

## Быстрая технология оценивания областей достижимости и параметров движения воздушного судна

С.И.Кумков, Н.Л.Пацко, А.А.Федотов

Рассматривается технология оценивания областей достижимости и параметров движения воздушного судна в горизонтальной плоскости  $XOZ$ . Полагается, что на интервале наблюдения судно движется с постоянным направлением и постоянной скоростью. Оценивание выполняется по набору  $x_i, z_i, t_i, i = 1, \dots, N$ , неточных замеров геометрических координат в некоторые моменты времени. На плоскости координат каждому замеру ставится в соответствие множество неопределенности  $UN_i, i = 1, \dots, N$ , описываемое прямоугольником со сторонами, параллельными осям декартовой системы координат плоскости  $XOZ$ . Оценивается четырехмерное множество параметров движения судна: курс (направление)  $\psi$  и скорость движения  $V$ , две геометрические координаты  $x$  и  $z$  положения.

С целью получения быстрых алгоритмов гарантированного оценивания была разработана следующая технология. Оценивание четырехмерного множества заменяется на оценивание сверху двух его двумерных проекций: информационного множества  $I(\psi, V)$  на плоскости  $\psi, V$  и информационного множества  $I(t_N, x, z)$  на плоскости  $x, z$  на последний момент  $t_N$  выборки замеров.

Выполняются следующие операции. Для каждой пары  $UN_i$  и  $UN_j$  множеств неопределенности находится парциальное информационное множество  $G_{ij}(\psi, V), i = 1, \dots, N - 1, j = i + 1, \dots, N$  значений курса и скорости, совместных с данной парой множеств неопределенности. Множество  $G_{ij}(\psi, V)$  описывается минимальным прямоугольником, аппроксимирующим сверху точное парциальное множество. Пересечение

$$I(\psi, V) = \bigcap_{i=1, \dots, N-1, j=i+1, \dots, N} G_{ij}(\psi, V) \quad (1)$$

аппроксимирует сверху информационное множество курса и скорости.

На основе множества (1) производится прогноз  $B_i(t_N, x, z)$  каждого множества неопределенности  $UN_i$  на конечный момент времени  $t_N$ . Пересечение прогнозируемых множеств

$$I(t_N, x, z) = \bigcap_{i=1, \dots, N} B_i(t_N, x, z) \quad (2)$$

аппроксимирует сверху информационное множество геометрических координат.

Улучшение результатов (1),(2) достигается итерационным построением оценок координатных информационных множеств  $I(t_i, x, z)$  для всех моментов выборки по методу "вперед-назад".

Технология оказывается быстрой, поскольку все операции объединения (при прогнозировании) и пересечения выполняются с прямоугольниками со сторонами, параллельными осям координат. Проведено моделирование разработанных алгоритмов и выполнено сравнение получаемых результатов с точными построениями четырехмерного информационного множества. Предполагается компьютерная демонстрация результатов моделирования.