

ВЫБОР ЭФФЕКТИВНОГО ВАРИАНТА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА АДАПТИВНЫМ ГЕНЕТИЧЕСКИМ АЛГОРИТМОМ

Семенкина М. Е.

Сибирский государственный аэрокосмический университет им. академика М. Ф. Решетнева,
г. Красноярск, Россия

В настоящее время усилия разработчиков космических аппаратов сосредоточены на повышении эффективности использования существующих систем космического корабля и совершенствования разработки и проектирования новых. Одним из способов достижения этих целей является рациональный выбор эффективных вариантов развития систем. Это требует применения адекватных моделей, эффективных алгоритмических средств и мощных компьютеров.

Одной из самых сложных и недостаточно изученных проблем является синтез систем управления космического корабля. В настоящее время эта задача решается эмпирическими методами, а не при помощи формализованных математических инструментов. Как правило, разработка систем управления космическими аппаратами представляет собой сложный процесс, включающий в себя сотрудничество многочисленных экспертов и ведомств, каждое из которых имеет свои собственные цели и ограничения. Тем не менее, можно математически моделировать некоторые подзадачи и получать некоторые качественные результаты расчетов и тенденции, которые могут предоставлять собой интересную информацию для специалистов. Данная ситуация является промежуточным положением, когда математические модели являются «строгими», но очень сложны для анализа, поэтому лучшим решением является внедрение системы поддержки принятия решений для выбора эффективных вариантов. Однако возникающие оптимизационные проблемы неразрешимы для большинства известных алгоритмов.

Моделирование процесса управления космического аппарата (КА) производится при помощи цепей Маркова. При этом возникают вычислительно сложные модели большой размерности с разношкальными параметрами. Тогда задача выбора эффективного варианта для системы управления космического аппарата формулируется как многомерная задача оптимизации с алгоритмически заданными функциями смешанных переменных. При достаточно глубоком уровне детализации подсистемы задача становится трудно-решаемой не только в связи с большой размерностью, но и по более серьезным причинам: разношкальные переменные, алгоритмически задаваемые вычислительно сложные функции и др. Такие задачи не решаются с помощью классических оптимизационных подходов и требуют более универсальных подходов, например генетических алгоритмов (ГА).

Хотя ГА успешно применяются при решении многих практических задач оптимизации и моделирования, существенная зависимость их эффективности от выбора настроек и параметров создает серьезные трудности для дальнейшего расширения возможности их применения. Более того, выбор настроек и подстройка параметров ЭА представляют собой сложную и трудоемкую задачу, требующую существенных интеллектуальных усилий экспертов в области эволюционного моделирования и оптимизации и значительных вычислительных затрат. В этой связи многие исследователи прилагают усилия для решения данной проблемы. Некоторые из них пытаются определить подходящие настройки, проводя численные эксперименты на множестве общепринятых тестовых функций или с помощью теоретического анализа. Другие развивают подходы, обычно называемые самоадаптивными, т.е. стараются устранить процесс выбора настроек за счет их адаптации в ходе работы алгоритма.

В данной работе для решения сложных задач оптимизации применяется самоконфигурируемый генетический алгоритм. Данный алгоритм использует

динамическую адаптацию на уровне популяции в ходе решения задачи и централизованную форму управления процессом настройки параметров, хотя и несколько отличную от обычных подходов. Вероятности для операторов быть выбранными для порождения очередного потомка адаптируются, исходя из успешности этих операторов на последнем поколении независимо от предыдущих результатов работы. Таким образом снимается типичная для централизованных подходов проблема больших затрат памяти. Вероятности применения операторов не включены в хромосому и не являются объектом эволюции. Все операторы могут быть использованы в течение одного поколения для создания потомков. Время выполнения операторов не возрастает от поколения к поколению, но увеличивается вместе с размером популяции.

Для того, чтобы избежать трудоемкого регулирования значений вещественных параметров, используется дискретное множество вариантов настроек алгоритма – операторов селекции и скрещивания, уровней мутации (высокая, средняя, низкая) и т. п. Каждый из видов операторов имеет свое распределение вероятностей.

Для повышения гибкости алгоритма были разработаны 3 новых оператора скрещивания, обладающие свойством селективного давления на этапе рекомбинации.

По результатам оценки эффективности на тестовых задачах был сделан вывод, что предложенный самоконфигурируемый генетический алгоритм (SelfCGA), заключающийся в случайном выборе генетических операторов в соответствии с адаптивно настраиваемым распределением вероятностей, может быть рекомендован к использованию вместо стандартного генетического алгоритма, так как демонстрирует более высокую надежность и сопоставимую скорость работы, не требуя затрат на выбор комбинации настроек. По результатам исследования алгоритма на практических задачах был сделан вывод, что предложенный способ самоконфигурирования не только позволяет сэкономить время и ресурсы на нахождении лучшей настройки, но также может повысить эффективность алгоритма даже в сравнении с лучшими известными настройками обычного ГА. Предложенный генетический алгоритм с самоконфигурированием снимает большинство трудностей для неспециалистов в области эволюционной оптимизации при работе с ним, не создавая при этом новых.

Самоконфигурируемый генетический алгоритм является эффективным методом для решения задач выбора эффективных вариантов системы управления КА, что и было продемонстрировано на примере решения практических задач высокой размерности.

При наличии СППР при математическом моделировании систем управления космических аппаратов, которая позволяет инженеру-проектировщику, не владеющему технологией моделирования с помощью Марковских процессов, получать адекватное описание процесса функционирования, основной сложностью при выборе эффективного варианта системы управления КА является оптимизация. Рекомендуется использовать самоконфигурируемый генетический алгоритм для выбора эффективных вариантов систем управления космическими аппаратами, так как это очень надежный метод, который может эффективно применяться инженерами-проектировщиками КА, не имеющими специальных знаний в области эволюционной оптимизации. Таким образом были автоматизированы как процесс моделирования, так и процесс оптимизации.

Результаты исследований опубликованы в нескольких статьях как в Российской, так и в зарубежной научной печати, разработанный алгоритм реализован в виде современной программной системы, представленной к регистрации в Роспатенте.