

АНАЛИЗ СЕТЕЙ С ЛОКАЛЬНОЙ И РЕГИОНАЛЬНОЙ
ЗАВИСИМОСТЯМИ ВРЕМЕНИ ОБСЛУЖИВАНИЯ
ОТ СОСТОЯНИЯ. ТОЧНЫЕ И ПРИБЛИЖЕННЫЕ МЕТОДЫ.

В.Г. Беляков, Н.А. Мирошниченко

Институт горного дела СО РАН

Новосибирск, Россия

Все известные методы анализа стационарного поведения сети массового обслуживания (СеМО) и соответствующие им вычислительные алгоритмы являются чувствительными к факту зависимости интенсивностей обслуживания в узлах от текущего состояния сети. Исторически развиваясь из методов анализа СеМО с постоянными интенсивностями обслуживания, данные методы в одних случаях критичны к размерности сети (методы конволюции, анализа средних значений), в других - ограничены по спектру допустимых зависимостей обслуживания от состояния сети (методы соединённых вычислений, асимптотического разложения, лучевой аппроксимации), и наконец, - подчинены дополнительным ограничениям на множества возможных значений сетевых параметров (методы декомпозиции, диффузионной аппроксимации).

В работе развиваются методы анализа одного класса замкнутых неоднородных мультипликативных СеМО, характеризуемых наличием: локальной (Л) зависимости интенсивности обслуживания (от общего числа требований в данном узле); региональной (Р) зависимости интенсивности обслуживания (от общего числа требований в заданном множестве узлов - регионе); хоппингом (Х) требований (изменением классов требований в моменты завершения обслуживания в узлах). Такие СеМО, в общем случае, называются здесь ЛРХ-сети.

Необходимость обращения к ЛРХ-сетевым моделям возникла в процессе решения комплексных задач математического моделирования информационных систем различного назначения, таких как мобильные сети связи, в которых используются лазерные каналы с рассеянием, системы спутниковой навигации и передачи стандартов времени и частоты, распределённые системы геомеханического мониторинга. Отличительные свойства этих систем состоят в том, что они имеют большое число элементов, обменивающихся данными по ненадёжным каналам, содержат коалиции функциональных компонентов, объединённых общими ресурсами, характеризуются наличием сложной зависимости производительности от

нагрузки и изменением структуры данных в процессе работы. Как правило, для рассматриваемого класса систем СеМО используются в качестве моделей анализа задержки, живучести и минимальной стоимости. Постановки этих задач оказали влияние на выбор представленных в работе моделей и методов в части задания множества функций распределения времени обслуживания требований в узлах сети в зависимости от её состояния, определения процедур учёта хоппинга, обеспечения возможностей исследования сетей большой размерности и построения эффективных вычислительных алгоритмов.

Особое внимание уделяется получению точных и приближённых аналитических результатов для совместных и маргинальных распределений вероятностей состояния ЛРХ-сети, соответствующих различным методам анализа СеМО: конволюции, анализа средних, соединённых вычислений (точные методы), асимптотического разложения интегральных представлений функций разбиения, декомпозиции на основе укрупнения состояний марковских цепей (приближенные методы).

В идеологии построения средств математического моделирования сетевых систем полная погрешность модели представляется в виде трёх составляющих: трансформированной, связанной с уровнем детализации, который обеспечивается типом СеМО, выбранной в качестве модели исследуемой системы; методической, связанной с точностью соответствующих выбранному методу аналитических выражений; вычислительной, связанной с точностью программных процедур, реализующих данный метод. Что касается трансформированной погрешности, то методы конволюции, анализа средних и декомпозиции позволяют использовать ЛРХ-сети с локальными и региональными функциями интенсивности обслуживания общего вида, методы соединённых вычислений и декомпозиции - ЛРХ-сети с большим числом узлов, а методы асимптотического разложения и приближённого анализа средних на основе линейной аппроксимации - ЛРХ-сети с большой насыщенностью, большим числом классов требований и уровней абсолютных приоритетов. Что касается методической погрешности, то она равна нулю для методов конволюции, соединённых вычислений и анализа средних, имеет известную аналитическую оценку для методов асимптотического разложения и декомпозиции, является статистической для приближённого метода анализа средних на основе линейной аппроксимации. В части достижения вычислительной точности, особую трудность представляет расчёт функций разбиения в методе конволюции в связи с опасностью переполнения разрядной сетки компьютера. В работе предлагаются эффективные методы расчета функций разбиения на основе комбинаторной сортировки, масштабирования и нормализации.