

## С миру по нитке: бум на рынке краудфандинга

Стр. 4



Как сделать нашу ферму  
инновационной  
**Стр. 16**

Семь ошибок  
футурологии  
**Стр. 48**

Почему Россия отстала  
в конце девятнадцатого  
**Стр. 78**

НАУКА  
И ОБРАЗОВАНИЕ



# Обеспечить рулевого достоверными данными

Современная наука об управлении перешла от технических систем к социальным. Последние гораздо сложнее, но ученые шаг за шагом создают все более точные модели

Автор: **Александр Механик**

Фото: **Алексей Таранин**

**Е**ще в конце 1940-х годов Норберт Винер утверждал, что он создал теорию управления сложными системами, в том числе социальными. И назвал ее кибернетикой. Но если в теории управления различными устройствами и их системами достигнут признанный всеми гигантский прогресс, то оценки достижений науки об управлении социальными системами разнятся кардинально.

Чтобы обсудить проблемы теории управления социальными системами, мы встретились с доктором технических наук, ведущим научным сотрудником Института проблем управления (ИПУ) РАН Дмитрием Губановым – известным специалистом в области математического моделирования социально-экономических систем.

**– Как бы вы оценили развитие теории управления социальными системами, в чем ее успехи и проблемы?**

– Винер не случайно назвал свою науку кибернетикой, которая происходит от греческого слова, которое означает «кормчий», или «рулевой» (κυβερνήτης, – «Стимул»). Он считал, что есть универсальные принципы управления, та же обратная связь и регулирование, как в машинах, так и в организмах, в том числе в обществе. Действительно, в технических системах кибернетические идеи

дали отличные результаты – от автопилотов до умных заводов. А вот с обществом оказалось не так просто. Почему?

Причина проста: социальные системы неизмеримо сложнее технических. Их элементы – люди, которые обладают свободой воли и своими интересами. Человек может скрыть информацию, действовать в обход инструкций, вступать в конфликт или, наоборот, в кооперацию – и все это нарушит задуманный алгоритм. Отсюда непредвиденные последствия управленческих решений. Мы не можем просто установить какое-то управление и ждать от людей требуемого поведения.

Есть даже закон для таких ситуаций, который сформулировал английский ученый Чарльз Гудхард<sup>1</sup>: если мы какой-то показатель сделаем целевым, то этот показатель перестанет быть хорошим. Почему? Потому что общество начинает подстраиваться под этот показатель. Взять тот же самый ЕГЭ при всех его положительных сторонах. Школы принялись натаскивать учеников на эти тесты. В результате произошла подмена целей образования. Или пример в экономике: если какой-нибудь показатель сделать целевым, например снижение инфляции, то участники рынка начинают подстраиваться под это, возможно, в ущерб каким-то другим показателям. То есть они ведут себя не так,

как ожидалось. Вот вам и проблема. Добавлю сюда еще известный принцип кибернетики Эшби – закон необходимого разнообразия: чтобы успешно управлять сложной системой, необходимо, чтобы разнообразие управляющего воздействия не уступало разнообразию самой системы. Проще говоря, никакой центр не может учесть все нюансы реального общества. Отсюда исторические примеры сбоев прямолинейного управления: слишком жесткие попытки «закрутить гайки» заканчивались хаосом. Например, сухой закон 1920-х годов в США лишь породил теневой рынок спиртного и рост влияния мафии.

Однако прогресс все-таки есть, и немалый. Прежде всего ученые поняли, что общество – это не машина, когда есть центральный орган, который получает обратную связь и воздействует на систему прямыми методами. И что нужны иные подходы, учитывающие человеческий фактор. Выяснилось, что в управлении социальными системами очень важны обратные связи между управляющим субъектом и объектом управления: между властью и народом, бизнесом и потребителем, управленцем и исполнителем. Решение редко действует прямо – часто оно запускает цепочку последствий. Возникло представление об «активном обществе», о том, что мы должны как-то управлять условиями,

<sup>1</sup>www.clck.ru/3MzsPB

**ГРАФИК 1. ОБЩАЯ СХЕМА ИССЛЕДОВАНИЙ СОЦИАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ**

Источник: предоставлен Дмитрием Губановым



в которых существует система, и тогда она сама придет к нужному результату.

Так в науке управления появились новые подходы. Например, мотивационное управление: вместо жестких приказов – стимулы, чтобы люди сами захотели делать «как надо». Или институциональное управление: задать правила игры и ограничения (по сути, социальные институты, законы и нормы), в рамках которых люди будут действовать. Или информационное (мягкое) управление: влиять на информированность и убеждения, чтобы изменить поведение без принуждения. Эти методы активно разрабатываются учеными, в том числе в России – прежде всего в нашем Институте проблем управления РАН. Исходим из того, что общество – это децентрализованная система, которая состоит из множества акторов. Эти акторы имеют свои интересы, по-своему воспринимают управляющие сигналы и рефлексируют на них. Мы воспринимаем общество как сложную гетерархию, как сетевую структуру, а не простую вертикаль. И это, я считаю, большой успех: мы учимся работать с живым обществом со всеми его сложностями.

**– Насколько этот арсенал может быть формализован? Если мы управляем техническими системами, там довольно сильно все формализовано, управление техническими объектами стало математической теорией. А в случае общественных систем насколько это возможно?**

– Вообще говоря, принципы теории управления одни и те же для любых систем. Перед нами всегда стоит задача понять, как работает система, и воздействовать так, чтобы она вела себя нужным образом. И главный инструмент – это математика. Именно она позволяет получить не просто интуитивные догадки, а точные

и проверяемые выводы. Описать поведение системы можно с помощью уравнений – чаще всего дифференциальных или разностных – и затем применить к ним классические методы оптимального управления.

Например, есть знаменитый принцип максимума Понтрягина<sup>2</sup>, который позволяет рассчитать оптимальную траекторию управления, чтобы достичь цели. Он сформулирован в середине прошлого века для управления ракетами, но прекрасно работает и для социальных систем! Есть и другие фундаментальные методы – в частности, уравнения Ляпунова, которые позволяют понять, устойчива система или нет. Устойчивость означает, что после какого-то потрясения система сможет вернуться к равновесию. На практике это дает возможность, условно говоря, прогнозировать устойчивость экономики перед кризисами.

Конечно, общество невозможно полностью загнать в формулы – слишком много неопределенных факторов. Поэтому в каждом конкретном случае мы должны выбрать ключевые переменные состояния и создать упрощенную математическую модель системы, и уже для нее искать оптимальное управление. Например, в эпидемиологии есть широко известная SIR-модель, которая делит население на группы – восприимчивые, инфицированные, выздоровевшие – и описывает динамику эпидемии парой уравнений. Очень грубо? Зато можно аналитически посчитать, как введение, скажем, карантина повлияет на кривую заболевших. Более того, можно определить, когда и насколько сильные вводить ограничения, чтобы подавить эпидемию с минимальным ущербом для экономики. Это и есть применение теории управления к социальной проблеме. После этого мы должны уже проверить эту математическую модель в реальной системе, но это не всегда, кстати, возможно. Поэтому зачастую разрабатываются имитационные модели и даже проводится так называемое полунатурное моделирование.

**– Полунатурное?**

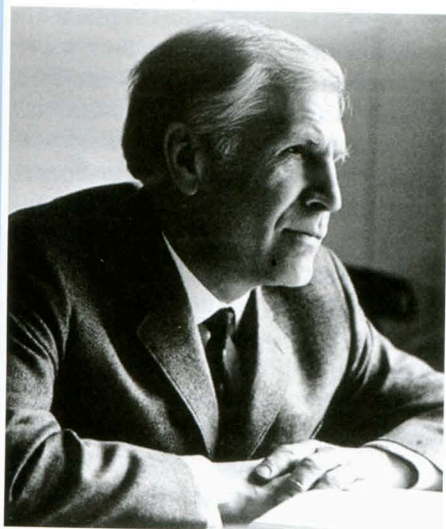
– Мы можем учесть реальные условия частично. Если нет возможности поставить полноценный масштабный эксперимент, можно выделить небольшую целевую группу, чтобы проверить на ней модель.

**– Тогда как бы вы сформулировали, что такое теория управления именно как наука?**

– Я бы определил теорию управления как междисциплинарную науку о том, как с помощью целенаправленных воздействий переводить технические, организационные, социальные и другие системы из заданного состояния в желаемое оптимальным образом.

В основе этой науки лежит математическая теория управления и такие тесно связанные с ней дисциплины, как, например, теория оптимального управления и теория игр. Более прикладные области – это автоматическое

<sup>2</sup> www.bigenc.ru/c/printsip-maksimuma-pontriagina-dddd27



Понтрягин Лев Семенович – российский математик, академик АН СССР, Герой Социалистического Труда

управление техническими объектами, а также организационное и социальное управление. В последние годы применяются современные методы анализа больших данных, нейронные сети и сложные компьютерные модели.

Типичный подход к решению задачи управления выглядит примерно так: сначала формулируется задача, четко ставятся цели и задаются ограничения. Затем создается математическая модель, которая отражает основные связи и закономерности в системе. Далее, опираясь на эту модель, рассчитывают управляющее воздействие и проверяют его: либо путем компьютерной симуляции, либо в реальных экспериментах.

Хороший практический пример – современные системы управления дорожным движением в больших городах. Алгоритмы анализируют текущую ситуацию и перераспределяют транспортные потоки, регулируя работу светофоров в зависимости от загрузки. В результате меньше пробок и экономия времени людей.

Тут важно понимать: чтобы сделать модель точной и реалистичной, управленцы должны сотрудничать с экспертами в конкретной

области. Для социальных систем такими экспертами будут социологи, для экономических – экономисты. Именно они помогают выделить существенные факторы и отбросить второстепенные. Это делает модель по-настоящему работающей, хотя, конечно, нужно всегда помнить о ее ограничениях.

**– Вы сказали о математике как основном инструменте теории управления. Но что такое математика в этом случае? Это просто орудие или это уже и объясняющая, так сказать, машина?**

– И инструмент, и объясняющая модель. С одной стороны, математика – это, конечно, инструмент теории управления, с помощью которого разрабатываются математические модели (чаще всего в виде систем уравнений) и находятся оптимальные решения задач управления. Здесь широко применяются уже упомянутые мною принцип максимума Понтрягина, принцип оптимальности Беллмана, методы динамического программирования и другие подходы, которые выбираются исходя из специфики конкретной задачи.

Но математика – это еще и способ объяснения. Поскольку хорошая модель не просто позволяет формально решить задачу, а отражает ключевые закономерности исследуемой системы и даже позволяет прогнозировать ее будущее поведение.

**– А как мы можем это определить? Просто проверяя на нескольких примерах? Или уже по итогам использования этих моделей?**

– На самом деле проверять нужно постоянно и на каждом этапе работы с моделью. Изначально при ее создании важны интуиция и предыдущий опыт использования подобных моделей. Хорошо начинать с простых моделей и постепенно уточнять их, если первоначальный вариант оказался слишком грубым.

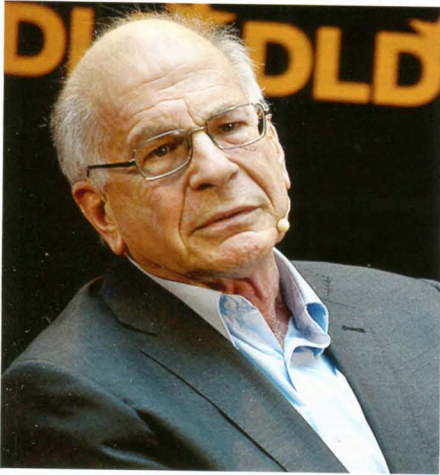
Сначала модель можно проверить на элементарных примерах, чтобы убедиться, что она хотя бы приблизительно соответствует ожиданиям. Затем идет этап имитационного моделирования, где мы более детально рассматриваем, как модель ведет себя при разных параметрах и сценариях, и при необходимости вносим поправки. Следующим этапом становится применение модели – здесь уже «подключается» реальная среда или ее максимально реалистичная имитация, позволяющая оценить, как модель ведет себя на практике.

Очень важна и обратная связь от экспертов из предметной области. Если модель выдает неожиданные результаты, противоречащие здравому смыслу и мнению специалистов, – это сигнал, что мы упустили что-то важное. Возможно, стоит перейти от простых моделей, основанных на дифференциальных уравнениях, к другим инструментам – агентно ориентированным моделям. Например, в информационном управлении социальными сетями важно не просто фиксировать статистику взаимодействий на макроуровне, а понять, как отдельные влиятельные пользователи, конкретные посты или комментарии формируют информационную динамику и влияют на поведение целых сообществ.

В конечном счете выбор подходящей модели соответствует принципу гетерархии<sup>3</sup>, введенному еще в кибернетике: для каждой конкретной задачи нужно выбирать ту модель, уровень сложности и детализации которой адекватен именно этой задаче. Пожалуй, именно способность грамотно применять такой принцип и отличает хорошего специалиста по управлению от «просто» математика.

**– Обычно человеку трудно понять, каким образом такая абстрактная наука, как математика, может объяснять человеческое**

<sup>3</sup> www.dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1371504



Даниэль Канеман – израильско-американский психолог. Один из основоположников поведенческой экономики

**поведение и предсказывать, как оно меняется. И даже не отдельного человека, а больших, гигантских даже коллективов. Это все-таки люди, и что у них в голове, не всегда сам человек может предсказать.**

– Действительно, это трудно предсказать, поскольку, как вы сами говорите, человек не всегда способен предсказать собственные поступки. Но за последние сто лет стало понятно, что многие аспекты поведения больших коллективов можно описывать количественно. Несмотря на индивидуальность каждого человека, массовое поведение подчиняется устойчивым закономерностям. В среднем наши решения зависят от схожих факторов: цены, доходы, законы, культурные установки.

Классический пример – страхование. Страховые компании не могут предсказать, что случится с конкретным человеком. Но, располагая статистикой, они точно прогнозируют, что в среднем произойдет с их клиентами: сколько заболеет, сколько будет несчастных случаев. Статистика здесь мост между абстрактной математикой и человеческим поведением.

Этот же принцип действует и в экономике. Закон спроса и предложения, несмотря на свою

простоту, способен довольно точно прогнозировать общие экономические тренды, ухватывая суть массовых экономических взаимоотношений. Изначально экономические модели предполагали, что люди рациональны и всегда стремятся к максимальной выгоде. Конечно, в жизни реальный человек ведет себя иначе. Это привело к появлению поведенческой экономики, которую развивал нобелевский лауреат Даниэль Канеман<sup>4</sup>. Современные модели учитывают ограниченную рациональность людей, их когнитивные ограничения, эмоции и представления о справедливости.

Те же сложности возникают и в политике, когда нам нужно на основе множества индивидуальных предпочтений выработать коллективное решение. Здесь на помощь приходит теория социального выбора (social choice). Правда, сразу обнаруживаются парадоксы и ограничения. Нобелевский лауреат Кеннет Эрроу<sup>5</sup> показал невозможность идеальной процедуры голосования, которая полностью отражала бы волю общества, без компромиссов или парадоксов – достаточно вспомнить знаменитый парадокс Кондорсе<sup>6</sup>. Теория общественного выбора (public choice) объясняет, почему люди принимают одни решения и отказываются от других. Единого универсального решения не существует, поэтому активно развивается теория выбора и анализа решений. У нас в институте этим занимается такой известный ученый, как Фуад Тагиевич Алескеров<sup>7</sup>.

С психологией личности сложнее: здесь наблюдается недостаток глубоких и достаточно системных математических моделей. Замечу, что несколько лет назад директор нашего института, академик Дмитрий Александрович Новиков, предложил междисциплинарную модель личности и деятельности. Эта модель учитывает, в частности, цели, ценности, задачи, действия и убеждения человека через призму

теории управления. Чем хороша эта модель? Тем, что она является системообразующей. Глядя на нее, можно выбрать интересующее нас явление и нужные элементы модели и подобрать или разработать подходящие математические модели для описания отдельных психологических явлений, таких как когнитивный диссонанс.

Здесь мы переходим уже к социологии и социальной психологии. Начиная со второй половины двадцатого века разрабатываются модели динамики коллективного поведения в социальных группах и сетях. Среди них широко известны модели де Гроота и Грановеттера. (Модель Де Гроота описывает динамику мнений в социальной сети, где участники влияют друг на друга. Модель Грановеттера, в частности теория распространения информации в социальных сетях, известна как «Сила слабых связей». – «Стимул»). Эти модели помогают понять, как люди под влиянием сетевого окружения меняют свои убеждения: приходят ли они к согласию или, напротив, к поляризации. Важный вывод этих исследований состоит в том, что даже небольшие изменения мнений (состояния) в ключевых узлах социальной сети могут привести к глобальным изменениям в поведении всей сети. Мы с коллегами в ИПУ РАН активно изучаем такие феномены и явления.

Таким образом, знания постепенно накапливаются в каждой из этих областей. Рано или поздно мы придем к зрелой науке управления социальными системами – такой же, какой сейчас является наука управления техническими системами. На данный момент происходит развитие моделей и накапливаются эмпирические данные.

Кстати, накопленные данные уже позволяют достаточно точно предсказывать поведение и отдельного человека. Например, в онлайн-сетях мы оставляем цифровые следы, подписываемся

<sup>4</sup> www.clck.ru/3Mzu7i. <sup>5</sup> www.clck.ru/3MzuC3. <sup>6</sup> www.clck.ru/3MzuGe.

<sup>7</sup> www.stimul.online/articles/interview/matematika-slishkom-chelovecheskogo/?sphrase\_id=30017}

на сообщества, реагируем на посты и высказываем собственные предположения. На основе этих следов можно создать наш цифровой двойник – портрет, который позволяет понять, что для нас важно. Это открывает возможности для влияния на решения отдельных людей.

Разумеется, степень такого влияния зависит от множества факторов. Вспомним нашу историю с Cambridge Analytica, когда информационная кампания в соцсетях, возможно, сыграла важную роль в победе Дональда Трампа на президентских выборах в США. Или модель, прогнозирующую решения судей Верховного суда США с точностью около 70 процентов на основе анализа их биографий и предыдущих решений. Мы постепенно переходим от грубых прогнозов на уровне «средней температуры по больнице» к точному пониманию поведения конкретных людей – и это совершенно новый этап в развитии науки управления социальными системами.

**– Можно ли уже сейчас, с помощью науки об управлении на нынешнем этапе ее развития, существенно улучшить управляемость государства?**

– Убежден, что да. Более того, без науки управления в двадцать первом веке ни одному государству не обойтись. Государство – крайне сложная система, а вызовы сейчас очень серьезные. Общество стало сложным и разнородным. Процессы в нем развиваются стремительно, во многом из-за информационных технологий и мгновенных обратных связей. Если вовремя не предпринять действий, проблемы могут стать кризисными. Одной интуицией и старыми подходами тут не справиться. Наука управления позволяет упорядочить и осмыслить возникающую сложность. При этом наука, конечно, не заменяет политику – она усиливает ее, делая принимаемые решения более обоснованными.

Если говорить о государстве как о машине, то позволю себе аналогию: государство можно уподобить огромному кораблю, который движется в океане и должен обходить айсберги, течения и другие препятствия. Современные методы управления – это и есть те самые навигационные приборы и автопилот, которые помогают держать курс и вовремя обходить угрозы.

**– Что конкретно нужно сделать, чтобы использовать такие инструменты?**

– Прежде всего оцифровать процессы и собирать данные. Без данных нет управления – это аксиома кибернетики. Чтобы управлять эффективно, важнейшие параметры жизни общества и экономики должны измеряться достоверно, оперативно и практически в режиме реального времени. К счастью, сейчас многое для этого делается: ведомства переходят на электронный документооборот, создаются большие хранилища данных (Data Lakes<sup>8</sup>). Но сами по себе данные бесполезны, если они не интегрированы и не используются комплексно. Если каждая структура будет хранить данные обособленно (эффект Data Silos), то полноценного управления не будет.

Именно поэтому необходимы мощные аналитические центры, способные эффективно работать с большими объемами данных. В этих центрах должны действовать междисциплинарные команды, объединяющие управленцев, специалистов по обработке и анализу данных, инженеров знаний, социологов, политологов и так далее. Вместе они должны разрабатывать комплексные математические модели, которые помогут принимать обоснованные решения. Такие модели разрабатываются: модели демографии и распространения болезней, модели транспортных потоков, модели общественного мнения, экономические модели и другие. В России есть сильные школы в этой области –



Кеннет Эрроу – американский экономист, математик и политический теоретик

это Институт проблем управления РАН, Центральный экономико-математический институт РАН, Высшая школа экономики и другие центры. Очень важно обеспечить тесную связь науки с практикой, чтобы результаты исследований и разработанные модели оперативно доходили до тех, кто принимает реальные решения.

И, наконец, нужно оперативно и грамотно реагировать на собираемые данные. Государственное управление должно быть адаптивным: откликаться на изменения ситуации и регулярно корректировать принимаемые решения. Подобная цикличность (решение – анализ – корректировка) давно используется в инженерных и технических системах и вполне применима к управлению обществом.

Еще один принципиально важный момент – доверие. Любые механизмы и процедуры, связанные с управлением на основе данных, должны быть прозрачными и вызывать доверие как у тех, кто ими пользуется, так и у общества в целом. Это критически важно: без доверия не будет обратной связи, а без обратной связи не будет эффективно-го управления. ■

<sup>8</sup>www.clck.ru/3MzuxK