

УДК 519.178

# ПОДБОР ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ КОММИВОЯЖЕРА

**А.Н. Шубинкин**

*Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева–КАИ*  
Россия, 420111, Республика Татарстан, Казань, ул. К. Маркса, 10  
E-mail: shubinkin5kazan@mail.ru

**Г.С. Смирнова**

*Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева–КАИ*  
Россия, 420111, Республика Татарстан, Казань, ул. К. Маркса, 10

**Р.А. Сабитов**

*Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева–КАИ*  
Россия, 420111, Республика Татарстан, Казань, ул. К. Маркса, 10

**Ключевые слова:** задача коммивояжера, методы оптимизации, эвристические алгоритмы, генетический алгоритм.

**Аннотация:** В статье рассматривается возможность оптимизации генетического алгоритма посредством изменения параметров с целью получения лучших результатов при решении задачи коммивояжера.

## 1. Введение

Известно, что сформулированная почти 100 лет назад задача коммивояжера является NP-трудной, и ее оптимальное решение на основе математических алгоритмов так и не было найдено. Ввиду экспоненциального роста количества возможных решений в зависимости от числа вершин графа, уже при относительно небольшом наборе пунктов, которые необходимо посетить продавцу, задача становится практически нерешаемой методом полного перебора из-за недостаточной вычислительной мощности.

Например, для вычисления оптимального маршрута между 16 городами-миллионниками России необходимо перебрать около 21 триллиона возможных вариантов. А при количестве городов более 66 для решения задачи уже потребуется обработка  $10^{93}$  бит информации, что относит ее к трансвычислительным задачам [1].

В подобных условиях приемлемым считается нахождение субоптимального маршрута. Одним из наиболее оптимальных методов решения задачи коммивояжера является аппроксимационный алгоритм Кристофидеса-Сердюкова, который гарантирует нахождение решения в пределах  $3/2$  от оптимального решения [2]. Также решение может быть найдено посредством применения эвристических алгоритмов, среди которых можно отметить «жадный» алгоритм, алгоритм имитации отжига, муравьиный алгоритм, генетический алгоритм и другие [3]. В частности, генетический алгоритм успешно используется при планировании транспортно-логистических операций, как внутри городов [4], так и при междугороднем взаимодействии. Таким образом, важным аспектом, влияющим на результат использования некоторых

эвристических алгоритмов, является нахождение оптимальных параметров алгоритма[5].

Целью работы является определение наилучших значений параметров «размер популяции» и «число итераций» генетического алгоритма при решении задачи коммивояжера для различного количества городов.

## 2. Методология

Для исследования работы генетического алгоритма при различных значениях параметров была создана программа, которая генерирует граф, заданной величины, со случайным расположением точек. Результатом работы программы является граф, на котором отражен оптимальный маршрут с указанием длины, а также вывод в консоль времени, затраченного на вычисления. Для создания программы был использован язык программирования Python 3.10 и среда разработки PyCharm. Вычисления производились на персональном компьютере с 64 разрядной операционной системой Windows 10 с процессором AMD Ryzen 5 4600H with Radeon Graphics с тактовой частотой 3,00 ГГц и оперативной памятью 16,0 Гб.

Диапазон значений параметра «размер популяции» 1000-5000 с шагом 50, «число итераций» 40-100 с шагом 5, число величин графа 20-100 с шагом 5.

## 3. Результаты

Как было указано выше, за результирующие показатели вычислений были взяты время, затраченное на вычисления, и длина построенного маршрута – чем ниже значения, тем правильнее подобраны параметры.

С учетом сильной линейной зависимости размера популяции и времени вычислений, обратим внимание на результаты длин маршрутов, составленные для различных размеров популяции и числа вершин. Из Рисунка 1 видно, что строгая линейная зависимость между размером популяции и длиной субоптимального маршрута отсутствует.

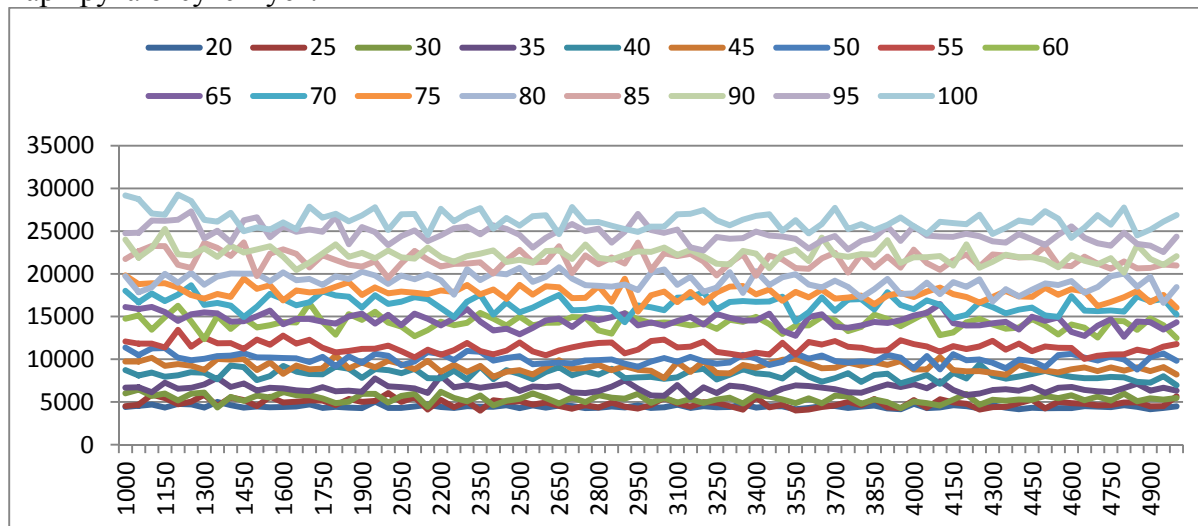
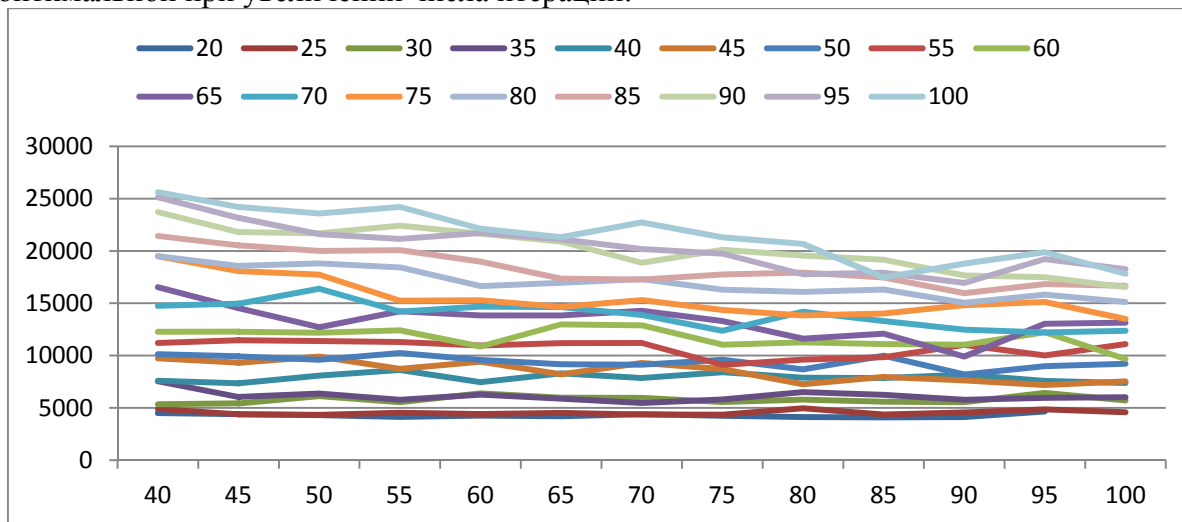


Рис. 1. Длина полученных маршрутов при изменении размера популяции.

С целью определения оптимального размера популяции определим 3 наиболее коротких маршрута в каждом наборе вершин. Самый короткий маршрут дает популяции 3 балла, второе место – 2 балла, и замыкающий тройку лидеров результат – 1 балл. В случае равенства результатов место определяется по лучшему времени, затраченному на вычисления.

Таким образом, лучший результат показала популяция с числом особей 3550, получив 8 баллов: 1 место – 20 вершин, 2 место – 25 вершин, 3 место – 65 вершин, 2 место – 70 вершин.

Используя данный размер популяции в качестве контрольного для дальнейших вычислений времени и длины маршрута при значениях числа итераций в диапазоне 40-100 с шагом 5, получили следующие результаты. Время, затраченное на вычисления, имеет сильную линейную зависимость, длина маршрута также стремится к оптимальной при увеличении числа итераций:

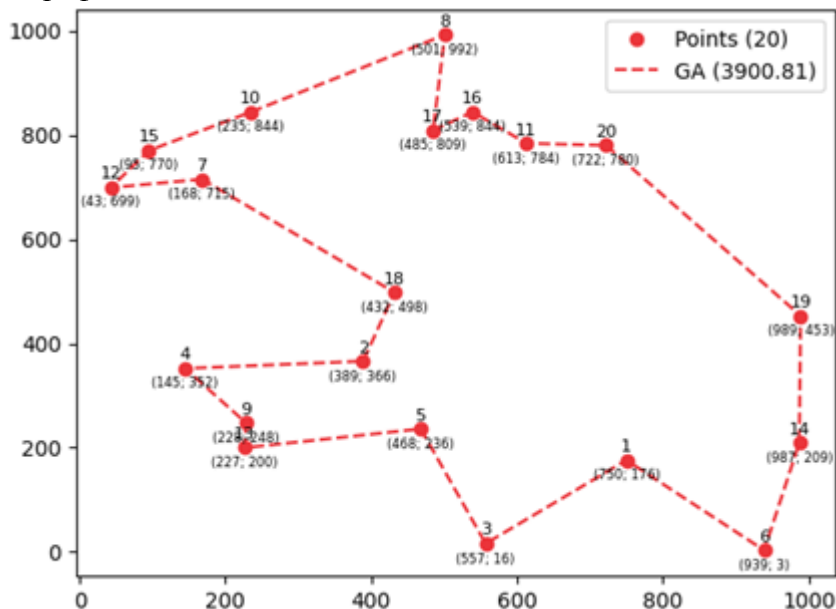


**Рис. 2.** Длина полученных маршрутов при изменении числа итераций.

С целью определения оптимального числа итераций применим аналогичный метод, использованный при определении оптимального размера популяции.

Таким образом, лучший результат показал генетический алгоритм с размером популяции 3550 и числом итераций 90.

Решение задачи коммивояжера с данными параметрами представлено на Рисунке 3 для 20 вершин графа.



**Рис. 3.** Решение задачи коммивояжера методом генетического алгоритма.

## 4. Заключение

С учетом ограничений вычислительных мощностей, решение задачи коммивояжера посредством использования эвристических алгоритмов является субоптимальным по времени вычислений и полученному результату. Таким образом, подбор лучших

параметров является важным аспектом при применении генетического алгоритма, позволяющим повысить его точность.

Кроме того, существуют эффективные методы использования разных алгоритмов в связке, а также адаптивных алгоритмов, которые имеют возможность динамично менять параметры во время работы[6], и гибридных алгоритмов[7]. Результаты, полученные в данной статье, могут быть использованы для повышения производительности вышеперечисленных методов.

## Список литературы

1. Klir G.J. Facets of systems science. Springer, 1991. P. 121-128
2. van Bevern R., Slugina V.A. A historical note on the 3/2-approximation algorithm for the metric traveling salesman problem // *Historia Mathematica*. 2020. Vol. 53. P. 118-127. <https://doi.org/10.1016/j.hm.2020.04.003>.
3. Wang Hui. Comparison of several intelligent algorithms for solving TSP problem in industrial engineering, *Systems Engineering Procedia* // 2012. Vol. 4. P. 226-235. <https://doi.org/10.1016/j.sepro.2011.11.070>.
4. Huixia Cui, Jianlong Qiu, Jinde Cao, Ming Guo, Xiangyong Chen, Sergey Gorbachev. Route optimization in township logistics distribution considering customer satisfaction based on adaptive genetic algorithm // *Mathematics and Computers in Simulation*. 2023. Vol. 204. P. 28-42. <https://doi.org/10.1016/j.matcom.2022.05.020>.
5. Smirnova G., Sabitov R., Elizarova N., Sabitov Sh., Eponeshnikov A., Maximova N. Measurability and feasibility of work in the management of an industrial enterprise in a flexible production environment // *IFAC-PapersOnLine*. 2022. Vol. 55, No. 10. P. 1410-1415. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.09.588>.
6. Чернышев Ю.О., Полуян А.Ю. Адаптивный генетический алгоритм для решения задач оптимизации на основе стратегии элитизма // *Известия ЮФУ. Технические науки*. 2008. № 4. <https://cyberleninka.ru/article/n/adaptivnyy-geneticheskiy-algoritm-dlya-resheniya-zadach-optimizatsii-na-osnove-strategii-elitizma> (дата обращения: 17.01.2024).
7. Jiongzhi Zheng, Jialun Zhong, Menglei Chen, Kun He, A reinforced hybrid genetic algorithm for the traveling salesman problem // *Computers & Operations Research*. 2023. Vol. 157. P. 106249 <https://doi.org/10.1016/j.cor.2023.106249>.