

ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ СТОЛКНОВЕНИЙ БПЛА С НЕПОДВИЖНЫМИ ОБЪЕКТАМИ

Пискарев Д.М.¹, Хальметов Д.Н.² Email: Piskarev17107@scientifictext.ru

¹Пискарев Дмитрий Михайлович – магистрант;

²Хальметов Динар Наилевич - магистрант,
кафедра специальной робототехники и мехатроники,
Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана,
г. Москва

Аннотация: в статье рассмотрена задача предотвращения столкновений беспилотного летательного аппарата или другого подвижного управляемого объекта с неподвижными объектами в пространстве при планировании траекторий полета. Приведен алгоритм, позволяющий скорректировать полет при появлении внешнего препятствия, под которым понимается как движимый, так и недвижимый объект, в данный момент находящийся в состоянии покоя, и рассчитать оптимальные безопасные расстояния, при которых не произойдет столкновения. Приведены схема, формулы и логика работы для реализации в программном коде.

Ключевые слова: БПЛА, планирование траекторий, предотвращение столкновений, алгоритм, безопасная дистанция.

UAV COLLISION PREVENTION WITH STATIC OBJECTS

Piskarev D.M.¹, Khalmetov D.N.²

¹Piskarev Dmitry Mikhailovich – Graduate Student;

²Khalmetov Dinar Nailevich - Graduate Student,
DEPARTMENT "SPECIAL ROBOTICS AND MECHATRONICS",
BAUMAN MOSCOW STATE TECHNICAL UNIVERSITY,
MOSCOW

Abstract: the article deals with the problem of preventing collisions of an unmanned aerial vehicle or other mobile controlled object with static objects in space while planning flight trajectories. An algorithm allowing to correct a flight when an external obstacle appears, by which is meant both a movable and immovable object currently in a state of rest, is given and to calculate the optimal safe distances at which no collision will occur. The scheme, formulas and logic of work for implementation in the program code are given.

Keywords: UAV, trajectory planning, collision prevention, algorithm, safety distance.

УДК 51-74

Введение

Математическая модель предотвращения столкновения с подвижным объектом практически полностью аналогична предотвращению столкновений со статичными объектами.

Предположим, что некоторое i -е динамическое препятствие имеет определенную геометрию и минимальное «личное» пространство вокруг себя, формирующее прямоугольник со сторонами $2d_i$ на $2d_i$ от центра. Для любого момента времени для любого i -го и для j -го роботов безопасные расстояния будут описываться следующими уравнениями:

$$\begin{aligned}x_{ik} &\leq x_{jk} + (d_i + d_j) + Mb_{1ijk} \\y_{ik} &\leq y_{jk} + (d_i + d_j) + Mb_{2ijk} \\x_{ik} &\leq x_{jk} - (d_i + d_j) - Mb_{3ijk} \\y_{ik} &\leq y_{jk} - (d_i + d_j) - Mb_{4ijk}\end{aligned} \quad (1)$$

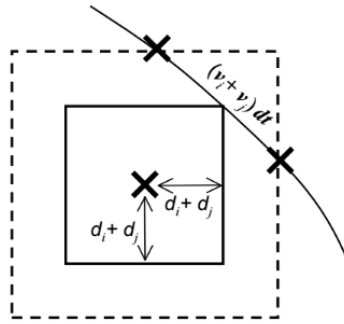


Рис. 1. Динамическое препятствие

$$i = 1, \dots, n_v, \quad j = i + 1, \dots, n_v, \quad k = 1, \dots, n_p \quad (2)$$

где $[x_{ik}, y_{ik}]^T$ определяет положение в пространстве летательного аппарата i в момент в ремни k , а b_{lijk} – это $l - i - j - k^{bit}$ элемент двоичной матрицы размером 4 на n_v на n_v на n_p .

Стоит отметить, что в описанном случае тоже нужно учитывать дискретизацию по времени. Если два БПЛА движутся друг навстречу другу с определенными скоростями v_i и v_j , расстояние между каждыми точками траектории в пределах исследуемого квадрата должно быть больше $(v_i + v_j)\Delta t$.

$$d_{i \text{ расшир.}} = \left(d_i - \frac{v\Delta t}{\sqrt{2}} \right) \quad (3)$$

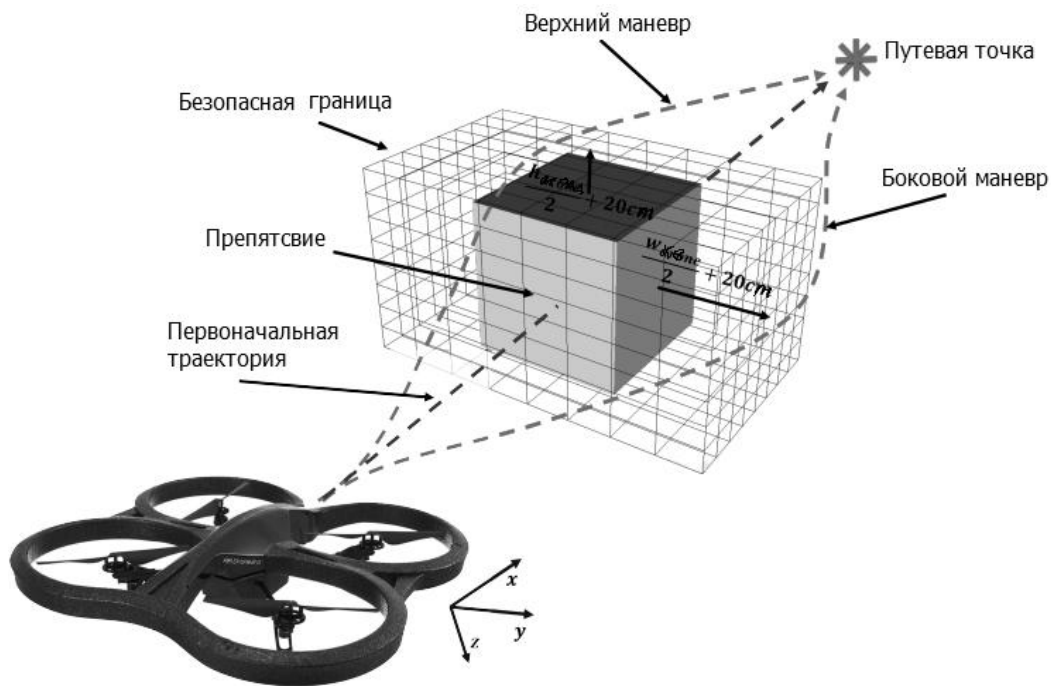


Рис. 2. Схема препятствия

Алгоритм:

Вход: зона, свободная от столкновений τ , координаты БПЛА

$$X = (x_d, y_d, z_d)$$

Выход: Навигационная команда

$$N_{av}(\varphi, \theta, \psi, \vartheta)$$

, где $(\tau_l, \tau_r, \tau_w, \tau_d)$ – зоны изображения, φ – крен, θ – тангаж, ψ – рыскание, ϑ – скорость по вертикали, следующая путевая точка $WP = (x_w, y_w, z_w)$, допуск (th1, th2), тип маневра (Mr_r, Mr_{ud}).

Команды управления:

$$\begin{aligned} +\Delta H &\leftarrow z_d + \left(\frac{h_{UAV}}{2}\right) + K & -\Delta H &\leftarrow z_d - \left(\frac{h_{UAV}}{2}\right) + K \\ +\Delta Y &\leftarrow y_d + \left(\frac{w_{UAV}}{2}\right) + K & -\Delta Y &\leftarrow y_d - \left(\frac{w_{UAV}}{2}\right) + K \end{aligned}$$

Блок-схема алгоритма приведена на рисунке 3.

