

Romm Yakov Evseevich

Taganrog State Pedagogical Institute.

E-mail: romm@List.ru.

48, Initsiativnaya Street, Taganrog, 347926, Russia.

Phone: 88634601753, 88634601812, 88634601807.

Dzhanunts Garik Apetovich

E-mail: janunts@inbox.ru.

Phone: +79185069024.

УДК 681.142

В.А. Балыбердин, А.М. Белевцев, М.А. Дружинин

**ГЕНЕТИЧЕСКИЕ АЛГОРИТМЫ ПОИСКА В ЗАДАЧАХ ОПТИМИЗАЦИИ
СИСТЕМ СЕТЕЦЕНТРИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНОГО
НАЗНАЧЕНИЯ**

Рассматриваются вопросы использования генетических алгоритмов оптимизации для рациональной организации информационно-вычислительных процессов в системах специального назначения с сетецентрическим управлением. Последние рассматриваются как большие информационные системы с распределённой обработкой данных (СРОД). Показано, что для обеспечения высоких требований устойчивости и оперативности управления, характерных для некоторых специальных систем, необходимо проведение оптимизации функционирования таких систем. Для поиска оптимальных решений соответствующих оптимизационных задач предлагается использование генетических алгоритмов.

Генетические алгоритмы оптимизации; распределённая обработка; сетецентрические системы.

V.A. Baliberdin, A.M. Belevtsev, M.A. Drujinin

**GENERIC ALGORITHMS AND SPESIAL CETECENTRIC CONTROL
SYSTEMS OPTIMIZATION**

Some problems of genetic optimization algorithms using to organize special cetecentric control systems are discussed. These systems are treated as to be distributed data systems. Their high performances may be reached by means of the system optimization. To obtain the optimal solution the genetic optimization algorithms are proposed.

Genetic optimization algorithms; distributed processing; cetecentric systems.

В последние годы всё более пристальное внимание исследователей и разработчиков больших информационно-управляющих систем привлекает идея сетецентрического управления. Сетецентрические методы и технологии, в той или иной степени, реализуются в системах государственного управления отдельных стран, в крупном бизнесе, а также в системах военного назначения некоторых стран мира, хотя и в ограниченных масштабах. Однако среди специалистов до сих пор нет единого и четкого понимания многих аспектов, связанных с практической реализацией концепции сетецентрического управления. Некоторые авторы полагают, что достаточно объединить источники информации, блоки управления и исполнительные органы хорошими каналами связи и синергический эффект, присущий сетецентрическим системам, обеспечен.

Вместе с тем более подробный анализ показывает, что для успешного внедрения сетецентрических систем необходимо оценивать возможные варианты организации информационно-вычислительных процессов в таких системах и опреде-

лать наиболее рациональные из них. Особенно это справедливо для многих систем специального назначения, для которых характерны повышенные требования к устойчивости и оперативности функционирования. Для таких систем концепция сервис-ориентированной архитектуры, являющаяся базовой для сетевидного управления, должна претерпеть определённую модификацию в рамках её классической трёхзвенной структуры с тем, чтобы практически обеспечить выполнение заданных требований, особенно в части устойчивости управления. В общем случае это требует решения определённых оптимизационных задач.

Наиболее подходящим формальным аппаратом для решения таких задач являются оптимизационные модели, апробированные на задачах оптимизации больших систем с распределённой обработкой данных (СРОД) [1, 2]. Это связано с тем, что сетевидные системы по своей сути являются определённым видом СРОД.

Для поиска рациональных вариантов построения и организации функционирования СРОД строятся математические модели в форме задач целочисленного математического программирования. Для больших систем управления (сетевидные системы) такие модели, как правило, имеют значительную размерность (сотни и тысячи переменных) и являются нелинейными.

Если размерность задачи относительно невелика, то можно попытаться найти точное решение, используя различные методы усечённого (неполного) перебора: метод динамического программирования, метод ветвей и границ, метод отсечений и др.

Однако с возрастанием размерности задачи строгие методы не работают в условиях дефицита времени, отводимого на получение решения задачи, что присуще многим специальным системам. Особенно это характерно для нелинейных задач. С возрастанием нелинейности задачи время решения задачи всё в меньшей степени зависит от роста быстродействия ЭВМ. Иными словами это означает, что *решение рассматриваемой проблемы за счёт лишь увеличения быстродействия ЭВМ не обеспечивается* [3].

Одним из подходов, позволяющих преодолеть указанные трудности, является развиваемый в последние годы эволюционно-генетический подход, который даёт возможность строить алгоритмы поиска оптимальных решений в рассматриваемых задачах, называемые **генетическими алгоритмами оптимизации (ГАО)**, на основе моделирования биологических механизмов популяционной генетики. Основные идеи и принципы построения ГАО были сформулированы лишь в конце прошлого века (Д. Холланд, Д. Гольдберг). Однако быстро была распознана перспективность эволюционно-генетического подхода, что послужило развёртыванию исследований в данном направлении.

Генетические алгоритмы не критичны к размерности задачи и виду целевой функции, которая может быть нелинейной, разрывной, недифференцируемой и многоэкстремальной. Поиск оптимального решения в них осуществляется путём прямого манипулирования с совокупностью из нескольких допустимых решений, образуемых популяцией, каждое из которых закодировано в двоичном виде. Неявный параллелизм ГАО позволяет ему тестировать и использовать большое количество областей в пространстве решений, работая с относительно небольшим числом вариантов решений. Такой подход позволяет резко (в ряде случаев – на несколько порядков) сократить время решения задач и обеспечить высокое качество результата – получить оптимальное решение (или близкое к оптимальному, если требования по оперативности очень высоки).

Все генетические алгоритмы работают на основе начальной информации, в качестве которой выступает популяция альтернативных решений оптимизационной задачи

$$Q^t = (Q_1, Q_2, \dots, Q_N),$$

т.е. множество элементов $Q_i, i = \overline{1, N}$. Здесь индекс $t=0, 1, 2, \dots$ – номер генерации генетического алгоритма [5,6].

Каждый элемент этой популяции представляет собой хромосому или альтернативное решение. Хромосомы состоят из генов, т.е. элементов закодированного решения $Q_i = \{g_{i1}, g_{i2}, \dots, g_{im}\}$. Позиция гена в хромосоме именуется локус, а функциональное значение гена – аллель.

Элементы популяции называют родителями. Родители выбираются из популяции на основе заданных правил и скрещиваются для производства потомков (детей). Дети и родители в результате генерации, т.е. одного цикла эволюции, создают новую популяцию. Генерация одной итерации алгоритма называется поколением.

По аналогии с процессами, происходящими в живой природе, эволюция популяции – это чередование поколений, в которых хромосомы изменяют свои значения так, что каждое новое поколение всё более приспособляется к внешней среде. Иными словами, улучшается значение целевой функции (критерия эффективности) решения оптимизационной задачи.

Каждая популяция обладает наследственной изменчивостью. Это означает возможность случайных отклонений от наиболее вероятного среднего значения целевой функции. При этом наследственные признаки закрепляются, если они обеспечивают популяции лучшие условия существования.

Поскольку процесс эволюции начинается с начальной популяции, то генетический алгоритм начинает свою работу с создания начального множества конкурирующих между собой допустимых решений оптимизационной задачи. Далее эти «родители» создают «потомков» путём случайных и направленных изменений. После этого оценивается эффективность этих решений, и они подвергаются селекции. Аналогично естественному отбору действует принцип «выживания сильнейших», при этом наименее приспособленные решения «погибают», а затем процесс повторяется вновь и вновь.

Использование традиционных оптимизационных алгоритмов для нахождения оптимального решения прикладной задачи требует ряда допущений при формулировке математической постановки задачи. Такие допущения могут значительно исказить физический смысл задачи. Эволюционно-генетический подход не требует таких допущений, позволяя работать с нелинейными целевыми функциями и ограничениями, а также допуская их алгоритмическую формулировку. Тем самым появляется возможность решать задачи, которые не решаются традиционными методами, а для задач, которые могут быть решены существующими алгоритмами – обеспечивается существенно более высокая оперативность получения решения.

Остановимся на некоторых принципах, апробированных практикой применения эволюционно-генетического подхода, которые позволяют осуществлять эффективный генетический поиск [4, 5, 6].

Принцип гомеостаза. Генетические алгоритмы конструируются таким образом, что любое полученное альтернативное решение должно принадлежать области допустимых решений, определяемой ограничениями оптимизационной задачи.

Принцип спонтанности. Генетические алгоритмы должны спонтанно генерировать наборы допустимых альтернативных решений, среди которых с большой вероятностью может возникнуть оптимальное решение.

Принцип разнообразия путей развития. Реализация генетических алгоритмов многовариантна и альтернативна. Существует множество путей эволюции, и основная задача заключается в том, чтобы выбрать путь, приводящий к получению оптимального решения.

Существо любого генетического алгоритма может быть отображено путём моделирования основных факторов эволюционного развития популяции по следующей обобщённой схеме [4, 5, 6]:

1. Формирование начальной популяции из n особей.

Заключается в генерации хромосомного набора из N бинарных строк, удовлетворяющих требованиям, предъявляемым к математической модели оптимизационной задачи, и вычислении степени приспособленности особей (определяемых бинарными строками) к внешней среде (целевой установке задачи).

2. Воспроизводство "потомков" с наследными признаками "родителей".

Осуществляется реализация следующих основных процедур:

- ◆ выбор конкретной "родительской" пары для участия в процессе размножения (процедура скрещивания); наиболее известны процедуры скрещивания по схеме панмиксии (случайное скрещивание), асортативного (предпочтительного) скрещивания и др.;
- ◆ выбор схемы размножения (размножение по схеме рекомбинации генов, простого или сложного кроссинговера);
- ◆ построение по выбранной схеме из генотипов "родителей" генотипов "потомков", сохраняющих наследственные признаки "родителей" с последующим вычислением степени приспособленности "потомков" к внешней среде.

3. Проведение операции мутагенеза, приводящей к генетическим изменениям родительских генотипов. Заключается в осуществлении следующих действий:

- ◆ выбор типа мутагенеза (точечная мутация, генная мутация, макромутация, хромосомная мутация);
- ◆ построение по генотипу одной из особей популяции генотипа особи "мутанта" с помощью выбранного типа мутации.

Отметим особый смысл операции мутагенеза для задач оптимизации: применение этой операции позволяет избежать замыкания процедуры поиска в окрестности локального экстремума.

4. Осуществление естественного отбора.

Выполняется по следующей схеме:

- ◆ определение среди "родителей", "потомков" и "мутантов" особей, образующих репродуктивную группу, которая принимает участие в естественном отборе (известен ряд схем формирования репродуктивных групп: обшая, элитарная, селекционная и др. схемы);
- ◆ выбор схемы естественного отбора (возможны "жёсткие" либо "мягкие" схемы отбора);
- ◆ формирование по выбранной схеме хромосомного отбора популяции следующего поколения из особей репродуктивной группы.

Основная особенность генетических алгоритмов заключается в том, что характеристики их машинной реализации зависят от целой совокупностью факторов. По сути дела понятие «генетический алгоритм оптимизации» определяет не какой-то конкретный алгоритм, а идеологию (или стратегию) построения некоторой совокупности алгоритмов оптимизации, каждый конкретный член которой может иметь какие-то отличия в реализации от других. Основные элементы этой идеологии были определены выше. Здесь по аналогии можно вспомнить, что понятие «метод ветвей и границ» также являет собой некоторую стратегию поиска, конкретная реализация которой может существенно разниться для различных прикладных задач.

Рассмотрим, какие факторы влияют на характеристики машинной реализации генетических алгоритмов. Однако, прежде всего, введём общие критерии качества получаемого решения.

Имеющийся опыт разработки и использования ГАО показывает, что основными и наиболее важными критериями оценки метода являются:

- ◆ оперативность метода, т.е. время, затрачиваемое на поиск решения;
- ◆ качество получаемого решения, т.е. близость решения к абсолютному (глобальному) экстремуму.

Сделаем некоторые пояснения.

Правильно построенный алгоритм (ГАО) в принципе позволяет отыскать оптимальное решение. Однако процедура получения этого решения по соображениям практического характера не всегда может быть приемлема. Например, для отыскания оптимального решения необходимы затраты времени, недопустимые в текущей ситуации (работа в реальном масштабе времени). Поэтому и задача конкретной реализации ГАО заключается в том, чтобы выявить соответствующие зависимости между качеством получаемого решения и временем, необходимым для его получения. Это позволит грамотно ориентироваться в практических ситуациях.

Рассмотрим основные факторы, от которых зависит оперативность и качество получаемого решения в рассматриваемом классе задач.

Прежде всего отметим, что на каждом из отмеченных выше этапов работы ГАО возможен определённый произвол в выборе частных алгоритмов реализации процедур этапа. Например, выбор схем скрещивания и размножения на этапе два, типа мутагенеза на этапе 3, схем формирования репродуктивных групп и естественного отбора на этапе 4.

В некоторых случаях, исходя из специфики решаемой прикладной задачи, возможно такой выбор осуществить аргіогі. Однако в общем случае решение таких задач выбора требует определённых экспериментальных исследований, достаточно трудоёмких.

Далее отметим, что результат решения очевидным образом зависит и от некоторых параметров, являющихся варьируемыми величинами при построении процедур поиска решения оптимизационной задачи на базе ГАО. Рассмотрим эти параметры. Для конкретности соответствующий анализ будем проводить на примере задач структурной оптимизации СРОД [1], сводящихся, по сути, к некоторым процедурам кластеризации.

(1) Прежде всего, это размерность матрицы решений, которую будем определять произведением $I \times J$. Здесь I – количество строк матрицы, иными словами, количество абонентов (объектов, узлов) в СРОД, а J – количество кластеров, т.е. групп объединения абонентов. Заметим, что J зависит от системы ограничений задачи. Например, если существует лишь единственное ограничение по числу абонентов в кластере M , то $J = \lceil I/M \rceil$, где квадратные скобки означают ближайшее целое, не менее заключённого в скобки отношения.

(2) Объём популяции N , т.е. количество допустимых решений в популяции на каждом этапе процесса эволюции. Для простоты рассуждений будем полагать, что эта величина не меняется в процессе смены поколений.

(3) Предельное количество популяций до завершения процесса K . Значение этой величины определяет соотношение между качеством и оперативностью решения задачи. При малых значениях K задача решается быстрее, но качество может страдать. При больших K – всё наоборот.

(4) Количество создаваемых «родительских» пар решений M на каждом этапе эволюционного процесса. От значения этого параметра зависит степень обновления текущей популяции. При малой степени обновления снижается вероятность выйти на оптимум за заданные K итераций. При большой – снижается оперативность решения задачи.

(5) Вероятность P запуска процесса мутации. От этой величины зависит количество обращений к программе «мутации» на этапе эволюции, а следовательно – время выполнения этапа.

Таким образом, вырисовывается общая схема исследований по построению рациональных процедур реализации ГАО. Такая схема представлена на рис. 1. Проведение необходимых исследований в соответствии с процедурой, представленной на рис. 1, позволит определить наиболее рациональные варианты построения алгоритмов реализации основных этапов ГАО и значений настраиваемых параметров.



Рис. 1. Общая схема экспериментальных исследований по построению ГАО

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Балыбердин В.А., Белевцев А.М., Степанов О.А.* Оптимизация информационных процессов в автоматизированных системах с распределенной обработкой данных. – М.: Технология, 2002. – 279 с.
2. *Балыбердин В.А., Пенкин О.М., Полунин А.И.* Проблемные вопросы создания и внедрения новых информационных технологий в автоматизированных системах военного назначения. – М.: Вооружение. Политика. Конверсия, 2001. – 146 с.
3. *Гэри М., Джексон Д.* Вычислительные машины и труднорешаемые задачи. – М.: Мир, 1982. – 416 с.
4. *Davis L.* Handbook of Genetic Algorithms. – N.J., van Nostrand, 1991. – 408 p.
5. *Батищев Д.И.* Генетические алгоритмы решения экстремальных задач. – Воронеж: Изд-во ВГТУ, 1995. – 132 с.
6. *Гладков Л.А., Курейчик В.В., Курейчик В.М.* Генетические алгоритмы. – М.: Физматлит, 2006. – 318 с.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор А.В. Боженюк.

Балыбердин Валерий Алексеевич

Центральный научно-исследовательский институт Минобороны РФ.

E-mail: amdelevtsev@yandex.ru.

141006, Московская обл., г. Мыгищи.

Тел.: +79162386854.

Дружинин Михаил Александрович

Белевцев Андрей Михайлович

Тел.: +79037691788.

Baliberdin Valeriy Alekseevich

Central Scientific Research Institute of Ministry of Defenses of Russian Federation.

E-mail: amdelevtsev@yandex.ru.

Moscow area, Mitishi, 141006, Russia.

Phone: +79162386854.

Drujinin Mihail Aleksandrovich

Belevtsev Andrey Mihailovich

Phone: +79037691788.

УДК 681.3+681.5

В.Г. Кобак, Д.В. Титов, В.И. Калюка, В.В. Слесарев

**АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ УЛУЧШЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА
ДЛЯ НЕЧЕТНОГО КОЛИЧЕСТВА ОДНОРОДНЫХ УСТРОЙСТВ**

Рассмотрен новый подход к увеличению точности решения однородной распределительной задачи для систем, состоящих из нечетного количества устройств, за счет поэтапного применения генетического алгоритма. Эффективность такого подхода зависит от количества устройств: чем большее количество обрабатываемых устройств, тем более лучшие результаты получаются при применении данного подхода. Предложенный способ решения распределительных задач для нечетного количества устройств с помощью генетического алгоритма рекомендуется для составления расписаний для информационных систем, состоящих из нечетного количества процессоров, на которые поступает большое количество заданий.

Теория расписаний; однородные распределительные задачи; генетические алгоритмы.

V.G. Kobak, D.V. Titov, V.I. Kalyuka, V.V. Slesarev

**ALGORITHMIC IMPROVEMENT OF GENETIC ALGORITHM FOR ODD
QUANTITY OF HOMOGENEOUS DEVICES**

In the given work the new approach to increase in accuracy of the decision of a homogeneous distributive problem for the systems consisting of odd quantity of devices, at the expense of stage-by-stage application of genetic algorithm is considered. Efficiency such strongly the approach depends on an amount of arrangements: than amount of handling arrangements, especially the best effects more are gained at application of the given approach. The offered expedient of the solution of distributive problems for an odd amount of arrangements by means of genetic algorithm is recommended for formulation of schedules for the intelligence systems consisting of an odd amount of processors on which the great many of jobs arrives.

The theory of the schedules; homogeneous distributive problems; genetic algorithms.

Во многих областях инженерных и управленческих задач широкое практическое распространение получают задачи теории расписания. При упорядочивании и распределении какого-либо ресурса между исполнителями возникает вопрос эф-