

УДК 528.9. 681.3

Гаврилов Егор Валерьевич

руководитель дирекции ОЭС

АО «НПК Пеленгатор»

Никеев Дмитрий Дмитриевич

магистр физики,

начальник отдела программного обеспечения

АО «НПК Пеленгатор»

Никитин Владимир Георгиевич

кандидат технических наук, доцент,

доцент кафедры аэрокосмических

измерительно-вычислительных комплексов

Санкт-Петербургский государственный
университет аэрокосмического приборостроения

Филиппова Екатерина Антоновна

студентка, бакалавр,

инженер-программист 3-й категории

Санкт-Петербургский государственный
университет аэрокосмического приборостроения

Gavrilov E.V.

Head of the Directorate OES

АО «NPK Pelengator»

Nikeev D.D.

master of physics, head of software department

АО «NPK Pelengator»

Nikitin V.G.

Candidate of Engineering Sciences,

Docent, Associate Professor

Saint Petersburg State University

of Aerospace Instrumentation

Filippova E.A.

student, bachelor, engineer - programmer 3category

Saint Petersburg State University

of Aerospace Instrumentation

**НЕКОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ
ПОСРЕДСТВОМ СОВМЕЩЕНИЯ ФОТОСНИМКА СЦЕНЫ С
ЦИФРОВОЙ КАРТОЙ МЕСТА**

NO CORRELATION ALGORITHM COORDINATE LOCATION BY MEANS OF MATCHING SCENE PHOTO WITH DIGITAL MAP LOCATIONS

Аннотация: Разработан алгоритм определения координат посредством совмещения фотоснимка сцены с цифровой картой места. Приведены основные этапы и результаты тестирования на реальных и синтезированных сюжетах.

Ключевые слова: определение координат, поиск матчевых изображений, некорреляционные методы навигации.

Summary: Algorithm coordinate location by means of matching scene photo with digital map locations. The basic stages and test results on real and synthetic models.

Key words: coordinate location, search matching images, no correlation method of navigation.

В настоящее время широко используются бесплатформенные инерциальные навигационные системы (БИНС) и спутниковые системы навигации (СНС) летательных аппаратов (ЛА), которые не всегда дают достаточно точную информацию о его местоположении. В БИНС с увеличением времени полета ЛА происходит накопление ошибки в результате двойного интегрирования. В СНС связь может обрываться или задерживаться в зонах, недостижимых в данный момент сигналом спутника или из-за воздействия помех. Развитие оптики, улучшение детализации и качества снимков оптической станции (ОС) на борту ЛА позволяет использовать ее визуальную информацию для задач навигации и целеуказания. Преимуществом этого является работа относительно реальной обработанной информации с поверхности Земли, а не её модели эллипсоида, как в вышеупомянутых системах. Принцип известных методов коррекции навигационных систем такого рода заключается в совмещении информации видимого или невидимого диапазона с картами местности, которые делятся на

корреляционные (КМ) и некорреляционные (НМ) [1с. 36]. КМ достаточно распространены и используются для коррекции местоположения ЛА по картам места. Однако, согласно работам [2с. 89],[3с. 40] характерные изменения яркостно - геометрических параметров вносят высокую вероятность аномальных ошибок, что снижает точность (десятки метров) и надежность метода. Поэтому в настоящее время наблюдается тенденция поиска алгоритмов на основе НМ. Они, как правило, основаны на структурном анализе изображений и поиске характерных черт (линий, областей, точек) (ХЧ). При этом лучшие показатели качества по свойствам ХЧ [1с.61] - инвариантность, устойчивость к шуму, скорость и др.- выявлены у НМ по точкам [5с. 148], средний - по линиям [4с. 12], низкий – по областям.

Особенности информации, получаемой от ОС, включают в себя:

- информацию видимого диапазона (380–730 нм);
- большое число кадров на единицу длины маршрута полета;
- погрешности средств навигации и целеуказания;
- синхронизация моментов получения информации с средств целеуказания, навигации и кадров изображения.

Учитывая вышеизложенное реализация алгоритма содержит в себе следующие принципы:

- Преобразование изображения с учетом информации о его угловом положении, полученной посредством ПНС. Для сравнения изображений исходное изображение должно быть снято в горизонтальном полете ЛА, что не всегда возможно. Отклонение от горизонтальности обусловлено погрешностями значений продольного, поперечного и курсового углов ЛА и углов камеры ОС. При таком геометрическом преобразовании искажения сводятся к возможному минимуму и повышается надежность обработки.

- Фильтрация изображения с использованием морфологических операций с учетом особенностей освещенности сцены и гистограммы оценки фона.

Разработанный алгоритм получения координат посредством совмещения снимков камеры и цифровой карты места (ЦКМ) включает следующие этапы:

- предварительную обработку исходного изображения (фильтрация, трансформация, бинаризация и др.);
- нахождение общих ХЧ изображений – линий, используя преобразование Хафа (HoughTransform [4с. 11-15]);
- получение координат посредством совмещения по найденным ХЧ;

Входными данными алгоритма являются:

- исходное изображение, полученное с ОС в момент времени t_n (рис.1): $\{x_{i,j}^{(n)}\}, i = 0, \dots, I - 1; j = 0, \dots, J - 1; n = 0, \dots, N;$ где I, J – размеры изображения в пикселях;
- Параметр оптической системы: положение в пространстве азимут(alfa), угол места(beta);
- цифровая карта местности, полученная в результате обработки измерений средств целеуказания ЛА $\{p_{i,j}^{(k)}\}$ (рис.2);



Рис.1 Исходное изображение с отмеченной меткой цели



Рис.2 Цифровая карта места по данным ПНС

Общая схема алгоритма представлена на рис.3.

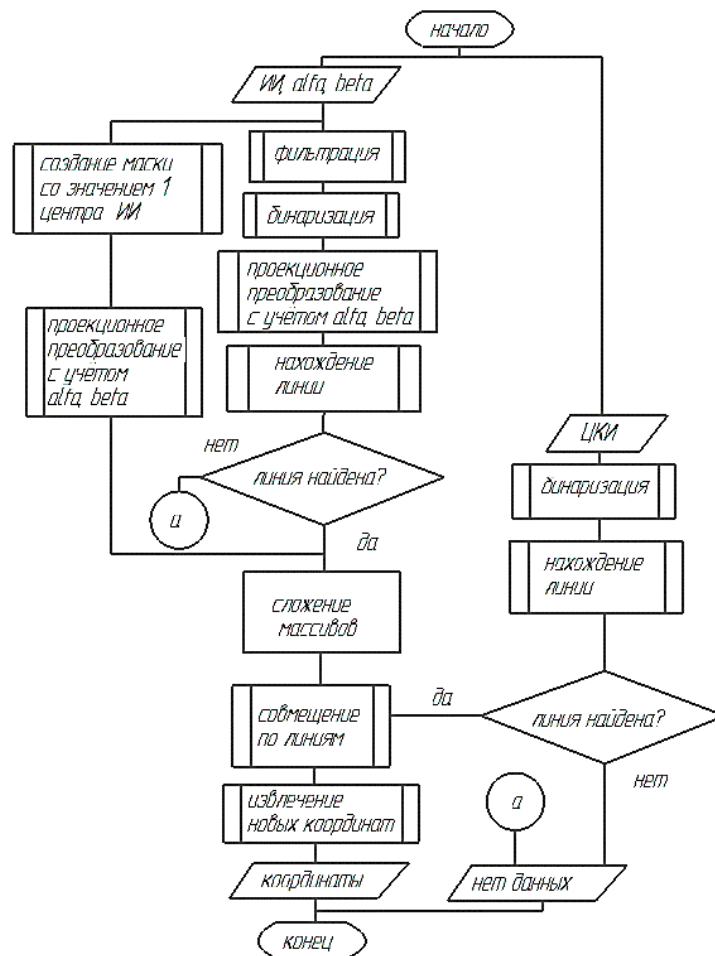


Рис.3 Общая схема алгоритма

Для реализации алгоритма и дальнейшей его оценки была разработана программа в среде MATLAB. Результаты поиска линий на ИИ и ЦКМ после этапа предобработки, представлены на рис.4-5, результат их совмещения по найденной линии на рис.6, где белая область является массивом совмещенной бинаризованной информации со значением 1. После проделанных преобразований программа дает координаты этой точки в системе координат изображения карты и отображает ее на карте места (рис.7):

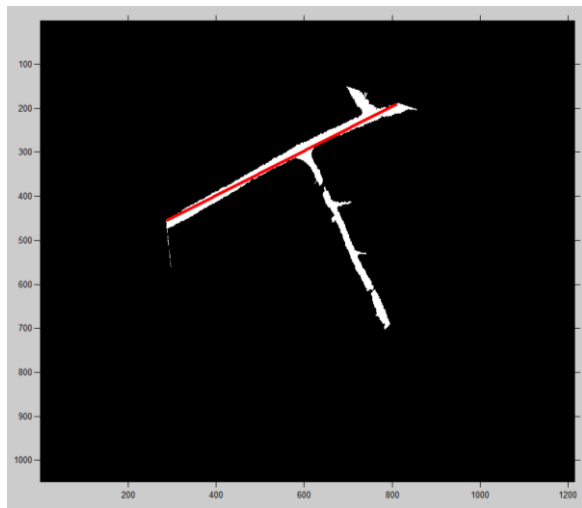


Рис.4 Результат поиска линии на исходном изображении, после предварительной обработки.

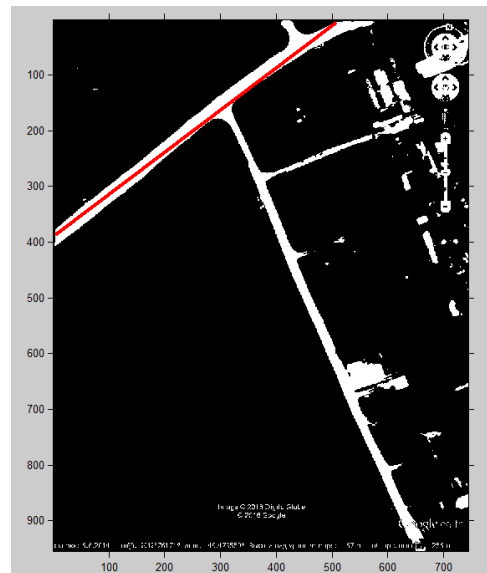


Рис.5 Результат поиска линии на цифровой карте места

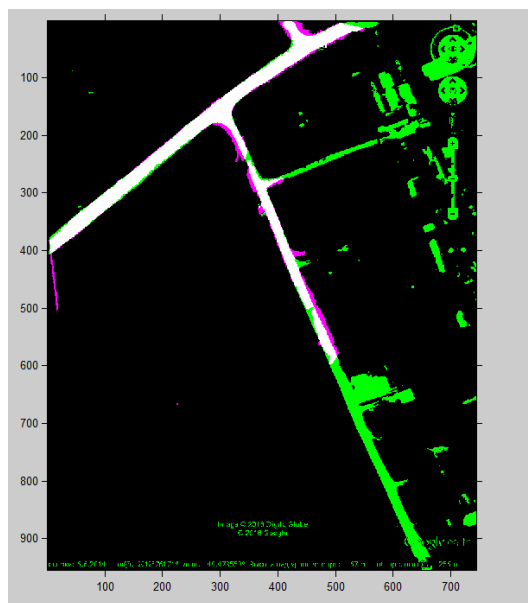


Рис. 6 Результат совмещения по детектору – линии.

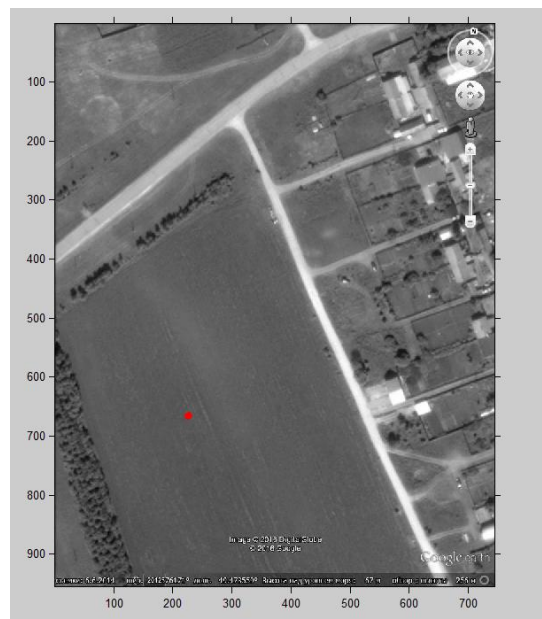


Рис.7 Полученная координата цели на изображении карты

После тестирования алгоритма с использованием разного рода реальных сюжетов были определены следующие требования для повышения точности работы программы:

- фиксированное положение камеры;
- наличие подстилающей поверхности;

- постоянный масштаб съемки;
- постоянная высота и скорость ЛА;
- быстрая скорость обработки вычислителя относительно скорости смены кадров и скорости ЛА;

Для совпадения изображений необходимо следующее:

- наличие массива дорог(линии);
- массив дорог не должен проходить через центр ИИ;
- отсутствие шумов и лишней информации на изображении;
- дневное освещение для камер видимого диапазона.

В связи с невозможностью оценить работу алгоритма с соблюдением всех перечисленных выше требований на всем интервале съемки, поэтому оценка точности была получена при «грубом» режиме полёта ЛА и составила: 7,67 метра или 1,7 пикселя. Быстродействие алгоритма составило 6,3с. при использовании компьютера со следующими характеристиками: процессор Intel(R) Core(TM) i5-4460 CPU©, тактовая частота процессора 3.20 GHz, оперативная память 8 Гб. Таким образом, предлагаемый алгоритм показал приемлемую точность совмещения, несмотря на «грубый» режим полета, что соответствует требованиям по точности руководства[бс. 86]. Необходимо отметить, что быстродействие разработанного алгоритма зависит от характеристик бортового вычислителя. Предполагаемая генерация MATLAB кода программы в код на языке C даст возможность внедрить данный алгоритм в бортовой комплекс ЛА и значительно увеличить скорость нахождения координаты[7с. 16]. Разработанный алгоритм создан на базе АО «НПК ПЕЛЕНГАТОР».

Литература:

1. Красильщиков М.Н., Себряков Г.Г. Современные информационные технологии в задачах навигации и наведения беспилотных маневренных летательных аппаратов. М.: Книга, 2009 г. – 556 с.
2. Красовский А.А., Белоглазов И.Н., Чигин Г.П. Теория корреляционно-экстремальных навигационных систем. М.: Книга, 1979 г. – 448 с.
3. Белоглазов И.Н., Джанджгава Г.И., Чигин Г.П. Основы навигации по геофизическим полям. М.: Книга, 1985. - 328 с.
4. Richard O. Duda, Peter E. Hart. Use of the houghtrasformtion to detect lines and curves in pictures//Communications of the ACM, 1972. - 11-15 pp.
5. Harris, C., and M. Stephens. A Combined Corner and Edge Detector//Proceedings of the 4thAlvey Vision Conference, 1988, 147-151 pp.
6. Руководство Р-315 «По минимальным стандартам характеристик авиационных систем (MASPS) для систем улучшенного видения, систем искусственного видения, комбинированных систем искусственного видения и бортовых систем увеличения дальности видения» Авиационного Регистра Межгосударственного Авиационного Комитета (АР МАК), 2012. - 86 с.
7. В. П. Дьяконов. MATLAB 7 /R2006/R2007. М.: Книга 2008. - 768 с.