

Новые управленческие подходы для предотвращения краха сложных социально-экономических систем

Дмитрий Каталевский

Доцент, Институт бизнеса и делового администрирования, dkatalevsky@yahoo.com

Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ (РАНХиГС), 119571, Москва, пр-т Вернадского, 82

Аннотация

Современные социально-экономические и технологические системы постоянно усложняются, возрастают риски сбоев. Эффективное управление ими нуждается в инструментах, соответствующих новым вызовам. Умелый синтез ключевых парадигм, относящихся к теории сложности, позволяет обеспечить целостный охват системы, выявлять скрытые точки зарождения кризисов и катастроф, превентивно предпринимать корректирующие меры. В статье

представлены обзор и сравнительная характеристика моделей восприятия сложных систем, которые экстраполируются на сферу менеджмента. С применением метода многослойного причинного анализа рассматривается кейс двух резонансных авиакатастроф компании Boeing. Предложена концепция «беспризорных систем», позволяющая вовремя уловить опасный дрейф системы в разрушительном направлении и предпринять необходимые управленческие меры.

Ключевые слова: наука управления; стратегии; холистический подход; сложные социально-экономические системы; управление рисками; технологические инновации; динамическая сложность; трансформация; конкурентоспособность

Цитирование: Katalovsky D. (2023) New Governance Approaches to Prevent the Collapse of Complex Socioeconomic Systems. *Foresight and STI Governance*, 17(3), 56–67. DOI: 10.17323/2500-2597.2023.3.56.67

New Governance Approaches to Prevent the Collapse of Complex Socioeconomic Systems

Dmitry Katalevsky

Associate Professor, Institute of Business Studies, dkatalevsky@yahoo.com

Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration (RANEPA),
82 Vernadsky ave., Moscow 119571, Russian Federation

Abstract

Modern socio-economic and technological systems are constantly becoming more complex, and as a consequence, the risks of their failures are increasing. Effective management requires tools appropriate to the new challenges. Complexity science offers a number of concepts that individually help to cope with increasing complexity and its effects to a greater or lesser extent. However, a more effective approach is their skillful synthesis, which allows to cover the system holistically, to identify the origin of potential crises and catastrophes

that would otherwise remain «hidden», and to outline preventive corrective measures. The article presents a review and comparative characterization of paradigms of perception of complex systems extrapolated to the sphere of management. Using multilayer causal analysis, the case of two high-profile disasters that occurred with Boeing airplanes is considered. The concept of «orphan systems» is proposed, which allows to catch weak signals about the dangerous drift of the system, to react in time and take an appropriate managerial actions.

Keywords: management science; strategies; holistic approach; complex socio-economic systems; risk management; technological innovation; dynamic complexity; transformation; competitiveness

Citation: Katalevsky D. (2023) New Governance Approaches to Prevent the Collapse of Complex Socioeconomic Systems. *Foresight and STI Governance*, 17(3), 56–67. DOI: 10.17323/2500-2597.2023.3.56.67

Сложные системы были и во многом остаются *terra incognita* современной науки управления. Несмотря на колоссальный прирост знаний о динамической сложности из естественнонаучных и инженерных сфер, а также повышенный интерес к соответствующим инструментам, ее понимание остается фрагментарным и размытым, что не позволяет в полной мере охватить этот феномен. При существующем многообразии методик, описывающих сложные процессы и системы, их поведение в большинстве случаев возможно объяснить лишь постфактум. Хотя считается, что они не поддаются прогнозированию, в некоторых случаях можно выявить силы, определяющие вектор их движения.

В статье делается попытка классифицировать сложившиеся подходы к описанию сложных социально-экономических систем и управлению ими. С применением метода многослойного причинного анализа рассматривается кейс компании Boeing, показывающий, как отсутствие целостного охвата сложной производственной системы и непонимание природы скрытых трансформаций не позволили вовремя уловить слабые сигналы — предвестники катастроф и перевести систему на безопасное направление.

Статья начинается с анализа современных научных парадигм восприятия сложных социально-экономических систем, их исходных допущений, особенностей и прогностических возможностей. Затем рассматривается кейс двух аварий самолетов Boeing 737 MAX (2018 и 2019 гг.) как пример масштабного сбоя сложной социальной системы. Предпринята попытка выявить глубинные причины системного коллапса с позиции одной из парадигм. Предлагается авторское видение динамики развития сложных социально-экономических систем. Вводятся такие понятия, как «беспризорная система» и «системный дрейф», помогающие лучше понять процессы, которые протекают в рассматриваемых системах, и логику их изменений.

Парадигмы управления сложными системами

В профессиональном сообществе выделяются четыре основные парадигмы восприятия сложных систем, каждая из которых, обладая сильными сторонами и ограничениями, способна обогатить управленческие практики.

Механистическая парадигма. Сложные социально-экономические системы сравниваются с соответствующими техническими системами, управляемыми на основе обратных связей, через взаимодействие между их элементами (Rosenblueth et al., 1943; Wiener, 1948; Boulding, 1956; Von Bertalanffy, 1950; Forrester, 1969, 1971). Сегодня эта область моделирования известна как системная динамика (Richardson, 1991; Sterman, 2002). Считается, что истоки данного подхода прослеживаются еще в работах Исаака Ньютона. В экономике его впервые применил Адам Смит, а наиболее ярко он проявился с расцветом тейлоризма в XX веке. Экономика рассматривается как равновесная машина, приводимая к балансу внешней силой — «невидимой рукой рынка». Ее можно представить в виде модели, пусть и упрощенной (Расков, 2005).

С позиции механистического, инженерного восприятия мира, чем сложнее система, тем более непредсказуемо ее поведение и выше вероятность поломки элементов. Автоматизация усиливает взаимосвязь между элементами и подсистемами, и система все меньше поддается контролю (Perrow, 1999). Различные механизмы предупреждения о поломках лишь усложняют систему, что еще больше увеличивает риск аварий. Многие крупные, резонансные катастрофы происходят из подобных процессов, а потому их можно отнести к «закономерным». Выявление слабых сигналов (предвестников аварий) направлено на минимизацию рисков, однако часто эта идея не срабатывает, поскольку к моменту получения «достаточной» информации времени на ответные шаги уже не остается (Ansoff, 1979).

Естественнонаучная парадигма. Экстраполирует естественнонаучные закономерности (в основном из физики и химии) на социально-экономические системы. К ее основным направлениям относятся эконофизика и синергетика. Здесь заняты исследователи с бэкграундом в области физики, посвятившие себя изучению экономических проблем, прежде всего, финансовых рынков. Используются такие концепты, как: степенные законы распределения, фазовые переходы, диффузия, корреляции, теория турбулентности и т. п. Их применение обосновывается тем, что в экономической теории и финансах невозможно выполнять крупномасштабные эксперименты, поэтому без инструментария статистической физики не обойтись. Финансовые рынки рассматриваются как сложные открытые системы с нелинейным поведением. Эконофизика получила импульс в 1980-е гг. с подачи исследователей Института Санта Фе (Santa-Fe Institute) (Arthur, 2001; Mantegna, Stanley, 1999; Sornette, 2003; Helbing, 2012; и др.) и дала толчок развитию агентного метода имитационного моделирования, описывающего взаимодействие участников рынка с использованием физических принципов. В свою очередь синергетика изучает вопросы самоорганизации в сложных системах (Haken, 1981; Prigogine, Stengers, 1984; Ebeling, Feistel, 1986; Курдюмов, 2006; и др.)

Самоорганизация определяется как неравновесные процессы, которые под воздействием системных движущих сил порождают более сложные структуры. Среди них термодинамическое равновесие — механизм, описывающий сложные химические реакции по аналогии с фазовыми переходами в физике (Prigogine, Stengers, 1984; и др.). Сложные системы в своем развитии периодически подходят к точкам бифуркации, где наблюдается высокая неопределенность, и даже незначительные события могут радикально изменить ход эволюции системы. Странники данного подхода предполагают, что поведение системы можно спрогнозировать, если выявить определяющие параметры порядка (аттракторы), которые немногочисленны. Они рождаются из поведения элементов и подсистем, но затем подчиняют его себе и задают вектор системы как целого в динамике. Знание потенциальных аттракторов и понимание законов эволюции сложной системы позволяет с некоторой вероятностью прогнозировать направление ее пути. Воздействуя на сложные системы вблизи

точек бифуркации, можно направлять их дальнейшее развитие в предпочтительном ключе, так как «при прохождении развилки среда становится чувствительной к коллективным и индивидуальным действиям, способным привести к становлению новых социальных, культурных, технологических и других паттернов порядка» (Князева, 2020).

Эволюционно-биологическая парадигма. Использует биологическую метафору и понятие эволюционного механизма для описания сложных социально-экономических систем (Schumpeter, 1912; Alchian, 1950; Moore, 1993; Nelson, Winter, 1985; и др.). Данный подход получил отражение, прежде всего, в «эволюционной экономике», согласно которой рынки как сложные системы динамически изменяются во времени за счет конкуренции и отбора наиболее приспособленных игроков (Williamson, 1996; Beinhocker, 2006; Dosi, 1982; и др.). Перемены носят открытый характер и являются результатом наследственности и отбора. Бизнес-процессы могут изменяться путем внедрения новых практик и технологий, передаваться новым поколениям экономических агентов, подобно генетической информации. Изменения бывают целенаправленными либо случайными. Отбор осуществляется под влиянием внешней среды (рынка), а наиболее адаптированные укореняются в ней, что соответствует логике распространения инноваций. Новый взгляд на адаптацию заключается в том, что компании не только приспособляются к внешней среде, но и сами могут менять ее под свои потребности, формируя рыночные ниши (в экономическом контексте — территориальные кластеры, экосистемы создания ценности, отраслевые правила конкуренции и т. п.) (Nelson et al., 2018). Макроэволюционные скачки не сводятся к совокупности микроэволюционных изменений, но объясняются также за счет явлений на макроуровне, например, поведенческих паттернов. Как животный мир адаптируется к климатическим и геологическим изменениям, так и сложные социальные системы вынуждены подстраиваться к меняющимся внешним условиям.

Экосистемная парадигма — один из мейнстримов современного стратегического менеджмента, оперирующего концепциями конкурентной кооперации и развитием бизнес-экосистем. Распространенным инструментом является мультиагентное моделирование, которое воспроизводит поведение агентов (индивидов, организаций и других субъектов с автономным статусом), правила взаимодействия между ними и средой агента. Поведение всей системы (на макроуровне) складывается из множества стратегий индивидуальных агентов, которые подражают друг другу, «заражают» идеями и правилами, создают феномен «возникающего» (эмерджентного) поведения. Современные вычислительные мощности позволяют описывать действия агентов в нюансах и создавать усложненные модели. Например, потребительское поведение изучается с учетом рациональных и иррациональных аспектов принятия решений (культурологических и религиозных), ситуаций

многокритериального и контекстно обусловленного выбора и др. (Каталевский, 2015). Агентное моделирование позволяет наглядно проследить, как значительные социальные последствия рождаются из небольших и, на первый взгляд, второстепенных факторов, определяющих поведение и взаимодействие игроков (Wilensky, Rand, 2015).

Антропоцентрическая парадигма. Единственный взгляд на сложные системы, в фокусе которого находятся не сами сложные процессы или адаптивные экосистемы, а индивид, принимающий решения, и мотивы его поступков. По нашему мнению, данный подход выглядит наиболее объективным при осмыслении сложных социальных систем и служит основой для реалистичной оценки динамики их развития. Он синтезирует в себе достижения экономики, социологии, психологии, науки управления, политологии. Исследуются природа индивидуального и коллективного поведения человека, специфика его взаимодействия с окружающей средой, логика выбора (Simon, 1972; Deming, 2000; Lindblom, 2001; Schelling, 1978; Ackoff, 1978; Mintzberg, 2013; Akerlof, 2000). Распространение антропоцентричной парадигмы соответствует тренду растущего интереса экономистов к изучению природы и мотивов поведения (Kahneman et al., 1982; Thaler, 1994; Sunstein, 2014; Ariely, 2008; и др.). Экономические процессы воспринимаются как возникающие социальные феномены, определяемые групповым взаимодействием (Andersen, Nowak, 2014). Социологи называют такие явления конструированием социальной реальности (Berger, Luckmann, 1966). Как правило, выделяется несколько уровней анализа систем — микроуровень (индивидуальный выбор), мезоуровень (групповые решения)¹, макроуровень (вся экономическая система) (Dopfer, 2004). В первом случае из совокупности решений складывается поведение человека, во втором — группы, в третьем — всей макро-системы. Движение проходит по цепочке от микро- к макроуровню и описывается моделью непреднамеренной сегрегации (Schelling, 1978). Доказано, что индивидуальное поведение далеко не всегда рационально, его природа гораздо сложнее, чем представлялось ранее (Simon, 1972; Kahneman et al., 1982). С начала 2000-х гг. набирает популярность теория идентичности, подчеркивающая важность того, с какой социальной группой индивид себя отождествляет (Akerlof, Kranton, 2010). Восприятие историй, нарративов определяет индивидуальные экономические стратегии, влияющие на поведение макроэкономической системы в целом.

Основные характеристики четырех описанных подходов систематизированы на рис. 1. Их особенности в значительной степени предопределяют спектр предлагаемых решений и имеют свои ограничения. Выбранный подход во многом детерминирует результат.

Ограничения рассматриваемых подходов

Ограниченность *технической парадигмы*, действующей в логике «Почини!», заключается в том, что «почи-

¹ При этом понятие группы может быть разным (несколько человек или социальная страта).

Рис. 1. Основные научные парадигмы восприятия сложных систем



Источник: составлено автором.

нить» сложную систему возможно только *a posteriori* — после того как случилась «поломка». При этом зачастую невозможно даже приблизительно понять, в какой части системы возникнет проблема. Не учитываются ни человеческий фактор, ни социокультурный контекст. Для эффективных организаций характерны взаимосвязанность, высокая интеграция процессов и рутин, позволяющих выполнять сложную работу в срок. Но если в подобную структуру «проникнет» ошибка, она стремительно «заражает» всю систему. Анализ 80 случаев сбоев сложных технических систем в Великобритании показал, что чем сильнее иерархичная организация стремится к порядку, обеспечиваемому бюрократическими процедурами, тем больше она склонна к ошибкам (Turner, 1978). При чрезмерном упорядочивании бизнес-процессов растет вероятность, что задачи будут решаться согласно плану, но вместе с этим будут воспроизводиться ошибки и распространяться на всю систему. Таким образом, сбой сложной системы может стать следствием как нарушения порядка, так и его избыточности. Здоровый процесс управления организацией обеспечивается за счет избежания чрезмерного контроля, выстраивания менее жесткой иерархии, обеспечения слаженной работы автономных команд, разнообразия мнений и гибкости в принятии решений (Weick, 1998).

Естественнонаучная парадигма в арсенале своих методов наиболее активно использует сложные математические инструменты (теория хаоса, корреляция, временные ряды и т. п.). Ее ограничение в том, что поведе-

ние и мотивы индивида не поддаются математическим вычислениям. Такой подход можно использовать для описания некоторых феноменов — например, коллективного поведения людей при эвакуации в чрезвычайных ситуациях или паттернов ценовых колебаний на финансовых рынках. При исключении из этих моделей человеческого фактора с его сложными мотивами поведения они не позволяют целостно интерпретировать сложные явления.

Эволюционно-биологическая парадигма востребована в современном стратегическом менеджменте, так как предлагает действенные модели-анalogии и «работающие» стратегии (коэволюция, «конкурентная кооперация» (*co-opetition*) и др.). Поскольку даже крупным компаниям сложно конкурировать в одиночку, многообещающим видится подход «объединение в стаю». Организации формируют собственную экосистему или присоединяются к доминирующей. Однако и такая модель сильно сужает выбор стратегий, так как не всегда адаптация представляется единственно верной или не гарантирует выживаемости на долгосрочном горизонте, что подтверждается множеством исторических примеров. Реальная жизнь намного богаче и предлагает большое разнообразие опций.

Антропоцентричная парадигма исходит из понимания, что действия человека определяются его идентичностью и социокультурными факторами, и предлагает сосредоточиться на конструировании социальных систем, о чем и говорит ее условный девиз — «Проектируй!». Она активно практикуется институциональными

ми экономистами, которые особое внимание уделяют нормам, законам, культуре, определяющим экономическое поведение.² Остальные подходы, за исключением антропоцентрического, предпочитают «не замечать» человека, что отображается сложившейся в них терминологией (McCloskey, 1993). Так, в технической и экономикофизической парадигмах прослеживается эффект «одушевления» сложных систем, которые «адаптируются», «развиваются», «взаимодействуют» и т. п. Сложные системы представляются как самодостаточный объект, наделяемый если не разумом, то высокой автономией. Человек как субъект управления исключается из рассмотрения. Техническая парадигма все же неявно подразумевает, что механизм сложных систем кто-то должен спроектировать, поддерживать и, хотя бы изредка, ремонтировать. Индивид выступает субъектом, а сложная система — объектом управления.

Нам представляется, что механистическая, естественнонаучная и эволюционная парадигмы восприятия сложных систем хотя и с разных ракурсов, но в недостаточно полной мере описывают социальные системы. При исключительной опоре на них неизбежны методологические ошибки, когда речь идет об анализе сложного поведения индивида, опосредованного социальным контекстом ситуации, спецификой разных мировоззрений, традиций и т. п. По сравнению с остальными подходами *антропоцентрическая парадигма* синтезирует наиболее широкий пласт междисциплинарных исследований из сфер экономики, социологии, психологии, менеджмента и потому, на наш взгляд, позволяет наиболее реалистично моделировать поведение человека в сложных системах. Яркий пример антропоцентрического подхода представляет «теория мусорной корзины» (Cohen et al., 1972), оказавшая большое влияние на экономику, социологию и менеджмент. Она бросила вызов доминировавшей в то время рациональной парадигме принятия решений, предложив наиболее реалистичное описание этого процесса. Например, он использовался для объяснения причин технических катастроф (Sagan, 2020).

С точки зрения управления сложными социально-экономическими системами высокий практический интерес представляет изучение системы, выстроенной вокруг производства пассажирских самолетов компании Boeing, и специфики регулирования авиастроительной отрасли США. Данный кейс, рассмотренный сквозь призму антропоцентрического подхода, показывает, каким образом эволюция сложных взаимоотношений между различными группами влияния внутри и во вне Boeing привела к резонансным техническим катастрофам.

Кейс Boeing 737 MAX: ошибка системы «стоимостью» в 346 жизней

В конце прошлого десятилетия с интервалом в несколько месяцев произошли два драматических инцидента, связанных с компанией Boeing — многолетним лидером в мировом авиастроении. Осенью 2018 г. разбился самолет авиакомпании Lion Air, а весной 2019 г. — Ethiopian Airlines. В обоих случаях рейс выполнялся на самолетах серии Boeing 737 MAX, двумя годами ранее одобренной Федеральной авиационной администрацией США (Federal Aviation Administration, FAA) с точки зрения безопасности для полетов. В совокупности обе трагедии унесли 346 жизней. Особым распоряжением FAA 13 сентября 2019 г. все самолеты серии 737 MAX в США были заземлены до окончания разбирательства, а тремя месяцами позднее Boeing приостановила производство самолетов этой серии и уволила генерального директора. В этой истории представляют интерес не столько технические причины катастрофы, сколько ответы на вопрос: какие системные причины привели к указанным событиям, когда они возникли, как эволюционировали и была ли возможность предотвратить трагедию? Речь идет о сложной социально-экономической системе, находящейся под одним из самых жестких и продуманных, технических совершенных регулирований в мире. Каким образом действия различных заинтересованных групп привели к тому, что она постепенно эволюционировала в «беспризорную систему», допустившую масштабный провал? Наш анализ опирается на выводы независимой экспертизы, проведенной властями США в отношении рассматриваемых инцидентов (НСТИ, 2020).

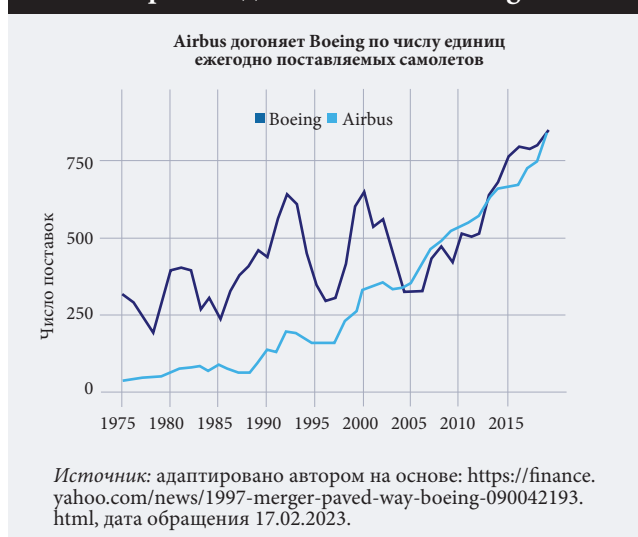
Техническое объяснение причин катастрофы

По мнению специалистов, серия самолетов Boeing 737 относится к «бестселлерам» мировой гражданской авиации: за всю историю ее существования продано свыше 15 тыс. самолетов³. Модификация Boeing 737 MAX стала ответом Boeing на планы основного конкурента Airbus выпустить усовершенствованную версию самолета A320 — A320neo, которая расходовала на 14% меньше топлива, чем предшественники. Чтобы соответствовать разработке соперника, серия 737 MAX проектировалась с более крупными и модернизированными двигателями. Компания позиционировала эту серию близкой к дизайну основной модели (737), что позволяло не проводить переобучение пилотов при переходе на нее. Тем не менее, установка более крупных двигателей обусловила необходимость конструктивных изменений самолета, которые в определенных случаях способствовали его дестабилизации во время полета. В попытке устранить

² Важность этого подхода косвенно подтверждается присуждением Нобелевской премии ряду экономистов, которых можно причислить к сторонникам антропоцентрической парадигмы: Герберту Саймону (Herbert Simon) (лауреат 1978 г.), Джорджу Стиглеру (George Stigler) (1982), Дугласу Норту (Douglas North) (1993), Джорджу Акерлофу (George Akerlof) (2001), Даниэлю Канеману (Daniel Kahneman) (2002), Роберту Ауманну (Robert Aumann) и Томасу Шеллингу (Thomas Schelling) (2005), Элинор Остром (Elinor Ostrom) (2009), Ричарду Талеру (Richard Thaler) (2017).

³ <https://www.businessinsider.com/how-boeing-737-max-plane-became-best-seller-2019-3>, дата обращения 14.04.2023.

Рис. 2. Сравнительная динамика объемов производства Airbus и Boeing



этот фактор, Boeing разработала специальную систему улучшения характеристик управления самолетом (MCAS), которая автоматически корректировала его положение в воздухе. Предполагалось, что она активируется пилотом в случае ручного управления. Но, как выяснилось при анализе причин катастроф, в некоторых случаях система давала сбой — самостоятельно срабатывала много раз. При этом ее невозможно было отключить или перевести самолет в режим ручного управления (НСТИ, 2020).

После первого крушения Boeing возложила ответственность на пилотов, посчитав их недостаточно квалифицированными. Только после второй аварии компания признала негативный вклад проблем с работой MCAS. Ожидалось, что пилоты в критической ситуации исправят ее ошибки, переведя самолет на ручное управление. Но дополнительные тренинги для пилотов, напомним, не проводились. К тому же, как выяснилось, переход на ручной режим был невозможен в принципе, так как при работе MCAS он принудительно отключался. Ошибки при проектировании MCAS стали нарушением основного проектировочного регламента, согласно которому работа автоматической системы не должна вступать в противоречие с действиями пилота (НСТИ, 2020). После двух аварий Boeing предприняла ряд технических улучшений в отношении MCAS: появилось больше датчиков для срабатывания, была исключена возможность ее самопроизвольной активации во время полета, обеспечен перевод системы в ручное управление, введены дополнительные тренинги. Однако ошибки в дизайне самолета и программном обеспечении не дают исчерпывающего объяснения, почему все «пошло не так». Для понимания этих причин необходимо затронуть более глубокие вопросы корпоративной культуры.

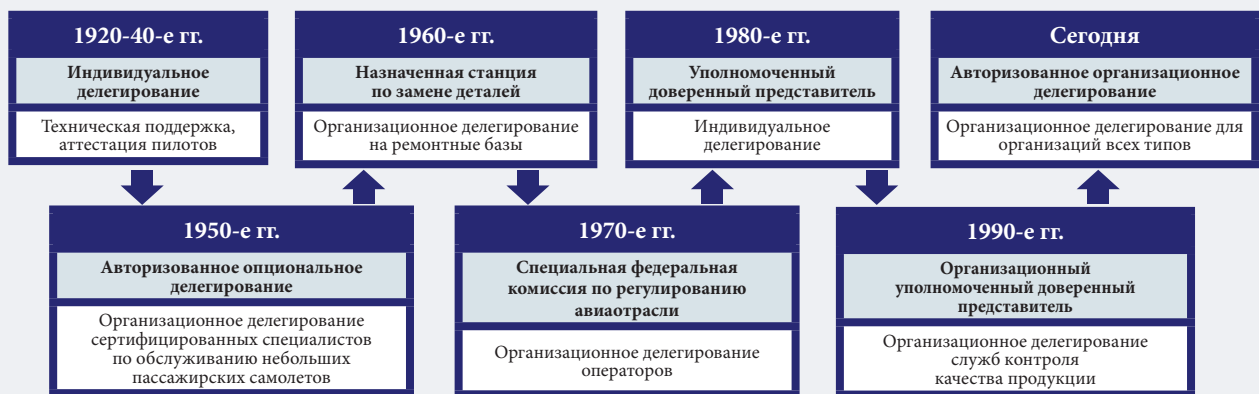
Особенности корпоративной культуры Boeing

Основанная более ста лет назад опытным пилотом Уильямом Боингом, компания довольно быстро стала получать заказы от военно-морских сил США, что предопределило ее последующий динамичный рост. Основатель сформировал культуру, которую можно было описать как «сообщество инженеров, посвятивших себя строительству великолепных самолетов» (Frost, 2020). В ее основе лежала философия повышенного внимания к деталям, исходившая из убеждения, что пренебрежение причинно-следственными связями порождает некорректные интерпретации, а они, в свою очередь, приводят к ошибочным решениям.⁴ В 1960–1970 гг. отрасль авиаперевозок США находилась под жестким государственным регулированием, рынок не отличался высокой динамикой, и Boeing не испытывала конкурентного давления. Однако с дерегулированием сектора и ростом конкуренции (рис. 2) компания столкнулась с необходимостью оптимизировать издержки. В 1997 г. произошло слияние Boeing с McDonnell Douglas. Подобная сделка на тот момент выглядела для сторон идеальным решением: Boeing лидировала в области гражданского авиастроения, а для McDonnell Douglas появилась возможность совершить быстрый прыжок на высший уровень с опорой на компетенции партнера. В ином случае на разработку нового конкурентоспособного самолета потребовалось бы 30 млрд долл. и 10 лет работы — при том, что конкуренты должны были в это время не развиваться (Callahan, 2020). В столкновении корпоративных культур двух игроков победила философия меньшей по размеру McDonnell Douglas. Как следствие, Boeing отошла от приоритетной установки на решение сложных технических проблем и дорогостоящие прорывные исследования к ставке на наращивание прибыли путем урезания издержек и отказа от радикальных инноваций в пользу модернизации старых моделей (Frost, 2020).

Сотрудники Boeing тяжело адаптировались к новой философии, которая противоречила их ценностному принципу — «делать качественные самолеты» (Grenberg et al., 2010). Ориентир на минимизацию издержек и максимизацию прибыли создал «благоприятную» почву для «размножения» технических ошибок. По оценкам отраслевых экспертов, в 2011 г. стоимость проектирования нового самолета составила бы 10 млрд долл., тогда как перепрофилирование 737 MAX из модели серии 737 NG обошлось всего в 3 млрд долл. Постепенное действие этих деструктивных сил всего через семь лет привело к двум масштабным катастрофам. То, что представлялось всего лишь недопустимой инженерной ошибкой (проблема системы MCAS), на самом деле имело глубинные корни — изменившуюся мотивацию, ориентированную на краткосрочный финансовый результат. Однако ландшафт возможных причин катастрофы не будет выглядеть полным без изучения того, каким образом технические неполадки были упущены из виду ключевым регулятором отрасли — Federal Aviation Administration (FAA).

⁴ <https://www.boeing.com/history/pioneers/william-e-boeing.page>, дата обращения 19.03.2023.

Рис. 3. Развитие системы делегирования процедуры сертификации FAA



Источник: составлено автором.

Просчеты отраслевого регулятора

На команду разработчиков модели 737 MAX оказывалось сильное давление со стороны менеджмента по ускоренному выводу самолета на рынок. В результате в компании сложилась «культура утаивания», заключающаяся в дезинформировании FAA, которая осуществляла сертификацию всей авиационной техники, поставляемой на рынок США. Не располагая достаточными кадровыми ресурсами для самостоятельного выполнения поставленных задач, FAA имела право делегировать часть сертификационных полномочий сторонним квалифицированным специалистам (рис. 3). Эти специалисты, известные как Designated Engineering Representatives, уполномоченные технические представители, работали в штате компании Boeing и получали там заработную плату, однако подчинялись не руководителям из Boeing, а кураторам из FAA. Это были «глаза и уши» FAA на местах, глубоко знавшие тонкости сертификационного процесса и, как считалось, обеспечивавшие беспристрастный подход к сертификации. Подобная практика была впервые реализована FAA в

1950-х гг. и с тех пор развивалась в сторону постепенного расширения полномочий представителей FAA на местах (рис. 3). Подобная возможность допускалась в отношении хорошо изученных, низкорискованных разработок. Воспользовавшись ею, FAA могла бы сосредоточиться исключительно на надзоре за высокорисковыми разработками (проектах, критически важных для безопасности, или радикальных инновациях). Однако такая «стратегия» на практике привела к игнорированию ряда сертификационных требований, что также внесло свой вклад в катастрофы с самолетами Boeing.

На рис. 4 показан разрыв между скоростью появления в отрасли новых технологий как предмета сертификации и «пропускной способностью» FAA (внутренними ресурсами для обработки заявок). В случае с Boeing 737 MAX в 2013 г. FAA делегировала 28 из 87 задач сертификации самой компании. К концу 2016 г. данное соотношение составило уже 79 к 91. Согласно выводам расследующей комиссии, FAA «передала на аутсорсинг» производителю самолетов слишком много сертификационной активности (OIG, 2020). Наряду с этим в 2005 г. в регламент делегирования были внесены на первый взгляд незначительные изменения, которые, как оказалось позже, существенно повлияли на процесс и результаты сертификации (рис. 5). В рамках прежней системы уполномоченные сертифицирующие представители, несмотря на полное финансовое обеспечение со стороны Boeing, отчитывались непосредственно перед FAA. С введением новой системы право назначать таких экспертов получила сама Boeing (рис. 5), и они передавали информацию своим менеджерам, которые ее обрабатывали и передавали FAA (подобная система была утверждена непосредственно FAA).

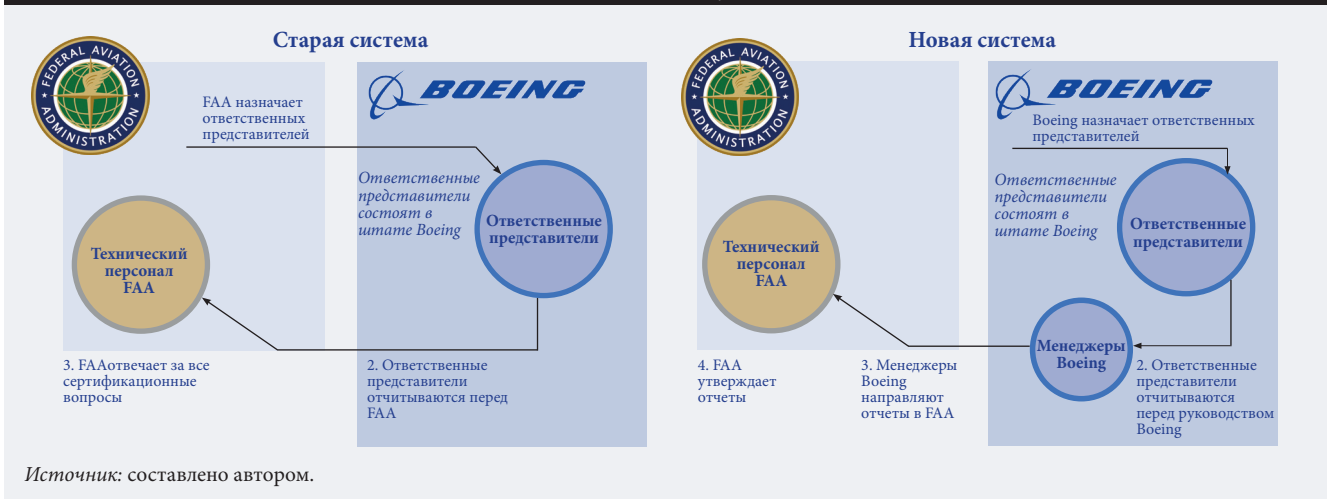
За несколько месяцев до первой авиакатастрофы Boeing и FAA совместными усилиями собрали и опубликовали статистику, согласно которой с 2010 по 2018 г. гражданские авиаперевозчики совершили всего одну аварию со смертельным исходом. В целом за 20 пред-

Рис. 4. Разрыв между скоростью развития новых технологий и сертификационными возможностями FAA



Источник: составлено автором.

Рис. 5. Прежняя и новая процедуры делегирования FAA



шествовавших лет количество смертельных случаев в гражданской авиации США, измеряемых как количество погибших в расчете на 100 млн перевезенных пассажиров, снизилось на 95%⁵. Излишняя успокоенность подобной картиной привела к постепенному ослаблению мониторинга FAA за процессом сертификации. Тем не менее, MCAS была не первой технической проблемой, которую упустила FAA. Несколькими годами ранее на стадии коммерческой эксплуатации самолета обнаружили проблемы с самопроизвольным возгоранием литий-ионных батарей в серии Boeing 787 Dreamliner. Как и в случае с MCAS позже, все самолеты этой серии были приземлены до завершения расследования. В процессе сертификации один из инженеров FAA предлагал установить батареи в стальной корпус, однако эту рекомендацию в Boeing отклонили, с чем согласились и руководители FAA. Только после серии самовозгораний и полного прекращения полетов Dreamliner, идея со стальным корпусом была реализована (НСТИ, 2020). Таким образом, еще до крушения самолетов Boeing система делегирования надзора, принятая в FAA, давала сбои. Однако они рассматривались как редкая случайность, и поэтому общий сертификационный регламент оставался без существенных изменений.

В рассматриваемом процессе присутствует еще один критический фактор — конфликт интересов, выражающийся в давлении компании-производителя на экспертов FAA. Начиная с 2013 г. FAA начала проводить опросы авторизованных представителей, а в 2016 г. к ним присоединилась и компания. Многие респонденты заявляли об оказываемом на них в той или иной степени давлении со стороны менеджмента Boeing для ускорения сертификации. Усугубляющим фактором стала искаженная коммуникация между Boeing и FAA — информация передавалась через двойной фильтр. По этой причине FAA не смогла надлежащим образом оценить риски, связанные с техническими недочетами при проектировании MCAS.

Анализ цепочки факторов, приведших к катастрофе, позволяет выстроить иерархию глубинных причин перерождения системы. Основным стал фактор смещения иерархии принципов в Boeing (обеспечение безопасности полетов отошло на второй план в угоду ставке на максимизацию финансового результата), в связи с чем произошло «укорачивание» временного горизонта стратегий. Свой вклад внесла и измененная система сертификации FAA (рис. 6).

Гонка на производстве Boeing 737 MAX

В отчете экспертов, расследовавших причины трагедий, значительное внимание уделялось обсуждению «гонки производства» по сборке моделей Boeing 737 MAX. Компания стремилась максимально быстро поставлять самолеты заказчикам. Если в 2010 г. производительность составляла чуть более 30 самолетов в месяц, то в 2014 г. эта цифра достигла рекордного на тот момент для Boeing значения 42, а незадолго до первой катастрофы ее планировалось увеличить до 57. Фокус на динамике финансовых показателей вытеснил более важную цель — внедрение новейших технологий безопасности и инноваций в целом — и привел к повышенной нагрузке на производство.⁶ В совокупности все это повлекло за собой серьезную деградацию системы безопасности полетов.

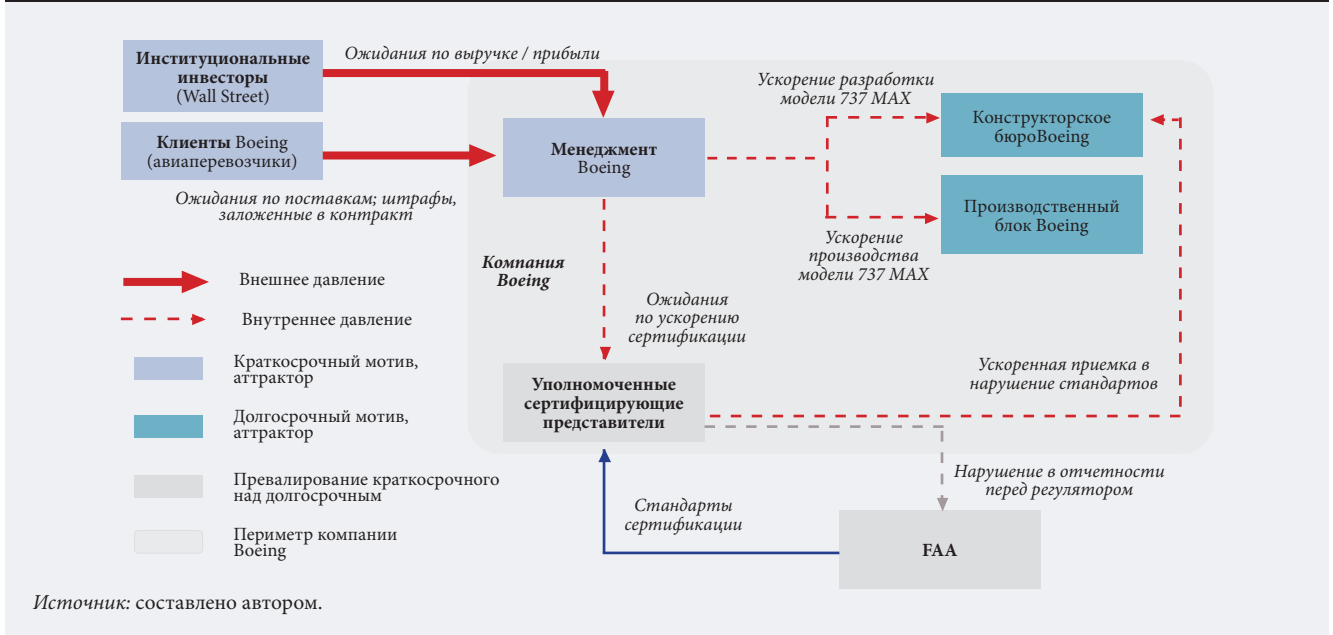
Эволюция сложных систем, или Почему провалы неизбежны

Феномен «беспризорных систем» раскрыт нами на примере разработки серии самолетов Boeing 737 MAX. Любая сложная система имеет внутренние противоречия, объективно обусловленные ее многомерностью, множественными «очагами напряжения», возникающими под действием внутренних и внешних сил. «Беспризорность» выражается в отказе ключевых акторов системы воспринимать ее целостно, брать на себя ответственность за реализацию ее долгосрочной устойчивости. Вместо этого проблема перекалдывается на другого участника (а ино-

⁵ https://www.faa.gov/news/fact_sheets/news_story.cfm?newsId=22975, дата обращения 18.02.2023.

⁶ <https://www.seattletimes.com/business/boeing-aerospace/737-problems-have-grown-in-rentondespite-boeings-reassurances>, дата обращения 17.02.2023.

Рис. 6. Карта мотивационных аттракторов основных участников кейса Boeing 737 MAX



гда и на последующие поколения, как, например, в случае с экологическими изменениями). Подобное состояние системы является закономерным результатом, когда в процессе системного дрейфа постепенно обостряются внутренние противоречия. Дрейф выглядит следующим образом: сначала происходит медленное, с трудом поддающееся объективному анализу накопление ошибок («мутаций»), деформируются ценности и основополагающие принципы, временной горизонт планирования смещается с долгосрочной на краткосрочную перспективу. Опасность в том, что организационная система не фиксирует этот процесс из-за его постепенности и растянутости во времени. В результате система остается без «хозяина» и начинает перерождаться под влиянием доминирующего вектора «давления».

Несколько факторов стали критичными в процессе превращения сложной системы регулирования гражданского самолетостроения в США в «беспризорную». Основными движущими силами системного дрейфа стали изменения в культуре компании, смещение мотивационного аттрактора с долгосрочного (безопасность

пассажиров) на краткосрочный (ежегодный финансовый результат), и политике сертификации новых серий самолетов FAA, вступившей в конфликт интересов с менеджментом компании. Дополнительный вклад внесли коммуникационные искажения, заключавшиеся в том, что информация от компании к FAA проходила через несколько «фильтров». Как следствие, регулятор оказался объективно неспособен к своевременному выявлению технических неполадок.

Принципы эволюции «беспризорных» систем

Сложные системы могут находиться в стабильном либо нестабильном состоянии. Переход от первого ко второму протекает в несколько стадий (рис. 7):

1. **Формирование и запуск.** Закладывается фундамент системы, определяется вектор ее развития, выстраиваются связи между элементами.
2. **Инерция.** Система развивается в соответствии с базовыми ценностными принципами.
3. **Дрейф (накопление мутаций).** Система постепенно начинает меняться под воздействием внутренних и внешних стейкхолдеров, накапливая «мутации». Де-

Рис. 7. Эволюция «беспризорных» систем



формируются ее элементы, связи между ними, основополагающие принципы подвергаются эрозии (в Boeing этот процесс начался в 1990-х гг.).

4. *Обострение противоречий.* Система постепенно удаляется от основополагающих принципов. Нарастают конфликты между целями, задачами, ценностями, искажаются коммуникации.⁷ Проявляется состояние нестабильности, перестают соблюдаться сроки исполнения контрактов, проектов, происходят провалы в достижении даже промежуточных целей. Все силы бросаются на поиск быстрых решений, что усугубляет ситуацию — каждый элемент системы заинтересован только в «спасении себя». Наступает пред-коллапс.

5. *Коллапс.* Итогом накопленных противоречий становится масштабный сбой, вызывающий частичное или полное разрушение системы. Как показывает проведенный анализ, его наступление было «запрограммировано», неизбежно, хотя и отсрочено во времени.

6. *Вмешательство.* Происходит перенастройка и обновление системы. После чего описанный цикл повторяется, если извлеченные уроки не сохранились в коллективной памяти.

Представленный процесс характерен для всех типов организаций и социально-экономических систем. Чем масштабнее система и чем больше связей между ее элементами, тем сильнее она подвержена «беспризорности». Целостное мышление и понимание поведения сложных систем позволяет вовремя выявить зарождение разрушительного дрейфа и волевыми усилиями перевести систему на желаемое направление.

Заключение

В статье проанализирован малоизученный феномен «беспризорных» систем. Усложнение социально-эко-

номических систем подразумевает увеличение числа участников и наращивание взаимосвязей между ними. При этом деформируются базовые ценностные принципы ключевых участников системы, искажаются коммуникации и связи в изначальной архитектуре системы. Система начинает изменяться под воздействием разнонаправленных векторов давления от групп влияния, постепенно дрейфуя в направлении к коллапсу. Только своевременное и корректное управленческое вмешательство способно перенастроить систему и направить по желательной траектории.

Наука о сложности предлагает ряд концепций, которые по отдельности в той или иной мере помогают справляться с нарастающей сложностью и ее эффектами в контексте компаний и организаций разного масштаба. Однако более эффективный подход — их умелый синтез, позволяющий целостно охватывать систему, выявлять места зарождения потенциальных кризисов и катастроф, в иных случаях оставшихся бы «скрытыми», намечать превентивные корректирующие меры.

В работе представлены обзор и сравнительная характеристика парадигм восприятия сложных систем, экстраполированных на сферу менеджмента. С применением многослойного причинного анализа рассмотрен кейс двух резонансных катастроф, произошедших с самолетами компании Boeing, наиболее ярко иллюстрирующий возникновение «беспризорных» систем. Но какими бы разрушительными ни были эффекты перерождения системы в процессе неявной и растянутой во времени трансформации, всегда есть возможность перенастроить и оздоровить ее, если присутствует целостное мышление и понимание природы сложных систем.

Библиография

- Каталевский Д.Ю. (2015) *Основы имитационного моделирования и системного анализа в управлении*, М: Издательский Дом ДЕЛО РАНХиГС.
- Князева Е. (2020) Стратегии управления динамической сложностью. *Форсайт*, 14(4), 34–45. <https://doi.org/10.17323/2500-2597.2020.4.34.45>
- Курдюмов С.П. (2006) *Режимы с обострением*, М.: Физматлит.
- Расков Д.Е. (2005) Экономическая теория как риторика. *Вестник Санкт-Петербургского университета*, 5(3), 13–30.
- Хакен Г., Плаг П., Эбелинг В., Романовский Ю. (2018) *Общие принципы самоорганизации в природе и в обществе. Об истории синергетики*, Ижевск: Институт компьютерных исследований.
- Ackoff R.A. (1978) *The Art of Problem Solving*, New York: John Wiley & Sons.
- Adamatzky A. (2010) *Game of life cellular automata*, London: Springer.
- Akerlof G.A. (2000) Economics and Identity. *Quarterly Journal of Economics*, 115(3), 715–753. <https://doi.org/10.1162/003355300554881>
- Akerlof G.A., Kranton R.E. (2010) Identity Economics: How Our Identities Shape Our Work, Wages, and Well-Being, Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Ariely D. (2008) *Predictably Irrational: The Hidden Forces That Shape Our Decisions*, New York: Harper Perennial.
- Arthur W.B. (2021) Foundations of Complexity Economics. *Nature Reviews Physics*, 3, 136–145. <https://doi.org/10.1038/s42254-020-00273-3>
- Beinhocker E.D. (1999) Robust adaptive strategies. *MIT Sloan Management Review*, 40(3), 95–106.
- Beinhocker E.D. (2006) *The Origin of Wealth: Evolution, Complexity, and the Radical Remaking of Economics*, Cambridge, MA: Harvard Business Press.
- Bénabou R., Falk A., Tirole J. (2018) *Narratives, imperatives, and moral reasoning* (NBER Working Paper w24798), Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research.
- Bentley R.A., Ormerod P., Batty M. (2011) Evolving social influence in large populations. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 65(3), 537–546. <https://doi.org/10.1007/s00265-010-1102-1>

⁷ Из выступления Р. Акоффа. <https://www.youtube.com/watch?v=EbLh7rZ3rhU>, дата обращения 18.04.2023.

- Berger P.L., Luckmann T. (1966) *The Social Construction of Reality: A Treatise in the Sociology of Knowledge*, New York: Penguin Books.
- Boulding K.E. (1956) General systems theory — the skeleton of science. *Management Science*, 2(3), 197–208. <https://doi.org/10.1287/mnsc.2.3.197>
- Cohen M.D., March J.G., Olsen J.P. (1972) A Garbage Can Model of Organizational Choice. *Administrative Science Quarterly*, 17(1), 1–25. <https://doi.org/10.2307/2392088>
- Deming W.E. (2000) *The New Economics: For Industry, Government, Education*, Cambridge, MA: MIT Press.
- Dopfer K. (2004) *The Evolutionary Foundations of Economics*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Ebeling W., Feistel R. (1986) Physik der selbstorganisation und evolution, Berlin: Akademie-Verlag.
- Fisher W.R. (1989) Clarifying the narrative paradigm. *Communication Monographs*, 56(1), 55–58. <https://doi.org/10.1080/03637758909390249>
- Forrester J.W. (1969) *Urban Dynamics*, Waltham, MA: Pegasus Communications.
- Forrester J.W. (1971) Counterintuitive behavior of social systems. *Theory and Decision*, 2(2), 109–140. <https://doi.org/10.1007/BF00148991>
- Frost N. (2020) How the McDonnell Douglas-Boeing merger led to the 737 MAX crisis. *Quartz*, 03.01.2020, <https://qz.com/1776080/how-the-mcdonnell-douglas-boeing-merger-led-to-the-737-max-crisis>, accessed 18.04.2023.
- Gallegati M., Keen S., Lux T., Ormerod P. (2006) Worrying trends in econophysics. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 370(1), 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2006.04.029>
- Gibbons R., Prusak L. (2020) Knowledge, stories, and culture in organizations. *AEA Papers and Proceedings*, 110, 187–192. <https://doi.org/10.1257/pandp.20201091>
- Greenberg E.S., Grunberg L., Moore S., Sikora P.B. (2010) *Turbulence*, New Haven, CT: Yale University Press.
- Haken H. (1981) *The Science of Structure: Synergetics*, New York: Van Nostrand Reinhold Publishing.
- HCTI (2020) *The Design, Development and Certification of the BOEING 737 MAX* (Final Committee Report, September 2020), Washington: D.C.: The House Committee of Transportation and Infrastructure.
- Helbing D. (2012) *Social Self-Organization. Agent-Based Simulations and Experiments to Study Emergent Social Behavior*, Heidelberg, Dordrecht, London, New York: Springer.
- Hodgson G.M., Knudsen T. (2010) *Darwin's Conjecture: The Search for General Principles of Social and Economic Evolution*, Chicago: University of Chicago Press.
- JATR (2019) *Boeing 737 MAX Flight Control System: Observations, Findings, and Recommendations* (Joint Authorities Technical Review (JATR) Report submitted to the Federal Aviation Administration, October 11, 2019), Washington, D.C.: Federal Aviation Administration.
- Johnston H., Johnston P., Harris R. (2019) The Boeing 737 MAX saga: Lessons for software organizations. *Software Quality Professional*, 21(3), 4–12.
- Kahneman D., Slovic P., Tversky A. (1982) *Judgment under uncertainty: Heuristics and biases*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Lazonick W., Sakinc M.E. (2019) Make Passengers Safer? Boeing Just Made Shareholders Richer. *The American Prospect*, 31.05.2019. <https://prospect.org/environment/make-passengers-safer-boeing-justmade-shareholders-richer>, accessed 29.04.2023.
- Lindblom C.E. (2001) *The market system: What it is, how it works, and what to make of it*, New Haven, CT: Yale University Press.
- Mantegna R.N., Stanley H.E. (2000) *An Introduction to Econophysics. Correlations and Complexity in Finance*, Cambridge: Cambridge University Press.
- McAdams D.P. (2006a) *The Redemptive Self: Stories Americans Live By*, New York: Oxford University Press.
- McAdams D.P. (2006b) The Redemptive Self: Generativity and the Stories Americans Live by. *Research in Human Development*, 3(2–3), 81–100. https://doi.org/10.1207/s15427617rhd0302&3_2
- Mintzberg H. (2013) *Strategy Bites Back*, London: Pearson Education.
- Moore J.F. (1993) Predators and Prey: A New Ecology of Competition. *Harvard Business Review*, 71(3), 75–86.
- Nelson R., Winter S. (1985) *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Nelson R.R., Dosi G., Helfat C.E., Pyka A., Saviotti P.S., Lee K., Winter S.G., Dopfer K., Malerba F. (2018) *Modern Evolutionary Economics: An Overview*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Nowak A., Kacprzyk-Murawska M., Serwotka E. (2017) Social psychology and the narrative economy. In: *Non-Equilibrium Social Science and Policy* (eds. J. Johnson, A. Nowak, P. Ormerod, B. Rosewell, Y.-C. Zhang), Heidelberg, Dordrecht, London, New York: Springer, pp. 45–58.
- OIG (2020) *Timeline of Activities Leading to the Certification of the Boeing 737 MAX 8 Aircraft and Actions Taken After the October 2018 Lion Air Accident* (Report AV2020037, June 29, 2020), Washington, D.C.: Department of Transportation (DOT), Office of Inspector General (OIG).
- Perron C. (1999) *Normal accidents: Living with high risk technologies*, Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Pidgeon N. (2011) In retrospect: Normal Accidents. *Nature*, 477, 404–405. <https://doi.org/10.1038/477404a>
- Prigogine I., Stengers I. (1984) *Order out of Chaos: Man's New Dialogue with Nature*, New York: Bantam Books.
- Richardson G.P. (1991) Feedback thought in social science and systems theory, Philadelphia, PA: University of Pennsylvania.
- Rosenblueth A., Wiener N., Bigelow J. (1943) Behavior, purpose and teleology. *Philosophy of Science*, 10(1), 18–24.
- Sagan S.D. (2020) *The Limits of Safety*, Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Schelling T.C. (1978) *Micromotives and Macrobehavior*, New York: W.W. Norton and Company.
- Schumpeter J. (1912) *Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung*, Leipzig: Duncker & Humblot.
- Simon H.A. (1972) *Human Problem Solving*, Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Simon H.A. (1990) *Bounded rationality. Utility and probability*, London: Palgrave Macmillan.
- Sornette D. (2003) *Why Stock Markets Crash (Critical Events in Complex Financial Systems)*, Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Sterman J. (2002) *System Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*, Cambridge, MA: MIT Press.
- Sunstein C.R. (2014) *Choosing not Choose: Understanding the Value of Choice*, Oxford: Oxford University Press.
- Tansley A.G. (1935) The use and abuse of vegetational concepts and terms. *Ecology*, 16(3), 284–307. <https://doi.org/10.2307/1930070>
- Thaler R.H. (1994) *Quasi Rational Economics*, New York: Russell Sage Foundation.
- Turner B. (1976) The Organizational and Interorganizational Development of Disasters. *Administrative Science Quarterly*, 21(3), 378–397. <https://doi.org/10.2307/2391850>
- Turner B. (1978) *Man-Made Disasters*, London: Wykeham Publications.
- Von Bertalanffy L. (1950) An outline of general system theory. *British Journal for the Philosophy of Science*, 1(2), 134–165.
- Weick K.E. (1998) Foresights of failure: An appreciation of Barry Turner. *Journal of Contingencies and Crisis Management*, 6(2), 72–76. <https://doi.org/10.1111/1468-5973.00072>
- Weick K.E., Sutcliffe K.M., Obstfeld D. (1997) *Organizing for High Reliability: The Mindful Suppression of Inertia*, Ann Arbor, MI: University of Michigan.
- Wiener N. (1948) *Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine*, New York: John Wiley & Sons.
- Wilensky U., Rand W. (2015) *An introduction to agent-based modeling: Modeling natural, social, and engineered complex systems with NetLogo*, Cambridge, MA: MIT Press.
- Williamson O.E. (1996) *The Mechanisms of Governance*, New York: Oxford University Press.