

МЕТОД ШИРОКОЛУЧЕВОЙ ЛАЗЕРНОЙ 3D – ЛОКАЦИИ НА ОСНОВЕ РЕГИСТРАЦИИ УСЕЧЕННЫХ РЕАЛИЗАЦИЙ ОТРАЖЕННЫХ СИГНАЛОВ

В.И. Иванов, Н.И. Иванов

НИИ ядерных проблем Белорусского государственного
университета, Минск

E – mail: ivanov.inp@gmail.com

Рассматриваемый метод лазерной локации предназначен для получения дальностных 3D – портретов высокодинамичных объектов, который наряду с изображениями объектов одновременно обеспечивает получение данных об их рельефе за минимальное время. Метод разработан на базе новых алгоритмов с учетом основных положений широколучевой 3D - локации, предложенных нами в [1, 2].

Для упрощения изложения полагаем, что лоцируемую поверхность объекта, находящуюся на расстоянии h от лидара, облучают широколучевым лазерным излучением импульсами прямоугольной формы с почти плоской волной и длительностью

$$\tau_{\text{и}} \geq \frac{2\xi_{\text{в.маx}}(\vec{r}_1)}{c}, \quad (1)$$

где $\xi_{\text{в.маx}}(\vec{r}_1)$ – максимальное возвышение рельефа поверхности; c – скорость света.

Длительность импульса отраженного светового поля $E(\vec{S}, t)$ равна

$$T = \tau_{\text{и}} + \frac{\xi_{\text{в.маx}}(\vec{r}_1)}{c} = \tau_{\text{и}} + \tau_{\text{ф.маx}}(\vec{S}, t), \quad (2)$$

где \vec{S} – вектор в плоскости изображения; \vec{r}_1 – вектор в предметной плоскости; $\tau_{\text{ф.маx}}(\vec{S}, t)$ – максимальная длительность фронта отраженного поля.

Координаты в плоскости изображения оптической системы (ОС) лидара введены таким образом, чтобы между координатами точек лоцируемой поверхности и координатами ее параксиального изображения существовала простая связь

$$\vec{S} = \beta \vec{r}_1, \quad (3)$$

где $\beta = d/h$ – коэффициент увеличения приемной ОС лидара; d – расстояние от линзы ОС до плоскости изображения, в которой установлен двумерный детектор изображений; h – расстояние от лидара до поверхности объекта.

В рамках данной модели запаздывание прихода τ_k каждой из элементарных волн $E_k(\vec{r}_1, t) \sim E_k(\vec{S}, t)$, отраженных от k точек

поверхности, однозначно связано с распределением возвышений рельефа $\xi_{Bk}(\vec{r}_1)$ объекта

$$\tau_k(\vec{S}, t) = \frac{2\xi_{Bk}(\vec{r}_1)}{c}. \quad (4)$$

Причем, для каждой реализации отраженного светового поля $E(\vec{r}_1, t) \sim E(\vec{S}, t)$ осуществляется регистрация двух двумерных распределений энергии $B_1(\vec{S})$ и $B_2(\vec{S})$, каждое из которых получают при разных временах экспозиции. При этом первое распределение $B_1(\vec{S})$ получают путем двумерного накопления усеченной реализации по длительности T импульса отраженного светового поля $E(\vec{S}, t)$, а второе распределение $B_2(\vec{S})$ – путем двумерного накопления полной реализации $E(\vec{S}, t)$ длительностью T , определяемой (2).

$$\begin{aligned} B_1(\vec{S}) &= T_a(\vec{S}, t) A |E_k(\vec{S})|^2 \int_{t_1}^{t_0+T} f^2(t - \tau_k) dt = \\ &= T_a(\vec{S}, t) A |E_k(\vec{S})|^2 (t - \tau_k) \end{aligned} \quad (5)$$

где $T_a(\vec{S}, t)$ – передаточная функция атмосферы по трассе локации; A – аппаратная постоянная; t_0 – момент начала прихода переднего фронта отраженного сигнала; $t_1 = t_0 + \tau_{и}$.

$$\begin{aligned} B_2(\vec{S}) &= T_a(\vec{S}, t) A |E_k(\vec{S})|^2 \int_{t_0}^{t_0+T} f^2(t - \tau_k) dt = \\ &= T_a(\vec{S}, t) A |E_k(\vec{S})|^2 \tau_{и} \end{aligned} \quad (6)$$

Из отношения (5) и (6) имеем

$$\tau(\vec{S}) = t_1 - \tau_{и} \frac{B_1(\vec{S})}{B_2(\vec{S})}. \quad (7)$$

Отсюда, с учетом (4)

$$\xi_B(\vec{r}_1) = \frac{c}{2} \left(t_1 - \tau_{и} \frac{B_1(\vec{S})}{B_2(\vec{S})} \right). \quad (8)$$

Данный метод позволяет одновременно определять распределение возвышений (рельефа) $\xi_B(\vec{r}_1)$ на множестве точек поверхности объекта. При условии обеспечения требуемого разрешения ОС погрешность определения $\xi_B(\vec{r}_1)$ определяется только инструментальной погрешностью, а именно, ошибками измерения $t_1, \tau_{и}, B_1(\vec{S}), B_2(\vec{S})$.

В докладе рассматриваются точностные характеристики метода и пути их практической оптимизации.

1. Патент SU 1593429. Способ стереометрической оптической локации / Иванов В.И.
2. Патент SU 1591621. Способ определения лоцируемого объекта при импульсной локации / Иванов В.И.