

В. В. Курейчик, С. Н. Щеглов

ИНТЕГРИРОВАННЫЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ ТРАНСПОРТНОГО ТИПА

76

Представлен интегрированный подход к решению задач транспортного типа, связанных с построением транспортных маршрутов. Предлагается использование варианта определения оптимального пути, опирающегося на новую технологию – эволюционное моделирование, основанное на методах, инспирированных природными системами. При этом важнейшей проблемой является согласование концепций биологии, информационных технологий и искусственного интеллекта.

An integrated approach to solving problems of the transport type associated with the construction of transport routes is presented. We offer to determine the optimal path, based on a new technology - evolutionary modeling by the using of methods inspired by natural systems. The critical issue is a reconciliation of the concepts of biology, information technology and artificial intelligence

Ключевые слова: алгоритм, метод, графовые модели, эвристика, структура, схема, эксперимент, исследование, генетический поиск, адаптация, искусственный интеллект, эволюция, решение.

Key words: the algorithm, method, graph models, heuristics, structure, scheme, experiment, research, genetic search, adaptation, artificial intelligence, evolution, solution.

Введение

Задачи транспортного типа занимают особое место в классе приоритетных направлений исследования информационных технологий, так как решение транспортных задач имеет актуальное значение в промышленности, на транспорте, в системах связи и других отраслях народного хозяйства.

Сегодня практически невозможно обеспечить требуемое потребителями качество обслуживания и эффективность транспортных операций без применения информационных систем и программных комплексов для анализа, планирования и поддержки принятия коммерческих решений. Благодаря разработке эффективных методов решения задач транспортного типа стали развиваться информационные системы и технологии, обеспечившие возможность автоматизации типовых операций в транспортных процессах, для организации товародвижения на технологическом рынке транспортных услуг.

Основное место среди прикладных задач транспортного типа, занимают задачи построения транспортных маршрутов, которые позволяют до минимума сократить пробег транспортных средств или минимизи-



ровать затраты на перевозку грузов. Маршрутизация перевозок — это наиболее совершенный способ организации потоков грузов предприятий, оказывающий существенное влияние на ускорение оборота транспорта при рациональном и эффективном его использовании.

Для решения задач, связанных с построением транспортных маршрутов, возможно использование варианта определения оптимального пути, опирающегося на новую технологию — эволюционное моделирование, основанное на методах, инспирированных природными системами. Важнейшая проблема — согласование концепций биологии, информационных технологий и искусственного интеллекта [1; 2]. Это в полной мере относится к задачам об экстремальном пути на графе и коммивояжера.

Для данного класса комбинаторных задач отсутствуют эффективные классические методы и алгоритмы решения. Эти задачи характеризуются конечным, но весьма большим числом возможных решений. Их можно поставить как задачи целочисленного программирования, но и в этом случае отсутствуют эффективные алгоритмы.

Поэтому разработка методов и алгоритмов для решения задач транспортного типа, осуществляющаяся на протяжении многих лет, является по-прежнему актуальной проблемой.

1. Методы решения задач

Все методы решения задач можно разделить на две группы: точные и эвристические.

К точным методам относятся метод ветвей и границ, метод неявного перебора и др. В них выполняется сокращение объема перебора за счет построения оценок, позволяющих опознать бесперспективные частичные решения, в результате от дерева поиска на одном шаге отсекается целая ветвь. Эти алгоритмы просты для понимания, легко программируются на ЭВМ, обладают простой математической структурой. К сожалению, они имеют существенный недостаток — экспоненциальную временную сложность. Существуют и другие точные методы решения комбинаторных задач, но все они имеют низкую эффективность.

Отдельной категорией среди эвристических методов выделяются приближенные методы, использующие случайный поиск. Приближенные алгоритмы дают решения «близкие» к оптимальным. Для большинства практических задач достаточно получить хорошее приближенное решение за приемлемое время. Методы, применяемые для построения алгоритмов такого типа, сильно зависят от специфики задачи. Одна из тенденций увеличения производительности — построение многопроцессорных вычислительных систем, распараллеливающих процесс обработки информации. Но детерминированные методы не позволяют эффективно использовать вычислительную мощность, возникает необходимость разработки параллельных алгоритмов решения задач.

В связи с этим с целью снижения временной сложности алгоритмов (ВСА), актуальна разработка последовательных и параллельных инспирированных природой алгоритмов (ИПА) для решения задач об экстремальных путях. В них применяются случайные правила поиска, что



позволяет избежать локальные «ловушки» [2]. К такому типу алгоритмов относится бионический поиск. С точки зрения преобразования информации – это последовательное преобразование одного конечного нечеткого множества альтернативных решений в другое [2]. Само преобразование называется алгоритмом поиска или генетическим алгоритмом (ГА). В основе ГА лежит случайный направленный или комбинированный поиск. Такие методы и алгоритмы эффективно используют информацию, накопленную в процессе эволюции, для получения квазиоптимальных и оптимальных решений [3; 4]. Их широкое применение обусловлено тем, что они имеют меньшую временную сложность и позволяют получать приемлемые для практики решения.

Моделирование бионических процессов в естественных и искусственных системах в настоящее время связано с созданием новых моделей и методов, направленных на решение сложных проблем. Для решения задач транспортного типа на основе интегрированного подхода разрабатываются новые структурные схемы и алгоритмы, модифицированы базисные структуры оптимизационного процесса, которые расширяют область поиска решений без увеличения времени работы и сокращают преждевременную сходимость алгоритмов.

2. Схема интегрированного поиска

Рассмотрим упрощенную схему интегрированного поиска для решения задач транспортного типа (см. рис. 1) [4; 5]. В блоке предварительного решения возможно использование «быстрых» алгоритмов (неявного перебора, метод ветвей и границ и др.) для получения первоначального решения. Далее на основе знаний и опыта экспертов (блоки ЭС, БД, БЗ) выбираем наиболее приемлемый подход для решения задачи: ИПА – алгоритмы, инспирированные природными системами; АС – модифицированный алгоритм *Ant Colony*; РИ – алгоритм на основе роевого интеллекта; БА, ГА, ЖА, ЭА и МО – алгоритмы бионический, генетический, жадный, эволюционный и моделирования отжига решения транспортных задач. Затем оцениваем эффективности полученного решения. При удовлетворительном результате окончательный вариант выдается пользователю (заказчику). Иначе происходит изменение управляющих параметров, и процесс повторяется либо до достижения критерия останова, либо получения приемлемого решения.

Для решения задач большой размерности возможно использование технологии распараллеливания алгоритмов [6]. Приведем требования к построению алгоритма решения задач транспортного типа [1–6]:

1. Конструирование графовых и гиперграфовых моделей, ориентированных на исходные параметры и область применения.
2. Анализ исходных данных (модели) для выявления массивов, на основе которых будут создаваться строительные блоки (группы альтернативных решений).
3. Построение комплексного интегрированного критерия с учетом поставленной задачи.

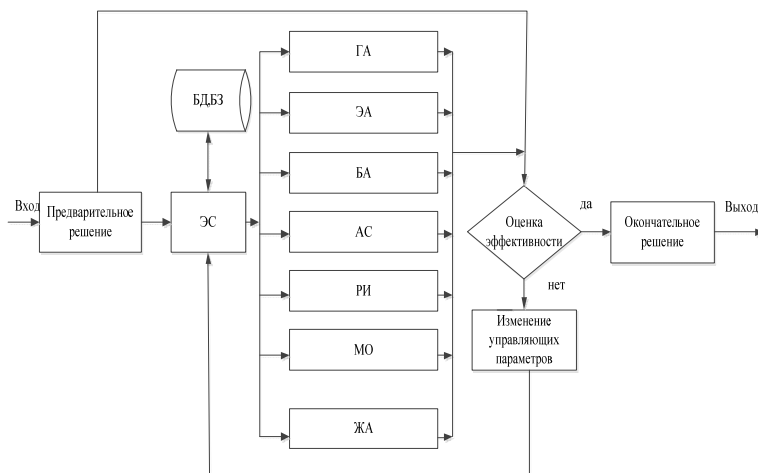


Рис. 1. Упрощенная схема интегрированного поиска

4. Формирование начальных популяций для ИПА транспортных задач необходимо осуществлять по комплексному критерию.

5. Построение популяции для следующей генерации алгоритма должно производиться на основе варьирования ее численности и других методов адаптации.

6. Проведение этапа миграции.

7. Процедура селекции будет выполняться на основе экспертной подсистемы (ЛПР) и внешней среды.

Для задач транспортного типа большой размерности предлагается использование стратегий «эволюция-поиск», «поиск-эволюция» и их различных комбинаций на основе реализации ИПА [4; 5]. Выбор и уровень вложенности поисков целиком зависит от экспертной системы, предусмотренной при реализации предложенного ИПА.

При создании строительных блоков возникает вопрос определения их размеров [3; 4; 6], после этого производится их заполнение оптимальным образом. Алгоритм решения задачи транспортного типа включает в себя:

- выбор критерия оценки эффективности;
- построение и выбор моделей эволюций (с использованием микро-, макро- и метаэволюции);
- построение интегрированной ЦФ;
- реализация поиска на основе ИПА.

Для реализации интегрированного критерия используются случайные и направленные эвристики и их различные комбинации.

3. Условная интегрированная схема эволюции

В настоящее время для решения задач транспортного типа основным направлением выступает эволюционное моделирование, биоинспирированные алгоритмы и бионические методы [2; 7–10].

В общем виде идею эволюции понимают как преобразование комбинации блоков. Установлено, что гены чаще всего объединены в кластеры. Блочная организация генома обеспечивает функциональные преимущества организма. Благодаря этому целые семейства могут быть сразу включены или выключены из эволюции [7]. Главные поставщики изменчивости при эволюции — не мутации отдельных генов, а рекомбинации блоков генетического материала. Генетический аппарат создает базу для воспроизведения всех реакций, которые осуществил организм в ответ на изменения во внутренней или внешней среде. Эволюция приводит к формированию адаптаций (приспособлений) организмов к условиям существования, изменению генетического состава популяции видов, а также отмиранию неприспособленных видов. Суть метода эволюции состоит в реализации целенаправленного процесса «размножения — исчезновения», при котором размножению соответствует появление новых объектов, а исчезновению — их удаление из процесса в соответствии с определенным критерием естественного отбора (или селекции) [2; 7].

Считается важным объединение всех видов и моделей эволюций в интегрированную многоуровневую модель [7]. Приведем упрощенную интегрированную схему эволюции (рис. 2) [3]. Блоки 1–5 соответствуют известным моделям эволюции (Ч. Дарвина, Ж. Ламарка, Г. де Фриза, К. Поппера, М. Кимуры и др.). Основной этап в модели — анализ популяции, ее преобразование тем или иным способом и смена форм. Пусковой механизм эволюции функционирует в результате совместного действия эволюционных факторов в пределах популяции. В результате действия эволюционных сил в каждой популяции возникают элементарные изменения. Со временем некоторые из них суммируются и ведут к возникновению новых приспособлений, что и лежит в основе видообразования [2; 7].

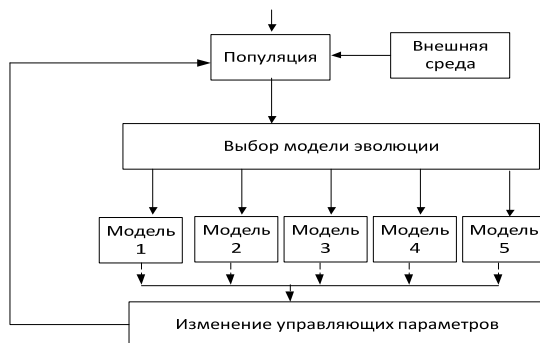


Рис. 2. Условная упрощенная интегрированная схема эволюции

4. Вычислительные эксперименты

В качестве примера рассмотрим некоторые результаты работы программного комплекса нахождения решения задачи об экстремальном пути. Исходными данными являются: количество вершин и ребер графа, матрицы смежности, размер популяции, количество поколений (итераций), вероятность применения генетических операторов.



Проведены экспериментальные исследования влияния параметров бионического алгоритма (БА) и параллельного бионического алгоритма (ПБА) на изменение значений целевой функции (ЦФ) и времени работы: количество итераций NG , размер популяции N_p , вероятности кроссинговера, мутации и инверсии. Проведем исследование зависимости времени работы и значения целевой функции разработанных алгоритмов, от количества вершин на графе. Параметры алгоритмов, при которых проводились исследования, были следующими:

- простой генетический алгоритм: итераций 100; размер популяции 50; вероятность ОК 90 %, ОМ 15 %; случайная селекция, элитный отбор;
- БА: итераций 100; размер популяции 50; вероятность ОК 90 %, ОМ 15 %; случайная селекция, элитный отбор;
- ПБА: итераций 100; размер популяции 50; вероятность ОК 90 %, ОМ 15 %; случайная селекция, элитный отбор, количество подпопуляций 4, средний уровень миграций.

Проведена серия экспериментов для разного набора тестовых примеров с различным количеством вершин графа. Для каждого алгоритма на тесте произведено три запуска и на их основе определено среднее время работы алгоритма. Усредненные результаты отражены на рисунках 3–4. Результаты исследований позволяют сделать вывод о том, что временная сложность разработанных бионических алгоритмов не выходит за пределы полиномиальной зависимости и может быть выражена формулой $O(N^2)$, где N – число вершин графа (размер задачи).

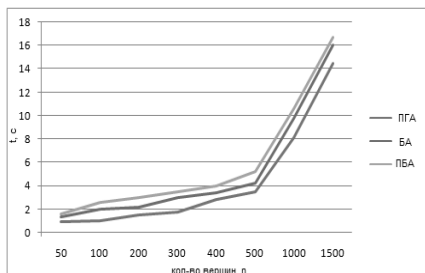


Рис. 3. Графики зависимости времени решения задачи об экстремальном пути от числа вершин

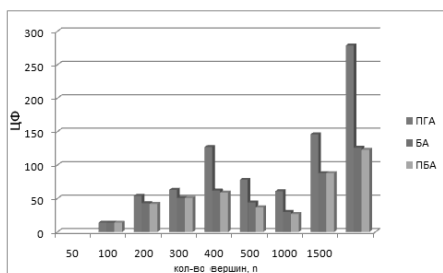


Рис. 4. Гистограмма зависимости изменения ЦФ от количества вершин графа для задачи об экстремальном пути

Выводы

В данной работе представлен интегрированный подход к решению задач транспортного типа. Приведены требования к построению алгоритмов решения этих задач. Показаны схема интегрированного поиска и условная упрощенная интегрированная схема эволюции. Представлены результаты работы программного комплекса нахождения решения задачи об экстремальном пути. Рассмотренный подход позволяет



строить алгоритмы решения задач транспортного типа с локальными оптимумами за полиномиальное время. Сложность алгоритмов имеет в среднем квадратичный порядок.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 13-07-00450 офи_м.

Список литературы

1. Чернышев Ю. О., Басова А. В., Полуян А. Ю. Решение задач транспортного типа генетическими алгоритмами. Ростов н/Д, 2008.
2. Курейчик В. М., Курейчик В. В. Эволюционные, синергетические и гомеостатические стратегии в искусственном интеллекте: состояние и перспективы // Новости искусственного интеллекта. 2000. № 3. С. 39–67.
3. Бова В. В., Курейчик В. В. Интегрированная подсистема гибридного и комбинированного поиска в задачах проектирования и управления // Известия Южного федерального университета. 2010. № 12 (113). С. 37–43.
4. Курейчик В. В., Курейчик Вл. Вл. Архитектура гибридного поиска при проектировании // Там же. 2012. № 7 (132). С. 22–27
5. Гладков Л. А., Гладкова Н. В. Новые подходы к построению систем анализа и извлечения знаний на основе гибридных методов // Там же. 2010. № 7 (108). С. 146–153.
6. Kureichik V. V., Kureichik V. M., Sorokoletov P. V. Analysis and a survey of evolutionary models // J. of Comp. and Systems Sciences International. 2007. Vol. 46. P. 779–791.
7. Курейчик В. М., Курейчик В. В., Родзин С. И. Модели параллелизма эволюционных вычислений // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. 2011. № 3. С. 93–97.
8. Бова В. В., Курейчик В. В., Лежебоков А. А. Многоуровневый алгоритм решения задач транспортной логистики на основе методов роевого интеллекта // Там же. 2013. № 3 (51). С. 113–118.
9. Запорожец Д. Ю., Курейчик В. В. Гибридный алгоритм решения задач транспортного типа // Известия Южного федерального университета. 2013. № 7 (144). С. 80–85.
10. Курейчик В. В., Курейчик В. М., Родзин С. И. Теория эволюционных вычислений. М., 2012.

Об авторах

Владимир Викторович Курейчик – д-р техн. наук, проф., Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону.

E-mail: vkur@tgn.sfedu.ru

Сергей Николаевич Щеглов – канд. техн. наук, доц., Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону.

E-mail: Srg_Sch@mail.ru

About the authors

Prof. Vladimir Kureichik – Southern Federal University, Rostov-on-Don.

E-mail: vkur@tgn.sfedu.ru

Dr Sergey Scheglov – Ass. Prof., Southern Federal University, Rostov-on-Don.

E-mail: Srg_Sch@mail.ru