

УДК 004.932.2

АНАЛИЗ ИЗОБРАЖЕНИЙ, ПОЛУЧАЕМЫХ С БОРТОВОЙ КАМЕРЫ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ДЛЯ ЕГО НАВИГАЦИИ

Х. А. Абдулкадим (*h_a_meer@yahoo.com*)

Ульяновский Государственный Технический Университет

В статье представлены некоторые результаты исследования возможности применения различных алгоритмов оценивания параметров пространственных смещений изображений, получаемых с бортовой камеры автономного беспилотного аппарата, для решения задач навигации автономного аппарата.

1. Введение

В настоящее время известно большое количество алгоритмов, позволяющих выполнять оценку смещений и искажений в паре изображений[1-4]. Среди таких алгоритмов можно упомянуть корреляционно - экстремальные алгоритмы, процедуры, основанные на выделении и сравнении характерных черт изображений, алгоритмы направленного поиска и другие. Некоторые из этих алгоритмов нашли свое применение в задачах, связанных с навигационным сопровождением различных мобильных объектов. Такое сопровождение, как правило, связано с поиском на заранее заданной электронной карте местности изображения, получаемого с помощью бортовой камеры. Несмотря на ряд очевидных преимуществ применения таких алгоритмов, связанных с отсутствием необходимости во внешних по отношению к позиционируемому объекту устройствах и с постоянными невозрастающими ошибками, такая идентификация сопряжена с рядом сложностей. Среди этих сложностей высокие требования к производительности управляющих вычислительных систем и существенные для практической реализации ошибки оценивания. Это объясняется большим количеством оцениваемых параметров и сложным видом минимизируемой целевой функцией. В настоящей работе представлены результаты исследований, позволяющие определить условия для применения алгоритмов оценки смещения изображений для решения задач навигации автономных летательных аппаратов.

2. Псевдоградиентные алгоритмы

Рассмотрим временную последовательность изображений $x_{ij}^{(k)}$, где i, j – пространственные координаты элемента на изображении, k – номер изображения в последовательности. Выберем в данной последовательности два изображения, следующие друг за другом. Обозначим их для простоты $x_{ij}^{(1)}$ и текущее $x_{ij}^{(2)}$. Будем называть далее $x_{ij}^{(1)}$ опорным кадром, а $x_{ij}^{(2)}$ текущим. В случае, если эти кадры получены с камеры, установленной на автономном летательном аппарате, то, оценив разницу между ними, становится возможно определить относительное перемещение самого летательного аппарата за прошедший между моментами регистрации промежуток времени.

Будем далее считать, что шум, воздействующий на опорное изображение $x_{ij}^{(1)}$ и текущее $x_{ij}^{(2)}$, является белым, так что наблюдения для первого и второго изображений имеют следующий вид:

$$\begin{aligned} Z_{ij}^{(1)} &= x_{ij}^{(1)} + \theta_{ij}^{(1)}, \\ Z_{ij}^{(2)} &= x_{ij}^{(2)} + \theta_{ij}^{(2)}. \end{aligned}$$

Обычно при оценивании пространственного сдвига между z^1 и z^2 используют простой алгоритм, описанный в [2]. Сама оценка смещения в соответствии с этим алгоритмом будет иметь следующий вид:

$$\hat{h} = \frac{2 \sum_{j=1}^N (z_{ij}^{(1)} - z_{ij}^{(2)})(z_{ij+1}^{(1)} - z_{ij-1}^{(2)})}{\sum_{j=1}^N (z_{ij+1}^{(1)} - z_{ij-1}^{(2)})^2}$$

Недостатком данной процедуры являются значительные ошибки, возникающие при смещениях большого размера. Выходом в этих условиях является применение псевдоградиентных процедур. Эти процедуры могут быть описаны следующим выражением:

$$\hat{\alpha}_{t+1} = \hat{\alpha}_t - \Lambda_{t+1} \beta_{t+1} J(Z_{t+1}, \hat{\alpha}_t),$$

где α - оцениваемый вектор параметров; t -номер итерации; Λ - матрица приближения; β - псевдоградиент целевой функции J , которая характеризует качество оценивания; $Z_t = \{z_{jt}^{(2)}, \hat{z}_{jt}^{(1)}\}$ - локальная выборка наблюдений, используемая на t -ой итерации; $z_{jt}^{(2)} \in Z^{(2)}$, $jt \in \Omega_j$; $\hat{z}_{jt}^{(1)} = \hat{z}_{jt}^{(1)}(j_t, \alpha_{t-1}) \in \hat{Z}$ выборка, полученная из наблюдений $Z^{(1)}$, например, с помощью интерполяции; $\Omega_j = \{(j_x, j_y)^T\}$ – сетка наблюдений. Интервал дискретизации соответствует числу наблюдений $z_{jt}^{(2)}$.

3. Результаты исследований

Для исследований эффективности применения различных алгоритмов мы использовали несколько последовательностей изображений различных размеров, полученных с мобильных летательных аппаратов. При этом фактический объем обрабатываемых данных варьировался в зависимости

от временной длительности самой видеопоследовательности и размеров каждого кадра. На рисунке 1. представлены некоторые образцы изображения для исследований.



Рис. 1. Образцы изображения.

На рисунке 2. представлены зависимости дисперсии ошибки оценивания от размеров изображения и количества оцениваемых параметров (сдвиг по одной оси – нижняя кривая на графике или по двум осям – верхняя кривая на графике).

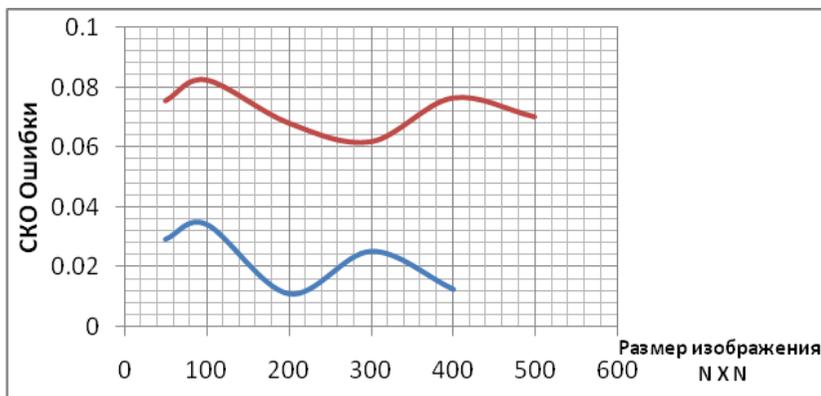


Рис. 2. Дисперсии ошибки оценивания.

Анализ полученных кривых показывает, что применение псевдоградиентных алгоритмов позволяет обеспечить достаточную для большинства практических приложений точность (менее 0.3 пикселей в большинстве случаев). При этом данная точность существенно не зависит от геометрических размеров самого изображения.

На рисунке 3. представлена зависимость времени обработки в зависимости от величины фактического сдвига и размера изображения.

При этом для общности результатов выполнялась оценка четырех параметров – пространственного сдвига по двум осям, угла поворота и масштаба.

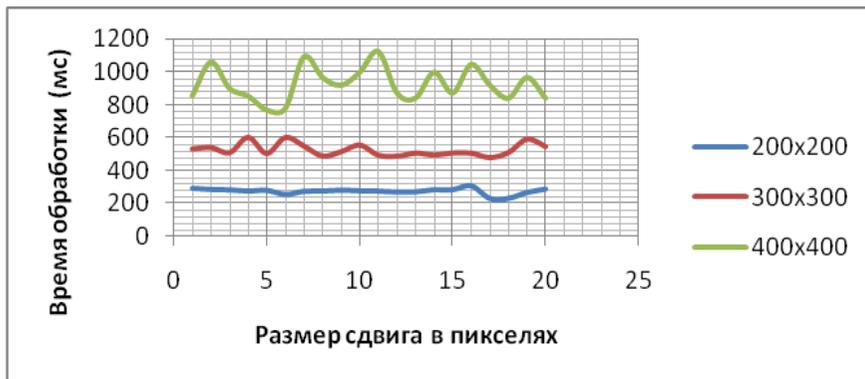


Рис. 3. Время обработки вычисляется для разных размеров

Представленные результаты свидетельствуют о линейной зависимости времени обработки от геометрических размеров кадров. При этом время обработки существенно не зависит от размера самого сдвига. Анализ самого времени обработки (менее 1 секунды) свидетельствует о потенциальной возможности применения данных алгоритмов в системах реального времени.

На рисунке 4. и рисунке 5. представлены зависимости точности получаемых оценок в зависимости от размеров сдвига кадров относительно друг друга.



Рис. 4. Точность оценки (hx) с различными размерами изображения

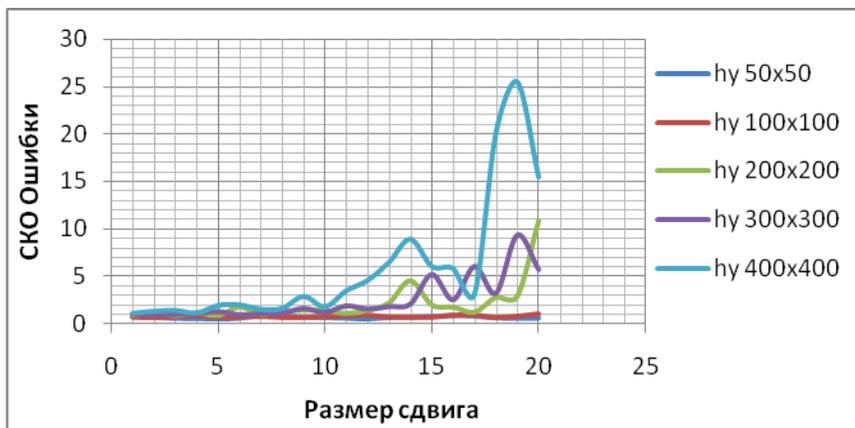


Рис. 5. Точность оценки (hy) с различными размерами изображения

Результаты свидетельствуют о резком падении точности оценивания при сдвигах, сопоставимых с радиусом корреляции. Это объясняется «сваливанием» псевдоградиента в зоны «ложных» экстремумов и существенно ограничивает применение псевдоградиентных алгоритмов. С другой стороны, это не является препятствием для оценки смещений в последовательности изображений, получаемой с бортовой камеры автономного летательного аппарата, особенно в случае достаточной высоты последнего.

4. Выводы

Таким образом, в настоящей статье представлены результаты представительных статистических исследований, проведённых на реальных аэрокосмических видеопоследовательностях. Данные результаты свидетельствуют о потенциальной возможности использования быстродействующих псевдоградиентных алгоритмов для позиционирования самих аппаратов.

Список литературы

- [Kumar, 2011] Akhilesh Kumar and Chandan Kumar, " Estimation of motion among shifted images at coarse and fine levels ", International Journal of Computational Intelligence and Information Security, India, December 2011 Vol. 2, No. 12.
- [Tashlinskii, 2000] A. G. Tashlinskii, " Image Sequence Spatial Deformation Parameter Estimation ", UIGTU, ISBN 5-89146-204-4, Ulyanovsk [in Russian], 2000.

[Кавеев, 2011]И. Н. Кавеев," Разработка и исследование псевдоградиентных алгоритмов привязки изображений в условиях интенсивных помех", диссертация в УЛГТУ (Ульяновский Государственный Технический Университет), Ульяновск, 2011.

[Horeva, 2013]A. M. Horeva, A. G. Tashlinskii, and L. Sh. Birtimirov, "Finding the Pseudogradient of the Objective Function in Procedures for Estimation of Interframe Deformations of Images", Springer US ,ISSN 1054_6618, Pattern Recognition and Image Analysis, 2013, Vol. 23, No. 4, pp. 440–444.