

Чекушкин В.В., Михеев К.В.

Муромский институт (филиал) Владимирского государственного университета
602264, г. Муром Владимирской обл., ул. Орловская, 23
E-mail: kiri-mikheev@yandex.ru

Метод воспроизведения траекторий движения объектов.

Разработан метод воспроизведения траекторий движения воздушных объектов с более адекватной трассой полета в трехмерном пространстве без скачков скоростей и ускорений. В качестве траектории задается кусочно-заданная пространственная кривая, состоящая из плавно совмещаемых сегментов в виде параметрических кривых Безье первого-третьего порядков

$$B(t) = \sum_{i=0}^n P_i B_i^n(t), \quad B_i^n(t) = \frac{n!}{i!(n-i)!} \cdot t^i \cdot (1-t)^{n-i} \quad (1)$$

где n – степень кривой; i – порядковый номер опорной вершины; P_i – вектор координат i -й опорной точки; $B_i^n(t)$ – полином Бернштейна степени n , t – безразмерный параметр $t \in [0;1]$, при $n=3$ $B(t) = (1-t)^3 P_0 + 3t \cdot (1-t)^2 P_1 + 3t^2(1-t)P_2 + t^3 P_3$.

Совокупность такого набора сегментов позволяет представить прямолинейные участки траектории, участки с ненулевой кривизной, участки с ненулевой кривизной и ненулевым кручением – и таким образом описать различные виды маневра воздушного объекта. Использование кривых более высокого порядка чем 3-й существенно не развивает ее свойства, но усложняет аналитические выражения для расчета мгновенных координат движущегося объекта. Геометрическая форма каждого сегмента общей траектории движения выстраивается на основе расположения n опорных точек ($\{P_i\} = \{x_i, y_i, z_i\}, i = 0..n-1$), т.е. опорной ломаной линии с n узлами (рис 1).

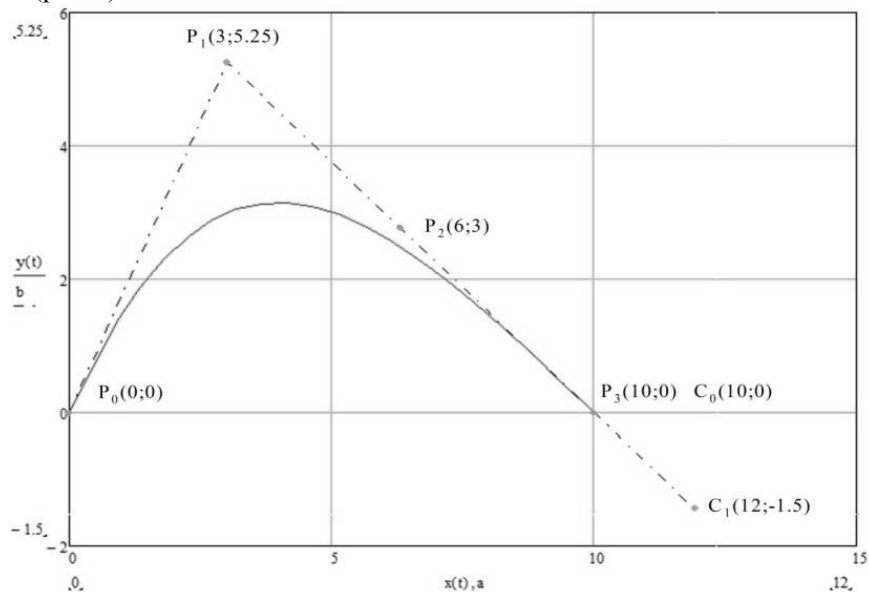


Рис.1 Сопряжение кривой Безье 3-й степени с отрезком прямой линии

Для построения произвольных сегментированных траекторий движения объектов часто необходимо обеспечить выполнение сопряжения отрезка прямой и кривой Безье, а также сопряжение кривых Безье произвольных форм с исключением скачков скорости и допустимыми значениями суммарного ускорения, определяемого как векторная сумма центростремительного a_d и тангенциального a_t ускорений. Для обеспечения плавного перехода с одной кривой Безье на другую обеспечено плавное изменение радиуса кривизны $R(t)$, что выполнимо при непрерывности первой и второй производных сопрягаемых кривых. Для определения максимальной перегрузки необходимо для кубической кривой определить минимальный радиус

Секция 6. Математическое моделирование физических процессов

в соответствии с (2) и путь, пройденный по параметрически заданной кривой на плоскости (рис. 1) в функции нормированного времени, в соответствии с (3)

$$R(t) = \frac{((x'(t))^2 + (y'(t))^2)^{\frac{3}{2}}}{y''(t) \cdot x'(t) - y'(t) \cdot x''(t)} \quad (2) \quad S(t) = \int_0^1 \sqrt{((x'(t))^2 + ((y'(t))^2)} \quad (3)$$

После задания геометрической формы траектории производится преобразование параметрических уравнений движения в каждом сегменте по трем координатам $x(t)$, $y(t)$, $z(t)$ зоны обзора радиолокационной станции в функции безразмерного параметра $t \in [0;1]$ в функцию от аргумента - линейно-нарастающего временного интервала реального времени t_p воспроизведения траектории путем определения проходимого по сегментам пути $S(t_p)$, вычисления в соответствии с обратной функцией значений $t(S)$ в каждом сегменте и последующим вычислением в блоке расчета координат по параметрическим уравнениям движения значений текущих декартовых координат объекта.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 14-07-00293).

Литература

1. Патент № 2419072. Способ имитации траекторий движения воздушных объектов / Оpubл. 20.05.2011, – Бюл. №14 (Чекушкин В.В., Аверьянов А.М., Бобров М.С.).