

МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ДОСТАВКИ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ В КРУПНЫХ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СТРУКТУРАХ

Н.Б. Баканова, В.М. Вишнеvский, О.В. Семенова

Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН, г. Москва

Рассмотрена математическая модель процессов приема корреспонденции, позволяющая оценить эффективность работы программно-технического комплекса автоматизированного оповещения адресатов и другие характеристики, связанные с решением задачи оперативной доставки корреспонденции в крупных организационных структурах.

ВВЕДЕНИЕ

Крупные государственные организации, реализующие функции управления, ежегодно обрабатывают значительные потоки документов, измеряемые десятками и сотнями тысяч единиц. Обработка таких информационных потоков осуществляется с помощью автоматизированных систем документооборота, в которых отслеживаются все технологические операции, связанные с прохождением документов внутри организации. При этом автоматизированные системы не исключают информационный поток на материальных носителях, а сопровождают его. Это замечание особенно важно для документооборота в государственном секторе, так как в соответствии с Государственной системой документационного обеспечения управления основной объем информационного взаимодействия с внешними организациями осуществляется на бумажных носителях [1, 2].

Таким образом, в процессе документооборота организации участвуют потоки документов на материальных носителях. В автоматизированную систему они поступают в том случае, если подлежат регистрации. К нерегистрируемому потоку относится корреспонденция, поступающая в виде посылок, бандеролей, книг, каталогов и т. п.

Регистрация документов в крупных организациях типа министерств и ведомств осуществляется

как распределенный процесс, предусматривающий выполнение этой процедуры в том подразделении, которому адресовано данное отправление. Независимо от того, регистрируется или не регистрируется корреспонденция, она должна быть оперативно получена внутренними адресатами организации для последующей обработки и своевременного принятия управленческих решений.

К общему объему внутреннего документопотока добавляются документы, передаваемые между подразделениями. В итоге суммарный внутренний информационный поток характеризуется значительным объемом и, соответственно, его организация существенно сказывается на показателях эффективности документооборота и на процессах управления в целом.

Анализ процедур прохождения внутренних документопотоков организации можно провести на основе математического аппарата систем массового обслуживания, который позволяет рассмотреть модель прохождения корреспонденции, выделить узловые пункты процесса, определить нагрузки и минимальное среднее время доставки корреспонденции [3].

Для построения модели определим перечень работ, которые связаны с материальными потоками информации:

- прием входного информационного потока;
- прием документов внутреннего потока;



- распределение входного информационного потока по адресатам;
- распределение внутреннего информационного потока по адресатам;
- доставка корреспонденции адресатам (оповещение);
- формирование выходного информационного потока.

Реализация всех перечисленных работ в крупных организациях возлагается на специализированное подразделение (экспедицию), которое является узловым пунктом, обеспечивающим распределение входящих и внутренних потоков информации по адресатам [4].

Основой операций приема и распределения информации служит процедура сортировки корреспонденции, для которой используются специальные ячейки ограниченного объема. Каждая ячейка предназначена для конкретного адресата — получателя корреспонденции. В ячейки раскладывается поступающая корреспонденция и выполняется процедура оповещения адресатов.

Для оповещения адресатов можно традиционно воспользоваться телефоном или электронной почтой. Однако при большом числе адресатов передача информации будет занимать значительное время, особенно с учетом отказов в обслуживании (занято, отсутствие абонента на рабочем месте, набор альтернативных номеров и др.).

В данной статье рассматривается математическая модель процессов приема корреспонденции, позволяющая оценить эффективность работы программно-технического комплекса автоматизированного оповещения адресатов и другие характеристики, связанные с решением задачи оперативной доставки корреспонденции внутри организации.

1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Работа предлагаемого комплекса описывается системой массового обслуживания с N очередями и групповым обслуживанием. Поток поступающих документов — пуассоновский поток с параметром Λ . Поступающая заявка с вероятностью a_i отправляется в очередь i ($i = \overline{1, N}$). Функционирование каждой очереди не зависит от остальных, поэтому можно рассматривать i -ю очередь как систему массового обслуживания с простейшим входным потоком с параметром $\lambda_i = a_i \Lambda$, $i = \overline{1, N}$, и опустить в дальнейшем индекс i .

Полагаем, что каждая очередь имеет неограниченное число мест для ожидания, а групповое об-

служивание заявок происходит мгновенно через случайное время, распределенное по произвольному закону $B(t)$ со средним b и вторым моментом $b^{(2)}$. При этом обслуживаются все заявки, которые накопились в очереди к моменту начала обслуживания. Обслуживание можно интерпретировать как мгновенный уход всех заявок из системы через случайные интервалы времени с функцией распределения $B(t)$.

Отыскиваются характеристики производительности системы: среднее число заявок в системе и распределение времени ожидания в стационарном режиме.

Модели с групповым обслуживанием исследовались в работах [5, 6], однако в них предполагалось, что сервер обслуживает одновременно группу заявок, число которых не превышает заданного значения, и время обслуживания отлично от нуля.

2. РАСЧЕТ СТАЦИОНАРНЫХ ВЕРОЯТНОСТЕЙ СОСТОЯНИЙ СИСТЕМЫ И СРЕДНИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Предположим, что система функционирует в стационарном режиме. Рассмотрим моменты обслуживания t_n , $n \geq 1$.

Обозначим через π_i стационарную вероятность того, что к произвольному моменту t_n в очереди накопилось i заявок, $i \geq 0$. Эти вероятности определяются равенствами

$$\pi_i = \int_0^{\infty} \frac{(\lambda t)^i}{i!} e^{-\lambda t} dB(t), \quad i \geq 0. \quad (1)$$

Поясним формулу (1). Пусть момент времени 0 — это некоторый момент обслуживания, тогда $dB(t)$ есть вероятность того, что следующий момент обслуживания наступит в интервале времени

$(t, t + dt)$. Величина $\frac{(\lambda t)^i}{i!} e^{-\lambda t}$ определяет вероятность того, что за время $(0, t)$ в систему поступит

ровно i заявок. Тогда выражение $\frac{(\lambda t)^i}{i!} e^{-\lambda t} dB(t)$ есть вероятность того, что длительность времени между моментами обслуживания заключено в интервале $(t, t + dt)$ и за это время в систему поступит i заявок.

Введем производящую функцию $\Pi(z) = \sum_{i=0}^{\infty} \pi_i z^i$ вероятностей π_i , $i \geq 0$. Умножая i -е равенство (1) на

z^i и суммируя полученные равенства по всем $i \geq 0$, получим

$$P(z) = \sum_{i=0}^{\infty} \pi_i z^i = \beta(\lambda(1-z)), \quad (2)$$

где $\beta(s) = \int_0^{\infty} e^{-st} dB(t)$ — преобразование Лапласа—Стилтьеса функции $B(t)$.

Вероятности π_i , $i \geq 0$, могут быть получены из равенства (2) как коэффициенты разложения в ряд его правой части [3]. Из него также можно найти среднее число заявок M , одновременно получающих обслуживание: $M = P'(1) = \lambda b$.

Рассмотрим теперь число заявок в системе в произвольный момент времени. Обозначим через p_i вероятность того, что в произвольный момент в системе находится i заявок. Эти вероятности определяются равенствами

$$p_i = \frac{1}{b} \int_0^{\infty} \frac{(\lambda t)^i}{i!} e^{-\lambda t} (1 - B(t)) dt, \quad i \geq 0, \quad (3)$$

которые могут быть получены по аналогии с равенствами (1). Если за начало отсчета принять произвольный момент времени, то время, оставшееся до следующего момента обслуживания, имеет функцию распределения $\tilde{B}(t) = \frac{1}{b} \int_0^{\infty} (1 - B(y)) dy$.

В этом случае вероятность того, что обслуживание произойдет в интервале времени $(t, t + dt)$, есть величина $d\tilde{B}(t) = \frac{1}{b} (1 - B(t)) dt$.

Для нахождения вероятностей p_i , $i \geq 0$, введем производящую функцию $P(z) = \sum_{i=0}^{\infty} p_i z^i$. Из равенств (3) получим

$$P(z) = \sum_{i=0}^{\infty} p_i z^i = \frac{1}{b} \int_0^{\infty} e^{\lambda t z} e^{-\lambda t} (1 - B(t)) dt = \frac{1}{b} \left(\frac{e^{-\lambda t(1-z)}}{-\lambda(1-z)} (1 - B(t)) \Big|_0^{\infty} - \frac{1}{\lambda(1-z)} \int_0^{\infty} e^{-\lambda t(1-z)} dB(t) \right),$$

откуда следует равенство

$$P(z) = \frac{1 - \beta(\lambda(1-z))}{\lambda(1-z)}. \quad (4)$$

Вероятности p_i , $i \geq 0$, могут быть получены разложением в ряд обеих частей равенства (4).

Среднее число заявок в системе в произвольный момент времени вычисляется как

$$L = P'(1) = \frac{1}{\lambda b} \frac{\lambda \beta'(\lambda(1-z))(1-z) + 1 - \beta(\lambda(1-z))}{(1-z)^2} \Big|_{z=1}. \quad (5)$$

При $z = 1$ числитель и знаменатель дроби в правой части (5) обращаются в ноль. По правилу Лопиталя получим

$$L = \frac{\lambda b^{(2)}}{2b}.$$

Время ожидания как время, оставшееся до момента обслуживания, имеет функцию распределения

$$W(t) = \frac{1}{b} \int_0^t (1 - B(y)) dy.$$

Среднее время ожидания вычисляется как

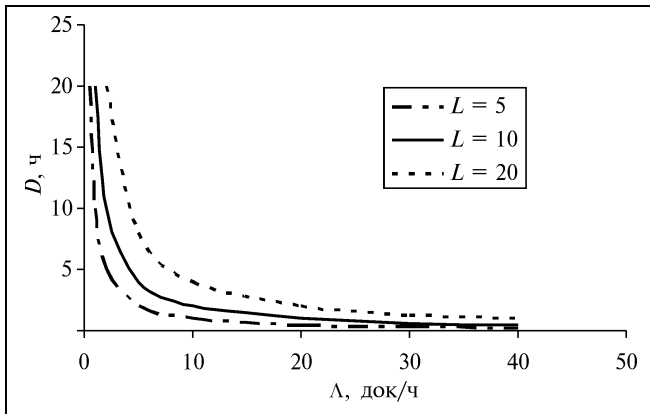
$$w = \frac{b^{(2)}}{2b}.$$

Заметим, что в случае постоянного времени между моментами обслуживания заявок, равного D , имеем: $b = D$, $b^{(2)} = D^2$, $w = D/2$. Средняя длина очереди в этом случае $L = \lambda D/2$. Если же время между моментами обслуживания распределено экспоненциально с параметром μ , то $b = 1/\mu$, $b^{(2)} = 2/\mu^2$, и $w = 1/\mu$. Средняя длина очереди $L = \lambda/\mu$.

Таким образом, рассмотрена система массового обслуживания с групповым обслуживанием. Для нее получены стационарное распределение вероятностей числа заявок в системе, распределение времени ожидания и среднее время ожидания в случаях постоянного, экспоненциально распределенного и распределенного по произвольному закону времени между моментами обслуживания заявок. Полученные результаты позволяют определить средний объем корреспонденции, ожидающей обработки, и среднее время ожидания.

3. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ

Анализ приведенных на рисунке зависимостей показывает, что даже при значениях интенсивности потоков $\lambda = 10$ документов в час время между моментами выборки корреспонденции при $L = 10$ составляет более двух часов, что соответствует существующей ручной процедуре сортировки корреспонденции и оповещения адресатов. В связи с этим необходима автоматизация описанных выше



Зависимости времени выборки корреспонденции D от интенсивности ее потока при фиксированных значениях длины очереди L

процедур для повышения оперативности ($D \approx 0,8$ ч), сокращения очереди ($L = 5$) и повышения качества управления.

В интересах Министерства транспорта РФ была разработана система автоматизации процесса оповещения адресатов, в которой применяются программируемые адресные датчики и используется локальная сеть передачи информации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненное исследование позволяет определить целесообразность разработки средств автоматизации для решения поставленной задачи, подходы к ее решению, ориентировочные оценки эффективности внедрения.

В процессе развития данного подхода к модели будут подключены дополнительные функции ограничения, в целях упрощения не рассмотренные на данном этапе.

На основе полученных результатов разработана система автоматизации для Министерства транспорта РФ, предназначенная для оперативного оповещения адресатов о поступившей в их адрес корреспонденции и реализованная на базе существующей локальной сети передачи информации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Концепция использования информационных технологий в деятельности федеральных органов государственной власти до 2010 года (распоряжение Правительства Российской Федерации от 27 сентября 2004 г. № 1244-р).
2. Баканова Н.Б. Проблемы внедрения систем документооборота в государственных организациях // Междунар. практ. конф. «Электронный документооборот и документационное обеспечение управления» / ГУД. — М., 2003. — С. 160—161.
3. Вишневикий В.М. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей. — М.: Техносфера, 2003.
4. Беляев А.А., Коротков Э.М. Системология организаций. — М.: ИНФРА-М, 2000.
5. Chakravarthy S. Analysis of a finite MAP/G/1 queue with group services // Queueing Systems. — 1993. — Vol. 13 (4). — P. 385—407.
6. Alfa A.S., Dolhun K.L., Chakravarthy S. A discrete single server queue with Markovian arrivals and phase type group services // Journal of Applied Mathematics and Stochastic Analysis. — 1995. — Vol. 8 (2). — P. 151—176.

☎ (495) 694-33-38, 699-56-55,
e-mail: nina@iitp.ru, vishn@iitp.ru

Статья представлена к публикации членом редколлегии
А.С. Манделем. □

Новые книги

- Пономаренко С. Самоучитель Adobe Acrobat 8. — СПб.: БХВ-Петербург, 2007. — 304 с.
- Яне Б. Цифровая обработка изображений. — М.: Техносфера, 2007. — 584 с.
- Амелькин В.В. Изохронные и импульсные колебания двумерных динамических систем. — М.: URSS, 2006. — 206 с.
- Бабенко Т.И. Методы принятия управленческих решений. — Новосибирск: СО РАН, 2006. — 227 с.
- Боголюбов Н.Н. Собрание научных трудов. — М.: Наука, 2006. — Т. 4. — 432 с.
- Васютинский Н.А. Золотая пропорция. — М., СПб.: ДИЛЯ, 2006. — 367 с.
- Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика. — М.: Физматлит, 2006. — 813 с.
- Комиссарова В. Программирование драйверов для Windows. — СПб.: БХВ-Петербург, 2007. — 256 с.
- Кучин Б.Л. Управление развитием экономических систем. — М.: Экономика, 1990. — 157 с.
- Мизес Р. Вероятность и статистика. — М.: URSS, 2006. — 253 с.
- Могилевский В.Д. Формализация динамических систем. — М.: Вузовская книга, 2005. — 214 с.
- Пташинский В.С. 100 программ для карманного ПК Pocket PC: инструментальная книга. — М.: Триумф, 2007. — 416 с. (+CD-ROM).
- Синергетика и нейросетевые системы управления курсом судна. — М.; СПб.: Питер, 2006. — 204 с.
- Степанов Е.О. Математические модели оптимизации транспортных сетей и потоков. — СПб.: ИТМО, 2005. — 244 с.
- Суходольский Г.В. Математическая психология. — Харьков: Гуманитарный Центр, 2006. — 358 с.
- Юревич Е.И. Теория автоматического управления. — СПб.: БХВ-Петербург, 2007. — 560 с.
- Афонин А.М. Физические основы механики. — М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. — 366 с.
- Бабешко Л.О. Основы эконометрического моделирования. — М.: URSS, 2006. — 428 с.
- Вейль Г.К.Х. Классические группы. — М.: URSS, 2007. — 403 с.
- Евгеньев М.И. Контроль экологической безопасности химических производств. — Казань: ГТУ, 2006. — 157 с.