Название параметра	Нагрузка
10	10-минимальный составленный размер	0.9758

Таблица 6. Вклады параметров-аргументов в модели (1)

Номер	Название параметра	Вклад
1	1-общее число мер в исходном наборе	0.00000
16	16-максимальный размер во второй группе	0.18427
18	18-минимальный размер в третьей группе	0.50425
20	20-шаг между размерами в третьей группе	0.31148

Таблица 7. Вклады параметров-аргументов в модели (2)

Номер	Название параметра	Вклад
1	1-общее число мер в исходном наборе	0.01550
16	16-максимальный размер во второй группе	0.23448
18	18-минимальный размер в третьей группе	0.40837
20	20-шаг между размерами в третьей группе	0.34164

Таблица 8. Вклады параметров-аргументов в модели (3)

Номер	Название параметра	Вклад
1	1-общее число мер в исходном наборе	0.01245
16	16-максимальный размер во второй группе	0.23289
18	18-минимальный размер в третьей группе	0.48449
20	20-шаг между размерами в третьей группе	0.27018

Таблица 9. Вклады параметров-аргументов в модели (4)

Номер	Название параметра	Вклад
1	1-общее число мер в исходном наборе	0.00862
16	16-максимальный размер во второй группе	0.22554
18	18-минимальный размер в третьей группе	0.48594
20	20-шаг между размерами в третьей группе	0.27990

Таблица 10. Вклады параметров-аргументов в модели (5)

Номер	Название параметра	Вклад
1	1-общее число мер в исходном наборе	0.03324
16	16-максимальный размер во второй группе	0.09162
18	18-минимальный размер в третьей группе	0.49674
20	20-шаг между размерами в третьей группе	0.37840

Таблица 11. Вклады параметров-аргументов в модели (6)

Номер	Название параметра	Вклад
1	1-общее число мер в исходном наборе	0.05659
16	16-максимальный размер во второй группе	0.25751
18	18-минимальный размер в третьей группе	0.43843
20	20-шаг между размерами в третьей группе	0.24747

Средняя абсолютная ошибка аппроксимации по модели (4) составила 0.03315382311.

– модель для количества составленных размеров

$$y_8 = + (0.11459487560697e-2) * (x_1)^3 + (-0.57841149777965e-1) * (x_1)^2 + (0.29688190534970e1) * (x_1) + (0.85722926110729e2) * (x_1)^3 + (0.79532188380033e2) * (x_1)^2 + (-0.39395537048852e1) * (x_1) + (-0.10733591844772e1) * (x_1)^3 + (-0.26996874584539e3) * (x_1)^2 + (0.10573937298800e4) * (x_1) + (-0.67840253897876e2) * (x_2)^3 + (0.82347494343476e3) * (x_2)^2 + (-0.17458311511245e4) * (x_2) + (-0.47543590289261e3) \quad (5)$$

Средняя абсолютная ошибка аппроксимации по модели (5) составила 0.06483646.

– модель для критерия оптимизации

$$y_9 = + (0.10394752404576e-3) * (x_1)^3 + (0.77378216630527e-2) * (x_1)^2 + (-0.20601960662771e0) * (x_1) + (0.52249435526166e1) * (x_1)^3 + (0.15894401449410e2) * (x_1)^2 + (-0.47469216537840e2) * (x_1) + (0.51086778889084e0) * (x_1)^3 + (-0.14279350286012e2) * (x_1)^2 + (0.42171897793867e2) * (x_1)$$

$$+ (-0.86937014075133e1) * (x_2)^3 + (0.31706194920673e2) * (x_2)^2 + (-0.35134171811930e2) * (x_2) + (0.55545899730880e1) \quad (6)$$

Средняя абсолютная ошибка аппроксимации по модели (6) составила 0.012316904.

Во всех моделях зависимые переменные больше всего обусловлены параметром 18 – минимальный размер в третьей группе, потому что вклад этого параметра максимальный.

По результатам факторного анализа параметр 20 – шаг между размерами в третьей группе является базовым.

По значениям вкладов в регрессионных моделях параметр 20 – шаг между размерами в третьей группе уступает параметру 18 – минимальный размер в третьей группе.

Как известно, количественная обусловленность, определяемая вкладами параметров-аргументов, является определяющей.

Поэтому во всех представленных моделях приоритетным является параметр-аргумент 18 – минимальный размер в третьей группе.

Все модели дают хорошую аппроксимацию рассматриваемых параметров.

Таким образом, используя базовые параметры, можно существенно уменьшить количество задаваемых параметров для определения характеристик наборов конечных мер.

11.02.2013

Список литературы:

1. Чепасов В.И., Харченко Д.А. Минимизация количества параметров исследования: научно-методическое пособие. Оренбург, ОГУ, 2004. 226 с.
2. Муллабаев А.А., Фот А.П. Оптимизация наборов конечных мер // Вестник ОГУ. 2005. №4. С. 156-158.
3. Муллабаев А.А., Фот А.П., Павлов С.И. Об использовании математического моделирования в некоторых задачах машиностроения // Вестник ОГУ. 2006. №2. С.75-82.
4. Чепасов В.И., Муллабаев А.А., Фот А.П. Программный комплекс по построению и оптимизации массива калиброванных размеров : монография. Руссервис. 2010. 448 с.
5. Чепасов В.И., Муллабаев А.А., Фот А.П. Генерация калиброванных размеров исходного набора // Вестник ОГУ. 2010. № 1. С.154-151.
6. Чепасов В.И., Муллабаев А.А., Фот А.П. Оптимизация количества калиброванных размеров // Вестник ОГУ. 2010. № 2. С.168-171.
7. Чепасов В.И., Муллабаев А.А., Фот А.П. Генерация калиброванных размеров с использованием регрессионных ограничений // Вестник ОГУ. 2011. № 4. С.179-185.
8. Фот, А.П., Чепасов В.И. О способах оптимизации наборов плоскопараллельных конечных мер // Законодательная и прикладная метрология. 2012. № 5. Т. 120. С. 25-30.
9. Фот, А.П., Чепасов В.И., Муллабаев А.А. Проектирование наборов плоскопараллельных конечных мер с учётом комплексного критерия оптимизации // Интеллектуальные системы в производстве. 2012. №1. С.138-145.

Сведения об авторах:

Чепасов Валерий Иванович, заведующий кафедрой информационных систем и технологий Оренбургского государственного университета, доктор технических наук, профессор

Фот Андрей Петрович, главный ученый секретарь

Оренбургского государственного университета, доктор технических наук, профессор **Бикмухаметова Айнара Алдамжаровна**, магистрант Оренбургского государственного университета

Сологуб Лилия Фаргатовна, магистрант Оренбургского государственного университета
460018, г. Оренбург, пр-т Победы, 13, ауд. 14322, д.а. (3532) 372553, e-mail: ist@unpk.osu.ru