

ГЕНЕРАЦИЯ КАЛИБРОВАННЫХ РАЗМЕРОВ ИСХОДНОГО НАБОРА

Рассматривается методика генерации исходного массива калиброванных размеров для получения выходного массива калиброванных размеров с оптимальными характеристиками. В качестве параметров-аргументов целевой функции используются базовые параметры, найденные факторным анализом.

Ключевые слова: оптимизация, генерация, регрессия.

Для генерации были использованы наборы с рядом исходных размеров (табл. 1).

Для каждого из наборов исходных размеров были определены наборы выходных размеров, которые определялись суммами-сочетаниями исходных размеров по два, по три, по четыре, по пять без повторов, включая исходные размеры.

На построенных массивах выходных размеров определялся шаг между размерами, начальный и конечный размер участка массива, для которого количество размеров между начальным и конечным размером с найденным шагом между размерами было максимальным (табл. 2).

Таблица 1. Исходные размеры

№ набора	№ группы	Количество размеров	Шаг между размерами	Начальный размер	Конечный размер
1	1	31	0,001	0,500	0,530
	2	20	0,031	0,560	1,149
	3	15	0,650	1,768	10,868
	4	10	9,559	19,777	105,808
2	1	31	0,001	0,500	0,530
	2	20	0,030	0,560	1,130
	3	15	0,600	1,730	10,130
	4	10	9,000	19,130	100,13
3	1	29	0,001	0,500	0,528
	2	20	0,029	0,556	1,107
	3	20	0,608	1,686	13,238
	4	7	12,739	25,369	101,803
4	1	33	0,001	0,500	0,532
	2	22	0,033	0,564	1,257
	3	15	0,758	1,982	12,594
	4	8	12,095	23,931	108,596
5	1	31	0,001	0,500	0,530
	2	20	0,031	0,560	1,149
	3	20	0,650	1,768	14,118
	4	7	13,428	26,896	107,464
6	1	33	0,001	0,500	0,532
	2	22	0,033	0,564	1,257
	3	15	0,758	1,982	12,594
	4	9	12,095	23,931	120,691
7	1	35	0,001	0,500	0,534
	2	21	0,035	0,568	1,268
	3	15	0,769	2,002	12,768
	4	9	12,269	24,268	122,42
8	1	31	0,001	0,500	0,530
	2	19	0,031	0,560	1,118
	3	12	0,619	1,706	8,515
	4	8	9,135	17,031	80,976
9	1	28	0,001	0,500	0,527
	2	19	0,028	0,554	1,058
	3	14	0,559	1,589	8,856
	4	9	8,357	16,654	83,510

По данным в таблицах 1 и 2 была построена матрица исследования со следующими параметрами-столбиками:

- (1. Общее количество исходных мер)
- (2. Количество мер в первой группе)
- (3. Шаг в первой группе)
- (4. Начальный размер в первой группе)
- (5. Конечный размер в первой группе)
- (6. Количество мер во второй группе)
- (7. Шаг во второй группе)
- (8. Начальный размер во второй группе)
- (9. Конечный размер во второй группе)
- (10. Количество мер в третьей группе)
- (11. Шаг в третьей группе)
- (12. Начальный размер в третьей группе)
- (13. Конечный размер в третьей группе)
- (14. Количество мер в четвертой группе)
- (15. Шаг в четвертой группе)
- (16. Начальный размер в четвертой группе)
- (17. Конечный размер в четвертой группе)
- (18. Количество размеров выходного массива)
- (19. Отношение (количество размеров выходного массива / количество мер набора)
- (20. Конечный размер в массиве размеров выходного массива)

Строчками-наблюдениями в матрице исследования были значения параметров исследования из таблиц 1 и 2.

Для определения параметров-аргументов в моделях оптимизации на матрице исследования был проведен факторный анализ и определены базовые параметры [1, 4–7].

Эти базовые параметры были взяты за параметры-аргументы в регрессионных моделях для определения остальных параметров исследования согласно рекомендациям [2–3].

Регрессионная модель для параметра – количество размеров выходного массива:

$$y = -0.157322066491015D+07) * (x7) ** 3 + 0.158233468489388D+06) * (x7) ** 2 - 0.512422378472464D+04) * (x7) - 0.526639541891680D+00) * (x14) ** 3 + 0.134570486066443D+02) * (x14) ** 2 - 0.113238520727059D+03) * (x14) - 0.829671370972712D-04) * (x17) ** 3 + 0.222963192421208D-01) * (x17) ** 2 + 0.587303747973709D-01) * (x17) + 0.423030622151717D+03), \quad (1)$$

где: y – количество размеров выходного массива; $x7$ – шаг во второй группе; $x14$ – количество мер в четвертой группе; $x17$ – конечный размер в четвертой группе (знаки: * – умножение; ** – возведение в степень).

Регрессионная модель (1) была использована как целевая функция для нахождения таких значений аргументов-параметров $x7$, $x14$, $x17$, при которых значение этой целевой функции, количества размеров выходного массива, было максимально.

При этом система ограничений-неравенств для параметров-аргументов определялась их нижней и верхней границами из матрицы исследования.

Результаты оптимизации количества размеров выходного массива:

- система ограничений-неравенств
 - $0.028000 \leq x7 \leq 0.035000$;
 - $7.000000 \leq x14 \leq 10.000000$;
 - $80.976000 \leq x17 \leq 122.420000$,

– максимальное значение количества выходных мер 246395 при значениях параметров-аргументов

- 7. Шаг во второй группе – 0.035000,
- 14. Количество мер в четвертой группе – 9.460000,
- 17. Конечный размер в четвертой группе – 122.420000.

Таблица 2. Выходные размеры

№ набора	Количество размеров	Шаг между размерами	Начальный размер	Конечный размер
1	213604	0,001	1,001	214,604
2	202050	0,001	1,001	203,050
3	204740	0,001	1,001	205,740
4	218480	0,001	1,001	219,480
5	216297	0,001	1,001	217,297
6	242670	0,001	1,001	243,670
7	246141	0,001	1,001	247,141
8	161980	0,001	1,001	162,980
9	168104	0,001	1,001	169,104

При найденных значениях параметров-аргументов для максимизации количества выходных размеров по соответствующим регрессионным моделям были определены значения остальных параметров (табл. 3).

Полученные после оптимизации исходные размеры были использованы для определения выходного массива размеров с максимальным количеством этих размеров (табл. 4).

Максимальное значение целевой функции – количество выходных размеров, полученное при оптимизации, равно 246395.

Расчет по полученным при оптимизации исходным размерам дал значение 238867 количества выходных размеров.

Относительная ошибка чуть более 3%.

Найденные при оптимизации количества выходных размеров значения параметров-аргументов были использованы для определения границ интервалов изменения параметров-аргументов при генерации исходных наборов мер.

При оптимизации были получены следующие значения параметров-аргументов:

7. Шаг во второй группе – 0.035000;

14. Количество мер в четвертой группе – 9.460000;

17. Конечный размер в четвертой группе – 122.420000.

Границы интервалов параметров-аргументов для генерации исходных наборов мер:

$$0.035 - 0.035/p \leq x_7 \leq 0.035 + 0.035/p;$$

$$9.46 - 9.46/p \leq x_{14} \leq 9.46 + 9.46/p;$$

$$122.42 - 122.42/p \leq x_{17} \leq 122.42 + 122.42/p.$$

Здесь параметр p используется для изменения границ интервалов параметров-аргументов при генерации.

Очевидно, что, чем больше p , тем меньше интервал изменения параметров-аргументов (то есть, значения параметров-аргументов будут ближе к значениям в оптимуме).

Шаг разбиения интервалов изменения параметров-аргументов при генерации определялся следующим образом:

$$h_7 = 2 * 0.035 / (n * p);$$

$$h_{14} = 2 * 9.460 / (n * p);$$

$$h_{17} = 2 * 122.420 / (n * p).$$

где: $n = \exp(\ln(kn)/3) - 1;$

kn – количество наборов для генерации;

n – количество отрезков разбиения интервала изменения параметра-аргумента при генерации наборов.

Значения kn лучше выбирать равными:

$$2 * 2 * 2 = 8, 3 * 3 * 3 = 27, 4 * 4 * 4 = 64,$$

$$5 * 5 * 5 = 125, 6 * 6 * 6 = 216 \text{ и т. д.}$$

Рассмотрим результаты генерации наборов исходных мер в окрестности оптимума.

Количество наборов мер для генерации $kn = 27$.

Параметр для определения интервала генерации $p = 100$.

При значениях аргументов-параметров,

шаг во второй группе $x_7 = 0.034650$,

количество мер в четвертой группе

$x_{14} = 9.365400$,

конечный размер в четвертой группе

$x_{17} = 123.644200$

будем иметь следующие модельные значения параметров:

1. Общее количество исходных мер – 79.216000;

2. Количество мер в первой группе – 35.463000;

3. Шаг в первой группе – 0.001000;

4. Начальный размер в первой группе – 0.500000;

5. Конечный размер в первой группе – 0.534000;

6. Количество мер во второй группе – 20.910000;

7. Шаг во второй группе – 0.035000;

Таблица 3. Исходные размеры после оптимизации

№ набора	№ группы	Количество размеров	Шаг между размерами	Начальный размер	Конечный размер
1	1	35	0,001	0,500	0,534
	2	20	0,035	0,567	1,232
	3	15	0,725	1,948	12,098
	4	9	11,805	24,277	118,717

Таблица 4. Выходные размеры на исходных размерах после оптимизации

№ набора	Количество размеров	Шаг между размерами	Начальный размер	Конечный размер
1	238867	0,001	1,001	239,867

Таблица 5. Сгенерированные размеры исходного набора

№ набора	№ группы	Количество размеров	Шаг между размерами	Начальный размер	Конечный размер
1	1	35	0,001	0,500	0,534
	2	20	0,035	0,567	1,232
	3	15	0,702	1,982	11,810
	4	9	11,996	25,446	121,414

8. Начальный размер во второй группе – 0.567000;

9. Конечный размер во второй группе – 1.258000;

10. Количество мер в третьей группе – 15.195000;

11. Шаг в третьей группе – 0.702000;

12. Начальный размер в третьей группе – 1.982000;

13. Конечный размер в третьей группе – 12.404000;

14. Количество мер в четвертой группе – 9.365000;

15. Шаг в четвертой группе – 11.996000;

16. Начальный размер в четвертой группе – 25.446000;

17. Конечный размер в четвертой группе – 123.644000;

18. Количество размеров выходного массива – 248500.000

Выходной набор, полученный на сгенерированных размерах исходного набора (табл. 5), имел следующие характеристики:

– оптимальное расстояние между размерами = 0.001000;

– количество элементов в массиве сочетаний = 258717;

– границы самого длинного интервала;

– номер нижней границы = 49, номер верхней границы = 243456;

– объем интервала = 243408;

– минимальный размер = 1.0010000, максимальный размер = 244.4080000;

– объем интервала, количество размеров выходного массива = 243408;

– минимальный размер = 1.0010000, максимальный размер = 244.4080000.

Модельное, теоретическое значение количества размеров выходного массива – 248500.

Тогда относительная ошибка $(248500 - 243408) * 100 / 248500 = 2,05\%$.

Найденное при оптимизации значение количества размеров выходного массива 238867 оказалось меньше значения количества размеров выходного массива 243408, которое мы получили на сгенерированных размерах исходного набора в окрестности оптимума.

Это связано с дискретным нахождением начального оптимума и может иметь место при решении данной задачи.

Таким образом, при генерации размеров мер исходного набора в окрестности найденного оптимума количества выходных размеров выходного массива мы можем получать новые наборы с большим, чем в оптимуме количеством размеров выходного массива.

Список использованной литературы:

1. Чепасов, В.И. Минимизация количества параметров исследования : монография / В.И. Чепасов, Д.А. Харченко. – Оренбург: ОГУ, 2004. – 186 с.
2. Драйпер, Н. Прикладной регрессионный анализ / Н. Драйпер, Г. Смит. - М.: Статистика, 1973. – 392 с.
3. Brandon, D.B. Developing mathematical models for computer control / D.B. Brandon // Instrument Society of America (ISA) Journal. – 1959. – V. 6. – №7. – P. 70–73.
4. Харман, Г. Современный факторный анализ / Г. Харман. – М.: Статистика, 1972. – 483 с.
5. Иберла, К. Факторный анализ / К. Иберла. – М.: Статистика, 1980. – 397 с.
6. Lawley, D. N. The estimation of factor loadings by the method of maximum likelihood : Proceedings of The Royal Society of Edinburgh / D. N. Lawley. – Edinburgh, 1940. – №60. – P. 64–82.
7. Kaiser, H. F. The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis / H. F. Kaiser // Psychometrika. – 1958. – №23. – P. 187–200.

Сведения об авторах: Чепасов Валерий Иванович, заведующий кафедрой информационных систем и технологий Оренбургского государственного университета, доктор технических наук, профессор 460018, пр-т Победы, 13, ауд. 14322, тел.: (3532) 646225, e-mail: ist@unpk.osu.ru

Муллабаев Адунис Абдуллинович профессор кафедры деталей машин и прикладной механики (ДМ и ПМ) Оренбургского государственного университета, доктор технических наук, профессор 460018, пр-т Победы, 13, ауд. 4307в, тел.: (3532) 372561

Фот Андрей Петрович главный ученый секретарь Оренбургского государственного университета доктор технических наук, профессор 460018, пр-т Победы, 13, ауд. 1601, тел.: (3532) 375989, e-mail: fot@mail.osu.ru

Chepasov V.I., Mullabaev A.A., Fot A.P. GENERATION OF INITIAL SET CALIBRATED DIMENSIONS

The paper focuses on the technique of generation of initial body with calibrated dimensions for the output of the calibrated dimension body with optimum characteristics. For the parameters being arguments of the objective function basic parameters obtained through factor analysis were used.

Key words: optimization, generation, regression.