

УДК 519.87:004

UDC 519.87:004

## СРАВНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СТРАТЕГИЙ ОТБОРА ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ КОММИВОЯЖЕРА

*Кобак В. Г., Пешкевич А. А.*

Донской государственной технической  
университет, Ростов-на-Дону, Российская  
Федерация

[valera33305@mail.ru](mailto:valera33305@mail.ru)

[alexschume@mail.ru](mailto:alexschume@mail.ru)

Проведено сравнение стратегий отбора особей при решении задачи коммивояжера гибридной генетической моделью с использованием путевого подхода. Для путевого представления используется упорядоченный кроссовер и «жадная» мутация. В качестве стратегий отбора используются пропорциональный отбор и детерминированный отбор. Присутствует одна элитная особь и проводятся дополнительные запуски после получения решения. Для решения задачи коммивояжера указанным способом реализовано программное средство, с помощью которого получены результаты и сделан вывод о том, что использование модифицированного турнирного отбора при решении позволяет получить оптимальное или субоптимальное решение для графа со средним количеством вершин.

**Ключевые слова:** задача коммивояжера, генетический алгоритм, ген, пропорциональный отбор, путевое представление, кроссовер, упорядоченный кроссовер, жадная мутация.

**Введение.** Задача коммивояжера представляет собой классическую задачу комбинаторной оптимизации. Суть решения задачи заключается в отыскании самого оптимального маршрута по какому-либо критерию минимизации или максимизации, проходящего через определенные точки (города) один раз и затем возвращающегося в начальную точку [1].

Данная задача — одна из старейших, для нее тяжело найти точное решение при большой размерности [2]. Для ее решения не выявлено алгоритмов, которые работают за полиномиальное время [3]. Доказательств того, что такой алгоритм не существует на данный момент нет. Актуальна гипотеза, что решение NP-полных задач может быть произведено за полиномиальное время.

В качестве показателя выгодности маршрута можно использовать итоговое время нахождения в пути, итоговую стоимость проезда или протяженность маршрута. Наиболее простое

## COMPARISON OF DIFFERENT SELECTION STRATEGIES IN SOLVING THE TRAVELING AGENT PROBLEM

*Kobak V. G., Peshkevich A. A.*

Don State Technical University, Rostov-on-Don,  
Russian Federation

[valera33305@mail.ru](mailto:valera33305@mail.ru)

[alexschume@mail.ru](mailto:alexschume@mail.ru)

The article deals with the comparison of strategies of selection of individuals in solving the traveling agent problem by hybrid genetic model using path approach. An ordered crossover and a "greedy" mutation are used for track representation. Proportional selection and deterministic selection are used as selection strategies. There is one elite individual and additional launches are carried out after receiving the solution. To solve the traveling agent problem this way, a software tool is implemented, with the help of which the results are obtained and it is concluded that the use of modified tournament selection in solving allows obtaining an optimal or suboptimal solution for a graph with an average number of vertices.

**Keywords:** traveling agent problem, genetic algorithm, gene, proportional selection, track representation, crossover, ordered crossover, greedy mutation.

(точное) решение задачи коммивояжера может быть произведено перебором всех различных вариантов маршрута и выбором наиболее короткого. Однако прямое решение задачи означает, что суммарное множество всех возможных и известных ранее маршрутов будет увеличиваться по экспоненциальной зависимости при увеличении общего числа городов. Количество маршрутов равно  $n!$  количеству возможных вариантов упорядочения городов. Например, для 20 городов общее количество возможных путей будет равно  $6,1 \cdot 10$  в степени 16. Компьютер с сопроцессорами будет решать эту задачу достаточно долго. Повышение производительности компьютера несколько сократит время обработки вариантов, но при большей размерности задачи ее будет недостаточно. Известно, что имеется несколько абсолютно идентичных, имеющих различие лишь в начальном пункте ( $n$  вариантов) и движением обхода, но, при учёте этого факта, перебор всех возможных вариантов значительно сокращается до числа, равного  $\frac{n!}{2 * n} = \frac{(n-1)!}{2}$ . Из этого можно заметить, что задача коммивояжера входит в число задач, которые являются NP-полными задачами или же трансвычислительными [4].

**Постановка задачи.** Имеется полный неориентированный граф  $G = (X, U)$ , где  $|X| = n$  — множество всех изначально заданных вершин, или, иначе говоря, городов.  $|U| = m$  — это множество всех вероятных взвешенных рёбер (данные рёбра являются вероятными маршрутами между заданными изначально в задаче пунктами). Граф задаётся симметричной числовой матрицей  $R(i, j)$ ,  $i, j \in 1, 2, \dots, n$ , которая содержит внутри себя расстояния между вершинами  $x_i$  и  $x_j$  (или веса ребер). Такая матрица называется матрицей смежности, которая содержит по главной диагонали исключительно нули.

Необходимо определить такую перестановку  $\phi$  из элементов множества  $X$ , что искомое значение целевой функции будет равно следующему [5]:

$$Fitness(\phi) = R(\phi(1), \phi(n)) + \sum_i \{R(\phi(i), \phi(i+1))\} \rightarrow \min$$

**Подходы решения.** В данной задаче коммивояжера для поиска решения могут быть задействованы различные методы (жадный алгоритм, а также метод ветвей и границ). Эта статья содержит симбиоз моделей СНС и Голдберга [6, 7]. Из модели СНС были заимствованы дополнительные запуски после срабатывания, модифицированной моделью Голдберга. Запоминается поколение, полученное последним, и все особи, за исключением лучшей, подвергаются сильной мутации. Данное решение позволяет разнообразить имеющийся генетический тип особей. Поколение, которое подверглось сильной мутации, становится пусковой точкой для базисного варианта генетического алгоритма, который продолжает свою работу с данной отправной точкой. Далее по итогу лучшее решение в сохранённом поколении сравнивается с лучшим решением, полученным на втором этапе. В тех случаях, если полученное решение лучше, то оно запоминается в качестве лучшего на текущем этапе. Потом происходит повторный запуск операций с сильной мутацией и запуском основного генетического алгоритма с мутировавшим поколением в качестве основного. В том случае, если полученное решение оказалось не лучше, то определяется возможность нового запуска. Допустимое количество запусков без улучшения решения является входным параметром. Если на данный момент количество таких запусков не превышает входной параметр, описанный ранее, то идёт очень сильная мутация поколения, которое сохранено как лучшее и генетический алгоритм перезапускается и продолжает свою работу.

В данной работе используется путевое представление маршрута, которое описывается в виде особи [6].

Пропорциональный отбор заключается в вычислении вероятности участия особи в операторе кроссовера на основе значения ее функции приспособленности. В качестве значения функции приспособленности используется длина маршрута, представленного хромосомой особи.

Детерминированный отбор заключается в предоставлении шанса на участие каждой из особей в операторе кроссовера хотя бы один раз.

**Вычислительный эксперимент.** При решении задачи коммивояжера, модифицированной моделью Голдберга, и использовании различных стратегий отбора, невозможно аналитически определить какая стратегия наиболее перспективная. Для решения поставленной задачи было проведено большое множество вычислительных экспериментов, дающих возможность получить усредненные решения по точности и по времени, проанализировать результатов и по ним оценить эффективность модели Голдберга при различных видах отбора. Входные параметры следующие:  $n$  — количество городов,  $m$  — количество особей,  $vm$  — вероятность мутации,  $vk$  — вероятность кроссовера,  $first$  — номер начального пункта в маршруте,  $s$  — количество алгоритмических запусков,  $term$  — условие останова. Для комплексного решения поставленной задачи была реализована в виде программы модель генетического алгоритма с путевым представлением маршрута в виде хромосомы с использованием упорядоченного кроссовера и жадной мутации.

Пакет графов TSP\_LIB [8] Гейдельбергского университета был использован для проведения вычислительных экспериментов. Используемый тестовый граф eil76 представляет 76 населенных пунктов. Матрица расстояний представляет дистанцию между пунктами, где  $a_{i,j} = a_{j,i}$  — расстояние между пунктами  $i$  и  $j$ . Приведен оптимальный маршрут с началом в первом городе длиной 538.

Входные параметры алгоритма имеют следующие значения:  $n$  — 76,  $m$  — 1000,  $vk$  — 0,99,  $vm$  — 0,99,  $first$  — 1,  $s$  — 100,  $term$  — 1000.

На рис. 1 приведена сводная диаграмма решений, полученных в результате эксперимента. Гибридный алгоритм с детерминированным отбором позволил получить лучшее решение 558 и среднее решение 587, а с пропорциональным — 596 и 687 соответственно. Лучшее решение 558 хуже точного на 3,7%

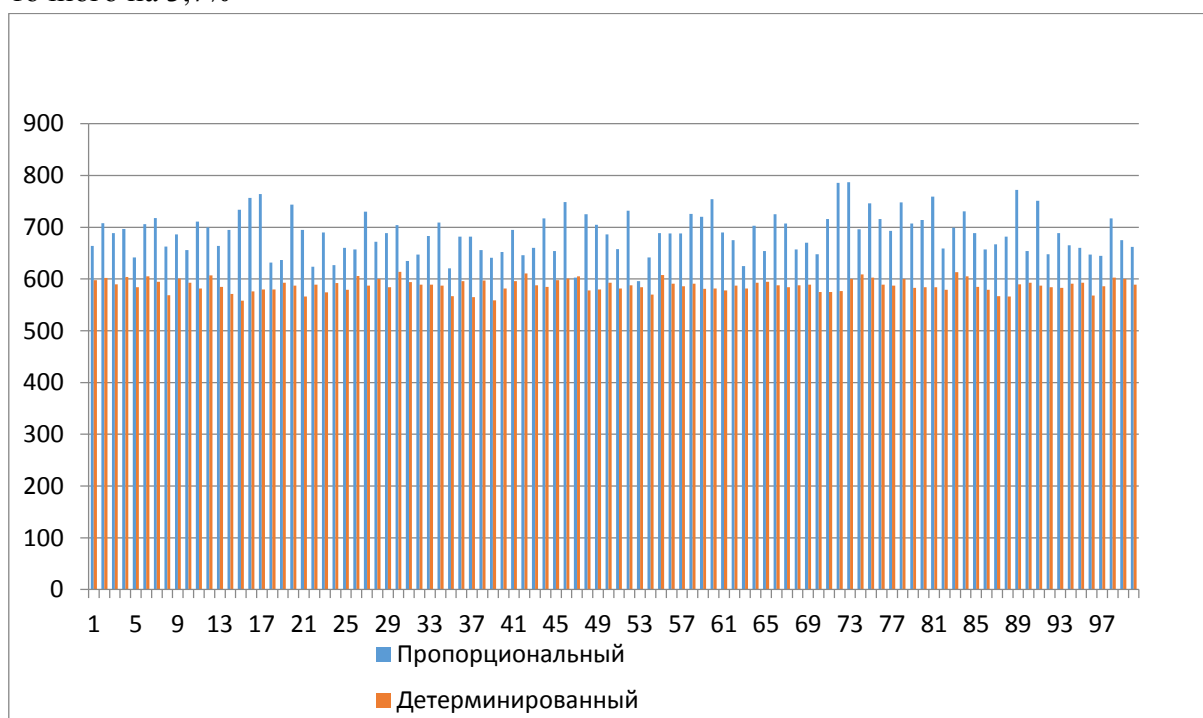


Рис. 1. Результаты эксперимента

**Выводы.** Анализ результатов, которые были получены в ходе проведённого и описанного выше эксперимента доказывают достаточно высокую эффективность в практическом применении метода, который представляется гибридом и сочетает в себе модели для решения задачи коммивояжёра: Голдберга и СНС. Такой подход имеет большой вероятностный успех для нахождения оптимального и субоптимального решений для экспериментального графа eil76 с относительно малым количеством вершин. В результате проведенного исследования данного подхода и вычислительного эксперимента было установлено, что использование детерминированного отбора вместе с сильной мутацией дает возможность улучшить решение, которое было получено с использованием модифицированной модели Голдберга.

#### **Библиографический список**

1. Гладков, Л. А. Генетические алгоритмы: учебное пособие / Л. А. Гладков, В. В. Курейчик, В. М. Курейчик; под ред. В. М. Курейчика. — Ростов-на-Дону : Ростиздат, 2004. — 400 с.
2. Кормен, Т. Алгоритмы: построение и анализ / Т. Кормен, Ч. Лейзерсон, Р. Ривест, К. Штайн; под ред. Л. Н. Красножан. — Москва : Вильямс, 2013. — 1328 с.
3. Гэри М. Вычислительные машины и труднорешаемые задачи / М. Гэри, Д. Джонсон; пер. с. англ. — Москва : Мир. — 1982.;
4. Muhlenbein H. Algorithms, data and hypotheses : Learning in open worlds / German National Research Center for Computer Science, Germany, 1995. — P. 1–14;
5. Емельянов В. В. Теория и практика эволюционного моделирования. / В. В. Емельянов, В. В. Курейчик, В. М. Курейчик. — Москва.: Физматлит, 2003. — 432с.
6. Каширина, И. Л. Введение в эволюционное моделирование: учебное пособие / И. Л. Каширина; под ред. Е. С. Котляровой. — Воронеж : Изд-во ВГУ, 2007. — 40 с;
7. Кобак, В. Г. Решение задачи коммивояжёра гибридной генетической моделью при использовании путевого подхода / В. Г. Кобак [и др.] // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: технические науки. — 2017, №2(194). — С. 5–9.
8. TSP\_LIB [Электронный ресурс] / Ruprecht-Karls-Universitat Heidelberg. — Режим доступа : [comopt.ifi.uni-heidelberg.de/software/TSPLIB95/](http://comopt.ifi.uni-heidelberg.de/software/TSPLIB95/) (дата обращения 30.01.2018).