



Таблица 2. Значения NDVI, полученные для откалиброванных изображений

Тип объекта	Калибровка с пластиной	Калибровка без пластины
растительность	0.285373	0.469046
	0.338265	0.590802
	0.279819	0.455965
	0.2987225	0.498085
почва	0.15283	0.201009
	0.127434	0.15512
	0.1116615	0.127208
	0.136253	0.170606

Заключение

Был разработан метод калибровки снимков, полученных с БПЛА, и алгоритм его реализации как один из этапов предварительной обработки снимков. В дальнейшем планируется разработка алгоритма для обработки затененных областей на снимках. Указанные алгоритмы будут использоваться в автоматизированной системе обработки мультиспектральных снимков БПЛА.

Литература

1. Черепанов, А.С. Спектральные свойства растительности и вегетационные индексы [Текст] / А.С. Черепанов, Е.Г. Дружинина// Геоматика. – 2009. - №3. С. 28.
2. MAPIR Camera Reflectance Calibration Ground Target Package (V2) [Электронный ресурс]. – <https://www.mapir.camera/products/mapir-camera-reflectance-calibration-ground-target-package-v2>
3. Основы линейной регрессии [Электронный ресурс]. – <http://statistica.ru/theory/osnovy-lineynoy-regressii/>

В.А. Галузин, Е.В. Симонова

ПОДСИСТЕМА ПЛАНИРОВАНИЯ РАБОТЫ ЦЕЛЕВОЙ АППАРАТУРЫ ГРУППИРОВКИ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ПРИ НАБЛЮДЕНИИ ОБШИРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

(Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева)

Введение

Одной из перспективных тенденций в области дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) является создание космических систем, включающих в свой состав группировку космических аппаратов (КА), различных по характеристикам бортовой аппаратуры [1, 2].



Процесс развития систем дистанционного зондирования сопровождается расширением рынка космических услуг, привлечением новых клиентов и, как следствие, повышением требований к оперативности получения данных и их информационной эффективности.

При наблюдении группировкой КА областей, превышающих по своей площади зону захвата съёмочной аппаратуры одного космического аппарата, появляются множество альтернативных возможностей съёмки района наблюдения с использованием ресурсов нескольких КА. Это позволяет удовлетворить требования потребителя и эффективно использовать все имеющиеся ресурсы.

В то же время большинство существующих разработок в области планирования целевого функционирования аппаратуры КА ДЗЗ ориентированы на одиночные КА и не могут быть спроецированы на группировки КА [3]. В результате становится актуальной задача планирования работы целевой аппаратуры группировки КА ДЗЗ при наблюдении обширных территорий.

Постановка задачи

Пусть имеется система планирования целевого применения группировки КА ДЗЗ. Необходимо разработать для нее подсистему планирования работы съёмочной аппаратуры КА при наблюдении отдельных областей, превышающих по своей площади зону захвата отдельных КА.

Для автоматизации построения плана работы съёмочной аппаратуры КА ДЗЗ используется упрощенная математическая модель работы группировки КА, производящих съёмку заданной территории. В данной модели каждый КА характеризуется элементами орбиты и характеристиками установленной съёмочной аппаратуры. Район наблюдения представляется в виде набора координат точек, ограничивающего его полигон. Заданы ограничения по условиям съёмки (облачность, высота Солнца и т.д.), ограничения на время непрерывной работы съёмочной аппаратуры КА, ограничения по пространственному разрешению и взаимному перекрытию полученных снимков.

Необходимо составить оптимальный с точки зрения целевой функции (ЦФ) (1) план работы целевой аппаратуры КА, в соответствии с критерием минимизации времени окончания съёмки заданного района, отдавая приоритет снимкам с наилучшим разрешением и минимальным перекрытием.

$$\begin{aligned} \text{ЦФ} = a_1 \left(1 - \frac{\max(t_j)}{\tau_{\max}} \right) + a_2 \left(1 - \frac{\min(r_j)}{r_{\min}} \right) + \\ + a_3 \left(1 - \frac{\max(o_j)}{o_{\max}} \right) + a_4 \frac{\sum_j^m s_j}{S_{\text{обл.набл}}} \rightarrow \max, \end{aligned} \quad (1)$$

где: m – количество сделанных снимков,

t_j – время съёмки j -го снимка,

r_j – разрешение j -го снимка,

o_j – перекрытие j -го снимка,

s_j – площадь j -го снимка,

τ_{\max} – предельное время съёмки заданной территории,



r_{min} – минимальное допустимое разрешение снимка,
 o_{max} – максимальное допустимое перекрытие снимка,
 $S_{обл\ набл}$ – площадь области наблюдения,
 $a_1 + a_2 + a_3 + a_4 = 1$ – весовые коэффициенты.

Важной особенностью задачи является необходимость учета динамического изменения ограничений и ресурсов для планирования, задаваемых внешней системой планирования, происходящего в результате возникновения событий, к числу которых относятся поступление новой задачи или изменение ее параметров, изменение погодных условий, выход из строя ресурса КА или средств связи, погрешность или сбой в получении результатов съемки и т.д.

Предлагаемое решение

Для решения поставленной задачи разработан модуль планирования работы целевой аппаратуры группировки КА ДЗЗ, ведущий построение плана в тесной интеграции с внешней системой планирования целевого применения группировки КА ДЗЗ. На рисунке 1 представлена структурная схема модуля планирования работы целевой аппаратуры группировки КА ДЗЗ и его интеграции с внешней системой планирования.

Составление плана работы съемочной аппаратуры группировки КА ведется итерационно на каждый день до полного покрытия всей заданной территории (Рисунок 2а). При этом модуль планирования работы целевой аппаратуры группировки КА ДЗЗ берет на себя задачу составления ежедневного плана съемки области полигона, оставшейся после покрытия полосами съемки, запланированными на предыдущих итерациях. При этом внешняя система задает ограничения и ресурсы для планирования на текущий день. Для составления плана работы целевой аппаратуры КА на текущий день производится генерация множества возможных полос съемки с учетом возможностей съемочного оборудования доступных КА и накладываемых ограничений (Рисунок 2б), среди которых при помощи алгоритма оптимизации, основанного на методике, описанной в работе [4], находится оптимальное с точки зрения ЦФ (1) решение. Полученное решение передается во внешнюю систему планирования, которая, после получения планов съемки для всех районов наблюдения, включает его в общий план целевого применения группировки КА ДЗЗ или запрашивает у модуля планирования другое решение с учетом новых ограничений, возникших в результате задействования ресурсов при съемке других районов наблюдения.

Результатом работы модуля планирования является план работы целевой аппаратуры группировки КА, который содержит список полос съемки заданного района, для каждой из которых указана следующая информация:

- КА, выполняющий съемку;
- время начала и конца работы съемочного оборудования;
- координаты полигона, ограничивающего полосу.

Пример визуального решения задачи представлен на рисунке 3, на котором отображаются территория наблюдения и полосы возможной съемки.

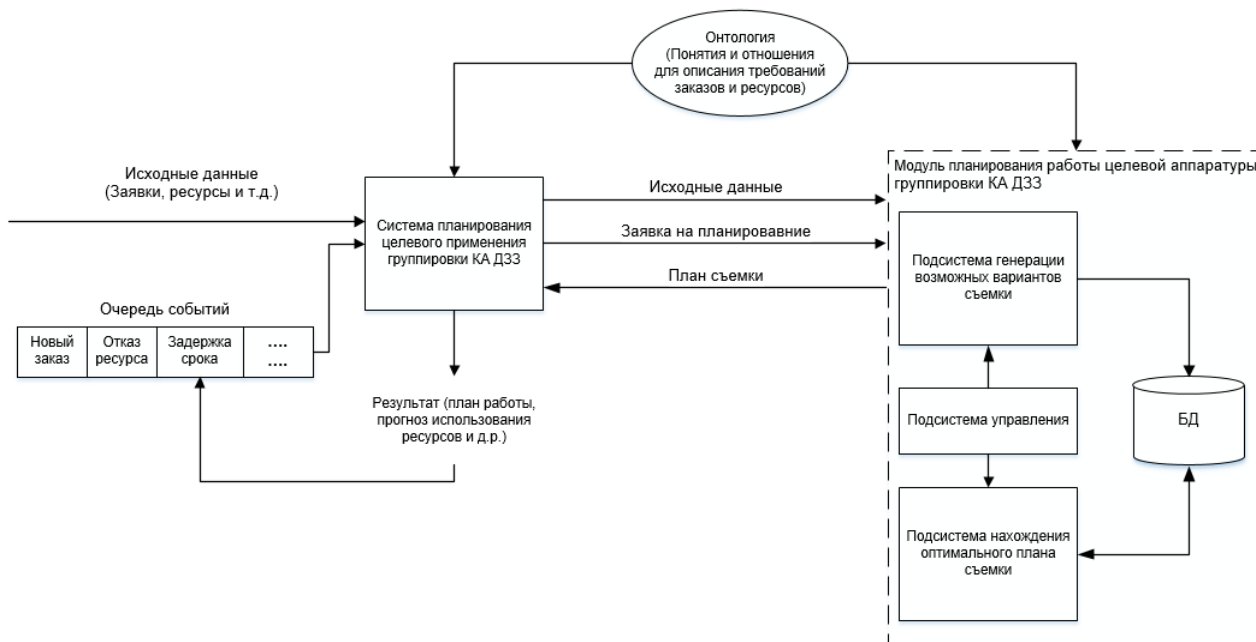


Рисунок 1 – Структурная схема модуля планирования

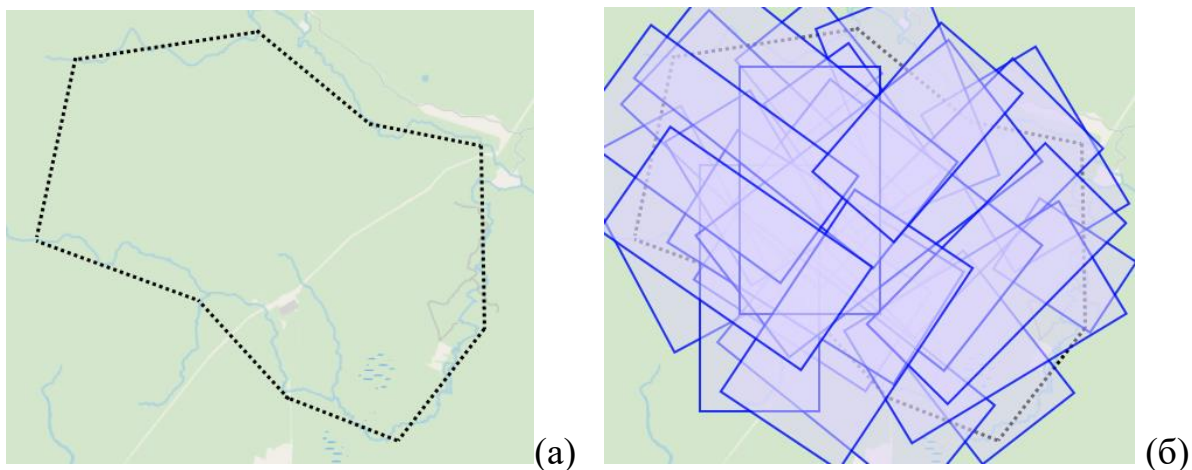


Рисунок 2 – Район наблюдения (а) и множество возможных полос съемки (б)

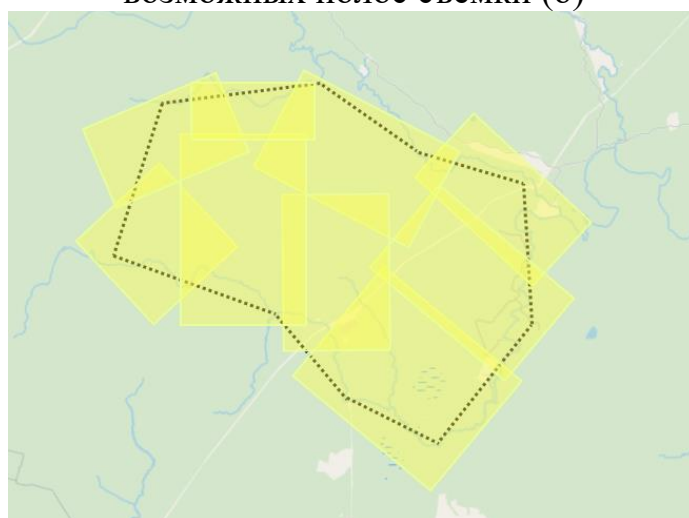


Рисунок 3 – Визуальное представление результатов планирования съемки



Заключение

Представленная методика планирования работы целевой аппаратуры группировки КА ДЗЗ при наблюдении обширных территорий позволяет составить план работы целевой аппаратуры группировки КА, оптимальный с точки зрения ЦФ (1).

В перспективе возможна реализация адаптивного алгоритма планирования работы целевой аппаратуры группировки КА ДЗЗ, который будет составлять план съемки всего района и динамически вносить в него корректировки с учетом изменений ограничений и ресурсов для планирования.

Литература

1 Дарнопых, В.В. Автоматизация параметрического анализа целевого функционирования космических систем дистанционного зондирования Земли/ В.В. Дарнопых, И.В. Усовик// Электронный журнал «Труды МАИ» [Электронный ресурс] – <http://trudymai.ru/upload/iblock/d83/avtomatizatsiya-parametricheskogo-analiza-tselevogo-funktsionirovaniya-kosmicheskikh-sistem-distantionnogo-zondirovaniya-zemli.pdf> (дата обращения 10.03.2018)

2 Дарнопых, В.В. Автоматизированный программный комплекс для параметрического анализа и оптимизации планирования целевого функционирования космических систем ДЗЗ/ В.В. Дарнопых, И.В. Усовик// Электронный журнал «Труды МАИ» [Электронный ресурс] – <http://trudymai.ru/upload/iblock/b04/b0489e8a6d6dfc68189905fb36860979.pdf> (дата обращения 10.03.2018)

3 Соллогуб, А.В. Космические аппараты систем зондирования поверхности Земли [Текст]/ А.В. Соллогуб, Г.П. Аншаков, В.В. Данилов// – М.: Машиностроение, 2009. – 368 с.

4 Liu, S. (2014). Remote Sensing Satellite Image Acquisition Planning: Framework, Methods and Application. (Doctoral dissertation). [Электронный ресурс] – <https://scholarcommons.sc.edu/etd/2938> (дата обращения 11.03.2018)

Р.В. Гирин

ИСКУССТВЕННАЯ НЕЙРОННАЯ СЕТЬ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ОБЪЕКТОВ ПО ТЕРМОГРАММАМ

(Самарский государственный технический университет)

Требования к надежности сложных технических систем приводят к необходимости проведения непрерывного контроля для выявления дефектов и прогнозирования работоспособности. Использование специальных встроенных средств измерения позволяет оценить техническое состояние объекта и выполнить такой прогноз. Однако во многих случаях обработка большого числа измерительных сигналов требует времени и принятие решения о появлении дефектов и отказов производится слишком поздно.