

8

И Н С Т И Т У Т ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ СОАН С С С Р

ПРЕПРИНТ И Я Ф 28 - 73

П.Б.Лысянский, Б.М.Фомель

АЛГОРИТМ СЛУЧАЙНОГО ПОИСКА С АВТОМАТИЧЕСКОЙ ОРИЕНТАЦИЕЙ

Новосибирск

1973

П.Б.Лысянский, Б.М.Фомель

АЛГОРИТМ СЛУЧАЙНОГО ПОИСКА С АВТОМАТИЧЕСКОЙ ОРИЕНТАЦИЕЙ

А Н Н О Т А Ц И Я

Предлагается усовершенствованный алгоритм случайного поиска для задач многопараметрической оптимизации.

Введены следующие новые элементы:

- 1) автоматическое ориентирование поиска с учетом опыта каждого шага;
- 2) автоматическое увеличение шага в локальных минимумах;
- 3) "отражение от стенки" при выходе поиска за пределы заданной области параметров.

Алгоритм сопровождается стандартной фортрановской подпрограммой.

Введение

Метод случайного поиска является одним из наиболее эффективных методов многопараметрической оптимизации. Он отражает идеологию активного действия при любых обстоятельствах, которые складываются в процессе поиска оптимального решения. Критичным для метода случайного поиска является время счета на ЦВМ, поскольку на каждом шаге поиска требуется вычисление функции цели. Проведение поиска в несколько сеансов может ослабить это ограничение.

О растущем интересе к методу случайного поиска свидетельствует тот факт, что число только отечественных публикаций, относящихся к данному вопросу, превышает 350 [1]. Среди работ, использующих метод случайного поиска для приложений к физическим задачам, следует выделить статью В.В. Вечеславова и В.И. Кононова [2], в которой рассматривается оптимальная расстановка квадрупольных линз в канале транспортировки заряженных частиц.

Целью настоящей работы является, во-первых, усовершенствование алгоритма случайного поиска, а во-вторых, создание удобной для различных применений стандартной подпрограммы.

В алгоритм случайного поиска введены следующие усовершенствования:

- 1) программное изменение шага поиска, что позволяет автоматически выбираться из локальных минимумов;
- 2) накопление опыта на каждом шаге поиска и автоматическое формирование диаграммы направленности случайных векторов;
- 3) "отражение от стенки" при случайном выходе поиска за пределы заданной области параметров.

Стандартная подпрограмма поиска написана на языке Фортран и включена в библиотеку ЭВМ "Одра-1304".

1. Алгоритм

Метод случайного поиска предназначен для нахождения таких значений параметров P_1, \dots, P_N исследуемой системы, которые минимизируют заданный положительный функционал Q . N -мерное пространство параметров системы нормируется в пределах от 0 до 1. Поиск оптимальных значений параметров проводится из разных точек пространства параметров по принципу конкуренции. Координаты начальных точек конкурирующих поисков задаются как исходные данные.

Поиск начинается с того, что для каждой начальной точки в пространстве параметров вычисляется значение функционала Q . Далее запускается генератор псевдослучайных чисел [3], который последовательно вырабатывает значения компонентов векторов в пространстве параметров. Затем формируется первая серия векторов или выстрелов. Общее количество выстрелов в серии распределяется между конкурирующими поисками в зависимости от значения функционала Q в исходной точке.

Например, если число выстрелов в серии равно N , а число конкурирующих поисков - 3, то число выстрелов для одного поиска в данной серии равно

$$L_i = \frac{n \frac{1}{Q_i}}{\sum_{j=1}^3 \frac{1}{Q_j}}$$

где Q_i - значение функционала в исходной точке.

Далее определяются координаты конечных точек векторов-выстрелов и вычисляются значения функционала Q в этих точках. Модуль векторов-выстрелов называется шагом и для каждого конкурирующего поиска задается в исходных данных.

После первого же выстрела происходит накопление опыта путем сравнения значения функционала в исходной точке $Q(M)$ со значением функционала в конечной точке выстрела Z . Разность между этими значениями оказывает влияние на ориентировку следующего выстрела по правилу

$$\vec{P}_{i+1} = \vec{P}_i + (Q(M) - Z) \cdot \vec{V}_{i+1}$$

где \vec{P}_i - предыдущий выстрел

\vec{V}_{i+1} - последующий случайный вектор

\vec{P}_{i+1} - последующий выстрел

Может случиться, что поиск приведет к локальному минимуму функционала и очередная серия выстрелов не даёт уменьшения Q . Тогда модуль векторов - выстрелов увеличивается на заранее заданную величину и производится следующая серия выстрелов. Процедура увеличения шага в каждой серии продолжается до тех пор, пока не обнаружится точка с уменьшенным функционалом. В такой точке модуль выстрела опять возвратится к исходному значению.

Поиск производится в N -мерном единичном кубе параметров. В случае, если какой-либо выстрел приведет к выходу из этого куба, компонентам вектора присваиваются новые значения, равные разности между 2 и прежними значениями. Осуществляется так называемое

"отражение от стенки", которое возвращает конец вектора внутрь куба.

Поиск оптимальных значений параметров происходит до тех пор, пока не будет израсходован заданный лимит на число серий.

2. Подпрограммы

а) Подпрограмма случайного поиска

SUBROUTINE CHANCE(NDIM, NSHOT, NS, NO, STEP, DELTA, PMAX)

NDIM - размерность пространства параметров (2 ÷ 20)

NSHOT - количество выстрелов в одной серии

NS - количество серий

NC - количество конкурирующих поисков (1 ÷ 10)

NO = NDIM · NC

STEP - модуль вектора-выстрела (шаг)

DELTA - абсолютное приращение шага

PMAX(NO) - координаты начальных точек конкурирующих поисков в пространстве параметров.

б) Подпрограмма вычисления функционала (составляется программистом)

SUBROUTINE GOAL(P, Z)

P(NDIM) - координаты конца вектора-выстрела

Z > 0 - значение функционала Q в точках с координатами P

По окончании поиска **SUBROUTINE CHANCE** выпечатывает номер конкурирующего поиска, конечное значение функционала Q и соответствующие этому значению параметры. При повторном запуске с целью продолжения поиска удобно задать **STEP=0**

ТЕКСТ ПОДПРОГРАММЫ

```

SUBROUTINE CHANCE(NDIM,NSHOT,NS,NC,NO,STEP,DELTA,PMAX)
DIMENSION PMAX(NO),V(20),VMAX(20),P(20),Q(10),L(10),
*ALFA(10),NUMBER(10),STEP(NC),V1(20)
DO 3 M=1,NC
DO 30 I=1,NDIM
30 P(I)=PMAX(I+NDIM*(M-1))
CALL GOAL(P,Z)
Q(M)=Z
3 ALFA(M)=STEP(M)
R1=R
RAND=0.073
DO 2 M2=1,NS
B1=0.
DO 4 I=1,NC
4 B1=B1+1./Q(I)
A1=NSHOT/B1
DO2M=1,NC
IF(NUMBER(M)-2)12,0,0
STEP(M)=STEP(M)+DELTA
NUMBER(M)=0
12 L(M)=1/Q(M)
DO 5 M1=1,L(M)
DO 6 I=1,NDIM
6 RAND=V(I)
B1=0.
DO 1 I=1,NDIM
1 B1=B1+V(I)**2
B1=SQRT(B1)
DO 15 I=1,NDIM
15 V(I)=V(I)/B1
B1=0.
DO 7 I=1,NDIM
7 B1=B1+(V(I)+(Q(M)-Z)*V1(I))**2
DO 8 I=1,NDIM
V(I)=(V(I)+(Q(M)-Z)*V1(I))/SQRT(B1)
V1(I)=V(I)
P(I)=ABS(PMAX(I+NDIM*(M-1))+STEP(M)*V(I))
IF(P(I)-1.)8,8,0
P(I)=2.-P(I)
8 CONTINUE
CALL GOAL(P,Z)
DO16I=1,NDIM
IF(P(I))0,16,16
Z=10000.
16 CONTINUE
IF(Z-Q(M))0,5,5
DO 10 I=1,NDIM
10 VMAX(I)=V(I)
Q(M)=Z
N1=1
5 CONTINUE
IF(N1)2,2,0

```

```

DO 11 I=1,NDIM
PMAx(I+NDIM*(M-1))=ABS(PMAx(I+NDIM*(M-1))+STEP(M)*VMAx(I))
IF(PMAx(I+NDIM*(M-1))-1.)11,11,0
PMAx(I+NDIM*(M-1))=2.-PMAx(I+NDIM*(M-1))
11 CONTINUE
N1=0
DO 17 I=1,NDIM
17 V1(I)=VMAx(I)
Z=C(M)
STEP(M)=ALFA(M)
NUMBER(M)=0
2 NUMBER(M)=NUMBER(M)+1
DO 14 I=1,NC
WRITE(2,13)I,C(I)
13 FORMAT(///50X,17HCOMPETITOR NUMBER,I3//52X,16HFUNCTION OF GOAL
*51X,2HQ=,F15.12//55X,10HPARAMETRES)
WRITE(2,9)(J,PMAx(J+NDIM*(I-1)),J=1,NDIM)
9 FORMAT(45X,2HP(,I2,2H)=,F20.15)
14 CONTINUE
R=R1
RETURN
END

```

Пример распечатки результатов одного сеанса поиска

COMPETITOR NUMBER 1

FUNCTION OF GOAL
Q = 0.030575881770

PARAMETRES

P(1) = 0.412899999999353
P(2) = 0.412899999999353
P(3) = 0.185199999999895

COMPETITOR NUMBER 2

FUNCTION OF GOAL
Q = 0.179739999236

PARAMETRES

P(1) = 0.197344925694778
P(2) = 0.430413791375030
P(3) = 0.470381370621907

COMPETITOR NUMBER 3

FUNCTION OF GOAL
Q = 0.085494018198

PARAMETRES

P(1) = 0.413363804353139
P(2) = 0.431547284333646
P(3) = 0.180777549727281

3. Пример

В качестве одной из тестовых проверок работы подпрограммы случайного поиска была решена задача получения максимально линейной фазовой характеристики для цепи из 6 апериодических звеньев. Эта задача может быть сведена к синтезу прямоугольного импульса с максимально плоской вершиной из колоколообразных импульсов.

Результаты счета приведены в виде двух графиков. Первый график отражает промежуточное состояние одного из конкурирующих поисков, второй — конечное.

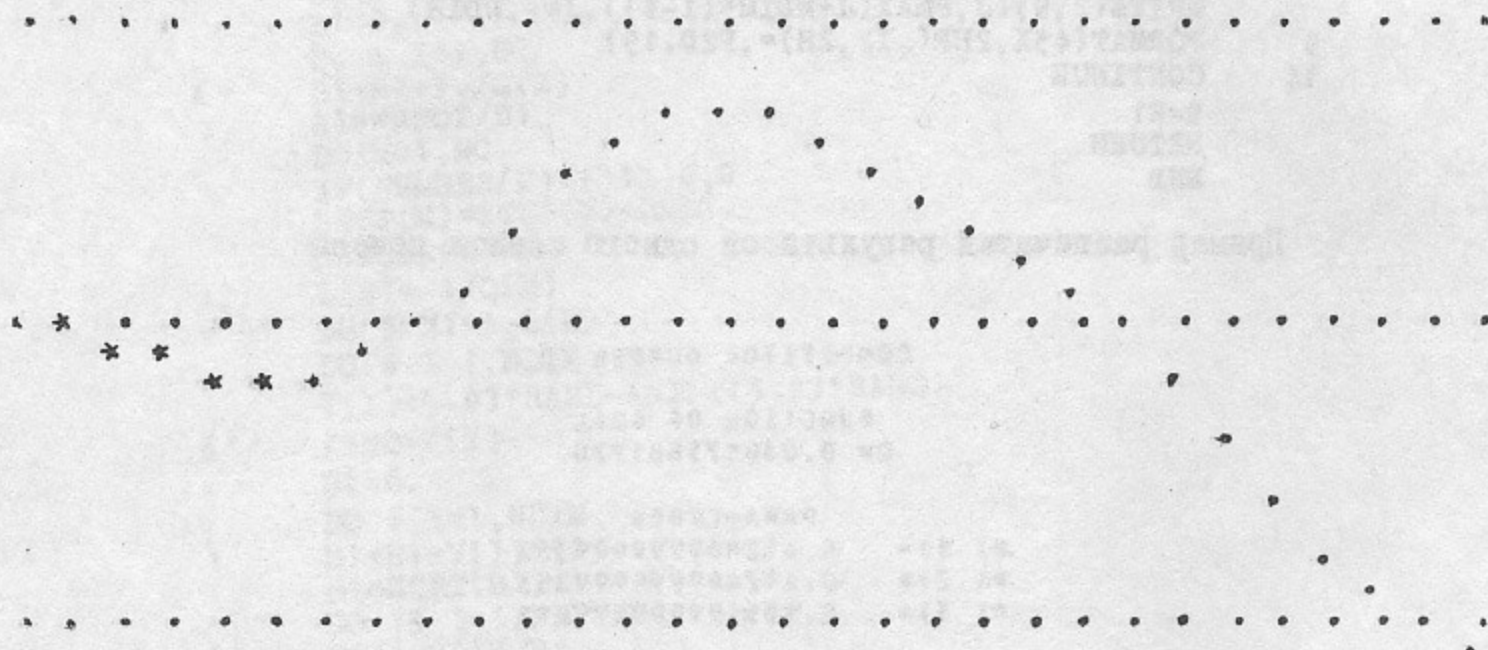


Рис. 1

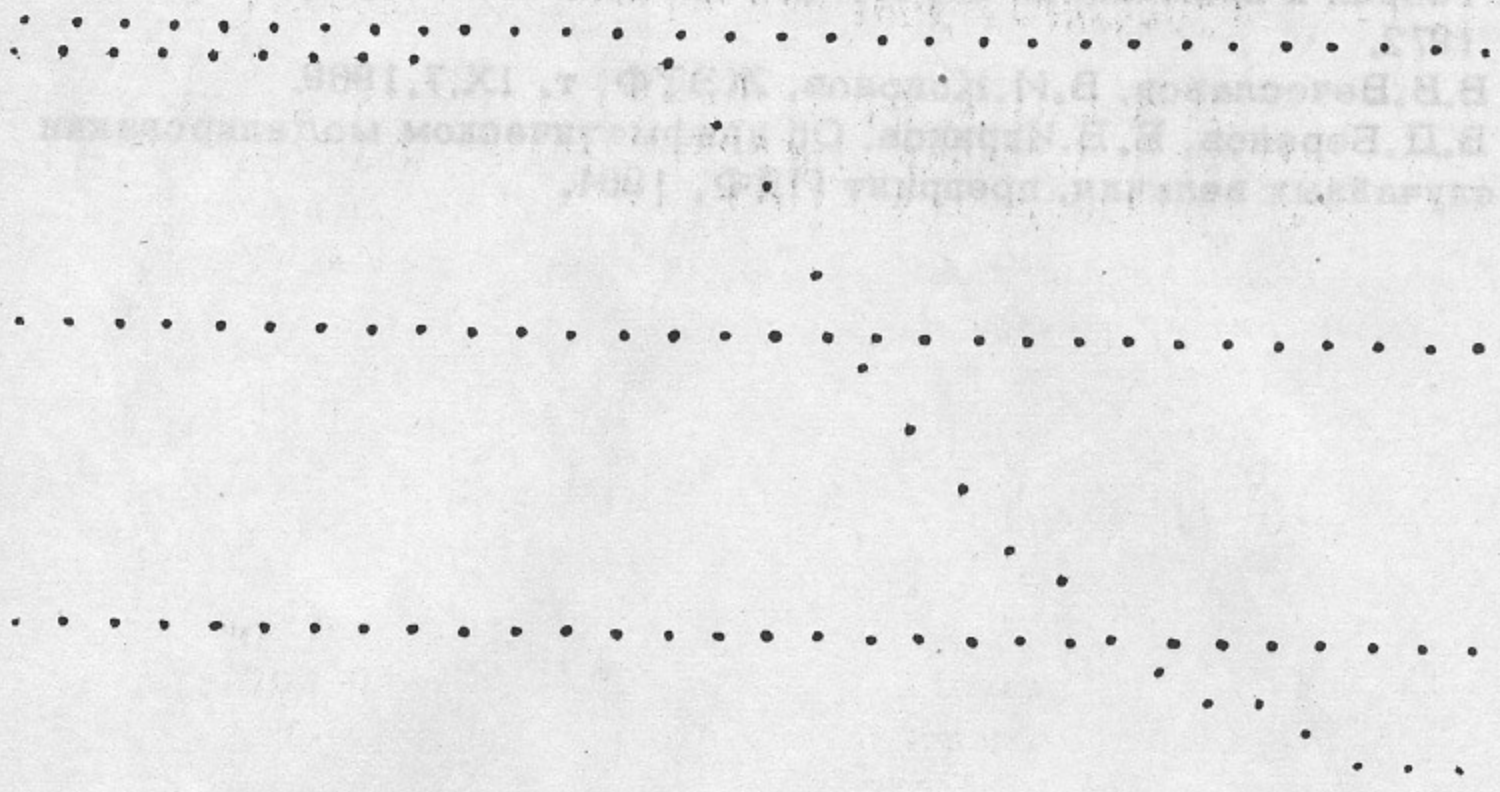


Рис. 2

В заключение авторы выражают благодарность М.М.Карлинеру, Ю.М.Жаринову и Е.В.Пахтусовой за полезные обсуждения.

Л и т е р а т у р а

1. Теория и применение случайного поиска, библиография, Рига, 1972.
2. В.В.Вечеславов, В.И.Кононов, ЖЭТФ, т. 1X,7,1969.
3. В.Д.Беренов, Б.В.Чириков. Об арифметическом моделировании случайных величин, препринт ИЯФ, 1964.

Ответственный за выпуск С.Н.Родионов
Подписано к печати 5.1У-73г. МН 08157
Усл. 0,5 печ.л., тираж 200 экз. Бесплатно
Заказ № 28

Отпечатано на ротапринте в ИЯФ СО АН СССР, тв