Раздел IV. Новые информационные технологии

УДК 681.3.681.5

В.Г. Кобак, Д.Г. Красный, Р.А. Нейдорф

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ АЛГОРИТМЫ РЕШЕНИЯ НЕОДНОРОДНОЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ ЗАДАЧИ ТЕОРИИ РАСПИСАНИЙ

Введение. Неоднородная распределительная задача относится к классу NP-полных задач [2] теории расписаний и является схематичным отражением теоретических моделей многих практических задач. Однако NP-полнота задачи приводит к неприемлемым затратам ресурсов для получения оптимального решения, а при больших размерностях задачи оптимальное решение оказывается недостижимым. Актуальность поиска эффективных алгоритмов решения неоднородной распределительной задачи определяется перспективой экономии вычислительных и временных ресурсов, направленных на решение задачи.

1. Постановка задачи. В терминах теории расписаний неоднородная распределительная задача может быть сформулирована применительно к системе обслуживания, состоящей, из n несвязанных устройств $P=\{p_j \mid j=\overline{1,n}\}$. На обслуживание поступает набор из m независимых параллельных работ $W=\{w_i \mid i=\overline{1,m}\}$, которые для неоднородной системы характеризуются множеством ресурсных оценок $T=\{t_{ij} \mid i=\overline{1,\ m};\ j=\overline{1,n}\}$. Для выполнения отдельной работы i на каком-либо из устройств j системы обслуживания требуется различное количество необходимого ресурса t_{ij}.

Решения неоднородной распределительной задачи заключается в составления наилучшего плана выполнения работ устройствами. Построение плана сводится к разбиению исходного множества из m работ на n непересекающихся подмножеств, где

$$W_j : \forall\ j,k \in [1,\ n\ ] \rightarrow\ W_j \bigcap W_k = 0\,,\ \bigcup_{j=1}^{n}\ W_j = W\,,$$

$$W_j = \{w_i \mid \forall j,k \in [1,\ n\ ];\ i,q \in [1,\ m\ ] \rightarrow w_i \neq w_q \in W_k\}.$$

Устройства не идентичны, работа может быть выполнена на любом обслуживающем устройстве j, если не задано ограничение такое, что $t_{ij}=\infty$, тогда говорится, что работа i не может быть обслужена на j-м устройстве. Расписание задает ограничения на последовательность выполнения работ и удовлетворяет условию транзитивности. Необходимо определить такое распределение работ по устройствам без прерывания их выполнения, чтобы время выполнения всей совокупности работ отвечало выбранному критерию качества расписания. Критерием разбиения, обуславливающим оптимальность расписания по быстродействию в данном исследовании, выбран минимаксный критерий:

$$Q_{mm\downarrow} = \max_{l \le j \le n} q_j \to \min, \qquad (1)$$

где $q_j = \sum_{k \in nN_j} t_{ij}$ – общая оценка загрузки j-го устройства выполнением назначенных для него m_j работ; $N_j = \{l, q, \ldots\}$: $(l \ne q) \& \left(l, q, \ldots \in \{\overline{1, m}\}\right)$, $K(N_j) = m_j$, а $K(\cdot)$ мощность множества индексов N_j.

2. Алгоритмы решения неоднородной распределительной задачи. Для решения неоднородной распределительной задачи используются, как алгоритмы, позволяющие получить точное решение, так и алгоритмы приближенного решения.

Непреодолимая вычислительная сложность оптимального решения задач теории расписаний обусловило разработку приближенных методов, позволяющих получать приемлемые решения при сравнительно небольших затратах времени и других ресурсов. Приближенные методы не гарантируют получение оптимального расписания, но могут давать приемлемые по точности решение, при небольших вычислительных затратах на его поиск.

В работах уже рассматривались алгоритмы приближенного решения неоднородной распределительной задачи и проводились сравнения эффективности их применения.

Однако для решения задач теории расписаний, широкое распространение получили эволюционно-генетические алгоритмы, и в работе показано эффективное применение генетического алгоритма при решении однородной распределительной задачи. В виду того, что однородная распределительная задача является частным случаем общей неоднородной распределительной задачи, целесообразно рассмотреть возможность решения неоднородной распределительной задачи генетическим алгоритмом и оценить эффективность с другими алгоритмами ее решения.

В исходной форме, предложенной в работе, генетический алгоритм (ГА) не применим к неоднородной распределительной задаче. Для возможности решения неоднородной распределительной задачи необходимо запрограммировать функцию оценки $f_i = F(ch_i)$ приспособленности хромосомы ch_i, которая содержит в себе закодированное расписание, таким образом, чтобы учитывалась неоднородная структурам системы облуживания с ее матричной структурой. Так как решается задача минимизации, то значение функции приспособленности при оценке популяции применяет критерий минимакса (1) рассчитанного для расписания, задаваемого ch_i хромосомой.

3. Имитационное исследование решения неоднородной распределительной приближенными алгоритмами. Для оценки эффективности генетического алгоритма при решении неоднородной распределительной задачи сравним полученные им решения с другими решениями приближенных алгоритмов: Плотникова-Зверева (ПЗ) и списочно-модифицированный алгоритм Алексеева без возвратов (СМ АА без возвратов).

При исследовании решения распределительной задачи рассматриваемыми алгоритмами используется два диапазона значений ([5,50], [25,30]) широкий и более узкий диапазоны возможных принимаемых значений для генерации элементов матрицы вычислительной сложности T. Что позволит оценить влияние однородности элементов T на сходимость решения.

При решении генетическим алгоритмом установлены настройки, найденные как оптимальные для однородной распределительной задачи: N_{chr} = 50 – число хромосом, P_{cross} = 0.99 – вероятность скрещивания, P_{mutchr} = 0.4 – вероятность мутации, лимит останова $N_{\lim}$ = 500 и количество элитных особей N_{elit} = 1. Рассмотрим задачи разной размерности: $m_{\min} = 20$, $m_{\max} = 80$ число работ, поступающих на выполнение, и $\Delta m = 10$ шаг варьирования числа работ. Число устройств ограничено $n_{\min} = 2$, $n_{\max} = 4$ и $\Delta n = 1$. Закон описывающий формирования размерности задачи для каждого i-го опыта имеет следующий вид: $\forall i \to m_i = m_{i-1} + \Delta m$ и $\forall i \to n_i = n_{i-1} + \Delta n$.

На диаграммах (рис. 1, 2), построенных по результатам эксперимента и исходным данным, видно, что значение критерия минимакса $Q_{mm\downarrow}$ решения алгоритмом ПЗ хуже, чем для алгоритмов ГА и СМ АА без возвратов. Так как алгоритм ПЗ рассматривается как исходный без каких либо изменений и доработок, то для сравнения алгоритмов ГА и СМ АА используем оценку относительно решения алгоритмом ПЗ.

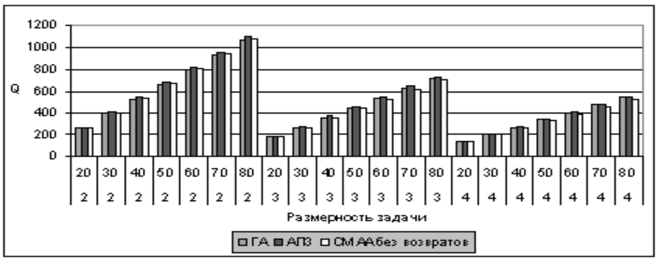

Рис. 1. Сравнение значений критерия минимакса решений каждым из алгоритмов при $t_{ij} \in [25,30]$

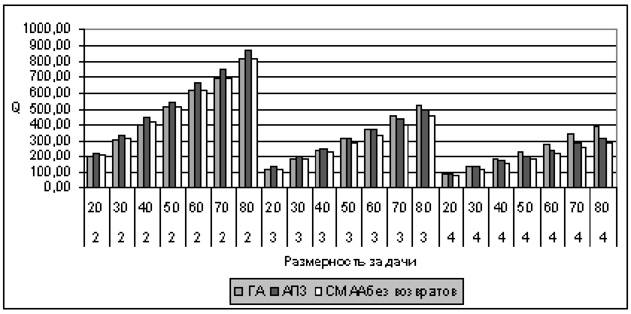

Рис. 2. Сравнение значений критерия минимакса решений каждым из алгоритмов при $t_{ij} \in [5,50]$

Для определения степени отклонения ГА и СМ АА без возвратов от АПЗ рассчитаем относительные оценки:

$$\delta^{A} = \left(1 - \frac{Q_{mm\downarrow}^{A}}{Q_{mm\downarrow}^{АПЗ}}\right), \quad (2)$$

где *A={ГА, СМАА без возвратов}*.

По рассчитанным оценкам, которые заданы формулой (2) и исходным данным, построены диаграммы (рис 3, 4).

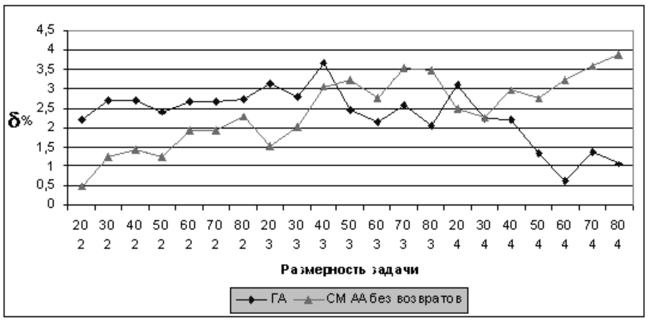

Рис. 3. Относительные оценки эффективности СМ АА без возвратов и ГА в сравнении с АПЗ при $t_{ij} \in [25,30]$

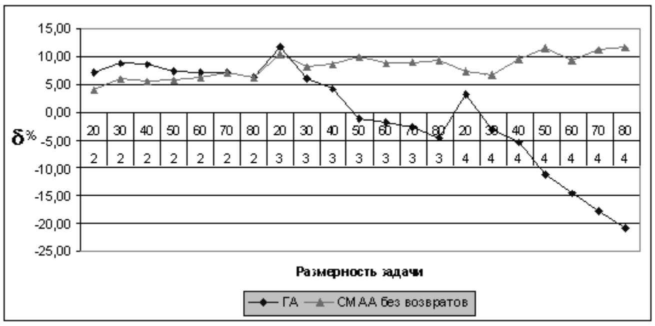

Рис. 4. Относительные оценки эффективности СМ АА без возвратов и ГА в сравнении с АПЗ при $t_{ij} \in [5,50]$

Выводы. Генетический алгоритм эффективен при решении неоднородной распределительной задачи с небольшим числом n, задающим число устройств в системе обслуживания. Эффективность генетического алгоритма особенно выражена при использовании более сложного диапазона $t_{ij} \in [25,30]$ в двух приборной неоднородной распределительной задаче ($n = 2$), решение получено более высокой точностью, чем СМАА без итераций и алгоритма ПЗ. Однако для больших размерностей эффективным является использование списочно-модифицированного алгоритма Алексеева без возвратов.

Так как при решении использовались настройки генетического алгоритма найденные как наилучшие для однородной распределительной задачи, то целесообразно углубить исследование генетического алгоритма в комплексе с неоднородной распределительной задачей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Будиловский Д.М.* Генетический подход к решению минимаксной задачи в однородных системах обработки информации // Математические методы в технике и технологиях – Воронеж: ВГТА , 2006, Т.2, №19.

2. *Гери М., Джонсон Д.* Вычислительные Машины и труднорешаемые задачи. – М.: Мир, 1982.
3. *Красный Д.Г.* Анализ эффективности модифицированного алгоритма Алексеева приближенного решения неоднородной распределительной задачи // Системный анализ, управление и обработка информации – Ростов-на-Дону: Изд-во ДГТУ, 2007, №1.
4. *Плотников В.Н., Зверев В.Ю.* Методы быстрого распределения алгоритмов в вычислительных системах // Техническая кибернетика. – 1974, №3.

УДК 681.3

А.В. Крупенин

МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕТОДА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ УГРОЗАМ ИНФОРМАЦИОННОЙ СФЕРЫ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ В ЗАЩИЩЁННОМ ИСПОЛНЕНИИ

Эффективность функционирования автоматизированных систем в ЗИ будет полностью зависеть от подсистемы управления уровнем информационной безопасности, основой которой являются средства противодействия несанкционированному доступу (НСД).

НСД к автоматизированным системам критически важных объектов (КВО) может осуществляться террористическими или криминальными структурами в течении их функционирования в любые, произвольные моменты времени. Поэтому при разработке математического инструментария систем противодействия необходимо НСД учитывать как стохастический процесс.

Известно, что наиболее эффективным методом исследования стохастических процессов является математическое моделирование [1]. Среди методов математического моделирования наибольшее распространение получили методы имитационного и аналитического моделирования [1].

Указанные методы широко применяются в исследовании сложных систем, благодаря своей эффективности, оперативности и дешевизне по сравнению с их натурными испытаниями.

Вместе с тем, несмотря на неоспоримые достоинства, методы имитационного и аналитического моделирования процессов функционирования средств противодействия угрозам безопасности информационной сферы, каждая в отдельности обладают рядом недостатков.

К основным недостаткам имитационных моделей необходимо отнести невозможность учета всего многообразия параметров, описывающих поведение физической системы, что приводит, в некоторых случаях, к противоречивым результатам. Аналитические модели обладают невысокой адекватностью реальным процессам, из-за недостаточно полного учёта всех параметров реальной системы, а ограничиваясь лишь основными параметрами их функционирования.

Однако [3] комбинация аналитических и имитационных моделей может существенно упростить описание процесса, т.е. позволяет описать параметры классическими математическими методами и использовать их результаты с требуемой точностью и адекватностью моделируемым процессам при проведении имитационного моделирования, что обеспечивает низкую стоимость расчетов.

Например, основу математического описания могут составить формализованные процедуры мониторинга и защиты информационного пространства системы