Балыбердин Валерий Алексеевич
Центральный научно-исследовательский институт Минобороны РФ.
E-mail: amdelevtsev@yandex.ru.
141006, Московская обл., г. Мытищи.
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 обрабатывающих 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 эффективного планирования. Оптимальность планирования в значительной степени определяет технико-экономические показатели производственных и бизнес-процессов.

Построение оптимального плана (расписания) относится к задачам NP-полным, т.е. трудоемкость решения распределительной задачи определяется по экспоненте, как $O(n^m)$, где O – временная асимптотическая сложность алгоритма, а n и m – целые числа больше единицы, обозначающие количество устройств и заданий, которые задают размерность распределительной задачи $n \times m$. Исследование задач теории расписаний помогает изучить фундаментальные свойства практических задач и направлено на построение более эффективных алгоритмов решения.

Задача теории расписаний для однородных систем обработки информации может быть сформулирована следующим образом. Имеется однородная вычислительная система, состоящая из n идентичных параллельных процессоров $P = \{ p_1, \ldots, p_n \}$, на которые поступает m независимых заданий $Q = \{ q_1, \ldots, q_m \}$, образующих параллельную программу, причем известно время выполнения j-го задания t_j на любом из процессоров вычислительной системы, где $j = \overline{1, m}$. В каждый момент времени отдельный процессор обслуживает не более одного задания, которое не передаётся на другой процессор. Задача составления расписания сводится к разбиению исходного множества заданий на n непересекающихся подмножеств, т.е. $Q_i : \forall i, j \in [1, n] \to Q_i \bigcap Q_j = 0$ и $\bigcup_{i=1}^{n} Q_i = Q$. Критерием разбиения, обеспечивающего оптимальность расписания по быстродействию, служит минимаксный критерий и определяет такое распределение заданий по процессорам, при котором время завершения T параллельной программы минимально, т.е. $T = \max\limits_{1 \le i \le n} \{T_i\} \to \min$, где $T_i = \sum\limits_{t_j \in Q_i} t_j$ – загрузка i-го процессора (время окончания выполнения множества заданий $Q_i \subseteq Q$, назначенных на процессор p_i, где $i = \overline{1, n}$) [1].

Методы решения распределительной задачи. Методы решения однородных распределительных задач можно разбить на два класса. Первый класс – это точные методы, к которым относятся метод полного перебора, алгоритм Романовского, алгоритм Алексеева. Второй класс методов – приближенные методы, к которым относятся следующие подклассы методов: списочные методы и эвристические методы. К списочным методам относятся: метод критического пути, алгоритм Пашкеева и др. К эвристическим методам относятся: генетические алгоритмы, метод отжига, метод роящихся частиц и д.р.

Для получения оптимального решения однородной распределительной задачи используются точные методы решения. Однако, в силу её NP-полноты, с увеличением размерности распределительной задачи, а также при сужении диапазона ресурсных оценок распределяемых заданий получение оптимального решения за доступное время может стать недостижимым. В этой ситуации приходится ориентироваться на быстрые, но приближенные методы, такие как генетические алгоритмы, позволяющие получить решение, близкое к оптимальному.

Генетические алгоритмы. Генетические алгоритмы (ГА), относящиеся к эвристическим методам, представляют собой алгоритмы поиска лучшего решения, а не оптимального, используя при этом принципы, сходные с принципами естественного отбора и генетики. Они имеют вероятностную природу, поэтому результаты, полученные с помощью их, отличаются друг от друга при каждом запуске алгоритма и определяются случайной последовательностью, переданной в схему алгоритма.

Базовая схема работы ГА следующая: на первом шаге формируется начальное поколение, состоящее из заданного числа особей; на втором шаге происходит отбор особей и применение операторов кроссовера и мутации ГА с заданной вероятностью, формирование нового поколения; на шаге три происходит проверка условия останова, которая обычно заключается в неизменности лучшего решения в течение заданного числа поколений. Если проверка прошла успешно, то лучшая особь выбирается как найденное решение, иначе происходит переход на второй шаг. Такая схема является наиболее общим алгоритмом для решения разнотипных задач. В данном случае решения задачи теории расписания минимаксный критерий будет являться оптимизационной функцией, а условием останова будет неизменность лучшего решения в течение заданного числа поколений. При отборе родительских пар для оператора кроссовера берется текущая особь и случайно выбранная из исходного вектора особей. Для формирования нового поколения используется турнирный отбор, при котором из заданного числа особей (в данном случаи две особи) выбирается лучшая, которая перейдет в новое поколение. Лучшей особью считается особь, для которой значение оптимизационной функции минимально.

Модификации генетического алгоритма. В статье [2] была предложена модификация ГА, которая заключается в том, что при формировании нового поколения использовался бинарный турнирный отбор, в котором участвовала очередная особь, т.е. родительская, и результирующая, полученная в ходе выполнения операторов кроссовера и мутации. Данная модификация давала самый лучший результат из рассмотренных в [2] модификаций ГА. Предложенный способ формирования нового поколения называется турнир с родителем.

В статье [3] был предложен декомпозиционный подход к решению распределительных задач с четным количеством устройств. Суть данного подхода заключалась в следующем: вначале распределяется m заданий с помощью ГА на k процессоров, где $k = n/2$, получается k непересекающихся подмножества заданий, т.е. $Q_1 \cup Q_2 \cup \ldots \cup Q_k = Q$. Далее распределяется каждое подмножество заданий $Q_1, Q_2, \ldots, Q_k$, применяя ГА, на два процессора, в результате получается $2k = n$ непересекающихся подмножества заданий, т.е. $Q_{11} \cup Q_{12} = Q_1, \ldots,$ $Q_{k1} \cup Q_{k2} = Q_k$, образующих расписание для n-процессорной вычислительной системы, т.е. $Q_{11} \cup Q_{12} \cup \ldots \cup Q_{k1} \cup Q_{k2} = Q$. Данная модификация показала наилучшие результаты из рассмотренных в [3] модификаций ГА для четного количества устройств.

Генетический алгоритм для нечетного количества устройств. Требуется построить расписание для вычислительной системы, состоящей из n однородных процессоров, где n – нечетное число, на которые поступает m независимых заданий. Для этого вначале вычисляется теоретически возможное минимальное решение $T_{\min} = \sum_{j=1}^{m} t_j / n$. Затем распределяются задания с помощью ГА по n устройствам. Вычисляется, насколько загрузка каждого устройства отличается от $T_{\min}$, т.е. $\Delta T_i = |T_i - T_{\min}|$, где T_i – загрузка *i*-го устройства. Множество заданий Q_n, назначенных на устройство с самой минимальной разностью ΔT_i, запоминается, а остальные задания распределяются с помощью ГА по $n-1$ устройствам. Затем также вычисляется ΔT_i и множество заданий Q_{n-1}, назначенных на устройство с самой минимальной разностью ΔT_i, запоминаются, а остальные задания распределяются с помощью ГА по $n-2$ устройствам и так далее. Данная последовательность действий выполняется пока $n \neq 2$, затем с помощью ГА распределяются оставшиеся задания на два устройства, получается два множества заданий Q_2 и Q_1. В итоге множества заданий, которые запоминались и два последних, образуют расписание для *n*-процессорной вычислительной системы, т.е. $Q_n \cup Q_{n-1} \cup \ldots \cup Q_1 \cup Q_2 = Q$.

Экспериментальное сравнение генетических алгоритмов. В рамках исследования ГА для нечетного количества устройств поставлены вычислительные эксперименты, позволяющие собрать статистику решений для 3, 5 и 7 процессорных систем обработки информации. Количество заданий, которые распределялись между процессорами, задавалось 29, 113 и 229. В ходе экспериментов были случайным образом сгенерированы по 500 векторов загрузки, содержащие задания в диапазоне [25, 30].В качестве ГА №1 выбран ГА с использованием турнира с родителем, а в качестве ГА № 2 – ГА для нечетного количества устройств с использованием турнира с родителем. Для всех используемых ГА были выбраны следующие фиксированные параметры: число особей составляло 50, условием останова являлось появление в процессе решения более 500 поколений с лучшей одинаковой особью, вероятность кроссовера составляла 90 %, а вероятность мутации 10 %. Полученные результаты усреднялись по количеству экспериментов, а также аналогично усреднялись по времени решения задач (табл. 1).

Таблица 1

n	*m*	Усредненное значение критерия		Усредненное время решения задач, мс	
		ГА №1	ГА №2	ГА №1	ГА №2
3	29	269,104	268,606	33,83	56,32
	113	1036,262	1036,190	128,50	197,30
	229	2099,552	2099,486	273,61	409,34
5	29	164,512	163,576	33,80	95,75
	113	627,438	624,178	151,83	381,74
	229	1264,256	1261,096	328,25	830,39
7	29	129,330	126,266	37,10	144,65
	113	453,422	446,472	167,30	587,53
	229	907,178	902,660	373,37	1244,77

Проанализировав приведенные данные в табл. 1, можно отметить, что предложенный способ решения распределительных задач для нечетного количества устройств с помощью ГА (ГА № 2) является эффективным, так как точность решения в данном случаи стабильно лучше, чем у ГА с использованием турнира с родителем (ГА № 1), причем точность ГА № 2 увеличивается с ростом количества устройств. Из недостатка данного подхода можно отметить рост времени нахождения решения, хотя оно остается приемлемым.

Предложенный способ решения распределительных задач для нечетного количества устройств с помощью ГА можно рекомендовать для составления расписаний для информационных систем, состоящих из нечетного количества процессоров, на которые поступает большое количества заданий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Коффман Э.Г.* Теория расписания и вычислительные машины. – М.: Наука, 1987.
2. *Нейдорф Р.А., Кобак В.Г., Титов Д.В.* Сравнительный анализ эффективности вариантов турнирного отбора генетического алгоритма решения однородных распределительных задач // Вестник ДГТУ. – 2009. – Т. 9. – № 3 (42). – С. 410-418.
3. *Титов Д.В.* Модификация генетического алгоритма распределения для четного количества однородных приборов // Известия вузов. Сев.-Кавк. регион. Технические науки. – 2010. – № 1. – С. 3-6.

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

Кобак Валерий Григорьевич
Донской государственный технический университет.
E-mail: valera33305@mail.ru.
344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1.
Тел.: 88632327953.

Титов Дмитрий Вячеславович
E-mail: titov_dima@mail.ru

Калюка Владимир Иванович
Новочеркасское высшее военное командной училище связи (военного института).
E-mail: kvi_spb@rambler.ru.
346418, г. Новочеркасск, ул. Атаманская, 36.
Тел.: 88635220931.

Слесарев Владимир Владимирович
E-mail: v55555s@rambler.ru.

Kobak Valeriy Grigorevich
Don State Technical Universities.
E-mail: valera33305@mail.ru.
1, Gagarina Street, Rosrov-on-Don, 344000, Russia.
Phone: +78632327953.

Titov Dmitriy Vjacheslavovich
E-mail: titov_dima@mail.ru.

Kalyuka Vladimir Ivanovich
Novocherkassk the Higher Military Command Communication School (Military Institute).
E-mail: kvi_spb@rambler.ru.
36, Atamanskay Street, Novocherkassk, 346418, Russia.
Phone: +78635220931.

Slesarev Vladimir Vladimirovich
E-mail: kvi_spb@rambler.ru.