

SPATIAL MODEL AND INDICATORS OF OBJECTS PROPERTIES OF REMOTE SENSING FROM SPACE

Andrey N. Grigoriev, Georgy G. Dmitrikov

Mozhaisky Military Space Academy, St. Petersburg, Russia

Abstract

The authors propose the spatial information model of remote sensing object. Model-based articulated parameters of object: spatial extent and length. The authors propose the indicator of compactness, indicators of superfluity and insufficiency of remote sensing data. The report provides examples of indicators calculating for real objects of survey from space.

Keywords: remote sensing, subject of survey, spatial model, compactness of the object, superfluity and insufficiency of spatial data

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ МОДЕЛЬ И ПОКАЗАТЕЛИ СВОЙСТВ ОБЪЕКТОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ИЗ КОСМОСА

Григорьев А.Н., Дмитриков Г.Г.

Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского, Санкт-Петербург

В работе предложена пространственная информационная модель объекта дистанционного зондирования Земли. На основе модели сформулированы параметры объекта: пространственный экстенд и длина. Предложены показатель компактности объекта съемки, показатели избыточности и недостаточности данных об объекте съемки. Приведены примеры расчета показателей для условно-реальных объектов съемки из космоса.

Ключевые слова: дистанционное зондирование, объект съемки, пространственная модель, компактность объекта, избыточность и недостаточность пространственных данных.

Введение. Получение детальных пространственных данных основывается, в частности, на использовании методов и средств дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) для регистрации изображений подстилающей поверхности. При этом съемка может выполняться из космоса как в интересах глобального обзора, так и для мониторинга отдельных объектов, которые, в свою очередь, могут быть площадными и характеризуются различными свойствами.

В контексте рассматриваемой темы пространственные свойства площадного объекта съемки определяются его границей, которая в общем случае является случайной и может иметь сложную для описания форму. Если представить в качестве площадных объектов съемки элементы административного деления, то наглядными примерами являются границы районов Новосибирской области (рис. 1).



Рис. 1. Карта районов Новосибирской области.

На практике для регистрации пространственных данных об объекте, характеризующихся полнотой в пространственном отношении, может потребоваться не один, а несколько циклов съемки из космоса, что основывается на решении сложных организационных и технологических задач. В силу ограниченности технических возможностей космических систем ДЗЗ по периодичности и полосе обзора, по полосе захвата и протяженности маршрута съемки интерес

представляют исследования, посвященные анализу пространственных свойств объектов съемки в качестве внешнего фактора ведения ДЗЗ. Разработка указанного направления потенциально обеспечит определение оптимальных параметров съемки и реализацию наиболее производительных режимов съемки с борта КА при решении задачи мониторинга заданного площадного объекта. Таким образом, тема исследований по разработке пространственных моделей и показателей свойств объектов ДЗЗ является актуальной.

Пространственная модель и параметры объекта ДЗЗ. Для описания границы объекта съемки O предлагается использовать информационную модель, определяемую кортежем локальных (плановых) координат $x; y; z$

$$O = \langle (x; y; z)_i \rangle_I, i = [1(1)I],$$

где i – индекс тройки координат $(x; y; z)$; I – общее число вершин в границе объекта O .

Высота вершины z в случае съемки объекта, размещенного на равнинной местности, может быть исключена из рассмотрения. При этом целесообразно учитывать среднюю высоту расположения объекта в используемой системе координат. На основе введенной пространственной модели разработана модель группового объекта ДЗЗ [1]. В настоящей статье предлагается ввести и определить пространственные параметры, а именно: экстенст E и длина L объекта ДЗЗ.

Пространственный экстенст E объекта ДЗЗ – это наиболее упрощенное описание границы объекта в виде двух пар принадлежащих границе объекта разноименных координат, предельных по своим значениям и определяемых используемой системой координат (рис. 2, а)

$$E = (x^{\min}, y^{\min}; x^{\max}, y^{\max}), \quad x^{\min} = \text{MIN}[\langle x_i \rangle_I], \quad x^{\max} = \text{MAX}[\langle x_i \rangle_I], \\ y^{\min} = \text{MIN}[\langle y_i \rangle_I], \quad y^{\max} = \text{MAX}[\langle y_i \rangle_I],$$

где $\text{MAX}[\cdot]$ и $\text{MIN}[\cdot]$ – операторы поиска соответственно минимальных и максимальных значений в массивах координат.

Длина L объекта ДЗЗ – это оценка дистанции между наиболее удаленными точками, принадлежащими границе объекта O и соответствующими его наибольшему пространственному размаху (рис. 2, б)

$$L = \text{MAX} \left[\left\langle \sqrt{\Delta x_{i1}^2 + \Delta y_{i2}^2} \right\rangle_{\frac{I!}{2(I-2)!}}, i1 = [1(1)I], i2 = [1(1)I] \right].$$

В первом приближении длина объекта L оценивается по параметрам известного пространственного экстенста E

$$L_E = \sqrt{(x^{\max} - x^{\min})^2 + (y^{\max} - y^{\min})^2}.$$

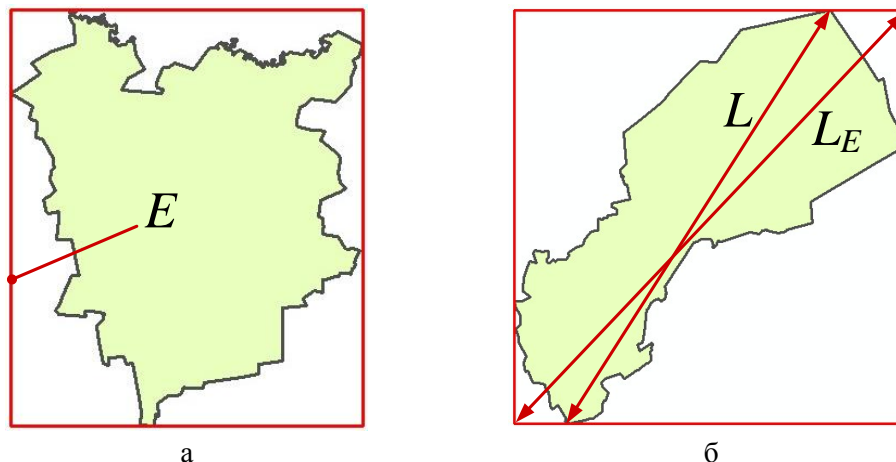


Рис. 2. Параметры объекта ДЗЗ: а) экстенст объекта E на примере Татарского района; б) длина объекта L на примере Убинского района Новосибирской области

Показатель компактности объекта ДЗЗ. Современные орбитальные средства ДЗЗ обеспечивают съемку прямолинейных маршрутов в режимах маршрутной и азимутальной съемки. В свою очередь, разработчики перспективных средств предполагают реализацию режима съемки криволинейных маршрутов. Сложность планирования цикла съемки и выбора режима съемки объекта в случае, когда его размеры приблизительно соответствуют полосе захвата орбитального средства ДЗЗ, отчасти определяется формой его границы, а именно, компактностью. Чем компактнее объект, тем шире диапазон азимутов сканирования подстилающей поверхности, при которых можно зарегистрировать данные, содержащие полное изображение объекта. Для оценивания компактности объекта ДЗЗ предлагается показатель компактности в виде

$$C_C = 2/L \cdot \sqrt{S/\pi},$$

где S – площадь объекта, которая вычисляется как площадь многоугольника с вершинами $(x; y)$ с использованием оператора вычисления определителя матрицы $\det| \cdot |$ по формуле

$$S = \left| \frac{1}{2} \sum_{i=1}^l \det \begin{vmatrix} x_i & x_{i+1} \\ y_i & y_{i+1} \end{vmatrix} \right|, \quad \det \begin{vmatrix} x_i & x_{i+1} \\ y_i & y_{i+1} \end{vmatrix} = (x_i y_{i+1} - x_{i+1} y_i), \quad (x_{l+1}; y_{l+1}) = (x_1; y_1).$$

Предложенный показатель компактности разработан на основе следующего рассуждения. В природе наиболее компактной плоской фигурой является круг. Чем ближе форма границы объекта ДЗЗ к форме круга, тем он компактнее. В силу этого предложенный показатель определяется через меру сравнения круга и объекта ДЗЗ при равенстве их площадей. Таким образом, предложенный показатель компактности представляет собой отношение диаметра окружности круга, площадь которого равна площади объекта съемки, к длине объекта L .

В качестве примеров объектов ДЗЗ, характеризующихся разной компактностью, на рис. 3 представлены районы Новосибирской области с наиболее и наименее компактными формами.

Показатели избыточности и недостаточности данных об объекте ДЗЗ. Орбитальные средства ДЗЗ, обеспечивающие детальную съемку, характеризуются существенным ограничением по полосе захвата L_W (единицы десятков километров) при значительной протяженности маршрута съемки L_D . В случае целевой детальной съемки компактного объекта регистрируемые данные обладают свойством избыточности, поскольку содержат изображение территории, не требующееся для решения задачи мониторинга. Для оценивания указанного свойства предлагается показатель пространственной избыточности C_S , рассчитываемый для двух случаев. Во-первых, если габариты компактного объекта не превышают полосу захвата L_W орбитального средства ДЗЗ (рис. 4, а), то вычисление показателя избыточности производится по формуле

$$C_S = 1 - \frac{\pi L^2}{4 L_W L_D}.$$

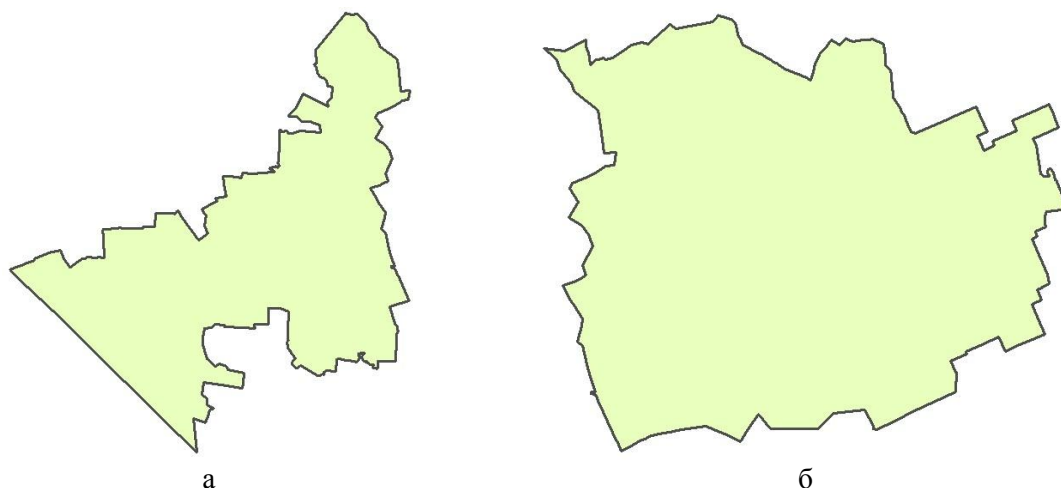


Рис. 3. Районы с разной компактностью: а – наименее компактный Карасукский район ($C_C = 0,49$); б – наиболее компактный Краснозерский район ($C_C = 0,65$).

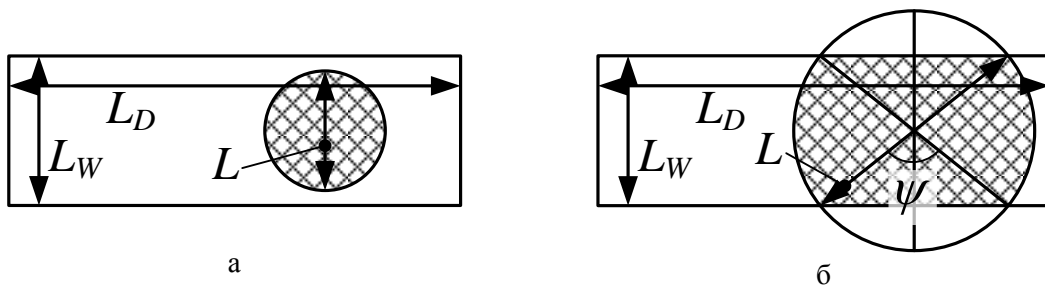


Рис. 4. Варианты соотношений габаритов компактного объекта ДЗЗ и маршрута съемки

Во-вторых, если габариты компактного объекта превосходят полосу захвата L_W орбитального средства ДЗЗ (рис. 4, б), то следует использовать следующую формулу

$$C_S = 1 - \frac{L^2 \left(\frac{L_1(\psi)}{R_1} + \sin(\psi) \right)}{4 L_W L_D}, \quad \psi = \arccos \left(1 - 2 \left(\frac{L_W}{L} \right)^2 \right),$$

где $L_1(\psi)$ – длина дуги окружности с единичным радиусом R_1 , которой соответствует центральный угол ψ (в радианах).

Кроме того, в рассматриваемом случае за один цикл съемки регистрируются неполные данные об объекте ДЗЗ, что позволяет характеризовать их пространственной недостаточностью. Для количественного оценивания недостаточности данных об объекте ДЗЗ, полученных во втором случае (рис. 4, б), предлагается следующий показатель

$$C_I = \frac{1}{\pi} \left(\frac{L_1(\psi)}{R_1} - \sin(\psi) \right), \quad C_I \in [0; 1).$$

Согласно предложенной формуле показатель недостаточности данных об объекте ДЗЗ принимает малые значения в условиях, когда не зарегистрированы данные о малой доли территории объекта. В противном случае, с увеличением доли территории объекта, не покрытой выполненной съемкой, растет значение показателя недостаточности данных. Однако предложенная формула не учитывает условия, в которых габариты объекта превышают протяженность маршрута съемки L_D .

Заключение. Таким образом, в работе, на основе введенной пространственной информационной модели объекта ДЗЗ, разработаны показатели, характеризующие пространственные свойства объекта съемки и получаемых данных. Представлены частные результаты по расчету показателя компактности на примере условно-реальных объектов съемки. В рамках дальнейших исследований предполагается более полная экспериментальная отработка по расчету и анализу разработанных показателей с применением методов и средств геоинформационных систем.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Григорьев А.Н., Замарин А.И., Караваев М.Н. Метод формирования групповых объектов для космических средств дистанционного зондирования Земли // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2015. Т. 15. № 4. С. 587–594.