

УДК 004.942

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПУТЕМ ОПТИМИЗАЦИИ МОДЕЛИ БОНД-ГРАФА МЕТОДОМ ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Дмитриев В.А. (ИТМО)

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Марусина М.Я.
(ИТМО)

Введение. Мехатроника и робототехника относятся к области наук и технологий, представляющих синергию различных доменов [1]. Возможности моделирования методом Бонд-Графов дают ряд преимуществ при формировании многодоменных систем, а структурированный подход в построении графов позволяет применять возможности генетического программирования с целью автоматизации построения топологий модели.

Основная часть. Бонд-Граф, как метод моделирования не зависит от типов доменов и имеет единое унифицированное графическое представление. Каждую из моделей Бонд-Графа можно разделить на три типа элементов, а именно соединения, связи и арифметические элементы. Аналогичная классификация была заложена в модель генетического программирования при определении типов модифицируемых участков на начальном эмбрионе. Модифицируемые соединения и связи позволяют расширять или сокращать эмбрион, а в рамках арифметических элементов заложены изменяемые числовые значения параметров оптимизируемой модели.

Для наращивания эмбриона и перехода к следующей модели требуются функции построения (узлы наращиваемого дерева). Несколько функций построения были ранее представлены в работе [2] с целью интеграции модели Бонд-Графа и генетического программирования. Каждый из трех ранее определенных типов модифицируемых участков может принимать свои собственные доступные функции построения, при этом для каждого из них существует конечная функция. Если конечная функция не была включена в число доступных вариантов, то рост относительно эмбриона будет продолжаться неограниченно, так как функционирование сформированного подхода происходит по аналогии с генетическими алгоритмами и при не достижении требуемой функции формируется новое поколение путем мутации или скрещивания. Набор элементов следующей модели относительно модифицируемого узла определяется случайным образом. Для единичного соединения может быть добавлен арифметический элемент (инерциальный, диссипативный или емкостной), либо данный элемент может остаться без расширения. Для модифицируемой связи может быть добавлено нулевое или единичное соединение, или участок без расширения, решения об этом принимаются случайным образом. Для арифметических элементов древовидное генетическое представление реализуется в рамках изменения параметрического значения. При этом изменение значения происходит на том же уровне топологии [3], что и уровень топологии реализации всей модели. То есть древовидное представление для каждой конкретной модели содержит ветви для генерации структуры Бонд-Графа и ветви для численной оптимизации.

Выводы. Проектирование многодоменных робототехнических систем и комплексов представляет собой сложную задачу, обусловленную наличием сложных подсистем и необходимостью интеграции в различных инженерных направлениях. В данной работе представлен инструмент эволюции модели Бонд-Графа до требуемой конечной функции на основе

генетического программирования с элементами генетических алгоритмов, где генетическое программирование отвечает за реализацию топологий, а генетический алгоритм за поиск подходящего решения на каждом формируемом уровне топологий.

Список использованных источников:

1. Macenski, S., Foote, T., Gerkey, B., Lalancette, C., & Woodall, W. (2022). Robot operating system 2: design, architecture, and uses in the wild. *Science Robotics*, 7(66).
2. K. Seo, Z. Fan, J. Hu, E. D. Goodman, and R. C. Rosenberg, "Toward a unified and automated design methodology for multi domain dynamic systems using bond graphs and genetic programming", *Mechatronics*, vol. 13, no. 8-9, pp. 851-885, 2003.
3. Dupuis, J.-F., Fan, Z., & Goodman, E. D. (2012). Evolutionary design of both topologies and parameters of a hybrid dynamical system. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 16(3), 391–405.