

УДК 681.5

Критерии оценки точности восстановления плоскостей препятствий — элементов городской застройки

Елтышев Антон Павлович^(*)

eltyshevap@bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. В работе рассматриваются критерии оценки точности восстановления профиля городской застройки в виде плоскостей, формирующих препятствия, по информации, поступающей от массива дальномеров, установленных на квадрокоптере. Критерии позволяют оценить точность работы алгоритмов восстановления плоскостей препятствий. В работе рассмотрены четыре критерия: угол между нормальными плоскостями (полученный алгоритмом и заданный), максимальное расстояние между плоскостями, соотношение площадей восстановленных плоскостей к исходным, интегральный критерий, соответствующий мере объема между двумя плоскостями.

Ключевые слова: квадрокоптер, восстановление городской застройки, система обнаружения препятствий, критерии оценки точности восстановления, восстановление поверхностей

Введение. Для различных технических и алгоритмических решений по обнаружению препятствий и восстановлению профиля городской застройки необходимы критерии оценки точности восстановления, которые позволяют оценить точность получаемых решений, что в перспективе может быть использовано в качестве оценки степени надежности восстановления профиля городской застройки.

Материалы и методы; результаты. В данной работе для восстановления профиля городской застройки используется информация, полученная от системы обнаружения препятствий на базе массива дальномеров и соответствующие ей алгоритмы обработки информации [1, 2]. Результатом работы этих алгоритмов является набор восстановленных не повторяющихся плоскостей препятствий, заданный в виде набора коэффициентов (A, B, C, D) уравнений плоскостей (1) с координатами, ограничивающими плоскость в пространстве.

$$Ax + By + Cz + D = 0. \quad (1)$$

Для оценки точности восстановления плоскостей в работе предлагаются четыре критерия. В качестве *первого критерия* выступает угол между нормальными плоскостями $\mathbf{n}_1$ и $\mathbf{n}_2$, который показывает, под каким углом происходит пересечение плоскостей, который в идеальном случае восстановления должен быть равен нулю, т. е.:

$$\cos \varphi = \frac{\mathbf{n}_1 \cdot \mathbf{n}_2}{|\mathbf{n}_1| |\mathbf{n}_2|} = \frac{x_1 x_2 + y_1 y_2 + z_1 z_2}{\sqrt{x_1^2 + y_1^2 + z_1^2} \sqrt{x_2^2 + y_2^2 + z_2^2}}. \quad (2)$$

Второй критерий — это максимальное расстояние между плоскостями, которое соответствует разности коэффициентов D в ур. (1), если плоскости параллельны, а в противном случае принимается в качестве расстояния от одной из пограничных точек восстановленной плоскости $M_i(x_i, y_i, z_i)$ до исходной плоскости препятствия, которое вычисляется следующим образом:

$$r = \frac{|Ax_i + By_i + Cz_i + D|}{\sqrt{A^2 + B^2 + C^2}}. \quad (3)$$

Третий критерий — это соотношение площади восстановленной плоскости к исходной площади препятствия. В большинстве случаев БВС пролетает лишь над частью препятствия и не получает информацию обо всем его размере. Этот критерий показывает какая часть от исходной плоскости была восстановлена.

Четвертый критерий характеризует объем между восстановленной плоскостью и исходной плоскостью препятствия. В общем случае, когда плоскости не являются параллельными, то этот объем представляет собой суммарный объем двух треугольных призм, заключенных между пересекающимися плоскостями, который равен произведению площади основания $S_{\text{осн}}$ призмы на ее высоту h :

$$V = S_{\text{осн}} h. \quad (4)$$

Когда плоскости параллельны друг другу, то объем между плоскостями — это объем параллелепипеда, находящимся между этими плоскостями, т. е.:

$$V = S_{\text{вос}} r. \quad (5)$$

Заключение. В работе рассмотрены четыре критерия оценки точности восстановления плоскостей препятствий системы обнаружения препятствий на основе дальномеров. Рассмотренные критерии позволяют оценить точность работы алгоритма восстановления плоскостей профиля элементов городской застройки.

Список источников

- [1] Елтышев А.П., Масленников А.Л. Управление квадрокоптером с обеспечением траекторной безопасности с использованием информации от измерительной системы на основе лазерных дальномеров. *Автоматизация. Современные технологии*. 2022, т. 76, № 12, с. 555–559.
<https://doi.org/10.36652/0869-4931-2022-76-12-555-559>
- [2] Елтышев А.П., Масленников А.Л. Восстановление плоскостей профиля городской застройки на основе информации от массива лазерных дальномеров. *XLVIII Академические чтения по космонавтике, посвященные памяти академика С.П. Королёва и других выдающихся отечественных ученых — пионеров освоения космического пространства: сб. тез.* Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2024, т. 2, с. 518–521.