

ДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ СЕТИ СОРТИРОВОЧНЫХ ЦЕНТРОВ ПОЧТОВОЙ СИСТЕМЫ**В.О. Качмар (МФТИ)**

Рассмотрены методы оценки работы сети почтовых сортировочных центров с заданными характеристиками и эффективности капиталовложений в различные варианты реструктуризации, базирующиеся на применении математического и динамического моделирования.

В настоящее время перед почтовой системой стоит ряд серьезных задач, связанных с обработкой все возрастающего потока почтовой корреспонденции при соблюдении высоких требований к качеству услуг, предоставляемых почтовой системой.

Рассмотрим методы оценки работы сети почтовых сортировочных центров с заданными характеристиками и эффективности капиталовложений в различные варианты реструктуризации, базирующиеся на применении математического и динамического моделирования.

Почтовую систему представим как сеть из N узлов (сортировочные центры) и M ребер (маршруты) с условием связности: из любого узла можно доставлять почту в любой узел.

Данная сеть характеризуется следующим набором численных характеристик:

1. расстояние между сортировочными центрами;
2. суточный объем входного/выходного потоков почтовой корреспонденции;
3. скорость и стоимость обработки единицы потока почтовой корреспонденции в сортировочном центре;
4. объем почтовой корреспонденции, накапливаемый в сортировочном центре для отправки в одном направлении;
5. сроки и стоимость хранения почтовой корреспонденции в сортировочном центре;
6. скорость и стоимость транспортировки почтовой корреспонденции между сортировочными центрами;
7. нормативные сроки доставки почтовой корреспонденции в место назначения.

Необходимо оценить эффективность работы существующей сети согласно следующему критерию: доставка по любому из маршрутов сети должна осуществляться в пределах заданного временного норматива при минимизации затрат на содержание сети.

Необходимо оценить эффективность различных вариантов реструктуризации существующей сети согласно следующему критерию: доставка по любому из маршрутов сети должна осуществляться в пределах заданного временного норматива при минимизации затрат на модернизацию сети.

Общий подход к анализу эффективности различных вариантов работы или реструктуризации сети

Анализ эффективности того или иного варианта реструктуризации (или работы) сети осуществляется за счет сравнения различных вариантов реструктуризации: на первом этапе осуществляется проверка различных вариантов реструктуризации на выполнение условия доставки почтовой корреспонденции в ука-

занные сроки, далее все варианты, удовлетворившие результатам проверки, участвуют в сравнительном анализе затрат на внедрение вариантов реструктуризации сети, и в заключение выбирается оптимальный вариант реструктуризации.

Данный подход может быть реализован аналитически и с помощью динамического моделирования.

В случае аналитического подхода к данной проблеме может быть получено точное решение и найден оптимальный вариант реструктуризации сети. Однако ввиду большой размерности сети и многопараметричности системы, поиск данного решения представляется весьма затруднительным в плане практической реализации.

Решение данной проблемы в рамках динамического моделирования также осложнено из-за большой размерности сети. Проверка одного только варианта реструктуризации на выполнение условий работы может потребовать значительных временных и аппаратных ресурсов. Кроме того, число возможных вариантов реструктуризации сети очень велико и простым перебором реализовать данные варианты в рамках динамического моделирования практически невозможно [1, 2].

Предлагается использовать следующий подход к решению проблемы анализа эффективности различных вариантов реструктуризации сети:

1. аналитическое описание модели существующей сети с помощью математических объектов;
2. введение интегральных характеристик работы существующей сети в рамках созданной математической модели и характеристических показателей математических объектов;
3. анализ математической модели с точки зрения изменения характеристических показателей математических объектов;
4. выявление участков сети, наиболее чувствительных к возможным изменениям;
5. анализ эффективности различных вариантов реструктуризации сети в рамках динамического моделирования тех ее участков, которые наиболее чувствительны к возможным изменениям.

Целью данного подхода являются:

1. понижение размерности исследуемых математических объектов (20...30 узлов), которые описывают существующую сеть;
2. снижение числа возможных вариантов реструктуризации, определение "узких" мест в сети как наиболее вероятных для оптимизации структуры сети;
3. прогнозирование возможных последствий в результате изменений структуры сети в "узких" местах.

Необходимость введения интегральных характеристик работы сети

При заданных ограничениях на ресурсы существуют несколько вариантов реструктуризации сети.

Введение различных локальных изменений структуры сети может привести к определенным эффектам на данном локальном участке сети, который очевидным образом вычисляется. Таким образом, для каждого из вариантов локальных изменений структуры сети можно провести сравнительный анализ с точки зрения оценки локальной выгоды и выбрать оптимальный вариант реструктуризации сети. Однако в силу принадлежности участка, на котором возможно соответствующее локальное изменение структуры сети, различным маршрутам, функционирующим в сети, введение данного изменения может вызвать различный эффект на других участках сети.

Оценить суммарные изменения в работе всей сети в результате введения локального изменения можно посредством анализа интегральных характеристик работы сети. Для каждого из вариантов локальных изменений структуры сети можно провести сравнительный анализ с точки зрения оценки интегрального эффекта работы всей сети и выбрать оптимальный вариант реструктуризации сети.

Оптимальные варианты реструктуризации сети с позиции оценки интегрального эффекта работы всей сети и с точки зрения оценки локальной выгоды могут не совпадать.

В рамках аналитического представления модели существующей сети интегральные характеристики могут выступать в качестве характеристических показателей математических объектов.

Анализ математических объектов при изменении характеристических показателей позволяет:

1. выявлять подструктуры математических объектов, наиболее чувствительные к возможным изменениям;
2. выявлять элементарные зависимости интегральных характеристик от возможных изменений, применяющихся к данным математическим объектам;
3. упрощать возможность проверки математических объектов на выполнение необходимых условий (проверки вариантов реструктуризации на выполнение условия доставки почтовой корреспонденции в срок).

Результаты анализа затем могут быть использованы в рамках динамического моделирования:

1. простые зависимости, найденные аналитически, могут быть использованы при моделировании, но с более сложными вариациями, которые практически трудно оценить аналитически;
2. выявленные аналитически подструктуры могут быть использованы при моделировании для оценки всей сети без потери общности;
3. прогнозы, сделанные относительно участков сети, наиболее чувствительных к изменениям, и самих возможных изменений, могут быть подтверждены на основе экспериментальных данных, полученных в результате динамического моделирования;

4. число возможных вариантов реструктуризации для экспериментального исследования в рамках моделирования заметно сокращается, и поиск оптимального варианта носит прогнозируемый характер, а не случайный в отличие от простого перебора.

Эффективность от введения того или иного локального изменения структуры сети может быть определена на основе расчета интегральных характеристик работы сети и сравнительного анализа их величин до и после реструктуризации.

Анализ существующей сети и возможных вариантов ее реструктуризации в рамках математической модели показывает:

1. как выбранные интегральные характеристики работы сети и соответствующие им характеристические показатели математических объектов реагируют на возможные варианты изменения структуры сети;
2. подструктуры, выделенные в математических объектах, описывающих сеть, к которым интегральные характеристики наиболее или наименее чувствительны;
3. подструктуры, наиболее чувствительные к возможным изменениям, вариантам реструктуризации;
4. простейшие зависимости поведения интегральных характеристик от различных вариантов изменений, что, в свою очередь, позволяет решать обратную задачу: определять изменения, позволяющие достичь требуемые интегральные характеристики;
5. участки сети, наиболее чувствительные к изменениям, и подмножество вариантов изменений ее структуры, позволяющих удовлетворить заданные условия (прогнозирование).

Решение задачи путем динамического моделирования

Динамическое моделирование позволяет имитировать работу почтовой сети на заданном наборе входных параметров и отслеживать выполнение критериев работы сети.

В рамках динамического моделирования проводятся две крупные серии экспериментов по:

1. реструктуризации сети почтовых сортировочных центров путем изменения типа транспортировки почтовой корреспонденции;
2. реструктуризации сети почтовых сортировочных центров путем их автоматизации.

Входными параметрами для экспериментов являются численные характеристики, полученные в результате анализа эффективности различных вариантов реструктуризации сети, в рамках математической модели:

1. суточный объем входного/выходного потоков почтовой корреспонденции;
2. скорость и стоимость обработки единицы потока почтовой корреспонденции в сортировочном центре;
3. объем почтовой корреспонденции, накапливаемый в сортировочном центре для отправки в одном направлении;
4. сроки и стоимость хранения почтовой корреспонденции в сортировочном центре;

5. скорость и стоимость транспортировки почтовой корреспонденции между сортировочными центрами;

6. нормативные сроки доставки почтовой корреспонденции к месту назначения.

В процессе эксперимента имитируется работа почтовой сети на заданной сетке узлов и соединяющих их маршрутов. Эксперименты, проводимые в рамках динамического моделирования, позволяют

Качмар Владимир Олегович — инженер Московского физико-технического института.

Контактный телефон (095) 334 - 88-79. E-mail: Pastor_80@mail.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖУЩИХ СИСТЕМ НАЗЕМНЫХ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ

О.А. Маслов, К.Е. Куванов (ОАО "СКБ ПА")

Рассмотрен метод разработки и исследования движущих систем (ДС) транспортных средств (ТС) наземных мобильных роботов (МР), основанный на синтезе математического и имитационного моделирования.

Одним из эффективных способов противодействия террору, является разработка наземных МР, предназначенных для выявления и ликвидации взрывоопасных устройств (ВУ), направленных на уничтожение гражданского населения, а также на разрушение объектов. Классификация, состав и функциональные возможности таких роботов подробно описаны в [1, 2]. Любой наземный МР специального назначения может быть представлен в виде совокупности трех больших систем: транспортной, рабочей и системы управления.

Транспортная система предназначена для доставки рабочего оборудования к месту проведения операции и играет решающую роль в возможности функционирования МР в недетерминированных (неорганизованных) средах (природные среды и среды, создаваемые аварийными ситуациями как в природных условиях, так и при разрушении сред, созданных человеком). Рассмотрим метод разработки и исследования движущих систем (ДС) транспортных средств (ТС) наземных МР, предложенный специалистами ОАО "Специальное конструкторское бюро приборостроения и автоматики" (ОАО "СКБ ПА", г. Ковров) при содействии специалистов из НИИ СМ МГТУ им. Н.Э. Баумана (г. Москва) и ЦСТ ФСБ России.

Понятие ДС включает совокупность двигательных, передаточных и исполнительных устройств, взаимодействующих друг с другом с целью обеспечения требуемых тяговых, разгонных и скоростных характеристик, а также показателей опорной и профильной проходимости ТС. Создание ДС является весьма трудоемкой задачей, требующей от разработчика анализа среды функционирования МР, предъявляемых к ТС требований, определения нагрузок действующих на элементы ДС, выбора компоновочной схемы ДС, выбора параметров элементов ДС и т.п.

Существующие методы проектирования и исследования ДС наземных ТС общего назначения в большинстве случаев базируются на упрощенных анали-

тических зависимостях, полученных путем рассмотрения плоских моделей равновесного движения ТС (при оценке и исследовании тягово-динамических свойств машины), упрощения схем взаимодействия движителей с грунтом (при определении показателей опорной проходимости машины), исключения нелинейностей, связанных с отрывом элементов движителей от опорной поверхности (при исследовании профильной проходимости и динамической устойчивос-

Список литературы

1. Авен О.И., Ловецкий С.Е., Моисеенко Г.Е. Оптимизация транспортных потоков. М.: Наука. 1985.
2. Стенбринк П. Оптимизация транспортных сетей. М. "Транспорт". 1981.

тических зависимостях, полученных путем рассмотрения плоских моделей равновесного движения ТС (при оценке и исследовании тягово-динамических свойств машины), упрощения схем взаимодействия движителей с грунтом (при определении показателей опорной проходимости машины), исключения нелинейностей, связанных с отрывом элементов движителей от опорной поверхности (при исследовании профильной проходимости и динамической устойчивос-

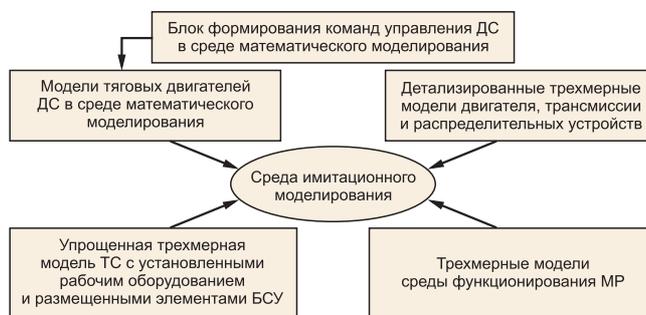


Рис. 1. Упрощенная структурная схема синтеза математического и имитационного моделирования

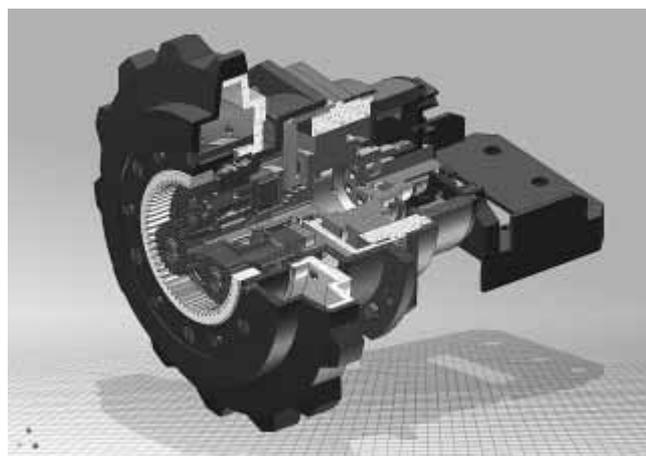


Рис. 2. Трехмерная модель мотор-звездочки движущей системы в среде Autodesk Inventor Series 10