

МОДЕЛЬ ИНЕРЦИОННОГО МОБИЛЬНОГО ОБЪЕКТА
С ПРОСТОЙ СИСТЕМОЙ УПРАВЛЕНИЯ

В.В. Трофимов

Алгоритм написан на языке АЛГОЛ-60 и транслировался с помощью АЛЬФА-транслятора на машине М-220М [1, 2].

Предлагаемый алгоритм предназначен для расчета траектории движения инерционного объекта в трехмерном пространстве на основе текущей информации о скорости и его координатах.

Рассмотрим укрупненную блок-схему замкнутой системы управления мобильным объектом (МО) (см., например, рис. 0.1 и 3.1 в [3]), которая состоит из трех основных блоков, приведенных на рис. 1: блока управления (БУ), который отвечает непосредственно за выработку управляющих воздействий, изменяющих положение МО в пространстве; блока обработки навигационной информации (БОНИ), который по заложенным в него алгоритмам и на основе поступающей от датчиков оперативной информации определяет местоположение МО в пространстве и непосредственно самого МО.

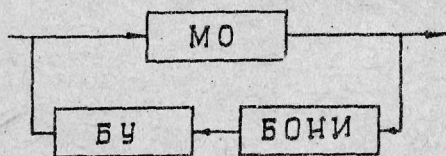


Рис. 1

В некоторых задачах навигации исследователь не обязан знать, с помощью каких исполнительных механизмов, будь то элероны на самолете, руль на корабле или рулевое управление на автомобиле, осуществляется воздействие на мобильный объект. Главное для него — это результат этого воздействия, который характеризуется значениями координат объекта в пространстве с их производными и интервалами времени, в которые они выдаются. Поэтому для таких задач имеет смысл рассматривать БУ как устройство, на вход которого подается текущее значение пространственных координат мобильного объекта, а на выходе получается вектор приращения

скорости, изменяющий направление движения. Мобильный объект в этом случае можно представить некоторой материальной точкой с заданными свойствами. В такой постановке существенно упрощаются требования к математическому описанию МО и БУ.

1. Описание алгоритма БУ

Для нахождения вектора приращения скорости, изменяющего направление движения МО, блок управления должен содержать информацию о положении МО в пространстве и заданной траектории движения. В рассматриваемом алгоритме в качестве эталонной траектории принята прямая линия, которая проходит через заданную точку параллельно данному вектору.

БУ определяет направление и величину изменения скорости движения по следующему соотношению:

$$\vec{V}^* = (\vec{x}(t_n^*) - \vec{y}_n) / t_{np}, \quad (1)$$

где \vec{y}_n — вектор текущих координат МО в пространстве на n -м шаге управления; t_{np} — заданный интервал времени, в течение которого объект должен выйти на заданную траекторию; $\vec{x}(t_n^*)$ — точка эталонной траектории, задаваемая в параметрическом виде; t_n^* — параметр траектории, определяемой из следующего уравнения:

$$\|\vec{V}^*\| t_{np} = \|\vec{x}(t_n^*) - \vec{y}_n\|, \quad (2)$$

где $\|\vec{V}^*\|$ — модуль скорости движения, полагается постоянным.

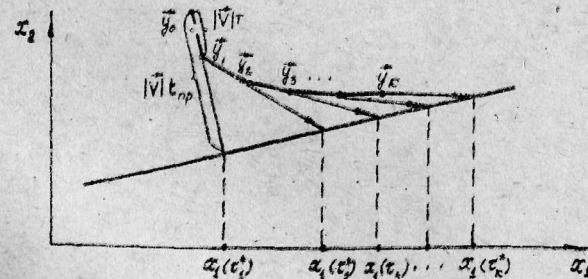


Рис. 2

Наглядно представить работу устройства управления поможет рис. 2, на котором изображена траектория движения идеального безынерционного объекта (через $|V|T$ обозначен путь, пройденный объектом за время T , которое тратится на нахождение текущих координат объекта в гостранстве с помощью БОНИ).

2. Описание алгоритма МО

В данном алгоритме предполагается, что МО описывается дифференциальным уравнением первого порядка

$$T \frac{dU}{dt} + U = \kappa V(t) \quad (3)$$

и имеет передаточную функцию по скорости движения

$$W(p) = \frac{\kappa}{Tp + 1} \quad (4)$$

Для определения текущих координат и скорости движения МО используются рекуррентные соотношения с памятью на предыдущих тактах следующего вида

$$\bar{U}_j^{k+1} = \bar{S}^k \cdot (\bar{V}^{k+1} - \bar{S}^k) (1 - e^{-\frac{j\Delta t}{T}}), \quad (5)$$

где \bar{U}_j^k - вектор скорости в момент времени $j\Delta t$ на k -м шаге после подачи управляющего воздействия \bar{V}^k , T - постоянная времени объекта (см. соотношение (4)), \bar{S}^k - значение вектора скорости в момент подачи управляющего воздействия \bar{V}^k , учитывающее N предыдущих тактов по формуле

$$\bar{S}^k = \bar{U}_n^{k-1} \cdot (1 - e^{-\frac{n\Delta t + t_0}{T}}) e^{-\frac{n(n\Delta t + t_0)}{T}} \bar{L}^k, \quad (6)$$

где $\bar{L}^k = \bar{L}^{k-1} \cdot \bar{V}^k e^{-\frac{n(n\Delta t + t_0)}{T}}$

t_0 - время, необходимое для определения своего местоположения БОНИ и нахождения величины управляющего воздействия БУ, n - число рассчитываемых точек траектории движения.

3. Описание программы.

Данный алгоритм реализован на языке АЛГОЛ-60 и оформлен в виде процедуры. Заголовок процедуры имеет вид $САМОЛЕТ(x, V, L, M, U, U, N, E, \Delta T, T, T_0, A, I, S)$.

Смысл формальных параметров следующий: x, V - одномерные массивы координат (в метрах) и скорости (метры/сек) движения объекта, определяемая БОНИ (в общем случае с ошибками), M - одномерный массив координат точки (в метрах), через которую проходит эталонная траектория, L - одномерный массив координат (U) конца вектора, параллельно которому проходит эталонная траектория; U, U - двумерные массивы размерности $3 \times N$, координат (U) и скорости (м/сек) движения объекта по реальной траектории через моменты времени Δt (сек); N - число таких измерений; E - время прогноза (сек) (см. $t_{пр}$ в формуле (1)); T - постоянная времени (сек) инерционного МО, t_0 - время (сек), необходимое для определения своего местоположения БОНИ и нахождения величины управляющего воздействия БУ; A - одномерный вспомогательный массив размерности 3; I - число предыдущих управляющих воздействий, которые необходимо учитывать из-за инерционности объекта; S - модуль вектора скорости (м/сек), который считается постоянным для данного объекта.

Входными переменными являются следующие формальные параметры: $x, V, L, M, N, E, \Delta T, T, T_0, I, S$. Формальные параметры U, U являются выходными. A - вспомогательный параметр.

4. Контрольный пример

Контрольный пример рассчитан для следующих значений входных параметров: $x = (1000, 2000, 2000)$; $V = (100, 0, 0)$; $L = (3, 0, 2)$; $M = (0, 0, 0)$; $N = 15$; $E = 10$; $\Delta t = 0,2$; $T = 1$; $t_0 = 0$; $I = 1$; $S = 100$. Выходные параметры принимают значения, приведенные в таблице 1.

Таблица

$i \setminus j$	0	1	2	15
U_{ij}				
1	1000	1018	1035	1204
2	2000	2000	2000	2000
3	2000	1996	1991	1821
U_{ij}				
1	100	91	85	57
2	000	00	00	00
3	000	-15	-27	-79


```

ПРОЦЕДУРА САМОЛЕТ(X,V,L,M,U,N,E,*ДЕЛЬТА*T,Т,ТО,Л,Т,S);
НАЧАЛО ЦЕЛЫЙ I; ВЕЩЬ A,B,V,*ТАУ*,H,S,А; МАССИВ U[1:3];
ЦЕЛЫЙ J; ВЕЩЬ С;
БЛОК ВУ:
V:=С:=А:=В:=0;
ДЛЯ I:=1 ШАГ 1 ДО 3 ЦИКЛ НАЧАЛО
A:=A+L[I]*M[I]-X[I]; B:=B+(M[I]-X[I])^2;
V:=V+V[I]^2; C:=C+L[I]^2; КОНЕЦ;
A:=A/C; B:=(B-V*(C^2))/C;
V:=SQRT(V);
ЕСЛИ (A^2-B)>0 ТО *ТАУ*:= -A-SQRT(A^2-B) ИНАЧЕ *ТАУ*:=A;
H:=0;
ДЛЯ I:=1 ШАГ 1 ДО 3 ЦИКЛ НАЧАЛО
U[I]:=M[I]+L[I]*ТАУ*-X[I]; H:=H+U[I]^2 КОНЕЦ;
ДЛЯ I:=1 ШАГ 1 ДО 3 ЦИКЛ
U[I]:=(S*U[I])/SQRT(H);
БЛОК МО:
ДЛЯ I:=1 ШАГ 1 ДО 3 ЦИКЛ НАЧАЛО
U[I,0]:=X[I]; M:=U[I];
S:=(U[I,0]+(1-EXP(-(N*ДЕЛЬТА*T+ТО)/Т))*L[I])*EXP(-I*(N*ДЕЛЬТА*T+ТО)/Т);
ДЛЯ J:=1 ШАГ 1 ДО N ЦИКЛ НАЧАЛО
U[I,J]:=S+(M-S)*(1-EXP(-J*ДЕЛЬТА*T/Т));
U[I,J]:=U[I,J-1]+U[I,J]*ДЕЛЬТА*T;
КОНЕЦ КОНЕЦ;
ДЛЯ I:=1 ШАГ 1 ДО 3 ЦИКЛ
L[I]:=L[I]+U[I]*EXP((I+1)*(N*ДЕЛЬТА*T+ТО)/Т);
КОНЕЦ САМОЛЕТ;

```

Л и т е р а т у р а

1. Ершов А.П. и др. Руководство к пользованию системой АЛФА. Новосибирск, "Наука", 1968.
2. Математическое обеспечение вычислительного центра ТГУ. Изд-во Томского университета, Томск, 1972.
3. Богуславский И.А. Методы навигации и управления по неполной статистической информации. М., "Машиностроение", 1970.
4. Белоглазов И.Н., Тарасенко В.П. Корреляционно-экстремальные системы. М., "Сов.радио", 1975.

РЕФЕРАТЫ на опубликованные статьи

УДК 62-50

Стохастические алгоритмы исследования и минимизации обранных и многоэкстремальных функций многих переменных. А л е к с е в В.И. Корреляционно-экстремальные системы обработки информации и управления. Математическое обеспечение. Томск, изд-во ТГУ, 1973.

Приведены алгоритмы для идентификации структур минимизируемых функций (обращности, многоэкстремальности), а также алгоритмы для поиска локальных и глобальных экстремумов. Алгоритмы основаны на использовании нелинейных операторов усреднения, зависящих от текущего значения функции и написаны на языке АЛГОЛ.

Библи. 10, ил. 2.

УДК 619-61

Рекуррентный алгоритм решения систем линейных алгебраических уравнений большой размерности. В а с и л ь ч е н к о Г.П., С в е т л а к о в А.А. Корреляционно-экстремальные системы обработки информации и управления. Математическое обеспечение. Томск, изд-во ТГУ, 1978.

Предлагается рекуррентный алгоритм для решения систем линейных алгебраических уравнений большой размерности, пригодный также для решения плохо обусловленных и вырожденных систем уравнений, написан на языке АЛГОЛ.

Библи. 6, табл. 1.

УДК 619-688

Фортран-программы обработки изображений. Р е ш е т н и к о в М.Т. Корреляционно-экстремальные системы обработки информации и управления. Математическое обеспечение. Томск, изд-во ТГУ, 1978.

Приведены программы для вычисления функции автокорреляции, для вычисления оценок статистических характеристик фрагментов изображений и для вывода изображения на АЦПУ в виде рисунка.

Библи. 6.