

Рис.1. Нечеткое время выполнения операции

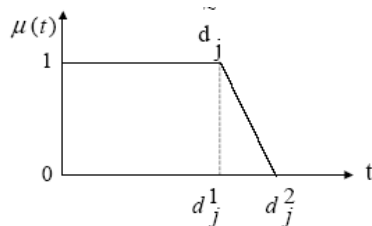


Рис.2. Нечеткий срок опоздания операции

Кроме обработки неточных и неуверенных данных, нечеткие множества и нечеткая логика допускают многоцелевую оптимизацию, когда учитывается одновременно множество несопоставимых целей. Так, например, для данной задачи в качестве критериев могут быть использованы: количество проектных операций завершающихся с нарушением графика, среднее время опоздания и др. Очевидно, что эти критерии имеют разные единицы измерения, но должны использоваться одновременно, для получения достоверной оценки качества построенных графиков. Приоритеты относительно важности используемых критериев могут найти отображение в степени удовлетворения, значения для которой задаются на интервале $[0,1]$ и могут быть объединены в общий интегральный показатель.

В качестве инструмента решения поставленной задачи может быть использован нечеткий генетический алгоритм, описанный в [5].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Норенков И.П.* Основы автоматизированного проектирования. – М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2002.
2. *Казеннов Г.Г.* Основы проектирования интегральных схем и систем. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005.
3. *Galantucci L.M., Percoco G., Spina R.* Assembly and Disassembly Planning by using Fuzzy Logic & Genetic Algorithms. // International Journal of Advanced Robotic Systems, Vol. 1, № 2, 2004. – p. 67 – 74.
4. *Fayad C., Petrovic S.* A Genetic Algorithm for the Real-World Fuzzy Job Shop Scheduling. School of Computer Science and Information Technology University of Nottingham, <http://www.cs.nott.ac.uk/~cxf/~sxp>
5. *Гладков Л.А.* Решение задач и оптимизации решений на основе нечетких генетических алгоритмов и многоагентных подходов. // Известия ТРТУ. Тематический выпуск "Интеллектуальные САПР". – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2006. №8(63). – С. 83-88.

И.А. Шкамардин

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ АЛГОРИТМЫ С ПРЕДСТАВЛЕНИЕМ ПЕРЕМЕННОЙ ДЛИНЫ

Введение. В процессе развития науки и техники радиоэлектронные системы становятся все более сложными, а постоянно увеличивающийся уровень конкуренции налагает жесткие ограничения, предъявляемые к срокам проектирования. В таких условиях традиционные методы проектирования являются малоэффективными, а отсутствие в используемых моделях и алгоритмах возможности изменения системы ограничивает область поиска решения только типовыми схемами. Одним из решений данной проблемы является использование эволюционного проектирования при раз-

работке радиоэлектронных устройств. Однако при использовании стандартных эволюционных методов вычисления также могут возникнуть определенные трудности в некоторых реальных задачах разработки радиоэлектронных устройств. Такими трудностями могут быть: большая область поиска решения, которая не может быть эффективно рассмотрена обычными эволюционными алгоритмами; необходимость определения большого количества критериев задачи поиска.

Для того чтобы справиться с данной проблемой, необходимо использовать новые методы эволюционного проектирования. Один из таких методов это применение систем с представлением переменной длины. Системы с представлением переменной длины используют генотипы, эффективная длина которых изменяется не только в течение эволюционного процесса, а также в пределах популяции. При этом под эффективной длиной генотипа понимается не вся длина структуры данных, используемая в представлении, а только часть этой структуры, используемая в процессе декодирования для того, чтобы создать фенотип.

Генетические алгоритмы, в их стандартной форме, обрабатывают двоичные строки установленной длины. Однако для данного случая может использоваться целочисленное или вещественное представление, а новая форма представления хромосомы, обеспечивает больше гибкости, чтобы отобразить некоторые структуры, являющиеся решениями для широкого диапазона задач поиска. Вместо того чтобы определять хромосому как последовательность битов, определим ее как последовательность генов, подобно естественной копии. Ген, в свою очередь, определен как последовательность позиций хромосомы или прилегающих локусов (обычно целые числа), которые несут информацию об определенном параметре в фенотипе, подобном естественному случаю [1]. Уравнение, приведенное ниже, описывает эту модель:

$$G = \cup (g_i^{M_i}), \quad (1)$$

где g_i представляет специфический ген, $i = 1, \dots, n$; а M_i может принимать значения 0 или 1. Ген g_i может быть представлен как целочисленный или вещественный вектор. n – общее количество генов в хромосоме. M – двоичный вектор, который определяет положение активации каждого гена g_i . Если M_i равняется 1, то его связанный ген g_i активизируется; и, наоборот, если M_i равняется 0, то его связанный ген g_i является неактивным. Термины активный и неактивный гены здесь используем в смысле, аналогичном к наблюдаемому в природе: активные гены способствуют созданию фенотипа, в то время как неактивные гены этого не делают. Таким образом, можно предложить модель этой хромосомы как двойной строки – главной, составленной из совокупности генов, и вспомогательной двоичной строки M [2] (рис.1). Первую строку назовем *главная строка*, а вторую – *маска активации*.

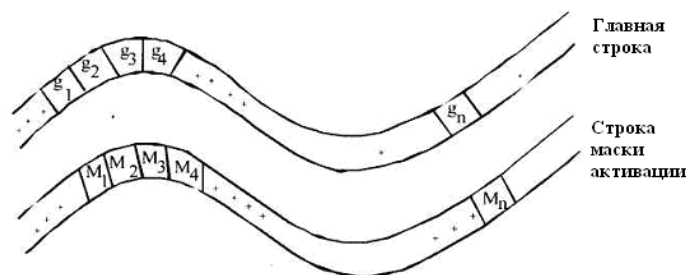


Рис.1. Иллюстрация модели хромосомы, представляющей систему с представлением переменной длины

Эффективная длина хромосомы может быть определена переменной, называемой выигрыш, следующим образом:

$$m = \sum_{i=1}^n M_i . \quad (2)$$

Согласно (2), эффективная длина хромосомы представляется общим количеством активных генов. Определим еще одну переменную $l = n - m$, которая будет отвечать за общее количество неактивных генов. Значение n остается постоянным, тогда как значения m и l изменяются по поколениям, а также в пределах популяции.

Посредством этой простой модели генетический алгоритм теперь обеспечен способностью представления решений произвольных размеров. Вместо того, чтобы устанавливать размер решения определенной задачи, генетический алгоритм имеет теперь средства для нахождения размера желаемого решения. Необходимо обратить внимание на то, что полная длина хромосомы все также остается постоянной величиной, хотя ее эффективная длина, соответствующая количеству активных генов, теперь является переменной [2]. Однако выбор параметра n зависит от пользователя и необходимо выбирать достаточно большое значение этого параметра, чтобы позволять генетическому алгоритму находить решение, не выходя за его пределы. В целом, это не проблема, так как пользователь зачастую представляет хотя бы относительные размеры желаемого решения.

Основное направление генетического алгоритма остается неизменным. Оценка фитнеса и этапы селекции выполнены тем же самым способом. Однако генетические операторы должны быть адаптированы, чтобы обработать две строки в хромосоме, главную и строку активации.

Операторы кроссинговера обычно соединяют содержание двух строк, чтобы произвести новых потомков. Однако, при использовании представления переменной длины, маска активации также должна быть задействована оператором кроссинговера. Если главная строка разрезана на определенное количество точек N , то и маска активации будет соответственно разрезана на N точек.

Оператор мутации выполняется как в его оригинальной версии, действуя только на главную строку хромосомы.

Помимо генетических операторов кроссинговера и мутации, также необходимо ввести новый генетический оператор, который будет управлять строкой активации. Этот оператор дает возможность управлять способом, при помощи которого генетический алгоритм охватывает различные размерности области поиска. Называется этот новый оператор – оператором *проекции* [3]. Он употребляется исключительно к маске активации и в некотором отношении, подобен оператору мутации: каждый бит маски активации изменяется с малой вероятностью, активизируя или дезактивируя соответствующие гены. Можно разработать некоторые проекционные стратегии, чтобы изменить способ применения оператора проекции [3]: стратегия увеличивающейся длины генотипов (ILG), стратегия колеблющейся длины генотипов (OLG), и равномерно распределенная начальная популяция (UDIP).

Стратегия увеличивающейся длины генотипов была разработана в рамках контекста так называемой методологии *генетического алгоритма адаптации видов* (SAGA), и является самой подходящей для задач в области инженерии. В стратегии увеличивающейся длины генотипов, все генотипы инициализированы с маской активации, в которой только несколько битов установлены на "1"; следовательно, только несколько генов первоначально активны; поэтому в начале эволюционного процесса создаются простые фенотипы. За исключением случая, когда мы фиксируем, минимальное количество битов, установленных на "1" в начальной

маске, при этом ее общий образец инициализирован случайным образом. Оператор *проекции* может активизировать гены только в этой стратегии. Популяция обладает тенденцией, однородно расти в размере, и, следовательно, избегает проблем совмещения между радикально различными генотипами [4].

Существует два основных преимущества при использовании стратегии увеличивающейся длины генотипов – это неявный механизм управления для размеров решения и увеличение быстродействия. Неявный механизм управления характеризуется экспериментальным наблюдением над тем, что средний размер генотипа популяции обычно обретает устойчивое значение, вместо того, чтобы расти до верхнего граничного предела генотипа. Это происходит вследствие того, что, как только найдены решения с определенным размером, оператор селекции начнет проверять индивидуумов больших, чем этот оптимальный или субоптимальный размер [4]. Увеличение быстродействия, представленное стратегией увеличивающейся длины генотипов вытекает из обстоятельства, что решения со сложностью, оценка которого является трудоемкой, не выбираются далеко от оптимального решения.

Стратегия колеблющейся длины генотипов – это разновидность стратегии увеличивающейся длины генотипов, в которой генотипам еще разрешено и уменьшаться в размере. Оператор *проекции* в этом случае переключается, активизируя и дезактивируя гены. Поэтому есть возможность назначить этому оператору отношение, повинующееся синусоидальной функции. Главная цель этой стратегии состоит в том, чтобы создать направления от большего до меньшего генотипов с подобными значениями фитнеса.

Вместо того, чтобы начинаться с популяции маленьких генотипов, в равномерно распределенной начальной популяции, начальные размеры генотипа теперь беспорядочно заданы значениями в пределах от одного до максимального количества генов n . Поэтому начальная популяция является неоднозначной в отношении размера генотипа. Быстродействие оператора *проекции* задано постоянным и низким значением. Цель этой стратегии состоит в том, чтобы способствовать эволюционным алгоритмам в поиске лучшего размера генотипа из неоднородных популяций.

Конечно, можно придумать много различных методов, кроме вышеупомянутых систем с представлением переменной длины. Однако приведенные стратегии наилучшим образом подходят для решения задач синтеза пассивных фильтров. Этот класс электронных схем используется во многих областях, таких как аудиотехника, видеотехника, медицина, и т.д. Основными преимуществами систем с представлением переменной длины, в данном случае являются:

- ◆ Возможность применения генетического алгоритма для синтеза пассивных фильтров с самого начала. Хромосома должна кодировать расположение компонентов в схеме, а также тип и значение каждого компонента.
- ◆ Выбираются особые спецификации фильтра, такие как нижние частоты, полоса пропускания или граница.
- ◆ Генетический алгоритм должен развить не только структуру схемы, но также и ее размер.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Zebulum R., Pacheco M., Vellasco M. Evolutionary Electronics: Automatic Design of Electronic Circuits and Systems by Genetic Algorithms. 2001.
2. Blickle T. Theory of Evolutionary Algorithms and Application to System Synthesis, Ph.D. thesis, Swiss Federal Institute of Technology. Zurich, 1996.
3. Zebulum R.S., Stoica A., Keymeulen D. A flexible model of a CMOS Field Programmable Transistor Array targeted for Hardware Evolution. ICES 2000. – 274 p.
4. Goldberg D.E. Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning, Addison-Wesley, Reading, MAs, 1989.