
ИНФОРМАТИКА И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДА ГЕНЕТИЧЕСКОГО КОНСИЛИУМА ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ КОММИВОЯЖЕРА

Е.А. Шустов, В.И. Протасов, Н.И. Витиска
e-mail: schusstoff@yandex.ru

Таганрогский государственный педагогический институт,
г. Таганрог, Ростовская обл., Россия

Статья поступила 5 января 2004 г.

Метод генетического консилиума, применяемый при коллективном принятии решений группой экспертов, впервые был предложен и исследован в [1] на задаче коллективного конструирования фоторобота группой свидетелей. Метод получил такое название, поскольку для координации коллективной работы использовались правила взаимодействия, разработанные на основе генетических алгоритмов.

Исследования нового метода на различных задачах выполняются с 2000 г. группой сотрудников Таганрогского государственного педагогического института. За это время было поставлено и проведено большое количество экспериментов с участием групп студентов разных курсов. Эксперименты проводились как с использованием компьютеров, так и без их использования. В данной работе представлены результаты тестирования метода генетического консилиума на задаче коммивояжера.

Исторически сложилось так, что методы решения сложных оптимизационных задач чаще всего проверяются на так называемой задаче коммивояжера, относящейся к классу NP -полных задач. Поэтому одной из первых проверок нового метода коллективного решения задач была проверка его эффективности именно на этой задаче.

Задача коммивояжера, поставленная еще в 1934 г., является одной из самых важных задач в теории графов. В своей области (оптимизации дискретных задач) задача коммивояжера служит своеобразным полигоном, на котором испытываются все новые методы [2].

Постановка задачи выглядит следующим образом. Имеется N городов с известными расстояниями между ними. Коммивояжер должен выйти из первого города, посетить по одному разу все города и вернуться в первый город. В каком порядке следует обходить города, чтобы замкнутый путь коммивояжера был кратчайшим? В терминах теории графов эта задача формулируется так: найти гамильтонов цикл в графе минимальной длины.

Задача коммивояжера является так называемой NP -полной задачей, то есть задачей, точное решение которой в общем случае может быть получено только за экспоненциальное время (время расчета пропорционально экспоненте от N). Следовательно, при большом количестве вершин графа полным перебором ее решать неэффективно.

Для оценки точности сходимости метода генетического консилиума вначале была составлена вычислительная программа формирования задачи коммивояжера. На входе программы задается количество городов N . При выполнении программы с использованием генератора случайных чисел определяются координаты каждого города. Генерация координат осуществляется таким образом, что кратчайшее расстояние между городами соответствует гамильтонову циклу, состоящему из порядковых номеров городов, то есть минимальное расстояние

соответствует циклу $1-2-3-\dots-N-3-N-2-N-1-N-1$. Определяется также и длина маршрута. Одна из таких реализаций приведена на рис. 1.

Данная процедура нужна для того, чтобы можно было оценить качество работы коллективного разума. Разумеется, экспериментатор давал для решения группе экспертов зашифрованную карту, все номера городов на карте хаотически перетасовывались и точный ответ о длине и конфигурации кратчайшего маршрута знал только экспериментатор.

Задача коммивояжера является достаточно трудной для постановки ее на компьютер, так как стандартный подход, работающий с матрицей взаимных расстояний между городами, как показывает анализ, даже при использовании генетических алгоритмов, требует больших вычислительных мощностей.

В настоящей работе для ускорения решения задачи применен оригинальный эвристический алгоритм, сочетающий достоинства метода ветвей и границ, отсекающего неперспективные ветви, с генетическим. В его основу положены некие геометрические построения и идеи, взятые из кристаллографии. Там для атомов кристаллических твердых тел вводится понятие ячейки Вигнера–Зейтца. Эта ячейка представляет собой многогранник, образованный ближайшими участками плоскостей, проходящих перпендикулярно через середину отрезков, соединяющих любые два ближайших атома в кристалле.

Если распространить определение ячеек Вигнера–Зейтца на наш плоский случай, то карта городов разобьется на N областей единственным образом, и каждый город окажется внутри многоугольника, стороны которого перпендикулярны отрезкам, соединяющим ближайшие города. Эти стороны проходят через середины отрезков (рис. 1).

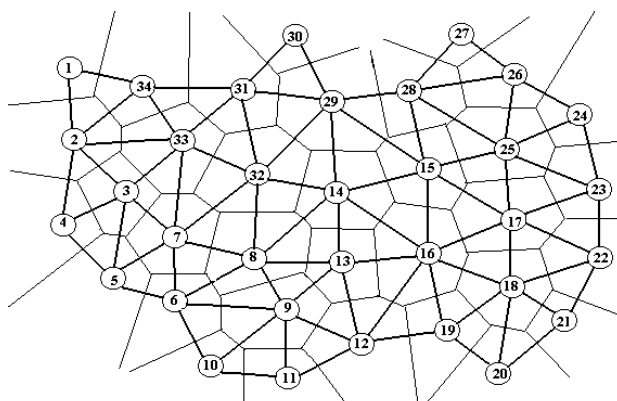


Рис. 1. Разбиение карты городов на многоугольники, соответствующие ячейкам Вигнера–Зейтца

Далее мы сделаем смелое предположение, доказать которое скорее всего непросто, что кратчайший путь между городами всегда образован ребрами графа, проходящими через отрезки, полученные при разбиении карты городов на многоугольники Вигнера–Зейтца. В качестве возможного участка пути выбираются только отрезки, перпендикулярные сторонам этих многоугольников. Данное предположение было проверено с помощью вспомогательной программы, разработанной для этой проверки. На 10000 случаев при $100 < N < 1000$ ни одного опровержения не было получено.

Для строгости проведения эксперимента, впрочем, каждый тестовый пример карты городов проверялся на это свойство.

Такое разбиение дает сразу три выгоды: во-первых, существенно уменьшается число возможных ребер, через которые может проходить путь коммивояжера, что облегчает вычисления. Во-вторых, как будет показано ниже, такое разбиение упрощает схему кроссовинговера и, в-третьих, облегчает работу экспертов по выполнению оператора репродукции.

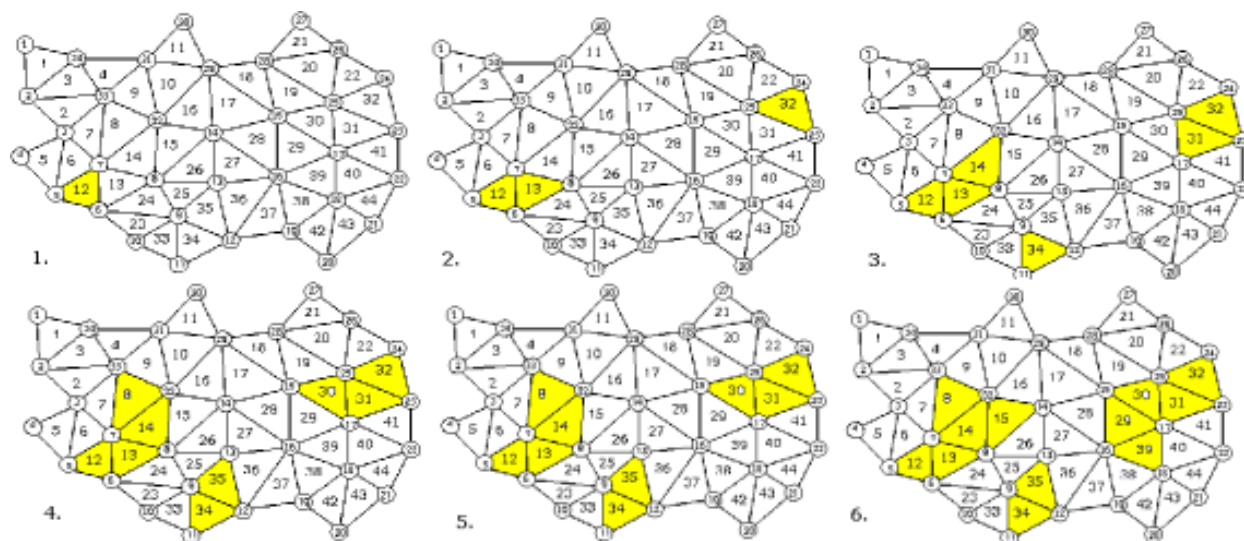


Рис.2. Кинограмма формирования варианта решения задачи коммивояжера экспертом

Работа консилиума осуществлялась следующим образом. В нашем случае в компьютерном классе был создан общий мозг из 6-и экспертов (в одном из экспериментов из 4-х). Им были розданы инструкции по проведению эксперимента. Выполняя первый этап формирования популяции решений, эксперты загрузили с центрального сервера вспомогательные программы и карты городов и приступили к работе. Кинограмма выполнения оператора репродукции представлена на рис. 2.

На 1-м кадре видно, как оператор выделил первый «лишний» треугольник (№ 12), убрав тем самым из рассмотрения ребро 5—6. На 2-м кадре он выделил треугольники № 32, примыкающий к границе карты и № 13, примыкающий к № 12. На 3-м кадре — № 13, 31 и 34. Действуя таким образом, эксперт получил первый случайный вариант решения задачи (кадр № 6). Правила построения варианта решения достаточно просты:

- можно выделять любой треугольник, примыкающий к границе, за исключением тех, с удалением которых удаляется и город. Запрещено, например удалять треугольники № 1, 11, 5 и так далее, поскольку вместе с ними будут удалены из контура обхода города № 1, 30 и 4;
- можно выделить любой треугольник, примыкающий к выделенному, за исключением тех, которые могут примкнуть сторонами или углами к другому выделенному треугольнику или границе;
- процесс выделения треугольников совершается до тех пор, пока на карте не останется городов, не граничащих с выделенными треугольниками или внешними границами (таких, например, как города № 16 и 18 кадра № 5).

После завершения этих операций эксперт получает вариант № 1 решения задачи. Гамильтонов цикл этого варианта выглядит так:

1—2—3—4—5—6—34—32—14—8—6—10—11—9—13—12—19—20—21—22—23—17—18—
16—15—25—24—26—27—28—29—30—31—34—1.

Далее эксперт вызывает программу расчета длины маршрута, вводит последовательность обхода городов, определяет длину маршрута и помещает ее на этот вариант.

Внизу рисунка эксперт помещает таблицу выделенных треугольников (хромосому особи), расположенных по возрастанию номеров:

Список выделенных треугольников (хромосома особи)

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Тр-к	8	12	13	14	15	29	30	31	32	34	35	39

Таким же образом, стартуя из других треугольников, он получает вариант № 2, рассчитывает длину маршрута, подписывает варианты своим идентификатором и отправляет их на центральный сервер. Таким образом эксперты с помощью программы выполняют оценку популяции.

Получив от всех экспертов 12 вариантов первоначальной популяции, центральный сервер приступает к ранжированию особей, отбору лучших и формированию пар родителей. Каждому эксперту для выполнения оператора кроссовинговера посылается такая пара.

Оператор кроссовинговера эксперт выполняет следующим образом (рис. 3).

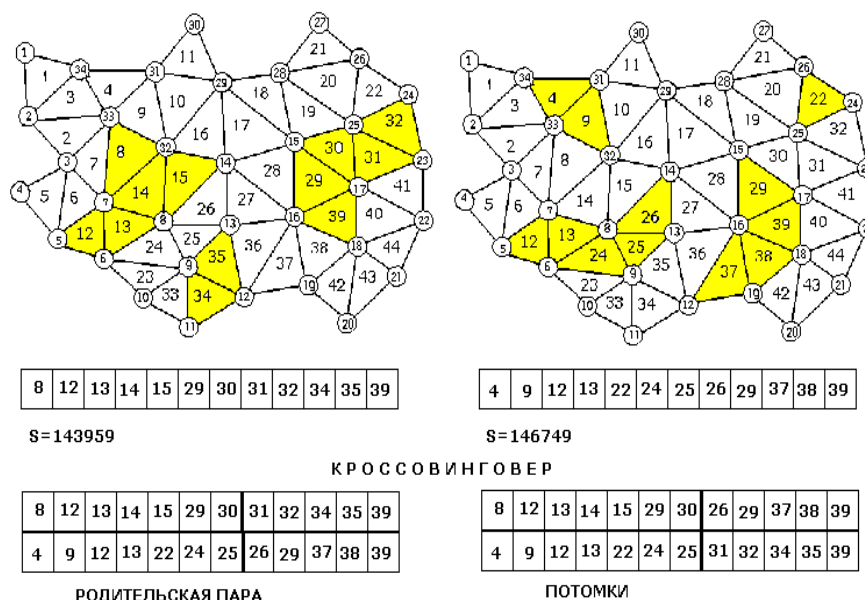


Рис. 3. Схема кроссовинговера

Хромосомы родителей помещаются одна под другой, выбирается точка кроссовинговера (случайным образом) и хромосомы, обмениваясь хвостами, образуют хромосомы потомков. Следует отметить, что эксперту необходимо провести корректировку кроссовинговера, поскольку вновь образованные особи могут противоречить правилам построения особей (см выше).

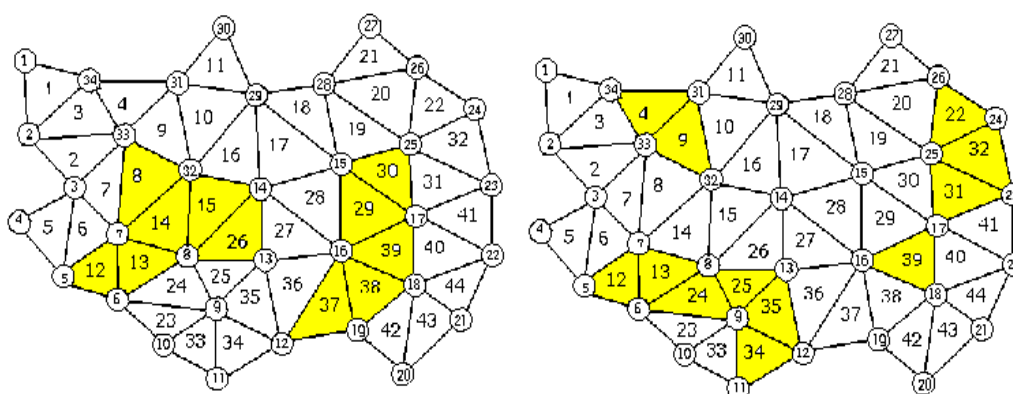


Рис. 4. Результат «нескорректированного» кроссовинговера

Действительно, если изобразить карты городов, образованных особями потомков (рис. 4), то видно, что у потомка, изображенного слева, нужно добавить треугольник (например, № 25), а у потомка, изображенного справа необходимо вначале снять пометки у треугольников № 24, 25 и 31, 32 и взамен них выделить, например, № 40, 41 и 28, 29. Результат коррекции представлен на рис. 5.

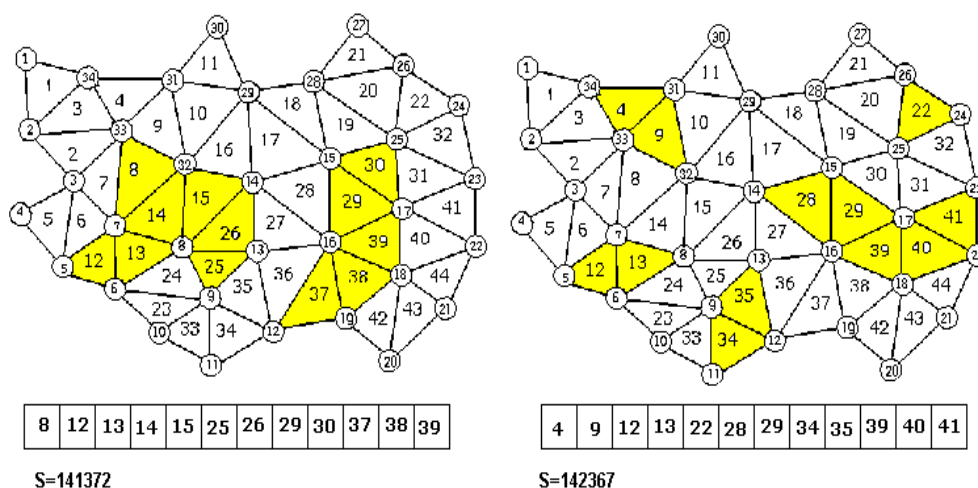


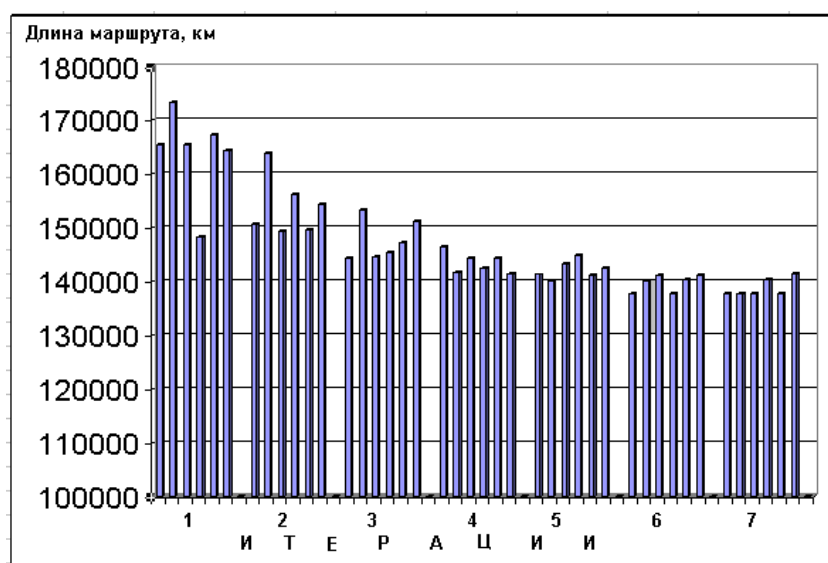
Рис. 5. Варианты промежуточных решений задачи коммивояжера после корректировки

Далее эксперт составляет таблицы хромосом, по программе рассчитывает целевую функцию и отправляет результаты на центральный сервер.

Оператор мутация в данной задаче оказался по сути дела совмещенным с оператором кроссинговера, так как эксперты корректировку могут выполнять многими способами, и выбирают вариант, интуитивно лучший по их мнению.

Такие итерации выполняются до тех пор, пока популяция решений не выродится, и все потомки станут одинаковыми (или, по крайней мере, половина из них, что и было выбрано в данном эксперименте).

Всего было проведено 3 серии экспериментов для $N = 23, 27$ и 34 в разное время и с различными группами студентов (4, 6 и 6 экспертов соответственно). Во всех случаях эксперты получили точное решение задачи. В первом случае потребовалось 4 итерации, во втором 6, а в третьем 7 итераций. Сходимость процесса итераций для последнего случая приведена на рис. 6. Кратчайшая длина маршрута, вычисленная группой экспертов, совпала с исходной и составила $L = 137702$ км.

Рис. 6. Сходимость метода генетического консилиума при решении задачи коммивояжера при $N = 34$ группой из 6-и экспертов

Заключение

Решение столь сложной задачи, как задача коммивояжера, объединенным интеллектом группы экспертов говорит об эффективности метода генетического консилиума, усиливающего интеллект группы, и о правильности выбора как правил взаимодействия, так и всей парадигмы данной модификации коллективного метода решения задач. Метод может быть с успехом использован при решении сложных оптимизационных проблем, когда необходимо в короткие сроки гарантированно получать эффективные решения исходя из наличия существующего на данный момент в организации интеллектуального потенциала.

Список литературы

1. Протасов В.И. Генерация новых знаний сетевым человеко–машинным интеллектом. Постановка проблемы // Нейрокомпьютеры. Разработка и применение. М., 2001. №7—8.
2. Kureichik V.M. et al. Some New Features in Genetic Solution of the Traveling Salesman Problem // Proc. of Int. Conf. on Adaptive Computing In Engineering Design And Control, ACEDC'96, Plymouth Engineering Design Centre, University of Plymouth, UK, 1996.