

Оптимизация портфеля стратегий снижения рисков космических проектов

Научный руководитель – Мысляева Ирина Николаевна

Кучеров Евгений Андреевич

Студент (специалист)

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Факультет
космических исследований, Москва, Россия

E-mail: kucherov.jack@yandex.ru

Обеспечение надежности малых космических аппаратов (МКА) в условиях жестких ресурсных ограничений по массе и бюджету — одна из ключевых проблем современной индустрии. Наиболее ответственные решения принимаются на ранних этапах эскизного проектирования: именно здесь необходимо заложить архитектуру, гарантирующую максимальную отказоустойчивость и живучесть миссии. Традиционные методы анализа (деревья отказов, ФМЕА) плохо справляются со сложными сетевыми топологиями современных спутников и не позволяют оперативно перебирать множество вариантов компоновки, что делает актуальной разработку автоматизированных подходов.

В данной работе предложена комплексная методика стохастического синтеза архитектуры МКА. Математическое моделирование топологии аппарата опирается на аппарат спектральной теории графов: вычисление алгебраической связности позволяет автоматически анализировать функциональные цепи (питание, передача данных) и выявлять структурные уязвимости. Динамическая оценка деградации компонентов во времени интегрирована в единый контур с алгоритмами дискретной комбинаторной оптимизации. Для наиболее эффективного распределения резерва массы и бюджета между различными стратегиями защиты (аппаратное дублирование, применение радиационно-стойкой ЭКБ, программное парирование сбоев) были исследованы и адаптированы методы обучения с подкреплением и генетические алгоритмы.

Практическая апробация методики на цифровом двойнике МКА формата 12U («Зоркий-2М») подтвердила эффективность эволюционного подхода для поиска неочевидных проектных компромиссов. Алгоритм успешно синтезировал гибридный облик аппарата, кардинально повысив вероятность безотказного выполнения целевой задачи на всем горизонте активного существования (с 0,904 до 0,988), при этом строго соблюдая заданные жесткие массогабаритные и финансовые ограничения миссии.

Источники и литература

- 1) Fiedler M. Algebraic connectivity of graphs // Czechoslovak Mathematical Journal. — 1973. — Vol. 23, No. 2. — P. 298–305.
- 2) Castet J. F., Saleh J. H. Reliability and Spacecraft Missions: Beyond the Statistics of Failure. — Wiley, 2011. — 240 p.
- 3) Половко А. М., Гуров С. В. Основы теории надежности. — СПб.: БХВ-Петербург, 2006. — 702 с.
- 4) Holland J. H. Adaptation in Natural and Artificial Systems. — University of Michigan Press, 1975. — 211 p.