

УДК 629.783

Определение перерывов наблюдения спутниковых систем периодического бокового обзора

Супрунов Юрий Валерьевич^(*)

yuriy.suprunov@rsce.ru

Улыбышев Юрий Петрович

yuri.ulybyshev@rsce.ru

ПАО «РКК «Энергия», Королёв, Московская обл., Россия

Аннотация. Анализ характеристик наблюдения радиолокационных спутниковых систем периодического бокового обзора, широко применяемых в задачах дистанционного зондирования Земли, представляет собой сложную и малоизученную задачу. В работе представлена методика анализа спутниковых систем бокового обзора на основе аналитического подхода. Использование данного метода позволяет получать полный набор времен перерывов наблюдения без использования численного моделирования движения каждого аппарата системы.

Ключевые слова: спутниковые системы, радиолокационные системы, дистанционное зондирование, системы периодического наблюдения, метод анализа, интервальный метод

Введение. В задаче дистанционного зондирования Земли с точки зрения баллистических требований наблюдения различают два основных направления — обеспечение непрерывного или периодического обзора земной поверхности. Для спутниковых систем непрерывного обзора разработано множество методов построения и анализа, позволяющих обеспечить постоянное покрытие земной поверхности [1–3]. В то же время задача периодического обзора сложнее с точки зрения оценки временных характеристик, в частности определения перерывов наблюдения. Существующие методы либо имеют ограничения по задачам анализа или параметрам орбит системы, либо используют численные методы полного моделирования движения всех космических аппаратов системы, что требует значительных вычислительных затрат [4–7]. Особенно сложной и малоизученной является задача анализа радиолокационных систем бокового обзора (см. рисунок).

Материалы и методы; результаты. В работе представлен аналитический подход, учитывающий особенности трассы системы, полос обзора и интервалы между ними, которые формируют перерывы в наблюдении. На основе такого подхода разработан интервальный метод анализа периодических систем. Метод позволяет для заданной дельта-системы — спутниковая система с симметрично расположенными P плоскостями по экватору и равномерно расположенными S спутниками в каждой плоскости — рассчитать полный набор времен между наблюдениями в произвольных широтных точках. Описан алгоритм покрытия выбранной широтной точки в смежных полосах обзора для радиолокационных систем бокового обзора. Рассмотрены случаи определения перерывов наблюдения для различных

пересечений полос обзора. Показаны численные расчеты, демонстрирующие точность метода и возможность его применения для анализа периодических систем.



Геометрия радиолокационного бокового обзора

Заключение. В работе приведено применение интервального метода к дельта-системам бокового обзора с произвольным наклоном орбит, числа орбитальных плоскостей P и количества космических аппаратов в плоскости S . Использование метода позволяет выполнять расчет всех перерывов наблюдения спутниковой системы периодического бокового обзора без проведения численного моделирования движения каждого аппарата системы, что обеспечивает значительное сокращение вычислительных затрат и расширяет возможности анализа различных конфигураций спутниковых группировок.

Список источников

- [1] Rider L. Analytic design of satellite constellations for zonal earth coverage using inclined circular orbits. *Journal of the Astronautical Sciences*, 1986, vol. 34, no. 1, pp. 31–64.
- [2] Lang T.J. Optimal Low Earth Orbit Constellations for Continuous Global Coverage. *AAS/AIAA Astrodynamics Specialist Conference*, Victoria, B.C., Canada, 1993, pp. 93–597.
- [3] Ulybyshev Y. Near-Polar Satellite Constellations for Continuous Global Coverage. *Journal of Spacecraft and Rockets*, 1999, vol. 36, no. 1, pp. 92–99.
- [4] Lang T.J. Walker Constellations to Minimize Revisit Time in Low Earth Orbit. *Journal of the Astronautical Sciences*, 2003, vol. 114 (1), pp. 427–442.

-
- [5] Razoumny Y.N. Analytic Solutions for Earth Discontinuous Coverage and Methods for Analysis and Synthesis of Satellite Orbits and Constellations. *AAS/AIAA Astrodynamics Specialist Conference*, San Diego, CA, 2014. <https://doi.org/10.2514/6.2014-4160>
 - [6] Ulybyshev Y. Geometric Analysis and Design Method for Discontinuous Coverage Satellite Constellations. *Journal of Guidance, Control, and Dynamics*, 2014, vol. 37, № 2, pp. 549–557.
 - [7] Ulybyshev Y. A General Analysis Method for Discontinuous Coverage Satellite Constellations. *Journal of Guidance, Control, and Dynamics*, 2025, vol. 38, № 12, pp. 2475–2483.