

Применение цифровой обработки изображений для определения пространственного положения летательного аппарата

Application of digital image processing for determination of the aircraft spatial position

Ключевые слова: летательный аппарат – aircraft, навигационная система – navigation system, двухмерный спектр пространственных частот – two-dimensional spatial frequency spectrum, угловое положение – angular position, угол эволюции – angle of evolution.

Настоящий научный обзор посвящен вопросам цифровой обработки изображений для определения пространственного положения летательного аппарата, в частности анализу эффективности метода построения двухмерного спектра наблюдаемого изображения с помощью двухмерного преобразования Фурье.

The present review is devoted to research on digital image processing for determination of the aircraft spatial position, in particular the analysis of the effectiveness two-dimensional images observed spectrum construction method with a two-dimensional Fourier transform.

Современные пилотируемые и беспилотные летательные аппараты (ЛА) снабжены достаточным количеством навигационной аппаратуры для определения своего углового положения в пространстве. Чувствительными элементами навигационных средств обычно являются гироскопы, акселерометры и датчики угловых скоростей.

Анализ принципов построения навигационных систем и систем стабилизации живых организмов показывает, что данные о положении и состоянии тела организма, формируемые его вестибулярным аппаратом, дополняются данными, получаемыми в результате обработки изображения, формируемого зрительным анализатором этого организма. Обработка наблюдаемого изображения в данном случае заключается в целостном анализе [1] положения вертикальных и горизонтальных линий, совместно составляющих контуры и элементы попадающих в поле зрения объектов [2], с после-

МАКАРЕНКО / MAKARENKO A.

Александр Александрович

(a_makarenko@mail.ru)

доцент, кандидат технических наук, доцент кафедры Физики и техники оптической связи (ФитОС) Санкт-Петербургского Национального Исследовательского Университета Информационных Технологий (НИУ ИТМО), Санкт-Петербург

ТУРНЕЦКИЙ / TURNETSKIY I.

Леонид Сергеевич

(tls7@rambler.ru)

доцент, кандидат технических наук, начальник отдела проектирования перспективных радиоэлектронных систем ОАО "НПП "Радар ММС", Санкт-Петербург

КАРМАНОВ / KARMANOV A.

Андрей Геннадьевич

(karmanov.nip@gmail.com)

доцент, кандидат технических наук, начальник Центра ситуационного анализа ЗАО «ИТ», зам. зав. кафедрой Геоинформационных систем (ГИС) Санкт-Петербургского Национального Исследовательского Университета Информационных Технологий (НИУ ИТМО), Санкт-Петербург

дующей оценкой положения тела относительно результатов этого анализа. Рассматриваются не конкретные линии, а общая картина, аналогом которой может считаться двухмерный спектр пространственных частот наблюдаемого сюжета.

Известно [3], что максимальную ширину двухмерный спектр пространственных частот реального изображения имеет в вертикальном и горизонтальном направлении, а минимальную – в диагональных направлениях. Такое свойство объясняется преобладанием вертикальных и горизонтальных направлений в текстурах и контурах реальных объектов. Эта особенность спектра и является физической основой для построения датчика углового положения ЛА. Датчик должен определить двухмерный спектр наблюдаемого изображения и определить величину отклонения направлений к

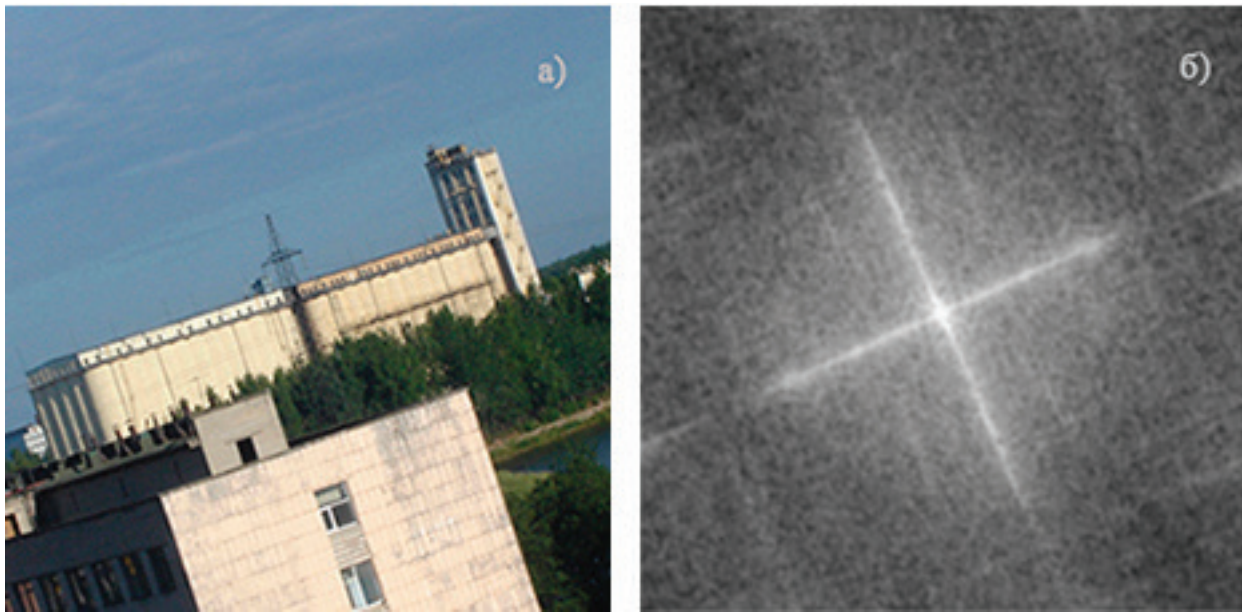


Рис.1. Исходное изображение (а) и его амплитудный спектр (б)

вертикальному максимуму амплитудного спектра от направления координатной оси ОУ в системе координат преобразователя свет-сигнал. Величина отклонения будет соответствовать углу крена, если оптическая ось оптоэлектронной камеры ориентирована в направлении полета, или углу тангажа, если оптическая ось оптоэлектронной камеры в горизонтальной плоскости ориентирована в направлении, перпендикулярном направлению полета.

Предлагаемым методом решения задачи построения двумерного спектра наблюдаемого изображения является применение цифровой обработки изображений – двумерного преобразования Фурье. Если обозначить исходное изображение размером M строк по N элементов в строке через $f(x, y)$, прямое преобразование Фурье этого изображения рассчитывается по формуле

$$F(u, v) = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{M-1} f(x, y) \cdot e^{-j2\pi(ux/N + vy/M)}. \quad (1)$$

Затем определяется амплитудный спектр исходного изображения, исходя из результатов вычислений по формуле (1).

$$|F(u, v)| = \sqrt{R^2(u, v) + I^2(u, v)}. \quad (2)$$

Центральная квадратная часть вычисленного амплитудного спектра (2) представляется в виде двумерного квадратного изображения размером K строк ($K \leq M$) по K элементов в строке ($K \leq N$), на котором определяется направление к вертикаль-

ному максимуму амплитудного спектра (рис. 1). Вычисленное значение отклонения будет соответствовать углу крена или тангажа (в зависимости от того, куда ориентирована оптическая ось камеры, ведущей наблюдение).

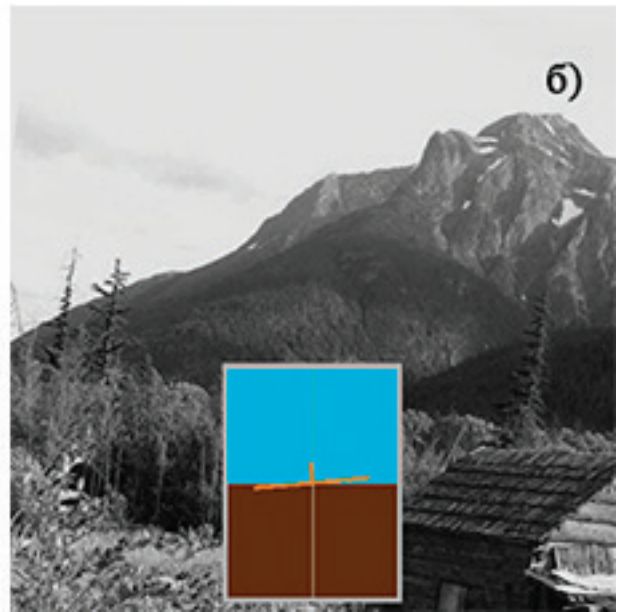
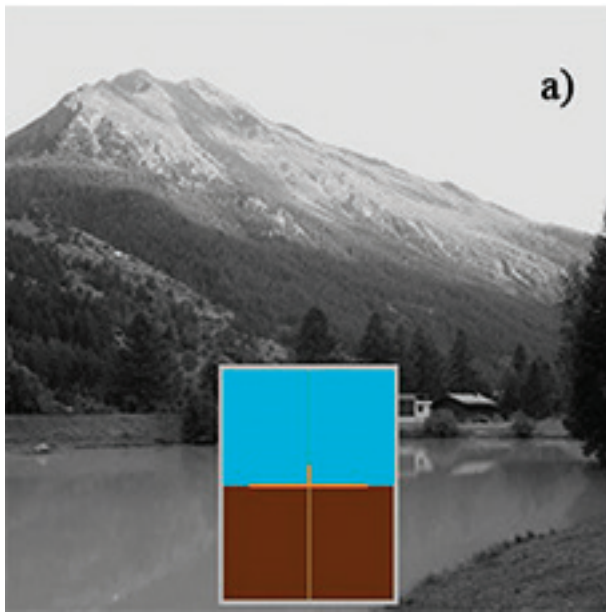
В отличие от ряда известных [4,5] оптоэлектронных систем определения углов эволюций ЛА, на качество работы которых оказывает значительное влияние шумовая помеха, препятствующая точному выделению контуров элементов изображения, предлагаемый метод подвержен влиянию шума в значительно меньшей степени, поскольку наличие постоянного шума лишь «размывает» амплитудный спектр, не изменяя положения его максимумов в вертикальном и горизонтальном направлениях.

Предложенный метод определения углов эволюций ЛА позволяет снизить влияние наличия крена ЛА на результаты определения угла тангажа (и наоборот), поскольку параллельное перемещение одной и той же группы объектов по полю изображения оказывает влияние главным образом на фазовый, а не на амплитудный спектр. Это свойство излагаемого алгоритма также подтверждено экспериментально [6,7].

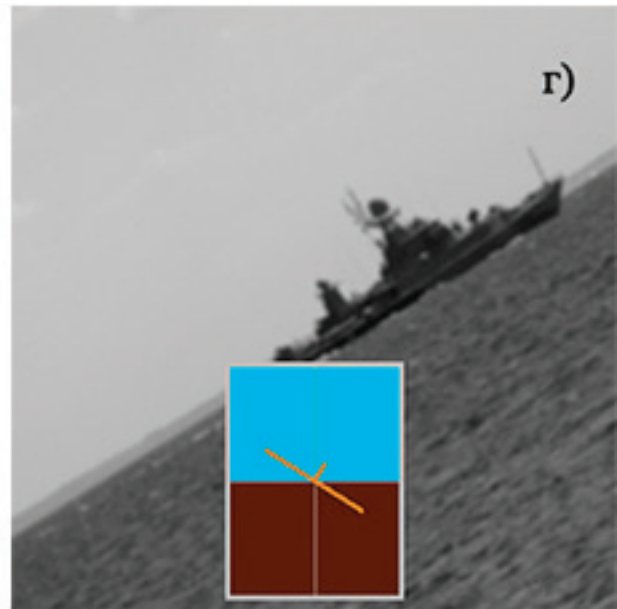
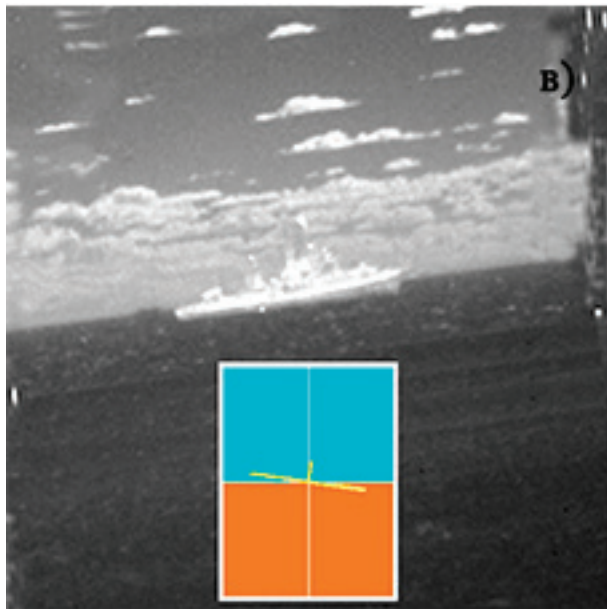
Исследования параметров работы метода и алгоритма определения углов эволюций ЛА выполнено на базе созданной математической модели его работы и написанной программы, реализующей эту модель.

В качестве исходных изображений применялись реальные снимки, полученные с помощью бортовых оптоэлектронных (телевизионных и

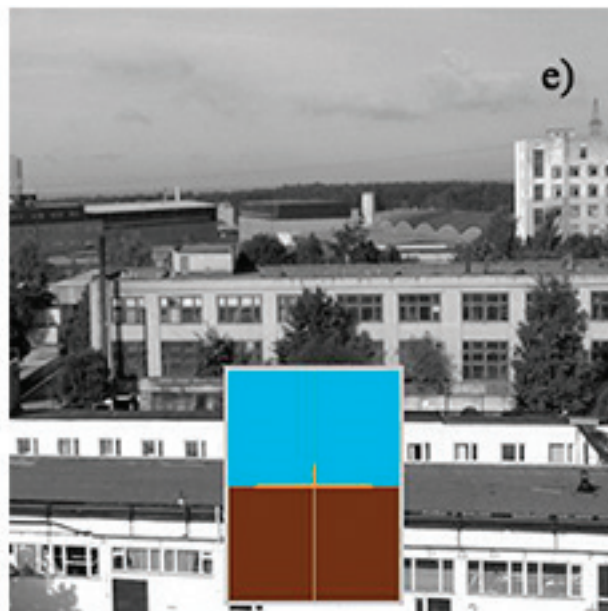
ГЕОИНФОРМАТИКА



а, б – полеты в горах;



в, г – полеты над морем;



д, е – полеты над городом в ясную погоду;



ж, и – полеты над городом в тумане

ГЕОИНФОРМАТИКА

тепловизионных) устройств, размещенных на реальных летательных аппаратах. Проводились экспериментальные исследования возможностей алгоритма по определению углового положения ЛА, выполняющего полет в городских условиях в ясную погоду и в тумане, над морем и в горах.

На поле изображения программными средствами создавалось стилизованное изображение индикатора авиагоризонта, отображающего величину угла крена ЛА.

На рис. 2 представлены результаты моделирования работы компьютерной модели бортового оптоэлектронного измерителя углов эволюций ЛА.

Суммируя вышесказанное, можно сделать вывод, что метод и алгоритм определения углов эволюций ЛА, основанный на предлагаемом авторами в рамках настоящей статьи методе решения задачи построения двухмерного спектра наблюдаемого изображения, позволяет устранить ряд недостатков, присущих имеющимся на данный момент оптоэлектронным системам определения углов эволюций ЛА. Среди таких недостатков – значительное влияние шумов при выделении контуров определяемых объектов, зависимость результатов определения угла тангажа от наличия крена ЛА (и наоборот). Преимущества метода и алгоритма построения двухмерного спектра наблюдаемого изображения на основе двухмерного преобразования Фурье были подтверждены в ряде экспериментов с использованием программы, реализующей математическую модель работы данного алгоритма.

Литература

1. *Спрингер С., Дейч Г.* Левый мозг, правый мозг. / Пер с англ. – М.: Мир, 1983. – 256 с.;
2. *Хьюбел Д.* Глаз, мозг, зрение. / Пер с англ. – М.: Мир, 1990. – 239 с.;
3. *Красильников Н. Н.* Цифровая обработка 2D- и 3D-изображений: учеб. пособие. – СПб.: БХВ-Петербург, 2011. – 608 с.;
4. Комплексированные микросистемы ориентации малоразмерных беспилотных летательных аппаратов / Распопов В. Я. [и др.] // Сб. трудов 18-ой Санкт-Петербургской международной конференции по интегрированным навигационным системам 30 мая - 01 июня 2011г. – СПб, 2011. – с. 169;
5. Интегрированная инерциально-оптическая система ориентации / Нестеренко О. И. [и др.] // Сб. трудов 18-ой Санкт-Петербургской международной конференции по интегрированным навигационным системам 30 мая - 01 июня 2011г. – СПб, 2011. – с. 170.
6. *Анцев Г.В., Анцев И.Г., Макаренко А.А., Турнецкий Л.С., Барабанов А.Д.* Программа оценки угла крена летательного аппарата. Программа для ЭВМ №2012618019, 13 июля 2012.
7. *Анцев Г.В., Анцев И.Г., Макаренко А.А., Турнецкий Л.С., Барабанов А.Д.* Программа оценки угла тангажа летательного аппарата. Программа для ЭВМ №2012618022, 13 июля 2012.

ИНСТИТУТ
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ

БПЛА

ЗАО «Институт телекоммуникаций»
предлагает:

Аэрофото - и видео -
съемка на базе БПЛА
Комплексы дистанционного
мониторинга местности

Подробнее: Infokosmo.ru/uslugi/aerofoto
Санкт-Петербург, ул.Кантемировская, д.5
тел. (812) 740-77-07