

Л и т е р а т у р а

1. Ермаков С.М. Об оптимальных несмещенных планах регрессивных экспериментов. - Труды МИ АН СССР. Т. III, 1970, с. 252-257.
2. Седуннов Е.В. Обобщение задачи Бокса-Дрейпера в планировании регрессионных экспериментов. - "Заводская лаборатория". 1973, № 3, с. 308-313.

Э.И. Митрошин, В.А. Васильев, П.Н. Мартычук

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОИСКА ДОПУСТИМОЙ НАЧАЛЬНОЙ ОБЛАСТИ ДВИЖЕНИЯ ЛА

(М о с к в а)

К числу актуальных задач, связанных с исследованием процессов управления сложными динамическими объектами, какими являются летательные аппараты (ЛА), принадлежит задача автоматизации поиска на ЦВМ допустимых начальных областей движения. Необходимость автоматизации таких исследований обусловлена требованием определения большого числа динамических характеристик ЛА в различных сложных ситуациях и неустановившихся режимах: оценки предельных маневренных возможностей ЛА по дальности при заходе на посадку с неработающим двигателем, оценки гарантированной точности выведения ЛА к посадочной полосе в условиях неблагоприятного сочетания возмущающих воздействий и в ряде других задач.

Настоящая работа посвящена вопросам автоматизации процесса поиска границы области таких предельных начальных значений фазовых координат, при которых ЛА, используя ресурс управления, может быть выведен в конечную область с заданными значениями фазовых координат. В качестве искомой области можно рассматривать такие сочетания начальных условий, как высота - боковое отклонение, скорость - высота, дальность - боковое отклонение, боковое отклонение - угол курса и др.

Рассмотрим задачу определения границы области допустимых начальных условий по боковой и продольной дальности. В ходе ее решения реализуется многошаговый процесс, включающий в себя анализ

выполнения требований к системе управления и поиск границы области начальных условий, при которых реализуется поставленная цель управления.

Одним из решений этой задачи может быть использование сеточной функции типа $\varphi_i = \varphi(x_i)$ дискретного аргумента x_i ($i = 1, 2$), определенной на сетке начальных условий. Искомая область может быть определена сканированием при достаточном измельчении сетки. Однако метод этот весьма трудоемок.

Предлагаемый способ основан на целенаправленном поиске границы области и прогнозе ее изменения. В системе автоматизированного поиска границы области начальных условий реализуются следующие функции: анализ выполнения требований к системе управления; определение интервала изоляции искомой точки границы; выбор шага поиска; уточнение координат точек границы с точностью до ε ; прогноз направления ухода границы; проверка условия окончания поиска.

Блок-схема алгоритма поиска представлена на рис. 1. При построении алгоритма предполагается, что существует область искомых начальных условий, граница которой представляет собой непрерывную гладкую замкнутую кривую. Это предположение следует из анализа физических условий задачи.

Технические требования, гарантирующие выведение ЛА в заданную область фазового пространства, задаются в следующем виде:

$$x_{i, \min} \leq x_{i3} \leq x_{i, \max}, \quad i = 1, \dots, l, \quad (1)$$

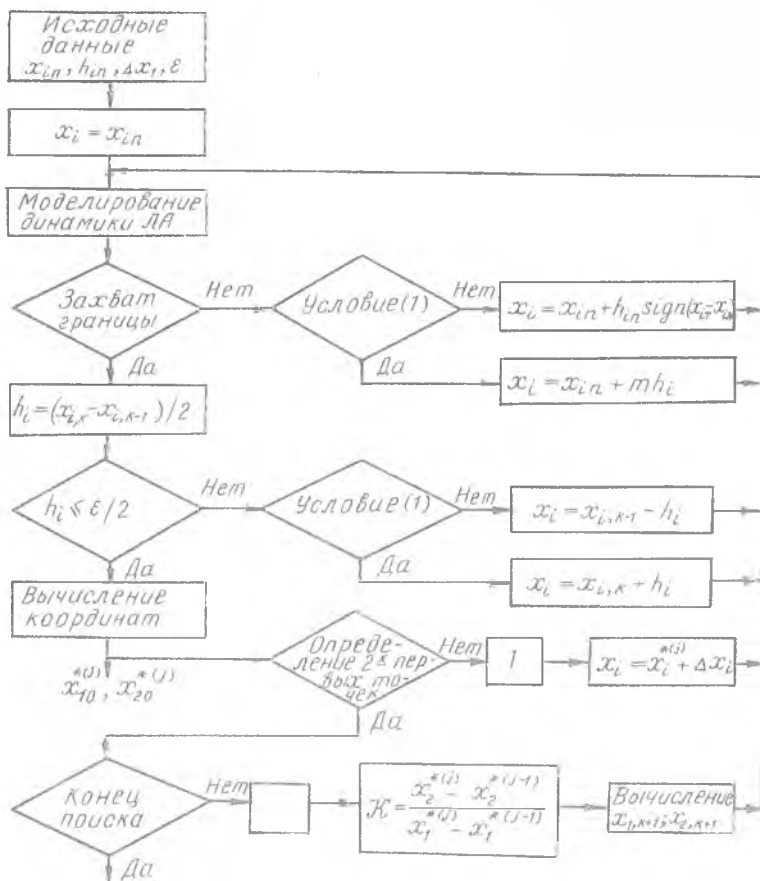
где x_{i3} — заданные значения фазовых координат;

l — число фазовых координат;

$x_{i, \min}, x_{i, \max}$ — собственно минимальные и максимальные допустимые значения фазовых координат.

Поскольку предполагается существование такой области начальных условий, что условие (1) выполняется как внутри, так и на границе этой области, необходимо найти границу этой области в виде конечного множества точек с координатами $x_{10}^{*(j)}$, $x_{20}^{*(j)}$. Первоначально решается задача определения интервала изоляции первой точки границы. Траектория поиска этого интервала описывается выражением

$$x_i = x_{i0} + m \cdot \Delta_i, \quad i = 1, 2; \quad m = 0, 1, \dots, \quad (2)$$



Р и с. 1.

при движении изнутри области или выражением

$$x_i = x_{i0} + h_{i0} \operatorname{sign}(x_{i\tau} - x_{i3}), \quad i = 1, 2 \quad (3)$$

при движении к границе извне.

Здесь x_i - начальные условия поиска;

m - номер итерации,

- $h_{i,n}$ - начальный шаг поиска;
 $x_{i,n}$ - начальное приближение;
 $x_{i,T}$ - фактическая точность выведения ЛА.

Процесс поиска заканчивается определением интервала изоляции искомой точки границы и соответствует случаю перехода от выполнения условий (I) к выполнению следующего условия:

$$x_{i,3} < x_{i,\text{мин}} \text{ или } x_{i,3} > x_{i,\text{макс}}, \quad i=1, \dots, n \quad (4)$$

при движении изнутри области, или наоборот - при движении к границе извне. Внутри интервала изоляции, определение координат искомой точки происходит с переменным шагом.

$$h_i = (x_{i,k} - x_{i,k-1})/2, \quad i=1, 2, \quad (5)$$

где $x_{i,k}$, $x_{i,k-1}$ - значение координат соответственно на текущем и предыдущем шаге итерации, а координаты точки определяются в момент, когда $h_i \leq \varepsilon/2$ в соответствии с выражениями

$$x_i^{*(j)} = x_{i,k-1} - h_i, \quad i=1, 2 \text{ при } x_{i,\text{мин}} \leq x_{i,T} \leq x_{i,\text{макс}}; \quad i=1, \dots, n \quad (6)$$

или в виде

$$x_i^{*(j)} = x_{i,k} + h_i, \quad i=1, 2 \text{ при } x_{i,T} < x_{i,\text{мин}} \text{ или } x_{i,T} > x_{i,\text{макс}}; \quad i=1, \dots, n, \quad (7)$$

где ε - требуемая точность определения границы;

j - число точек, определяющих границу.

Процесс нахождения координат второй точки аналогичен описанному выше с той разницей, что начальные условия поиска имеют вид

$$x_i = x_i^{*(j)} + \Delta x_i, \quad (8)$$

где $x_i^{*(j)}$ - координаты первой точки, а начальный шаг поиска $h_{i,n} \neq \Delta x_i$.

После определения двух первых точек в дальнейшем на основе прогноза находится предварительное значение координат следующей $(k+1)$ -й точки:

$$x_{1,k+1} = x_1^{*(j-1)} + \Delta x_1, \quad x_{2,k+1} = \mathcal{K}(x_1^{*(j)} - x_1^{*(j-1)}), \quad (9)$$

$$\mathcal{K} = (x_2^{*(j)} - x_2^{*(j-1)}) / (x_1^{*(j)} - x_1^{*(j-1)}), \quad (10)$$

где Δx_1 - величина, определяющая число точек искомой границы. В процессе вычислений величина \mathcal{K} ограничивается сверху. Условием окончания процесса определения границы области, внутри которой выполняется условие (I), является обеспечение заданной близости координат текущей точки к координатам первой точки. Рассмотренный подход может быть применен для пространственного случая.

Л и т е р а т у р а

И. Демидович Б.П., Марон И.А. Основы вычислительной математики. Изд. 4-е. М., "Наука", 1970, 664 с.

А.И. Павлюк

К РАСЧЕТУ ХАРАКТЕРИСТИК ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТОКОВ
ОБЪЕКТОВ АВТОМАТИЗАЦИИ

(К у й б ы ш е в)

Эффективность проектирования автоматизированных систем научных исследований (АСНИ) во многом зависит от использования априорных сведений об исследуемом объекте и оборудовании для производства испытаний (системе объект-оборудование).

Одним из важнейших как для целей моделирования АСНИ, так и для выработки дисциплин обработки опытных данных представляется нахождение характеристик информационных потоков объектов автоматизации, поступающих на обрабатывающую систему.

Каждое сообщение характеризуется моментом поступления t^k и набором ν параметров, описывающих состояние системы объект-оборудование, т.е. представляет собой в общем виде случайный вектор $S^k = S(t^k, a_1^k, a_2^k, \dots, a_\nu^k)$, а поток сообщений - поток случайных векторов, соответствующий совокупности многомерных законов распределения координат этих векторов вида

$$R[S^1, S^2, \dots, S^k, \dots]. \quad (1)$$