

Планирование подспутниковой непрерывной съемки

В.П. Евсеев

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, Самара, Россия

Обоснование. В настоящее время наблюдается увеличение количества заявок на съемку местностей при помощи спутников дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Рынок съемок из космоса, по расчетам, растет примерно на 11.6 % ежегодно и продолжит рост в будущем [1]. При возрастании количества спутников в группировках увеличивается и сложность их управления операторами, что может привести к уменьшению количества обработанных заявок и, как следствие, к уменьшению конечной прибыли.

Цель — создание приложения планирования непрерывной подспутниковой съемки. Оно сможет не только автоматически находить и составлять расписание зон видимости передачи или съемки, но и оптимизировать его, ориентируясь на приоритеты и минимизацию времени между созданием заявки и приемом готового снимка.

Пусть имеется несколько спутников, для каждого известны элементы орбиты TLE (two-line element set, специальный набор параметров орбиты) [2] и ширина полосы захвата. Также имеется некоторое количество приемных станций (ПС). Местоположение каждой ПС описывается в географических координатах. Каждая приемная станция обладает характеристиками, которые описывают угол раствора антенны и скорость приема данных. Местности для съемки описываются набором точек на поверхности Земли в географических координатах. Необходимо составить оптимальное расписание съемки поверхности Земли группой спутников и дальнейшего сброса информации на ПС.

Методы. Для составления расписания используется жадный алгоритм с использованием модели общей доски (Blackboard model).

Модель общей доски обычно состоит из трех компонентов: источников знаний, доски и обработки информации. В качестве источников знаний используются агенты спутников, а в качестве обработки информации — агент обработчика. Таким образом, реализованную систему можно представить как упрощенную мультиагентную систему, так как взаимодействия агентов происходят не между собой, а при помощи буфера — доски.

Для анализа состояния системы действия агентов оцениваются в бонусах — чем ближе действия к оптимальным, тем больше бонусов получает решение. Для видимостей съемки бонусы считаются по формуле (1), для видимостей передачи — по формуле (2).

$$B_L = M * \frac{T}{T_1}, \quad (1)$$

где B_L — бонус; M — коэффициент, определяющий приоритет планирования сеанса сброса данных; T — нормирующий коэффициент, с; T_1 — время окончания видимости съемки, с.

$$B_S = M * \frac{V * T}{S}, \quad (2)$$

где B_S — бонус; M — коэффициент, определяющий приоритет планирования сеанса сброса данных; V — скорость передачи данных между спутником и станцией, Мб/с; T — время окончания видимости передачи, с; S — нормирующий коэффициент, Мб.

Алгоритм формирования расписания состоит из трех этапов. На первом формируются прогнозы видимостей съемки и передачи, этот этап выполняется один раз. Далее агенты спутников стремятся сформировать выгодные для себя расписания. На третьем этапе все агенты предоставляют свои расписания обработчику, который из предложенных вариантов, на основе жадного алгоритма, выбирает самое оптимальное решение в соответствии с максимальным количеством баллов.

Количество итераций второго и третьего этапов, выполняемых данным алгоритмом, равно числу местностей, которые требуется снять. Это необходимо для того, чтобы после планирования каждой местности спутники, которые не получили заявку, снова могли учитывать те временные периоды, которые ранее выделяли на съемку запланированной местности.

Результаты. Результатом проведенной работы стало графическое приложение планировщика подспутниковой непрерывной съемки, способное формировать приближенное к оптимальному расписание не только для одного космического аппарата, но и для их группировок.

Для проверки работоспособности программы было проведено тестирование каждого модуля по отдельности. Формирование подспутниковой траектории прошло успешно и совпало с результатом, приведенным другими программами по слежению за космическими аппаратами [3]. Аналогичный результат был получен для модуля формирования видимостей как съемки, так и передачи.

Выводы. Разработанное приложение демонстрирует возможность автоматизации планирования съемок и передачи данных в группировках спутников ДЗЗ. Используемый подход обеспечивает формирование приближенного к оптимальному расписания с учетом приоритетов заявок и ограничений системы.

Ключевые слова: спутниковая группировка; подспутниковая съемка; площадной объект; зона радиовидимости; планирование сеансов связи.

Список литературы

1. grandviewresearch.com [Электронный ресурс] Remote Sensing Technology Market Trends. Режим доступа: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/remote-sensing-technologies-market> Дата обращения: 06.07.2025.
2. ru.wikipedia.org [Электронный ресурс] TLE. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/TLE> Дата обращения: 06.07.2025.
3. stoff.pl [Электронный ресурс] Orbitron — Satellite Tracking System. Режим доступа: <https://www.stoff.pl> Дата обращения: 06.07.2025.

Сведения об авторе:

Виталий Павлович Евсеев — студент, группа 6404-090301D, институт информатики и кибернетики; Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, Самара, Россия. E-mail: vivseev02@inbox.ru

Сведения о научном руководителе:

Елена Витальевна Симонова — кандидат технических наук, доцент; Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, Самара, Россия. E-mail: simonova_ev@ssau.ru