

Метод роя частиц в задачах оптимальной ориентации спутников

А.В. Пичужкина¹, Д.С. Ролдугин²

¹Московский физико-технический институт (государственный университет)

²Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН

Оптимальные подходы для управления угловым движением спутников, хотя и рассматриваются с начала космической эры, имеют небольшое распространение. Оптимальные развороты можно отнести к экзотическим случаям, например, быстрые повороты орбитальных телескопов для наблюдения кратковременных астрофизических явлений. Некоторые задачи связаны с построением неочевидного функционала, большая часть связана с наличием различных ограничений, что усложняет использование принципа максимума.

Альтернативой ему являются прямые методы оптимизации, связанные с вычислением функционала и подбором управления, доставляющего его экстремальное значение. Чтобы полностью отказаться от принципа максимума, если функционал задачи не поддается простому выражению, или упростить решение краевой задачи, получив предварительно приближенное решение, в работе будет применен относительно новый метод роя частиц, предложенный в 1995 году [1]. Этот метод – один из многих [2], использующих модель поведения биологической системы. По сравнению с эволюционными алгоритмами, в которых моделируются процессы естественного отбора, задача системы заключается в оптимизации состояния текущей стаи или роя. Задача стаи птиц, колонии муравьев или бактерий – найти наилучшие условия существования, которые задаются функционалом задачи. При этом вид функционала может быть произвольным, так как эти прямые методы связаны с его расчетом в ходе работы алгоритма.

Роевые алгоритмы характеризуются длительными вычислениями и невысокой точностью. Поэтому большой интерес представляет совместное их использование с принципом максимума. В частности, с помощью метода роя частиц можно найти примерный вид глобально оптимального решения, учитывающий сложные ограничения на величину и структуру управления. Это первое приближение может быть использовано для быстрого, точного и надежного решения краевой задачи принципа максимума. Требуемый длительных вычислений роевой алгоритм может использоваться реже, скажем, один раз за виток спутника по орбите, полученное же с его помощью приближение решения можно использовать для быстрого решения краевой задачи при непосредственном расчете управляющих воздействий.

В работе рассматривается применение метода роя частиц для решения задач оптимальной переориентации спутников. Обсуждаются особенности метода, его основные модификации, актуальные при рассмотрении углового движения космического аппарата. Управление аппроксимируется с помощью глобальных полиномов и сплайнов Эрмита. Приводятся примеры применения такого подхода для решения известных задач оптимального углового маневрирования спутников.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 15-31-20058.

Литература:

1. Kennedy J., Eberhart R. Particle swarm optimization // Proceedings of International Conference on Neural Networks. IEEE, 1995. V. 4. pp. 1942–1948.
2. Engelbrecht A. Computational intelligence: An introduction // Studies in Computational Intelligence. Chichester: John Wiley & Sons, 2007. V. 115. pp. 597.