

УДК 519.87:004

UDC 519.87:004

**ИССЛЕДОВАНИЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ
КОММИВОЯЖЕРА С ПОМОЩЬЮ
ОСТРОВНОЙ МОДЕЛИ****RESEARCH ON THE TRAVELING
SALESMAN PROBLEM USING THE
ISLAND MODEL***С. В. Ермоленко, В. Г. Кобак**S.V. Ermolenko, V.G. Kobak*

Донской государственной технической
университет, Ростов-на-Дону,
Российская Федерация
valera33305@mail.ru

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

valera33305@mail.ru

Рассматриваются возможные решения задачи коммивояжера с помощью островной модели, определяется лучший маршрут с помощью генетического алгоритма модели Голдберга на каждом острове, проводится исследование зависимости количества островов на результат, эффективности операторов скрещивания, миграции и влияние вероятности возникновения миграции на результат, проводится анализ эффективности операторов.

The article discusses possible solutions of the travelling salesman problem using the island model, determines the best route using the Goldberg model genetic algorithm on each island. The authors conducted a study of the dependence of the number of Islands on the result, the efficiency of crossover operators, the migration and the impact of probability of migration on the result, the analysis of the efficiency of operators.

Ключевые слова: островная модель, задача коммивояжера, генетический алгоритм, модель Голдберга.

Keywords: island model, the travelling salesman problem, genetic algorithm, Goldberg model.

Введение. Задача коммивояжера заключается в нахождении лучшего результата при определенных условиях и относится к задачам оптимизации, то есть коммивояжер должен определить самый выгодный маршрут, проходящий через указанные города с последующим возвратом в исходный город. Задача коммивояжера имеет ряд практических применений: перемещение по заданным точкам, доставка небольшого груза или продуктов в магазины на транспортном средстве, вмещающем большое количество единиц [1].

Для нахождения кратчайшего пути между городами используется генетический алгоритм, не обязательно гарантирующий нахождение точного решения, в котором реализованы несколько видов мутаций, кроссоверов, миграций, и островная модель, которая увеличивает сходимость результата решения.

Решение задачи коммивояжера с помощью островной модели. Данная задача относится к NP-классу задач. При небольшом количестве городов, примерно до 40, ее можно решить методом перебора, но при большем количестве городов время вычисления будет огромным и нахождение результата станет нецелесообразным. Поэтому главной проблемой является время нахождения оптимального решения. Критерии данной задачи могут быть разными: кратчайший путь, наименьшая стоимость перевозки, совокупный критерий и другие. Целью исследования является нахождение таких операторов генетического алгоритма, при которых будет определяться лучший результат за приемлемое время [2].

В процессе исследования проведено сравнение результатов при различных операторах

скрещивания [3,4], зависимость результата от количества островов, а также при разных видах миграций с разными их вероятностями. В качестве эталонных значений использовались задачи с сайта Гейдельбергского университета, решенные с помощью библиотеки `tsplib`. Использовались несколько графов с разным количеством городов. Так как в ходе исследования сравнивались операторы кроссовера и миграции, то оператор мутации всегда был статичен и по умолчанию была выбрана «жадная мутация», а так как на островах применяется модель Голдберга, то было выбрано сравнение потомка с родителем.

Операторы кроссинговера состоят из операторов классического типа, а также операторов с инверсией. Инверсия представляет собой обычный обмен генами, а в данной задаче городами, между особями, но при одном условии, что эти обмениваемые города будут идти в обратном порядке. Также существуют два типа инверсии, простая, которая заключается в выборе двух особей, с наилучшими значениями из особей, к которым был применен классический кроссовер и с инверсией, сложная же заключается в том, что после оператора скрещивания, мутируют все особи, то есть и с применением обычного оператора скрещивания и с инверсией, а после мутации выбирается одна особь с наилучшим значением. Примеры классического кроссовера и кроссовера с инверсией представлены на рисунках 1 и 2 соответственно.

$$\begin{array}{ll}
 V_1 = 1\ 2\ |\ 5\ 4\ 3 & \text{Точка сечения кроссовера} \\
 V_2 = 3\ 5\ |\ 4\ 2\ 1 & \\
 \\
 V = 1\ 2\ ____ & \\
 V = 1\ 2\ 4\ ___ & \text{Потомок } V \\
 V = 1\ 2\ 4\ 5\ 3 &
 \end{array}$$

Рис. 1. Классический оператор скрещивания

$$\begin{array}{ll}
 V_1 = 1\ 2\ |\ 5\ 4\ 3 & \text{Точка сечения кроссовера} \\
 V_2 = 3\ 5\ |\ 4\ 2\ 1 & \\
 \\
 V = 1\ 2\ ____ & \\
 V = 1\ 2\ 3\ ___ & \text{Потомок } V \\
 V = 1\ 2\ 3\ 5\ 4 &
 \end{array}$$

Рис. 2. Оператор скрещивания с инверсией

В двух операторах миграции особи мигрируют по кругу между островами, но в первом случае обмен происходит одновременно между всеми островами (рис. 3), если она все же случилась, а во-втором случае обмен происходит попарно между островами в случае мигрирования (рис. 4).

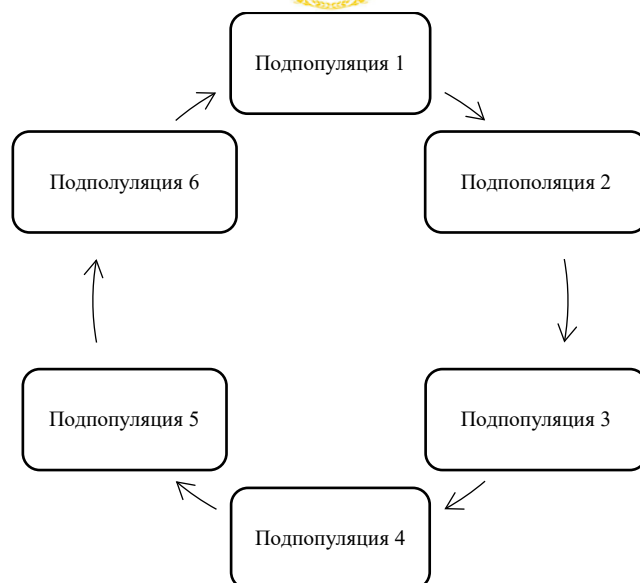


Рис. 3. Одновременная миграция между островами

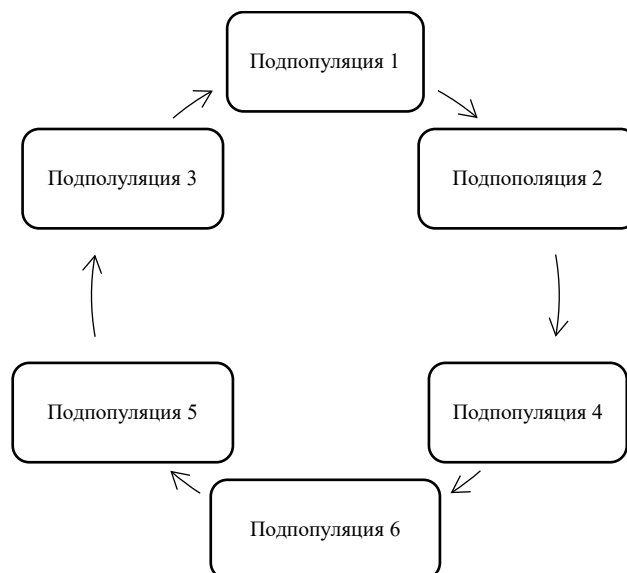


Рис. 4. Парная миграция между островами

В первом опыте показана зависимость количества островов на результат. В качестве примера был граф с 58 вершинами и точечным значением, равным 25395. Был запущен генетический алгоритм с параметрами:

- количество особей — 500;
- количество повторов — 750;
- мутация «жадная» с вероятностью — 100%;
- кроссовер одноточечный с вероятностью — 100%;
- миграция «все острова» с вероятностью 20% и частотой каждые 5 поколений;
- количество опытов — 50;

Полученные результаты представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

Зависимость количества островов на средний результат

	Среднее значение	
	Без миграции	С миграцией
2 острова	27551 (отклонение 7,82%)	27274 (отклонение 6,89%)
3 острова	27470 (отклонение 7,55%)	27247 (отклонение 6,8%)
4 острова	27416 (отклонение 7,37%)	27177 (отклонение 6,56%)
5 островов	27438 (отклонение 7,45%)	27126 (отклонение 6,38%)

Из таблицы 1 видно, что чем больше островов, тем лучше результат, но это утверждение справедливо только для островной модели с миграцией. На качество результата количество островов практически не влияет.

Таблица 2

Зависимость количества островов на лучший результат

	Лучший результат	
	Без миграции	С миграцией
2 острова	26935 (отклонение 5,72%)	26663 (отклонение 4,76%)
3 острова	26488 (отклонение 4,13%)	26624 (отклонение 4,62%)
4 острова	26642 (отклонение 4,68%)	26642 (отклонение 4,68%)
5 островов	26642 (отклонение 4,68%)	26632 (отклонение 4,65%)

Во втором опыте рассматриваются результаты сравнений кроссоверов. В качестве примера был взят граф со 100 вершинами и точное его решение равно **21282**. Использовался генетический алгоритм с параметрами:

- мутация «жадная» с вероятностью — 100%;
- миграция «все острова» с вероятностью 15% и частотой 5 поколений;
- количество островов — 5;
- кроссовер с вероятностью — 100%;
- количество особей — 150;
- количество повторов — 250;
- количество исследований — 50.

Таблица 3

Среднее решение по каждому кроссоверу

Среднее решение				
Кроссовер (инверсия):	без миграции	Отклонение	с миграцией	Отклонение
Одноточечный	25937	17.95%	27270	21.96%
Двухточечный	26246	18.91%	25092	15.18%
Одноточечный (простая)	23302	8.67%	22098	3.69%
Двухточечный (простая)	23151	8.07%	22366	4.85%
Одноточечный (сложная)	22727	6.36%	22075	3.59%
Двухточечный (сложная)	23744	10.37%	23180	8.19%

Таблица 4

Лучшее решение по каждому кроссоверу

Лучшее решение				
Кроссовер (инверсия):	без миграции	Отклонение	С миграцией	Отклонение
Одноточечный	24127	11.79%	23716	10.26%
Двухточечный	24110	11.73%	23666	10.07%
Одноточечный (простая)	21878	2.72%	21417	0.63%
Двухточечный (простая)	21478	0.91%	21502	1.02%
Одноточечный (сложная)	21417	0.63%	21454	0.80%
Двухточечный (сложная)	21518	1.10%	21595	1.45%

Из таблиц 3 и 4 видно, что с применением инверсии результаты лучше, чем у классических кроссоверов, а также одноточечный оператор скрещивания «выигрывает» у остальных операторов. В результате было получено 2 одинаковых лучших результата, как в опыте с миграцией, так и без нее.

Третий опыт показывает зависимость результатов от вероятности миграции и ее типа. В качестве примера также использовался граф со 100 вершинами и его точным значением, равным 21282. Использовался генетический алгоритм с параметрами:

- мутация «жадная» с вероятностью — 100%;
- количество островов — 5;
- кроссовер одноточечный с вероятностью — 100%;
- количество особей — 150;
- количество повторов — 250;
- количество исследований — 50;

Таблица 5

Зависимость вероятности миграции на среднее значение

Вероятность миграции:	Среднее решение			
	Все острова	Отклонение	По островам	Отклонение
10%	24629	13.59%	24806	14.21%
15%	24753	14.02%	25932	17.93%
20%	24364	12.65%	25759	17.38%
25%	23967	11.20%	25805	17.53%
30%	24505	13.15%	25724	17.27%
50%	24552	13.32%	25783	17.46%
70%	24451	12.96%	25519	16.60%

Таблица 6

Зависимость вероятности миграции на лучшее значение

Вероятность миграции:	Точное решение			
	Все острова	Отклонение	По островам	Отклонение
10%	23622	9.91%	23461	9.29%
15%	23652	10.02%	23959	11.17%
20%	22959	7.30%	23477	9.35%
25%	23163	8.12%	23977	11.24%
30%	23376	8.96%	23741	10.36%
50%	23087	7.82%	23761	10.43%
70%	23319	8.74%	24062	11.55%

Из таблиц 5 и 6 видно, что первый вид миграции эффективнее, чем второй. Продуктивной вероятностью миграции является значение 20–25%.

Заключение. В ходе проведенного исследования выявлены операторы, определено количество островов и вероятностей для получения эффективного и продуктивного результата. При использовании 4–5 островов, одноточечного кроссовера с простой инверсией, одновременной миграции по всем островам с вероятностью ее возникновения 20–25%, то можно добиться результата, близкому к оптимальному за приемлемое время.

Библиографический список.

1. Каширина, И. Л. Введение в эволюционное моделирование: учебное пособие / И. Л. Каширина — Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2007. — 39 с.
2. Кобак, В. Г. Исследование турнирного отбора в генетическом алгоритме для решения однородной минимаксной задачи / В. Г. Кобак, Д. В. Титов // Математические методы в технике и технологиях: сб. науч. трудов — Т.5.— Саратов, 2008. — с. 371–374.
3. Курейчик, В. М. Параллельный генетический алгоритм. Модели и проблемы построения / В. М. Курейчик, Д. С. Кныш // Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте: сб. науч. тр. V Междунар. науч.- практич. конф. — Москва : Физматлит, 2009. — С. 41 – 51.



4. Кобак, В. Г. Повышение эффективности модифицированной модели Голдберга в однородных системах обработки информации алгоритмическими преобразованиями [Электронный ресурс]: монография / В. Г. Кобак, Д. В. Титов, Н. И. Троцюк; Дон. гос. техн. ун-т. — Электрон. текстовые дан. — Ростов н/Д.: ДГТУ, 2015. — 86 с. — Режим доступа: <http://www.ntb.donstu.ru/content/2015191> (дата обращения: 16.05.2016 г.)