

## Список цитируемых источников

1. Википедия. Свободная энциклопедия. Веб-приложение [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Веб-приложение> (дата доступа: 14.12.2018).
2. Основные понятия архитектуры клиент-сервер [Электронный ресурс]. URL: <http://bukvi.ru/computer/osnovnye-ponyatiya-arhitektury-klient-server.html> (дата доступа: 14.12.2018).

УДК 004.021

С. Ю. Мальчиков

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

## РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ КОММИВОВАЖЁРА

**Введение.** Оптимизация производства, в широком смысле слова, находит применение в науке, технике и в любой другой области человеческой деятельности. Оптимизация - целенаправленная деятельность, заключающаяся в получении наилучших результатов при соответствующих условиях. Поиски оптимальных решений привели к созданию специальных математических методов, и уже в 18 веке были заложены математические основы оптимизации (вариационное исчисление, численные методы и др). Однако, до второй половины 20 века, методы оптимизации во многих областях науки и техники применялись очень редко, поскольку практическое использование математических методов оптимизации требовало огромной вычислительной работы, которую без ЭВМ реализовать было крайне трудно, а в ряде случаев - невозможно. При наличии ЭВМ решение задачи заметно упрощается [1].

Целью данного проекта является разработка приложения для решения задач оптимизации методом ветвей и границ (алгоритм Литтла) и генетическим алгоритмом.

Задачи проекта: решить задачу метод ветвей и границ (алгоритм Литтла); решить задачу генетическим алгоритмом; сравнить результаты; реализовать данные методы в приложении.

Актуальность выбранной темы заключается в следующем. Для решения оптимизационных задач нередко прибегают к формулировке поставленной задачи в виде каких-то хорошо известных математических задач: транспортная задача, задача поиска оптимального пути (задача коммивояжера) и другие. Сформулированную таким образом задачу решают, используя такие математические методы, как метод ветвей и границ, симплексный метод, метод Фогеля (приближенного решения), генетический алгоритм и другие [2,3].

**Основная часть.** В данном проекте используется метод ветвей и границ (алгоритм Литтла), так как является универсальным методом решения задачи дискретного программирования.

Алгоритм Литтла применяют для поиска решения задачи коммивояжера в виде гамильтонова контура. Данный алгоритм используется для поиска оптимального гамильтонова контура в графе, имеющем  $N$  вершин, причем каждая вершина  $i$  связана с любой другой вершиной  $j$  двунаправленной дугой. Каждой дуге приписан вес  $C_{ij}$ , причем веса дуг строго положительны ( $C_{ij} \geq 0$ ). Веса дуг образуют матрицу стоимости. Все элементы по диагонали матрицы приравнивают к бесконечности ( $C_{ij} = \infty$ ). В случае, если пара вершин  $i$  и  $j$  не связана между собой (граф не полновязный), то соответствующему элементу матрицы стоимости приписываем вес, равный длине минимального пути между вершинами  $i$  и  $j$ . Если в итоге дуга ( $i$  и  $j$ ) войдет в результирующий контур, то ее необходимо заменить соответствующим ей путем [4].

В качестве второго метода решения был выбран генетический алгоритм. Суть подхода в том, что прежде генерируется множество маршрутов. Это множество называется популяцией.

Эффективность применения ГА к задаче коммивояжера зависит также и от настройки операторов мутации и кроссинговера.

Мутация, как незначительное (точечное) случайное изменение в хромосоме может осуществляться несколькими способами. Наиболее распространенным является выбор двух случайных ген и их обмен местами. Цель оператора мутации — расширение пространства поиска за счет случайных точечных изменений в хромосоме. В классическом варианте действие оператора кроссинговера состоит в следующем: выбираются две определенные хромосомы (случайным образом), далее также случайным образом определяется точка кроссинговера и происходит обмен участками хромосом.

Однако полученные хромосомы не всегда являются допустимыми маршрутами коммивояжера (как в данном примере). Возможный вариант осуществления кроссинговера — брать не две хромосомы, а одну. В этом случае действие оператора кроссинговера будет состоять в повороте участка хромосомы либо в его циклической перестановке. В проекте был выбран двухточечный кроссинговер.

В случае задачи коммивояжера основные понятия генетического алгоритма имеют следующий смысл: ген — это номер вершины графа городов (номер города), через который проходит маршрут коммивояжера; хромосома — последовательность ген, определяющих замкнутый маршрут, проходящий через все заданные города (вершины графа); популяция — набор из нескольких возможных маршрутов. Состояние популяции — множество возможных маршрутов, удовлетворяющих условиям задачи. Функционал качества — длина маршрута [5].

Для произведения расчёта кратчайшего пути пользователь отбирает необходимые города, устанавливает процент мутации особей (по умолчанию 10%) и размер популяции (по умолчанию 100000 особей), далее расчёт. Так как в программе существует глобальная матрица, содержащая в себе расстояния между существующими городами, на её основе генерируется новая матрица с выбранными городами, где расстояния берутся из глобальной матрицы. Оператор мутации необходим для «выбывания» популяции из локального экстремума и способствует защите от преждевременной сходимости. Оператор размера популяции особей необходим для получения наиболее точного вычисления кратчайшего пути между городами, но чем больше размер популяции, тем больше время вычисления. Информация о стоимости, пути, количестве итераций и количестве затрачиваемого времени на выполнение расчёта отображается в таблице главного окна программы (рисунок 1).



Рисунок 1 — Результат расчёта

Т а б л и ц а 1 — Расчет времени выполнения генетического алгоритма и алгоритма Литтла

№ п/п	Генетический алгоритм		Алгоритм Литтла	
	К-во итераций	Время выполнения (мс)	К-во итераций	Время выполнения (мс)
1-й эксперимент	28	64	968	8
2-й эксперимент	37	121	968	8
3-й эксперимент	34	95	968	10
4-й эксперимент	30	78	968	10
5-й эксперимент	35	103	968	10
Среднее	33	93	968	9

Проведем аналогичную серию экспериментов для нахождения маршрута, состоящем от 10 городов до X городов (рисунок 2).

Проведем исследование времени расчёта генетического алгоритма в сравнении с алгоритмом Литтла для 30 городов, 10% мутации и 200000 особей (рисунок 3)

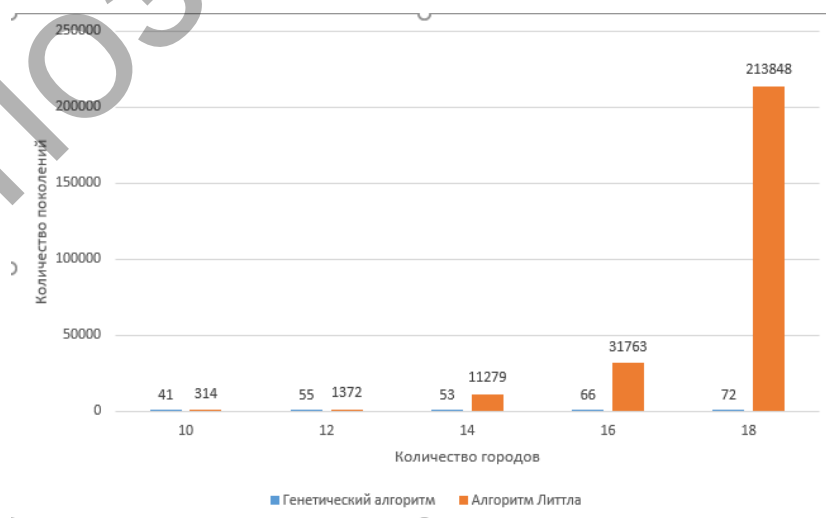


Рисунок 2 — График количества поколений относительно количества выбранных городов для расчёта кратчайшего пути



Рисунок 3 — Результат расчёта генетического алгоритма и алгоритма Литтла

В результате проведённых экспериментов, наибольшую эффективность показал алгоритм Литтла. Его недостатком является то, что при увеличении количества городов требуется больше вычислительных ресурсов, в отличие от генетического алгоритма. Если вычислительные мощности ограничены и оптимальность решения не очень критична, то лучше использовать генетический алгоритм. Для получения наиболее точного результата, нужно правильно настроить процент мутации и количество особей.

В результате анализа полученных данных можно сделать вывод, что генетические алгоритмы хорошо себя зарекомендовали как средство глобальной оптимизации, когда нельзя применить градиентные оптимизационные методы [6].

**Заключение.** Разработанную программу можно улучшить, как и любое решение в любой области наук, промышленности или социальной жизни. То есть дополнять новыми возможностями (например: добавление нового алгоритма, изменять карту страны и выполнять расчёт кратчайшего пути с другими городами), совершенствовать интерфейс, делать его более интерактивным и дружелюбным, разрабатывать приятный глазу дизайн приложения и т. п.

#### Список цитируемых источников

1. *Сморodinский, С.С.* «Оптимизация решений на основе методов и моделей математического программирования» / С. С. Смородинский — Мн.: БГУИР, 2003. — 136 с.
2. *Шах А. В.* Применение генетического алгоритма в маркетинговой логистике / А. В. Шах // Инновационное развитие экономики и права в контексте формирования национальной безопасности: сборник материалов II Международной научно-практической конференции / редкол.: В.В. Климук (гл. ред.) [и др.]. — Барановичи : БарГУ, 2019 — с.141-143
3. *Говор, А. А.* Применение эволюционных методов искусственного интеллекта в маркетинговой логистике / А. А. Говор, В. И. Илстинов, А. В. Шах // Содружество наук. Барановичи-2017 : материалы XIII Междунар. науч.-практ. конф. молодых исследователей, Барановичи, 19-20 мая 2016 г. : в 3 ч. : Ч. 2 / М-во образования Респ. Беларусь, Барановичский гос. ун-т, Студенч. науч. о-во БарГУ ; редкол.: В. В. Климук (гл. ред.) [и др.]. — Барановичи : БарГУ, 2017. — с. 79-80
4. *Акулич, И.Л.* Математическое программирование в примерах и задачах: Учеб. пособие для студентов эконом. спец. Вузов. — М.: Высш. шк., 1986. — 21 с.
5. *Черноруцкий, И.Г.* Методы принятия решений / И.Г. Черноруцкий. — СПб.: БХВ-Петербург, 2005.
6. *Шах А. В.* Применение методов искусственного интеллекта в маркетинговой деятельности / А. В. Шах, И. В. Колбаско // Экономика, технологии и право в современном мире: Международная научно-практическая конференция, 20-21 октября 2016 г., г. Барановичи, Респ. Беларусь / редкол.: А. В. Никишова (гл. ред.) [и др.]. — Барановичи : БарГУ, 2016.