Е. И. ДЕРГАЧЕВА, Г. А. ЕВДОНИН

ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ В УПРАВЛЕНЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ: ВОЗМОЖНОСТИ КОЛИЧЕСТВЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:
количественное моделирование, управленческая деятельность, радикальное решение, полумеры, отложенные решения

Авторами делается попытка осуществить количественное моделирование управленческой ситуации, когда назревшее решение не может быть принято и исполнено немедленно. В статье приводятся результаты исследования по обоснованию конкретного управленческого решения, однако авторы утверждают, что примененный ими подход может быть использован для более широкого круга управленческих задач. По мнению авторов, совмещение качественного и количественного аспектов исследования управленческой деятельности делает возможным плодотворное взаимодействие между обеими формами рассуждений, что приводит к взаимному улучшению и усилению аргументации. Авторы утверждают, что такое взаимодействие ведет как к усовершенствованию количественной модели, так и к более эффективному качественному анализу.

KEY WORDS:
quantitative simulation, management activity, radical solution, half measures, postponed decisions

The authors make an attempt to quantitatively simulate a managerial situation, when escalated decision cannot be immediately accepted and implemented. The article describes the results of the investigation that justified concrete managerial decision, but the authors claim that their approach can be applied for wider scope of managerial tasks. On the author's opinion, combination of qualitative and quantitative aspects in managerial activity investigation makes it possible to provide fruitful interaction between the both forms of analysis that results in mutual enhancement and improvement of argumentation. The authors insist that such an interaction leads both to increase in accuracy of quantitative model, and to enhancement of analysis quality.

В управленческой деятельности часто возникают ситуации, когда назревшее решение не может быть принято и исполнено немедленно. Возникновение подобных ситуаций, как правило, связано с недостатком материальных ресурсов; недостаточной проработанностью вопроса (например, требуется сначала выполнить научно-исследовательскую работу); необходимостью предварительного организационного обеспечения; отсутствием нормативной базы (законодательного обеспечения) и т. п.

Нерешение проблемы приносит ущерб — не обязательно (или не только) материальный. Не имея возможности немедленно радикально решить проблему, управленец вынужден для сокращения ущерба принимать некоторые меры временного характера, не

решающие вопрос радикально (полумеры).

Однако наличных ресурсов (материальных, организационных, людских и др.) может не хватать и для временного снижения остроты всех назревших проблем. В этом случае вопрос никак не решается, решение просто откладывается.

Попытаемся смоделировать эту ситуацию. Пусть создается некоторая управленческая структура для решения определенного круга проблем (задач). Для радикального решения проблем в составе структуры предусматриваются подразделения (комиссии, комитеты, отделы и т. п.). Предполагается, что проблемы будут однородными (это допущение), т. е. любое подразделение сможет решить (подготовить решение) любую проблему из числа поступивших. Четкое и оперативное решение проблем возможно, во-первых, в случае возникновения действительно однородных проблем, во-вторых, при укомплектованности подразделений специалистами разного профиля (или привлечении необходимых специалистов), что по существу одно и то же.

Число таких подразделений n. Следуя терминологии теории массового обслуживания, подразделения будем именовать каналами, возникающие проблемы — заявками. Если в момент прихода очередной заявки имеются свободные каналы, то заявка принимается к обслуживанию (проблема решается радикально). Если все каналы заняты, то принимаются некоторые меры по временной локализации проблемы (меры, не терпящие отлагательства, но не решающие вопрос радикально — полумеры), т. е. радикальное решение откладывается до освобождения одного из каналов.

Ресурсы управленческой структуры (именуемой в дальнейшем системой) ограничены. Это означает, что не все поступившие заявки могут быть охвачены мерами по локализации проблемы. Пусть возможности системы позволяют охватить подобными мерами m поступивших заявок одновременно. Другими словами, заявки, не принятые к немедленному обслуживанию, выстраиваются во внутреннюю очередь. Число мест во внутренней очереди равно m.

Заявка, поступившая в момент, когда все места во внутренней очереди заняты, становится во внешнюю очередь. При нахождении заявки во внешней очереди проблема никак не решается. Решение откладывается сначала до перемещения заявки во внутреннюю очередь (временная локализация проблемы — полумеры), затем, когда освободится один из каналов, вопрос решается радикально. Число мест во внешней очереди не ограничено.

Далее необходимо ввести меру ущерба в единицу времени от нерешения проблемы (неудовлетворения заявки), например, в стоимостном выражении. Пусть C_o, $C_{внутр.}$, $C_{внеш.}$ — мера ущерба в единицу времени при обслуживании заявки, при нахождении во внутренней и внешней очередях. Соответственно, $C_к$ — мера ущерба в единицу времени от простоя канала, включающая возможный предотвращенный ущерб, если бы канал не простаивал (непредотвращенный ущерб). Введенные меры, очевидно, должны удовлетворять неравенству:

$$C_o \le C_{внутр.} < C_{внеш.} < C_к.$$

Необходимо выбрать число каналов (подразделений) по критерию минимума ущерба. В такой постановке вопроса рассматриваемая управленческая структура становится многоканальной системой массового обслуживания с неограниченной очередью. Специфика задачи заключается в неоднородности очереди: ущерб в единицу времени от ожидания во внутренней и во внешней очередях различный. Очередь становится структурированной.

Примеры подобных систем:

1. Законодательное собрание (парламент, Дума).
   Заявки — законопроекты, подлежащие рассмотрению и принятию.
   Каналы — комиссии по подготовке законопроектов к рассмотрению.
   Кардинальное решение проблемы — принятие нового закона.
   Локализация проблемы — меры по уменьшению ущерба в рамках действующего законодательства.
2. Специализированное медицинское учреждение по лечению некоторой болезни.
   Радикальное решение — хирургия.
   Локализация проблемы — поддерживающая терапия.
   Число каналов — число операционных.
   Число мест во внутренней очереди — число коек в стационаре.
   Внешняя очередь — те, кто не попали в стационар.
   Ущерб — процент смертности во внешней и во внутренней очередях.
3. Жилищно-эксплуатационная служба.
   Проблемы (заявки) — аварии в сетях теплообеспечения.
   Радикальное решение — замена труб, оборудования.
   Локализация проблемы — постановка бандажей, временно устраняющих протечки, переход на резервное оборудование, на резервное топливо.
   Каналы — бригады, выполняющие замену труб и оборудования.
4. Суды.
   Каналы — судьи.
   Заявки — исковые заявления.
   Радикальное решение — рассмотрение дела по существу.
   Полумеры — попытки примирения сторон, запрос дополнительных материалов.
   Отложенные решения — отказ в принятии искового заявления под каким-либо формальным предлогом.

Перечень подобных примеров может быть продолжен.

***

Авторами выполнено конкретное исследование обоснований управленческого решения по выбору числа причалов вновь строящегося порта, с разной материальной ответственностью порта за простои судов у причала, на внутреннем и внешнем рейдах. Вместе с тем примененный подход может быть использован для решения более широкого круга управленческих задач.

Граф состояний рассматриваемой системы представлен на рис.1 (с. 143).

На графе обозначены следующие состояния системы:

S_o — все каналы свободны;

S_1, ..., S_n —занято 1, ..., n каналов; соответственно очереди нет;

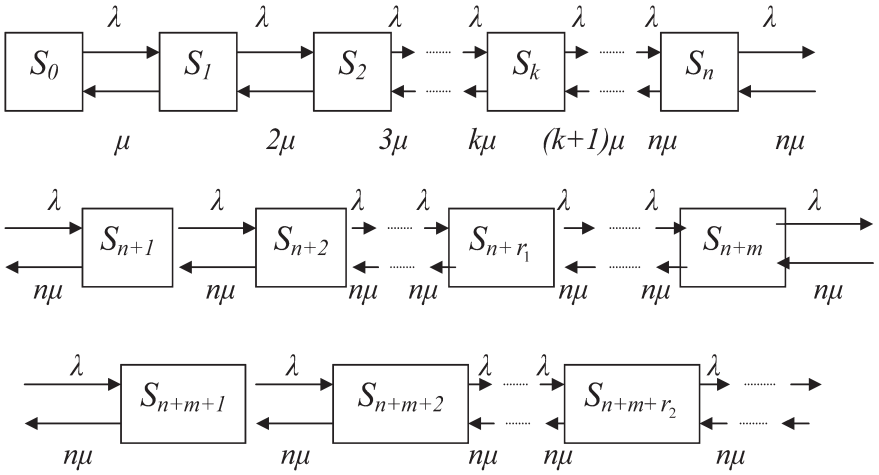


Рис. 1. Граф состояний системы

$S_{n+1},..., S_{n+m}$ — все каналы заняты, во внутренней очереди стоит 1, ..., m заявок соответственно;

$S_{n+m+1},..., S_{n+m+r_2}$ — все каналы заняты, во внутренней очереди мест нет, во внешней стоит 1,..., r_2, ... заявок соответственно;

λ — интенсивность входного потока заявок, поток поступающих заявок предполагается простейшим;

μ — интенсивность потока обслуживания одним каналом (простейший поток);

k — число занятых каналов, $k \in [0, 1, 2, ..., n]$;

r_1 — число заявок во внутренней очереди $r_1 \in [0, 1, 2, ..., m]$;

r_2 — число заявок во внутренней очереди $r_2 \in [0, 1, 2, ...]$;

$r = r_1 + r_2$ — общее число заявок в очереди.

Как известно из теории массового обслуживания, установившийся режим в такой системе существует при выполнении условия:

$$q = \frac{\rho}{n} < 1,$$

где $\rho = \frac{\lambda}{\mu}$ — приведенная интенсивность потока заявок, т. е. среднее число заявок, приходящее за среднее время обслуживания одной заявки.

Финальные вероятности при этом определяются выражениями:

$$p_0 = \left[1 + \frac{\rho}{1!} + \frac{\rho^2}{2!} + ... + \frac{\rho^n}{n!} + \frac{\rho^{n+1}}{n!(n-\rho)}\right]^{-1},$$

$$p_1 = \frac{\rho}{1!} p_0, \ldots, \ p_k = \frac{\rho^k}{k!} p_0, \ldots, p_n = \frac{\rho^n}{n!} p_0, p_{n+1} = \frac{\rho^{n+1}}{nn!} p_0, \ldots,$$

$$p_{n+r} = \frac{\rho^{n+r}}{n^r n!} p_0,$$

где p_0, ..., p_k, ...,p_n, ..., p_{n+r}, ... — финальные вероятности нахождения системы в состояниях S_0, ..., S_k, ..., S_n, ..., S_{n+r} ... соответственно.

Особенности поставленной задачи (структурированный характер очереди) влекут за собой необходимость определения следующих характеристик системы:

- среднего числа заявок, находящихся во внутренней очереди,
- среднего времени ожидания во внутренней очереди,
- вероятность того, что вновь поступившая заявка займет место во внешней очереди,
- среднего числа заявок, стоящих во внешней очереди,
- среднего времени ожидания во внешней очереди.

Рассмотрим последовательно нахождение перечисленных характеристик.

1. Среднее число заявок, ожидающих во внутренней очереди.

Число заявок во внутренней очереди — случайная величина R_1, имеющая ряд распределения:

R_1	0	1	2	...	m
P	$p_0+p_1+...+p_n$	p_{n+1}	p_{n+2}	...	$p_{n+m}+p_{n+m+1}+...+p_{n+m+r_2+...}$

Тогда среднее значение $\bar{r}_1 = M[R_1]$ определится

$$\bar{r}_1 = 1p_{n+1} + 2p_{n+2} + 3p_{n+3} + ... + (m-1)p_{n+m-1} + m(p_{n+m} + p_{n+m+1} + ... + p_{n+m+r_2} + ...).$$

Подставляя сюда финальные вероятности, имеем:

$$\bar{r}_1 = \frac{\rho^{n+1}}{nn!}p_0 + 2\frac{\rho^{n+2}}{n^2 n!}p_0 + 3\frac{\rho^{n+3}}{n^3 n!}p_0 + ... + (m-1)\frac{\rho^{n+m-1}}{n^{m-1}n!}p_0 +$$
$$+ m\left(\frac{\rho^{n+m}}{n^m n!}p_0 + \frac{\rho^{n+m+1}}{n^{m+1}n!}p_0 + ... + \frac{\rho^{n+m+r_2}}{n^{m+r_2}n!}p_0 + ...\right).$$

В последнем слагаемом выносится первый член суммы, стоящей в скобках. Тогда в скобках остается геометрический ряд со знаменателем $q = \frac{\rho}{n} < 1$, который сходится и равен $\frac{1}{1-q}$. Первые $(m-1)$ слагаемые после вынесения общего множителя образуют производную по q от суммы $(m-1)$-го члена геометрической прогрессии, что позволяет и эти слагаемые свернуть в компактное выражение. После тождественных преобразований окончательно удалось получить:

$$\bar{r}_1 = \frac{\rho^{n+1}p_0(1-q^m)}{nn!(1-q)^2}.$$

2. Среднее время ожидания во внутренней очереди

Случайная величина $T_{ож.\ внутр.}$ — время ожидания во внутренней очереди — имеет ряд распределения:

$T_{ож.\ внутр.}$	0	$\frac{1}{n\mu}$	$\frac{2}{n\mu}$	$\frac{3}{n\mu}$	...	$\frac{m}{n\mu}$
P	$p_0+p_1+...+p_{n-1}$	p_n	p_{n+1}	p_{n+2}	...	$p_{n+m-1}+p_{n+m}+...+p_{n+m+r_2}+...$

Среднее время ожидания во внутренней очереди определится:

$$\bar{t}_{ож.\ внутр.} = \mathrm{M}[T_{ож.\ внутр.}] =$$

$$= \frac{1}{n\mu}p_n + \frac{2}{n\mu}p_{n+1} + \frac{3}{n\mu}p_{n+2} + ... + \frac{m-1}{n\mu}p_{n+m-2} + \frac{m}{n\mu}\left(p_{n+m-1} + p_{n+m} + ... + p_{n+m+r_2} + ...\right).$$

Далее поступаем, как в предыдущем случае: подставляем финальные вероятности, выносим общие множители из первых *(m–1)* слагаемых и из скобок последнего слагаемого, выражения в скобках сворачиваются аналогично изложенному выше. В итоге получим:

$$\bar{t}_{ож.\ внутр.} = \frac{\rho^n p_0 (1-q^m)}{n\mu n!(1-q)^2}.$$

Этот же результат дает применение формулы Литтла, связывающей среднее число заявок в очереди и среднее время ожидания.

3. Вероятность того, что вновь прибывшая заявка займет место во внешней очереди

Данная вероятность равна вероятности того, что длина очереди будет не меньше *(≥) m*, т. е.:

$$P_{внешн} = p_{n+m} + p_{n+m+1} + p_{n+m+2} + ... =$$

$$= \frac{\rho^{n+m}}{n^m n!}p_0 + \frac{\rho^{n+m+1}}{n^{m+1} n!}p_0 + \frac{\rho^{n+m+2}}{n^{m+2} n!}p_0 + ... =$$

$$= \frac{\rho^{n+m}}{n^m n!}p_0\left[1 + \frac{\rho}{n} + \left(\frac{\rho}{n}\right)^2 + \left(\frac{\rho}{n}\right)^3 + ...\right] =$$

$$= \frac{\rho^{n+m}}{n^m n!}p_0 \frac{1}{1-\frac{\rho}{n}}, \quad \text{где } \frac{\rho}{n} < 1,$$

Окончательно:

$$P_{внешн} = \frac{\rho^{n+m}}{n^{m-1} n!(n-\rho)} p_0$$

4. Среднее число заявок, ожидающих во внешней очереди

Случайная величина R_2 (число заявок во внешней очереди) имеет ряд распределения:

R_2	0	1	2	3	...
P	$p_0 + ... + p_{n+m}$	p_{n+m+1}	p_{n+m+2}	p_{n+m+3}	...

Откуда:

$$\begin{aligned}
\overline{r}_2 &= \mathrm{M}[R_2] = \\
&= 1 p_{n+m+1} + 2 p_{n+m+2} + 3 p_{n+m+3} + ... = \\
&= \frac{\rho^{n+m+1}}{n^{m+1} n!} p_0 + 2 \frac{\rho^{n+m+2}}{n^{m+2} n!} p_0 + 3 \frac{\rho^{n+m+3}}{n^{m+3} n!} p_0 + ... = \\
&= \frac{\rho^{n+m+1}}{n^{m+1} n!} p_0 \left[1 + 2 \frac{\rho}{n} + 3 \left(\frac{\rho}{n} \right)^2 + ... \right] = \\
&= \frac{\rho^{n+m+1}}{n^{m+1} n!} p_0 \left(1 + 2q + 3q^2 + ... \right), \quad q < 1.
\end{aligned}$$

Выражение в последних скобках есть производная по q от геометрического ряда: $q+q^2+q^3+ ...$, $(q < 1)$, что позволяет его заменить производной от суммы геометрического ряда. Окончательно имеем:

$$\overline{r}_2 = \frac{\rho^{n+m+1} p_0}{n^{m+1} n!(1-q)^2}.$$

5. Среднее время ожидания во внешней очереди

Среднее время ожидания во внешней очереди $\overline{t}_{ож. внешн.}$ может быть получено непосредственно из рассмотрения ряда распределения случайной величины $T_{ож. внеш.}$, как мы уже делали ранее, либо, поскольку нам уже известно среднее число заявок во внешней очереди, — по формуле Литтла. В любом случае получим:

$$\overline{t}_{ож. внешн.} = \frac{\rho^{n+m} p_0}{\mu n^{m+1} n!(1-q)^2}.$$

После нахождения характеристик системы суммарный ущерб (суммарные издержки за время обслуживания, от времени ожидания во внутренней

и внешней очередях, от простоя каналов) можно выразить через число каналов n и число мест во внутренней очереди m.

Прежде чем решать задачу оптимизации, необходимо определить минимально допустимое число каналов из условия существования установившегося режима:

$$q = \frac{\rho}{n} < 1, \quad \text{т. е.} \quad n_{min} > \rho.$$

Если это условие не выполняется, то система не справляется с потоком заявок — очередь будет расти до бесконечности.

Задача оптимизации особенностей не имеет и решается традиционно (классически). Можно (что несколько сложнее) вывести число мест во внутренней очереди из числа ограничений и искать оптимальное решение относительно пары переменных n и m.

В заключение хотелось бы отметить, что количественное моделирование (формализация задачи) способствует пониманию сути возникающих в управленческой деятельности ситуаций. Совмещение качественного и количественного аспектов исследования управленческой деятельности делает возможным оптимизировать взаимодействие между формами рассуждений, что приводит к взаимному усилению аргументации. Такое взаимодействие ведет как к усовершенствованию количественной модели, так и к более эффективному качественному анализу.

Одновременное применение количественного и качественного методов образует своеобразную петлю обратной связи. Следовательно, применение количественных моделей может способствовать становлению и развитию объективной теории управленческой деятельности и быть полезным управленцам-практикам.