



# МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МАЛЫХ И СРЕДНИХ ОРГАНИЗАЦИЙ НА РАННЕЙ СТАДИИ КРИЗИСА

Е.А. Бурлаков

Предложена математическая модель деятельности организации на ранней стадии развития кризиса. С ее помощью проанализирована эффективность работы малых и средних организаций на ранней стадии кризиса.

**Ключевые слова:** кризис, антикризисное управление, слабые сигналы, математическое моделирование, имитационное моделирование, агентное моделирование.

## ВВЕДЕНИЕ

Кризисные явления стали неотъемлемой частью существования организаций. За последние десятилетия их частота и интенсивность значительно увеличились [1, с. 34]. Поэтому для управления организацией принципиально важными стали вопросы: «Как правильно подготовить организацию к кризисной ситуации?», «Что нужно делать, чтобы как можно раньше остановить развитие кризиса и минимизировать его последствия?» [2, с. 5–6]. В настоящей статье описывается математическая модель, которая должна помочь ответить на эти вопросы.

Замечено, что практически любому кризису предшествуют *сигналы раннего предупреждения*, указывающие на приближение возможной угрозы [1, с. 82; 3, с. 64]. Если сотрудники вовремя уловят информацию о надвигающемся кризисе, дадут ей правильную трактовку и примут верные решения для подготовки организации, то велика вероятность, что кризис удастся остановить на ранней стадии или, по крайней мере, снизить его пагубное воздействие.

Приведем пример неудачной интерпретации сигналов раннего предупреждения. В январе 1986 года в НАСА взорвался шаттл «Челленджер». Крушению шаттла предшествовал ряд сигналов раннего предупреждения, которые были проигнорированы менеджерами организации [4]. Наиболее существенным из них было сообщение инженеров одного из подразделений НАСА о том, что в холодную погоду шаттл запускать опасно, так как соедине-

ния между частями ракет при низких температурах недостаточно надежны. Однако этот призыв не был услышан, и роковое решение о запуске шаттла было принято [5].

Реакция сотрудников организации на получаемые сигналы раннего предупреждения зависит от множества факторов: структуры организации, схемы внутренних коммуникаций, систем обнаружения сигналов раннего предупреждения, компетентности сотрудников, природы кризиса и характера самих сигналов. Ясно, что влиять можно только на факторы, которые непосредственно связаны с управлением организацией, т. е. на структуру, схему коммуникаций, компетенции сотрудников и системы обнаружения сигналов. Совокупно оптимизировав их, можно создать организацию, способную более эффективно противостоять кризисным ситуациям. Для решения этой оптимизационной задачи мы предлагаем воспользоваться имитационным моделированием [6].

В литературе по антикризисному управлению работ, посвященных математическим моделям, описывающим поведение организаций в ходе различных фаз кризисов, сравнительно немного (статистику по количеству научных статей в области антикризисного управления можно найти, например, в книге [3, с. 241]). Особо выделим работы [7–9], где предлагается математическая модель, при помощи которой можно определить эффективность функционирования организации в условиях стрессовой ситуации (кризиса) и спроектировать ее дизайн (структуру управления, доступ к ресурсам, каналы взаимодействия сотрудников) так, чтобы в этих условиях достичь максимальной про-

изводительности. В этих работах стрессовая ситуация моделируется как задача, которая должна быть решена сотрудниками организации в определенные сроки. Такие задачи возникают как на ранней стадии кризиса, так и в его острой фазе. По мнению авторов, чем больше задач сотрудники решают правильно в ходе моделирования, тем лучше устроена организация и тем лучше она функционирует в стрессовых условиях.

## 1. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

### 1.1. Общее описание модели

Ранняя стадия кризисной ситуации (стадия *before*) — это период, когда острые перемены в организации еще не наступили, но их признаки уже обозначились [10]. Для предотвращения кризиса необходимо сначала уловить эти сигналы-признаки, затем донести важную информацию, извлеченную из них, до лица, принимающего решения (ЛПР), которое, в свою очередь, должно принять и воплотить в жизнь соответствующие решения по подготовке организации.

Разработанная модель имитирует деятельность организации на ранней стадии развития кризиса. Она построена по принципам агентного моделирования [6, с. 64]: основные единицы модели — агенты, разделенные на сотрудников и топ-менеджеров организации. Через взаимодействие друг с другом они подготавливают организацию к острой фазе кризиса (стадии *during* [10]), пытаясь при возможности предотвратить ее наступление.

Перед началом имитации задаются параметры организации и параметры кризиса. После того как моделированию дан старт, начинается отсчет модельного времени и организация погружается в условия стадии *before*, в течение которой кризис посылает предупреждающие сигналы. С некоторой вероятностью каждый сигнал может быть уловлен сотрудником организации; если же в течение заданного периода времени сигнал не уловлен, он считается упущенным.

После того как какой-либо сотрудник уловил сигнал, он оценивает важность этого сигнала, на что, естественно, затрачивает определенное время. В зависимости от важности сигнала сотрудник определяет, что делать с ним дальше. Если она меньше некоторого заранее заданного порогового значения  $\sigma$ , сигнал игнорируется [2, с. 108]. Если же важность сигнала больше  $\sigma$ , сотрудник должен определить, способен ли он принять решение по этому сигналу самостоятельно или его необходимо передать кому-то другому. В первом случае сотрудник принимает решение и отвечает за его реализацию, тратя на это некоторое время, зависящее от

компетенции сотрудника, и сигнал считается обработанным. Во втором — сигнал передается другому агенту в организации. Так сигнал перемещается по организации и в конечном счете может достичь ЛПР. Чем больше сигналов дойдет до ЛПР перед наступлением острой фазы кризиса, тем выше вероятность, что организации удастся предотвратить кризис или сдержать его развитие на ранней стадии, и тем эффективней можно считать ее функционирование в этот период.

Чтобы определить, насколько эффективно организация предотвращает кризисы на ранней стадии, необходимо провести моделирование ее деятельности на наборе кризисных ситуаций. Для этого на вход модели подаются либо конкретные параметры кризисов, либо они генерируются случайным образом по вероятностным законам, заложенным в модель.

Главными объектами модели являются кризис и организация. Перейдем к более подробному их рассмотрению.

### 1.2. Развитие кризиса

В рамках рассматриваемой модели кризис на ранней стадии — это набор сигналов раннего предупреждения, появляющихся с течением времени. Количество сигналов служит параметром модели и подается на ее вход перед началом моделирования.

Для описания сигнала мы используем следующие параметры: время появления сигнала, время, после которого сигнал считается упущенным, априорная важность сигнала, доступность сигнала, тип сигнала, вид информации, извлеченной из сигнала, агент, способный принять решение по сигналу.

В модели положено, что сигналы формируют простейший (пуассоновский) поток и *время появления нового сигнала* отсчитывается от времени появления предыдущего сигнала (для первого сигнала — от нулевого момента модельного времени). Время появления нового сигнала рассчитывается при помощи распределения Пуассона с параметром  $\lambda$  (параметры всех вероятностных распределений задаются на вход модели перед началом моделирования).

*Время, после которого сигнал считается упущенным*, указывает, сколько времени есть у сотрудников организации, чтобы обнаружить сигнал до его исчезновения. Параметр рассчитывается при помощи треугольного распределения.

*Априорная важность сигнала* — это число из отрезка  $[0, 1]$ , показывающее, насколько важен этот сигнал для организации [4]. Чем выше априорная важность сигнала, тем на более значимые для организации явления он указывает и тем к более нежелательным последствиям эти явления могут



привести в будущем. Для каждого очередного сигнала этот параметр генерируется при помощи треугольного распределения.

*Доступность сигнала* — параметр, определяющий, насколько легко сотрудникам уловить сигнал. Чем выше доступность, тем больше вероятность, что сигнал будет уловлен кем-то из организации. Сигналы с низкой доступностью часто остаются незамеченными и по прошествии времени теряются. Доступность каждого очередного сигнала рассчитывается при помощи равномерного распределения.

Параметр *тип сигнала* указывает на то, является ли сигнал *внутренним* или *внешним*. Информация, извлеченная из внутренних сигналов, говорит об изменениях и о новых явлениях внутри организации, а информация, полученная из внешних сигналов, указывает на перемены во внешней среде организации.

*Информация, извлеченная из внутреннего сигнала*, показывает, является ли он *техническим* (примером может служить упомянутый ранее сигнал в НАСА) или *сигналом, связанным с персоналом* (например, недобросовестность одного из ключевых сотрудников), а *информация, извлеченная из внешнего сигнала*, говорит о том, какие именно изменения произошли во внешней среде организации: *экономические, социальные, технологические* (появление новых технологий) или *политические* [3, с. 42]. Дополнительно для внутренних сигналов задается место в организации, где могут возникнуть потенциальные проблемы.

От типа и информации сигнала зависит, какие именно сотрудники организации могут его уловить: внешний сигнал способен обнаружить любой сотрудник, а внутренний — только сотрудник, находящийся в соответствующем месте организации. Тип сигнала определяется при помощи распределения Бернулли, а вид информации, извлеченной из сигнала, — при помощи дискретного равномерного распределения.

Параметр *агент, способный принять решение по сигналу*, указывает на агента в организации, обладающего достаточными полномочиями для принятия необходимых мер по ее подготовке к кризису. Для каждого сигнала этот агент выбирается в два этапа: сначала модель определяет при помощи распределения Бернулли, является ли он топ-менеджером, а затем при помощи дискретного равномерного распределения выбирает необходимого агента либо из всех топ-менеджеров, либо из сотрудников.

Дополнительно из всего множества сигналов мы выделяем *шумы* — сигналы, извлеченная из которых информация ценности для организации не несет. Шумы имеют те же параметры, что и обыч-

ные сигналы, однако на их основании агенты не могут принять решение о подготовке организации к кризису. Также для шумов устанавливается параметр *агент, способный определить, что сигнал является шумом*. Однако выявить шум могут и другие агенты в организации с вероятностью, подаваемой на вход модели. Если же агент, принимает шум за значимый сигнал, он, как и в случае с обычным сигналом, оценивает его важность и передает дальше по уровням управления, если эта важность велика. Таким образом обработка шумов отнимает у агентов время, не принося пользы для организации. Доля сигналов, являющихся шумами, задается на вход модели.

После того как кризис послал последний сигнал, модель отсчитывает время  $\Delta t$  до наступления его острой фазы. В этот период агенты продолжают обрабатывать уловленные сигналы. По прошествии времени  $\Delta t$  имитация останавливается (таким образом, общее время развития предкризисной стадии равно значению модельного времени в этот момент). Параметр  $\Delta t$  определяется при помощи треугольного распределения.

После прекращения имитации собираются данные о работе модели и подсчитывается отношение суммарной важности сигналов, по которым были приняты решения, к суммарной важности всех сигналов, предшествовавших кризису. Если это число, которое мы будем называть *эффективностью предотвращения кризисов на ранней стадии*, выше значения, заданного на вход модели, то кризис считается предотвращенным, в противном случае полагается, что кризис остановить не удалось.

### 1.3. Деятельность организации

Модель разработана для организаций с иерархической структурой управления. Структура организации задается параметрами: количество топ-менеджеров, количество подразделений, количество уровней управлений в каждом подразделении, количество департаментов в каждом уровне управления, численность сотрудников в каждом департаменте.

В модели есть два типа агентов: сотрудники и топ-менеджеры. Сотрудники распределены по подразделениям организации, формируя в них уровни управления, а внутри уровней управления — департаменты. Топ-менеджеры стоят над всеми подразделениями в организационной иерархии.

Деятельность всех агентов в организации делится на две части: выполнение стандартных операций, направленных на достижение целей организации, и работу с сигналами раннего предупреждения. При этом топ-менеджеры могут только получать такие сигналы, оценивать их важность, принимать и реализовывать решения на их основе,

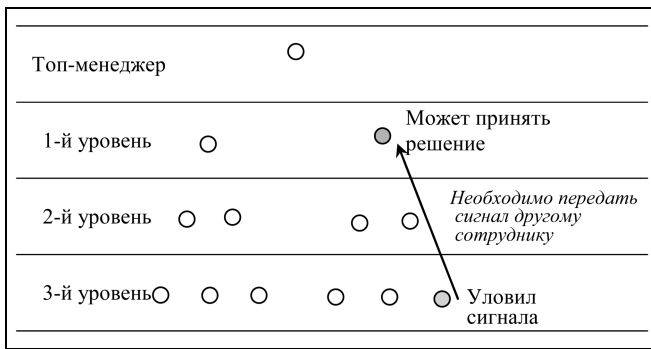


Рис. 1. Передача сигнала в организации

а сотрудники, помимо этого, могут отлавливать сигналы и передавать их.

Изначально все агенты выполняют стандартные операции в соответствии с их должностными обязанностями. При этом сотрудники находятся в состоянии *пассивного мониторинга* [10], т. е. выполняя стандартные операции, они параллельно наблюдают за происходящими событиями в организации или во внешней среде и могут заметить признаки надвигающейся угрозы. В каждый момент времени сотрудник с некоторой вероятностью может присутствовать в любой части организации: с наибольшей вероятностью — на своем рабочем месте, т. е. в своем департаменте, с меньшей вероятностью — в другом департаменте того же уровня управления, с еще меньшей — на другом уровне управления, с минимальной — где-либо в другом подразделении.

Внутренний сигнал, несущий информацию о технологических проблемах в подразделении или о недобросовестности сотрудника департамента, может быть уловлен только сотрудником, находящимся в том же подразделении или в том же департаменте соответственно. Внешний сигнал, несущий любого вида информацию, может быть уловлен каждым сотрудником.

После того, как сотрудник уловил сигнал, он оценивает его важность (смоделировано при помощи треугольного распределения на отрезке  $[0, 1]$  со средним значением, равным априорной важности сигнала), а затем сравнивает ее с пороговым значением  $\sigma$ , заданным заранее. Именно это значение является критически важным: оно определяет, будут ли сотрудники организации обрабатывать сигнал после оценки его важности.

Если оценка важности сигнала больше  $\sigma$ , сотрудник определяет, кому необходимо передать сигнал, когда он не способен принять решение по нему, т. е. параметр сигнала *агент, способный принять решение*, указывает на иного сотрудника в организации (рис. 1). В данной ситуации сотрудник

на нижнем, третьем, уровне управления уловил важный сигнал, по которому он не может принять решение самостоятельно. Поэтому сигнал необходимо передать вверх по уровням управления и довести его до топ-менеджера.

В модели заложено три возможных вида коммуникаций внутри организации.

- **Сильная бюрократия.** Сотрудник не может передать информацию из одного подразделения в другое, если он не является начальником этого подразделения, т. е. не находится на верхнем уровне управления в нем. Чтобы попасть с некоторого уровня управления из одного подразделения на определенный уровень управления в другом подразделении, сигнал должен пройти сначала вверх по уровням управления первого подразделения, потом быть переданным начальником первого подразделения начальнику второго подразделения, и затем спуститься вниз до нужного уровня управления во втором подразделении.
- **Средняя бюрократия.** Этот вид коммуникаций позволяет сотрудникам определенного уровня управления дополнительно обмениваться информацией с сотрудниками такого же уровня из других подразделений.
- **Слабая бюрократия.** Любой сотрудник организации может передать информацию любому другому сотруднику организации.

Сотрудники могут ошибаться, выбирая неверные направления для передачи сигналов, поэтому в модели предусмотрен специальный параметр, задающий вероятность такой ошибки.

Определив, кому именно (согласно модели коммуникации) необходимо передавать сигнал, сотрудник отправляет сигнал в очередь сообщений, которую можно уподобить электронной почте, действующей в организации. Все сотрудники имеют доступ к этой очереди и, если они находятся в состоянии пассивного мониторинга, отслеживают, не появилось ли для них нового сигнала. Если агент понимает, что ему поступил новый сигнал, он извлекает его из очереди сообщений и оценивает его важность (смоделировано при помощи треугольного распределения на отрезке  $[0, 1]$  со средним значением, равным важности сигнала, определенной предыдущим сотрудником). Оценка агентами важности одного и того же сигнала может различаться: если один агент оценил сигнал как «очень важный», то другой может просто проигнорировать этот сигнал, поняв, что он не несет для организации полезной информации.

Перемещаясь от одного агента к другому, уловленный сигнал может либо быть проигнорирован кем-либо в этой цепочке и исчезнуть, либо дойти до ЛПР. После того, как ЛПР примет по нему ре-

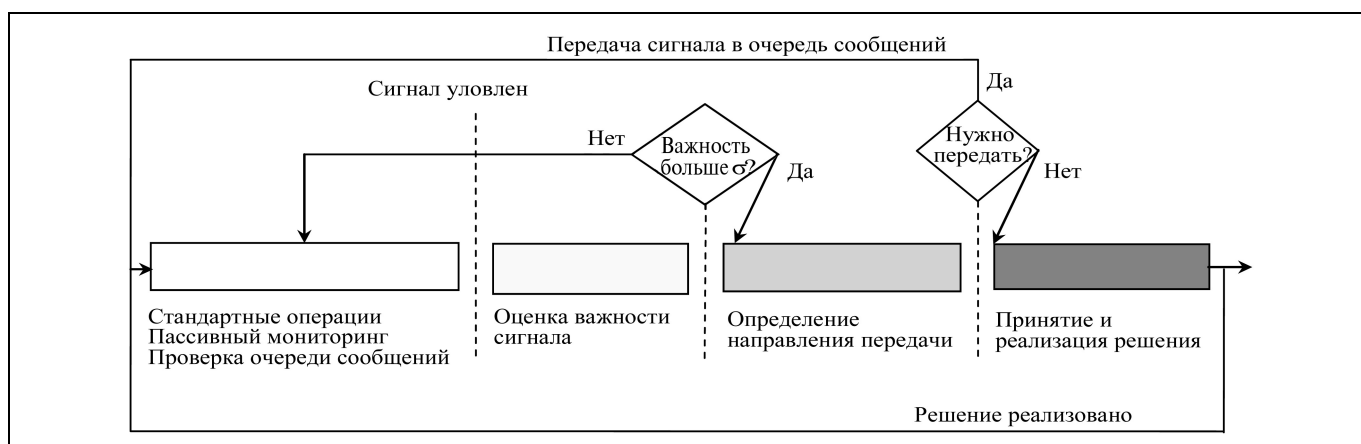


Рис. 2. Схема работы агентов в организации

шение и оно будет реализовано, сигнал считается обработанным.

В итоге деятельность агентов в организации можно представить схемой, показанной на рис. 2. Существует четыре состояния работы агента: выполнение стандартных операций и пассивный мониторинг (последнее — кроме топ-менеджеров); оценка важности сигнала; определение направления передачи сигнала при важности сигнала больше  $\sigma$ ; принятие решения по подготовке организации к кризису.

## 2. ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛИ К ИССЛЕДОВАНИЮ МАЛЫХ И СРЕДНИХ ОРГАНИЗАЦИЙ

Для малых и средних организаций проведено исследование с целью ответить на вопрос: как изменяется эффективность предотвращения кризисов и загруженность топ-менеджмента организации в зависимости от ее численности, типа коммуникаций и порогового значения  $\sigma$ . В класс малых и средних организаций входят организации со структурой, удовлетворяющей следующим свойствам: численность  $N$  организации варьируется от 50 до 250 сотрудников; количество подразделений — от 2 до 6; количество уровней управления — от 2 до 5; количество департаментов — от 1 до 4; численность сотрудников в департаменте — от 2 до 10; количество топ-менеджеров — от 1 до 5. При этом организации численностью от 50 до 100 сотрудников в соответствие с законодательством РФ можно назвать малыми, от 101 до 250 — средними. В России численность организаций малого бизнеса, удовлетворяющих указанным параметрам, превышает 120 тыс. [11–13], а средних организаций — 16 тыс. [14].

Мы положили, что в организациях 80 % решений должны принимать топ-менеджеры; 15 % сиг-

налов передаются в неверном направлении; вероятность, что агент при оценке важности сигнала выявляет шум, равна 0,1; время (в единицах модельного времени — ед. мод. вр.), которое уходит на выполнение агентами различных действий, определяется из табл. 1.

Деятельность малых и средних организаций была промоделирована в ходе различных кризисов, описываемых следующими параметрами. Количество сигналов, которое может послать кризис, варьируется от 7 до 17 (с равной вероятностью). Вероятность того, что очередной сигнал окажется внутренним, равняется 0,7, шумом — 0,4. Априорная важность сигналов распределена случайным образом в соответствии с треугольным распределением на отрезке  $[0, 1]$  со средним значением 0,7. Доступность сигналов (вероятность того, что сотрудник уловит сигнал) равна 0,05. В табл. 2 дано описание временных характеристик моделируемых кризисов.

Так как заданный класс организаций достаточно обширный (решение соответствующей комби-

Таблица 1

### Время, затрачиваемое агентами на выполнение различных действий

Действие агента	Необходимое время, ед. мод. вр.
Уловить сигнал/получить сигнал из очереди сообщений	1
Оценить важность сигнала	10
Определить направление передачи сигнала	10
Отправить сигнал в очередь сообщений	1
Принять решение	300

наторной задачи показывает, что в него входит более  $10^{180}$  вариантов различных организационных структур), его исследование проводилось с помощью метода Монте-Карло [6, с. 148]. Для каждого из трех возможных типов коммуникаций (сильная, средняя и слабая бюрократии) было проведено 600 тыс. симуляций, моделирующих, как случайно выбранная организация из заданного класса действует в ходе кризиса, случайно сгенерированного по описанным правилам. При этом пороговое значение  $\sigma$ , с которым сотрудники сравнивают важность уловленных сигналов для продолжения работы с ними, выбиралось случайным образом из отрезка  $[0; 0,5]$  при помощи равномерного распределения. Всего на проведение моделирования было затрачено 66 ч машинного времени. Анализ массива данных из  $1,8 \cdot 10^6$  строк проводился в среде статистической обработки данных R.

Агрегированные данные по результатам моделирования представлены в табл. П1 Приложения. Напомним, что эффективность предотвращения кризиса на ранней стадии для организации оценивается как отношение суммарной важности сигналов, по которым было принято своевременное решение, к суммарной важности всех сигналов, предшествовавших кризису. Занятость топ-менеджеров (которую мы обозначим  $\nu$ ) исчисляется как отношение времени, затраченного всеми топ-менеджерами организации на обработку сигналов, к длительности ранней фазы кризиса.

Сформулируем основные выводы, полученные на основе анализа результатов моделирования.

1. Увеличение численности организации уменьшает эффективность ее деятельности на ранней

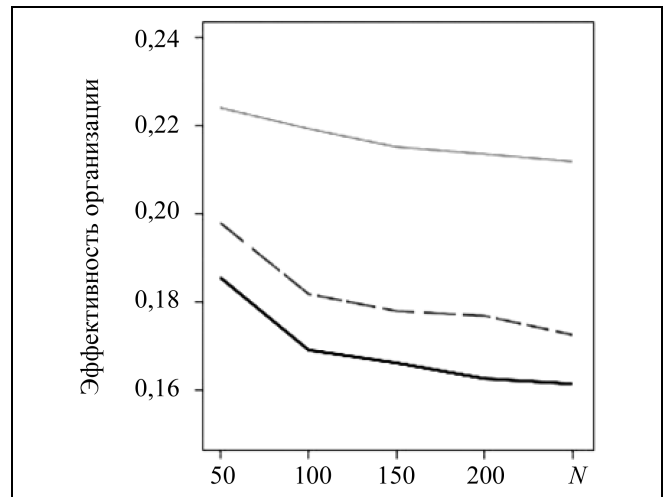


Рис. 3. Зависимость эффективности организации от ее численности: — слабая бюрократия; — средняя бюрократия; — сильная бюрократия;  $N$  — численность сотрудников в организации

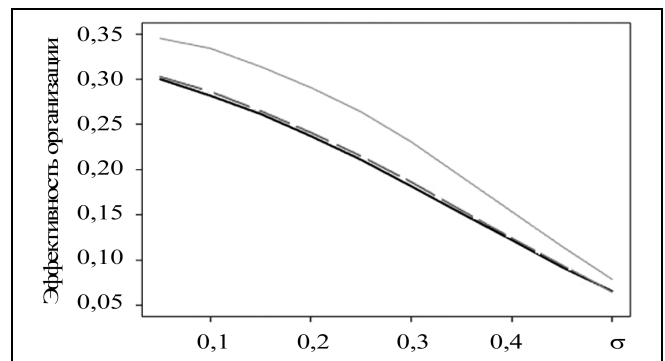


Рис. 4. Зависимость эффективности организации от порогового значения  $\sigma$ : — слабая бюрократия; — средняя бюрократия; — сильная бюрократия

Таблица 2

Описание временных характеристик моделируемых кризисов

Временной параметр	Значение, ед. мод. вр.
Среднее время появления следующего сигнала (распределение Пуассона)	60
Минимальное время до появления следующего сигнала	10
Среднее время, после которого сигнал считается утерянным (нормальное распределение)	40
Дисперсия времени, после которого сигнал можно считать утерянным	10
Среднее время наступления кризиса после появления последнего сигнала (распределение Пуассона)	60
Минимальное время наступления кризиса после появления последнего сигнала	10

стадии кризиса вне зависимости от типа коммуникаций (рис. 3).

О подобной зависимости говорят и другие авторы [9, 15], которые отмечают, что с ростом количества уровней управления в организации повышается степень искаженности передаваемой по ней информации, а, как следствие, и увеличивается число совершаемых ошибок (т. е. возникновение кризиса становится более вероятным событием).

2. С увеличением порогового значения  $\sigma$  эффективность деятельности организации в ходе ранней стадии кризиса снижается при любом типе коммуникаций (рис. 4).

3. Увеличение численности организации ведет к уменьшению занятости топ-менеджеров антикризисным управлением на ранней стадии кризиса (рис. 5).

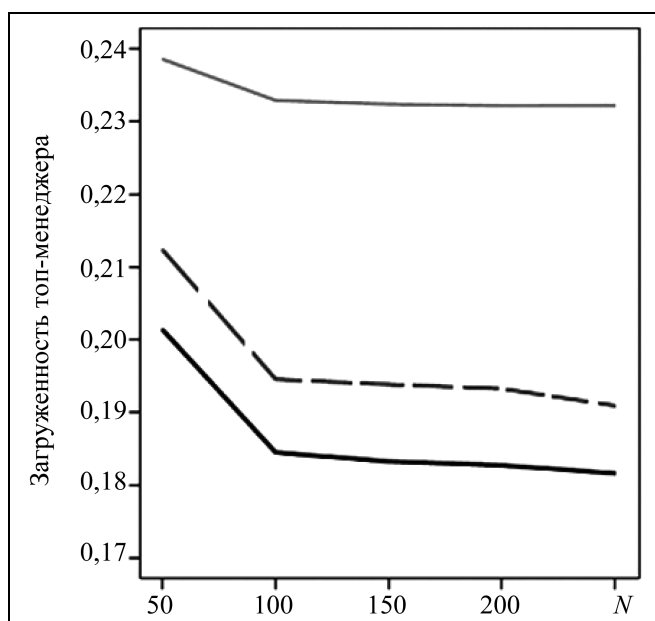


Рис. 5. Зависимость занятости топ-менеджмента от численности организации: — слабая бюрократия; - - - средняя бюрократия; — сильная бюрократия;  $N$  — численность сотрудников в организации

4. Наиболее эффективно организация действует в ходе ранней стадии кризиса при фиксированных численности и значении  $\sigma$ , когда коммуникации в ней типа слабой бюрократии, далее следует — средняя, а за ней — сильная бюрократия (рис. 6).

Полученный результат согласуется с идеями, представленными в работе [16], где авторы утверж-

дают, что более выверенные и целенаправленные коммуникации между сотрудниками (что, по сути, является составляющей слабой бюрократии) повышают надежность функционирования организации, т. е. сокращают вероятность возникновения кризиса в ней. В работе [17] говорится об «обходных» коммуникациях, т. е. взаимодействии начальства с подчиненными нижних уровней без вовлечения «среднего звена»: такой механизм (отличающий среднюю бюрократию от сильной), по мнению автора, позволяет снизить искажения, возникающие при передаче информации, и сократить число ошибок в организациях, а следовательно, и частоту наступления кризисов.

5. Если, помимо значения  $\sigma$ , зафиксировать долю времени, которое топ-менеджмент может тратить на работу с сигналами, т. е. значение  $\nu$ , то организация функционирует наиболее эффективно на ранней стадии кризиса при слабой бюрократии, а при средней и сильной бюрократии эффективности противодействия кризису сопоставимы (рис. 7).

6. Для каждого типа коммуникаций при любом установленном значении  $\sigma$  существует граничное значение занятости топ-менеджмента  $\nu_0$ , такое, что при увеличении  $\nu$  до этого значения эффективность работы организации на ранней стадии кризиса также повышается, а при дальнейшем увеличении  $\nu$  эффективность организации перестает возрастать (см. рис. 7). Таким образом, чтобы максимизировать эффективность работы организации на ранней стадии кризиса, топ-менеджменту до-

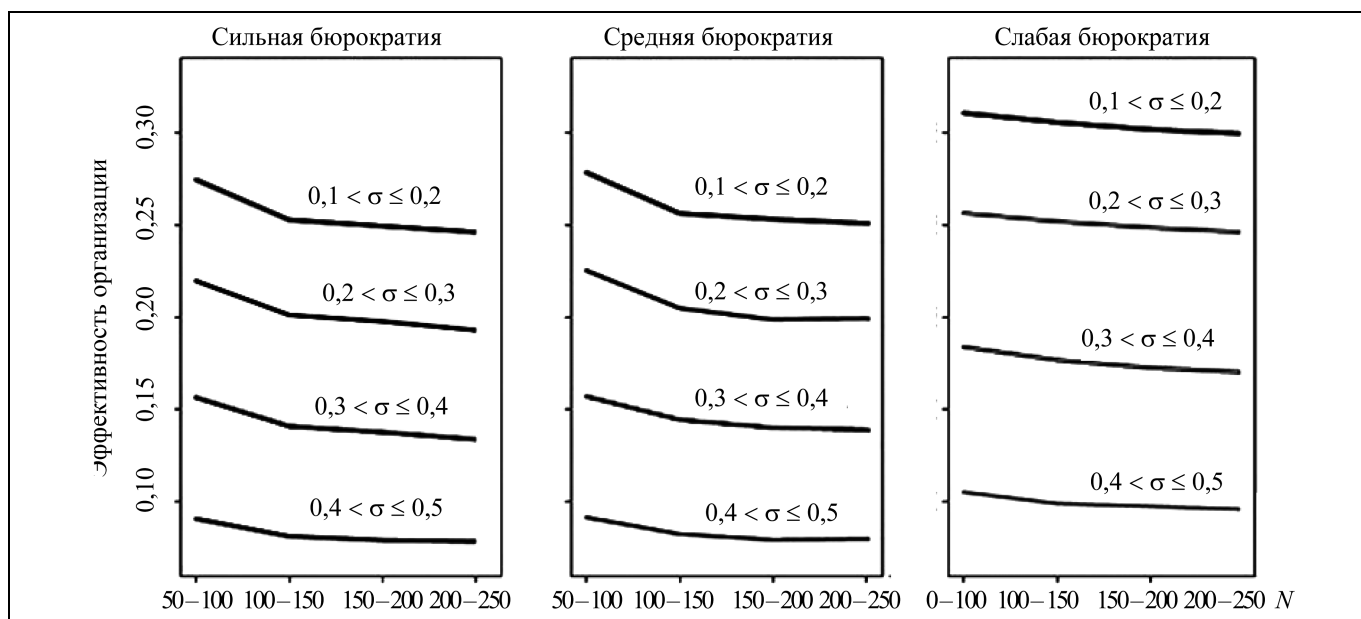
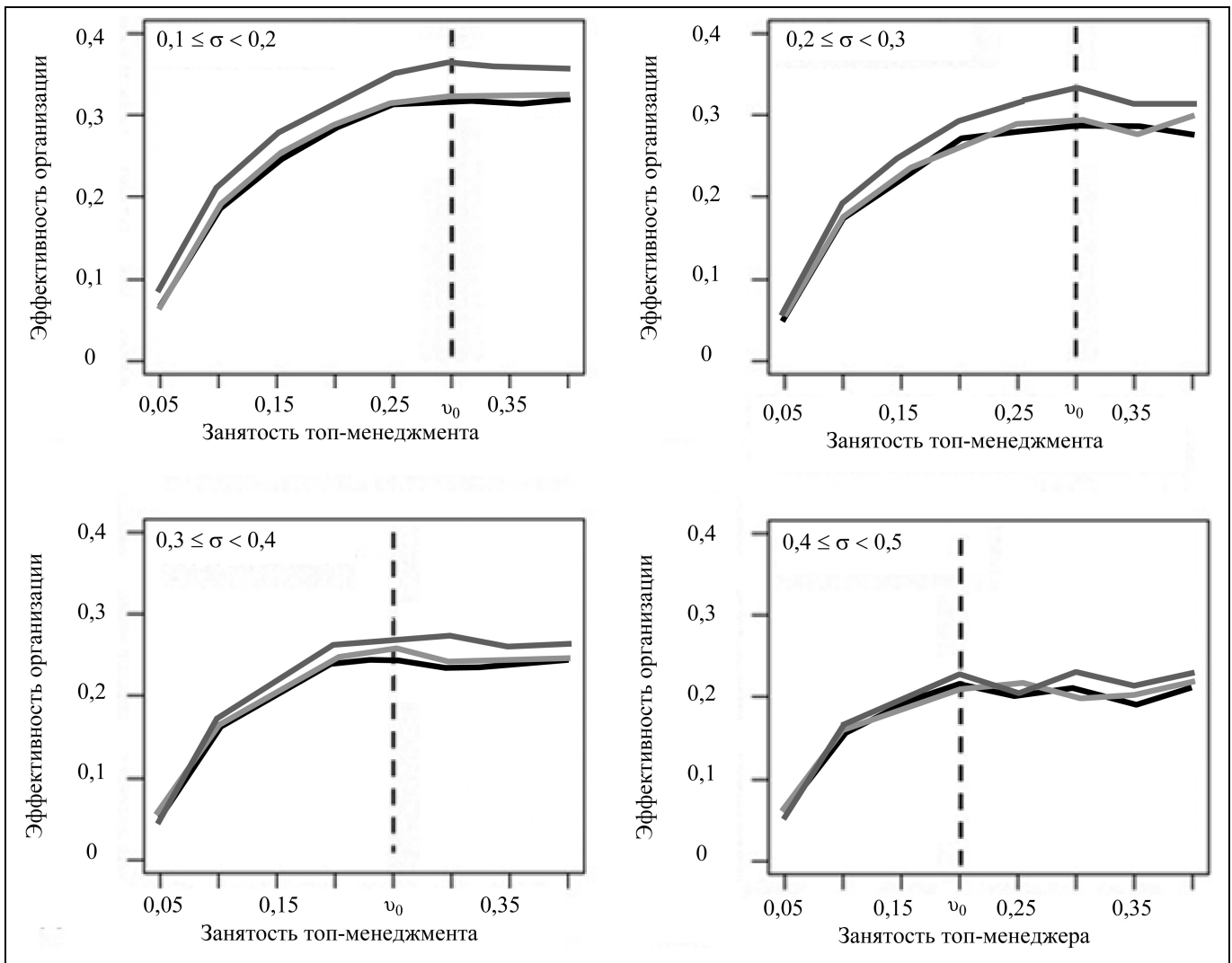


Рис. 6. Зависимость эффективности работы организации от типа коммуникации:  $N$  — численность сотрудников в организации



**Рис. 7. Зависимость эффективности работы организации от  $v$  при фиксированных значениях  $\sigma$  для разных типов коммуникации:** — слабая бюрократия; — средняя бюрократия; — сильная бюрократия;  $v_0$  — граница, до которой происходит рост эффективности работы организации с увеличением занятости топ-менеджера

статочно выделить на участие в подготовке к кризису долю времени, не превышающую  $v_0$ .

7. При слабой бюрократии топ-менеджмент тратит большую долю времени на работу с сигналами, чем при двух других типах коммуникации (см. табл. П1 Приложения), при фиксированных численности организации и значениях  $\sigma$ .

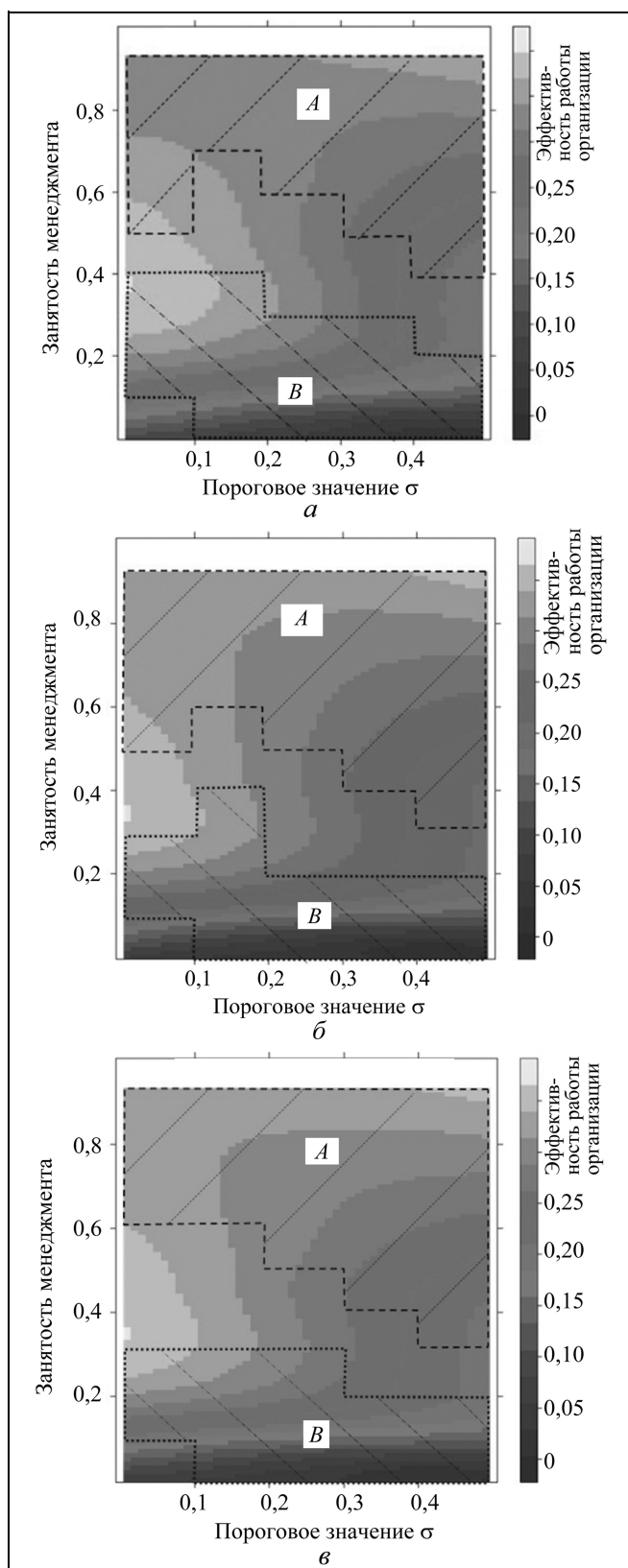
8. Затраты времени на работу с сигналами у топ-менеджеров при средней бюрократии не всегда больше, чем при сильной, если эффективность организации на ранней стадии кризиса, значение  $\sigma$  и численность  $N$  организации фиксированы (см. табл. П1 Приложения). Отсюда с учетом п. 4 следует, что для организаций рассматриваемого класса средняя бюрократия более предпочтительна, чем сильная, так как эффективность работы в ходе ранней стадии кризиса при таком типе

коммуникаций выше, а трудозатраты — не больше (отметим дополнительно, что, к примеру, нормы Фробениуса для матриц табл. П1, составленных из значений  $v$  для средней и сильной бюрократий, равны с точностью до 0,001).

На рис. 8 для каждого из трех рассматриваемых типов коммуникаций представлена зависимость эффективности работы организации на ранней стадии кризиса от значений  $\sigma$  и занятости  $v$  ее топ-менеджеров обработкой слабых сигналов.

Рис. 8 для организаций средней численности (101—250 чел.) дает возможность установить значение  $\sigma$  так, чтобы достичь требуемой эффективности работы организации на ранней стадии кризиса при ограничениях на загрузку топ-менеджмента. Например, чтобы организация со слабой бюрократией действовала с эффективностью 35 %,





**Рис. 8.** Зависимость эффективности работы организации от занятости сотрудников и  $\sigma$  для разных типов коммуникации: слабой (а), средней (б) и сильной (в) бюрократии; А и В — области наименее и наиболее вероятных сценариев, соответственно

а значение  $\nu$  при этом было меньше 40 %, значение  $\sigma$  следует выбрать из диапазона (0,21...0,25), а для организации со средней бюрократией значение  $\sigma$  должно быть меньше, чем 0,1.

На рис. 8 значение эффективности изображаются при помощи градаций серого: чем темнее точки внутри квадрата, тем выше значение эффективности при соответствующих  $\sigma$  и  $\nu$ . Отмеченные на рисунках наиболее и наименее вероятные зоны, в которые могут попадать значения  $\sigma$  и  $\nu$ , образуются из-за зависимости между этими параметрами: чем больше значение  $\sigma$ , тем, как правило, меньше  $\nu$ , так как по организации проходит меньше сигналов. Поэтому при высоких  $\sigma$  высокие значения  $\nu$  почти недостижимы.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С помощью описанной модели функционирования организации на ранней стадии кризиса была проанализирована деятельность иерархических организаций с численностью сотрудников от 50 до 250 чел. В итоге выявлено, что:

- увеличение порога важности сигналов, с которыми работают сотрудники организации, ведет к понижению эффективности функционирования организации на ранней стадии кризиса;
- увеличение численности организации ведет к уменьшению эффективности ее деятельности на ранней стадии кризиса, а также к уменьшению загрузки топ-менеджеров антикризисным управлением в этот период;
- если зафиксировать численность организации, порог важности, при котором происходит работа с сигналом, и время, отводимое топ-менеджерами на участие в подготовке организации к кризису, то наиболее эффективным типом коммуникаций в смысле подготовки организации к кризису является слабая бюрократия, далее следует средняя бюрократия, за ней — сильная бюрократия;
- при слабой бюрократии топ-менеджмент тратит наибольшее время на антикризисное управление по сравнению с другими типами коммуникаций, а временные затраты топ-менеджмента при сильной и средней бюрократиях сопоставимы. Поэтому автор статьи не рекомендует сильную бюрократию в организациях численностью сотрудников 50—250 чел., находящихся на ранней стадии развития кризиса.

Представленные графики позволяют выбрать пороговое значение  $\sigma$  для организации с заданным типом коммуникаций с тем, чтобы достичь требуемого уровня эффективности ее работы на ранней стадии кризиса и необходимой загрузки топ-менеджмента.

**Результаты моделирования для организаций**

Значение $\sigma$	[0,1; 0,2)		[0,2; 0,3)		[0,3; 0,4)		[0,4; 0,5]		
	Численность $N$ , чел.	Эффективность, %	Занятость, %	Эффективность, %	Занятость, %	Эффективность, %	Занятость, %	Эффективность, %	Занятость, %
<i>Со сильной бюрократией</i>									
50—100	27,4	29,9	22,0	23,9	15,6	17,0	9,1	9,6	
101—150	25,3	27,8	20,1	21,7	14,1	15,3	8,1	8,9	
151—200	24,9	27,4	19,8	21,7	13,8	15,2	7,9	8,9	
201—250	24,6	27,5	19,3	21,7	13,4	15,1	7,8	8,7	
<i>Со средней бюрократией</i>									
50—100	27,8	29,9	22,5	24,0	15,7	16,7	9,1	9,8	
101—150	25,6	27,7	20,5	21,8	14,4	15,2	8,2	8,9	
151—200	25,3	27,6	19,9	21,5	14,0	15,3	7,9	8,6	
201—250	25,1	27,5	19,9	21,6	13,9	15,2	7,9	8,7	
<i>Со слабой бюрократией</i>									
50—100	31,0	33,0	25,6	27,1	18,4	19,6	10,5	11,3	
101—150	30,6	32,4	25,2	26,4	17,7	18,9	9,9	10,7	
151—200	30,2	32,4	24,9	26,5	17,3	18,7	9,7	10,7	
201—250	29,9	32,4	24,6	26,5	17,0	18,7	9,6	10,7	

**ПРИЛОЖЕНИЕ**

**Агрегированные результаты моделирования.** В табл. П1 показаны средняя эффективность действий организации и занятость топ-менеджеров на ранней стадии кризиса в зависимости от значений  $\sigma$  и численности сотрудников. Для значений эффективности, указанных в таблице, длина 95 %-го доверительного интервала составляет менее 0,08 %, а для занятости — менее 0,12 %.

**ЛИТЕРАТУРА**

- Mitroff I.I. Crisis Leadership: Planning for the Unthinkable. — N.-Y.: John Wiley, 2002. — 144 p.
- Mitroff I.I., G. Anagnos. Managing crises before they happen: what every executive and manager needs to know about crisis management. — N.-Y.: American Management Association, 2001. — 172 p.
- Crandall W.R., Parnell J.A., Spillan J.E. Crisis Management in the New Strategy Landscape. — Los Angeles: Sage Publications, Inc., 2009. — 280 p.
- Бурлаков Е.А. Визуализация слабых предкризисных сигналов и их анализ // Вестник Южно-Уральского ун-та. Сер. «Математическое моделирование и программирование». — 2010. — № 4. — С. 15—25.
- Фейнман Р. Какое тебе дело до того, что думают другие? — Ижевск: РХД, 2001. — 208 с.
- Sokolowski J.A., Banks C.M. Modeling and Simulation for Analyzing Global Events. — New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2009. — 205 p.
- Zhiang Lin. Organizational Performance Under Critical Situations — Exploring the Role of Computer Modeling in Crisis Case Analyses // Computational & Mathematical Optimization Theory. — 2000. — Vol. 6, N 3. — P. 277—310.
- Zhiang Lin, Xia Zhao, Kiran M. Ismail, Kathleen M. Carley. Organizational Design and Restructuring in Response to Crises: Lessons from Computational Modeling and Real-World Cases // Organizational Science. — 2006. — Vol. 17, N 5. — P. 598—618.
- Zhiang Lin, Kathleen M. Carley. Organizational Designs Suited to High Performance Under Stress // IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics. — 1995. — Vol. 25, N 2. — P. 221—230.
- Бычков С.Н., Григорян А.А., Шикин Е.В., Шикина Г.Е. О некоторых проблемах антикризисного управления // Вестник Моск. ун-та. — 2008. — Т. 21, № 2. — С. 56—76.
- URL: <http://www.erce.ru/internet-magazine/magazine/31/483/> (дата обращения 16.02.2013).
- URL: <http://smb.gov.ru/stat/stat/fsgs4/> (дата обращения 16.02.2013).
- URL: <http://smb.gov.ru/stat/stat/fsgs3/> (дата обращения 16.02.2013).
- URL: <http://smb.gov.ru/stat/stat/fsgs2/> (дата обращения 16.02.2013).
- Jablin F.M., Putnam L.L., Roberts K.H., Porter L.W. Handbook of Organizational Communication: An Interdisciplinary Perspective. — Beverly Hills: Sage, CA, 1986. — 784 p.
- Weick K. E., Roberts K. H. Collective mind in organizations: heedful interrelating on flight decks // Administrative Science Quarterly. — 1993. — Vol. 38, N 3. — P. 357—381.
- Downs A. Inside Bureaucracy. — Santa Monica: Rand Corp., 1964. — 29 p.

Статья представлена к публикации членом редколлегии чл.-корр. РАН Д.А. Новиковым.

Егор Андреевич Бурлаков — аспирант, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, ✉ egorburlakov@gmail.com.