

Интеллектуальная система адаптивного планирования целевого применения перспективных космических систем дистанционного зондирования Земли

П.О. Скобелев¹, Е.В. Симонова², В.А. Галузин³, А.В. Галицкая⁴, В.С. Травин⁴

¹Самарский федеральный исследовательский центр РАН, Институт проблем управления сложными системами РАН, Садовая, 61, Самара, Россия, 443020

²Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева, Московское шоссе, 34а, Самара, Россия, 443086

³Самарский государственный технический университет, Молодогвардейская, 244, Самара, Россия, 443100

⁴ООО «НПК «Разумные решения», Московское шоссе, 17, офис 1201, Самара, Россия, 443013

Аннотация

В работе описывается разработанная интеллектуальная система адаптивного планирования целевого применения перспективных космических систем дистанционного зондирования Земли. В основе данной интеллектуальной системы лежит расширенное применение мультиагентного подхода к управлению ресурсами сложных систем, который позволяет оперативно составлять расписание проведения съемок для десятков космических аппаратов и тысяч объектов наблюдения. Приводится краткая постановка задачи и описание разработанного подхода. Обсуждаются полученные результаты и перспективы дальнейшего развития и применения представленной системы.

Ключевые слова

Космические системы, дистанционное зондирование Земли, интеллектуальные системы управления, мультиагентные технологии, адаптивное планирование

1. Введение

Разрабатываемые в последние десятилетия космические системы (КС) дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) нового поколения, включающие в свой состав крупномасштабную разнородную группировку малых космических аппаратов (МКА) и распределённую сеть наземных станций приема информации (НСПИ) [1], предъявляют повышенные требования к методам и системам планирования их целевого применения. Так для КС, состоящей из десятков МКА и НСПИ, может требоваться составление плана съемки тысяч объектов наблюдения (ОН) на значительном горизонте, причем время размещения новых заявок на съемку должно измеряться в минутах с момента их поступления.

Существующие к настоящему времени решения в основном опираются на различного рода эвристики, ранее апробированные на классических задачах распределения ресурсов [2]. Главными их недостатками являются детерминированность и сложность учета быстроменяющихся условий, потеря адекватности расписаний с течением времени, что сильно затрудняет их использование на практике. Одним из способов преодоления данных ограничений является расширенное применение мультиагентных технологий [3], на основе которых построена интеллектуальная система, описываемая в данной работе.

2. Постановка задачи

Краткую постановку задачи планирования работы КС можно представить следующим образом. Пусть имеется модель КС, описываемая входящими в ее состав множеством МКА и множеством НСПИ. Пусть также задано множество заявок на съемку ОН, которые необходимо

выполнить. Для заявки может быть указан ее приоритет и ограничения на съемку: крайний срок получения снимков, минимальное линейное разрешение снимка, угол солнца и т.д.

Требуется сформировать комплексный план работы ресурсов КС, составленный в соответствии с критерием минимизации времени доставки снимков потребителям, а также максимизации их качества.

3. Предлагаемый подход

Для практического решения задачи формирования плана целевого применения космических систем ДЗЗ предлагается разделить процесс планирования на два этапа: бесконфликтное планирование и проактивное планирование.

На этапе бесконфликтного планирования с помощью жадного алгоритма оптимизации строится начальное допустимое расписание. Заявки размещаются на первом доступном варианте ресурсов, на котором отсутствуют конфликты с уже размещенными заявками.

На этапе проактивного планирования с использованием мультиагентного алгоритма выполняется оптимизация полученного расписания путем разрешения возникающих конфликтов между заявками. При данном подходе каждой заявке на съемку ОН, поступающей системе, ставится в соответствие ее интеллектуальный программный агент. Цель агента – занять наиболее выгодное для него размещение в строящемся расписании, которое формируется в соответствии с множеством оптимизационных критериев. Решение оптимизационной задачи получается в результате достижения точки равновесия во множественных переговорах между агентами путем взаимных компромиссов и уступок.

4. Заключение

Проведенные экспериментальные исследования продемонстрировали соответствие предлагаемого подхода требованиям, предъявляемым к методам и средствам планирования работы современных КС. Так, общее время составления плана съемки для 20 тыс. объектов наблюдения составило порядка 3 часов, а время восстановления расписания, поврежденного выходом из строя одного из МКА – менее 1 минуты.

Направления дальнейшего развития системы связаны с разработкой распределенного алгоритма адаптивного планирования, позволяющего производить расчеты в вычислительных кластерах, а в перспективе – автономное планирование на борту МКА. Предполагается также введение онтологии с целью обеспечения более гибкой настройки применяемых правил построения расписания. Все эти действия в конечном итоге позволят перейти от прототипа к реальной системе управления с возможностью обслуживания крупномасштабных КС.

5. Благодарности

Работа подготовлена на основе материалов научных исследований в рамках Госбюджетной темы Самарского федерального исследовательского центра РАН, Института проблем управления сложными системами РАН № АААА-А19-119030190053-2.

6. Литература

- [1] Kopacz, J. Small Satellites an Overview and Assessment / J. Kopacz, R. Herschitz, J. Roney // Acta Astronautica. – 2020. – Vol. 170. – P. 93-105
- [2] Галузин, В.А. Обзор современных методов планирования работы перспективных космических систем / В.А. Галузин, А.Ю. Кутоманов, М.М. Матюшин, П.О. Скобелев // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2020. – № 21(11). – С. 639-650
- [3] Rzevski, G. Managing complexity / G. Rzevski, P. Skobelev. – London-Boston: WIT Press, 2014. – 216 p.