



Двадцать вторая международная конференция «СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ  
ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА»

кtn, В.В. Зайцев; В.А. Морозов ; А.И. Сисецкий

**Модель объекта наблюдения в задачах планирования применения систем  
ДЗЗ**





В качестве исходной информации для планирования космической съемки используются параметры орбитального построения КА, параметры съемочной аппаратуры, требования к качеству получаемой информации, а также сведения о районах наблюдения.

В современной литературе практически не исследованы вопросы эффективного описания исходных данных для задания объектов наблюдения в задачах планирования съемки систем ДЗЗ. Обычно для этих целей используются стандартные функциональные возможности ГИС приложений, которые позволяют представить объект стандартными векторными моделями и рассчитать для них основные пространственные характеристики.

При вычислениях ограничивающей рамки важное значение имеет вопрос о картографической проекции применяемой для представления исходных данных, поскольку для больших площадей и протяженных объектов необходимо учитывать неизбежные искажения углов и размеров.

Для описания объектов наблюдения предлагается использовать набор статических и динамических параметров.



Статические параметры не изменяются в процессе планирования съемки. К ним относятся:

- наименование, класс, идентификатор в базе данных объектов;
- координаты центра объекта  $(x_m, y_m)$  и среднее превышение над поверхностью земного эллипсоида  $(h_m)$ ;

- векторные данные в виде набора координат граничного полигона района наблюдения

$$R = \{(x_i, y_i)\},$$

где  $i \in [0, N - 1]$ ,  $N$ -количество вершин полигона;

- цифровая модель рельефа в пределах граничного полигона.

К динамическим параметрам относят:

- векторный слой текущего покрытия съемкой (полигоны с идентификатором объекта);
- приоритет объекта;
- параметры съемки для объекта (режим работы съемочной аппаратуры, разрешение, угол обзора);
- уровень облачности и освещенности для систем оптического диапазона;
- предельные частотные параметры отраженных сигналов для РСА.



Применение зональных проекций, как наиболее оптимальных для достижения указанных целей не всегда возможно из-за протяженных объектов съемки, а также при планировании съемки на значительных по площади территориях, либо на всей поверхности земного эллипсоида.

В данной работе для расчетов граничных рамок объектов и для уменьшения искажений предлагается использовать косую цилиндрическую проекцию Меркатора в версии Хотина, в которой параметры проекции задаются центром системы координат каждого объекта и его азимутом относительно меридиана.

Получение параметров проекции для каждого объекта складывается из следующих этапов:

1. Определяется центр полигона в географических координатах.
2. Вычисляется азимут преобладающего направления объекта в любой равноугольной проекции.
3. Задаются параметры косой цилиндрической проекции с началом системы координат в центре полигона и азимутом объекта.
4. Вычисляются координаты граничных рамок каждого объекта.



Центр полигональной фигуры объекта позволяет определить точку наведения съёмочной аппаратуры для тех случаев, когда размеры объекта меньше полосы захвата. Относительно нее рассчитываются остальные параметры и характеристики объекта наблюдения: главный угол и геометрические размеры.

Если полигон содержит,  $N$ - вершин, его геометрический центр  $xt, yt$  находится как среднее значение координат вершин полигона

$$x_m = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} x_i; \quad y_m = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} y_i$$

Для определения фактических координат центра полигона (центроида) для задач планирования используется расчет через площадь фигуры, которая определяется как сумма площадей трапеций, образованных последовательными вершинами полигонов в плоской системе координат:

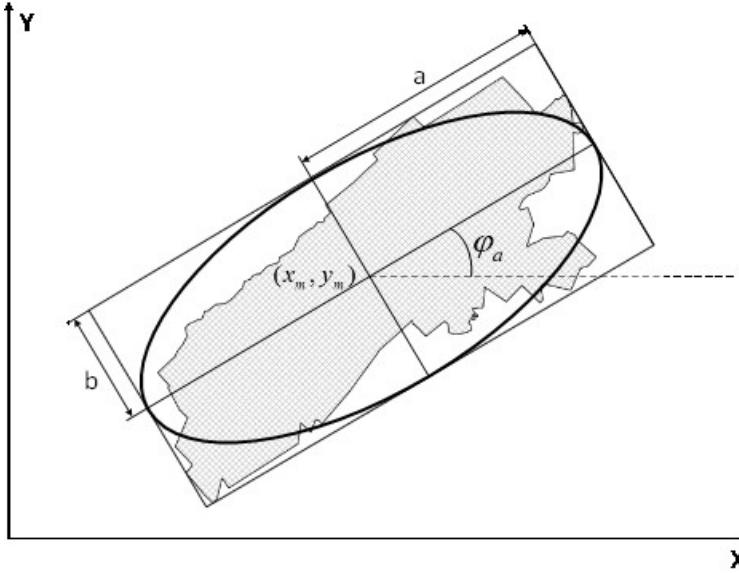
$$A = \frac{1}{2} \sum_{i=0}^{N-1} (x_{i+1}y_i - x_iy_{i+1})$$



Угол ориентации большой полуоси эллипса относительно координатной оси x

$$\varphi_a = \frac{1}{2} \tan^{-1} \left( \frac{2u_{11}}{u_{20} - u_{02}} \right)$$

Однако величину угла ориентации эллипса  $\varphi$  удобно использовать для расчетов положения вершин граничной рамки, азимута направления объекта относительно меридианов (или центрального меридиана) в рабочей системе координат, представленной исходными координатами точек полигона объекта.



Как видно из соотношений, получаемые размеры объекта ( 2a и 2b ) имеют зависимость от точного нахождения координат центра полигона. Из-за смещения центральной точки и пропуска части точек контура объекта в пределах вписанной фигуры (Рис.4) большая и малая полуоси дают неверные значения размеров объекта. Их можно использовать, для предварительной оценки, но не для высокоточного планирования наведения камеры съемочной системы.

Вспомогательные координаты начальной и конечной точек с единичной длиной отрезка:

$$x_h = -\cos(\varphi_a) + x_m, \quad y_h = -\sin(\varphi_a) + y_m;$$

$$x_k = \cos(\varphi_a) + x_m, \quad y_k = \sin(\varphi_a) + y_m.$$

Рис.1. Границные рамки, построенные с использованием вспомогательного эллипса.



## Вычисление координат граничных рамок объекта

Проведем через центр объекта взаимно перпендикулярные отрезки  $[z_1(x, y), z_2(x, y)]$  и  $[z_3(x, y), z_4(x, y)]$  – оси внутренней системы координат объекта.

$$x_{z1} = w_1 \cos(\varphi_a) + x_m, \quad y_{z1} = w_1 \sin(\varphi_a) + y_m;$$

$$x_{z2} = w_2 \cos(\varphi_a) + x_m, \quad y_{z2} = w_2 \sin(\varphi_a) + y_m;$$

$$x_{z3} = -h_1 \cos(\varphi_b) + x_m, \quad y_{z3} = -h_1 \sin(\varphi_b) + y_m;$$

$$x_{z4} = -h_2 \cos(\varphi_b) + x_m, \quad y_{z4} = -h_2 \sin(\varphi_b) + y_m.$$

Затем вычислим координаты четырех угловых точек ограничивающей рамки:

$$x_1 = x_{z1} - h_1 \cos(\varphi_b), \quad y_1 = y_{z1} - h_1 \sin(\varphi_b);$$

$$x_2 = x_{z2} - h_2 \cos(\varphi_b), \quad y_2 = y_{z2} - h_2 \sin(\varphi_b);$$

$$x_3 = x_{z2} - h_2 \cos(\varphi_b), \quad y_3 = y_{z2} - h_2 \sin(\varphi_b);$$

$$x_4 = x_{z2} - h_1 \cos(\varphi_b), \quad y_4 = y_{z2} - h_1 \sin(\varphi_b);$$

Координаты центра ограничивающей рамки, лежащего на пересечении диагоналей прямоугольника, в общем случае, не совпадут с координатами геометрического центра и центроида полигона, но их также можно использовать в качестве характеристики объекта наблюдения.



## Планирование границ объектов наблюдения



Рисунок 2. Показан результат расчетов граничной рамки и маршрутов съемки в косой цилиндрической проекции Меркатора на примере полигона с углом ориентации 17.8 градуса и с центром в точке центроида полигона.



## Выводы

В работе обобщены характеристики объектов наблюдения, для использования в системах планирования съемки современных систем ДЗЗ с программным сканированием. Показано, что определение геометрических размеров объекта зависит от применяемой проекции в которой представлены исходные данные.

Для получения точных результатов и сокращения расчетов предлагается применять локальную косую цилиндрическую проекцию со своими параметрами для каждого объекта. Предложена методика расчета параметров проекции и основные соотношения для вычислений. Приведены соответствующие примеры расчетов.

Результаты работы можно использовать для проектирования съемки в современных режимах наблюдения высокодетальной аппаратурой, на больших площадях, для продолжительных маршрутных включений, а также для планирования работы группировки КА