

5. Курейчик В.В., Родзин С.И. О правилах представления решений в эволюционных алгоритмах // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2010. – № 7 (108). – С. 13-21.
6. Курейчик В.М. Особенности построения систем поддержки принятия решений // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2012. – № 7 (132). – С. 92-98.
7. Курейчик В.М., Кажаров А.А. Использование роевого интеллекта в решении NP-трудных задач // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2011. – № 7 (120). – С. 30-37.
8. Гладков Л.А., Гладкова Н.В. Новые подходы к построению систем анализа и извлечения знаний на основе гибридных методов // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2010. – № 7 (108). – С. 146-154.
9. Бова В.В. Методы поддержки принятия решений в построении адаптивных моделей образовательных процессов // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2008. – № 4 (81). – С. 221-225.
10. Кравченко Ю.А. Метод создания математических моделей принятия решений в много-агентных подсистемах // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2011. – № 7 (120). – С. 141-145.
11. Курейчик В.М. Биоинспирированный поиск с использованием сценарного подхода // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2010. – № 7 (108). – С. 7-13.
12. Родзин С.И. Вычислительный интеллект: немонотонные логики и графическое представление знаний // Программные продукты и системы. – 2002. – № 1. – С. 20-22.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор М.М. Ошхунов.

Кравченко Юрий Алексеевич – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южный федеральный университет»; e-mail: krav-jura@yandex.ru; 347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44; тел.: 88634371651; кафедра систем автоматизированного проектирования; доцент.

Kravchenko Yury Alekseevich – Federal State-Owned Autonomous Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”; e-mail: krav-jura@yandex.ru; 44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia; phone: +78634371651; the department of computer aided design; associate professor.

УДК 658.512.2.011.5

Л.А. Гладков, Н.В. Гладкова

РЕШЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ ЗАДАЧ НА ОСНОВЕ ГИБРИДНЫХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ МЕТОДОВ И МОДЕЛЕЙ*

Рассматриваются новые подходы к решению динамических транспортных задач. Такого рода задачи относятся к классу NP-сложных задач и для их эффективного решения постоянно разрабатываются и совершенствуются различные методы, основанные на использовании различных эвристик. В статье описаны новые подходы к решению подобных задач на основе гибридных интеллектуальных моделей и методов. Например, использование модели нечеткого логического контроллера для динамического изменения управляющих параметров задачи. Также представлены модели решения задач оптимизации на основе роевых методов, в том числе муравьиных алгоритмов.

Динамическая транспортная задача; эволюционные вычисления; нечеткий генетический алгоритм; методы роевого интеллекта.

* Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (проекты: № 13-07-12091, № 11-01-00122).

L.A. Gladkov, N.V. Gladkova

**THE DECISION OF DYNAMIC VEHICLE ROUTING PROBLEMS
ON THE BASIS OF HYBRID INTELLECTUAL METHODS AND MODELS**

In article new approaches to the decision of dynamic vehicle routing problems are considered. Such problems belong to the class of NP-hard and for their effective decision the various methods based on use various heuristics are constantly developed and improved. In article new approaches to the decision of similar problems on the basis of hybrid intellectual models and methods are described. For example, use of model of the fuzzy logic controller for dynamic change of operating parameters of a problem. Also models of the decision of problems of optimization on a basis of swarm methods, including ant algorithms are presented.

Dynamic vehicle routing problem; evolutionary calculations; fuzzy genetic algorithm; methods of swarm intelligence.

На сегодняшний день актуальной является задача создания компьютерных информационных систем, обеспечивающих эффективную поддержку сложной деятельности, связанной с планированием транспортных систем крупных городов и регионов, разработкой новых моделей, методов и информационных технологий оптимизации топологии и структуры транспортных сетей, организации структуры перевозок грузов. В последние годы с развитием торговых сетей, ростом населения крупных городов, развитием транспортной инфраструктуры в России все более широкое распространение приобретает разработка новых эффективных информационно-вычислительных технологий оптимизации структуры региональных транспортных перевозок. При этом сложность решаемых задач, обусловленная высокой размерностью, неопределенностью, возможностью динамического изменения параметров задачи определяет актуальность использования для решения поставленной задачи передовых научных методов и принципов искусственного интеллекта, теории эволюционных вычислений [1].

Особый интерес представляют динамические транспортные задачи с ограничением по времени. В отличие от статической задачи, параметры которой известны до начала ее решения и не изменяются ни во время ее решения, ни во время выполнения, в динамической задаче условия задачи могут меняться во время обоих вышеперечисленных этапов.

Транспортные задачи с ограничением по времени относятся к классу NP-трудных задач, точные методы решения для задач такого вида эффективны при малом количестве клиентов (т.е. до 50-ти клиентов). Основные методы решения данной задачи с большим количеством клиентов – это эвристические и метаэвристические методы. Наилучшие результаты при решении тестовых задач дают гибридные алгоритмы [2], направляемые глобальной эвристикой (метаэвристикой), которая в свою очередь в процессе поиска на промежуточных этапах использует различные методы улучшения маршрута, основанные на методе локального поиска. Эффективными являются различные постоптимизационные процедуры, которые позволяют улучшить конкретное конечное решение. Приемы адаптации алгоритма к условиям текущей задачи (на различных этапах поиска применяются различные части алгоритма) тоже дают хорошие результаты [3].

Анализ результатов решения тестовых задач описанными известными эффективными методами выявил, что в данных алгоритмах нет баланса между количеством транспортных средств и общим пройденным расстоянием, уменьшение расстояния достигается значительным увеличением количества транспортных средств. Нет данных о применении этих алгоритмов для решения задач с запросами клиентов, изменяющимися в процессе выполнения решения, что особенно актуально в практических задачах. Все эти факторы послужили необходимыми условиями для разработки новых методов решения динамических транспортных задач.

Планируемые исследования посвящены компьютерному и математическому моделированию информационных процессов в биологических системах, созданию новых информационных технологий на основе результатов исследований живой природы. Это направление исследований сложилось сравнительно недавно и основная его цель – изучение систем управления адаптивным поведением живого или искусственного организма. В процессе биологической эволюции возникли чрезвычайно сложные и вместе с тем удивительно эффективно функционирующие живые организмы [4–6]. Архитектуры и принципы функционирования биологических систем управления, обеспечивающие способность животных приспосабливаться, адаптироваться к постоянно меняющимся условиям внешней среды являются предметом активных исследований в ведущих научных центрах. С этими исследованиями связаны перспективы развития новых информационных технологий прорывного характера. В связи с этим исследования, проводимые в рамках данной работы, являются актуальными.

Новым этапом развития теории эволюционных вычислений стали гибридные системы. Они основаны на совмещении различных научных направлений, например, таких как генетические алгоритмы, нечеткие системы и нейронные сети. Существуют различные способы гибридизации этих трех подходов. Один из них – нечеткие генетические алгоритмы, в которых методы нечеткой математики используются для настройки параметров ГА. Также используют нечеткие операторы и нечеткие правила для создания генетических операторов с различными свойствами; системы нечеткого логического контроля параметров ГА в соответствии принятыми критериями; нечеткие критерии останова процесса генетического поиска. Математический аппарат теории нечетких систем используется в данном случае для кодирования, подбора оптимальных параметров генетических алгоритмов, значений вероятности генетических операторов, выбора функции пригодности и критерия останова, создания нечетких генетических операторов.

В генетических алгоритмах (ГА) управляющими параметрами, как правило, являются значения вероятности выполнения генетических операторов кроссинговера и мутации, а также размер популяции. В нечетком генетическом алгоритме происходит динамическое изменение этих параметров при помощи нечеткого логического контроллера (НЛК) [7, 8].

Известно, что работа генетического алгоритма напрямую зависит от выбора его параметров. Так, при большой вероятности кроссинговера увеличивается вероятность уничтожения решений, имеющих высокие значения функции пригодности. Низкая вероятность кроссинговера может затруднить получение лучших решений и не гарантирует более быструю конвергенцию. Высокая вероятность мутации решений, увеличивает разнообразие популяции и соответственно время решения. Но при этом возникает опасность пропустить «хорошие» (близкие к оптимальным) решения. Использование нечетких логических контроллеров, для изменения параметров генетического алгоритма позволяет улучшить работу генетического алгоритма за счет более осторожного, взвешенного и целенаправленного контроля и изменения параметров [7, 8].

Выделим три основных этапа построения генетического алгоритма с динамическим изменением управляющих параметров (адаптивного ГА):

1. Этап структурного синтеза.
2. Этап параметрического синтеза.
3. Этап адаптации.

Структурный синтез состоит из процедур выбора способа кодирования хромосом, подбора целевой функции ГА, нахождения рационального критерия останова эволюции ГА.

Процедура подбора целевой функции является весьма важной при синтезе оптимальной структуры ГА, поскольку операция вычисления значения целевой функции является одной из самых многочисленных в расчетных процедурах алгоритма. Упрощение вида целевой функции приводит к повышению скорости работы ГА, но неизбежно ведет к снижению адекватности модели представляемого процесса оптимизации. В связи с этим возникает необходимость решения проблемы нахождения компромисса между адекватностью модели и временем поиска оптимального решения.

Параметрический синтез – основные задачи, решаемые на этом этапе: выбор размера популяции; выбор оператора селекции; выбор отображения, определяющего кроссинговер; выбор отображения, определяющего мутацию.

Размер популяции определяет количество хромосом в популяции. Большой размер популяции повышает количество вариантов, представленных в генерируемой исходной популяции. Чем больше размер популяции, тем больше вероятность нахождения в ней удачных строительных блоков, из которых посредством операторов селекции и рекомбинации возможно получить удовлетворительные решения. Однако размер популяции оказывает непосредственное влияние на физическое время эволюции, которое растет вместе с увеличением количества хромосом в популяции. В связи с этим при решении задач большой размерности необходимо сделать выбор между использованием значительного количества хромосом в популяции (в идеальном ГА количество хромосом равно бесконечности) и применением альтернативных операторов рекомбинации, которые способствуют повышению разнообразия среди хромосом. Некоторые исследователи предлагают использовать количество хромосом в популяции в пределах от 25 до 100.

Этап адаптации. На данном этапе для повышения качества результатов генетического поиска решается задача включения в контур эволюции экспертной информации путем построения НЛК, регулирующего значения параметров процесса эволюции на основе экспертных знаний.

Так, в качестве механизма адаптации можно использовать нечеткую экспертную систему, входными параметрами которой можно считать переменные, характеризующие текущее состояние популяции, а выходными параметрами будут являться новые значения управляющих воздействий и вероятности выполнения генетических операторов.

Еще одним направлением развития методов решения сложных задач оптимизации и принятия решений является подход к решению базовых оптимизационных задач, основанный на моделировании формальных законов жизни и систем управления, ориентации на компьютерные и математические модели, использовании эволюционных концепций и моделей. Роевые алгоритмы серьезно исследуются европейскими учеными с середины 90-х годов. На сегодняшний день уже получены хорошие результаты для оптимизации ряда сложных комбинаторных задач. Особенно эффективны роевые алгоритмы при динамической оптимизации процессов в распределенных нестационарных системах. Разработками в указанной области занимаются как за рубежом, так и у нас в стране. Анализ (общие принципы) организации, функционирования и эволюции живых организмов с позиций системно-кибернетического подхода сравнительно молодое, но активно развивающееся научное направление, по которому регулярно проводятся международные научно-технические конференции и семинары, издаются сборники статей, монографии, ведется активная работа по расширению сфер приложения. К таким методам относятся, в частности, так называемые муравьиные алгоритмы. Исследования в этой области начались в середине 90-х годов XX века, автором идеи является Марко Дориго. В основе этой идеи лежит моделирование поведения колонии муравьев [9, 10].

Основная идея муравьиных алгоритмов состоит в моделировании поведения муравьев, использовании принципов коллективной адаптации. Колония представляет собой систему с очень простыми правилами автономного поведения особей. Несмотря на примитивность поведения каждого отдельного муравья, поведение всей колонии оказывается достаточно разумным. Основой поведения муравьиной колонии служит низкоуровневое взаимодействие, благодаря которому, в целом, колония представляет собой разумную многоагентную систему. Взаимодействие определяется через специальное химическое вещество – феромон, откладываемое муравьями на пройденном пути. При выборе направления движения муравей исходит не только из желания пройти кратчайший путь, но и из опыта других муравьев, информацию о котором получает исходя из уровня феромонов на каждом пути. Таким образом, концентрация феромона непосредственно влияет на желание особи выбрать тот или иной путь.

Однако при таком подходе неизбежно попадание в локальный оптимум, т.к. на начальном этапе выбор агентами направления движения носит случайный характер. Эта проблема решается благодаря моделированию процесса испарения феромонов, которое позволяет реализовать на практике процесс управления с отрицательной обратной связью. Испарение происходит равномерно по всему ареалу, ограничивая тем самым уровень концентрации феромонов и обратную связь. Таким образом, путь, на который было потрачено меньше времени, менее подвержено испарению, а значит, концентрация феромонов на оптимальном маршруте будет дольше сохраняться [11].

Для каждого типа задач маршрутизации автотранспорта планируется разработать математическую модель поведения муравьиной колонии. Будут разработаны новые математические модели роевого интеллекта и модификации муравьиных алгоритмов, других эволюционных методов. На заключительном этапе планируется проведение вычислительных экспериментов для определения эффективности предложенных моделей и методов, их сравнение с различными методами поиска оптимальных маршрутов: методом ветвей и границ, методом «ближайшего соседа», модифицированными генетическими алгоритмами, стандартным муравьиным алгоритмом. Будут проанализированные полученные данные с целью определения и выбора оптимальных параметров при решении транспортных задач с различными начальными данными.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Филин Е.А., Дирас Р.* Маршрутизация автотранспорта (VRP – Vehicle routing problem). – Саратов: СарФТИ, 2003.
2. *Гладков Л.А.* Решение задач и оптимизации решений на основе нечетких генетических алгоритмов и многоагентных подходов // Известия ТРТУ. – 2006. – № 8 (63). – С. 83-88.
3. *Луцан М.В., Нужнов Е.В.* Использование интеллектуальных агентов на автоматизированном грузовом терминале // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2012. – № 7 (132). – С. 174-180.
4. *Курейчик В.М., Курейчик В.В., Родзин С.И.* Концепция эволюционных вычислений, инспирированных природными системами // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2009. – № 4 (93). – С. 16-25.
5. *Гладков Л.А., Курейчик В.М., Курейчик В.В., Сороколетов П.В.* Биоинспирированные методы в оптимизации. – М.: Физматлит, 2009.
6. *Гладков Л.А., Курейчик В.В., Курейчик В.М., Родзин С.И.* Основы теории эволюционных вычислений. Монография. – Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2010.
7. *Гладков Л.А.* Особенности разработки и настройки нечеткого логического контроллера. // Интеллектуальные системы. Коллективная монография. – Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2013. – Вып. 6. – С. 262-279.

8. *Гладков Л.А., Гладкова Н.В.* Особенности использования нечетких генетических алгоритмов для решения задач оптимизации и управления // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2009. – № 4 (93). – С. 130-136.
9. *Курейчик В.М., Кажаров А.А.* Муравьиные алгоритмы для решения транспортных задач. // Известия РАН. Теория и системы управления. – 2010. – № 1. – С. 32-45.
10. *Берёза А.Н., Стороженко А.С.* Комбинированный многопопуляционный муравьиный генетический алгоритм // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2008. – № 9 (86). – С. 24-31.
11. *Кажаров А.А., Рокотянский А.А.* Разработка среды маршрутизации грузоперевозок // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2009. – № 4 (93). – С. 174-181.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор Я.Е. Ромм.

Гладков Леонид Анатольевич – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южный федеральный университет»; e-mail: leo@tsure.ru; 347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44; тел.: 88634371625; кафедра систем автоматизированного проектирования; доцент.

Гладкова Надежда Викторовна – тел.: 88634393260; кафедра дискретной математики и методов оптимизации; старший преподаватель.

Gladkov Leonid Anatol'evich – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”; e-mail: leo@tsure.ru; 44, Nekrasovsky, Taganrog, 347928, Russia; phone: +78634371625; the department of computer aided design; associate professor.

Gladkova Nadezhda Viktorovna – phone: +78634393260; the department of discrete mathematics and optimization methods; senior teacher.

УДК 681.322

С.Н. Никольский, И.Ф. Сурженко

ОНТОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ОТНОШЕНИЯ «ЦЕЛЬ-РЕЗУЛЬТАТ»

Исследуется отношение «цель-результат»; исследование проводится на основе онтологического подхода к анализу этого отношения; показано, что оно аналогично семантическому отношению «выражение-значение». Важность понятия «цель» для развития научной точки зрения на проблему отличия «живого» от «не живого» отмечали Н. Винер, П.К. Анохин, Р. Акофф и другие исследователи, работы которых составляют основу для продолжения исследований в области синтеза интеллектуальных систем. Однако философское понимание цели сильно затрудняло применение этого важного понятия для практики синтеза интеллектуальных динамических систем до тех пор, пока М. Месарович не определил цель как задачу принятия решений.

Цель; целеустремленное поведение; отношение «цель-результат»; семантическое отношение «выражение-значение»; интеллектуальные динамические системы.

S.N. Nikolsky, I.F. Surgenko

ONTOLOGICAL ANALYSIS OF “GOAL-RESULT” RELATION

The relation “goal-result” is analyzed, the analysis is made on the base of ontological approach, it is shown, that this relation is in analogy with semantic relation “expression-meaning”. The importance of the concept of “purpose” for the development of the scientific point of view on the problem of differences between “alive” from the “not alive” noted by N. Viner, P.K. Anohin, R. Akoff and other researchers, whose work is the basis for continued research in the field of syn-