

МОДЕЛИ КОНФОРМНОГО ПОВЕДЕНИЯ.

Ч. 1. От философии к математическим моделям

В.В. Бреер

Дан краткий обзор изучения конформного поведения с точки зрения различных наук — философии, культурологии, теоретической, практической и социальной психологии. Предпринята попытка классифицировать математические модели конформного поведения как частный случай моделей социального взаимодействия. Подробно рассмотрены модели Шеллинга и Грановеттера, давшие начало другим математическим моделям.

Ключевые слова: конформное поведение, социальное взаимодействие, модели критической массы, пороговые модели социального взаимодействия, социофизические модели, управление толпой.

ВВЕДЕНИЕ

Конформное поведение проявляется как взгляды, убеждения и, в конечном итоге, действия, подчиняющиеся правилам поведения в группе. Одним из проявлений конформного поведения являются социальные нормы. Как правило, эти нормы носят неявный характер и регулируют взаимодействия внутри социальной группы или в обществе в целом. Эта тенденция может проявляться в виде бессознательных влияний или в виде прямого и открытого социального давления. Конформность может проявляться как в присутствии других людей, так и когда человек находится в одиночестве и не испытывает непосредственного влияния извне. Например, люди имеют тенденцию следовать социальным нормам даже в одиночку, когда едят или смотрят телевизор.

Люди зачастую ведут себя конформно из желания безопасности в группе. Обычно это происходит в группах сверстников либо группах, представляющих единую культуру, религию или образовательный статус. Это часто называют групповым мышлением, подразумевая под этим такой образ мышления, который характеризуется самообманом, принудительным согласием и соответствием групповым ценностям и групповой этике поведения, которая игнорирует реалистичную оценку других вариантов действий. Нежелание соответствовать несет в себе риск социального отторжения.

Конформность часто ассоциируется с культурой поведения в период отрочества и юности, но также может сильно проявляться у людей всех возрастов.

Несмотря на то, что давление со стороны сверстников может проявляться негативно, конформность может иметь хорошие или плохие эффекты в зависимости от ситуации. Вождение по правильной стороне дороги, и вообще по правилам, можно рассматривать как полезный эффект конформности. При правильном влиянии родителей и окружения в раннем детстве ребенок впоследствии намного легче адаптируется и разделяет поведение, принятое в обществе. Конформность влияет на формирование и поддержание социальных норм, а также помогает обществу функционировать нормально и предсказуемо через самоустранение таких видов поведения, которые находятся в противоречии с неписаными правилами. В этом смысле конформность может быть позитивной силой, которая предотвращает разрушительные и опасные акты поведения.

Так как конформность — групповой феномен, такие факторы, как размер группы, единомышленность, сплоченность, социальный статус и общественное мнение, оказываются определяющими для степени конформности отдельных индивидуумов.

Явление конформности изучается разными науками. Цель настоящего обзора состоит в рассмотрении математических моделей, описывающие данное явление, и в попытке их классификации.



Первая часть обзора имеет следующую структуру. В § 1 конформное поведение кратко описывается с точки зрения гуманитарных наук — *философии* (И. Кант [1] — о природе моды, Ф. Ницше [2] — о стадном инстинкте), *классической психологии* (К. Юнг [3] — об идентификации и имитации) и *мифологии* (М. Элиаде [4] — исследование мифологии архаических народов).

В § 2 явление конформности рассматривается с точки зрения *прикладной психологии*. Отмечаются положительные (единство в кризисных ситуациях и др.) и отрицательные (снижение способности к самостоятельности и др.) факторы конформности, вводятся типы социального влияния при конформности: информационное и нормативное влияние. Здесь же приводятся результаты хрестоматийных психологических экспериментов (М. Шерифа [5], Р. Барона [6], С. Эша [7, 8]), подтверждающих наличие явления конформности при разных типах влияния на испытуемых.

В § 3 сделана попытка объяснить, какое место занимают *модели социального взаимодействия* в теориях, описывающих массовое поведение больших социальных групп. Для этого приводится классификация математических моделей социального взаимодействия по составу, основным параметрам и принципу функционирования моделей, а также по применяемому математическому аппарату (теория игр, теория динамических систем, теория вероятностей и др.). При рассмотрении математических моделей в настоящей работе по возможности принято единообразное описание по таким аспектам (пунктам): состав участников, принцип функционирования, основные параметры и основные результаты. Если требуются специфические аспекты, то они добавляются в каждом конкретном случае.

Основным эффектом, который изучается в математических моделях социального взаимодействия, является *эффект критической массы*, который заключается в том, что при непрерывном изменении определенного параметра («массы») поведение системы меняется кардинальным образом. Например, при превышении плотностью населения данного типа определенной величины число его представителей будет расти, тогда как, если плотность ниже этой величины, то число представителей этого типа уменьшается. В § 3 делается обзор первых моделей критической массы, основоположниками которых в социологии являются Т. Шеллинг [9–13] и М. Грановеттер [14]. Две базовые модели Шеллинга [9] — *модель пространственного соседства* (Spatial Proximity Model) и *модель ограниченного окружения* (Bounded-Neigh-

borhood Model), в основном, интерпретируются в терминах сегрегации и других проявлений расового разделения.

Ставшая хрестоматийной модель М. Грановеттера [14] основывается на социологических исследованиях генезиса погромов и революций. В отличие от Шеллинга, Грановеттер исследовал устойчивость равновесия в поведении одного типа агентов. Работа [14] стала отправной точкой для дальнейшего развития моделей *порогового социального поведения* (Threshold Models) [15], а также для приложений этой модели к внедрению инноваций (новых технологий и т. п.) [16], потребительскому спросу [17], сегрегации [18] и задачам распределения общественных благ (public goods) [19]. Более подробный список приложений моделей порогового поведения приведен далее в табл. 3.

Развитие классических моделей Шеллинга и Грановеттера будут рассмотрены в следующей части обзора.

1. ОБЩЕНАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОНФОРМНОСТИ

Философия. Конформное поведение проявляется у человека в большей или меньшей степени всегда. Одним из множества примеров служит следование *моде*. Некоторые исследователи (см., например, работы [20–22]) считают, что следование моде в большой степени зависит от компромисса между индивидуальным желанием выделиться и социальным желанием быть похожим на других. Высказывания некоторых философов также иллюстрируют эту гипотезу. Так, И. Кант говорит, что следование моде не соответствует разумному понятию пользы [1, с. 277]: «Человеку присуща естественная склонность сравнивать себя в своем поведении с тем, кто более значителен (ребенку — со взрослым, простому человеку — с более знатными людьми), и подражать его образу действий. Закон такого подражания, цель которого состоит в том, чтобы не казаться менее значительным, чем другие, причем в той области, где совершенно не принимаются во внимание соображение пользы, называется модой».

Другим примером конформного поведения служит *мораль*. Одним из самых известных исследователей и критиков морали является Ф. Ницше [2, 23, 24]. В своем афоризме «Страх перед одиночеством» он приводит один из компромиссных внутренних мотивов конформного поведения человека в обществе [2, с. 84]: «Упреки совести и у самого совестливого человека слабы по сравнению с чувством: «вот это и вон то противно хорошему

тону твоего общества». Даже сильнейший все еще боится холодного взгляда, искривленного гримасой рта, со стороны тех, среди которых и для которых он воспитан. Чего же тут, собственно, бояться? Одиночества! — этого аргумента, перед которым отступают даже наилучшие аргументы в пользу какой-нибудь личности или дела! — Так вещает в нас стадный инстинкт.»

Для краткого определения моделей конформного поведения термин Ницше «*стадный инстинкт*» подходит наилучшим образом (существуют и современные термины — *herd behavior* [25], *nerd behavior* [26]). В работе [27] предпринята попытка объяснить, почему социальные традиции, а именно стадный инстинкт, так долго сохраняются, передаваясь от поколения к поколению.

Психология. Еще к большему обобщению явления конформного поведения приходит К.Г. Юнг. Для описания он определяет это явление через термин *диссимилиация*, «как уподобляющее приспособление субъекта к объекту и отчуждение субъекта от самого себя в пользу объекта, будь то внешний объект или же объект «психологический», как, например, какая-либо идея» [3, с. 569]. Соответствующий психологический процесс Юнг называет *идентификацией* или *имитацией*. Здесь более понятен термин имитация как сознательное подражание. Идентификация есть бессознательное подражание («стадный инстинкт» у Ницше). Важно то, что «имитация есть необходимое вспомогательное средство для развивающейся, еще юной личности. Она способствует развитию до тех пор, пока не служит для простого удобства и не задерживает развития подходящего индивидуального метода. Подобно этому и идентификация может содействовать развитию, пока индивидуальный путь еще не проложен. Но как только открывается лучшая индивидуальная возможность, так идентификация обнаруживает свой патологический характер тем, что оказывается в дальнейшем настолько же задерживающей развитие, насколько до этого она бессознательно содействовала подъему и росту ... субъект под ее влиянием расщепляется на две частичные личности, чуждые одна другой» [3, с. 586].

Приведенное определение показывает, что субъект развивается с помощью идентификации и имитации (в нашем определении — конформности), т. е. подражания другим, и, достигнув определенного *уровня*, развивается далее благодаря индивидуальным возможностям. Этот уровень зависит от многих факторов — возраста (молодые люди подвержены конформности в большей степени, чем зрелые), пола (женщины, как правило, более

конформны, чем мужчины), воспитания и образования (менее образованные люди охотнее повторяют поведение друг друга), среды обитания (монокультурное окружение приводит к большей конформности поведения). Зачастую при определенных обстоятельствах субъекту необходим *выбор* поведения, которое характерно для каждой из его двух частичных личностей, описанных Юнгом. Этот выбор зависит от уровня индивидуальности субъекта. Все психологические типы Юнг строит на основании степеней идентификации и имитации.

Мифология. Историко-мифологические корни конформного поведения обнаружил известный французский культуролог Мирче Элиаде. В результате всестороннего исследования *мифологии* архаических народов, населяющих различные уголки нашей планеты, он делает следующий вывод: «...человек традиционных культур представлял себя реальным лишь в той мере, в какой он переставал быть самим собой (с точки зрения современного наблюдателя), довольствуясь *имитацией* и *повторением* кого-то другого. Иными словами, он признавал себя реальным, «действительно самим собой» именно в той мере, в какой переставал им быть» [4, с. 46].

2. КОНФОРМНОСТЬ В ПРИКЛАДНОЙ ПСИХОЛОГИИ

Конформностью в психологии называют такой процесс взаимодействия в социальной группе, когда поведение индивидуума направляется или корректируется поведением других людей. Конформность играет как положительную, так и отрицательную роли для личности и социальной группы.

Положительная роль конформности состоит в следующем:

— формируется единство группы в кризисных ситуациях, что позволяет, например, выжить в сложных условиях;

— упрощается организация совместной деятельности благодаря отсутствию размышлений по поводу поведения в стандартных обстоятельствах и получению инструкций по поведению в нестандартных обстоятельствах;

— уменьшается время адаптации человека в коллективе;

— группа приобретает единое лицо.

В отрицательном смысле (беспринципность, приспособленчество) конформность:

— снижает способность самостоятельно ориентироваться в новых и непривычных условиях;

— притупляет критичность восприятия окружающей реальности;



- способствует некритичной подмене индивидуальных морально-этических норм социальными;
- способствует развитию предрассудков и предрассудков против меньшинств;

- снижает способность к оригинальным и творческим идеям.

Конформность имеет место как в малых группах, так и в обществе в целом. Она может проявляться как подсознательно, так и непосредственно с помощью социального давления или добровольно (см., например, игру [28], описанную далее). Конформность проявляется и в присутствии окружающих, и тогда, когда другие люди фактически не присутствуют.

Такая универсальность этого явления не могла пройти мимо внимания тех, кто изучает поведение человека: ранее — философов, а в настоящее время — психологов. Соответствующие процессы назывались и называются по-разному, и все названия в какой-то мере отражают его суть — конформность.

Глубинные причины и механизмы конформности пытаются исследовать психологи. Так, считается, что люди часто подвержены конформности из-за стремления почувствовать себя в безопасности внутри группы, которая обычно состоит из людей одинакового возраста, культуры, религии или уровня образования. Любое непринятие правил сопровождается реальным риском социального отвержения (см. цитату Ф. Ницше [2] ранее). В соответствии с этим конформность служит одним из способов защиты от запугивания и критики со стороны равных (*peer pressure*).

Так как конформность — это явление, проявляющееся в социальной группе, то индивидуальный порог конформизма зависит от многих факторов, таких как размер группы, степень единогласия в ней, индивидуальный статус субъекта в группе, априорная приверженность идеям группы, общественное мнение и т. п. [29].

В работе [30] отмечаются три главных *типа социального влияния* при конформности:

- согласованность (*compliance*) как общественная конформность;

- идентификация (*identification*) — подражание кому-то, кого субъект любит, уважает или этот кто-то пользуется всеобщим признанием (см. цитату К.Г. Юнга [3] ранее);

- интернализация (*internalization*) как процесс принятия индивидуумом норм, которые установлены людьми или группами, имеющими влияние на этого индивидуума.

В социальной психологии рассматриваются в основном два типа социального влияния — *норма-*

тивное и *информационное*, соответствующие первому и третьему из перечисленных типов влияния.

Информационное влияние возникает тогда, когда индивидуум обращается к членам группы, чтобы получить точную информацию. Это в основном бывает в трех случаях, когда ситуация:

- сомнительная, когда индивидуум не уверен, что нужно делать;

- критическая, когда необходимо принять быстрое решение, несмотря на панику; индивидуум повторяет действия большинства, и зачастую это не всегда правильное решение;

- «неразрешимая» без помощи экспертов; с другой стороны, мнение экспертов не всегда истина.

Информационное влияние часто приводит к *интернализации*, т. е. имеет место искренняя вера индивидуума в то, что информация верна. Информационное социальное влияние было впервые отмечено в работе М. Шерифа [5], где исследуется поведение людей, изменяющих свое мнение для того чтобы соответствовать общему мнению группы. Участники помещались в темную комнату, и им предлагали вглядываться в светлое пятно на расстоянии около пяти метров. Далее их просили оценить расстояние, на которое переместилось пятно. На самом деле пятно не двигалось, а имел место обман зрения, называемый «самодвижущимся эффектом» (*auto kinetic effect*). Все участники оценивали расстояние, «пройденное» пятном, по-разному, но при обсуждении приходили к одному общему мнению. С помощью анализа результатов этого эксперимента автор предложил модель распространения как социальных норм, так и заблуждений в обществе.

Последующие эксперименты базировались на более реальных ситуациях [6]. Так, на этапе опознания испытуемым показывали «подозреваемого» сначала индивидуально, а затем в составе других подозреваемых. Им давалась одна секунда, чтобы опознать его, что делает задачу достаточно трудной. Одной группе сообщали, что их общее мнение чрезвычайно важно и будет учтено для изменения процедур следственного процесса. Другой группе было сказано, что это просто тест. В первой группе конформность проявили 51 % ее членов, тогда как во второй — всего 35 %.

В работе [31] была предложена гипотеза о том, что отклонения (*fads*) и тренды поведения в обществе формируются в результате рационального выбора отдельных индивидуумов на основе информации, полученной ими от окружающих. Информационные потоки (*informational cascades* — информационные каскады, лавины) очень быстро

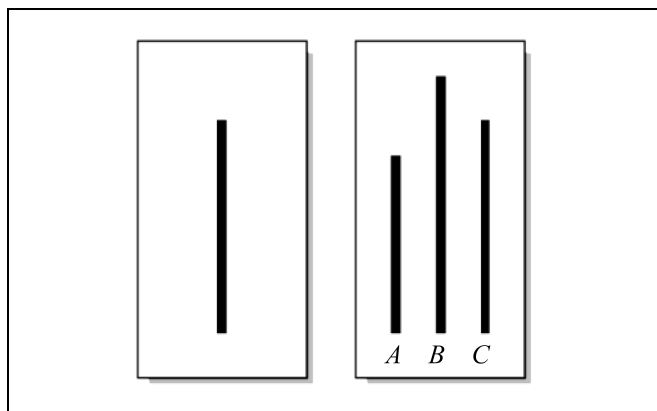


Рис. 1. Опыт С. Эша, иллюстрирующий конформность

формируются, так как люди преимущественно игнорируют свои внутренние сигналы и соглашаются с тем, что делают окружающие. Эти потоки являются преходящими (*fragile*) потому, что люди постепенно осознают, что они основываются на ограниченной информации. В круг рассматриваемых явлений авторы работы [31] включили, в том числе, и явления моды. Предложенная ими математическая модель описывается далее.

Нормативное (институциональное) социальное влияние имеет место тогда, когда индивидум хочет понравиться или быть принятым в определенную социальную группу. Это приводит к так называемой публичной уступчивости (*public compliance*), когда индивидум может делать или говорить то, во что он не верит.

Первым психологом, кто исследовал нормативное социальное влияние в лабораторных условиях, был Саломон Эш [7, 8]. Он модифицировал эксперимент со световым пятном, описанный ранее. Первоначально каждому испытуемому предлагали простой визуальный тест, в котором ошибка маловероятна. Ему следовало указать, какому из отрезков — *A*, *B* или *C* в правой части — равен отрезок в левой части рис. 1.

Правильный ответ, очевидно, «*C*» и 97 % индивидуально испытуемых отвечали правильно. Затем испытуемых тестировали в составе группы. Каждому испытуемому сообщали, что остальные члены группы — такие же участники, как и он. На самом деле последние были подставными лицами и отвечали единодушно по заранее составленному плану экспериментатора: например не «*C*», а «*A*». Уровень конформизма оказался очень высоким — число неправильных ответов у испытуемых возрастало в 10 раз до 32 % (с 3 % в индивидуальных тестах).

Во всех описанных ранее экспериментах, иллюстрирующих конформное поведение, индивидум выбирает одно решение из ограниченного числа вариантов. При выборе он испытывает влияние со стороны окружающих, причем это влияние тем более сильное, чем большая доля окружающих выбрала это решение. Внутренние факторы каждого конкретного индивидума очень разноплановы, но конформность как бы преодолевает все эти барьеры.

Интересно, что перечисленные психологические эксперименты стали хрестоматийными — они приводятся практически в любом учебнике по социальной психологии, однако проводились они достаточно давно (в середине прошлого века). Среди относительно новых исследований можно указать на работу [6]. На основании экспериментов, проведенных ее авторами, можно сделать вывод, что уровень конформности убывает по мере возрастания важности поставленной перед индивидуумом задачи.

3. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ КОНФОРМНОГО ПОВЕДЕНИЯ

Ранние социологические и психологические работы (см., например, книги [3, 32]) содержали утверждения о том, что массовое поведение больших социальных групп регулируется неким общим фундаментальным подсознанием (или массовым сознанием). У К.Г. Юнга, например, этими функциями обладал так называемый «архетип». Но эта теория не нашла применения в построении моделей массового поведения, и сегодня общими задачами социальных наук являются видимые изменения в социальных явлениях, которые возникают без участия явных фундаментальных для них причин. Чтобы описать подобного рода явления, необходимо учитывать «мелкие» изменения в перенных поведения большого числа агентов. Эти микроизменения в конечном итоге приводят к макроэффектам в социальных явлениях. Модели на базе такого подхода называются *моделями социального взаимодействия* (*Models of Social Interactions*) (см., например, работы [33, 34]). В них поведение агента зависит, наряду с прочими факторами, от выбора других агентов во всей социальной группе или в ее части, составляющей «окружение» данного агента. Макроэффект возникает тогда, когда значительная доля агентов придерживается одного и того же выбора.

Модели социального взаимодействия нашли отражение в обширной литературе, отражающей теорию социального поля [35], динамику распро-

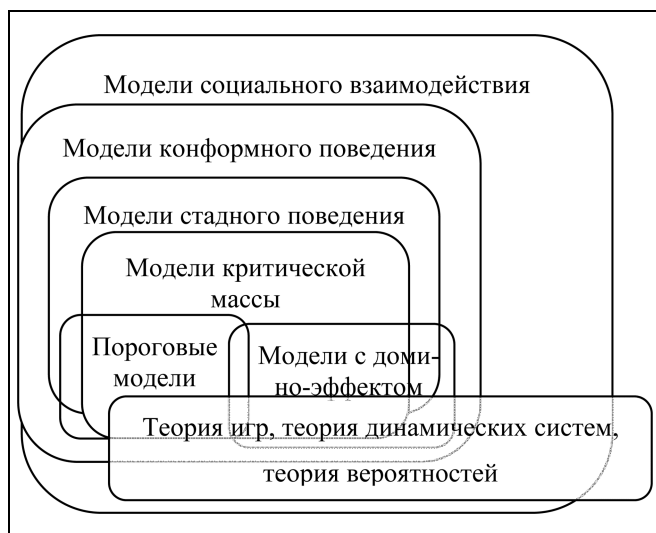


Рис. 2. Классификация моделей социального взаимодействия

странения сегрегации [9—13], участие в протестах [14], принятие религиозных предпочтений [36], бизнес-циклы [37], диффузия инноваций [38], экономический рост [39], изменение уровня преступности [40], принятие новых технологий [41], флуктуации цен на финансовых рынках [42, 43].

Схематично классификацию математических моделей социального взаимодействия можно представить в виде схемы — рис. 2 (при этом мы делаем акцент на «детализацию» вариантов конформного поведения).

Математический аппарат, применяемый для описания моделей социального поведения, достаточно разнообразен: теория вероятностей, дифференциальные уравнения, теория устойчивости, теория игр [44, 45] и др.

В рамках математических моделей социального взаимодействия [46, 47]) значительную долю составляют исследования конформного поведения. Работы по *моделям конформного поведения* [27, 48, 49] основываются на том, что индивидуальное поведение во многом мотивируется так называемыми социальными факторами, такими как желание престижа, уважения, популярности или желание быть принятым в различные социальные группы. Социологические, психологические и антропологические исследования подтверждают тот факт, что эти факторы широко распространены и приводят к конформности (см. § 1, 2).

Описание многих социальных процессов, в том числе моделей конформного поведения, с точки зрения системного анализа и когнитологии содержится в работе [50]. Вероятностные (неигровые)

модели конформного поведения рассматриваются в работах [51, 52]. В них учитываются два фактора — автономность агента и его зависимость от коллектива, и рассматриваются различные частные случаи соотношений между этими факторами. В работе [53] рассматривается динамическая (также неигровая) модель, и в ней кроме собственного мнения и «подражательного эффекта» (конформности) добавляется еще один фактор — внешний стандарт (или навязанная традиция).

Модели *подражательного поведения* (имитации) — см. работы [25, 54, 55] — строят, исходя из того, что агенты получают информацию, наблюдая за действиями остальных, и поэтому намереваются имитировать тех, кто, по общему мнению, лучше информирован или более эффективен.

В работе [26] строится модель «стадного поведения» (herd behavior) или «тупого поведения» (nerd behavior) в образовательном процессе. Так, студент может прикладывать или не прикладывать усилия в процессе учебы в зависимости от того, что он думает о том, как ведут себя его соседи. Соответственно, это приводит к нескольким возможным положениям равновесия, которые характеризуются различным уровнем усилий, прилагаемых студентами в процессе учебы. В работе [41], в которой исследуется модель конформного поведения для принятия новых технологий, делается вывод, что «стадное поведение» может привести к равновесию, которое не является общественно оптимальным. В работе [56] сравниваются эволюционный и теоретико-игровой подходы к исследованию конформного поведения в обучении. Оказывается, что эволюционный подход приводит к равновесию, которое совпадает с равновесием Нэша, *доминирующим по риску*. К уменьшению количества возможных множественных равновесий может привести учет в модели социальных норм, как это сделано в работе [57].

Одно из направлений исследования конформности составляют *модели критической массы* [58—61] (см. вложенные области на рис. 2). Эти модели характеризуются признаками:

- агенты осуществляют дискретный (или бинарный) выбор;
- агенты гомогенны в своих предпочтениях, т. е. их поведение можно описать одной целевой функцией;
- функция полезности агента возрастает с увеличением доли других агентов (его окружения), сделавших такой же выбор.

Такие термины, как «критическая масса», «эпидемии» и «инфекции», происходят от моделей, развитых в физике и эпидемиологии и во мно-

гом сходных между собой. Например, SIR-модель (Susceptibility/Infection/Recovery — восприимчивость/инфекция/выздоровление) в математической эпидемиологии восходит к работе [57] (см. также обзор применения этого класса моделей в социальных системах в работе [62]). В SIR-модели рассматривается популяция, в которой индивидум может заразиться инфекцией при контакте с другими. Весь процесс заболевания делится на три стадии — восприимчивость, заражение инфекцией и выход из состояния болезни по причине выздоровления или смерти. Один из важных вопросов, на который необходимо найти ответ, будет ли болезнь распространяться до тех пор, пока все восприимчивые индивидумы популяции не переболеют ею, или она остановится, не затронув всех членов популяции. Подверженность болезни, представляющая собой аналог индивидуального порога в моделях [14], считается одинаковой для всех индивидумов популяции. После выздоровления индивидум приобретает иммунитет к болезни («Все, что нас не убивает, делает нас сильнее» [2]). В качестве критической массы здесь выступает плотность населения. Если плотность населения больше некоторого критического значения, то болезнь захватывает всю восприимчивую часть популяции. Если же плотность меньше этого значения, то эпидемия затухает.

Как уже отмечалось, основополагающими работами по моделям критической массы в социальной науке являются работы Т. Шеллинга [9–13] и М. Грановеттера [14]. За исследования, отраженные в работе [13], Шеллинг получил Нобелевскую премию по экономике в 2005 г. Книга входит в сотню «самых влиятельных» научных работ второй половины XX в.

В работах Шеллинга [9, 11], содержащих анализ расовой сегрегации, развиваются несколько моделей критической массы. В этих моделях рассматривается принятие семьей решения по выбору района проживания в зависимости от предпочтений по отношению к своему окружению (своим соседям).

Модель 1 в работе [9] называется *моделью пространственного соседства* (spatial proximity model).

Состав модели. Рассматривается поведение двух групп агентов, которые различаются по одному из признаков: раса, пол, возраст, доход, язык, религия, цвет кожи и т. п. Агенты, в зависимости от личных предпочтений, могут жить в окружении агентов противоположной группы или перемещаться в то место, где агенты своей группы представлены в большей пропорции. Признак агента изображается графически белым или чер-

ным квадратом, и агенты распределяются на прямой (или на плоскости в двумерном варианте модели). В начальный момент времени агенты распределены на прямой по определенному закону, как это показано в табл. 1.

Таблица 1

**Начальное распределение агентов
в модели пространственного соседства**



Функционирование. Агент может перемещаться по прямой (или на плоскости), выбирая место, удовлетворяющее критерию наличия минимальной доли соседей с таким же признаком. Агенты осуществляют выбор последовательно (порядок ходов определяется заданной первоначальной нумерацией агентов). При покидании агентом своего места, его соседи смыкаются, при появлении на новом месте, соседи раздвигаются.

Основные параметры. Выделяются пять факторов, от которых зависит эволюция системы:

— количество других агентов в окружении данного агента; окружение определяется как заранее заданное количество агентов по обе стороны от него;

— минимальная доля соседей с таким же признаком (цветом) в окружении;

— общее соотношение «белых» и «черных» агентов;

— правила перемещения;

— начальное распределение агентов вдоль прямой (или на плоскости).

Основные результаты. Модель исследуется путем имитационного моделирования. Шеллинг отмечает, что в рамках модели с минимальным процентом соседей с таким же признаком, равным 5/9, существует равновесие, которое может быть графически изображено в виде «кластеров». Таких равновесий много, и они представляют собой структуру с регулярным переменным составом в 2,5 и более агентов с одинаковым признаком.

Если уменьшить *размер значимого для агента окружения соседями*, то структура равновесия остается такой же — регулярные кластеры из определенного числа агентов, как это показано в табл. 2.

Таблица 2

**Конечное распределение агентов
в модели пространственного соседства**





При изменении общего соотношения «белых» и «черных» агентов в равновесии, вместо чередующихся кластеров возникает так называемая сегрегация, т. е. агенты с цветом, составляющим меньшинство, образуют либо малое число кластеров, либо один большой кластер. При ограничении расстояния, на которое могут агенты перемещаться (изменение правила перемещения), число кластеров возрастает, а их размер, соответственно, убывает. Для распределения агентов на плоскости общие эффекты остаются теми же, но с более сложной структурой кластеров.

Модель 2 называется *моделью ограниченного окружения* (bounded-neighborhood model). В отличие от предыдущей модели, в ней окружение имеет другой смысл. Здесь оно не привязано к конкретному месту, а скорее к сообществу, в котором агенту комфортно находиться. Опять-таки, рассматривая случай «белых» и «черных» агентов, каждого агента интересует доля «своих», находящихся в его окружении. В этой модели под окружением понимается не непосредственное число соседей, а значительно большее число агентов (100—200) в некоторой области. Это позволяет заменить дискретное описание континуальным через функции распределения.

Состав модели. Рассматривается поведение двух групп агентов, которые различаются по одному из признаков, аналогичных модели пространственного соседства. Агент определенной группы (например, «белый») может находиться в окружении, где доля агентов противоположной группы («черных») не превышает его верхнего *уровня толерантности* — характерного для этого агента порога.

Функционирование. Если доля агентов противоположной группы не превышает порога данного агента, то последний продолжает находиться в этом окружении, иначе он его покидает. При благоприятных для себя обстоятельствах агент может вернуться в это окружение обратно. Таким образом, агент имеет только двоичный выбор, в отличие от предыдущей модели, где стратегия представляла собой перемещение вдоль прямой или на плоскости.

Основные параметры. Объект исследования — функции распределения *порогов толерантности* агентов разных типов. В зависимости от начальных условий и вида кривых распределения исследуется динамика процесса перехода данного окружения в состояние равновесия, при котором плотность агентов определенного типа не изменяется.

Общее знание (common knowledge [63]) состоит в том, что агенты обладают информацией только о

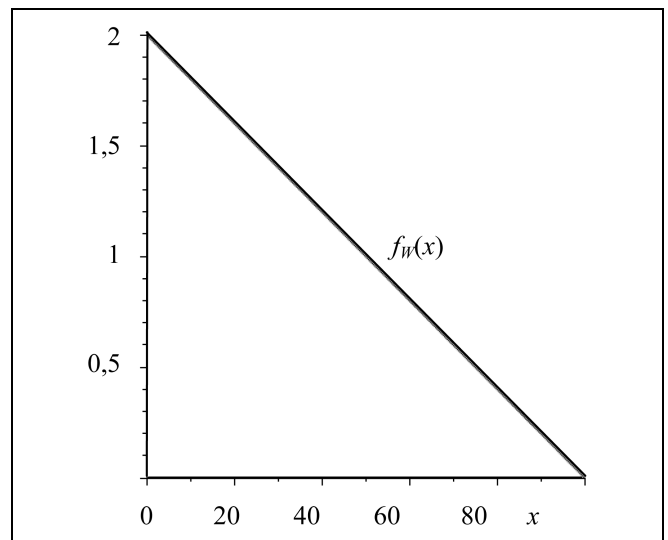


Рис. 3. Функция толерантности «белых» агентов

пропорции двух групп в своем окружении. Динамика процесса зависит также от относительной скорости реакции агентов разных групп на изменение общего знания.

Основные результаты. Простейшим случаем является линейная функция зависимости порога толерантности «белых» агентов f_W (см. рис. 2). Обозначим количество «белых» агентов через N_W , а максимальное значение порога толерантности отношения «черных» к «белым» агентам в своем окружении — через $R_{B/W}$. Количество «белых» агентов x , пороги которых не превышают величины $f_W(x)$, удовлетворяет линейному соотношению

$$f_W(x) = -\frac{R_{B/W}}{N_W}x + R_{B/W}.$$

Тогда величина $F_W(x) = x f_W(x)$ показывает количество «черных» агентов, которых «терпят» x «белых» агентов. График этой зависимости для $N_W = 100$ и $R_{B/W} = 2$ показан на рис. 3, где по оси абсцисс отложено количество «белых», а по оси ординат — «черных» агентов.

Для «черных» агентов введем такие же обозначения N_B , $R_{B/W}$, а функцию $f_B(x)$ будем считать также линейной. Построив на том же графике (рис. 4) функцию $F_B(x)$ для 50 «черных» агентов, где x изменяется по вертикальной оси от 0 до $N_B = 50$ и $R_{W/B} = R_{B/W} = 2$, получим точку S пересечения двух графиков (рис. 4). Эта точка и определяет равновесные пропорции между «черными» и «белыми» агентами в данном окружении.

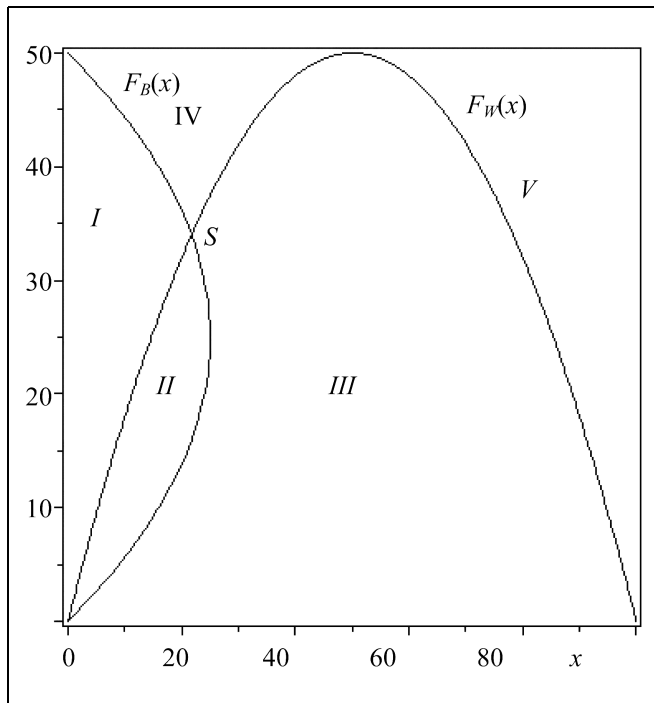


Рис. 4. Равновесие между «черными» и «белыми» агентами

Из областей *II* и *IV* (см. рис. 4) доли агентов сходятся со временем к *S*. Но положение равновесия *S* неустойчиво, так как при смещении из этой точки в области *I* и *III* возникают новые положения равновесия (0; 50) и (100; 0) соответственно. Последние два положения равновесия, т. е. когда во всем окружении присутствуют только «черные» или «белые» агенты, являются устойчивыми.

При других соотношениях между общим количеством «белых» и «черных» агентов могут появляться дополнительные устойчивые положения равновесия. Если имеют место внешние ограничения, а именно запрет на проживание в данном окружении «белых», «черных» или ограничение общего количества агентов, то дополнительные устойчивые положения равновесия также возникают.

Шеллинг показал, что в рассматриваемой модели существует несколько положений равновесия, в которые система «опрокидывается» («tipping») при превышении плотности агентов определенного типа некоторого критического значения.

В книге [12] Шеллинг развил и обобщил модель ограниченного окружения на другие примеры, такие как: коллективное поведение (посещение факультетских семинаров, волейбольных матчей, неосторожный переход улицы, присоединение к аплодисментам), ухудшение качества окружения в

районе проживания, сегрегация, решение суда без предварительного разбирательства, потеря доверия банкам, голосование, политические революции, дорожные знаки и переход на летнее время.

Модель 3 (пороговая модель М. Грановеттера). В работе [14] Грановеттер рассмотрел модели критической массы с несколько иной точки зрения. Его подход основывается на социологических исследованиях генезиса погромов и революций. В отличие от Шеллинга, Грановеттер исследовал устойчивость равновесия в поведении одного типа агентов.

Работа [14] стала отправной точкой для дальнейшей классификации порогового социального поведения (Threshold Models) [15, 64], а также для приложений этой модели к внедрению новых технологий [16], потребительскому спросу [17], сегрегации [18] и проблемам коллективного выбора [19].

Состав модели. Социальная группа состоит из *n* агентов. Любой агент может либо «действовать», либо «бездействовать». Для агента каждый из выборов действия или бездействия имеет свои положительные и отрицательные стороны. Агенты являются рациональными, а именно, исходя из своих целей и предпочтений, а также понимания ситуации, они действуют так, чтобы максимизировать свой выигрыш.

Основные параметры. Будем считать, что *выигрыш* агента зависит, с одной стороны, от действий (или бездействия) окружающих его агентов, т. е. от *социального фактора* — *давления группы*. С другой стороны — от его индивидуальных предпочтений, т. е. *индивидуального фактора* — *автономности* агента. В работе [14] такого рода поведение, зависящее от социального и индивидуального факторов, описывается в виде так называемой *модели порогового коллективного поведения*. Пусть индивидуальный фактор описывается числом *q*, принадлежащим отрезку [0; 1] (порогом), а социальный фактор *r* — долей действующих агентов.

Функционирование. Агент сравнивает значение своего индивидуального фактора (порога) со значением социального фактора — доли действующих агентов и принимает соответствующее решение — действовать или бездействовать: если $r < \theta$, то агент бездействует, если $r \geq \theta$, то агент действует. Обозначим функцию распределения порогов через $F_\theta(\cdot): [0; 1] \rightarrow [0; 1]$, а долю действующих в момент времени *t* агентов через $r(t)$. По определению функции распределения, доля агентов с порогами, не превышающими $r(t)$, равна $F_\theta(r(t))$. Значит, в следующий момент времени будет действовать



именно эта доля агентов, т. е. справедливо рекуррентное соотношение:

$$r(t + 1) = F_{\theta}(r(t)).$$

Положение равновесия характеризуется условием $r(t + 1) = r(t)$, т. е. $r = F_{\theta}(r)$. Это положение равновесия может быть устойчивым или неустойчивым. Устойчивым оно будет, если график функции распределения $F_{\theta}(\cdot)$ пересекает биссектрису первого квадранта сверху. Если график функции распределения $F_{\theta}(\cdot)$ пересекает биссектрису снизу, то равновесие будет неустойчивым.

Основные результаты. Хотя формулировка функционирования модели включает доли действующих агентов и, соответственно, относительные значения порогов, в основных результатах Грановеттер использует абсолютные величины. Автор исследовал нормальную функцию распределения порогов для 100 агентов со средним значением 25:

$$F(x, \sigma) = \frac{100}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{(y-25)^2}{2\sigma^2}} dy.$$

Зависимость точки равновесия от стандартного отклонения σ получилась разрывной. В точке $\sigma_c \approx 12,2$ существует «скачок» равновесия — с 6 агентов до 100. Этот разрыв объясняется тем, что при значении стандартного отклонения $\sigma_c \approx 12,2$ график функции распределения не пересекает биссектрису, а касается ее в точке $r = 6$ (рис. 5). Небольшое изменение значения стандартного отклонения переводит точку равновесия из $r = 6$ в $r = 100$. Таким образом, модель Грановеттера объясняет ситуации, когда две толпы, близкие по распределению порогов, могут вести себя совершенно по-разному.

Грановеттер почти не рассматривал случаи, когда некоторые из агентов являются друзьями, приводя только общие рассуждения [14] на эту тему. Социоматрица (дружеские связи между агентами) существенно изменяет поведение агентов, и тем самым намечается путь расширения области использования модели, который потом реализовал Чуэ [15, 65]. Другое ограничение модели состоит в том, что в ней не учитываются пространственные и временные ограничения для взаимодействий агентов.

Несмотря на эти ограничения, пороговая модель Грановеттера породила обширное направление исследований в области социального поведения. Она легко вписывается в класс моделей критической массы: в ней «критической массой»

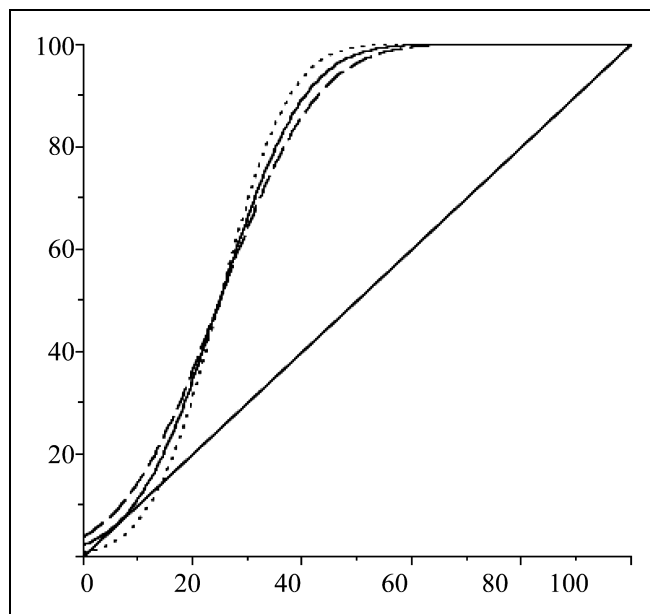


Рис. 5. Равновесия для различных значений стандартных отклонений порогов: ---- $\sigma = 10$; — $\sigma = 12,2$; - - - $\sigma = 14$; — x

будет, например, указанное критическое стандартное отклонение σ_c .

Содержательные интерпретации. Приведем соответствующие примеры порогового поведения — см. табл. 3.

Как видно из приведенных примеров, социальный фактор носит количественный характер (доля или число принявших решение о действии), тогда как индивидуальный фактор имеет различную (в том числе психологическую) природу.

В последующие годы модели 1–3 получили широкое развитие, которое продолжается и по настоящее время. Последователи попытались более подробно изучить социальный и индивидуальный факторы, наполняя их параметрами с содержательными интерпретациями. В результате применимость моделей значительно расширилась по сравнению с табл. 3, что будет проиллюстрировано в следующей части обзора.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В первой части обзора рассмотрено, как широко распространенное явление конформного поведения рассматривалось различными науками. Оно не прошло мимо внимания философов, психологов и культурологов. Ими было показано, что в индивиде борются противодействующие психологические проявления поведения — следование действиям окружающей его социальной группе и

Примеры применимости модели порогового поведения [14]

Ситуация/действие	Факторы	
	Социальный r	Индивидуальный θ
Поведение при погромах и забастовках/принять участие	Кол-во забастовщиков	Боязнь неприятностей от властей
Распространение слухов/ стать распространителем	Кол-во знакомых, сказавших о новости, разделяющих критическое мнение и т. п.	Уровень доверия к чужому мнению
Голосование за кандидатов/ проголосовать "за"	Кол-во проголосовавших "за"	Подверженность влиянию других. Нежелание потерять голос
Выбор профессии	Кол-во выпускников, выбравших данную профессию	Готовность к предстоящей конкуренции на рынке труда. Индивидуальные предпочтения
Уход с просмотра фильма	Кол-во уже ушедших с просмотра	Вежливость по отношению к создателям фильма (даже если их в зале нет!) или перед сидящими рядом, которых нужно побеспокоить
Эмиграция/эмигрировать	Поток уезжающих граждан из данной страны	Склонность к перемене привычной жизни. Требования к уровню комфорта, свободе и т. п.

подчинение своему индивидуальному видению ситуации. Приведено несколько психологических экспериментов, которые иллюстрируют инстинктивную глубину конформного поведения. Рассмотрены математические модели Шеллинга и Грановеттера, которые дали начало описанию этого явления, нашедшего продолжение в последующих моделях критической массы и пороговых моделях.

В следующей части обзора будут рассмотрены более поздние математические модели и, в соответствии с их классификацией, приведены области их приложений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кант И. Антропология с прагматической точки зрения: Собр. соч. в 8 т. — М.: Чоро, 1994. — Т. 7.
2. Ницше Ф. Веселая наука. — СПб.: Азбука-классика, 2006.
3. Юнг К.Г. Психологические типы. — СПб.: Азбука, 2001.
4. Элиаде М. Миф о вечном возвращении. — М.: Ладомир, 2000.
5. Sherif M. The psychology of social norms. — N.-Y.: Harper Collins, 1936.
6. Baron R.S., Vandello J.A., & Brunzman B. The forgotten variable in conformity research: Impact of task importance on social influence // Journal of Personality and Social Psychology. — 1996. — Vol. 71. — P. 915–927.
7. Asch S.E. Opinions and social pressure // Scientific American. — 1955. — Vol. 193, N 5. — P. 31–35.
8. Asch S.E. Studies of independence and conformity: A minority of one against a unanimous majority // Psychological Monographs. — 1956. — Vol. 70, N 9 (whole no. 416). — P. 1–70.
9. Schelling T. A process of residential segregation: Neighborhood tipping, in Racial Discrimination / in: A. Pascal (Ed.), Economic Life, Lexington, MA: Lexington Books, 1972. — P. 157–184.
10. Schelling T. Hockey Helmets, Concealed Weapons, and Daylight Saving: A Study of Binary Choices with Externalities // The Journal of Conflict Resolution. — 1973. — Vol. 17, N 3. — P. 381–428.
11. Schelling T. Dynamic models of segregation // Journal of Mathematical Sociology. — 1971. — Vol. 1. — P. 143–186.
12. Schelling T. Micromotives and Macrobehavior. — N.-Y.: WW Norton & Co, 1978.
13. Schelling T. The Strategy of Conflict. — Oxford: Oxford Univ. Press, 1960.
14. Granovetter M. Threshold Models of Collective Behavior // The American Journal of Sociology. — 1987. — Vol. 83, N 6. — P. 1420–1443.
15. Chwe M. Structure and Strategy in Collective Action // American Journal of Sociology. — 1999. — Vol. 105, N 1. — P. 128–157.
16. Granovetter M., Soong R. Threshold models of diffusion and collective behavior // Journal of Mathematical Sociology. — 1983. — N 9. — P. 165–179.
17. Granovetter M., Soong R. Threshold models of interpersonal effects in consumer demand // Journal of Economic Behavior and Organization. — 1986. — N 7.
18. Granovetter M., Soong R. Threshold models of diversity: Chinese restaurants, residential segregation, and the spiral of silence // Sociological Methodology. — 1988. — Vol. 18. — P. 69–104.
19. Macy M. Chains of cooperation: threshold effects in collective action // American Sociological Review. — 1991. — Vol. 56, N 6. — P. 730–747.
20. Килошниченко М.И. Психология моды: теоретический и прикладной аспекты. — СПб.: СПГУТ, 2001.
21. Орлова Л.В. Азбука моды. — М.: Просвещение, 1989.
22. Brock W., Durlauf S. A Multinomial Choice Model of Neighborhood Effects // American Economic Review. — 2002. — Vol. 92, N 2. — P. 298–303.



23. Ницше Ф. Генеалогия морали. — СПб.: Азбука-классика, 2010.
24. Ницше Ф. По ту сторону добра и зла: Сочинения. — М.: Эксмо; Харьков: Фолио, 2006.
25. Axelrod R., Tesfatsion L. A Guide for Newcomers to Agent-Based Modelling in the Social Sciences // Handbook of Computational Economics. — 2006. — Vol. 2.
26. Banerjee A., Besley T. Peer Group Externalities and Learning Incentives: A Theory of Nerd Behavior, John M. Olin Discussion Paper no. 68. Princeton. — N.-J.: Princeton Univ., December 1990.
27. Akerlof G.A. The Market for «Lemons»: Quality Uncertainty and the Market Mechanism // The Quarterly Journal of Economics. — 1970. — Vol. 84, N 3. — P. 488—500.
28. Keynes, J.M. The General Theory of Employment, Interest and Money. — London: Macmillan, 1936.
29. Aronson E., Wilson T.D., & Aker A.M. Social Psychology. Upper Saddle River. — N.-J.: Pearson Prentice Hall, 2007.
30. Kelman H. Compliance, identification, and internalization: Three processes of attitude change // Journal of Conflict Resolution. — 1958. — Vol. II, N 1. — P. 51—60.
31. Bikhchandani S., Hirshleifer D., Welch I. A Theory of Fads, Fashion, Custom, and Cultural Change as Informational Cascades // Journal of Political Economy. — 1992. — Vol. 100, iss. 5. — P. 992—1026.
32. Лебон Г. Психология народов и масс. — М.: Макет, 1995.
33. Macy M., Willer R. From Factors to Actors: Computational Sociology and Agent-Based Modeling // Annual Review of Sociology. — 2002. — Vol. 28. — P. 143—166.
34. Squazzoni F. The Micro-Macro Link in Social Simulation // Sociologica. — 2008. — N 1.
35. Levin K. Field theory in social science. — N.-Y.: Harper, 1951. — 422 p.
36. Becker G. and Murphy K.M. Social Markets: Market Behavior in a Social Environment. — Cambridge: Belknap-Harvard University Press, 2001.
37. Cooper J., John A. Coordination failures in Keynesian models // Quarterly Journal of Economics. — 1988. — Vol. 103, N 3. — P. 441—464.
38. Deffuant G., Huet S., Amblard F. An Individual-Based Model of Innovation Diffusion Mixing Social Value and Individual Benefit // American Journal of Sociology. — 2005. — Vol. 110, N 4. — P. 1041—1069.
39. Durlauf S.N. A Framework for the Study of Individual Behavior and Social Interactions // Sociological Methodology. — 2001. — Vol. 31, iss. 1. — P. 47—87.
40. Glaeser E., Sacerdote B., Scheinkman J. Crime and social interactions // Quarterly Journal of Economics. — 1996. — Vol. CXI. — P. 507—548.
41. Katz M., and Shapiro C. Technology Adoption in the Presence of Network Externalities // Journal of Political Economy. — 1986. — Vol. 94. — P. 822—841.
42. Follmer H., Horst U., and Kirman A. Equilibria in financial markets with heterogeneous agents: A probabilistic perspective // Journal of Mathematical Economics. — 2004. — Vol. 41 (1—2). — P. 123—155.
43. Horst U. Financial price fluctuations in a stock market model with many interacting agents // Econ. Theory. — 2005. — Vol. 25, N 4. — P. 917—932.
44. Губко М.В., Новиков Д.А. Теория игр в управлении организационными системами. — М.: СИНТЕГ, 2002. — 148 с.
45. Myerson R. Game theory: analysis of conflict. — Cambridge—Massachusetts—London: Harvard University Press, 2001.
46. Jackson M. Social and Economic Networks. — Princeton: Princeton University Press, 2008.
47. Glaeser E., Scheinkman J. Non-Market Interactions. — Harvard Institute of Economic Research Working Papers number 1914, 2002.
48. Bernheim D. A Theory of Conformity // Journal of Political Economy. — 1994. — Vol. 102, N 5.
49. Jones S. The Economics of Conformism. — Oxford: Blackwell, 1984.
50. Плотинский Ю.М. Модели социальных процессов: Учебное пособие для высших учебных заведений. — Изд. 2-е, перераб. и доп. — М.: Логос, 2001. — 296 с.
51. Краснощекоев П.С. Некоторые результаты математического моделирования одного механизма коллективного поведения // Социология: 4М. — 1994. — № 3—4. — С. 65—83.
52. Краснощекоев П.С. Простейшая математическая модель поведения. Психология конформизма // Математическое моделирование. — 1998. — Т. 10, № 7. — С. 76—92.
53. Гаврилец Ю.Н., Фомина Ю.В. Моделирование динамики социальной установки (на примере отношения студентов к рекламе на телевидении) // Социология. — 2002. — № 15. — С. 110—134.
54. Benito J.M., Hernandez P. Schelling's Dynamic Models of Segregation: A cellular automata approach (2004). — URL: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.87.1841> (дата обращения 8.11.2013).
55. Conlisk J. Costly Optimizers versus Cheap Imitators // Journal of Econ. Behavior and Organization. — 1980. — Vol. 1, iss. 3. — P. 275—293.
56. Kandori M., Mailath G., Rob R. Learning, Mutation, and Long Run Equilibria in Games // Econometrica. — 1993. — Vol. 61, N 1. — P. 29—56.
57. Kempe D., Kleinberg J., Tardos E. Influential Nodes in a Diffusion Model for Social Networks. Automata, Languages and Programming In Automata // Languages and Programming. — 2005. — Vol. 3580. — P. 1127—1138.
58. Oliver P. Formal Models of Collective Action // Annual Review of Sociology. — 1993. — Vol. 19. — P. 271—300.
59. Oliver P., Marwell G., Teixeira R. A Theory of the Critical Mass. I. Interdependence, Group Heterogeneity, and the Production of Collective Action // The American Journal of Sociology. — 1985. — Vol. 91, N 3. — P. 522—556.
60. Oliver P., Marwell G. The Paradox of Group Size in Collective Action: A Theory of the Critical Mass. II // American Sociological Review. — 1988. — Vol. 53, N 1. — P. 1—8.
61. Oliver P., Marwell G., Pahl R. Social Networks and Collective Action: A Theory of the Critical Mass. III // The American Journal of Sociology. — 1988. — Vol. 94, N 3. — P. 502—534.
62. Васин А.А. Эволюционные и повторяющиеся игры: Учебное пособие. — М.: Российская экономическая школа, 2005. — 74 с.
63. Новиков Д.А., Чхартишвили А.Г. Рефлексия и управление: математические модели. — М.: Физматлит, 2012. — 420 с.
64. Xue J. Collective Behavior with Endogenous Thresholds. Faculty of Economics / University of Cambridge in its series Cambridge Working Papers in Economics number 0613. — 2006.
65. Chwe M. Communication and Coordination in Social Networks // Review of Economic Studies. — 2000. — Vol. 67, N 1. — P. 1—16.

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

Бреер Владимир Валентинович — бизнес-аналитик, ЗАО «АВИАХЭЛП ГРУПП», г. Москва, ✉ breer@live.ru.