



ИПМ им.М.В.Келдыша РАН • Электронная библиотека

Препринты ИПМ • Препринт № 87 за 2013 г.



Зенюк Д.А., Малинецкий Г.Г.,
Фаллер Д.С.

Социальная модель
коррупции в иерархических
структурах

Рекомендуемая форма библиографической ссылки: Зенюк Д.А., Малинецкий Г.Г., Фаллер Д.С. Социальная модель коррупции в иерархических структурах // Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша. 2013. № 87. 27 с. URL: <http://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2013-87>

**Ордена Ленина
ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ
имени М.В. Келдыша
Российской академии наук**

Д.А. Зенюк, Г.Г. Малинецкий, Д.С. Фаллер

**Социальная модель коррупции
в иерархических структурах**

Москва — 2013

Зенюк Д.А., Малинецкий Г.Г., Фаллер Д.С.

Социальная модель коррупции в иерархических структурах

Предложена имитационная модель коррупционного поведения в иерархических структурах, учитывающая индивидуальные стратегии отдельных элементов и позволяющая описывать коллективное поведение достаточно больших групп. Были рассмотрены зависимости различных характеристик системы, таких как уровень коррумпированности и распределение коррупционных доходов между различными уровнями иерархии, от управляющих параметров. Численный анализ позволил исследовать эффективность различных антикоррупционных стратегий.

Ключевые слова: коррупция, стохастическое моделирование, корпоративное управление.

Dmitry Alexeyevich Zenyuk, Georgy Gennadiyevich Malinetsky, Dmitry Sergeyeovich Faller

A social model of corruption in hierarchical structures

Simulation model of corruption in hierarchical structures which takes into account individual strategies of elements and collective behavior of large groups is proposed. Evolution of various characteristics like level of corruption or distribution of corruptional assets and their dependence on external parameters are discussed. The effectiveness of various anticorruptional strategies is examined by means of numeric analysis.

Key words: corruption, stochastic simulation, corporate management.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проекты № 11-01-00887, № 13-01-00617 и РГНФ, проект № 12-03-00387.

Оглавление

Предисловие.....	3
Введение.....	5
Некоторые подходы к моделированию коррупционного поведения.....	9
Описание модели.....	11
Результаты численного анализа.....	16
Заключение.....	23
Список литературы.....	24

Предисловие

— В чем же основная идея
российской истории?

— Вору́ют-с ...

Исторический анекдот*

Первый директор Института прикладной математики Академии наук СССР, академик М.В. Келдыш, считал, что для того, чтобы страна в 20 веке имела реальный, а не «бумажный» суверенитет, у нее должны быть *ядерные технологии, космические системы и надежные шифры*. Третий директор нашего института — в новой России Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН — член-корр. РАН С.П. Курдюмов, полагал, что в 21 веке к ним необходимо добавить *технологии проектирования будущего, гуманитарные технологии, технологии разрушения и сборки социальных субъектов* и что так же, как в 20 веке, огромную роль в разработке этих технологий, имеющих стратегическое значение, должна сыграть прикладная математика. По-видимому, основные перспективы и риски в начавшемся столетии будут связаны с эффективным использованием возможностей отдельных людей и социальных систем.

Одной из самых тяжелых болезней социальных систем является коррупция, открывающая путь к деградации всей государственной структуры. Это явление, лежащее на стыке социологии, экономики и психологии, требует междисциплинарного подхода, а также математического моделирования. За внешней очевидностью явления и мер борьбы с ним могут скрываться достаточно сложные причинно-следственные связи и системные закономерности.

В настоящей работе мы представляем социальную модель коррупции, сосредотачивая внимание на ходе данного процесса и его результатах в рамках отдельной системы, сознательно избегая моральных оценок и рассмотрения конкретных организаций. При этом в стороне остаются многие экономические и психологические аспекты явления. Их учет требует дальнейшей конкретизации модели, наличия большого количества дополнительного фактического материала и может быть осуществлен на следующих этапах исследования.

Мы постараемся максимально упростить модель, рассмотрев типичную иерархическую структуру, полагая, что в ней работают «типичные бюрократы», характеристики которых описываются простейшими статистическими распределениями. Нас интересовало типичное поведение системы в

* Существует множество различных предположений о том, между кем состоялся этот диалог. Согласно наиболее распространенному мнению, последняя реплика принадлежит Н.М. Карамзину.

агрессивной внешней среде, где есть «спрос на коррупцию», а также ее реакция на различные управляющие воздействия.

Стремясь построить простейшую, базовую модель, мы были вынуждены вводить довольно много параметров. Одни из них отражают типичные свойства организационных структур и методов борьбы с коррупцией, другие выбирались исходя из имеющегося представления о предмете и здравого смысла. Известна крылатая фраза академика Л.Д. Ландау: «Дайте мне три параметра, и я сделаю вам слона. Дайте восемь, и он будет вилять хвостом». Тем не менее введенные параметры и предсказания модели могут быть достаточно просто оценены специалистами в области социологии.

На наш взгляд, междисциплинарные исследования и сотрудничество специалистов, представляющих различные научные дисциплины, было бы очень важно при переходе от «микроанализа» к макромасштабам и при ответе на ряд принципиальных вопросов. Обратим внимание на некоторые из них.

По оценкам экспертов Государственной Думы, в настоящее время выполняется не более трети решений, принимаемых Президентом РФ; отдельные специалисты несколько лет назад утверждали, что эта доля не превышает 1/20. Иными словами, управляемость государственного аппарата уже снизилась до критического уровня, что особенно опасно в случае кризисов. Исследования показывают, что схожая ситуация имеет место во многих крупных компаниях. Было бы важно понимать, в какой мере снижение коррупции может изменить нынешнюю ситуацию к лучшему.

В теории управления рисками природных и техногенных катастроф важнейшим вопросом является оценка прямого и неявного ущерба от происходящей чрезвычайной ситуации [1]. Те же вопросы встают в связи с оценкой масштабной коррупции, которую можно рассматривать как чрезвычайную ситуацию в социальной системе. В последние годы российское общество столкнулось с провалом ряда национальных проектов и федеральных целевых программ, а цена многих выполненных проектов оказалась гораздо выше запланированной и большей, чем в случае аналогичных международных. Было бы важно представлять на количественном уровне, какой «коррупционный налог» платит в настоящее время государство и насколько могут быть сокращены потери в результате реализации различных стратегий борьбы с коррупцией.

В соответствии с рядом оценок и прогнозов, которые делались в течение последнего десятилетия [2–4], Россия продолжает двигаться по инерционному пути с высоким уровнем коррупции и соответствующими издержками без форсированного индустриального и социального развития и предполагающейся модернизации. Естественно было бы представлять возможный эффект от реализации масштабной антикоррупционной программы, а также риски и издержки, которые с ней связаны.

В соответствии с рядом проводившихся ранее исследований для российского общества характерна неустойчивая «двухгорбая» социально-

экономическая структура по накоплениям [5]. В ней выделяется «горб бедняков», к которому относится более 80% населения, небольшой по численности «средний класс» и «горб богачей». Масштабная коррупция и ситуация, в которой «закон действует не для всех», в большой степени порождается такой структурой. С другой стороны, сама эта структура снижает социально-политическую устойчивость страны и существенно сокращает социальную базу правящей элиты. Для принятия масштабных мер были бы очень важны не общие соображения, которые достаточно очевидны, а фактические данные и конкретные количественные оценки.

Эффективность любой социальной системы определяется тем, насколько эффективно в ней находят лучших и наиболее подходящих людей и продвигают их на ключевые должности в государственном аппарате и других средах жизнедеятельности. Продвижение «своих», «удобных», а не лучших, во многом диктуемое коррупционными соображениями, дорого обходится обществу. Здесь крайне полезен социологический анализ и соответствующие математические модели.

Представленная в настоящей работе социальная модель коррупционных процессов может рассматриваться как один из первых шагов в направлении количественного анализа и прогноза коррупции в социальных системах.

Введение

Понятие «коррупция» имеет достаточно широкую семантику, вытекающую из первичного значения исходного латинского слова *corrumpere*, образованного слиянием префикса *co-* (*cum-*, *con-*, *com*) «с, вместе» и глагола *rumpere* «портить, разрывать». В большинстве случаев, однако, этот термин используется применительно к властным институтам и понимается как нелегитимное использование властных полномочий для получения статусной ренты (т.е. финансовой прибыли или каких-либо иных благ), противоречащее действующим законодательным и моральным нормам. Существует несколько подходов к определению коррупции, использующих более строгие юридические формулировки и рассматривающих различные аспекты коррупционного поведения (см., например, [6–8]). Так, согласно российскому законодательству, коррупция — «это злоупотребление служебным положением, дача взятки, получение взятки, злоупотребление полномочиями, коммерческий подкуп либо иное незаконное использование физическим лицом своего должностного положения вопреки законным интересам общества и государства в целях получения выгоды в виде денег, ценностей, иного имущества или услуг имущественного характера, иных имущественных прав для себя или для третьих лиц либо незаконное предоставление такой выгоды указанному лицу другими физическими лицами»; а также совершение указанных деяний от имени или в интересах юридического лица [9]. В контексте социологических исследований также рассматривается подход к определению коррупции как феномена коллективного поведения

безотносительно действующих моральных регулятивов [10]; это, в частности, позволяет исследовать возможные позитивные социоэкономические и социокультурные функции коррупции. К последним обычно относят увеличение эффективности бюрократического аппарата при слишком сложных или противоречащих друг другу законодательных нормах [11, 12]; некоторые авторы отмечают также наличие положительной корреляции между уровнем коррупции и объемом иностранных инвестиций или валовым внутренним продуктом [13].

По-видимому, появление коррупции совпадает по времени с разложением примитивных родоплеменных объединений и формированием государств Древнего мира. Наиболее раннее упоминание о коррупции датируется 24 веком до н.э. — согласно сохранившимся клинописным текстам, после своего избрания правитель шумерского города-государства Лагаша Урунимгина отменяет самовольное взимание чиновниками в свою пользу доходов от скотоводства и рыбной ловли [14]. Большое количество исторических свидетельств коррупции собрано в [15, 16].

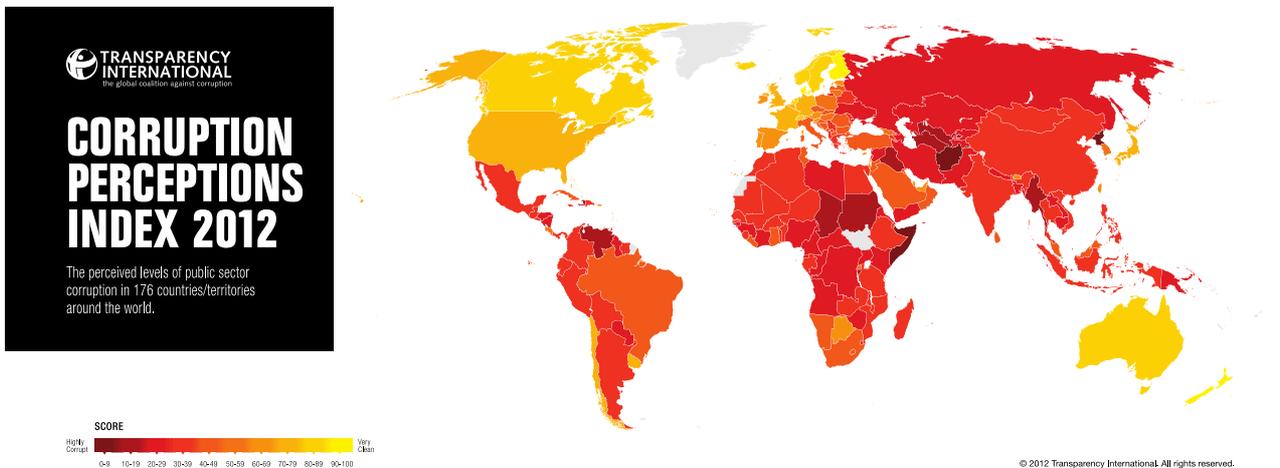


Рис. 1. Индекс восприятия коррупции по данным на 2012 г.; более коррумпированные страны обозначены красным

Некоторое представление о коррупции в современном мире дает индекс восприятия коррупции (Corruption Perception Index), ежегодно публикуемый организацией Transparency International начиная с 1995 г. Индекс представляет собой некоторую качественную оценку того, насколько международное экспертное сообщество считает коррумпированными национальные властные структуры, и рассчитывается на основе агрегирования статистических данных, предоставляемых несколькими международными организациями (такими как, например, Всемирный Банк, Международный Экономический Форум и Freedom House). Подробное описание методики расчета и ее статистическое

обоснование приведены в [17]. Однако, поскольку расчет производится на основе весьма скудных данных, индекс CPI и не всегда корректно отражает ситуацию, и, несмотря на свою популярность, не может рассматриваться как безоговорочное свидетельство высокого или низкого уровня коррупции в стране. Строго говоря, сама концепция измерения субъективного восприятия коррупции подвергается критике (см., например, [18]).

Сам принцип организации власти предполагает потенциальную возможность коррупции. В любом государстве для реализации политических решений верховных правителей формируется корпорация профессиональных администраторов, наделенных дискреционной властью, т.е. имеющих возможность по своему усмотрению определять вид и содержание принимаемых решений. Необходимость в предоставлении таких широких полномочий объясняется тем, что в противном случае администраторы не смогут принимать адекватные решения в приемлемые сроки в быстро меняющихся и трудно предсказуемых внешних условиях. Стратегия коррупционного поведения достаточно быстро принимается большинством администраторов: если лишь один из них примет решение никогда не вступать в коррупционное соглашение, но при этом остальные такого решения не примут, то он поставит себя в крайне невыгодные условия (фактически описываемая ситуация является вариантом дилеммы заключенного [19]). Такая «социокультурная устойчивость» коррупции получила объяснение в рамках концепции коллективной репутации [20]: общество (а не только корпорация администраторов) в условиях высокого уровня коррупции постепенно закрепляет ее в качестве традиции, что драматически снижает эффективность антикоррупционных мер.

Коррупционная сделка является услугой: коррупционер, используя данные ему властные полномочия, совершает (или, наоборот, не совершает) некоторые действия, получая взамен ренту (непосредственно деньги, имущество или другие услуги). При этом цена коррупционной сделки определяется совокупными спросом и предложением, и между коррупционерами может существовать конкуренция за право заключения этой сделки; таким образом, цена формируется в соответствии с рыночными механизмами, что позволяет говорить о рынке коррупционных услуг. Распределение статусной ренты внутри властной структуры приводит к появлению устойчивых внутренних рынков; в некоторых случаях формируются структуры централизованного управления этими рынками, вырабатывается тарифная политика (при этом цена может уже не соответствовать балансу спроса и предложения), соблюдение которой сдерживает внутреннюю конкуренцию и гарантирует стабильность [21]. С другой стороны, нельзя считать, что при заключении коррупционной сделки действуют только рыночные механизмы: большое значение здесь имеют «феодалские» методы, основанные на личном авторитете и прямом силовом давлении.

Следует также учитывать, что полная ликвидация коррупции нерентабельна, поскольку по мере уменьшения коррумпированности власти затраты на борьбу с ней увеличиваются (см., например, [22]); таким образом, существует некий оптимальный уровень коррупции, соответствующий наименьшим суммарным потерям и признаваемый обществом допустимым. Кроме того, чрезмерные санкции в борьбе с коррупцией могут привести к усилению авторитарных тенденций: правящая элита может использовать антикоррупционное законодательство для усиления своего контроля над обществом и преследования политических оппонентов. Более подробное исследование психологических, экономических и социокультурных механизмов, приводящих к появлению и усилению коррупции, можно найти, например, в [23–32].

Из сказанного, тем не менее, не следует, что в государстве с высоким уровнем коррупции любые антикоррупционные меры обречены на провал — ярким примером здесь является Сингапур. Ли Куан Ю, возглавивший правительство республики в 1965 году, после выхода Сингапура из состава Малайзии, отмечал, что «коррупция является одной из черт азиатского образа жизни. Люди открыто принимают вознаграждение, это является частью их жизни. Министры и должностные лица не могут прожить на свое жалование так, как того требует их положение. Чем выше должность, тем больше их дома, тем более многочисленны их жены, любовницы или сожительницы, украшенные драгоценностями в соответствии с положением и влиянием их мужчин» [33]. Антикоррупционная стратегия была построена на ряде вертикальных мер: упрощении регламента принятия административных решений, «вплоть до отмены разрешений и лицензирования в менее важных сферах общественной жизни», устранении стимулов к совершению коррупционных действий — заработная плата государственных служащих и судей была поднята до уровня топ-менеджеров крупнейших мировых корпораций — и ужесточении санкций за участие в коррупционных преступлениях. Центральным элементом системы противодействия коррупции стало Бюро по расследованию случаев коррупции, обладающее широкими полномочиями и действующее независимо от других правоохранительных структур. На сегодняшний день Сингапур в соответствии с несколькими международными рейтингами является одним из наименее коррумпированных государств мира: республика входит в верхнюю десятку рейтинга *Worldwide Governance Indicator: Control of Corruption* с 1997 г. и в верхнюю пятерку *Corruption Perception Index* с 2001 г. Инвесторы высоко оценили прозрачность государственной системы Сингапура: с момента обретения независимости внутренний валовой продукт увеличился примерно в 420 раз (по оценкам Всемирного Банка). В то же время на Западе многие политики, публицисты и исследователи считают Сингапур авторитарным государством, политическая стабильность и экономическое развитие которого основаны исключительно на использовании аппарата принуждения. В западной прессе республику

язвительно называют «потемкинским мегаполисом» [34], «диснейлендом со смертной казнью» [35] или «городом штрафов» (англ. *fine city*^{*}).

Некоторые подходы к моделированию коррупционного поведения

Несмотря на то, что актуальность построения адекватных математических моделей, описывающих различные аспекты коррупционного поведения, не вызывает сомнений, активные исследования в этой области начинаются не ранее 70-х годов 20 века. Обширная библиография (краткий обзор можно найти в [36]) посвящена исследованию коррупции с использованием аппарата теории игр. Круг рассматриваемых в этих работах вопросов весьма широк: исследование механизмов внешней коррупции и коррупции внутри структуры; неединственность равновесных состояний в коррумпированной структуре; особенности конкурентной борьбы между агентами (администраторами) и клиентами; вопросы оптимизации иерархии и принципов управления в ней; устойчивость коррумпированной структуры к внешним возмущениям; исследование эффективности различных стратегий борьбы с коррупцией. К этим работам тесно примыкают исследования оптимизационных задач, связанных с управлением коррумпированными системами; реферативное изложение результатов, полученных в рамках этого направления, приведено в [36].

Цикл работ Михайлова [37–39] посвящен исследованию динамики системы государственной власти, под которой понимается иерархия властных институтов, динамическая связь между которыми реализуется с помощью «потоков властных полномочий». Внутренняя коррупция в иерархии понимается как возможность получения нижестоящими элементами иерархии части властных полномочий вышестоящих элементов. Распределение власти в иерархии p описывается решением краевой задачи второго рода для нелинейного уравнения параболического типа:

$$n(x) \frac{\partial p}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(k(x, t, p) n(x) \frac{\partial p}{\partial x} \right) + n(x) F(x, t, p);$$

$$n(x) \frac{\partial p}{\partial x} \Big|_{x=0} = n(x) \frac{\partial p}{\partial x} \Big|_{x=L} = 0.$$

Здесь n определяет количество элементов на различных уровнях иерархии (например, древовидная иерархия описывается функцией $n(x) = e^{\beta x}$, $\beta > 0$); функция F характеризует реакцию общества на реализуемые иерархией политические решения; коэффициент k определяет стратегию поведения

* Игра слов: *fine* может быть переведено либо как «совершенный, превосходный», либо как «штраф, взыскание».

элементов иерархии. В [39] были исследованы иерархии с разной топологией (линейной и древовидной), а также различные антикоррупционные стратегии. При исследовании эффективности включенных в модель мер по подавлению коррупции был получен противоположный традиционным представлениям вывод: в древовидной иерархии основные усилия по сокращению коррупции должны быть направлены на низшие элементы.

В [40] предложена динамическая модель коррупции в демократическом государстве (под демократическим авторы понимают такое государство, в котором политическая элита не оказывает заметного давления на расследования коррупционных преступлений), демонстрирующая возникновение периодических режимов. Рассматривалась динамическая система следующего вида:

$$\begin{aligned}\frac{\dot{x}}{x} &= \mu_1 \left(\frac{\alpha x}{\beta + x} - kx \right) - \mu_2 \omega y z; \\ \frac{\dot{y}}{y} &= \varepsilon x - \omega z - \rho; \\ \frac{\dot{z}}{z} &= \sigma \omega y - \theta.\end{aligned}$$

Здесь x описывает общественную поддержку режима, y соответствует нелегальным средствам, полученным политиками в коррупционных сделках, а z — стоимость расследования коррупционных преступлений; характерные особенности институтов власти и стратегии поведения политиков определяются неотрицательными константами в правой части. При различном выборе управляющих параметров в системе могут наблюдаться сложные периодические режимы, соответствующие повторяющемуся спаду интереса общества к преследованию коррумпированных политиков. В работе также приведены подробное исследование возникающих в системе бифуркаций и их социоэкономическая интерпретация; указаны также результаты расчетов, моделирующие коррупцию в Итальянской Республике в 1948–1994 гг.

Весьма оригинальный подход к формальному описанию бюрократической коррупции с помощью одномерных клеточных автоматов рассмотрен в [41]. Вирл рассматривал временную эволюцию корпорации администраторов, все представители которой обладают равным объемом властных полномочий, а их поведение определяется не только индивидуальной стратегией, но и поведением ближайшего окружения. Даже простые клеточные автоматы с двумя состояниями (когда элементы либо некоррумпированны, либо коррумпированны) могут демонстрировать достаточно сложное поведение (см. рис. 2). В работе также рассмотрены возможные обобщения этого подхода, использующие клеточные автоматы с большим количеством состояний или более сложными правилами эволюции (т.н. тоталистичные автоматы [42]).

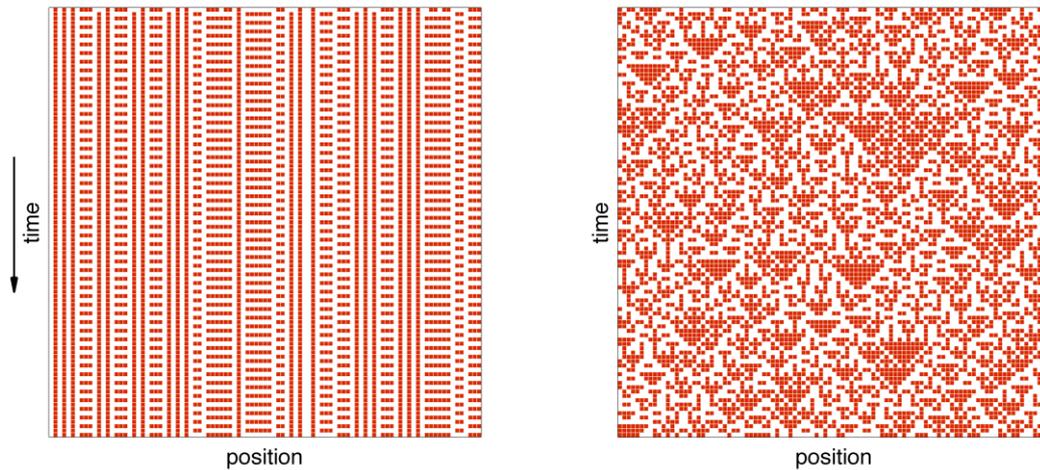


Рис. 2. Пространственно-временные конфигурации, наблюдаемые в модели Вирла; красным отмечены коррумпированные элементы

В настоящей работе предложен подход к имитационному моделированию коррупционного поведения, который учитывает индивидуальные стратегии отдельных элементов, но позволяет при этом описывать коллективное поведение достаточно больших иерархий. Коррупция в рамках развитого подхода рассматривается как динамический процесс, ассоциированный со случайным блужданием на нагруженном графе. В настоящем исследовании представлены результаты качественного анализа распределения коррупционных доходов между различными группами элементов в иерархической структуре и динамики общего уровня коррумпированности при различных комбинациях управляющих параметров, соответствующих стратегиям ограничения коррупции.

Описание модели

Иерархия и структура связей. Представляется закономерным использовать для описания иерархии связанных элементов аппарат теории графов (см., например, [43]). Вершинам графа v_i будут соответствовать администраторы (или некоторые их объединения) рассматриваемой властной структуры; ребро (v_i, v_j) , идущее из вершины v_i в вершину v_j , будет означать, что i -й элемент, если он уже как-либо участвует в коррупционной сделке, может вовлечь в нее j -й элемент. При этом ребра графа не обязательно воспроизводят структуру связей супер- и субординации, поскольку сделка может распространяться в иерархии не только «вертикально», но и «горизонтально», между элементами с примерно равными объемами властных полномочий. В общем случае связи между элементами асимметричны: некоторые элементы могут иметь привилегированное положение, позволяющее

им устанавливать связи с теми, кто, в свою очередь, не может непосредственно установиться связь с ними. Таким образом, существование ребра (v_i, v_j) не влечет за собой существование ребра (v_j, v_i) . Всем ребрам приписаны некоторые целочисленные весовые коэффициенты (смысл которых будет пояснен ниже).

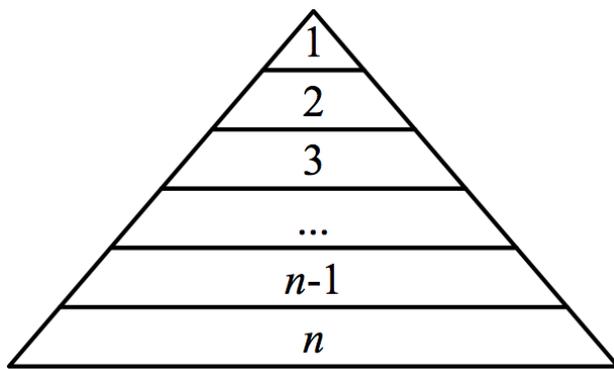


Рис. 3. Схема пирамидальной иерархии

Каждый элемент принадлежит определенной страте, определяющей объем властных полномочий элементов и их авторитет внутри иерархии, а также некоторые другие характерные параметры. Мы ограничимся рассмотрением пирамидальных иерархий, где в высших стратах всегда меньше элементов, чем в низших, поскольку таково большинство реальных властных структур. Для определенности будем нумеровать страты сверху вниз (см. рис. 3).

Основным параметром, определяющим поведение элементов иерархии в рассматриваемой модели, является *толерантность*^{*}, т.е. готовность элемента вступить в коррупционное соглашение. Для удобства будем считать, что *толерантность* задается некоторыми целочисленными коэффициентами, приписанными к вершинам графа.

Механизм коррупционной сделки. В каждый момент времени $t_k \in \mathbb{N}$ случайный элемент иерархии получает возможность заключить коррупционную сделку, которую он либо использует, либо отвергает. При этом мы пренебрегаем тем, как именно он получает эту возможность, т.е. не будем отличать взяточничество от хищения или вымогательства, акцентируя внимание лишь на самом факте противозаконного получения статусной ренты. Вероятность того, что i -й элемент заключит сделку, определяется текущим значением *толерантности* и равна $\xi_i \xi_{\max}^{-1}$, где ξ_i — *толерантность* элемента, ξ_{\max} — максимально возможное значение *толерантности* в иерархии (выбранное заранее).

Каждая коррупционная сделка имеет цену, измеряемую некоторыми условными денежными единицами (для их обозначения будем использовать, например, символ \$). Если элемент заключил сделку, он присваивает себе одну \$. После этого элемент принимает решение: будет ли он присоединять к сделке другой элемент или присвоит себе еще одну \$. Вероятность того, что i -й

* Введенные нами термины носят условный характер и используются исключительно для облегчения изложения; всюду далее в тексте они будут выделены курсивом.

элемент вовлечет в коррупционную сделку кого-либо еще, будет определяться функцией $f(s)$, где s — номер страты, к которой принадлежит v_i . Один из возможных видов функциональной зависимости $f(s)$ представлен на рис. 4.

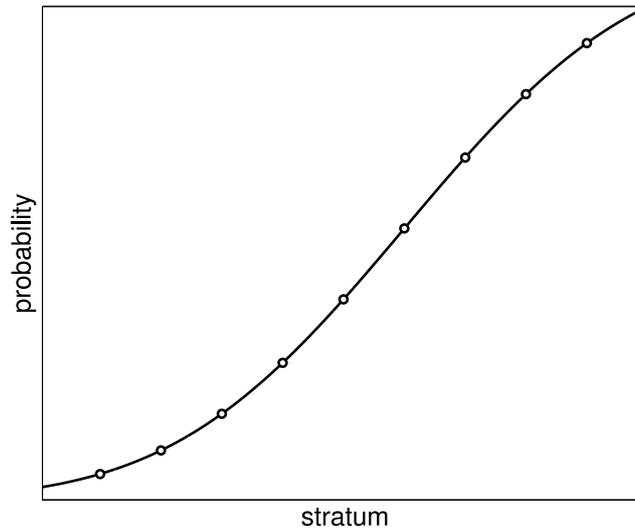


Рис. 4. Общий вид функциональной зависимости $f(s)$

Такой выбор мотивирован достаточно простыми соображениями: элементы высших страт могут присвоить большую часть сделки себе, поскольку такое поведение считается соответствующим их высокому статусу в иерархии; элементы низших страт, напротив, вынуждены искать партнеров внутри иерархии, чтобы гарантировать себе некоторую безопасность.

Выбор элемента, присоединяемого к сделке, осуществляется случайным образом на основе текущих значений *толерантности* и весовых коэффициентов ребер: вероятность того, что i -й элемент заключит соглашение с j -м, равна

$$p_{ij} = \frac{\xi_j a_{ij}}{\sum_{j=1}^n \xi_j a_{ij}}.$$

Здесь n — количество элементов в иерархии, a_{ij} — элементы матрицы смежности, которые равны весу ребра (v_i, v_j) (для несмежных вершин $a_{ij} = 0$). После этого j -й элемент присваивает себе одну из оставшихся \$ и получает право распоряжаться дальнейшим продвижением сделки. Элемент, однажды участвовавший в сделке, не может быть повторно присоединен к ней.

Не исключена ситуация, когда некоторый элемент, приняв решение присоединить кого-либо к сделке, не сможет этого сделать, поскольку все

связанные с ним элементы уже участвовали в этой сделке. В таком случае будем считать, что все оставшиеся \$ присваивает себе элемент, инициировавший сделку.

Механизм укрепления связей. Весовые коэффициенты ребер, соединяющих участвовавшие в сделке элементы, увеличиваются на единицу, вплоть до некоторого заранее выбранного максимального значения. Такой механизм «поощрения» приводит к укреплению связей между элементами, которые участвовали в одной сделке, и формированию в иерархии своеобразных кластеров. Элементы будут с большей вероятностью присоединять к сделке тех, кто находится в пределах того же кластера.

Механизм санкций. После того как распределение ренты закончено, *принципал* может применить санкции. Под *принципалом* будем понимать некоторую группу, не входящую в рассматриваемую иерархию и обладающую исключительным объемом властных полномочий. В простейшем случае можно считать, что *принципал* сам не подвержен коррупции и его единственной целью является снижение уровня коррумпированности в иерархии. Для этого он в каждый момент времени проводит аудит элементов: в соответствии с заданным распределением вероятностей выбирается страта, и из нее с равной вероятностью выбирается несколько элементов; для каждого из выбранных элементов устанавливается объем коррупционного дохода, и если он превосходит некоторое установленное пороговое значение, то соответствующие элементы исключаются из системы и заменяются новыми. Эти новые элементы имеют случайное значение *толерантности*, а весовые коэффициенты всех ребер, инцидентных соответствующим вершинам графа, становятся равными единице. «Порог осуждения» может быть, вообще говоря, отличен от нуля и вместе с количеством подвергаемых аудиту элементов может быть разным для каждой страты. Издержки *принципала*, связанные с проведением процедуры аудита, в рассматриваемой нами модели не учитываются.

Механизм санкций тесно связан с определением уровня коррумпированности $C(t_k)$ в иерархии:

$$C(t_k) = \frac{\sum_m \eta_m(t_k)}{\sum_{m=0}^n \eta_m(t_k)},$$

где $\eta_m(t_k)$ — объем коррупционного дохода m -го элемента в момент времени t_k ; сумма в числителе берется только по тем элементам, для которых величина η_m больше соответствующего порогового значения; если сумма в знаменателе обращается в ноль, будем считать $C(t_k) \equiv 0$. Уровень коррумпированности лежит в диапазоне $[0,1]$, причем его нулевое значение

соответствует коррупции в пределах, которые *принципал* считает допустимыми. Следует отметить, что истинное значение определенного таким образом уровня коррумпированности ненаблюдаемо для *принципала*: действительно, если бы ему в каждый момент времени были известны все значения η_m , он всегда бы применял санкции к самым крупным коррупционерам.

Антикоррупционные стратегии. Можно предложить несколько конкретных стратегий, в соответствии с которыми *принципал* определяет строгость санкций. В простейшем случае количество подвергаемых аудиту элементов в каждой страте является фиксированным и никак не зависит от эволюции системы. Также можно рассматривать периодическую стратегию, при которой масштабные антикоррупционные кампании чередуются с периодами «умеренного интереса» к коррупционным преступлениям. В более общем случае действия *принципала* определяются некоторыми функциональными зависимостями от параметров системы и времени. Например, можно рассматривать стратегию с «обратной связью», в рамках которой строгость санкций увеличивается, если увеличивается уровень коррупции; при этом мы предполагаем, что *принципал* каким-либо способом может установить к моменту времени t_k точное значение $C(t_k - L)$, $L \in \mathbb{N}$, на основе которого и будет принимать решение.

Вспомогательные механизмы. Помимо механизма санкций, в системе также действует механизм ротации: для каждого элемента существует некоторое значение τ_i , соответствующее времени, в течение которого он занимает свое положение в иерархии; по истечении этого времени элемент покидает иерархию (уходит в отставку, переходит или переводится решением руководства на другую должность и т.д.). Соответствующей вершине присваивается новое значение *толерантности*, а весовые коэффициенты инцидентных ребер заменяются на единичные.

Следует также учитывать возможность изменения *толерантности*, которая соответствует различным стратегиям поведения элементов иерархии и, в некотором смысле, выражает их реакцию на санкции *принципала*: *толерантность* всех элементов остается неизменной (индифферентная стратегия); *толерантность* всех элементов, находящихся выше s -й страты увеличивается на единицу вплоть до достижения максимально возможного значения (оптимистичная стратегия); *толерантность* всех элементов в s -й страте и ниже уменьшается на единицу вплоть до достижения нулевого значения (пессимистичная стратегия); *толерантность* каждого элемента становится равной среднему арифметическому толерантностей связанных с ним элементов (адаптивная стратегия). Для оптимистичной и pessimистичной стратегий s — номер страты, элементы которой подверглись санкциям.

Результаты численного анализа

Постановка задачи. В качестве примера нами была рассмотрена пирамидальная иерархия из 50 элементов, распределенных по 6 стратам, с симметричными связями (см. рис. 5). Цена коррупционной сделки, предлагаемой элементу из s -й страты — реализация случайной величины с дискретным равномерным распределением; значение τ_i — реализация случайной величины, имеющей распределение Пуассона с параметром λ_s , где s — номер страты, к которой принадлежит i -й элемент. Максимальное значение *толерантности* и весовых коэффициентов ребер принято равным 10. Основные характеристики выделенных страт приведены в табл. 1.

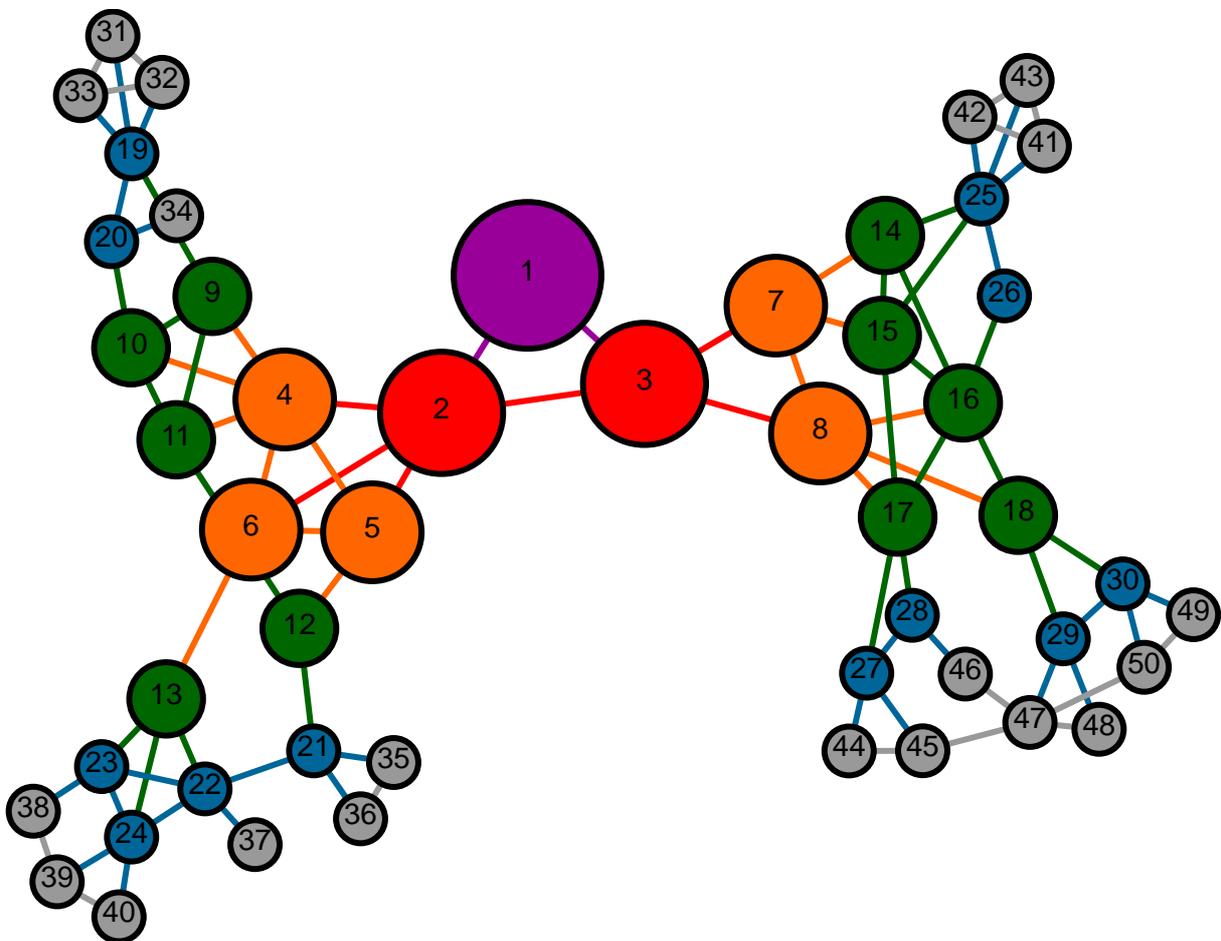


Рис. 5. Схема связей в рассматриваемой иерархической структуре

Выбор именно таких параметров объясняется достаточно просто. Экстремальные значения для цены сделки выбраны на основании того, что элементы, обладающие высоким статусом внутри иерархии (т.е. занимающие верхние страты) не склонны рисковать своим положением, поэтому сделки с низкой ценой им даже не предлагаются. Вероятности выбора страт для аудита примерно равны — предположительно, это позволит *принципалу*

контролировать всю иерархию, не допуская усиления какой-либо страты*. Порог осуждения, т.е. допустимый уровень коррупционного дохода, в целом совпадает с минимальной ценой сделки. Исключением здесь является лишь первая страта, поскольку элементы, состоящие в ней, являются в некотором смысле «ролевой моделью» для всех остальных элементов в иерархии, поэтому *принципал* требует от них абсолютной нетерпимости к коррупции. Ротационные параметры были выбраны на основании того, что положение в верхних стратах весьма престижно и элементы стремятся сохранять его как можно дольше; в то же время элементы низших страт достаточно легко могут покинуть иерархию в поисках новых возможностей для карьерного роста.

Таблица 1

Характеристики страт

Номер страты	1	2	3	4	5	6
Количество элементов в страте; π_s	1	2	5	10	12	20
Минимальная цена сделки	50	25	10	8	5	1
Максимальная цена сделки	50	35	15	10	10	6
Вероятность выбора страты для аудита	0.15	0.15	0.15	0.15	0.2	0.2
Количество элементов, подвергаемых аудиту; v_s	1	1	2	2	3	3
Порог осуждения	0	25	10	8	5	1
Ротационный параметр; λ_s	500	400	200	200	100	100

Функциональная зависимость $f(s)$, описывающая вероятность присоединения к сделке, была выбрана в виде

$$f(s) = 0.55 \Phi\left(\frac{4+s}{3}\right),$$

где Φ — функция распределения стандартного нормального закона (см. также рис. 3). Были рассмотрены три антикоррупционные стратегии, применяемые *принципалом*: стационарная, периодическая и с обратной связью (см. п. «Антикоррупционные стратегии» предыдущего раздела). Для этих стратегий количество элементов, подвергаемых аудиту, определялось соответственно функциями

$$b(s) = v_s;$$

$$b(s, t_k) = \left\lfloor \frac{\pi_s - v_s}{2} \left(\sin\left(\frac{2\pi t_k}{L}\right) + 1 \right) + v_s \right\rfloor;$$

* Как будет показано ниже, это интуитивное предположение находится в полном соответствии с результатами численного анализа.

$$b(s, t_k) = \left[(\pi_s - v_s) \Phi \left(\frac{C(t_k - L) - 0.5}{0.2} \right) + v_s \right].$$

Все основные характеристики системы (уровень коррумпированности, количество элементов с заданными свойствами и т.д.), строго говоря, являются случайными процессами. Всюду далее, рассматривая эти характеристики, мы будем подразумевать оценки математического ожидания соответствующих случайных процессов, полученные усреднением по 1000 траекторий. Эволюция рассматривалась на временном интервале $1 \leq t_k \leq 1000$. Все характеристики системы фиксировались после действия санкций и изменений, обусловленных ротацией.

Стационарная стратегия. Для стационарной стратегии *принципала*, как и следовало ожидать, уровень коррумпированности и объем коррупционных доходов достаточно быстро устанавливаются на некоторых постоянных уровнях, положение которых зависит от стратегии элементов. Так, наибольший уровень коррумпированности наблюдается при оптимистичной стратегии элементов (порядка 70%); для пессимистичной стратегии после непродолжительного переходного периода он устанавливается на уровне 5% (см. рис. 6).

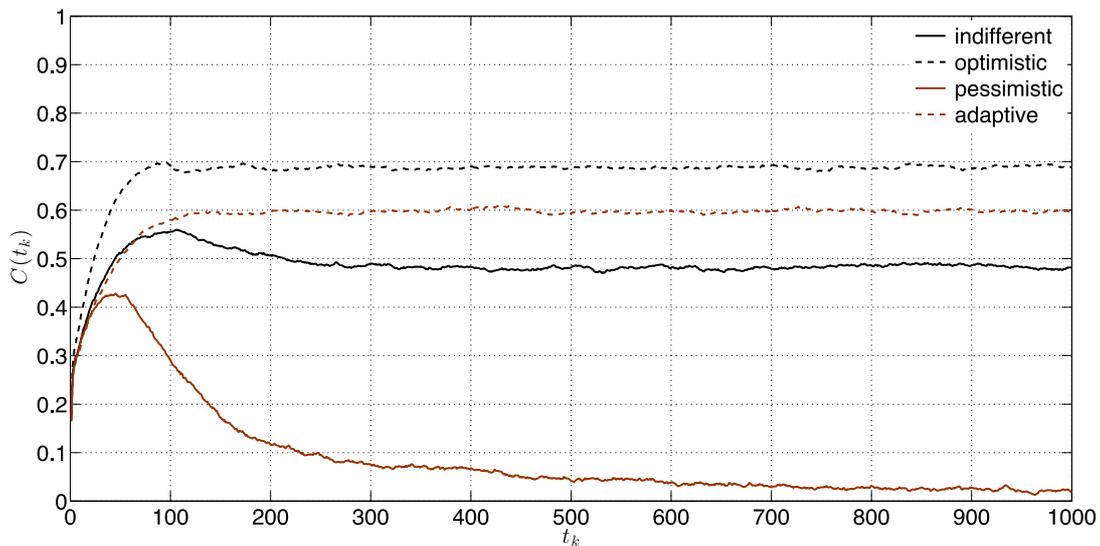


Рис. 6. Уровень коррумпированности: стационарная стратегия принципала

Распределения коррупционных доходов (рис. 7) по стратам для различных стратегий элементов оказались весьма схожи между собой. Наибольший доход во всех случаях сосредоточен в четвертой страте, и превосходит соответствующий порог осуждения в среднем в 6 раз. Доход первой страты не превосходит нескольких \$, несмотря на то, что для нее максимальная цена коррупционной сделки является наибольшей.

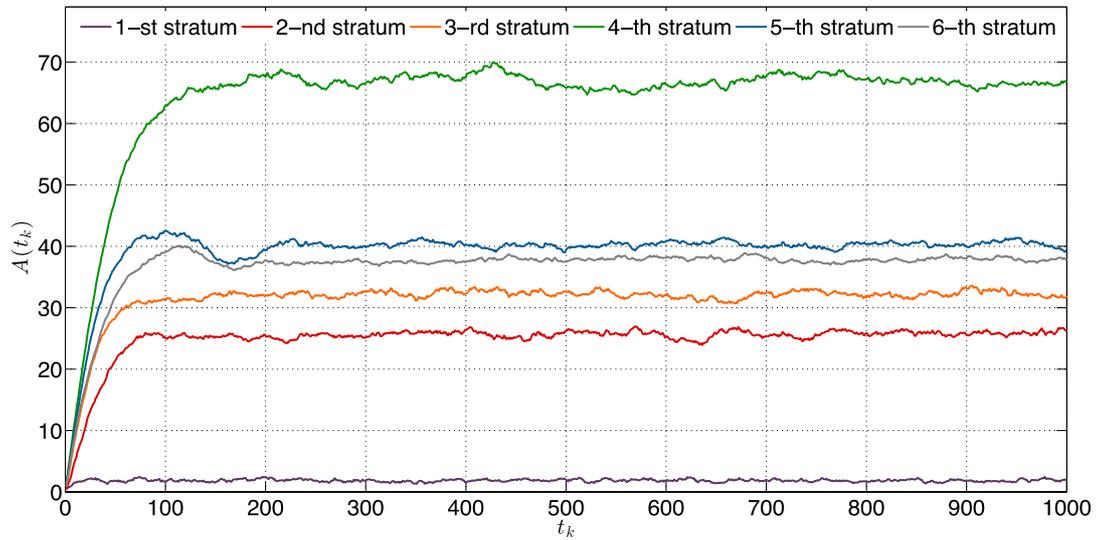


Рис. 7. Распределение коррупционных доходов по стратам: стационарная стратегия принципала, адаптивная стратегия элементов

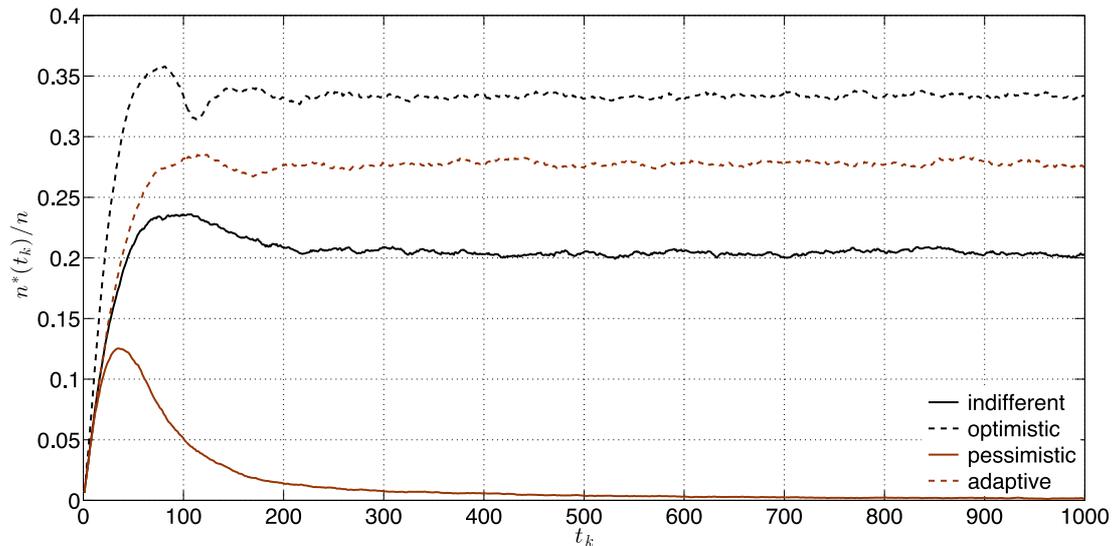


Рис. 8. Доля коррупционеров в иерархии: стационарная стратегия принципала

На рис. 8 показаны зависимости доли коррупционеров (т.е. элементов, чей коррупционный доход превосходит порог осуждения) к общему числу элементов n в иерархии при различных стратегиях элементов. Доля коррупционеров во всех случаях относительно невелика и в целом повторяет характер зависимости уровня коррумпированности от времени (см. рис. 6).

Периодическая стратегия. Динамика системы при выборе периодической стратегии также достаточно проста — основные характеристики системы изменяются периодически, причем период их изменения примерно совпадает с L . Увеличение параметра L приводит к некоторому увеличению максимальных

значений уровня коррумпированности и коррупционных доходов для всех страт, кроме двух первых. В структуре коррупционных доходов наибольшая часть по-прежнему принадлежит четвертой страте; как и в случае стационарной стратегии, доходы в первой страте существенно меньше, чем во всех остальных. Как и в предыдущем случае, динамика уровня коррумпированности совпадает с динамикой количества коррупционеров (см. рис. 9).

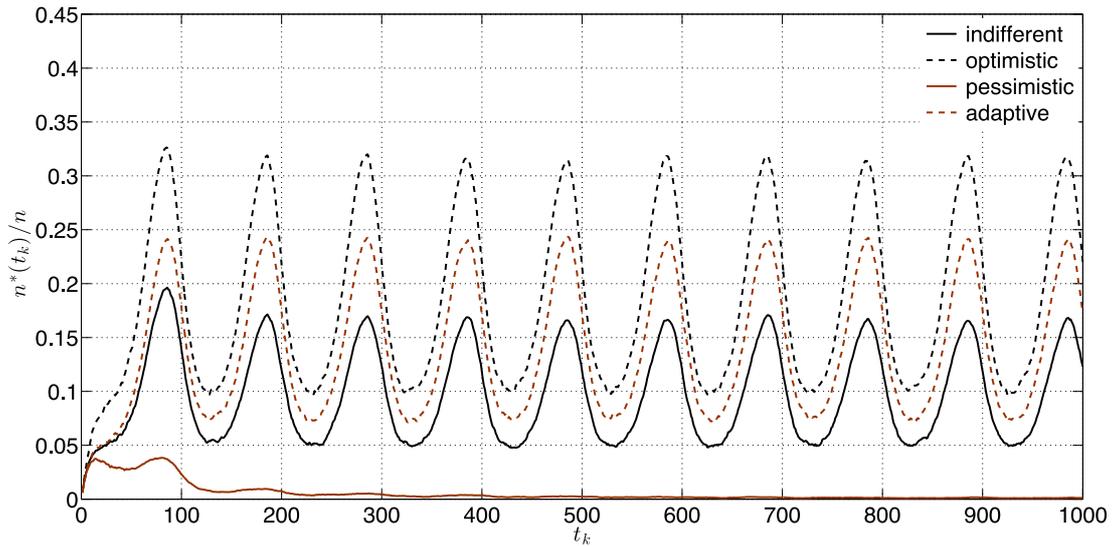


Рис. 9. Доля коррупционеров в иерархии: периодическая стратегия принципала с $L = 100$

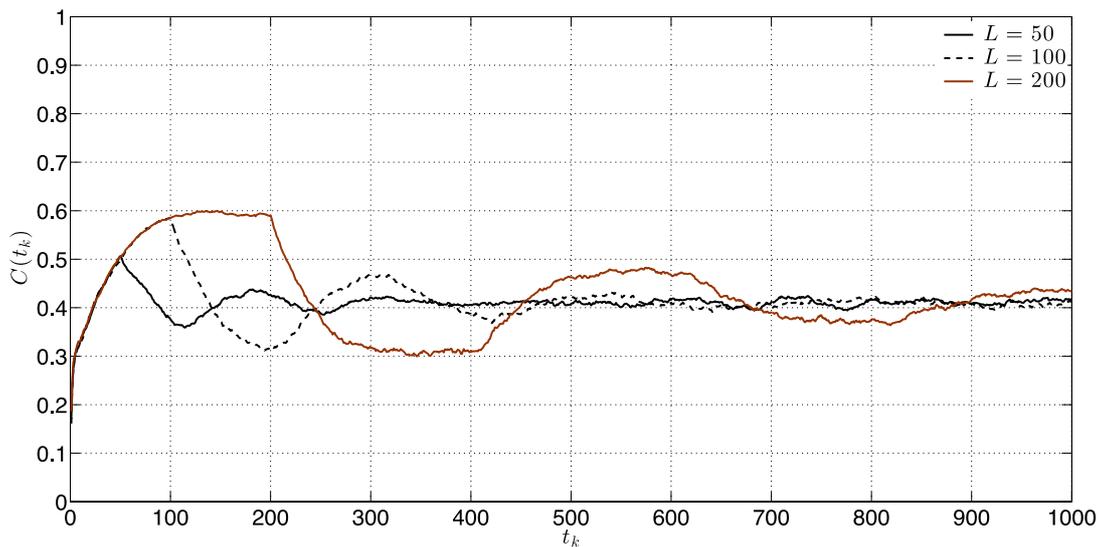


Рис. 10. Уровень коррумпированности: стратегия с обратной связью, адаптивная стратегия элементов

Стратегия с обратной связью. На рис. 10–11 представлены некоторые результаты для стратегии с обратной связью. При увеличении параметра запаздывания L становятся более заметными колебания уровня коррумпированности, вызванные временными повышениями строгости санкций. С течением времени амплитуда этих колебаний убывает и стремится к некоторому постоянному значению, причем оно меньше, чем в случае стационарной стратегии (ср. рис. 6 и 10). Структура коррупционных доходов в целом не отличается от рассмотренных выше случаев: наибольший доход сосредоточен в четвертой страте и превосходит пороговый в 4–10 раз, наименьший — в первой и составляет всего несколько \$.

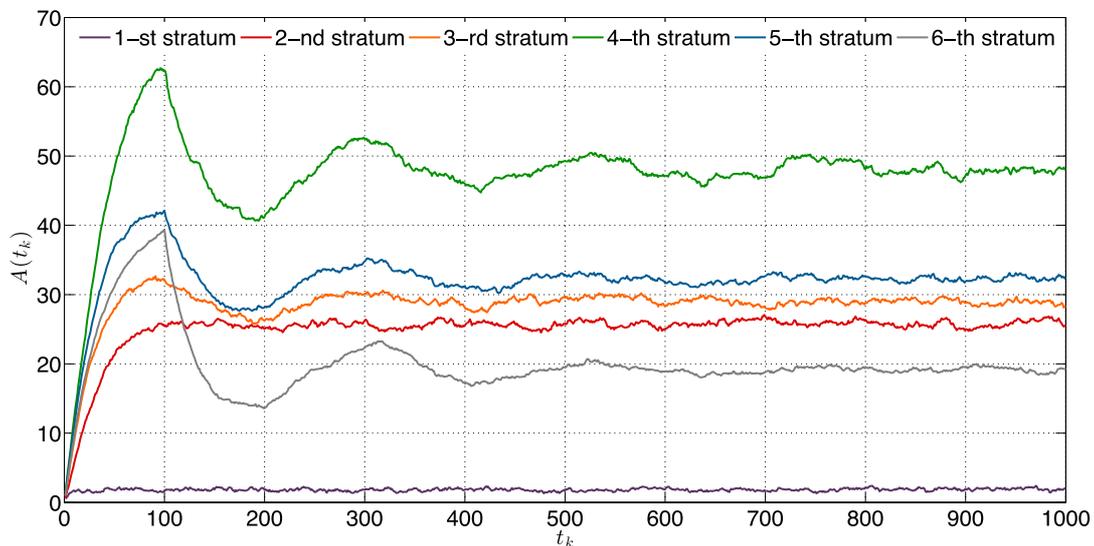


Рис. 11. Распределение коррупционных доходов по стратам: стратегия с обратной связью при $L = 100$, адаптивная стратегия элементов

Дополнительные замечания. Как показали вычисления, изменение ротационного параметра в разумных пределах (не более чем в 3 раза) не оказывает сколько-нибудь значимого влияния на динамику уровня коррумпированности. Вместе с тем уменьшение ротационного параметра для некоторой страты приводит к некоторому уменьшению коррупционного дохода в ней; причина такого уменьшения вполне прозрачна: элементы не успевают накопить коррупционные доходы перед тем как покидают иерархию. По этой же причине при «аномальной» ротации (например, при $\max_s \{\lambda_s\} \leq 20$) уровень коррупции снизится, хотя такой подход к ограничению коррупции слишком нереалистичен.

Следует отметить, что почти для всех рассмотренных комбинаций параметров наибольшим совокупным коррупционным доходом обладает четвертая страта (см. рис. 12). Это обусловлено тем, что элементы этой страты занимают стратегически выгодное положение в иерархии — именно они чаще

всего присоединяются к уже заключенным коррупционным сделкам, играя роль посредников. В то же время эта страта достаточно многочисленна, поэтому *принципал* редко может провести аудит всех ее элементов.

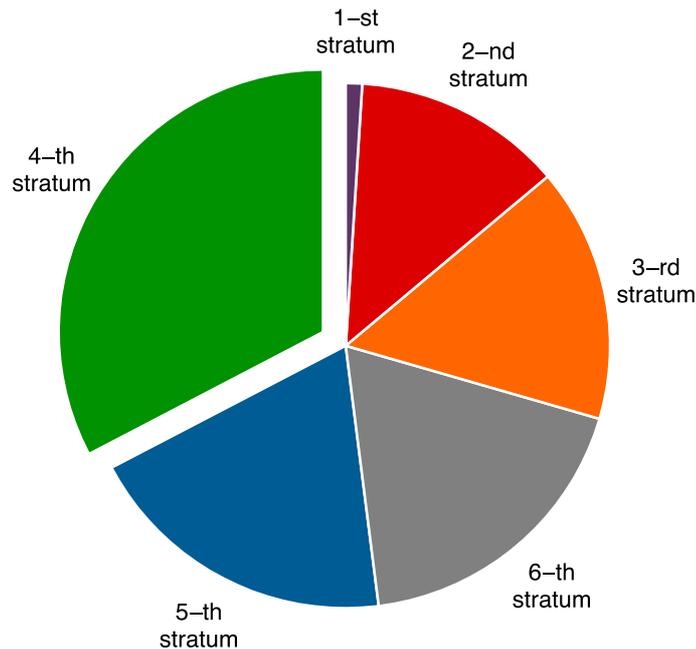


Рис. 12. Распределение коррупционных доходов после 1000 итераций (для стационарной стратегии принципала и адаптивной стратегии элементов)

На первый взгляд может показаться, что разумнее всего ужесточить санкции для четвертой страты, повышая вероятность аудита. Однако, поскольку увеличить вероятность аудита в какой-либо страте можно лишь за счет уменьшения этой вероятности в каких-либо других стратах, такие действия не приводят к существенному уменьшению общего уровня коррумпированности в системе — коррупционный доход лишь перераспределяется между остальными стратами. Аналогичный результат наблюдается и при увеличении v_s .

Результаты численного анализа показывают, что одни лишь «административные меры» (т.е. ужесточение санкций или усиление механизма ротации отдельно друг от друга) не могут существенно снизить уровень коррумпированности в иерархии. Наименее коррумпированной является иерархия с пессимистичной стратегией элементов, однако механизм изменения *толерантности* неподконтролен *принципалу*. Напомним, что под *толерантностью* мы понимаем готовность элемента вступить в коррупционную сделку, приобретая при этом противозаконную статусную ренту.

Некоторые дополнительные числовые характеристики для различных сочетаний стратегий принципала и стратегий элементов приведены в табл. 2.

Таблица 2

Сравнительные характеристики различных «сценариев» коррупции

			Стратегия элементов			
			Индифферентная	Оптимистичная	Пессимистичная	Адаптивная
Стратегия принципала	Стационарная	Максимальный уровень коррупции	56%	69%	45%	59%
		Средний уровень коррупции	48%	69%	7%	59%
		Максимальный размер клики*	15	16	6	14
		Средний размер клики	1	3	1	2
		Отклоненные сделки	52%	4%	95%	42%
	Периодическая	Максимальный уровень коррупции	47%	63%	25%	52%
		Минимальный уровень коррупции	17%	34%	8%	26%
		Максимальный размер клики	17	14	8	15
		Средний размер клики	2	3	1	2
		Отклоненные сделки	36%	5%	97%	34%
	С обратной связью	Максимальный уровень коррупции	54%	69%	43%	58%
		Средний уровень коррупции	33%	49%	9%	40%
		Максимальный размер клики	11	14	7	15
		Средний размер клики	1	3	1	2
		Отклоненные сделки	52%	4%	95%	32%

Заключение

Исследование модели показало, что типичный профиль коррупции (зависимость присваиваемых средств от номера социальной страты) является таким, что основная доля средств концентрируется в одной из средних страт (см. рис. 12). Интуитивно это понятно — размер отдельных взяток в высших эшелонах иерархических структур, вероятно, максимален, но количество элементов около вершины пирамиды невелико. Наиболее многочисленной является низшая страта, но для нее цена коррупционной сделки очень мала.

Несмотря на это, меры, направленные на усиление контроля за средним уровнем в иерархии, не приводят к положительным результатам. По-видимому, дело в том, что он необходим для «оказания коррупционных услуг» как

* Под кликой мы понимаем множество элементов, участвовавших в принятой коррупционной сделке.

верхней страте, элементы которой могут давать распоряжения, но не могут самостоятельно их осуществить, так и нижней, возможностей которых не хватает для осуществления многих коррупционных сделок.

Наиболее эффективной среди рассмотренных мер противодействия коррупции оказалась процедура «рандомизированного аудита», когда проверке подвергаются случайно выбранные элементы иерархии. Этот результат весьма важен как с точки зрения социопсихологической интерпретации коррупционного поведения, так и с точки зрения государственного и корпоративного управления.

Ключевым параметром в модели, влияние которого более существенно, чем всех остальных, является уровень *толерантности*, отражающий степень готовности элемента вступить в коррупционную сделку. Бисмарк писал, что войны выигрывают школьный учитель и приходской священник. По-видимому, то же самое относится и к борьбе с коррупцией — решающими оказываются воспитание, формирование моральных основ и способности противостоять агрессивной социальной среде. Существенное влияние на снижение *толерантности* также оказывает увеличение социального статуса корпорации администраторов, поскольку в этом случае ущерб от разоблачения коррупционных преступлений многократно возрастает и делает принятие коррупционной сделки иррациональным.

Построенная модель является «открытой» в нескольких смыслах. В ней есть ряд существенных параметров, поэтому она заслуживает более подробного и тщательного анализа. В данной работе рассмотрены только типичные ситуации, и, вероятно, вне области нашего внимания оказалось множество других интересных случаев. Так, например, не рассмотренными остались динамика и геометрия коррупционных кластеров, которые могут быть особенно важны для тех, кто занимается борьбой с коррупцией.

Модель является «гибкой» и может быть «настроена» на множество конкретных организаций, что может быть полезно как для теории, так и для практики. Мы будем признательны всем, кто возьмется за анализ, развитие, обобщение и практическое приложение построенной модели, а также за критические замечания в ее адрес.

Список литературы

1. Владимиров В.А., Воробьев Ю.Л., Малинецкий Г.Г. и др. Управление риском: Риск. Устойчивое развитие. Синергетика. — М.: Наука, 2000. — 431 с.
2. Будущее России в зеркале синергетики. / под ред. Г.Г. Малинецкого. — М.: КомКнига, 2006. — 272 с.
3. Будущее России. Вызовы и проекты: История. Демография. Наука. Оборона. / под ред. Г.Г. Малинецкого. — М.: ЛИБРОКОМ, 2013. — 264 с.

4. Будущее России. Экономика. Техника. Инновации. / под ред. Г.Г. Малинецкого. — М.: ЛИБРОКОМ, 2009. — 344 с.
5. Синергетика: Будущее мира и России. / под ред. Г.Г. Малинецкого. — М.: ЛКИ, 2008. — 384 с.
6. Конвенция об уголовной ответственности за коррупцию. — Совет Европы. Серия Европейских договоров. № 173. — Страсбург, 1999.
7. Конвенция о гражданско-правовой ответственности за коррупцию. — Совет Европы. Серия Европейских договоров. № 174. — Страсбург, 1999.
8. Конвенция Организации объединенных наций против коррупции. — Нью-Йорк: ООН, 2004. — 72 с.
9. Российская Федерация. Законы. О противодействии коррупции: федер. закон: принят Государственной Думой 19 декабря 2008 г.: одобрен Советом Федерации 22 декабря 2008 г. // Российская газета. — 2008. — 30 декабря. — № 4823.
10. Pellegrini L. Economic analysis of corruption // *Corruption, development and the environment*. — Dordrecht: Springer, 2011. — P. 13–27.
11. Leff N.H. Economic development through bureaucratic corruption // *American Behavioral Scientist*. — 1964. — Vol. 8, no. 3. — P. 8–14.
12. Huntington S.P. *Political order in changing societies*. — New Haven: Yale University Press, 1968. — 488 p.
13. Bardhan P. Corruption and development: a review of issues // *Journal of economic literature*. — 1997. — Vol. 35, no. 3. — P. 1320–1346.
14. История Древнего Востока. Зарождение древнейших классовых обществ и первые очаги рабовладельческой цивилизации. Часть 1. Месопотамия / под ред. И.М. Дьяконова. — М.: Наука. Главная редакция восточной литературы, 1983. — 534 с.
15. Кузовков Ю.В. *Мировая история коррупции*. — М.: Анима-Пресс, 2010. — 137 с.
16. История коррупции в России / под ред. Н.И. Серьгова. — М.: МОСУ, 1999.
17. Saisana M., Saltelli A. *Corruption Perception Index 2012*. — Luxembourg: Publication Office of the European Union, 2012. — 28 p.
18. Warren D.E., Laufer W.S. Are corruption indices a self-fulfilling prophecy? A social labeling perspective of corruption // *Journal of business ethics*. — 2009. — Vol. 88, no. 4. — P. 841–849.
19. Axelrod R. *The evolution of cooperation*. — New York: Basic Books, 2004. — 261 p.
20. Tirole J.A. Theory of collective reputations (with applications to the persistence of corruption and to firm quality) // *The Review of Economic Studies*. — 1996. — Vol. 63, no. 1. — P. 1–22.
21. Jain A.K. Corruption: a review // *Journal of economic surveys*. — 2001. — Vol. 15, no. 1. — P. 71–121.

22. Aidt T.S. Economic analysis of corruption: a survey // *The Economic Journal*. — 2003. — Vol. 113, no. 491. — P. F632–F652.
23. Elliott K.A. Corruption and the global economy. — Washington: Peterson Institute for International Economics, 1997.
24. Mauro P. Corruption and growth // *Quarterly Journal of Economics*. — 1995. — Vol. 110, no. 3. — P. 681–712.
25. Shleifer A., Vishny R.W. Corruption // *Quarterly Journal of Economics*. — 1993. — Vol. 108, no. 3. — P. 599–617.
26. Tranzi V. Corruption around the world — causes, consequences, scope, and cures // *International Monetary Fund Staff Papers*. — 1998. — Vol. 45, no. 4. — P. 559–594.
27. Offer A. Between the gift and the market: The economy of regard // *Economic History Review*. — 1997. — Vol. 50, no. 3. — P. 450–462.
28. Ades A., DiTella R. Rents, competition, and corruption // *American Economic Review*. — 1999. — Vol. 89, no. 4. — P. 982–993.
29. Cragg A.W. Business, globalization, and the logic and ethics of corruption // *International Journal*. — 1998. — Vol. 53, no. 4. — P. 643–660.
30. Treisman D. The causes of corruption: A cross-national study // *Journal of Public Economics*. — 2000. — Vol. 76, no. 3. — P. 399–457.
31. Montinola G.R., Jackman R.W. Sources of corruption: A cross-country study // *British Journal of Political Science*. — 2002. — Vol. 32. — P. 147–170.
32. Роуз-Аккерман С. Коррупция и государство. Причины, следствия, реформы. — М. : Логос, 2003. — 356 с.
33. Ли Куан Ю. Сингапурская история. Из третьего мира — в первый. — М.: МГИМО МИД России, 2005. — 656 с.
34. Koolhaas R. Singapore songlines: portrait of a Potemkin metropolis... or thirty years of tabula rasa / in *S,M,L,XL*. — New York: Monacelli Press, 1995. — 1376 p.
35. Gibson W. Disneyland with the death penalty // *Wired*. — 1993. — no. 1.04.
36. Выборнов Р.А. Модели и методы управления организационными структурами с коррупционным поведением участников. — М.: ИПУ РАН, 2006. — 110 с.
37. Михайлов А.П. Математическое моделирование динамики распределения власти в иерархических структурах // *Математическое моделирование*. — 1994. — Т. 6, № 6. — С. 108–138.
38. Михайлов А.П. Модель коррумпированных властных иерархий // *Математическое моделирование*. — 1999. — Т. 11, № 1. — С. 3–17.
39. Михайлов А.П., Ланкин Д.Ф. Моделирование оптимальных стратегий ограничения коррупции // *Математическое моделирование*. — 2006. — Т. 18, № 12. — С. 115–124.

40. Rinaldi S., Feichtinger G., Wirl F. Corruption dynamics in democratic societies // *Complexity*. — 1998. — Vol. 3, no. 5. — P. 53–64.
41. Wirl F. Socio-economic typologies of bureaucratic corruption and implications // *Journal of Evolutionary Economics*. — 1998. — Vol. 8, no. 2. — P. 199–220.
42. Wolfram S. *A new kind of science*. — Champaign: Wolfram Media, 2002. — 1192 p.
43. Newman M.E.J. The structure and function of complex networks // *SIAM Review*. — 2003. — Vol. 45, no. 2. — P. 167–256.