

УДК 621.384.3

РАСЧЕТ ЛИНЕЙНЫХ СМЕЩЕНИЙ И УГЛА ПОВОРОТА ИЗОБРАЖЕНИЯ ПРИ ДВИЖЕНИИ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ ОТНОСИТЕЛЬНО НАБЛЮДАЕМОЙ СЦЕНЫ

А.Ю. Поляков, В.В. Тресков, В.М. Демидов

Предлагаемый метод расчета позволяет точно вычислять линейные смещения и угол поворота между последовательными кадрами, получаемыми при помощи оптико-электронной системы, движущейся относительно наблюдаемой ею неподвижной сцены.

Ключевые слова: итерационный анализ изображения, модель межкадрового преобразования.

При движении оптико-электронной системы относительно наблюдаемой ею неподвижной сцены в плоскости, перпендикулярной ее оптической оси, и вращении вокруг этой оси преимущественно происходят линейные смещения Δx , Δy и поворот φ изображений $f_1(x,y)$ и $f_2(x,y)$, являющихся последовательно получаемыми кадрами, в ортогональной системе координат (x,y) :

$$\begin{aligned} f_2(x,y) &\approx f_1(x',y'), \\ x' &= \cos \varphi \cdot x + \sin \varphi \cdot y + \Delta x, \\ y' &= -\sin \varphi \cdot x + \cos \varphi \cdot y + \Delta y. \end{aligned}$$

Разность двух последовательно получаемых кадров в случае высокой скорости накопления сигнала на приемнике можно представить как

$$\Delta f(x,y) = f_2(x,y) - f_1(x,y) = f_1(x',y') - f_1(x,y) \approx \frac{\partial f_1}{\partial x}(x,y)dx + \frac{\partial f_1}{\partial y}(x,y)dy.$$

Если угол поворота составляет по модулю менее 5° , тогда $dx = x' - x \approx \varphi \cdot y + \Delta x$, $dy = y' - y \approx -\varphi \cdot x + \Delta y$. Минимизируя сумму квадратов невязок $F(\Delta x, \Delta y, \varphi) = \sum_{x,y} (f_x dx + f_y dy - \Delta f)^2$, по-

лучим систему линейных уравнений

$$\begin{aligned} \varphi \cdot \left[\sum_{x,y} f_x \cdot (f_x \cdot y - f_y \cdot x) \right] + \Delta x \cdot \left[\sum_{x,y} f_x^2 \right] + \Delta y \cdot \left[\sum_{x,y} f_x \cdot f_y \right] &= \sum_{x,y} [\Delta f \cdot f_x], \\ \varphi \cdot \left[\sum_{x,y} f_y \cdot (f_x \cdot y - f_y \cdot x) \right] + \Delta x \cdot \left[\sum_{x,y} f_x \cdot f_y \right] + \Delta y \cdot \left[\sum_{x,y} f_y^2 \right] &= \sum_{x,y} [\Delta f \cdot f_y], \\ \varphi \cdot \left[\sum_{x,y} (f_x \cdot y - f_y \cdot x)^2 \right] + \Delta x \cdot \left[\sum_{x,y} f_x \cdot (f_x \cdot y - f_y \cdot x) \right] + \Delta y \cdot \left[\sum_{x,y} f_y \cdot (f_x \cdot y - f_y \cdot x) \right] &= \\ = \sum_{x,y} [\Delta f \cdot (f_x \cdot y - f_y \cdot x)], \end{aligned}$$

решение которой дает искомые параметры $(\varphi, \Delta x, \Delta y)$.

Для практической реализации метода можно многократно последовательно применить к обоим изображениям пространственный фильтр формата 3×3 пикселя, реализующий взвешенное среднее, а затем производить вычисление и уточнение параметров $(\varphi, \Delta x, \Delta y)$ по указанным выше соотношениям.

Поляков Александр Юрьевич – ОАО «Центральный научно-исследовательский институт «Циклон», аспирант Московского государственного университета геодезии и картографии (МИИГАиК), arolyakov1985@rambler.ru; *Тресков Виктор Викторович* – ОАО «Центральный научно-исследовательский институт «Циклон», dep140@yandex.ru; *Демидов Владимир Михайлович* – ОАО «Центральный научно-исследовательский институт «Циклон», кандидат технических наук, demidovova@yandex.ru.