

УДК: 51-77

Зависимость работы организации от ее организационной структуры в ходе неожиданных и тлеющих кризисов

Е. А. Бурлаков

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
факультет вычислительной математики и кибернетики,
Россия, 119234, г. Москва, Ленинские горы, 1, стр. 52

E-mail: egorburlakov@gmail.com

Получено 03.02.2016, после доработки — 16.07.2016.

Принято к публикации 04.07.2016.

В работе описана математическая модель функционирования организации с иерархической структурой управления на ранней стадии кризиса. Особенность развития этой стадии кризиса заключается в наличии так называемых сигналов раннего предупреждения, которые несут информацию о приближении нежелательного явления. Сотрудники организации способны улавливать эти сигналы и на их основе подготавливать ее к наступлению кризиса. Эффективность такой подготовки зависит как от параметров организации, так и от параметров кризисного явления. Предлагаемая в статье имитационная агентная модель реализована на языке программирования Java. Эта модель используется по методу Монте-Карло для сравнения децентрализованных и централизованных организационных структур, функционирующих в ходе неожиданных и тлеющих кризисов. Централизованными мы называем структуры с большим количеством уровней иерархии и малым количеством подчиненных у каждого руководителя, а децентрализованными — структуры с малым количеством уровней иерархии и большим количеством подчиненных у каждого руководителя. Под неожиданным кризисом понимается кризис со скоротечной ранней стадией и малым количеством слабых сигналов, а под тлеющим кризисом — кризис с длительной ранней стадией и большим количеством сигналов, не всегда несущих важную информацию. Эффективность функционирования организации на ранней стадии кризиса измеряется по двум параметрам: проценту сигналов раннего предупреждения, по которым были приняты решения для подготовки организации, и доле времени, отведенного руководителем организации на работу с сигналами. По результатам моделирования выявлено, что централизованные организации обрабатывают больше сигналов раннего предупреждения при тлеющих кризисах, а децентрализованные — при неожиданных кризисах. С другой стороны, занятость руководителя организации в ходе неожиданных кризисов выше для децентрализованных организаций, а в ходе тлеющих кризисов — для централизованных. В итоге, ни один из двух классов организаций не является более эффективным в ходе изученных типов кризисов сразу по обоим параметрам. Полученные в работе результаты проверены на устойчивость по параметрам, описывающим организацию и сотрудников.

Ключевые слова: кризис, антикризисное управление, слабые сигналы, математическое моделирование, имитационное моделирование, агентное моделирование, организационные структуры, метод Монте-Карло

UDC: 51-77

Relation between performance of organization and its structure during sudden and smoldering crises

E. A. Burlakov

Lomonosov Moscow State University,
faculty of computational mathematics and cybernetics,
building 52, 1, Leninskiye Gory, Moscow, 119234, Russia

Received 03.02.2016, after completion — 16.07.2016.

Accepted for publication 04.07.2016.

The article describes a mathematical model that simulates performance of a hierarchical organization during an early stage of a crisis. A distinguished feature of this stage of crisis is presence of so called early warning signals containing information on the approaching event. Employees are capable of catching the early warnings and of preparing the organization for the crisis based on the signals' meaning. The efficiency of the preparation depends on both parameters of the organization and parameters of the crisis. The proposed simulation agent-based model is implemented on Java programming language and is used for conducting experiments via Monte-Carlo method. The goal of the experiments is to compare how centralized and decentralized organizational structures perform during sudden and smoldering crises. By centralized organizations we assume structures with high number of hierarchy levels and low number of direct reports of every manager, while decentralized organizations mean structures with low number of hierarchy levels and high number of direct reports of every manager. Sudden crises are distinguished by short early stage and low number of warning signals, while smoldering crises are defined as crises with long lasting early stage and high number of warning signals not necessary containing important information. Efficiency of the organizational performance during early stage of a crisis is measured by two parameters: percentage of early warnings which have been acted upon in order to prepare organization for the crisis, and time spent by top-manager on working with early warnings. As a result, we show that during early stage of smoldering crises centralized organizations process signals more efficiently than decentralized organizations, while decentralized organizations handle early warning signals more efficiently during early stage of sudden crises. However, occupation of top-managers during sudden crises is higher in decentralized organizations and it is higher in centralized organizations during smoldering crises. Thus, neither of the two classes of organizational structures is more efficient by the two parameters simultaneously. Finally, we conduct sensitivity analysis to verify the obtained results.

Keywords: crisis, crisis management, weak signals, mathematical modeling, simulation, agent-based modeling, organizational structures, Monte Carlo method

Citation: *Computer Research and Modeling*, 2016, vol. 8, no. 4, pp. 685–706 (Russian).

Введение

На протяжении последних лет растет заинтересованность в изучении кризисных явлений, причем это проявляется и в научных кругах, и среди управляющих компаний [Crandall, Parnell, Spillan, 2009, с. 241]. Первые находят в кризисах интересный объект, практически полезный для изучения, вторые, уходя от традиционного взгляда «это не может случиться с нами», приходят к пониманию, что кризис может произойти в любой организации [Barton, 2001; Mitroff, Pearson, 1993]. Если при этом учитывать постоянно возрастающие интенсивность и частоту кризисных явлений [Mitroff, 2002, с. 34], то вопрос о необходимости их изучения имеет однозначный положительный ответ.

Как отмечено в [Lin, 2000], на сегодняшний день работы, связанные с изучением кризисных явлений, зачастую представляют собой набор риторических утверждений, которые не подкреплены ни теоретической базой, ни численными расчетами. На наш взгляд, существует огромный потенциал в применении современных математических методов к исследованию кризисов, особенно ранней стадии их развития. Эта стадия характерна тем, что в ее ходе появляются так называемые предкризисные сигналы, указывающие на приближение угрозы [Fink, 1986], и организация еще имеет время для принятия мер по предотвращению кризиса или по крайней мере минимизации его пагубного эффекта. Математические методы, в частности, моделирование, способны определить, какие параметры организации позволяют ее сотрудникам более эффективно обрабатывать предупреждающие сигналы и готовиться к наступлению различных кризисов.

В работе исследована деятельность организаций с иерархической структурой управления на ранней стадии кризиса. Задача исследования состояла в том, чтобы определить, какая организационная структура является наиболее эффективной в начале кризиса: *централизованная*, то есть структура с большим количеством уровней иерархии и малым количеством подчиненных у каждого руководителя, или *децентрализованная*, то есть структура с малым количеством уровней иерархии и большим количеством подчиненных у каждого руководителя.

Отметим, что в работах [Thompson, 1967; Mintzberg, 1979; Roberts, 1990; La Porte, Consolini, 1991] авторы отдают предпочтение менее связанным (*loose coupling*) и более избыточным (*redundant*) организационным структурам, считая их более эффективными при антикризисном управлении (мы называем эти структуры децентрализованными). В работах [Herman, 1963; Mackenzie, 1978; Staw, Sanderlands, Dutton, 1981], наоборот, для лучшего противостояния кризисам организации рекомендуется использовать централизованные структуры без избыточности. В настоящей статье мы предлагаем в некотором роде компромиссное решение и при помощи моделирования показываем, что эффективность организационной структуры на ранней стадии кризиса зависит от его типа.

Основные понятия

Под *организацией с иерархической структурой управления* вслед за [Mitroff, 2002] мы понимаем объединение людей, упорядоченное согласно некоторой *управленческой иерархии* и функционирующее ради достижения цели, которую каждый отдельный участник организации самостоятельно добиться не может. Под *управленческой иерархией* (далее — *иерархией*) мы понимаем правила подчинения, установленные между сотрудниками организации.

Мы называем совокупность факторов (условий и организаций), оказывающих воздействие на деятельность организации, ее *внешней средой* [Солдатов, Коротков, 2012].

Вслед за Кумбсом, мы определяем *кризис* как «событие, которое угрожает важными последствиями лицам, заинтересованным в деятельности организации, и может пагубно повлиять на ее работу в будущем» [Coombs, 2007]. Причины наступления кризиса могут лежать как внутри организации (например, авария на предприятии, вызванная пренебрежением мер безопасности сотрудниками), так и в ее внешней среде (например, авария на предприятии из-за сти-

хийного бедствия). Приведем несколько известных примеров реальных кризисных ситуаций: взрыв на заводе компании Union Carbide в индийском городе Бхопале в декабре 1984 года [de Grazia, 1985]; падение шаттла «Челленджер» в НАСА в январе 1986 года [Фейнман, 2001]; кризис 1994 года в компании Intel, вызванный ошибкой FDIV в процессоре Pentium [Гроув, 2009]; крах банка Barrings в 1995 году [Лисон, 2011]; авария на Саяно-Шушенской ГЭС 17 августа 2009 года [Беззубцев-Кондаков, 2010].

Основная особенность кризиса заключается в том, что он развивается во времени. На это указывают многие исследователи, предлагающие различные подходы к разделению кризиса на этапы [Fink, 1986; Mitroff, Pearson, 1993; Richardson, 1994; Crandall, Parnell, Spillan, 2009]. Как правило, первые этапы отводятся на предкризисную фазу, которая в различных работах называется либо *докризисной* [Richardson, 1994], либо *продромальной* [Fink, 1986], либо *исследованием ландшафта и стратегическим планированием* [Crandall, Parnell, Spillan, 2009], либо *обнаружением сигналов и подготовкой к кризису* [Mitroff, Pearson, 1993]. Мы называем эту стадию кризиса *ранней*, или стадией *before*, и понимаем под ней период, когда переломный момент, также называемый *острой фазой кризиса*, в организации еще не наступил, но уже проявляются симптомы грядущих важных изменений, а значит, «еще можно предпринять меры по недопущению развития кризисных тенденций» [Бычков, Григорян, Шикин, Шикина, 2008].

Важнейшим понятием при исследовании ранней стадии кризиса является понятие *слабого сигнала* (или сигнала *раннего предупреждения*), введенное И. Ансоффом в работе [Ansoff, 1982] как «предупреждение (внутренние или внешние), событие или изменение, которые все еще не определены и не закончены, и поэтому невозможно точно оценить их потенциальное влияние и принять окончательное решение об ответной реакции». В представленной модели слабый сигнал — это информация, указывающая на приближение острой фазы кризиса, интерпретация которой помогает принять сотрудникам превентивные меры, позволяющие смягчить эффект от кризиса.

Мы выделяем два типа кризисов в зависимости от интенсивности развития их ранней стадии [Institute for Crisis Management, 2012]. Под *неожиданным кризисом* мы понимаем кризис со скоротечной ранней стадией и малым количеством слабых сигналов, как правило обладающих достаточно высокой важностью, а под *тлеющим кризисом* — кризис с длительной ранней стадией и большим количеством сигналов раннего предупреждения, которые не всегда просто выявить из информационного потока, содержащего много *шумов*, то есть информации, никак не помогающей организации при подготовке к кризису.

Наконец, организация тем *эффективнее функционирует* на ранней стадии кризиса, чем выше доля сигналов, по которым сотрудники приняли решение для ее подготовки к кризису. Если же после кризиса у двух организаций эти доли равны, то более эффективной считается та организация, сотрудники которой затратили меньше времени на обработку слабых сигналов.

Описание модели

Для решения задачи по определению наиболее эффективной организационной структуры на ранней стадии кризиса была разработана имитационная агентная модель, написанная на языке Java и используемая по методу Монте-Карло [Harrison, Lin, Carroll, Carley, 2007; Sokolowski, Banks, 2010]. Имитационные модели применяются для решения сложных, многопараметрических задач, для которых невозможно найти аналитическое решение. Поиск параметров организации, повышающих эффективность ее деятельности на ранней стадии кризиса, является одной из таких задач, так как и кризис, и организация — сложные, многопараметрические, трудно формализуемые объекты.

Агентное моделирование имитирует поведение адаптирующихся акторов (в нашем случае — сотрудников организации), которые составляют социальную систему, взаимодействуют друг с другом (обмениваются информацией) и влияют друг на друга посредством этого взаимодействия. Поведение всей системы является следствием поведения и взаимодействия агентов [Harrison, Lin, Carroll, Carley, 2007].

Метод Монте-Карло применяется для проведения вычислительных экспериментов над определенным классом организаций, функционирующим в ходе заданного типа кризисов. Вычислительный эксперимент состоит из набора симуляций (испытаний), каждая из которых включает в себя задание начальных параметров, прогон имитационной модели и сбор полученных данных. На вход модели поступают параметры вероятностных распределений, описывающих организации и кризисы, например время появления новых сигналов в течение кризиса. В ходе симуляций модель получает данные, на основе которых можно оценить характеристики работы рассматриваемого класса организаций в течение исследуемого типа кризисов, например распределение времени, затраченного топ-менеджерами на работу с сигналами. Код программы, являющийся также наиболее полным описанием модели, доступен по ссылке [Репозиторий..., 2015].

Далее в статье описана модель деятельности организации на ранней стадии кризиса. Более подробно о логике работы модели, а также о целесообразности введения в нее тех или иных параметров можно узнать, обратившись к работе [Бурлаков, 2013].

1. Задание начальных параметров

Начальные параметры передаются модели в конфигурационном файле и подразделяются на параметры организации и сотрудников, кризиса и сигналов, внешней среды.

1.1. Задание организации и сотрудников

Мы полагаем, что организация есть *сложная система*, то есть система, состоящая из (фиксированного) множества агентов, которые взаимодействуют локально с целью адаптироваться к текущей ситуации [Murphy, 2000, с. 450]. В организации существует набор *функциональных обязанностей*, например выполнение определенного этапа производственного процесса или управление закупками. Каждую функциональную обязанность организации выполняет по крайней мере один ее сотрудник.

В организации задана *иерархия* — порядок подчинения агентов, моделируемый ориентированным связным ациклическим графом, то есть *ориентированным деревом*. Узлы этого дерева соответствуют *отделам* организации — группам сотрудников, выполняющих одинаковые функциональные обязанности. Каждому узлу приписан натуральный вес, указывающий на количество сотрудников в отделе. Корневая вершина дерева соответствует уровню *топ-менеджмента*, а ее вес указывает на количество топ-менеджеров в организации. Каждый отдел организации находится на определенном *уровне управления* в иерархии, номер которого вычисляется как длина пути от корня дерева до соответствующего этому отделу узла дерева. *Подразделение* организации — это любое поддерево, содержащее один узел первого уровня и всех его потомков в дереве организации.

Мы полагаем, что взаимодействие сотрудников в организации происходит через механизм обмена сообщениями (например, электронная почта), и при этом сообщения могут образовывать *очередь*, если сотрудник не успевает обрабатывать их входящий поток.

К параметрам, инициализирующим организацию, помимо ее иерархии, относятся следующие.

1. Тип коммуникаций.

Сильная бюрократия. Сотрудник не может передать информацию из одного подразделения в другое, если он не является руководителем этого подразделения, то есть не находится на верхнем уровне управления в нем. Чтобы попасть с некоторого уровня управления одного подразделения на определенный уровень управления в другом подразделении, сигнал должен пройти сначала вверх по уровням управления первого подразделения, потом быть переданным руководителем первого подразделения руководителю 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.

2. *Пороговые значения* σ_1 и σ_2 ($0 \leq \sigma_1 \leq \sigma_2 \leq 1$), определяющие две границы важности сигналов при их обработке: если важность сигнала меньше σ_1 , то сотрудник его не обрабатывает; если важность сигнала находится между σ_1 и σ_2 , то перед принятием решения по сигналу проводит активный мониторинг (п. 2.2.3); если важность сигнала больше σ_2 , то или передает сигнал коллеге, или переходит к самостоятельному принятию решения.
3. *Весы пороговых значений* σ_1 и σ_2 , обозначаемые w_{σ_1} и w_{σ_2} , используются при проведении повторной оценки важности сигнала в ходе активного мониторинга.
К параметрам, инициализирующим каждого сотрудника организации, относятся следующие.
4. *Статус сотрудника.* В модели предусмотрены следующие статусы сотрудников: пассивный мониторинг, улавливание сигнала, оценка важности сигнала, активный мониторинг, определение направления для передачи сигнала, подготовка организации к кризису. В начале моделирования каждый сотрудник находится в статусе пассивного мониторинга, подразумевая, что сотрудник выполняет свои стандартные функциональные обязанности.
5. *Параметры скорости работы сотрудника*, которыми являются время, затрачиваемое на оценку важности сигнала, время на проведение активного мониторинга, время на определение направления для передачи сигнала, время на подготовку организации к кризису.
6. *Вероятность поиска сигнала сотрудником во внешней среде.*
7. *Вероятность того, что сотрудник будет искать внутренний сигнал не в своем отделе.*
8. *Дисперсия при оценке сотрудником важности сигнала.*
9. *Вероятность ошибки при определении сотрудником направления для передачи сигнала.*
10. *Вероятность того, что сотрудник самостоятельно проведет активный мониторинг.*
11. *Вероятность выявления шума при обработке сигнала сотрудником.* Параметр используется при проведении сотрудником активного мониторинга.

1.2. Задание кризиса и сигналов раннего предупреждения

Перед тем как наступают резкие изменения, *каждое* кризисное явление посылает сигналы раннего предупреждения [Mitroff, 2002, с. 82; Crandall, Parnell, Spillan, 2009, с. 64]. Вслед за [Mitroff, Pearson, 1993] мы полагаем, что кризис, а именно его ранняя фаза, начинается одновременно с возникновением первого сигнала, а окончание стадии *before* (а вместе с тем либо окончание всего кризиса, либо начало фазы *during*) наступает по прошествии некоторого времени после появления последнего предупреждающего сигнала.

К параметрам, инициализирующим кризис, относятся следующие.

1. *Количество сигналов раннего предупреждения.* Для параметра задаются минимальное и максимальное возможные значения, и модель для инициализации переменной выбирает при помощи равномерного дискретного распределения величину между ними.
2. *Время окончания ранней фазы кризиса.* На вход модели подаются два параметра: минимально возможное время перед окончанием ранней фазы кризиса t_{\min} , отсчитываемое от появления последнего сигнала, и среднее время окончания ранней фазы $t_{\text{сред}}$, используемое как параметр для распределения Пуассона, при помощи которого генерируется время, отсчитываемое после истечения t_{\min} . Отметим, что в рамках модели мы не рассматриваем, что происходит с организацией *после* окончания ранней стадии: переходит ли она в острую фазу кризиса или возвращается к нормальной деятельности, полностью преодолев кризис.
Каждый сигнал описывается в модели перечисленными ниже параметрами.
3. *Время появления.* Аналогично параметру «время окончания ранней фазы кризиса» время появления следующего сигнала отсчитывается от времени возникновения предыдущего сигнала на основе двух параметров: минимальное время, которое может пройти между появлением двух сигналов, и среднее время появления нового сигнала после возникновения предыдущего.

4. *Время исчезновения.* Параметр определяет, сколько времени есть у сотрудников организации с момента появления сигнала на то, чтобы уловить этот сигнал. Если сигнал не будет уловлен за этот промежуток времени, то он считается упущенным и сотрудники больше не могут его уловить. Время исчезновения сигнала генерируется при помощи треугольного распределения с параметрами $(t_{d.mean} - t_{d.var}, t_{d.mean}, t_{d.mean} + t_{d.var})$ ¹, где $t_{d.mean}$ — среднее время исчезновения сигнала, $t_{d.var}$ — дисперсия времени исчезновения сигнала.
5. *Доступность.* Параметр определяет, вероятность, с которой сотрудник может уловить сигнал, и генерируется для каждого сигнала случайно при помощи равномерного распределения из отрезка $[0, av_{max}]$, где $av_{max} \leq 1$ — максимально возможная доступность сигнала. Сигналы с низкой доступностью часто остаются незамеченными и по прошествии времени теряются.
6. *Тип.* Мы выделяем два типа сигналов раннего предупреждения: *внутренние* и *внешние*. Внутренние сигналы говорят о событиях и изменениях, происходящих внутри организации, внешние — об изменениях в ее внешней среде. Тип сигнала рассчитывается при помощи распределения Бернулли, параметр которого подается на вход модели. От типа сигнала зависит, кто именно может его уловить: внешний (внутренний) сигнал способен обнаружить сотрудник, ищущий его во внешней среде (внутри организации).
7. *Содержание информации.* Параметр уточняет, где именно могут возникнуть потенциальные проблемы для организации. Для внутреннего сигнала он указывает на отдел, в работе которого возможны потенциальные проблемы. Для внешнего сигнала параметр задает вид изменений, ожидаемых во внешней среде согласно классификации PEST: *экономические, социальные, технологические* (появление новых технологий) или *политические* [Crandall, Parnell, Spillan, 2009, с. 42–52; van Uden, Richardson, Cilliers, 2011, разд. 2.5].
8. *Априорная важность.* Параметр, представляющий собой число из отрезка $[0, 1]$, показывает, насколько информация сигнала важна для организации [Бурлаков, 2010]. Он рассчитывается для каждого сигнала на основе треугольного распределения с параметрами $(0, i_{cp}, 1)$, где значение i_{cp} подается на вход модели. Чем выше априорная важность сигнала, тем на более значимые для организации явления он указывает и тем к более нежелательным последствиям эти явления могут привести на острой фазе кризиса.
9. *Агент, способный принять меры по сигналу.* Параметр указывает на сотрудника, обладающего достаточными полномочиями для принятия необходимых мер по подготовке организации к кризису. Выбор такого сотрудника осуществляется 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 топ-менеджеров, либо из остальных сотрудников.
10. *Флаг «Изменяет ли сигнал внешнюю среду?».* Параметр показывает, влияют ли изменения, описываемые информацией сигнала, на внешнюю среду организации (см. 2.3). Флаг автоматически проставляется только внешним сигналам, у которых важность превышает порог в $(0.5 + 0.5 \cdot (\text{средняя априорная важность, взятая по всем сигналам кризиса}))$. Такие сигналы мы называем *ключевыми*.

1.3. Задание внешней среды

Внешняя среда организации задается при помощи следующих входных параметров модели.

1. *Флаг «Изменяется ли внешняя среда?».*
2. *Агрессивность внешней среды.* Параметр, принимающий положительные значения, показывает, насколько быстро изменяется внешняя среда организации. Изменения в среде зависят от качества обработки ключевых сигналов (см. 1.2, п. 10).

¹ Здесь и далее при обозначении параметров треугольного распределения в виде тройки (a, b, c) мы полагаем, что a — левая граница распределения, b — его центральная точка, c — правая граница распределения и $a \leq b \leq c$.

2. Прогон имитационной модели

При запуске симуляции кризиса модель начинает дискретно отсчитывать модельное время от 0, увеличивая его на каждом шаге на 1. С течением времени кризис посылает сигналы раннего предупреждения, сотрудники организации стараются их обнаружить, оценивают важность уловленных сигналов, передают их друг другу и принимают меры по подготовке организации к кризису. Своевременность принятых мер по ключевым сигналам влияет на внешнюю среду.

2.1. Генерация сигналов раннего предупреждения

После того как модель запустила отсчет времени, кризис начинает посылать сигналы. Если пришло время появления сигнала, то он становится доступным для обнаружения, и сотрудники могут его уловить. Если сигнал не был уловлен за время, отведенное на его существование, то сигнал исчезает, и сотрудники более не могут его обнаружить [Joslyn, Rocha, 2000].

После того как кризис послал последний сигнал, начинается отсчет времени до наступления его острой фазы или до его окончания. Как только этот момент достигнут, моделирование завершается, и происходит консолидация статистики, накопленной в течение симуляции (см. 3).

2.2. Обработка сигналов раннего предупреждения

Сотрудники обрабатывают сигналы, переходя из статуса в статус. Если сотрудник не имеет сигнала для обработки, он пребывает в статусе пассивного мониторинга (см. 2.2.1). Если же сигнал у сотрудника есть, он находится в одном из следующих статусов: определение важности сигнала (см. 2.2.2), проведение активного мониторинга (см. 2.2.3), передача сигнала (см. 2.2.4), подготовка организации к кризису (см. 2.2.5). Пребывание сотрудника во всех статусах обработки сигнала длится промежуток времени, заданный во входных параметрах модели (см. 1.1, п. 5). Полагается, что за время, отведенное для сотрудника на пребывание в статусе, он полностью выполняет действие, предписанное этим статусом.

При переходе в новый статус сотрудник обнуляет счетчик, показывающий, сколько времени он провел в текущем статусе. В каждый новый момент дискретного времени сотрудник увеличивает этот счетчик на 1. Если счетчик превышает время, отведенное на пребывание в статусе, модель проводит необходимые вычисления, имитирующие деятельность сотрудника в этом статусе, и переводит его в следующий статус. Например, по истечении времени, отведенного на статус *проведение активного мониторинга*, модель вычисляет важность сигнала, полученного сотрудником в ходе активного мониторинга. Деятельность сотрудника в каждом статусе и соответствующие ей вычисления описаны далее.

2.2.1. Пассивный мониторинг и обнаружение сигналов раннего предупреждения

Сотрудники в статусе *пассивного мониторинга* проверяют, не пришел ли им сигнал по системе передачи сообщений. Если сотрудник получил такой сигнал, то в зависимости от содержания сообщения он переходит в один из статусов:

- 1) *оценка важности сигнала*, если сотрудник является следующим звеном при передаче сигнала к агенту, способному принять меры по нему;
- 2) *статус активного мониторинга*, если начальник запросил проведение активного мониторинга;
- 3) *определение направления для передачи сигнала*, если подчиненный провел активный мониторинг и передал результаты оценки важности сигнала.

Сотрудники в статусе *пассивного мониторинга*, не получившие сообщений от коллег, ищут сигнал самостоятельно в информационном потоке, состоящем из сигналов и шумов [Бычков, Григорян, Шикин, Шикина, 2008], то есть информации, не имеющей важности для деятельности организации. Агенты нередко принимают шумы за важные сигналы и тратят время на работу с ним. При этом *детектором* внутреннего сигнала, то есть сотрудником, его уло-

вившим, потенциально может стать любой сотрудник организации [Aberg, 1993]. Аналогично: детектором внешнего сигнала может быть любой сотрудник. Действительно, как показано в [Nikander, 2002], обнаружить внешний сигнал могут не только социальные, экономические, политические и технологические эксперты, но и многие другие сотрудники организации.

Для моделирования поиска сигналов программа при помощи распределения Бернулли с параметром из 1.1, п. 6, определяет, где сотрудник ищет сигнал: во внешней среде или внутри организации. Для внешнего сигнала модель при помощи равномерного дискретного распределения рассчитывает, какой из четырех видов сигналов (см. 1.2, п. 7) ищет сотрудник. Для внутреннего сигнала на основе распределения Бернулли с параметром из 1.1, п. 7, модель определяет, ищет ли сотрудник сигнал в своем отделе или вне его, и в последнем случае — случайно выбирает произвольный отдел для поиска.

Установив, где сотрудник ищет сигнал, модель проверяет, существует ли сигнал, информация которого указывает на это место (на конкретный отдел — в случае внутреннего сигнала и на один из четырех видов информации — в случае внешнего сигнала). Если такой сигнал есть, то сотрудник может уловить его с вероятностью, равной параметру «доступность сигнала» (см. 1.2, п. 5). Обнаружив сигнал, сотрудник переходит в статус *оценки важности сигнала*; в противном случае остается в статусе *пассивного мониторинга*.

2.2.2. Оценка важности сигналов

Сотрудники в статусе *оценки важности сигнала* сначала определяют, является ли сигнал шумом. Выявить шум при первичной оценке может только агент, способный принять меры по сигналу (см. 1.2, п. 9). Такой сотрудник всегда точно определяет, является ли сигнал шумом. В случае если сотрудник обнаруживает, что сигнал — шум, обработка этого сигнала прекращается.

Определив, что сигнал не является шумом, сотрудник оценивает его важность при помощи треугольного распределения с параметрами (i_{\min} , \bar{i} , i_{\max}), определяемыми по формулам

$$i_{\min} = \max\left(0, \bar{i} - \frac{i_{\text{var}}}{2}\right), \quad \bar{i} = i_{\text{пред.сотр.}}, \quad i_{\max} = \min\left(1, \bar{i} + \frac{i_{\text{var}}}{2}\right),$$

где $i_{\text{пред.сотр.}}$ — значение важности, оцененное агентом, от которого сотрудник получил сигнал, или априорная важность сигнала (см. 1.2, п. 8), если сотрудник самостоятельно уловил сигнал; i_{var} — дисперсия при оценке важности сигнала сотрудником (см. 1.1, п. 8).

Если полученное значение важности $i_{\text{текущее}}$ меньше порогового значения σ_1 , сотрудник игнорирует (блокирует) сигнал и переходит к пассивному мониторингу [Mitroff, Anagnos, 2001, с. 108]; если $i_{\text{текущее}}$ больше σ_2 , сотрудник переходит к определению направления передачи сигнала. Если $i_{\text{текущее}}$ больше σ_1 , но меньше σ_2 и сотрудник сам уловил сигнал, то он переходит к активному мониторингу. Если же $i_{\text{текущее}} \in (\sigma_1, \sigma_2)$ и сотрудник получил сигнал от своего коллеги, то модель определяет, проведет ли сотрудник самостоятельно активный мониторинг или делегирует эту обязанность одному из своих непосредственных подчиненных. Для этого модель использует распределение Бернулли с вероятностью успеха, рассчитываемой по формуле

$$P_{\text{сам.акт.мон.}} = (1 - P_{\text{мин.сам.акт.мон.}}) \cdot \frac{l_{\text{сотр.}}}{n} + P_{\text{мин.сам.акт.мон.}},$$

где $P_{\text{мин.сам.акт.мон.}}$ — минимальная вероятность того, что сотрудник проведет активный мониторинг самостоятельно (см. 1.1, п. 10); $l_{\text{сотр.}}$ — номер уровня в иерархии, на котором находится сотрудник; n — максимальная длина пути, содержащего отдел сотрудника и идущего из корневой вершины до терминального листа дерева иерархии. Так, топ-менеджер находится на 0-м уровне, первый его подчиненный — на 1-м уровне, а сотрудник с самой низкой должностью — на n -м уровне.

Формула для расчета $P_{\text{сам.акт.мон.}}$ построена таким образом, что топ-менеджер проводит активный мониторинг самостоятельно с наименьшей вероятностью, равной $P_{\text{мин.сам.акт.мон.}}$, а сотрудник, находящийся на самом нижнем уровне иерархии и не имеющий подчиненных, — с вероятностью 1.

Если модель определила, что сотрудник проводит активный мониторинг самостоятельно, то этот сотрудник переходит в соответствующий статус. Если же сотрудник делегирует проведение активного мониторинга, то он посылает сообщение своему подчиненному и возвращается к пассивному мониторингу.

2.2.3. Проведение активного мониторинга

Сотрудники в статусе *активного мониторинга* проводят комплекс мероприятий, направленный на приобретение дополнительной информации относительно сигнала [Бычков, Григорян, Шикин, Шикина, 2008]. В отличие от первичной оценки важности сигнала каждый сотрудник, проводящий активный мониторинг, может установить, что сигнал является шумом, с вероятностью, заданной на вход модели (см. 1.1, п. 10).

Если сотрудник не определил, что сигнал есть шум, то он переходит к оценке его важности. Для определения важности сигнала применяются формулы, приведенные в предыдущем пункте, однако в качестве значения \bar{t} используется не важность сигнала, полученная от предыдущего сотрудника, а априорная важность сигнала (см. 1.2, п. 8). Если полученная важность меньше линейной комбинации $\tau = w_{\sigma_1} \cdot \sigma_1 + w_{\sigma_2} \cdot \sigma_2$, где веса w_{σ_1} и w_{σ_2} подаются на вход модели (см. 1.1, п. 3), то сотрудник заканчивает обработку сигнала и переходит к пассивному мониторингу. Если важность сигнала больше τ и сотрудник выполняет активный мониторинг по запросу начальника, то он отсылает сигнал с полученной важностью обратно заказчику и возвращается к пассивному мониторингу; если же сотрудник проводит активный мониторинг по собственному решению, он переходит в статус *определения направления для передачи сигнала*.

2.2.4. Определение направления для передачи сигнала и передача сигнала

Прояснив при необходимости (если $\sigma_1 < i_{\text{текущее}} < \sigma_2$) информацию, извлеченную из сигнала, при помощи активного мониторинга и поняв, что сигнал действительно важен для организации, сотрудник определяет, является ли он *агентом, способным принять меры* по этому сигналу. Если сотрудник и есть такой агент, он переходит в статус *подготовки организации к кризису*; иначе, в зависимости от типа коммуникаций, используемых в организации, он находит коллегу, которому следует передать сигнал. Для этого модель по специальному алгоритму, определяющему самую короткую цепочку между отправителем и получателем сигнала, выбирает сотрудника, ближайшего к отправителю в этой цепочке. При этом сотрудник может ошибиться в выборе адресата сигнала с заданной на вход модели вероятностью (см. 1.1, п. 9). Определив получателя, сотрудник отправляет ему сигнал и возвращается к пассивному мониторингу.

2.2.5. Подготовка организации к кризису

Сотрудники организации способны принимать действия, предотвращающие кризис или по крайней мере смягчающие его последствия: обучить сотрудников в преддверии надвигающейся угрозы, провести предкризисные учения, устранить технические неисправности, предупредить сотрудников об опасности, разработать антикризисный план и многое другое (подробнее см., например, в [Crandall, Parnell, Spillan, 2009, с. 65–70]).

Если сотрудник принял меры по подготовке к кризису на основе сигнала, то этот сигнал считается обработанным, а сотрудник возвращается к пассивному мониторингу. Отметим, что обработка одного сигнала совсем не означает, что кризис будет точно предотвращен, а организация полностью к нему готова [Бычков, Григорян, Шикин, Шикина, 2008]. Организации следует анализировать все возникающие сигналы раннего предупреждения и при необходимости реагировать на них для максимального снижения угрозы, идущей от кризиса.

2.3. Изменение внешней среды

В ходе проведения набора симуляций в рамках одного эксперимента модель фиксирует общее количество неверно принятых решений по ключевым сигналам с каждым видом информации (напомним, что изменять среду могут только внешние сигналы, которые несут один из четырех видов информации: политический, социальный, экономический или технический). Ес-

ли ключевой сигнал обработан сотрудниками верно, то общее количество неверно принятых решений для данного вида сигналов (в начале моделирования равно 0) уменьшается на 1, иначе возрастает на 1. При определении времени появления каждого нового внешнего сигнала с одним из четырех возможных типов информации (см. 1.2, п. 7) в ходе генерации следующего кризиса модель использует формулы

$$t_{\text{появ.}} = t_{\text{пред.}} + t_{\text{мин}} \cdot e^{-\frac{N_{\text{сигн.}}^2}{\text{Agg}}} + \text{Poisson}(t_{\text{след.}} \cdot e^{-\frac{N_{\text{сигн.}}^2}{\text{Agg}}}), \text{ при } N_{\text{сигн.}} < 0, \quad (1)$$

$$t_{\text{появ.}} = t_{\text{пред.}} + 2 \cdot t_{\text{мин}} - t_{\text{мин}} \cdot e^{-\frac{N_{\text{сигн.}}^2}{\text{Agg}}} + \text{Poisson}\left(2 \cdot t_{\text{след.}} - t_{\text{сред.}} \cdot e^{-\frac{N_{\text{сигн.}}^2}{\text{Agg}}}\right), \text{ при } N_{\text{сигн.}} \geq 0, \quad (2)$$

где $N_{\text{сигн.}}$ — количество верно принятых решений за все предыдущие кризисы для ключевых сигналов с заданным видом информации; $t_{\text{пред.}}$ — время появления предыдущего сигнала (либо 0 для первого сигнала кризиса); $t_{\text{мин}}$ — минимальное время перед наступлением следующего сигнала, $t_{\text{след.}}$ — время появления следующего сигнала (см. 1.2, п. 3), Agg — агрессивность внешней среды (см. 1.3, п. 2).

Параметр «время исчезновения сигнала» (см. 1.2, п. 4) определяется путем прибавления ко времени появления сигнала слагаемого, полученного при помощи треугольного распределения с параметрами $(t_{\text{след.}1} - t_d; t_{\text{след.}1}; t_{\text{след.}1} + t_d)$. Значения $t_{\text{след.}1}$ и t_d определяются по формулам

$$t_{\text{след.}1} = t_{\text{след.}} \cdot e^{-\frac{N_{\text{сигн.}}^2}{\text{Agg}}}, t_d = t_d \cdot e^{-\frac{N_{\text{сигн.}}^2}{\text{Agg}}} \text{ при } N_{\text{сигн.}} < 0, \quad (3)$$

$$t_{\text{след.}1} = 2 \cdot t_{\text{след.}} - t_{\text{след.}} \cdot e^{-\frac{N_{\text{сигн.}}^2}{\text{Agg}}}, t_d = 2 \cdot t_d - t_d \cdot e^{-\frac{N_{\text{сигн.}}^2}{\text{Agg}}} \text{ при } N_{\text{сигн.}} \geq 0, \quad (4)$$

где t_d — параметр «время исчезновения сигнала», использовавшийся при моделировании предыдущего кризиса.

Формулы (1)–(4) означают, что, если сотрудники верно обрабатывают ключевые сигналы, кризисы становятся более «мягкими» и посылают сигналы с большими временными задержками, а сигналы дольше доступны для обнаружения. Если же, напротив, сотрудники принимают по таким сигналам неверные решения или не успевают их обработать в отведенное время, кризисы посылают сигналы быстрее, а на их обнаружение отводится меньше времени.

3. Сбор статистики

По окончании симуляции модель собирает статистические данные о развитии ранней стадии кризиса и о действиях организации в ее ходе. Среди параметров, описывающих кризис, модель фиксирует, сколько сигналов появилось в ходе симуляции и сколько по времени длилась ранняя стадия. Параметрами, указывающими, как именно действовала организация в ходе кризиса, являются:

- количество сигналов, на основе которых была проведена подготовка организации к кризису;
- количество сигналов, которые были упущены;
- отношение суммы важности сигналов, по которым были приняты меры, к сумме важности всех сигналов, появившихся в ходе ранней стадии кризиса;
- суммарное время, потраченное сотрудниками каждого уровня управления на обработку сигналов;
- суммарное время ожидания в очереди сообщений, передаваемых между сотрудниками организации.

Результат работы программа выводит в выходной файл. Для дальнейшего анализа полученных данных используются внешние аналитические инструменты (например, язык статистической обработки данных *R* или библиотеки *numpy* и *pandas* для языка *python*).

Допущения в модели

Явно укажем основные допущения, принятые в модели. Это позволит, в частности, определить направления для ее дальнейшего развития:

- в ходе моделирования развивается ровно один кризис;
- кризис посылает сигналы последовательно (два сигнала не могут возникнуть одновременно);
- параметры следующего сигнала, посылаемого кризисом, не зависят от параметров предыдущего;
- количество сотрудников, орг. структура и тип коммуникаций между сотрудниками в организации фиксированы и не изменяются в ходе кризиса;
- система стимулирования выстроена в организации таким образом, что работа с сигналами имеет наивысший приоритет для сотрудников;
- стандартные функциональные обязанности, выполняемые сотрудниками в статусе пассивного мониторинга, не влияют ни на развитие кризиса, ни на способности сотрудников к его предотвращению; иными словами, результат работы модели не зависит от повседневных задач и целей организации;
- уловить любой сигнал может любой сотрудник с ненулевой вероятностью;
- каждое действие с сигналом (обнаружение, оценка важности, подготовка к кризису) выполняет ровно один сотрудник организации в определенный момент времени (например, два сотрудника не могут оценивать важность одного и того же сигнала одновременно);
- время, затрачиваемое сотрудником на действия с сигналом (обнаружение, определение важности, проведение активного мониторинга, определение направления для передачи сигнала, подготовка к кризису), не зависит от параметров сигналов (важности, доступности, типа и т. д.);
- после обнаружения сигнала сотрудник сразу же его оценивает; затем, при достаточном значении важности, сотрудник немедленно переходит или к активному мониторингу, или к передаче сигнала коллеге, или к подготовке организации к кризису;
- передача сигналов между сотрудниками происходит только через механизм обмена сообщениями;
- сотрудник, получивший сигнал и способный принять меры по нему, всегда проводит необходимую подготовку организации к кризису (если успевает сделать это до окончания его ранней стадии) и всегда обладает достаточными ресурсами для этого;
- шум не несет никакой пользы или вреда организации при ее подготовке к кризису, а только отнимает время у сотрудников.

Результаты исследования

При помощи разработанной модели мы сравнили два типа орг. структур (централизованную и децентрализованную) в ходе двух типов кризисов (тлеющих и неожиданных).

Параметры организаций с децентрализованной структурой мы задали следующим образом: один топ-менеджер, под которым находятся от 4 до 12 рядовых сотрудников, работающих в 2–4 различных отделах. На рис. 1 представлены минимальная, максимальная и промежуточная структуры, которые можно получить по описанному правилу.

Класс централизованных организаций мы описали следующими правилами: один топ-менеджер, у которого в подчинении находятся два или три подразделения, состоящие из двух уровней управления, на каждом из которых находится от одного до трех сотрудников в одном отделе. На рис. 2 представлены схемы организационных структур с минимальной, максимальной и промежуточной численностью, которые можно получить по описанному правилу.

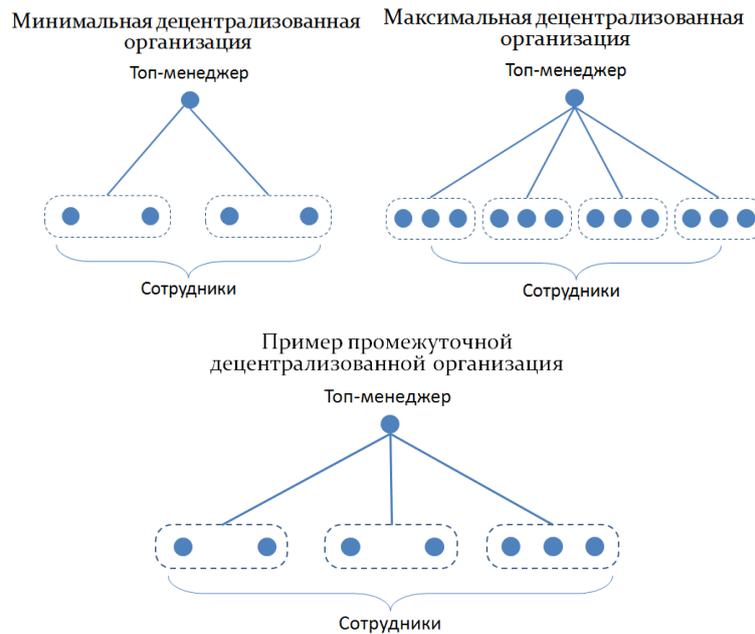


Рис. 1. Минимальная, максимальная и возможная промежуточная децентрализованные структуры

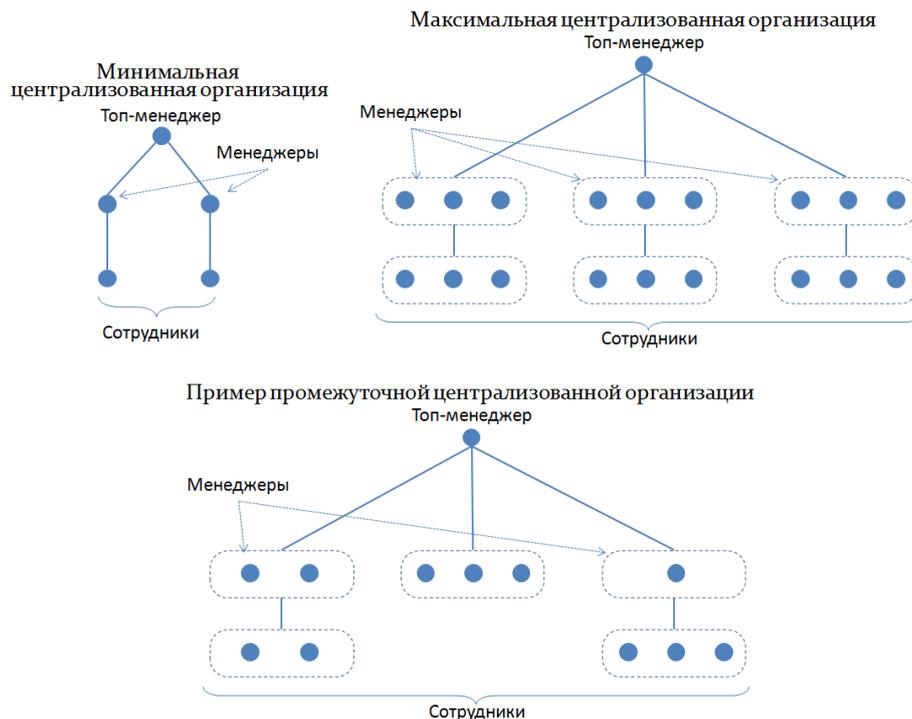


Рис. 2. Минимальная, максимальная и возможная промежуточная централизованная структуры

Из рис. 1 и рис. 2 видно, что численность децентрализованных организаций составляет 5–13 сотрудников, а численность централизованных — 5–19 человек. Для равноправного анализа двух типов структур мы рассматривали только централизованные организации с численностью от 5 до 13 сотрудников.

Другие параметры централизованных и децентрализованных организаций, использованные при моделировании, представлены в таблице 1.

Таблица 1. Параметры для моделирования двух типов организаций и их сотрудников

Название параметра	Централизованные	Децентрализованные
Тип коммуникаций	Сильная бюрократия	
σ_1	0.4	
σ_2	0.6	
ω_1, ω_2	0.5	
Вероятность поиска сотрудником сигнала во внешней среде	0.3	
Вероятность поиска сигнала не в своем отделе	0.6	
Вероятность ошибки при выборе направления для передачи сигнала	0.1	
Вероятность передачи сигнала подчиненному для проведения активного мониторинга	0.4	
Вероятность выявления шума сотрудником	0.4	

Как видно, два типа организаций отличаются только орг. структурами, то есть количеством и схемой подчинения сотрудников.

Временные параметры работы сотрудников обоих типов организаций представлены в таблице 2.

Таблица 2. Временные параметры работы сотрудников для обоих типов организаций

Действие агента	Единицы модельного времени
Уловить сигнал / получить сигнал из очереди сообщений	1
Оценить важность сигнала	10
Определить направление передачи сигнала	10
Отправить сигнал в очередь сообщений	1
Провести активный мониторинг	50
Принять меры по подготовке организации к кризису	100

Для моделирования было положено, что внешняя среда в ходе развития кризиса не изменяется.

В таблице 3 представлены параметры неожиданных и тлеющих кризисов.

Таблица 3. Параметры, использовавшиеся для моделирования двух типов кризисов

Название параметра	Неожиданные	Тлеющие
Количество сигналов	От 3 до 7	От 8 до 18
Среднее время окончания ранней стадии после появления последнего сигнала	30	80
Минимальное время окончания ранней стадии после появления последнего сигнала	0	20
Среднее время до появления следующего сигнала	40	80
Минимальное время перед появлением следующего сигнала	5	20
Среднее время, после которого сигнал считается утерянным	40	500
Дисперсия времени исчезновения сигнала	10	
Максимальная доступность сигнала	0.05	
Вероятность того, что сигнал будет внешним	0.4	
Средняя важность сигнала	0.7	0.4
Дисперсия оценки важности сигнала (параметр сотрудников)	0.1	0.2
Вероятность, что решение по сигналу должен принять топ-менеджер	0.5	
Вероятность того, что сигнал является шумом	0.5	

Моделирование проводилось для четырех сценариев: централизованная организация — неожиданный кризис, децентрализованная организация — неожиданный кризис, централизованная организация — тлеющий кризис, децентрализованная организация — тлеющий кризис. Для каждого из сценариев было проведено 1.5 млн симуляций, моделирующих то, как случайно выбранная организация заданного класса действует в ходе случайно сгенерированного кризиса установленного типа. Всего на проведение моделирования было затрачено 48 часов машинного времени (1 ядро, 4 Гб ОЗУ, 3.2 Ghz, 64-разрядная ОС). Анализ полученного массива данных из 6 млн строк проводился при помощи библиотек *numpy* и *pandas* для языка программирования *python*. Код программы доступен на [Репозиторий..., 2016].

Для оценки эффективности работы организаций на ранней стадии кризиса мы вычисляли два параметра:

1. отношение суммарной важности сигналов, по которым приняты своевременные меры, к суммарной важности всех сигналов, предшествовавших кризису, обозначаемым через η ;
2. занятость топ-менеджера ν , то есть отношением времени, затраченного топ-менеджером на обработку сигналов, к общей длительности ранней фазы кризиса.

Мы считаем, что организационная структура A эффективней организационной структуры B для заданного типа кризисов, если $\bar{\eta}_A > \bar{\eta}_B$, где $\bar{\eta}_I$ — среднее значение η для всех оргструктур класса I , взятое по всем смоделированным кризисам заданного типа. Если же при этом $\bar{\nu}_A < \bar{\nu}_B$, то мы говорим что структура A строго эффективней структуры B .

На рис. 3 представлена зависимость η от количества сигналов на ранней стадии кризиса.

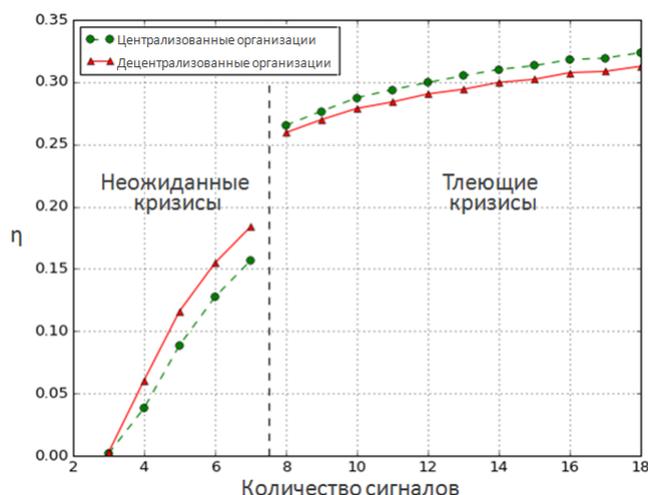


Рис. 3. Зависимость суммарной важности уловленных сигналов от количества сигналов для четырех моделируемых сценариев

Как видно из рис. 3, централизованные организации эффективней в ходе тлеющих кризисов, а децентрализованные — в ходе неожиданных кризисов. Это означает, что организации, находящейся на ранней стадии кризиса, необходимо идентифицировать, к неожиданному или тлеющему типу принадлежит кризис. Сделать это можно на основе анализа динамики развития кризиса и значимости возникающих слабых сигналов. При неожиданном кризисе организации стоит предоставлять большую свободу действий сотрудникам всех уровней управления для принятия мер для его приостановления. При тлеющем кризисе руководство организации, наоборот, должно контролировать, какие именно решения принимают сотрудники и какие действия они проводят для подготовки организации к острой фазе кризиса.

В работе [Бурлаков, 2013] было показано, что при увеличении численности малых и средних организаций (от 50 до 250 сотрудников) параметр η уменьшается. Для микроорганизаций (от 5 до 13 человек) зависимость η от численности показана на рис. 4.

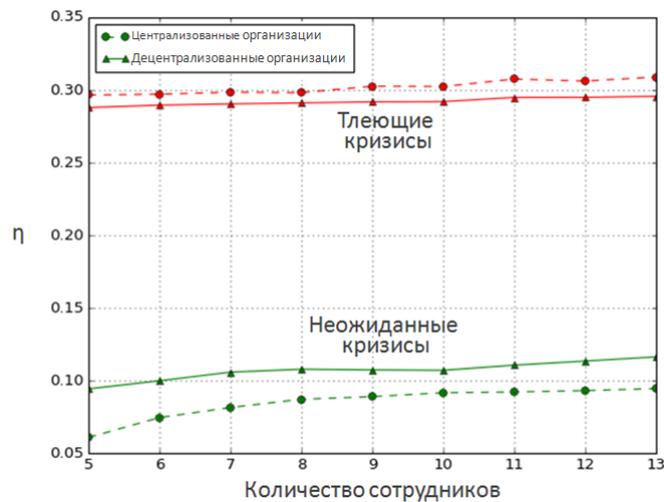


Рис. 4. Зависимость суммарной важности уловленных сигналов от численности сотрудников для четырех моделируемых сценариев

Как видно из рис. 4, и при неожиданных, и при тлеющих кризисах в обоих типах организаций наблюдается рост η с увеличением численности. Это вызвано тем, что в организациях появляется больше агентов, способных уловить и обработать редкие сигналы (особенно во внешней среде), а также принять меры по подготовке организации в сжатые сроки. В итоге дополнительные сотрудники становятся эффективным ресурсом для противостояния кризисам в микроорганизациях.

Наконец, отметим, что занятость топ-менеджера v в ходе неожиданных кризисов выше для децентрализованных организаций, а в ходе тлеющих кризисов — для централизованных (рис. 5). Это, в частности, означает, что среди рассматриваемых классов организаций отсутствует строго эффективная организационная структура для исследуемых типов кризисов.

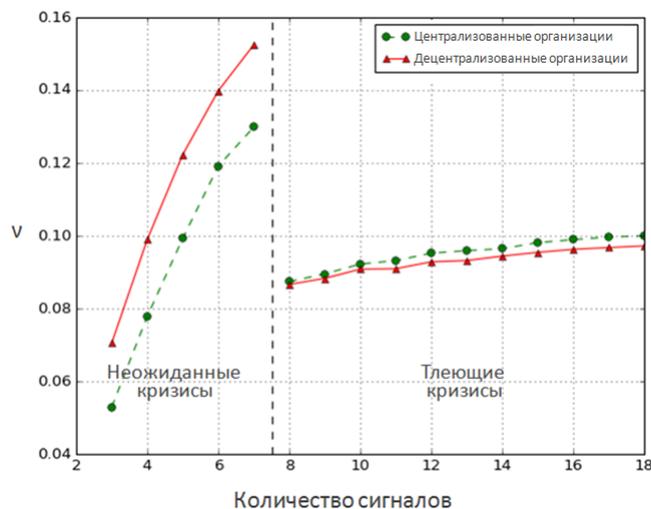


Рис. 5. Зависимость занятости топ-менеджера от количества сигналов для четырех моделируемых сценариев

Как видно из рис. 3 и рис. 5, более высокое значение v в течение неожиданных кризисов помогает децентрализованным организациям принимать больше мер по подготовке организации к кризису. Топ-менеджер децентрализованной организации сильнее вовлечен в обработку сигналов, так как централизованная организация имеет на один уровень управления больше и, как результат, в ней

- 1) меньше сигналов успевают дойти до топ-менеджера со второго уровня управления в ходе скоротечного кризиса из-за более длинных маршрутов передачи сигналов;
- 2) чаще происходит блокировка сигналов на нижних уровнях, и важные сигналы не всегда доходят до топ-менеджера;
- 3) сотрудники в целом чаще передают сигналы, а значит, и чаще происходит ошибка в выборе направления для их передачи, что препятствует быстрому распространению информации.

Напротив, во время тлеющих кризисов, развивающихся дольше неожиданных и посылающих больше сигналов, но с меньшей значимостью, механизм информационной фильтрации в централизованных организациях позволяет сотрудникам концентрироваться на важных сигналах, выявляя больше шумов на нижних уровнях управления. В результате сотрудники этих организаций (в том числе и топ-менеджер) принимают больше мер по подготовке организации к кризису, чем в децентрализованных структурах.

Устойчивость результатов

В таблицах 4–5 показаны диапазоны параметров организации и сотрудников, использовавшиеся для проверки результатов на устойчивость. Параметры организаций, *склонных (устойчивых)* к кризисам, получены после ухудшения (улучшения) базовых параметров, взятых из таблиц 1 и 2, на фиксированную величину.

Таблица 4. Параметры организаций, склонных и устойчивых к кризисам

Название параметра	Склонные к кризисам	Базовые параметры	Устойчивые к кризисам
Тип коммуникаций	Сильная бюрократия		
σ_1	0.5	0.4	0.3
σ_2	0.75	0.6	0.45
ω_1, ω_2	0.5		
Вероятность поиска сотрудником сигнала во внешней среде	0.25	0.3	0.35
Вероятность поиска сигнала не в своем отделе	0.6		
Вероятность ошибки при выборе направления для передачи сигнала	0.2	0.1	0
Вероятность передачи сигнала подчиненному для проведения активного мониторинга	0.5	0.4	0.3
Вероятность выявления шума сотрудником	0.3	0.4	0.5

Таблица 5. Параметры работы сотрудников организаций, склонных и устойчивых к кризисам

Действие агента	Склонные к кризисам	Базовые параметры	Устойчивые к кризисам
Уловить сигнал / получить сигнал из очереди сообщений	1	1	1
Оценить важность сигнала	12	10	8
Определить направление передачи сигнала	12	10	8
Отправить сигнал в очередь сообщений	1	1	1
Провести активный мониторинг	60	50	40
Принять решение	120	100	80

Для каждого сценария (неожиданный кризис — централизованная структура, тлеющий кризис — централизованная структура, неожиданный кризис — децентрализованная структура, тлеющий кризис — децентрализованная структура) мы провели моделирование работы организаций, склонных и устойчивых к кризисам. Дополнительно была проведена проверка на устойчивость каждого из четырех сценариев методом Монте-Карло, а именно:

- 1) каждый базовый параметр из таблиц 4–5 улучшался до случайного значения, меньшего, чем у организаций, устойчивых к кризисам;

2) каждый базовый параметр из таблиц 4–5 ухудшался до случайного значения, большего, чем у организаций, склонных к кризисам.

Расчеты заняли 120 часов компьютерного времени (1 ядро, 4 Гб ОЗУ, 3.2 Ghz, 64-разрядная ОС), и в результате был получен массив данных, состоящий из 20 млн записей.

На рис. 6 показана зависимость параметра η от количества предкризисных сигналов для организаций, склонных к кризисам, устойчивых к кризисам, и для базовых параметров. Из рис. 3 видно, что и для организаций, склонных к кризису, и для организаций, устойчивых к кризису, результат, полученный при базовых параметрах, сохраняется: децентрализованные организации эффективнее функционируют в ходе ранней стадии неожиданных кризисов, а централизованные организации — в ходе тлеющих кризисов.

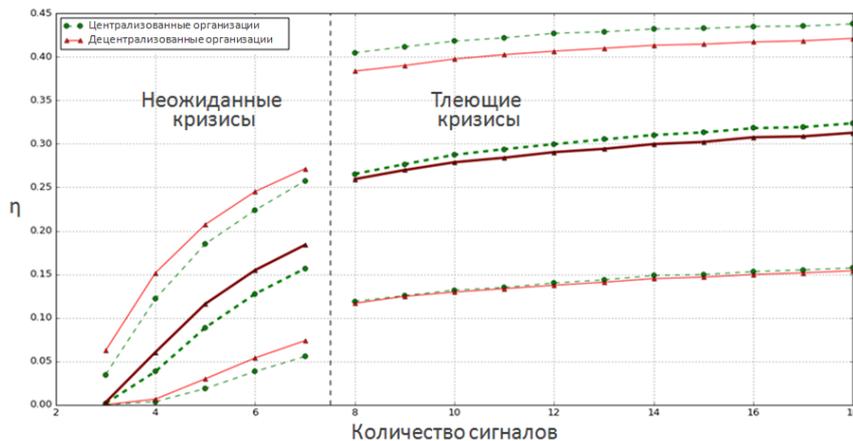


Рис. 6. Зависимость суммарной важности уловленных сигналов от общего количества сигналов для организаций, склонных к кризисам (две нижние линии), устойчивых к кризисам (две верхние линии), и для базовых параметров (две центральные линии)

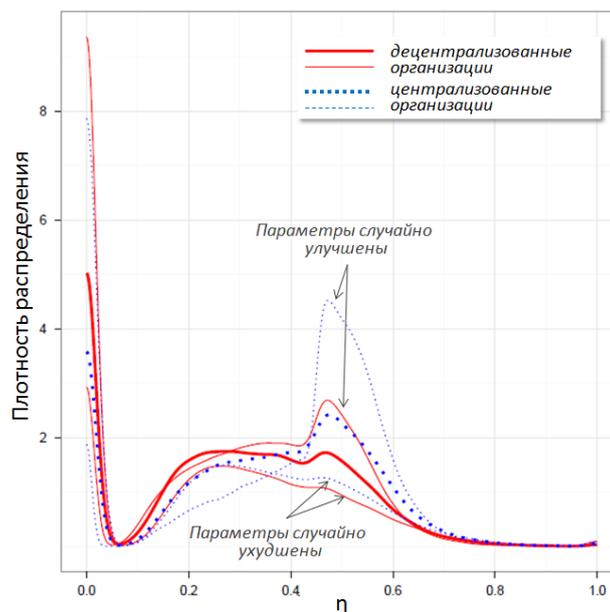


Рис. 7. Плотность распределения суммарной важности уловленных сигналов для тлеющих кризисов при базовых, случайно улучшенных и случайно ухудшенных параметрах организации

Рис. 7 и рис. 8 отображают плотность распределения величины η при тлеющих и неожиданных кризисах для базовых параметров, а также параметров, полученных методом Монте-

Карло при случайном улучшении и случайном ухудшении базовых параметров. Из рисунков видно, что при случайном изменении параметров сохраняется профиль плотности распределения η , а значит, и тенденция более эффективной обработки ранних сигналов централизованными организациями в ходе тлеющих кризисов и децентрализованными организациями в ходе неожиданных кризисов.

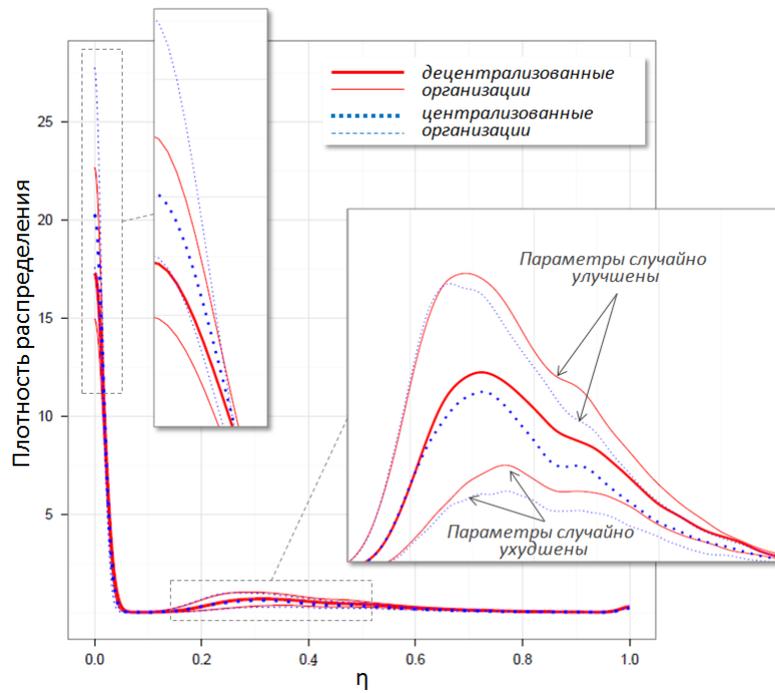


Рис. 8. Плотность распределения суммарной важности уловленных сигналов для неожиданных кризисов при базовых, случайно улучшенных и случайно ухудшенных параметрах организации

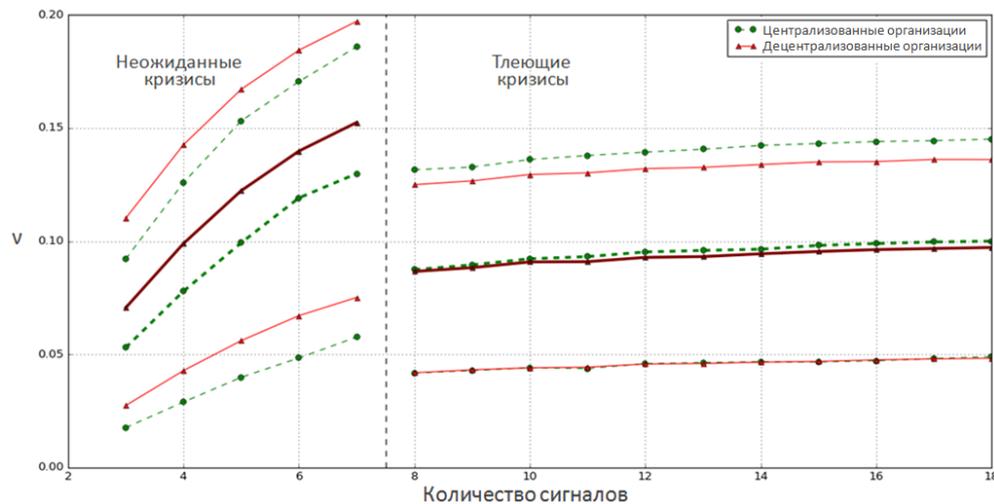


Рис. 9. Зависимость занятости топ-менеджера от количества сигналов для организаций, склонных к кризисам (две нижние линии), устойчивых к кризисам (две верхние линии), и для базовых параметров (две центральные линии)

Зависимость параметра v от количества сигналов в ходе кризиса, представленная на рис. 9, показывает, что результат, полученный для v при базовых параметрах, имеет место и в организациях, склонных и устойчивых к кризису. Так, топ-менеджер децентрализованной организа-

ции занят обработкой сигналов больше в ходе неожиданных кризисов, а топ-менеджер централизованной организации — в ходе тлеющих.

В итоге мы видим, что если организация, склонная или устойчивая к кризису, обрабатывает больше слабых сигналов, то и ее топ-менеджер сильнее вовлечен в эту деятельность. Это означает, что для рассматриваемых классов организаций в ходе неожиданных и тлеющих кризисов отсутствуют строго эффективные организационные структуры.

Заключение

В заключение обозначим основные задачи, связанные с антикризисным управлением организации, которые может решать предлагаемая модель:

- определять параметры организации (орг. структуру, тип коммуникации, значения σ_1 и σ_2 и многие другие), позволяющие ей эффективно справляться с различными типами кризисов на стадии *before*;
- выявлять типы кризисов, которые могут возникнуть в организации с наибольшей вероятностью;
- проводить посткризисный анализ и определять, почему кризис произошел в организации и как не допустить подобных событий в будущем.

Решение всех этих задач позволит, без сомнения, уменьшить частоту возникновения кризисов и снизить их пагубные последствия для общества.

Список литературы (References)

- Беззубцев-Кондаков А.* Почему это случилось? Техногенные катастрофы в России. — Питер, 2010.
Bezzubcev-Kondakov A. Pochemu eto sluchilos? Technogennye katastrofy v Rossii [Why did it happen? Anthropogenic catastrophes in Russia]. — Piter, 2010 (in Russian).
- Бурлаков Е. А.* Визуализация слабых предкризисных сигналов и их анализ. — Сер. Математическое моделирование и программирование // Вестн. Южно-Уральского ун-та. — 2010. — № 4. — С. 15–25.
Burlakov E. A. Vizualizatsiya slabых predcrizisnykh signalov i ich analiz [Weak Signal Visualization and analysis] Ser. Mathematical Modelling, Programming & Computer Software // South Ural State University Bulletin — 2010. — No. 4. — P. 15–25 (in Russian).
- Бурлаков Е. А.* Математическое моделирование деятельности малых и средних организаций на ранней стадии кризиса // Проблемы управления. — 2013. — № 3. — С. 41–51.
Burlakov E. A. Matematicheskoe modelirovanie deyatel'nosti malых i srednich organizatsiy na ranney stadii crizisa [Mathematical Modeling of Small and Middle Sized Organizations at the Early Crisis Stage] // Control Science — 2013. — No. 3. — P. 41–51 (in Russian).
- Бычков С. Н., Григорян А. А., Шикин Е. В., Шикина Г. Е.* О некоторых проблемах антикризисного управления // Вестн. Моск. ун-та. — 2008. — Т. 21, № 2. — С. 56–76.
Bychkov S. N., Grigorian A. A., Shikin E. V., Shikina G. E. O nekotorykh problemakh anticrizisnogo upravleniya [On several problems in crisis management] // Moscow University Bulletin. — 2008. — Vol. 21, No. 2. — P. 56–76 (in Russian).
- Гроув Э.* Выживают только параноики. — М.: Альпина Бизнес Букс, 2009.
Grove A. Vyzhyvaut tolko paranoiki [Only the paranoid survive]. — Moscow: Alpina Business Books, 2009 (in Russian).
- Коротков Э. М., Солдатов И. Ю.* Основы менеджмента. — Дашков и Ко, 2012. — 272 с.
Korotkov E. M., Soldatov I. U. Osnovy menedgmenta [Management Foundations]. — Dashkov & Co, 2012. — 272 p. (in Russian).
- Лисон Н.* Как я обанкротил «Бэрингз». Признание трейдера-мошенника. — М.: ООО «Кейс», 2011. — 480 с.

- Leeson N.* Kak ya obankrotil “Berings”. Priznanie treidera-moschennika [How I Brought Down Barings Bank and Shock the Financial World]. — Moscow: LCC “Case”, 2011. — 480 p. (in Russian).
- Репозиторий с кодом модели.* <https://github.com/egorburlakov/CrisisModeling.git>. Обновлено 17.12.2015.
Repository s kodom modeli [Repository with the code of the model]. Obnovleno [updated] 17.12.2015.
- Репозиторий с кодом анализа данных, полученных в ходе моделирования.* <https://github.com/egorburlakov/CrisisModelingPython.git>. Обновлено 25.01.2016.
Repository s kodom analiza dannykh, poluchennykh v chode modelirovaniya [Repository with the code for analysis of the data generated by the model]. Obnovleno [updated] 25.01.2016.
- Фейнман Р.* Какое тебе дело до того, что думают другие? — Ижевск: РХД, 2001 — 208 с.
Richard P. Feynman. Kakoe tebe delo do togo, chto dumayut drugie? [What do you care what other people think?]. — Izhevsk: RCD, 2001. — 208 p. (in Russian).
- Aberg L.* Viestinta — Tuloksen tekija [Communication — Producer of Results], third edition, Tietopaketti Oy. — Helsinki, Finland, 1993.
- Ansoff I.* Strategic response in turbulent environments. Working Paper No. 82–35. — European Institute for Advanced Studies in Management, August, 1982.
- Barton L.* Crisis in organizations: II. — Cincinnati, OH: South-Western, 2001.
- Coombs W. T.* Ongoing crisis communication: Planning, managing and responding (2nd ed.). — Thousand Oaks, CA: Sage, 2007.
- Crandall W. R., Parnell J. A., Spillan J. E.* Crisis Management in the New Strategy Landscape. — Los Angeles: Sage Publications, Inc, 2009. — 280 p.
- Dawn R. G., Priscilla J.* Crisis Management in a Complex World. Oxford University Press, 2008. — P. 224.
- De Grazia A.* A cloud over Bhopal. Cause, consequences and constructive solutions. Metron Publications, Princeton, 1985.
- Fink S.* Crisis management: Planning for the inevitable. — New York: AMACOM, 1986.
- Harrison J. R., Lin Z., Carroll G. R., Carley K. M.* Simulation Modeling in Organizational and Management Research. — Academy of Management Review, 32, 1229–1245, 2007.
- Henry A.* Understanding Strategic Management. — OUP Oxford; 2 edition, 2011.
- Herman C. F.* Some Consequences of Crisis which limit the viability of Organizations. — Administrative Science Quarterly, 8, 343–358, 1963.
- Institute for Crisis Management.* Annual ICM Crisis Report. — Louisville, Kentucky. — 2012. — Vol. 21, No. 1.
- Joslyn C., Rocha L. M.* Towards Semiotic Agent-Based Models of Socio-Technical Organisations. — AI, Simulation and Planning (AIS 2000) Conference, Tucson, Arizona, USA, in press, 2000.
- La Porte T. R., Consolini P. M.* Working in Practice but not in Theory. Theoretical Challenges of “High-Reliability Organizations” // Journal of Public Administrative Research and Theory, 1 (1), 19–47, 1991.
- Mackenzie K. D.* Organizational Structures. AHM Publishing Corporation, Arlington Heights, Illinois, 1978.
- Mintzberg H.* The Structuring of Organizations, Prentice Hall, 1st edition, 1979. — 512 p.
- Mitroff I. I., Pearson C. M.* Crisis management: Diagnostic guide for improving your organizations crisis-preparedness. — San Francisco: Jossey-Bass, 1993.
- Mitroff I. I.* Crisis Leadership: Planning for the Unthinkable. — New York: John Wiley, 2002. — 144 p.
- Mitroff I. I., Anagnos G.* Managing crises before they happen. — New York: AMACOM, 2001.
- Murphy P.* Symmetry, contingency, complexity: Accommodating uncertainty in public relations theory // Public Relations Review, 26(4), 447–62, 2000.

-
- Nikander I.* Early Warnings — a phenomenon in Project Management. Doctorial Dissertation. — Helsinki University of Technology, Department of Industrial Engineering and Management, Espoo, Finland, 2002.
- Richardson B.* Socio-technical disasters: Profile and prevalence // *Disaster Prevention & Management*. 3(4), 41–69, 1994.
- Roberts K.* Some Characteristics of one Type of High Reliability Organizations // *Organization Science*, 1(2), 160–176, 1990.
- Sokolowski J. A., Banks C.M.* Modeling and Simulation Fundamentals // Theoretical Underpinnings and Practical Domains A John Wiley & Sons, Inc. Publication. 456 p. 2010.
- Staw B. M., Sanderlands L. E., Dutton J. E.* Threat-Rigidity Effects in Organizational Behavior: a Multilevel Analysis // *Administrative Science Quarterly*, 26, 501–524, 1981.
- Thompson J. D.* Organizations in Action. — McGraw-Hill, New York, 1967.
- van Uden J., Richardson K. A., Cilliers P.* Postmodernism revisited? Complexity science and the study of organisations // *Tamara: Journal of Critical Postmodern Organization Science*, 1(3), 53–67, 2001.
- Zhiang L.* Organizational Performance under Critical Situations — Exploring the Role of Computer Modeling in Crisis Case Analyses // *Computational & Mathematical Organization Theory*, 6(3), 277–310, 2000.