

01, январь 2016

УДК 621.382

Моделирование маловысотного полёта на объектно-ориентированном языке

*Пушкина М.С., студент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Приборы и системы ориентации, навигации и стабилизации»*

*Научный руководитель: Булгаков В.В., главный специалист
Россия, 127055, г. Москва,
ОАО МНПК «Авионика» имени О.В. Успенского
bauman@bmstu.ru*

Маловысотный полет (МВП) – это полет на малых высотах при условии обеспечения необходимой безопасности. Малыми высотами принято называть истинные высоты полета ниже 1000 м. Целью МВП является снижение заметности летательного аппарата.

Различают два режима маловысотного полёта: режим обхода препятствий, режим облёта препятствий. Обход препятствий выполняется за счет маневрирования в горизонтальной плоскости. Такой маневр характеризуется изменением курса и крена при неизменной истинной высоте полета. Облетом называется маневр в вертикальной плоскости, позволяющий преодолеть препятствие с заданной истинной высотой без изменения курса. На практике возможно объединение этих двух приемов.

Постановка задачи: есть определенная область (район полёта), за пределы которого вылетать нельзя; карта высот местности на район полета не известна; имеются данные о высотах местности от локатора переднего обзора; координаты исходного пункта маршрута и цели известны; требуется построить маршрут движения ЛА от исходного пункта к цели в режиме обхода.

Предлагаемый алгоритм решения задачи рис. 1.:

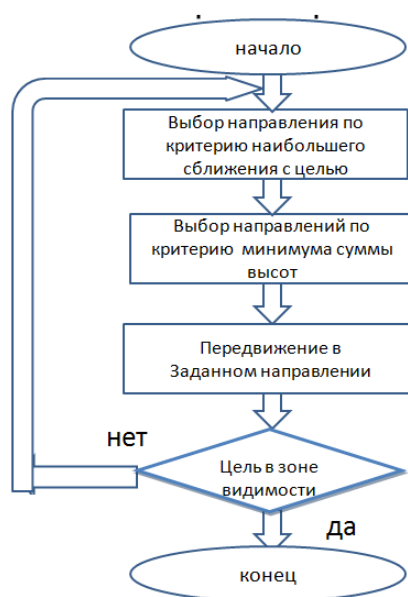


Рис. 1. Блок схема

Алгоритм основан на выборе целесообразного маршрута по двум критериям:

- минимизации высот местности по маршруту ЛА;
- минимизация длины маршрута.

При синтезе алгоритма были приняты следующие предположения:

- динамику разворота ЛА в горизонтальной плоскости не учитываем;
- маршрут расположен в эквидистантной рельефу псевдоплоскости;
- скорость полета постоянна;
- зона видимости локатора: радиус 5 км в секторе $\pm 30^\circ$ от текущего курса

(рис. 2.)

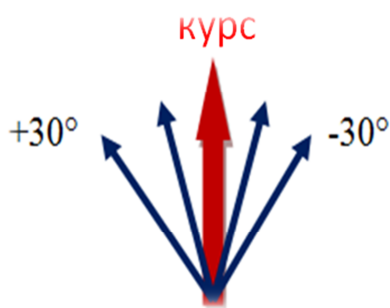


Рис. 2. Характеристики локатора

Предполагается, что ЛА будет перемещаться по одной из ветвей, находящихся в зоне видимости лоатора. Выбор возможных перемещений по критерию минимизации пути осуществляется следующим образом:

1. вычисляются расстояния до цели от конца каждой ветви;
2. находятся минимальное и максимальное расстояния;
3. определяются допустимые ветки (относительно минимального расстояния);
4. остальные ветки не рассматриваются.

Из допустимых ветвей выбираем ту, рельеф на которой имеет наименьшую среднюю высоту. Передвигаемся по указанному направлению на определённый шаг. Далее процесс повторяется, пока цель не окажется в зоне видимости лоатора (см. рис. 1).

Для тестирования работы программы предварительно зададим следующие параметры: шаг перемещения 1 км; диапазон возможных направлений по критерию минимизации пути изменяется от 0.4 до 1 в зависимости от расположения объекта и цели в данный момент времени. Для наглядности с помощью билинейной аппроксимации была создана карта местности. Маршрут движения ЛА представлен на рис. 3.

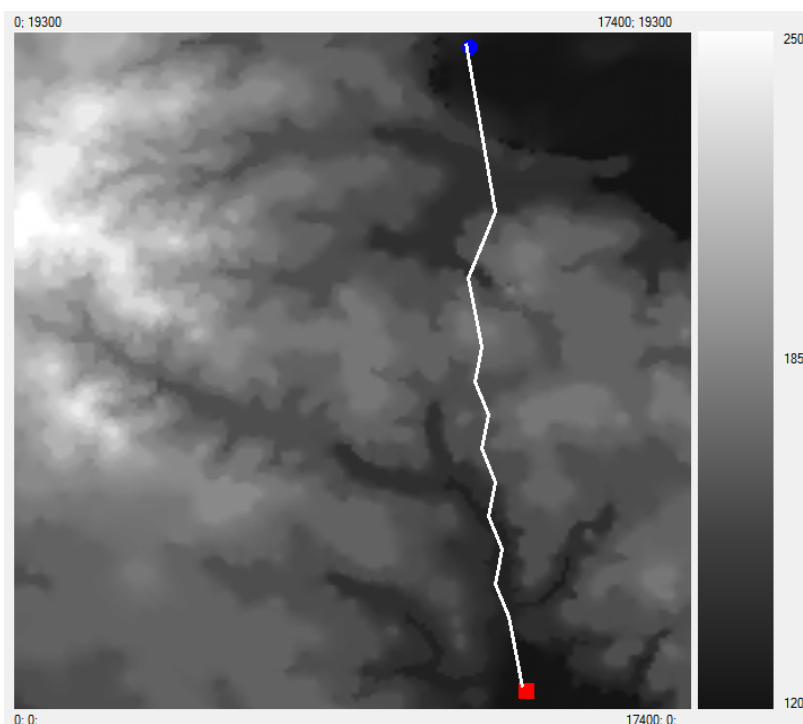


Рис. 3. Маршрут движения ЛА

Для выбора оптимального шага передвижения необходимо проанализировать выполнение критерия минимизации длины маршрута и критерия минимизации высот при разных шагах передвижения.

Для этого были получены зависимость длины маршрута от шага передвижения (рис. 4), зависимость средней высоты от шага передвижения (рис. 5), зависимость средней высоты от длины маршрута (рис. 6).

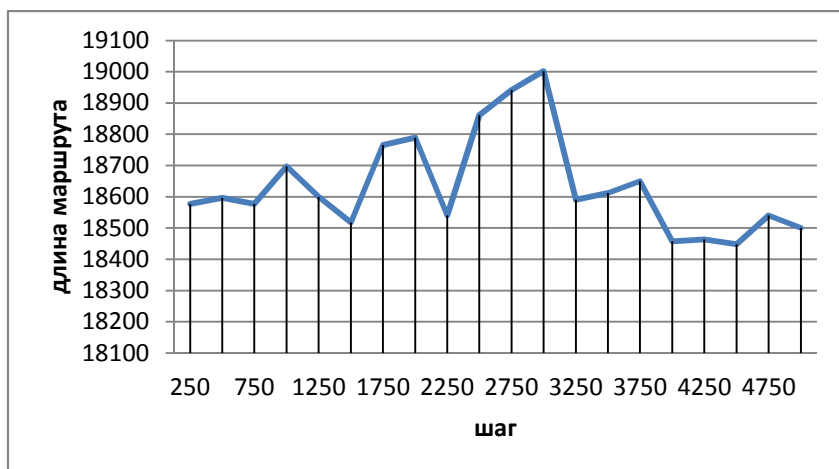


Рис. 4. Зависимость длины маршрута от шага передвижения

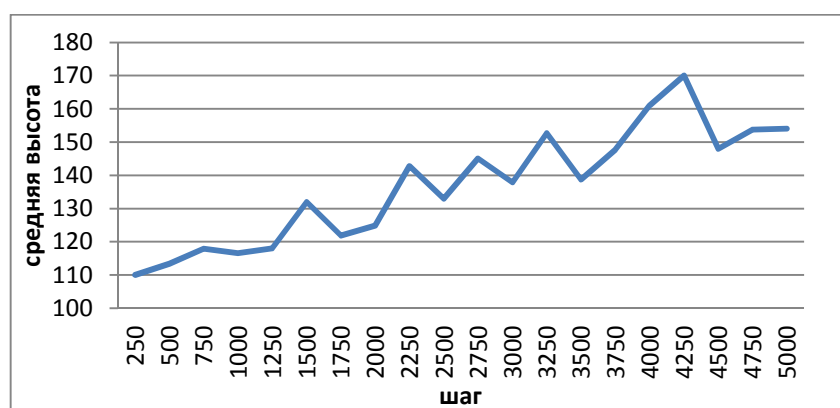


Рис. 5. Зависимость средней высоты от шага передвижения

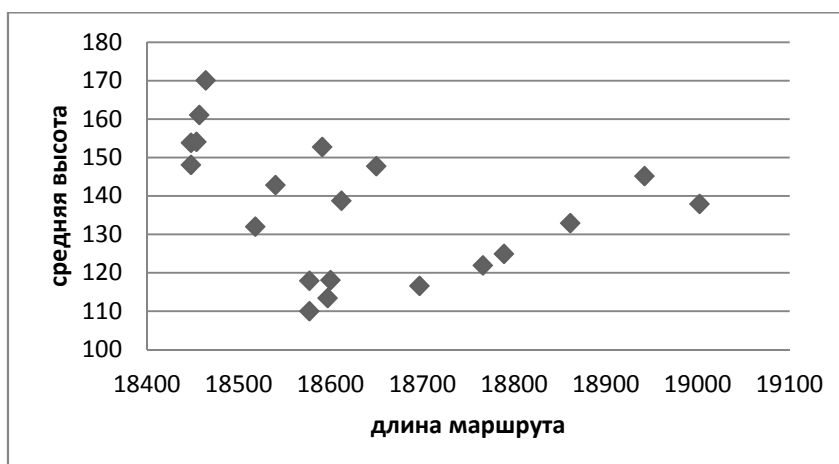


Рис. 6. Зависимость средней высоты от длины маршрута

Из рис. 6 следует, что оптимальным является шаг 250 м.

Далее необходимо проанализировать диапазон возможных направлений по критерию минимизации пути. За данную характеристику в программе отвечает коэффициент $K \in [0; 1]$.

При $K = 0$ допустимой является ветвь с наименьшим расстоянием от конца до цели. При $K = 1$ допустимыми являются все ветви.

Для анализа были получены зависимости длины пути и средней высоты от значения коэффициента K для трёх разных начальных положений ЛА. Полученные значения были усреднены для каждого значения K и приведены в таблице.

К	Длина пути	Средняя высота
0	19181.11	161.1747
0.1	19275.05	159.291
0.2	19405.3	157.4723
0.3	19533.79	156.9887
0.4	19759.31	156.212
0.5	20586.35	153.66
0.6	23630.27	148.7143
0.7	27546.32	144.4123
0.8	27583.42	144.3317
0.9	27635.77	144.1223

Из таблицы видно, что оптимальным является $K = 0.7$.

Таким образом, в результате анализа были получены следующие параметры, при которых маршрут является оптимальным:

- шаг передвижения 250 м;
- коридор для выбора направлений по критерию минимизации пути изменяется в диапазоне от 0.7 до 1.

Результаты работы программы приведены на рис. 7 и рис. 8.

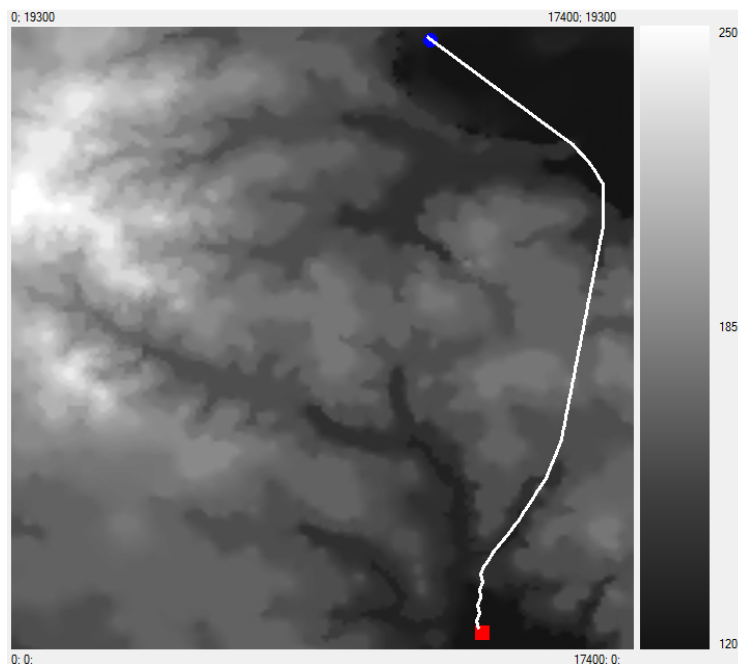


Рис. 8. Маршрут движения ЛА при $K=0.7$, шаг передвижения 250 м

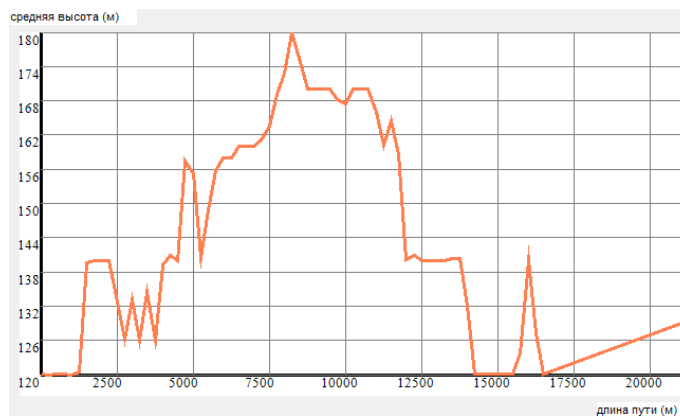


Рис. 9. График изменения высоты рельефа на маршруте

Список литературы

- [1] Кулабухов В.С., Меркулов В.И., Антипов В.Н., Харьков В.П., Канащенков А.И. Авиационные системы радиоуправления. В 3 т. Т. 3. Системы командного радиоуправления / под ред. А.И. Канащенкова, В.И. Меркулова. М.: изд-во Радиотехника, 2004. 320 с.

- [2] Моисеев В.С. Прикладная теория управления беспилотными летательными аппаратами / под ред. В.С. Моисеева. Казань: ГБУ «Республиканский центр мониторинга качества образования», 2013. 768 с.
- [3] Пупков К.А. Моделирование и испытание систем автоматического управления Учебное пособие. МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2012. Режим доступа: <http://iu1.bmstu.ru/Public/Books-bkp/vved.pdf> (дата обращения 15.06.2015).