

P. С. НИЯЗОВА

## АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ (РИСУ)

Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева, г. Астана

*Важным этапом для повышения качества распределенной информационной системы (РИС) является исследования ее показателей методами моделирования и исследования путем имитации процессов функционирования на моделях. После установление структуры и архитектуры модифицируемой, расширяемой или включаемой в состав РИС системы для дальнейшего повышения ее качества необходимо определить параметры и их значения. Установить или настроить оптимальные значения проектных и настроек параметров как новой системы, так и РИС в целом.*

Комплекс заранее указанных свойств, которыми должна обладать проектируемая РИСУ (распределенная информационная система управления), подразделяется на два подытоживающих свойства, называемых эффективностью и работоспособностью.

1. Эффективность РИСУ заключается в ограниченности или минимальности разного рода затрат, связанных с изготовлением и применением РИСУ. Таким образом, задачи анализа РИСУ сводятся при проектировании к анализу работоспособности и анализу эффективности РИСУ. Производительность – затратность, скорость.

2. Работоспособность КИС распределенной информационно-вычислительной системы (РИВС) состоит в правильном выполнении заданных функций, т.е. в правильной реализации заданного множества алгоритмов обработки информации.

После установления структуры и архитектуры модифицируемой, расширяемой или включаемой в состав КИС системы для дальнейшего повышения ее качества необходимо определить параметры и их значения. Установить или настроить оптимальные значения проектных и настроек параметров как новой системы, так и КИС в целом.

Анализ эффективности РИСУ осуществляется путем оценки показателей эффективности, т.е. величин, характеризующих затраты на изготовление и эксплуатацию РИСУ. К таким величинам, например, относятся габариты РИСУ и ее устройств, быстродействие устройств, вероятность получения ошибочного результата и т.д.

Показатели, характеризующие затраты времени на получение системой каких-либо полезных результатов, называются показателями производительности. К их числу относятся, например, средние значения времен ответа РИСУ на разные типы запросов, средние числа задач разного типа, решаемых системой в единицу времени, коэффициенты загрузки устройств РИСУ и другие показатели.

Многие (если не все) показатели эффективности РИСУ могут быть сведены к форме показателей производительности. Имея ввиду это обстоятельство, термин «производительность» иногда употребляют как равносильный термину «эффективность». Можно не принимать столь широкого толкования этого термина, но нельзя не признать, что задача анализа производительности является одной из важнейших среди задач проектирования РИСУ.

В общем виде задача анализа производительности РИСУ состоит в том, чтобы оценить показатели производительности при заданных параметрах технического, программного обеспечения РИСУ и внешней среды РИСУ. К таким параметрам могут относиться быстродействия устройств, характеристики сложности программ, интенсивности потоков требований на выполнение программ и другие. Решая задачу анализа производительности, как правило, необходимо учитывать случайную природу многих факторов, от которых зависит производительность РИСУ. Так, случайными часто являются моменты поступления в РИСУ требований, объемы подлежащей обработке информации, последовательность необходимых для ее обработки операций. Сложность структуры РИСУ и необходимость учета случайных факторов делают задачу анализа производительности РИСУ очень сложной, причем по мере прогресса вычислительной техники сложность этой задачи

возрастает. Поэтому все более широкое распространение для анализа производительности РИСУ получает метод математического моделирования.

Моделирование – один из наиболее распространенных методов исследования процессов функционирования сложных систем. Наиболее распространенными из них являются системы и сети массового обслуживания.

В терминах систем массового обслуживания (СМО) описываются многие реальные системы: вычислительные системы, узлы сетей связи, системы посадки самолетов, магазины, производственные участки – любые системы, где возможны очереди и (или) отказы в обслуживании.

В вычислительной системе роль обслуживающего прибора играет ЭВМ, роль заявок – решаемые задачи. Источником заявок служат терминалы пользователей. Моментом выдачи заявки является момент нажатия клавиши для подачи директивы о запуске задачи на решение. Операционная системы ЭВМ исполняет роль диспетчера: определяет очередность решения задач. В роли ячеек буфера выступают ячейки памяти ЭВМ, хранящие сведения о задачах, требующих решения.

Усложнение структур и режимов реальных систем затрудняет применение классических методов теории массового обслуживания ввиду возрастающей размерности решаемых задач, что особенно характерно для систем с сетевой структурой. Одним из возможных путей преодоления размерности является использование моделей в форме сетей массового обслуживания (СeМО).

СeМО представляет собой совокупность конечного числа обслуживающих узлов, в которой циркулируют заявки, переходящие в соответствии с маршрутной матрицей из одного узла в другой. Узел всегда является разомкнутой СМО. При этом отдельные СМО отображают функционально самостоятельные части реальной системы, связи между СМО – структуру системы, а требования, циркулирующие по СeМО, – составляющие материальных потоков (сообщения (пакеты) в коммуникационной сети, задания в мультипроцессорных системах, контейнеры грузопотоков и т.п.).

Система массового обслуживания – одна из основных моделей, используемых инженерами-системотехниками. Как модель, СМО рассматривается в теории массового обслуживания (другое название – теория очередей). Первые работы в этой области были вызваны потребностями практики, в частности широким развитием телефонных сетей. Поэтому в работах по теории СМО широко используется терминология, заимствованная из телефонии: требования, вызовы, заявки, каналы (приборы) обслуживания и т.п.

Теория массового обслуживания связана с разработкой и анализом математических, т.е. абстрактных, моделей, которые описывают процесс обслуживания некоторых объектов, поступающих на вход обслуживающего прибора в виде некоторого потока и образующего в общем случае очередь на входе обслуживающего прибора.

Поскольку рассматриваются абстрактные модели, совершенно не важна природа обслуживаемых объектов и их физические свойства (будь то вызовы, управляющие или информационные кадры в сети связи или посетители магазина, или детали на автоматической линии и т.п.). Существенным являются моменты появления этих объектов и правила, и законы (математические) их обслуживания, так как от этих моментов и законов зависит адекватное отображение эволюции моделируемого объекта во времени. Поэтому, когда говорят о методах анализа очередей, имеют в виду математические (абстрактные) модели, а из контекста всегда должно быть ясно, для исследования какой реальной системы применяются эти модели.

Целью использования СМО как модели является анализ качества функционирования указанных систем-оригиналов.

В свою очередь, СeМО (сети массового обслуживания) используют для определения важнейших системных характеристик информационных систем: производительности; времени доставки пакетов; вероятности потери сообщений и блокировок в узлах; области допустимых значений нагрузки, при которых обеспечивается требуемое качество обслуживания и др.

В теории СeМО фундаментальным является понятие состояния сети. Важнейшая характеристика сетей массового обслуживания (МО) – вероятности их состояний. Для определения вероятностей состояний СeМО исследуют протекающий в сети случайный процесс. В качестве моделей протекающих в СeМО процессов наиболее часто используют марковские и полумарковские.

Марковским процессом с непрерывным временем описывают функционирование экспоненциальных СeМО. Сеть называется экспоненциальной, если входящие потоки требований в каждую СМО пуассоновские, а времена каждого этапа обслуживания, реализуемого на любой СМО сети, имеют экспоненциальное распределение. Это позволяет считать, что этапы обслуживания независимы между собой и не зависят ни от параметров входящего потока, ни от состояния сети, ни от маршрутов следования требований.

Теория экспоненциальных СeМО наиболее разработана, и ее широко применяют как для исследования сетей ПД, так и для исследования мультипроцессорных вычислительных систем (ВС). Разработаны практические формы расчета вероятностно-временных характеристик (ВВХ) таких сетей и систем.

Попытки глубокого анализа немарковских моделей сетевых систем наталкиваются на значительные трудности, которые обусловлены, в частности, отсутствием независимости длительностей пребывания требований в различных узлах моделей сетевых систем с нестандартными дисциплинами. Так, например, при достаточно реалистическом предположении о том, что длина требования остается постоянной в процессе его передачи через узлы сети, необходимо прослеживать путь каждого требования, что делает невозможным аналитический расчет характеристики для сети с числом узлов  $M > 2$ .

Анализ работ, посвященных исследованию или расчету немарковских моделей, показывает, что решения, как правило, получены алгоритмически путем сложных численных расчетов с использованием преобразований Лапласа-Стилтьеса, реализуются программно, отличаются большой трудоемкостью либо значительными погрешностями в оценке показателей производительности информационных систем (ИС) в области средней и большой нагрузки. Поэтому для моделирования СeМО, выходящих из класса мультиплексивных, используют приближенные методы.

Сравнительный анализ приближенных методов моделирования СeМО и примеры показывают, что пользоваться приближенными методами расчета СeМО необходимо с большой осторожностью, что при расчете конкретных СeМО в процессе решения различных прикладных задач представляется необходимым проведение исследований в целях оценки точности и чувствительности применяемого метода, а также проведение эксперимента по имитационному моделированию исходной СeМО для достаточно большого множества значений варьируемых параметров.

СeМО – это, прежде всего, совокупность взаимосвязанных систем массового обслуживания. Поэтому необходимо вспомнить основные особенности этих систем.

Система массового обслуживания (СМО) – одна из основных моделей, используемых инженерами-системотехниками. Дадим краткое описание. Заявки (требования) на обслуживание поступают через постоянные или случайные интервалы времени. Приборы (каналы) служат для обслуживания этих заявок. Обслуживание длится некоторое время, постоянное или случайное. Если в момент поступления заявки все приборы заняты, заявка помещается в ячейку буфера и ждет там начала обслуживания. Заявки, находящиеся в буфере, составляют очередь на обслуживание. Если все ячейки буфера заняты, заявка получает отказ в обслуживании и теряется. Вероятность потери заявки (вероятность отказа) – одна из основных характеристик СМО. Другие характеристики: среднее время ожидания начала обслуживания, средняя длина очереди, коэффициент загрузки прибора (доля времени, в течение которого прибор занят обслуживанием) и т.д.

В зависимости от объема буфера различают СМО с отказами, где нет буфера, СМО с ожиданием, где буфер не ограничен (например, очередь в магазине, на улице) и СМО смешанного типа, где буфер имеет конечное число заявок. В СМО с отказами нет очереди, в СМО с ожиданием нет потерь заявок, в СМО смешанного типа то и другое возможно.

Иногда различают заявки по их приоритету, т.е. по важности. Заявки высокого приоритета обслуживаются в первую очередь. Абсолютный приоритет дает право прервать обслуживание менее важной заявки и занять ее место в приборе (или в буфере, если все приборы заняты столь же важными заявками). Вытесненная заявка либо теряется, либо поступает в буфер, где ждет дообслуживания. Иногда приходится возобновлять обслуживание вытесненной заявки с начала, а не продолжать с точки прерывания. Если заявка вытеснена из буфера, она, естественно, теряется. Примером заявки с абсолютным приоритетом является судно, получившее пробоину и нуждающееся в срочной разгрузке. В вычислительных системах абсолютным приоритетом обладают команды оператора. Относительный приоритет дает право первоочередного занятия освободившегося

прибора. Он не дает право на вытеснение заявки из прибора или буфера. Лица, имеющие льготы при обслуживании в кассе, у врача и т.п., как правило, имеют относительный приоритет.

Абсолютный и относительный приоритеты различаются и моментом действия: абсолютный реализуется в момент поступления, а относительный – в момент освобождения прибора.

Различают фиксированные и динамические приоритеты. Фиксированные приоритеты чаще называют дисциплиной обслуживания.

Дисциплина обслуживания задает порядок выбора из очереди в освободившийся прибор заявок одинакового приоритета. Выделим следующие дисциплины:

- FIFO (First Input - First Output): первым пришел – первым обслужен,
- LIFO (Last Input - First Output): последним пришел – первым обслужен,
- RAND (Random): случайный выбор из очереди.

В быту обычно действует дисциплина FIFO. Дисциплина LIFO реализуется в буфере, организованном по принципу стека. Такая дисциплина может оказаться целесообразной, например, при передаче информации, если ее ценность быстро падает со временем.

В теории массового обслуживания важным является понятие случайного потока, как некоторой последовательности событий, наступающих в случайные моменты времени.

Случайный поток может быть задан функцией распределения величины промежутка (интервала) времени между моментами наступления событий

$$\tau_j = t_j - t_{j-1}, P(\tau_j \leq t)$$

Если величины  $\tau_j$  независимы в совокупности, то поток обладает ограниченным последействием.

В случае  $P(\tau_j \leq t) = P(\tau \leq t)$  для всех  $j \leq 2$  поток является рекуррентным. Рекуррентный поток, для которого  $P(\tau_j \leq t) = 1 - \exp(-\lambda t)$ , называется пуассоновским. Для такого потока вероятность наступления за промежуток времени  $[0, t]$   $n$  событий есть  $P_n(t) = \frac{(\lambda t)^n}{n!} \exp(-\lambda t)$ , а математическое

ожидание числа событий, наступивших за время  $t$ ,  $\lambda t$ , где  $\lambda$  – среднее число событий, наступающих в единицу времени.

Пуассоновский поток характеризуется отсутствием последействия.

Если кроме этого выполняются условия стационарности и ординарности, то пуассоновский поток будет простейшим.

Напомним, что для стационарного потока распределение не зависит от положения интервала  $\tau$  на оси времени и зависит только от длительности  $\tau$ . Отсутствие последействия означает независимость числа событий в неперекрывающихся интервалах  $\tau_j$ . Свойство ординарности заключается в том, что вероятность появления более одного события на бесконечно малом интервале имеет порядок малости выше, чем вероятность появления одного события на этом интервале.

Величину  $\lambda$  в случае пуассоновского потока называют интенсивностью потока событий.

Если  $\tau_j = \tau = \text{const}$ , то поток является регулярным или детерминированным.

Если в СМО поступает  $n$  потоков заявок (у каждого потока свой приоритет), то  $\Delta$  и  $\Theta$  описывают число  $n$  в виде индекса. Например,  $M2 | M2 | 1$  обозначает СМО с двумя потоками заявок, на входе имеющими экспоненциальное распределение, с экспоненциальным временем обслуживания, своим для каждого потока. В системе  $M2 | M | 1$  время обслуживания всех заявок имеет одно и то же распределение. В случае нескольких входных потоков, имеющих разные приоритеты, необходимо дополнительно указывать типы приоритетов – абсолютные, относительные.

Предварительно представим общую структуру модели, общую для всех компонентов. Для всех элементов КИС модель как система массового обслуживания, предназначенная для исследования производительности имеет одинаковой структуры. Отличается только параметрами  $\Delta|\Theta|\Xi|\Omega$ , но в первую очередь числом каналов обслуживания  $\Xi$ : одноканальная или многоканальная.

Таким образом, производительность серверов может быть проанализирована на высоком уровне – с точки зрения системы, или на низком уровне – при явном моделировании различных компонентов системы. Аналитические методы расчета характеристик ИС базируются, как правило,

на анализе экспоненциальных СeMO. При использовании этого математического аппарата удается получить аналитические модели для решения широкого круга задач исследования систем.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Куандыков А.А., Чевардина Е.А. Управление СТО с учетом проблемности ситуации-управления // Материалы Междунар. научно-метод. конф. «Математическое моделирование и информационные технологии в образовании и науке». – Алматы, 1998. – С. 46-48.
2. Болтманский В.Г. Математические методы оптимального управления. – М.: Наука, 1969.
3. Брайсон А., Хо Ю-ии. Прикладная теория экстремальных задач. – М.: Мир, 1972.
4. Гнеденко Б.В., Беляев Ю. К., Соловьев А.Д. Математические методы в теории надежности. – М.: Наука, 1965.

*P. C. Ниязова*

#### ЖІКТЕЛГЕН АҚПАРАТ ЖҮЙЕСІН БАСҚАРУ ТИІМДІЛІГІН ТАЛДАУ

Жіктелген ақпарат жүйесінің (ЖАЖ) сапасын жоғарылатудың маңызды деңгейі – оның көрсеткіштерін үлгілеу әдістерімен және үлгілерге функционалдау үрдісін еліктемелеу жолымен зерттеу болып табылады. ЖАЖ-ға қосылатын түрлendірілетін, кеңейтілетін немесе қосылатын жүйелердің архитектурасы мен құрылымын орнатқаннан кейін, ары қарай оның сапасын арттыру үшін мәндері мен параметрлерін анықтау керек. Жаңа жүйемен қатар толығымен ЖАЖ-дың баптамалы және жобалық мәндерінің оңтайлы параметрлерін баптау немесе орнату.

*R. S. Niyazova*

#### THE ANALYSIS OF EFFICIENCY OF THE DISTRIBUTED INFORMATION CONTROL SYSTEM

The important stage for upgrading of the corporate informative systems is research of her indexes the methods of design and research by the imitation of processes of functioning on models. After establishment of structure and architecture of PUSSYCATS of system modified, expanded or included in structure for further increase of its quality it is necessary to define parameters and their value. To establish or adjust optimum values of design and adjusting parameters as new system, and TURNED SOUR as a whole.