

Н.Н. Максимова, Н.С. Колтунов

ПОИСК ОПТИМАЛЬНОГО КОЛЬЦЕВОГО МАРШРУТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЧЕЛИНОГО АЛГОРИТМА

В статье представлено исследование задачи построения кольцевого маршрута (по реальным данным) с помощью алгоритма пчелиной колонии.

Ключевые слова: задача коммивояжера, алгоритм пчелиной колонии, ППП MATLAB, OSRM, OSM.

SEARCH FOR AN OPTIMAL RING ROUTE USING A BEES ALGORITHM

This article presents a study of the problem of constructing a ring route (based on real data) using the bee colony algorithm.

Key words: Salesman Problem, Bee Colony Algorithm, MATLAB, OSRM, OSM.

DOI: 10/22250/jasu.5

Введение

Задача построения кольцевого маршрута (известна как задача коммивояжера) является одной из самых важных и популярных задач транспортной логистики [1]. Суть ее состоит в построении маршрута, позволяющего торговцу (коммивояжеру) посетить определенные города со своим товаром по единственному разу и вернуться туда, где начался его маршрут. Критерием оптимальности маршрута считается минимальная дистанция (или минимальное время) пройденного пути. В настоящее время популярны так называемые природные алгоритмы оптимизации, которые можно применять для решения поставленной задачи. К их числу относится один из таких алгоритмов – алгоритм пчелиной колонии.

Описание пчелиного алгоритма для задачи коммивояжера

Пчелиным называется оптимизационный алгоритм, который моделирует поведение пчел в живой природе.

У данного алгоритма имеются высокоэффективные варианты/виды, которые предназначены для решения задач непрерывной оптимизации. Они являются одними из новейших природных многоагентных алгоритмов, основанных на моделировании роевого интеллекта (Swarm intelligence). Первые статьи по этим алгоритмам были опубликованы в работах Фама (D.T. Pham) с соавторами в 2005 г. Основная идея алгоритмов состоит в моделировании поведения пчел при поиске нектара [2-3].

Из наиболее известных подвидов алгоритма стоит отметить: 1) пчелиный алгоритм (Bees algorithm, В-алгоритм); 2) алгоритм колонии искусственных пчел (Artificial Bee Colony, ABC). Данные виды успешно применяют для решения комбинаторных задач [4].

С целью описания поведения пчел в природе применяют следующую терминологию: источник нектара (food sources), рабочие пчелы (worker bees), пчелы-разведчики (scout bees, scouts), пчелы-наблюдатели (onlooker bees).

В поведении пчел можно выделить несколько аспектов:

чем ближе окажется обнаруженный разведчиком источник и чем выше его качество, тем больше пчел полетит к нему за разведчиком;

при возвращении в улей пчелы выполняют определенный ритуал (танец), набирая новых последователей и т.д.;

поведение пчелиного роя является адаптивным. В то время как другие пчелы собирают нектар, разведчики продолжают искать новые перспективные места, что позволяет колонии осуществлять мониторинг общей ситуации, или, проще говоря, пчелы не останавливаются на достигнутом.

Самоорганизация пчелиного роя основывается на четырех следующих основных механизмах: положительная обратная связь, отрицательная обратная связь, множественность взаимодействия, случайность.

Тестирование работы алгоритма

Главная идея модели пчелиной колонии состоит в использовании двухуровневой стратегии поиска: с помощью пчел-разведчиков определяется множество перспективных источников, а далее с помощью пчел-фуражиров осуществляется исследование окрестностей этих источников.

Главной целью пчелиной колонии является поиск источника, содержащего как можно большее количество нектара, при этом качественного. Это количество определяет значение целевой функции в исследуемой оптимизационной задаче. В данном случае нужно найти оптимальное решение задачи кольцевого маршрута. На рис. 1 продемонстрирована блочная схема работы алгоритма.

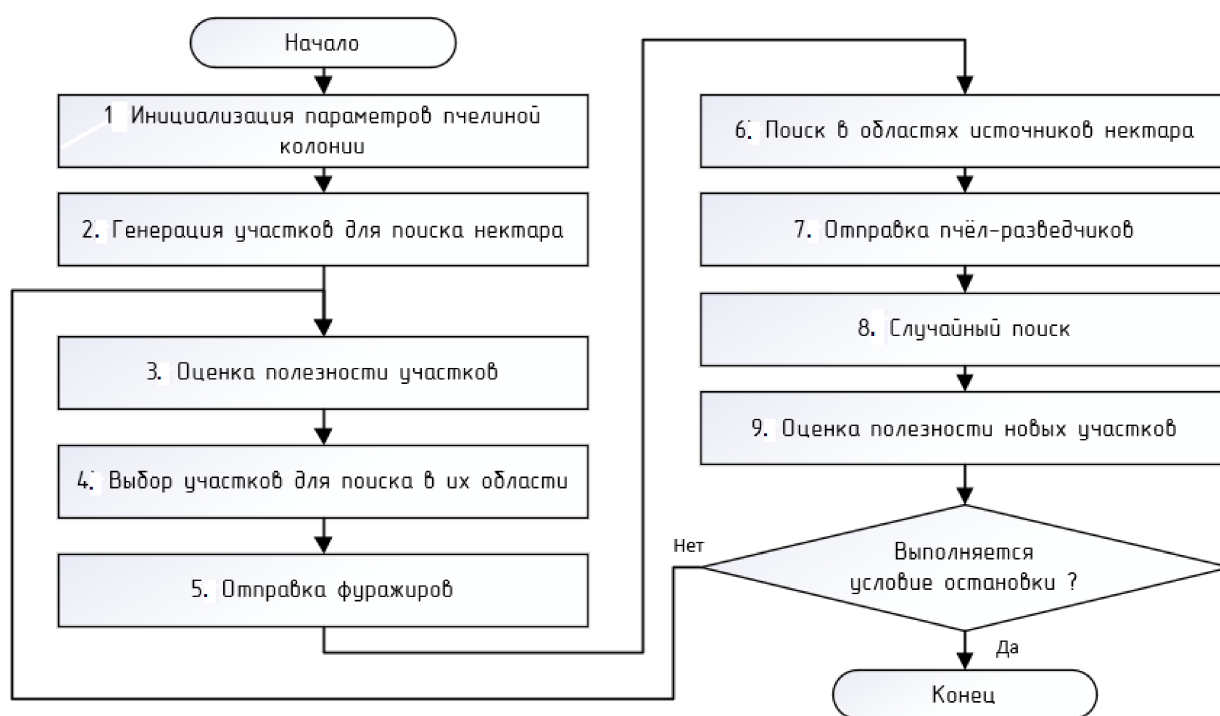


Рис. 1. Схема работы пчелиного алгоритма.

В ППП MATLAB был разработан программный код. Входные данные программы составляют координаты точек (городов) и соответствующие матрицы расстояний. Для тестирования программы формируется массив с координатами с помощью функций заполнения случайных значений (rand). Далее от этой матрицы рассчитываются дистанции между точками – матрица расстояний.

После инициализации и последующей обработки входных данных самим алгоритмом получаются выходные результаты его работы. Результаты (оптимальные траектории) представлены в виде графиков на рис. 2-4. На графиках имеется кольцевой маршрут в некой координатной плоскости.

Также показана информация о количестве проделанных итерациях, продемонстрированы результаты расчетов при 10, 30 и 50 точках соответственно.

При тестировании алгоритм показывает хорошие результаты, для построения оптимального маршрута не требуется слишком большого количества итераций.

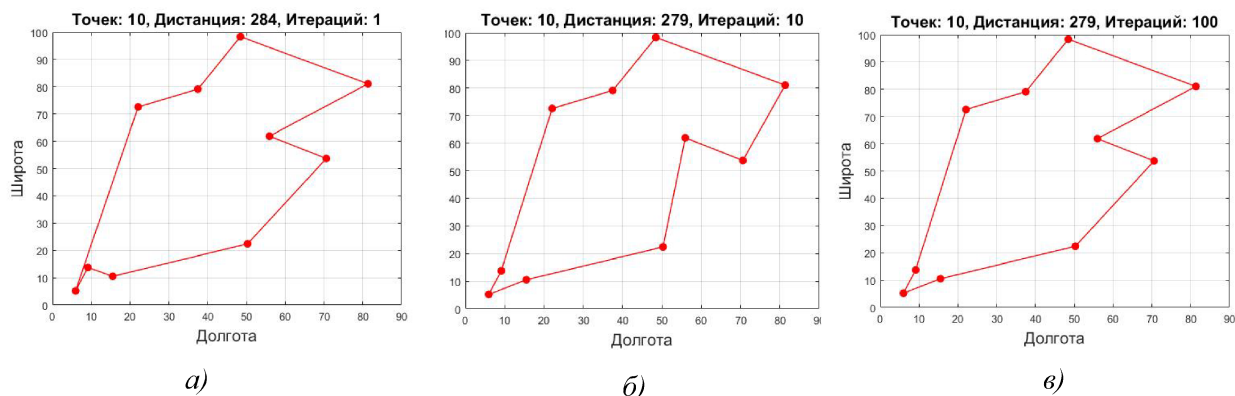


Рис. 2. Результаты работы алгоритма для 10 точек (а – 1 итерация, б – 10 итераций, в – 100 итераций).

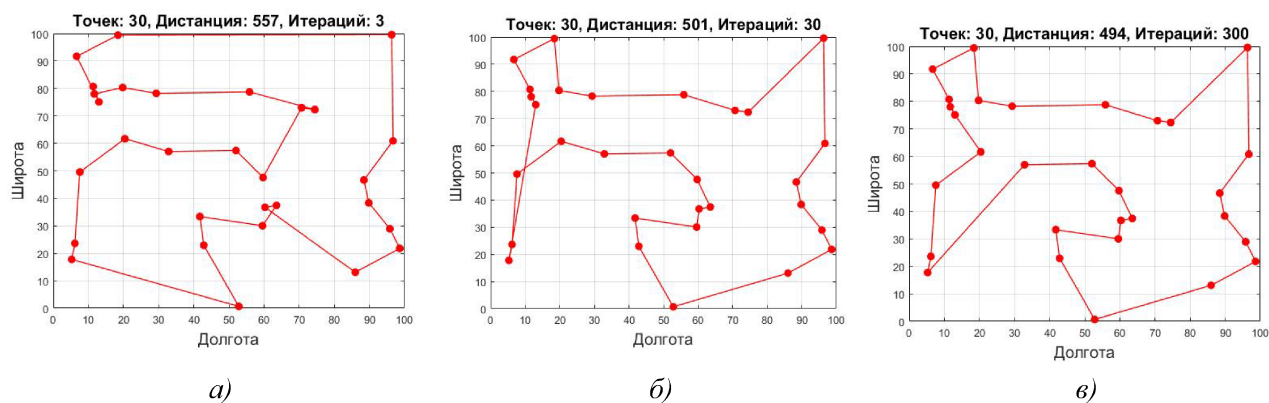


Рис. 3. Результаты работы алгоритма для 30 точек (а – 3 итерации, б – 30 итераций, в – 300 итераций).

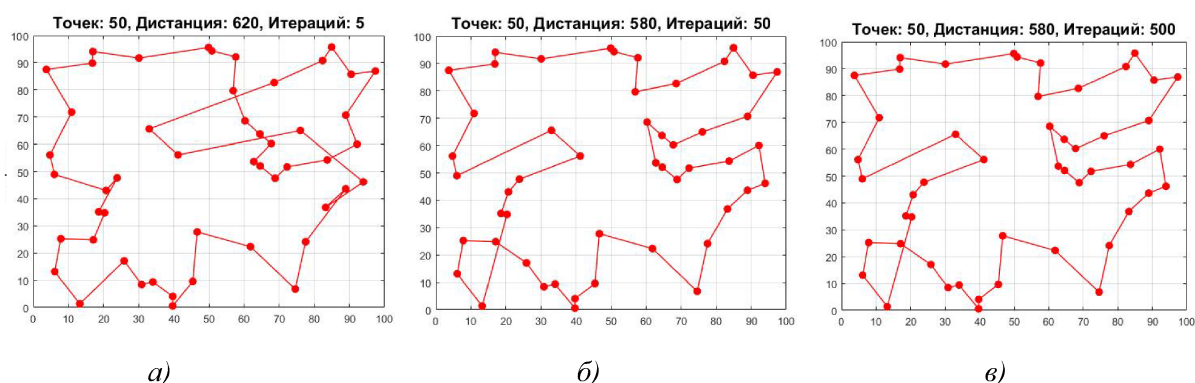


Рис. 4. Результаты работы алгоритма для 50 точек (а – 5 итераций, б – 50 итераций, в – 500 итераций).

Поиск оптимального кольцевого маршрута на карте г. Благовещенска

Для проверки работы алгоритма вместо случайно рассчитанных данных будут использоваться уже действительные адреса города Благовещенска с их координатами и расстояниями между ними.

Дистанции и координаты предварительно извлечены из поисково-информационной картографической службы «Яндекс.Карты» (рис. 5 и 6).

Для значительного упрощения заполнения матрицы расстояний был использован автоматизированный HTML-парсинг ресурса «Яндекс.Карты». Под парсингом HTML подразумеваем выборочное извлечение большого количества информации с определенных сайтов и ее последующее использование.

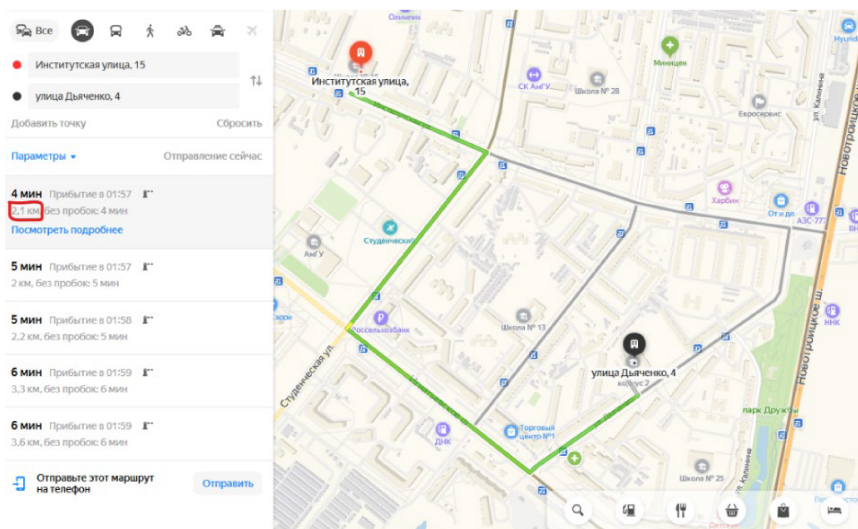


Рис. 5. Данные ресурса «Яндекс. Карты» о расстояниях между адресами.

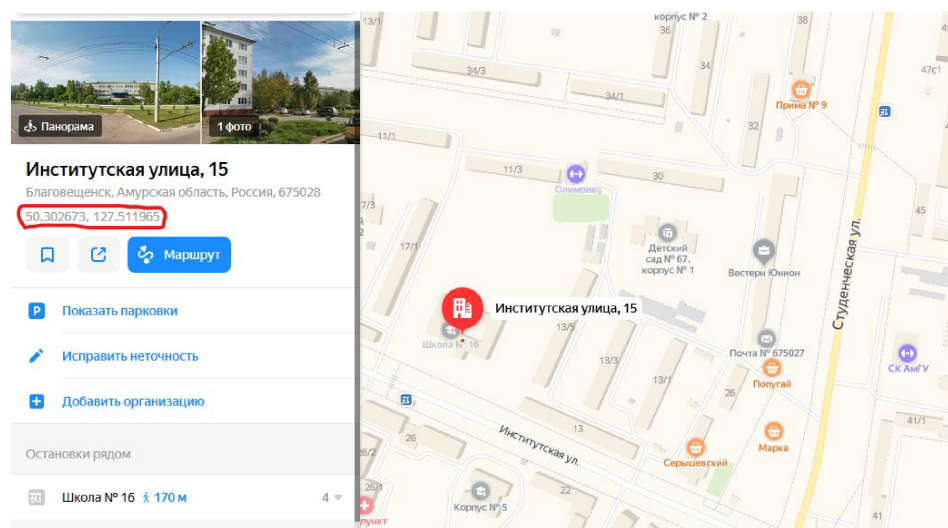


Рис. 6. Данные ресурса «Яндекс. Карты» о широте и долготе адреса.

Результаты реализации алгоритма представлены в виде графиков в ППП MATLAB. На рис. 7 продемонстрирована динамика изменения маршрута при изменении количества пройденных итераций.

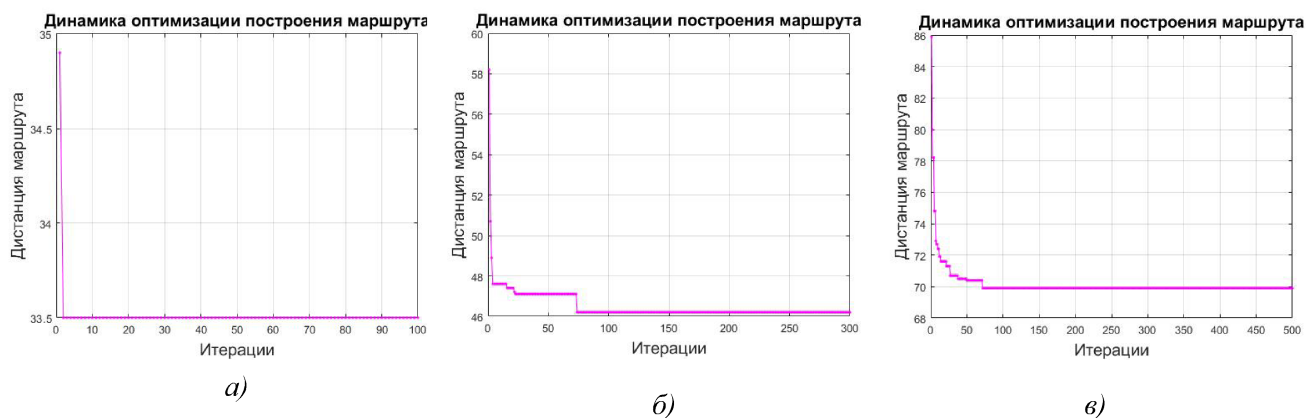


Рис. 7. Графики динамики оптимизации маршрутов (а – 10 точек, б – 30 точек, в – 50 точек).

На рис. 8 отображены маршруты в географической системе координат (широта и долгота).

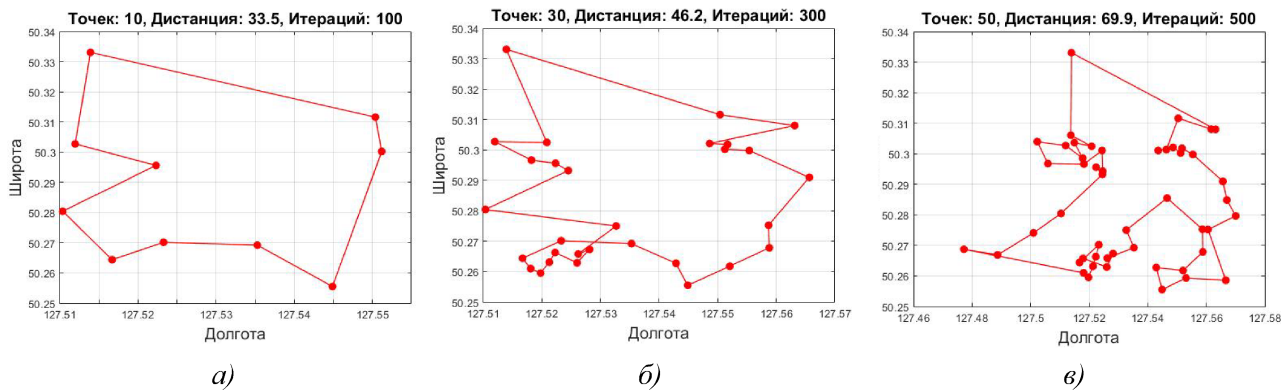


Рис. 8. Графики маршрутов в ППП MATLAB (*а* – 10 точек и 100 итераций, *б* – 30 точек и 300 итераций, *в* – 50 точек и 500 итераций).

После расчетов маршрута формируется массив с порядком следования по адресам. Далее создается специальная ссылка по адресам и соответствующим им координатам, которая ведет на сайт ресурса, работающего на основе OSRM-системы (<https://map.project-osrm.org/>) [5]. На рис. 9 представлена визуализация полученных решений.

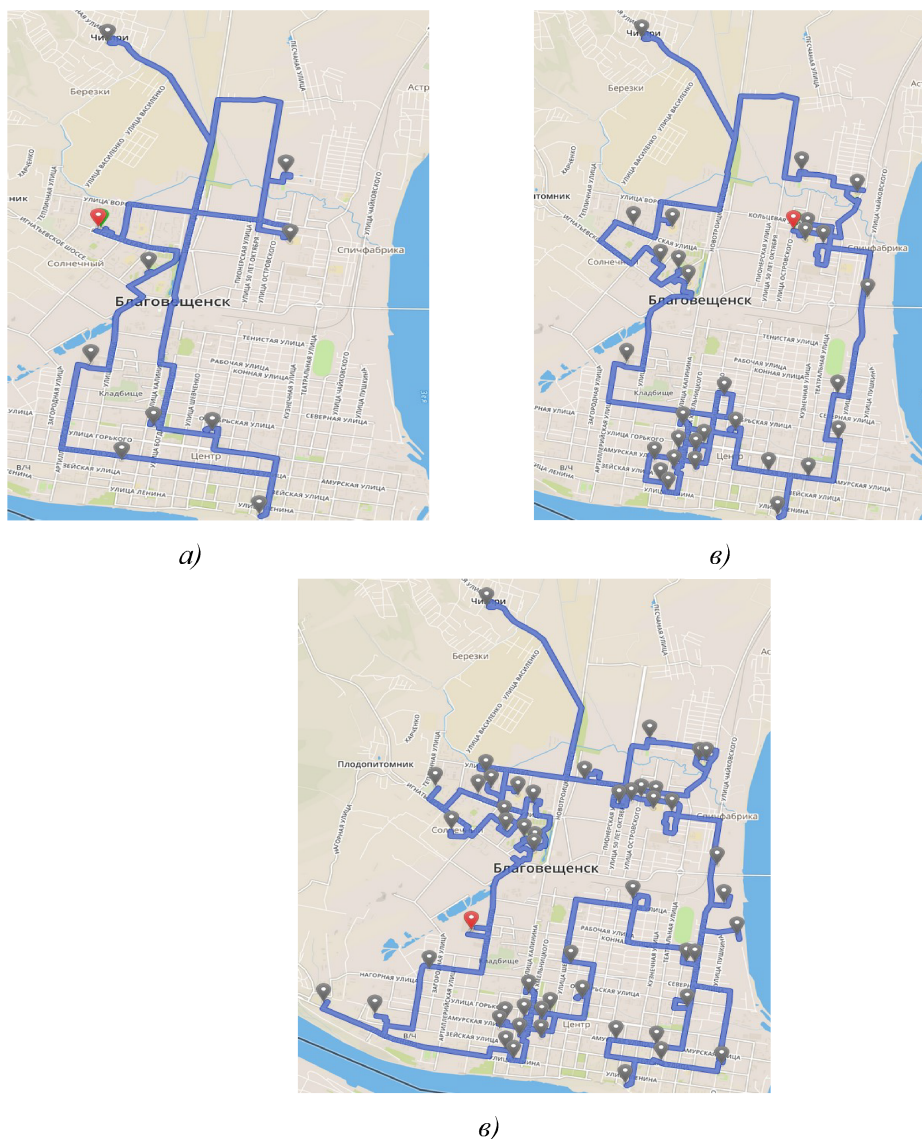


Рис. 9. Графики построения маршрутов в OSM (*а* – 10 адресов, *б* – 30 адресов, *в* – 50 адресов).

Система OSRM состоит из сложных алгоритмов маршрутизации с доступными и бесплатными данными дорожной сети проекта Open Street Map (OSM). Расчет кратчайшего пути в сети континентального размера может занять несколько секунд, что и определило выбор данного средства визуализации.

Заключение

Проведем анализ полученных результатов и данных ранее опубликованных работ для исследования других природных алгоритмов [6]. В таблице представлены результаты работы алгоритмов. Приняты обозначения: *Iteration of Method* – количество итераций каждого метода при поиске оптимального маршрута; *Matlab Dist* – длина маршрута, рассчитанная в программной среде Matlab по имеющимся данным, км; *OSM Dist* – длина маршрута, рассчитанная в открытых данных дорожной сети, км.

Маршрутные данные трех алгоритмов (методов)

Варианты проходов по итерациям			
Число точек	Муравьиный алгоритм	Имитационный отжиг	Пчелиный алгоритм
10	Iteration of method: 50 Matlab Dist: 33.5 км OSM Dist: 34.6 км	Iteration of method: 1000 Matlab Dist: 33.5 км OSM Dist: 31.7 км	Iteration of method: 100 Matlab Dist: 33.5 км OSM Dist: 34.6 км
30	Iteration of method: 60 Matlab Dist: 46.7 км OSM Dist: 46.5 км	Iteration of method: 3000 Matlab Dist: 48.2 км OSM Dist: 49.1 км	Iteration of method: 300 Matlab Dist: 46.2 км OSM Dist: 47.3 км
50	Iteration of method: 60 Matlab Dist: 70.7 км OSM Dist: 71.5 км	Iteration of method: 5000 Matlab Dist: 76.1 км OSM Dist: 78.8 км	Iteration of method: 500 Matlab Dist: 69.9 км OSM Dist: 72.2 км

Сравнивая результаты оптимальных маршрутов, полученных муравьиным алгоритмом, имитационным отжигом и пчелиным алгоритмом, можно сделать следующие выводы:

- 1) алгоритм имитации отжига с увеличением количества точек хуже в сравнении с представленными алгоритмами; значительное увеличение числа итераций метода не гарантирует получение лучшего маршрута;
- 2) пчелиный алгоритм работает лучше алгоритма отжига, но хуже муравьиного алгоритма;
- 3) муравьиный алгоритм справляется лучше других. Главное его преимущество состоит в том, что при значительном увеличении числа итераций вероятность нахождения глобального лучшего стремится к единице.

1. Мудров, В.И. Задача о коммивояжере. – М.: Знание, 1969. – 62 с.

2. Karaboga, D. An idea based on honey bee swarm for numerical optimization // Technical report – TR06, Erciyes University, Engineering Faculty, 2005. – 10 p.

3. Pham, D.T. Ghanbarzadeh, A. Кос, E. Otri, S. Rahim, S. Zaidi M. The Bees Algorithm // Technical Note, Manufacturing Engineering Centre, Cardiff University. – 2005. – 6 p.

4. Тюхтина, А.А. Методы дискретной оптимизации. Часть 1. Учебно-методическое пособие. – Н.-Новгород: Нижегородский гос. ун-т, 2014. – 62 с.

5. Map.project-osrm.org: OSRM. Карта города Благовещенск. URL: <https://map.project-osrm.org/> – (дата обращения: 11.03. 2020).

6. Колтунов, Н.С. Построение оптимального кольцевого маршрута на карте г. Благовещенска // Молодежь XXI века: шаг в будущее. Материалы XX региональной научно-практ. конф. – г. Благовещенск, 23 мая 2019 г. – Т. 3 – С. 164-165.