



ОСОБЕННОСТИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ КОММИВОЯЖЕРА ПРИ ПОМОЩИ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА

Е. С. Костин

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

Научная работа посвящена исследованию задачи коммивояжера – одного из самых популярных способов комбинаторной оптимизации. В качестве решения данной задачи был выбран генетический алгоритм, который подробно описывается в работе. В конечном результате была составлена типовая задача, требующая решения с использованием генетического алгоритма и представлено подробное ее решение. В заключении были проанализированы задачи будущих исследований алгоритмов планирования и оптимизации.

Ключевые слова: комбинаторная оптимизация, задача коммивояжера, генетический алгоритм.

Для цитирования:

Костин, Е. С. Особенности решения задачи коммивояжера при помощи генетического алгоритма / Е. С. Костин // Системный анализ и логистика. – 2023. – № 3(37). – с. 91 – 96. DOI: 10.31799/2077-5687-2023-3-91-96.

PECULIARITIES OF SOLVING THE TRAVELING SALESMAN PROBLEM USING A GENETIC ALGORITHM

E. S. Kostin

St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

The research paper is devoted to the study of the traveling salesman problem - one of the most popular methods of combinatorial optimization. Genetic algorithm was chosen as a solution to this problem, which is described in detail in the paper. As a final result, a typical problem requiring solution using genetic algorithm was compiled and its detailed solution was presented. Finally, the objectives for future research on planning and optimization algorithms were analyzed.

Keywords: combinatorial optimization, salesman problem, genetic algorithm.

For citation:

Kostin, E. S. Peculiarities of solving the traveling salesman problem using genetic algorithm / E. S. Kostin // System analysis and logistics. – 2023. – № 3(37). – p. 91 – 96. DOI: 10.31799/2077-5687-2023-3-91-96.

Введение

До недавнего времени все комбинаторные задачи по поиску оптимального маршрута проводились вручную, и эта задача была не оптимизирована, то есть требовала большого количества времени и далеко не всегда приносила наибольшую эффективность. Поэтому возникла необходимость улучшить эту систему и разработать совершенно новый метод, который позволит решить многие задачи

С течением времени всё же удалось оптимизировать эти задачи с использованием различных алгоритмов, один из таких – решения задачи коммивояжера при помощи генетического алгоритма, то есть с использованием генов и мутаций, таким образом идет отбор лучших «особей», которые способны решить любую задачу с высокой степенью эффективности.

На сегодняшний день генетический алгоритм активно используется в области беспилотных систем, технологиях роевого интеллекта. Далее рассмотрим задачу коммивояжера.

Описание задачи коммивояжера

Задача коммивояжера – это понятие, под которым понимают решение подзадачи комбинаторной оптимизации. Такая задача является основной в сфере транспортной логистики, а также в целом в отрасли, занимающейся перевозками. Ключевые характеристики



такой задачи – это поиск лучшего маршрута из возможных с соблюдением минимальных издержек, то есть необходимо найти самый короткий путь с как можно меньшими временными затратами [1].

Для более понятного представления работы задачи коммивояжера рассмотрим базовый пример (рис. 1). Предположим, что начальная точка маршрута – А и необходимо обойти все остальные точки (В, С, D, E, F), а затем вновь вернуться в исходную позицию. Существует немало решений этой задачи, но самое главное – это найти и составить кратчайший маршрут.

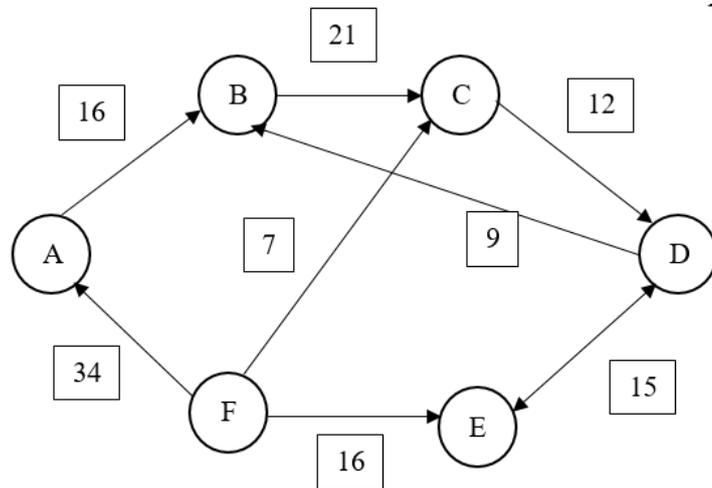


Рис. 1. Пример задачи коммивояжера

Изучим маршрут А-В-С-D-E-F-А. Путь из точки А в В занимает 16, из В в С уже 21 и так далее последовательным образом получаем кратчайший маршрут: $16 + 21 + 12 + 15 + 16 + 34 = 114$ [2].

Казалось бы, самый простой в исполнении и наиболее наглядным способом будет так называемый «метод грубой силы», то есть перебор всех возможных вариантов маршрута и выбор наиболее подходящего. Безусловно, для той задачи, что изображена выше, такой метод будет приемлем и не займет большого количества времени на поиск нужной траектории движения, однако, в случае увеличения точек доставки, требуется применение оптимизационных алгоритмов для ускорения решения данной задачи. Поэтому существует сразу несколько способов решения задачи коммивояжера, все они по-своему хороши и каждый из них активно используется для решения различных задач. Из основных можно выделить алгоритм Дейкстры, кривая Дубинса, алгоритм Флойда, метод быстрого марша и генетический алгоритм. Рассмотрим последний из общего списка подробнее и выделим ключевые его характеристики и то, каким образом осуществляется процесс работы и оптимизации задачи коммивояжера [3].

Описание эволюционного алгоритма

Генетический алгоритм – это способ эвристического поиска, за основу была взята эволюция жизни: основная идея данного метода заключается в создании искусственного процесса естественного отбора, то есть всё происходит как в реальной жизни: выживают лишь самые приспособленные к окружающему миру «существа». Как правило, существует пять этапов генного алгоритма, а именно [4, 5]:

1. Создание начальной популяции.
2. Вычисление пригодности.
3. Выбор лучших генов.
4. Скрещивание.
5. Мутирование" для введения вариаций.



Генетический алгоритм работает по следующему принципу: он ищет область с препятствиями или места с конфликтными точками и в случайном порядке генерирует начальные точки на карте. Для обеспечения маршрута к конечной точке без столкновений создаются специальные «бесколлизсионные» траектории, предоставляемые в виде «особей», каждая из которых имеет собственную «хромосому». Ввиду того, что каждый сегмент траектории предоставлен в виде «гена», то совокупность всех таких особей называется популяцией. Для отсеивания нужных особей от прочих разрабатывается специальная «фитнес-функция». Те особи, которые удовлетворяют минимальным условиям (то есть являются наиболее приспособленными) называются элитными: с помощью кросс-мутаций между элитными особями происходит отсев уже наилучших особей до тех пор, пока не будут исполнены так называемые условия завершения. Таким образом удастся составить наиболее оптимальный маршрут по обходу препятствий с максимальной экономией временных затрат. На рис. 2 изображена схема траектории движения, красными кругами отображены препятствия, а черная линия – это оптимальная траектория [6].



Рис. 2. Схема траектория движения генетического алгоритма

Также существует блок-схема, отображающая принцип работы генетического алгоритма, изобразим ее на рис. 4. Как видно, алгоритм представляет из себя цикл, который продолжается до тех пор, пока не будут соблюдены результирующие условия, такое как, например, минимально пройденное расстояние [7].



Рис. 3. Блок-схема работы генетического алгоритма



Пример решения задачи коммивояжера методом генетического алгоритма

Ввиду того, что генетический алгоритм использует случайную выборку, он является не самым эффективным и точным методом решения задачи коммивояжера. Поэтому вручную его сделать невозможно, для этого приходится использовать программный код, который в течение нескольких секунд способен просчитать несколько тысяч вариантов и каждый раз оптимизировать его до тех пор, пока не придет к какому-то стабильному значению, которое и будет обозначать кратчайших маршрут. Так или иначе, данный алгоритм является крайне интересным, ведь он имеет множество схожестей с реальной жизнью [8]. Попробуем наглядно отобразить пример работы генетического алгоритма при решении задачи коммивояжера. Для начала отобразим начальное условие (рис. 4):

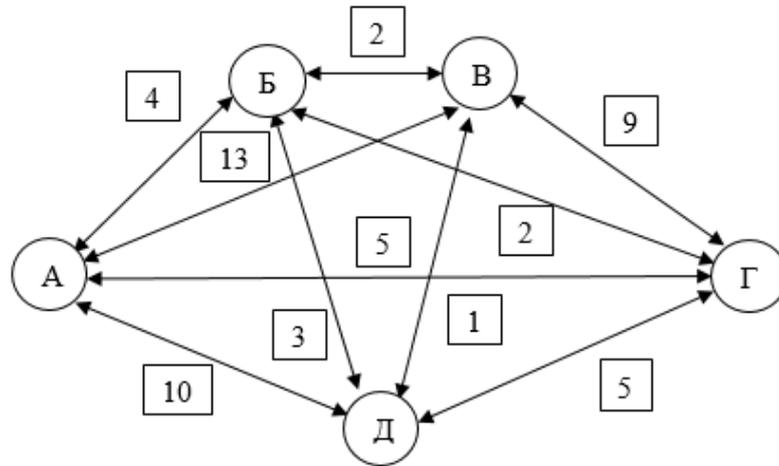


Рис. 4. Начальные условия для генетического алгоритма

Создадим генерацию начальной популяции – выберем десять случайных маршрутов из точки «А». Важное условие в текущей задаче – нет необходимости возвращаться в начальное положение, а стартовая точка – «А». Отобразим полученные результаты в таблице 1.

Таблица 1 – Генерация начальной популяции

№	Маршрут	Пройденное расстояние
1	АБВГД	20
2	АДВБГ	22
3	АВГБД	27
4	АБДГВ	21
5	АГВБД	19
6	АГБДВ	13
7	АДГВБ	26
8	АДГБВ	19
9	АБГВД	16
10	АВГДБ	30

Следующим этапом является случайная выборка двух маршрутов, то есть создание двух «родителей» будущей «особи», которая начнет оптимизировать маршрут. К примеру, выберем маршруты №2 и №10. После выполнения первой траектории (для маршрута №2 это «АД») сгенерируем точку разрыва и начнем формировать потомка: для этого необходимо взять первые два «гена» от первого родителя, в нашем случае это будет «АД». В таком случае исключаем возможное попадание в будущую ячейку потомка буквы «Д» от второго родителя. Затем берем два гена уже от второго родителя: «ГБ». Остается последняя ячейка, ее возьмем от первого родителя – «В». Таким образом был сформирован новый маршрут: «АДГБВ», его длина составляет 19. Затем необходимо проделать всё то же самое, меняется лишь



последовательность первого и второго родителя, то есть сначала берутся гены второго родителя и далее по аналогии. Так мы получим новый маршрут – «АВВГД» и для этого придется пройти расстояние, равное 22.

Далее необходимо осуществить мутацию двух маршрутов, для того чтобы расширить количество возможных вариантов при решении задачи. Чтобы осуществить такой процесс, необходимо в случайном порядке поменять местами определенные гены у любого из потомков. Например, в случае с потомком «АВВГД» поменяем местами ген «В» и «Г» и получим «АГВВД», с расстоянием 10.

Затем добавим этих двух потомков «АГВВД» и «АДГВВ» в начальную таблицу и вместе с этим убираем всех наименее приспособленных особей, то есть необходимо исключить из таблицы те маршруты, которые оказались слишком длинными. Для того, чтобы определить, сколько маршрутов необходимо удалить, воспользуемся формулой:

$$S_i = S_{i-1}, \quad (1)$$

где S_i - размер новой популяции, S_{i-1} - размер старой популяции.

Отсортируем нашу таблицу по возрастанию и выведем полученные результаты в таблицу 2:

Таблица 2 – Конечная популяция после первого цикла потомков

№	Маршрут	Пройденное расстояние
1	АГВВД	10
2	АГВДВ	13
3	АВГВД	16
4	АГВВД	19
5	АДГВВ	19
6	АДГВВ	19
7	АВВГД	20
8	АВДГВ	21
9	АДВВГ	22
10	АДГВВ	26

В дальнейшем решение задачи коммивояжера с использованием генетического алгоритма сводится к повторению проделанных шагов в поиске оптимальной особи, то есть необходимо найти маршрут с минимальным пройденным расстоянием. Для данной задачи уже после первого цикла отбора особей образовался лучший маршрут – «АГВВД» с итоговым пройденным расстоянием 10 [9].

Заключение

Несмотря на недостаточную точность генетического алгоритма и большое количество времени, требуемое для нахождения оптимального решения задачи, данный способ очень прост в реализации и не требует больших знаний в области программирования для написания программного кода. Генетический алгоритм можно использовать не только при решении задачи коммивояжера, это делает его более гибким и удобным для использования.

В какой-то степени можно сказать, что генетический алгоритм – это нейросеть, ведь с ростом популяции особь каждый раз улучшается и выполняет задачу все лучше и лучше вплоть до пикового значения, выше которого оно подняться не сможет. Ключевые различия между ними – генетический алгоритм необходим для получения конкретного решения, а нейросеть изучает и обрабатывает информацию, выдавая совершенно новую и обработанную.



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. HABR: Задача коммивояжера (TSP) точное решение — метод динамического программирования, 2022 [Электронный ресурс]. – URL: <https://habr.com/ru/articles/701458/> (дата обращения: 08.09.2023).
2. Tutorialspoint: Travelling Salesman Problem [Электронный ресурс]. – URL: https://www.tutorialspoint.com/design_and_analysis_of_algorithms/design_and_analysis_of_algorithms_travelling_salesman_problem.htm (дата обращения: 09.09.2023).
3. Добровольская А. А. Моделирование цепей поставок: учебно-методическое пособие / А. А. Добровольская, Н. Н. Майоров, В. Е. Таратун – СПб.: ГУАП, 2020. – 66 с.
4. Geeksforgeeks: Traveling Salesman Problem using Genetic Algorithm [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.geeksforgeeks.org/traveling-salesman-problem-using-genetic-algorithm/> (дата обращения: 08.09.2023).
5. Johnson D.S. The traveling salesman problem: a case study. Local search in combinatorial optimization / D.S. Johnson, L.A. McGeoch // Conference Proceedings: IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics. – Amherst: IEEE Date, 1994. – 103 p.
6. Yang Y. UAV Formation Trajectory Planning Algorithms: A Review / Y. Yang, X. Xiong, Y. Yan // Drones (2504-446X) – 2023. – Vol. 7 Issue 1. – P. 62. DOI: 10.3390/drones7010062.
7. Морозов В. А. Применение генетического алгоритма к задачам оптимизации. Реализация генетического алгоритма для задачи коммивояжера / Морозов В.А. // Вестник Амурского государственного университета – 2012. – №57 (37). – 192 с.
8. Гладков Л. А. Генетические алгоритмы: учебное пособие / Л. А. Гладков, В. В. Курейчик, В.М. Курейчик // Москва: Физмалит – Изд. 2-е. – М.: Физматлит, 2006. – 320 с.
9. HABR: Генетический алгоритм. Просто о сложном, 2011 [Электронный ресурс]. – URL: <https://habr.com/ru/articles/128704/> (дата обращения: 09.09.2023).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Костин Егор Сергеевич –

Студент

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения
190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А

E-mail: egorik8993@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Kostin Egor Sergeevich –

student

Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation
67, Bolshaya Morskaya str., Saint-Petersburg, 190000, Russia

E-mail: egorik8993@mail.ru