

### СТОХАСТИЧЕСКИЕ СЕТЕВЫЕ МОДЕЛИ ИНФОРМАЦИОННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ТОРГОВЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

---

На современном этапе развития экономики, в условиях жесткой конкуренции как на внутреннем, так и на внешнем рынках не представляется возможным повышение эффективности работы торговых предприятий без реализации новых подходов к организации торговли. Появление новых технологий, таких, как виртуальный принцип организации предприятий, электронная торговля в режиме "on-line", современные формы безналичных расчетов на базе электронных платежных механизмов требуют адекватной реакции по реорганизации корпоративных систем обработки информации. Время обработки данных все чаще становится критическим фактором как при обслуживании клиентов, так и при проведении операций с поставщиками и партнерами. Решать возникающие задачи можно только за счет все более широкого внедрения современных информационных технологий в масштабах отдельных субъектов хозяйствования и отрасли в целом. Важную роль играет также использование методов реинжиниринга бизнес-процессов для анализа и коренной перестройки организационной структуры торговых предприятий. Задача моделирования информационной структуры предприятия — первый этап реализации концепции реинжиниринга. На базе построенной информационной модели можно оценить реально существующее состояние предприятия, проанализировать различные варианты его реорганизации и выбрать из них оптимальный. Информационная модель, имитирующая реальные потоки данных, позволит также сопоставить возможности различных автоматизированных систем обработки информации с целью выбора наиболее соответствующей данному предприятию. Предлагаемый в данной работе подход может быть одним из методов построения модели информационной структуры реального предприятия.

**Механизмы поступления данных в информационные системы торговых предприятий.** В зависимости от наличия на торговом предприятии автоматизированной системы обработки информации и вида представления входящей информации можно выделить 4 типичных механизма (рис. 1) ввода данных:

а. На предприятии функционирует автоматизированная система обработки информации и поток информации  $K$  в электронном виде по формату представления данных совместим с внутренним форматом этой системы. В этом случае ввод информации в систему осуществляется автоматически, без преобразований и предварительной обработки и перераспределения.

б. На предприятии функционирует автоматизированная система обработки информации, но поток данных  $K$  представляет собой набор стандартных документов на бумажных носителях. В этом случае в системе появляется дополнительный мо-

дуль, который условно можно назвать *оператором*. Его функция — преобразование входящей информации в электронную форму в соответствии с внутренним форматом автоматизированной системы (поток данных  $K'$ ). В качестве оператора может выступать программно-аппаратный комплекс (сканирующее устройство с соответствующим программным обеспечением) или специалист, осуществляющий ввод информации в систему вручную.

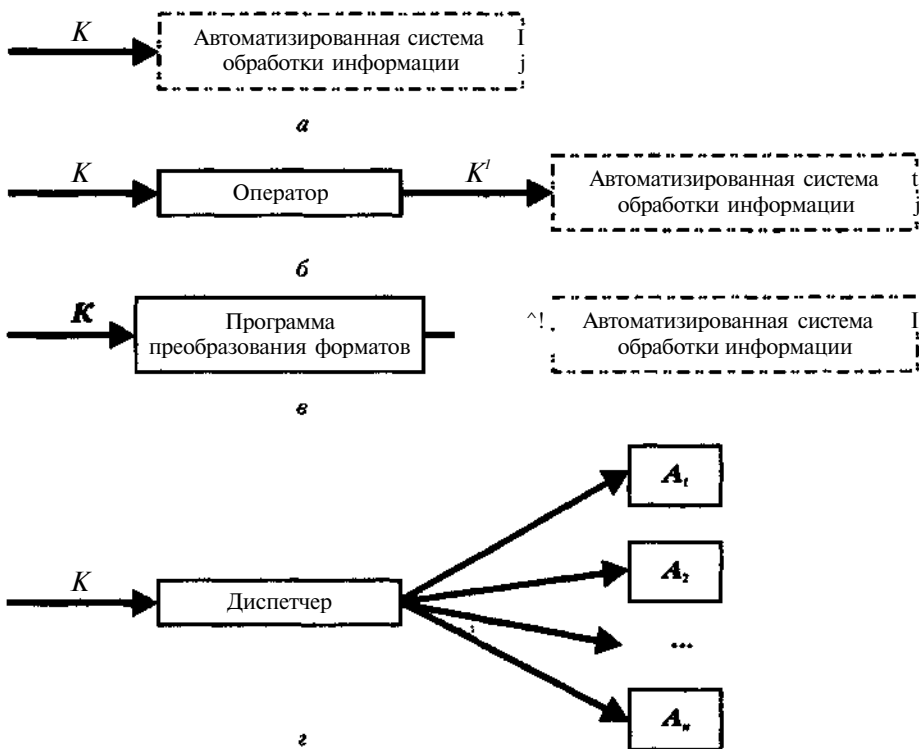


Рис. 1. Типичные механизмы ввода данных в системы обработки информации

в. На предприятии функционирует автоматизированная система обработки информации, но поток информации  $K$  в электронном виде по формату представления данных несовместим с внутренним форматом этой системы. В этом случае роль оператора (см. случай б') выполняет программа преобразования формата.

г. На предприятии отсутствует автоматизированная система обработки информации, информация поступает в виде бумажных документов. Все данные обрабатываются вручную соответствующими специалистами (на рис. 1 они условно обозначены как  $A_1, A_2, \dots, A_n$ ). Функция *диспетчера* — перераспределение потока входящей информации  $K$  по рабочим местам этих специалистов.

Проведенный среди работников торговли опрос (было опрошено свыше 200 чел., в основном руководителей высшего и среднего звена, представляющих более тридцати районных и областных центров Республики Беларусь) показал, что около 70 % торговых предприятий тем или иным образом применяют компьютерные технологии обработки информации в своей деятельности. Анализируя данные опроса (рис. 2), можно отметить, что в наибольшей степени автоматизированы такие сферы деятельности как бухгалтерский и складской учет (в анкетах указали 74 % и 63 % участников опроса соответственно). Наличие элементов автоматизации внутреннего документооборота отмечают 53 % опрошенных, но в основном это характерно для крупных торговых предприятий в областных центрах. Остальные виды деятельности автоматизированы на единичных предприятиях, находящихся в основном в г. Минске.

Анализируя результаты проведенного опроса и сопоставляя их с рассмотренными механизмами поступления данных в информационные системы торговых предприятий, можно заключить, что в нашей стране на сегодняшний день преимущественно распространены ситуации, представленные случаями б и г (см. рис. 1), либо какими-то их комбинациями. Например, оператор (ситуация б на рис. 1) мо-

жет не, только вносить данные в систему их автоматизированной обработки, но и перераспределять их по рабочим местам специалистов, выполняя одновременно и функции диспетчера.

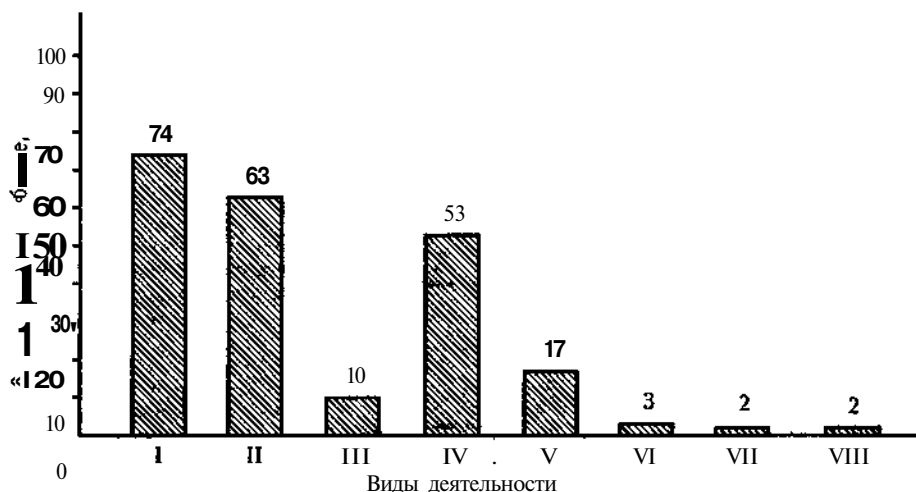


Рис. 2. Использование компьютерных технологий обработки информации на торговых предприятиях Республики Беларусь (по видам деятельности) I — бухгалтерский учет, II — складской учет, III — работа торгового зала, IV — внутренний документооборот, V — внешний документооборот, VI — маркетинговая деятельность, VII — реклама, VIII — другие виды деятельности

Обобщая сказанное выше, можно заключить, что для реальных предприятий могут использоваться как представленные на рис. 1 варианты, так и разнообразные их комбинации, но в любом случае процесс ввода исходной информации в систему может быть представлен в виде следующей общей схемы (рис. 3): входной поток информации  $K$  поступает в элемент системы, осуществляющий ее первоначальную обработку и перераспределение. Таким элементом может быть диспетчер, программа преобразования форматов, оператор. На рис. 3 этот элемент обозначен  $S_0$ . В случае использования полностью автоматизированного процесса, элемент  $S_0$  может являться неотъемлемой частью остальной системы  $S$  (см. рис. 3). После преобразования и первоначальной обработки поток информации  $K'$  поступает непосредственно в систему  $S$ . Поток  $K'$  может быть физически реализован как в виде моноканала передачи информации, так и в виде поликанала.

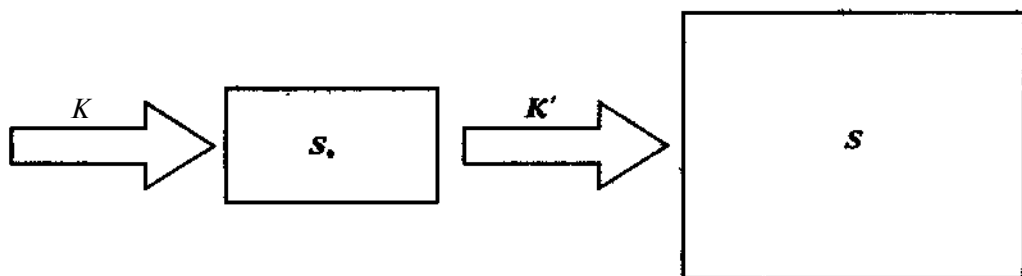


Рис. 3. Обобщенная схема ввода информации в систему

**Моделирование входящих информационных потоков.** Рассматривая процесс поступления внешней информации в торговое предприятие, можно абстрагироваться от механизма поступления этой информации. В данном случае с точки зрения моделирования этого процесса совершенно не играет роли, поступает ли информация по электронным коммуникационным каналам или в виде документа на бумажном носителе, обрабатываемого специалистом. И в том, и в другом случаях входящий поток данных, распределенных во времени случайным образом, может быть рассмотрен как традиционный *поток заявок* в теории массового обслуживания. Это дает возможность использовать хорошо разработанный математический аппарат этой теории для решения задач моделирования информационной структуры торговых предприятий.

Поток входящей информации для торгового предприятия обладает следующими свойствами:

Отсутствие последействия — заявки на обслуживание поступают в систему независимо друг от друга, и длина интервала времени до момента поступления следующей заявки не зависит от того, поступила в начальный момент времени заявка или нет.

Ординарность — будем рассматривать входящий поток информации как набор пакетов данных, дискретно распределенных во времени. При этом в каждый момент времени в систему может поступить не более одного пакета. В противном случае при высокой интенсивности входящего потока можно использовать несколько каналов поступления информации в систему.

Информацию, поступающую в торговое предприятие, как правило, можно представить с использованием дискретного распределения.

Эти свойства входящих потоков данных позволяют описывать их с использованием математического аппарата, разработанного для пуассоновских потоков [1]. Для таких потоков число заявок, поступающих в систему за промежуток времени  $t$ , распределено по закону Пуассона:

$$P_r(k, t) = \frac{(\lambda t)^k}{k!} e^{-\lambda t}, \quad (1)$$

где  $P_r(k, t)$  — вероятность того, что за время  $t$  в систему поступит точно  $k$  заявок;  $\lambda$  — интенсивность потока заявок,  $\lambda > 0$ .

**Оценка времени обслуживания заявок.** Длительность обслуживания заявки равна промежутку времени, необходимого системе для обработки заявки. Результатом обработки заявки может явиться изменение базы данных (например, как в случае обработки транзакции), формирование нового массива информации, принятие решения и пр. Длительность обслуживания заявки в общем случае — случайная величина с законом распределения  $B(t)$  и математическим ожиданием (средним значением)  $v$ . Типы заявок различаются либо законами распределения, либо только средними значениями длительности обслуживания при одинаковых законах распределения. Примем предположение о независимости длительностей обслуживания для различных заявок одного типа. Это предположение будет справедливо для подавляющего большинства реальных систем.

Время обслуживания заявок определяется случайной величиной в области положительных значений. Для подобных ситуаций ( $t > 0$ ) традиционным подходом [1] является аппроксимация при помощи экспоненциального распределения (2):

$$b_k(t) = \frac{1}{v} e^{-t/v}, \quad (2)$$

где  $b_k(t)$  — плотность вероятности гамма-распределения,  $v$  — математическое ожидание длительности обслуживания.

**Представление информационной структуры торгового предприятия в виде стохастической сети.** С точки зрения информационных потоков торговое предприятие можно представить в виде разомкнутой стохастической сети, состоящей из подсистем, реализующих технологическую схему обработки данных. Под *стохастической сетью* будем понимать совокупность взаимосвязанных систем массового обслуживания. Конфигурация сети будет отражать как информационную структуру этого предприятия, так и последовательность этапов процесса обработки данных, развивающегося в пределах этой структуры. При этом обработка информации может осуществляться как элементами автоматизированной системы, так и специалистами на своих рабочих местах. При выборе подобного подхода в качестве математического аппарата для моделирования информационной инфраструктуры торговых предприятий можно использовать теорию массового обслуживания. Ее средства позволяющая адекватно отразить информационные процессы внутри объекта моделирования и рассчитать их основные характеристики: длительность ожидания обслуживания и время обработки массивов данных.

Стохастическая сеть определяется следующим набором параметров:

$n$  — число систем массового обслуживания  $S_1, \dots, S_n$ , образующих сеть; числом каналов  $K_1, \dots, K_n$ , входящих в системы  $S_1, \dots, S_n$ ;

матрицей вероятностей передач  $P = [p_{ij}]$ , где  $p_{ij}$  — вероятность того, что заявка, покидающая систему  $S_i$ , поступит в систему  $S_j$  ( $i, j = 1, \dots, n$ );

интенсивностью источника заявок  $\lambda_0$ ;

средними длительностями обслуживания заявок  $v_1, \dots, v_n$  в системах  $S_1, \dots, S_n$ .

Количество  $n$  систем и каналов  $K_1, \dots, K_n$  в системах  $S_1, \dots, S_n$ , а также связи между этими системами определяют конфигурацию стохастической сети. Выбор данных параметров зависит от цели исследования, необходимой степени детализации моделируемых информационных процессов. Связи между системами массового обслуживания, входящими в сеть, устанавливаются на основе анализа процесса обработки информации. Для разомкнутых сетей источник входящего информационного потока обычно также представляют в виде системы массового обслуживания с бесконечным числом заявок и интенсивностью их обслуживания. Обозначим эту систему как  $S_0$ .

Реально рассчитать параметры стохастических сетей представляется возможным лишь в так называемом стационарном режиме. В этом режиме пренебрегают изменениями вероятностных характеристик сети во времени. На практике это допущение можно использовать в случае исследования ограниченных по продолжительности периодов работы реальных систем. Каждый период заканчивается изменением каких-то исходных параметров.

Оценка времени ожидания заявки. При рассмотрении входящих потоков информации, как правило, используются беспriorитетные дисциплины обслуживания заявок. В этом случае заявки разных типов не имеют привилегий на досрочное обслуживание. Они могут обрабатываться либо в порядке поступления (дисциплина FIFO), либо в порядке, обратном порядку поступления (дисциплина LIFO). Так как дисциплина FIFO минимизирует дисперсию времени ожидания заявок, т.е. уменьшает разброс времени ожидания относительно его среднего значения, то чаще используется именно она. Иногда (но значительно реже) используется и метод случайного выбора из очереди.

Для перечисленных дисциплин обслуживания справедлив закон сохранения времени ожидания [2], следовательно, оценить время ожидания заявки, можно проанализировав простейшую дисциплину обслуживания заявок — дисциплину FIFO. В [1] показано, что

$$w = \frac{\sum_{j=1}^n \lambda_j v_j^{(2)}}{2(1-R)},$$

где  $v_j^{(2)}$  — второй начальный момент длительности обслуживания заявок типа  $j$  ( $j = 1, \dots, n$ );  $R$  — суммарная загрузка системы со стороны всех потоков.

Среди информационных потоков торгового предприятия можно выделить некоторые подмножества, критичные ко времени ожидания обслуживания. К таковым, например, можно отнести информацию, связанную с безналичными платежами по пластиковым картам, прием заказов для электронной торговли в режиме "on-line", информацию, связанную с идентификацией и аутентификацией клиентов и партнеров, информацию по транзакциям. Для обработки заявок такого рода можно использовать дисциплины обслуживания с относительными или абсолютными приоритетами. В общем случае может использоваться смешанная дисциплина обслуживания произвольного вида, когда один и тот же поток заявок обладает абсолютным приоритетом по отношению к одной группе потоков заявок, относительным приоритетом по отношению к другим потокам и не имеет приоритетов по отношению к третьей группе потоков.

**Выводы.** Задачи моделирования информационной инфраструктуры торговых предприятий в настоящее время достаточно актуальны. Необходимость обработки информации в реальном масштабе времени, внедрение современных форм организации торговли требуют реорганизации информационной и управленческой инфраструктуры торговых предприятий. Выбрать оптимальную организационную структуру, а также необходимые средства автоматизации обработки информации позволяют технологии реинжиниринга бизнес-процессов. Первый этап реинжиниринга — построение имитационной модели, отражающей информационные процессы, протекающие на реальном предприятии.

\*» Математический аппарат теории массового обслуживания позволяет адекватно анализировать информационные процессы на торговых предприятиях. Предложенные методы моделирования являются универсальными по отношению к степени автоматизации обработки информации на торговом предприятии и пригодны для представления его информационной инфраструктуры как в случае использования цифровой информации в цифровой форме, так и в случае традиционного бумажного документооборота. Выбор соответствующих дисциплин обслуживания позволяет моделировать различные информационные процессы, в том числе и процессы, критичные ко времени обработки.

«1» Применение стохастических сетевых моделей обеспечивает эффективный сравнительный анализ информационной инфраструктуры предприятий сферы торговли. Результаты подобного анализа могут выступать в качестве объективной информационной основы при проведении реинжиниринга бизнес-процессов и при выборе наиболее эффективной организационной структуры любого торгового предприятия, в том числе и в сфере электронной коммерции.

### Литература

- 1 Основы теории вычислительных систем / Под ред. С. А. Майорова. Учеб. пособие для вузов. М., 1978.
- 2 Клейнрок Л. Коммуникационные сети / Пер. с англ. М., 1970.