

ГИБРИДНАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ ПЕРЕВОЗОК СЕТИ АВТОЗАПРАВОЧНЫХ СТАНЦИЙ**К. А. Аксенов, Е. М. Сафрыгина, А. А. Скворцов, Е. Ф. Смолий, О. П. Аксенова
(Екатеринбург)**

Планирование перевозок заключается в составлении расписания и графиков перевозок на основе систематизации заключенных договоров, поданных заявок, изучения грузопотоков. Последнее предполагает анализ грузоперевозок за определенный период времени, как на отдельных маршрутах, так и на всей маршрутной сети. Обследование грузопотоков может быть сплошным и выборочным.

Сплошное обследование осуществляется одновременно на всех маршрутах, выборочное – на отдельных маршрутах. Методы получения данных о грузопотоках подразделяются на отчетно-статистические и натурные. Основным же является отчетно-статистический метод, который применяется при анализе данных о прибыли от перевозки грузов на маршрутах и массы перевезенных грузов. Натурное обследование проводится анкетным или счетно-табличным методом.

Полученный в результате обследований грузопотоков материал служит основанием для корректировки маршрутной схемы и расписания (графика) движения.

Расписания и графики должны обеспечить:

- ✓ удовлетворение потребностей наибольшего числа заказчиков перевозок;
- ✓ максимальное использование вместимости транспортных средств по установленным нормам;
- ✓ минимизацию затрат времени на перевозку;
- ✓ регулярность перевозок;
- ✓ эффективность использования транспортных средств;
- ✓ взаимосвязь с графиками и расписаниями других видов транспортных средств;
- ✓ минимизацию порожних пробегов транспортных средств.

Обзор существующих методов в сфере планирования и управления перевозками

Организация системы перевозок – сложная задача, которая фактически сводится к долгосрочному и краткосрочному планированию (в частности, составлению расписаний) перевозок, а также оперативному управлению транспортными средствами. Требования к управлению могут выдвигаться совершенно разные, например: максимизация объема перевозок, минимизация их стоимости, вероятность выхода стоимости перевозок за рамки бюджета. Однако, независимо от требований, аналитического решения для задачи составления расписания не существует.

Адекватными математическими моделями большинства задач оптимального планирования перевозок могут служить соответствующие задачи линейного программирования транспортного типа, для решения которых в настоящее время имеются универсальные методы – в первую очередь симплекс-метод и его варианты, учитывающие специфику задач такого типа (различные усложненные и видоизмененные постановки транспортной задачи). Но линейные методы позволяют решить задачу составления расписания лишь частично, а именно – распределить заказы, поступающие от автозаправочной станции (АЗС), по поставщикам, в то время как задачи распределения заказов по бензовозам и определение последовательности их выполнения и временных рамок требуют иных методов решения.

Единственным способом решения задач составления расписаний является применение систем поддержки принятия решений (СППР) на основе оптимизирующих

имитационных моделей, которые позволяют получить наиболее точный результат. Такие модели дают возможность «проиграть» различные схемы управления парком с учётом текущей дислокации, проанализировать различные варианты развития событий и выбрать наиболее эффективное решение на заданный момент времени.

Обзор программных аналогов в сфере управления перевозками

Система управления транспортом (TMS) в составе программного комплекса для проектирования логистических сетей включает подсистемы управления заказами, управления ресурсами, планирования перевозок, диспетчеризации, выполнения перевозок, управления поставщиками услуг, мобильной обработки данных, управления автопарком, управления фрахтом, мониторинга основных показателей процессов в логистической сети.

Комплекс имитационных моделей для задач управления парком техники и перевозками, реализованных в среде имитационного моделирования AnyLogic

Система "TopLogistic" (программа транспортной логистики) – единственный в России "коробочный продукт", предназначенный для решения задач транспортной логистики. Она позволяет оптимизировать деятельность по доставке грузов в крупном городе или регионе, осуществлять планирование, учет и контроль процессов, связанных с отгрузкой и доставкой, сократить издержки на доставку, повысить качество обслуживания клиентов, обеспечить надежность работы всего логистического комплекса.

Система обеспечивает:

- автоматизацию работ по распределению заказов по автомобилям;
- автоматизированный расчет маршрутов доставки заказов;
- визуализацию адресов и маршрутов доставки на электронной карте;
- формирование эффективного порядка объезда точек доставки с возможностью его изменения.

Перечисленные методы и комплексы программ обладают рядом недостатков, которые ограничивают или исключают возможность их применения при решении задачи проектирования системы управления перевозками для сети АЗС, в силу ряда дополнительных условий и ограничений, действующих только для данной предметной области:

1. Перевозка топлива может производиться только дискретными порциями, кратными вместимости секций каждого конкретного бензовоза.
2. При доставке топлива требуется исключить ситуацию ожидания в том случае, когда количество топлива на борту бензовоза оказывается больше, чем свободная емкость АЗС.
3. При доставке топлива требуется исключить ситуацию простоя АЗС в том случае, когда не удается своевременно доставить топливо.

Постановка задачи на разработку СППР

Общая задача проектирования СППР заключается в определении на временном интервале $\Delta t = [T_n, T_k]$ (где T_n – начало рабочей смены, T_k – окончание рабочей смены) множества структур вида $S_i = \langle M_i, B_i, T_i \rangle$ (где M_i – маршрут i -й перевозки, B_i – бензовоз, осуществляющий i -ю перевозку, T_i – сроки начала и окончания выполнения i -й перевозки), эффективных по критерию суммарных расходов на i -ю перевозку $C_i = \sum C_{ij}$. C_{i1} – стоимость перевозки топлива по маршруту M_i ; C_{i2} – величина упущенной прибыли во время дозаправки емкости АЗС топливом; C_{i3} – расходы топлива бензовоза B_i и другие расходы при осуществлении i -й перевозки.

Методология включает в себя взаимосвязанные постановки задач, методы, модели, алгоритмы, составляющие теоретические основы построения системы управления перевозками (рис. 1).

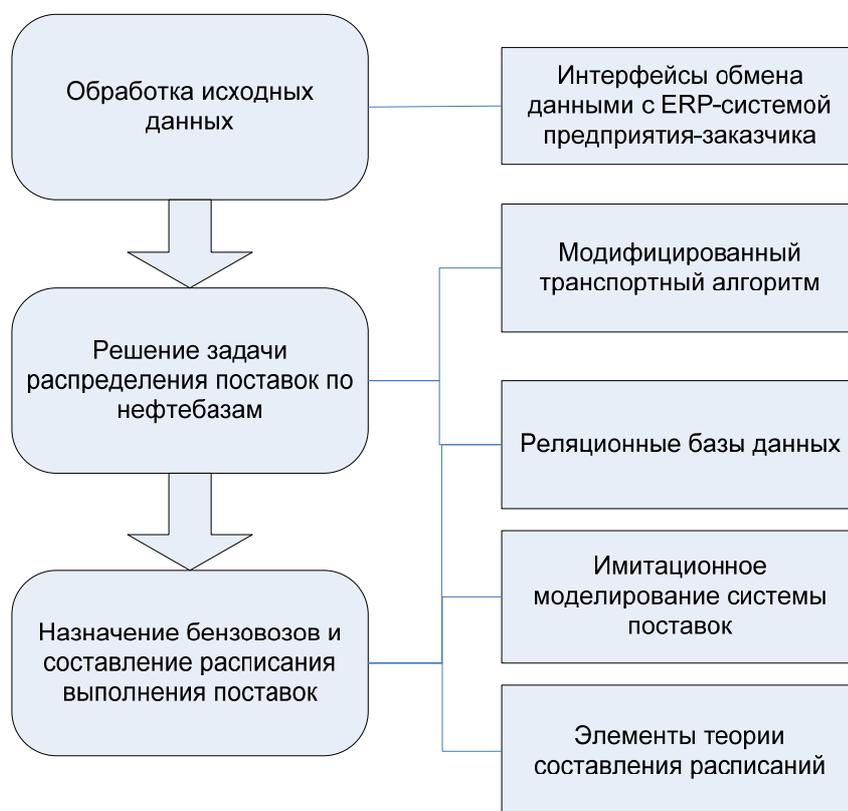


Рис. 1. Структура этапов решения задачи рационального построения транспортно-распределительной системы предприятия

Методология базируется на использовании элементов теории линейного программирования, теории составления расписаний, теории реляционных баз данных, аппарата имитационного моделирования

Для решения задачи оптимизации транспортно-распределительной системы предлагается метод последовательного улучшения исходной схемы перевозок, который основан на использовании теории линейного программирования, а также имитационной модели работы бензовозов. Метод состоит из следующих этапов:

1. Генерация информационных структур, соответствующих заказам от АЗС, на основании информации о текущем состоянии емкостей АЗС.
2. Определение для каждого заказа поставщика (нефтебазы) и маршрута поставки.
3. Назначение на каждый заказ бензовоза и определение сроков исполнения.
4. Ручная корректировка плана-графика экспертом.
5. Проверка и корректировка плана-графика на имитационной модели.

Первый этап заключается в подготовке структур данных по текущим заказам, поступившим от АЗС в том формате, который требуется для реализации последующих этапов. Генерация заказов осуществляется на основе информации о текущих остатках топлива в емкостях АЗС.

На втором этапе выбираются поставщики для заказов. При помощи модифицированного транспортного алгоритма подбирается поставщик нефтепродуктов для каждого заказа.

Третий этап предусматривает разработку расписания перевозок для каждого бензовоза. На данном этапе для каждого заказа определяется исполнитель (бензовоз) и время выполнения таким образом, чтобы минимизировать расходы на перевозку и объемы упущенной прибыли. Целью данного этапа является получение плана-графика работ каждого бензовоза в течение рабочей смены.

Четвертый этап решает задачу проверки плана-графика экспертом (специалистом по логистике) на его выполнимость, корректность и реализуемость, а также разрешение сложных ситуаций (спорных с точки зрения алгоритмической обработки) распределения заказов по бензовозам в ручном режиме.

На пятом этапе план-график уточняется в результате его проигрывания в ходе имитационного эксперимента.

Таким образом, предложенный метод совмещенного распределения заказов по поставщикам и бензовозам позволяет комплексно решать задачу построения эффективной транспортно-распределительной системы предприятия. Метод также обеспечивает возможность выбора и оценки наиболее приемлемых в текущей ситуации вариантов назначения бензовозов в зависимости от их актуального состояния, а также построение прогнозов изменений схемы поставок в случае возникновения непредвиденных (форс-мажорных) ситуаций в системе.

Программная реализация СППР

Система поддержки принятия решений реализована на базе интегрированного программного комплекса BPsim.DSS [1], предназначенного для моделирования организационно-технических систем.

Система состоит из следующих основных функциональных модулей:

- подсистема технико-экономического проектирования «Expert System»;
- подсистема имитационного моделирования «Simulation System»;
- подсистема интеграции с внешними источниками данных.

Архитектура программного комплекса BPsim.DSS, построена на принципах трехуровневой иерархической архитектуры InterRaP [2].

Применение СППР

В настоящий момент СППР находится в стадии разработки. Готовую СППР планируется внедрить в отдел логистики Свердловской компании по обеспечению нефтепродуктами ЗАО «СКОН». Сеть данного предприятия состоит из 24 АЗС. Основные параметры модели:

1. Количество узлов – 179 (в том числе 59 операций; 120 интеллектуальных агентов). Общее количество правил агентов 941.
2. Количество ресурсов – 703.
3. Количество динамических заявок: 12 бензовозов, 22 заявки на развоз (при имитации в течение "суток").

Для повышения быстродействия моделей, включающих в себя интеллектуальных агентов (ИА), было введено разделение на два вида правил продукционной базы знаний: 1) правила «глобального условия» и 2) «обычные» правила. Если в ИА присутствуют оба вида правил, то в первую очередь проверяются правила «глобального условия», и в случае выполнения одного из данных правил начинается просмотр БЗ, содержащей обычные правила ИА. Если в БЗ определенного ИА отсутствуют правила «глобального условия», то поиск происходит по всей БЗ, содержащей «обычные» правила.

Был проведен эксперимент, по оценке скорости работы алгоритма с моделью, усовершенствованной правилами «глобального условия», и старым алгоритмом (рис. 2). В результате разделения типов правил и совершенствования алгоритма добились ускорения работы модели в среднем в 5 раз.

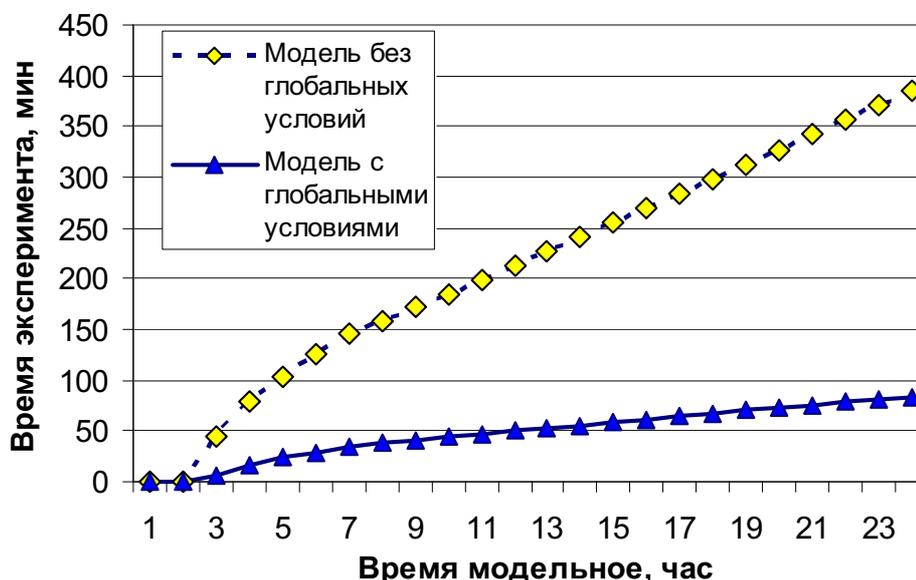


Рис. 2. Сравнение алгоритмов обработки исходной модели и модели, усовершенствованной правилами «глобального условия»

Заключение

Задача планирования поставок сети АЗС и ее программная реализация решены с использованием гибридного подхода в результате применения метода линейного программирования (модифицированный транспортный алгоритм), эвристического алгоритма планирования, и имитационного мультиагентного моделирования.

Литература

1. **Аксенов К. А.** Разработка и применение объектно-ориентированной системы моделирования и принятия решений для мультиагентных процессов преобразования ресурсов /К. А. Аксенов, И. И. Шолина, Е. М. Сафрыгина// Научно-технические ведомости СПбГПУ. Сер. Информатика. Телекоммуникации. Управление. 2009. № 80. С. 87–97.
2. **INTEgration of Reactive behavior and RAtional Planning**, Jorg P.Muller, Markus Pischel, 1993.