

Гуру Мадхаван



Как превращать
проблемы в возможности

[Почитать описание, рецензии и купить на сайте МИФа](#)

Guru Madhavan

Applied Minds:

How Engineers Think

W. W. Norton & Company
NEW YORK LONDON

[Почитать описание, рецензии и купить на сайте МИФа](#)

Оглавление

Пролог	
Невидимые мосты.....	12
Глава 1	
Подбор и комбинирование.....	25
Глава 2	
Оптимизация.....	45
Глава 3	
Повышение эффективности и надежности	68
Глава 4	
Гибкая стандартизация	87
Глава 5	
Решения в условиях ограничений.....	104
Глава 6	
Знакомство с неизведанным и адаптация	128
Глава 7	
Рождение прототипов	147
Глава 8	
Учиться у других	168
Заключение	
Гибкое мышление	191
Примечания.....	201
От автора.....	245
Именной указатель	250

Глава 2

Оптимизация

1

В начале 2000-х заторы на улицах Стокгольма достигли критического уровня.

Поездки на работу и обратно стали гораздо длительнее; из-за опозданий и нервотрепок накапливалось раздражение. В часы пик продуктивность шведской столицы резко падала. Выход казался очевидным — повысить пропускную способность за счет строительства еще одного моста. Эта стратегия уже успела себя зарекомендовать: в Стокгольме насчитывались десятки мостов; в конце концов, не зря же его называли «северной Венецией». Но, поразмыслив, городские власти приняли необычное решение: обратились к группе инженеров-консультантов из IBM.

В IBM подошли к проекту как к спасательной миссии, а не «ангиопластике»* транспортных артерий Стокгольма. Чтобы более детально ознакомиться с проблемой, команда

* Процедура расширения суженных сосудов сердца. *Прим. ред.*

из IBM решила установить по городу устройства для отслеживания дорожного движения. В IBM использовали 430 тыс. приемопередатчиков, собиравших данные, и накопили 850 тыс. фотографий. На основе этой информации в компании создали общую системную модель, проведя математический анализ всего трафика движения транспорта и, казалось бы, не связанных с ним «узких мест». Результаты этой кропотливой работы убедили чиновников города, что, вместо того чтобы строить новые мосты или дороги, нужно брать плату за проезд по уже существующим мостам и шоссе в часы пик.

Введение платы за въезд дало поразительные результаты. В испытательный период системы в 2006 году дорожные пробки в Стокгольме сократились на 20–25%. Время ожидания людей в течение поездок уменьшилось в среднем на треть — даже почти наполовину, а общественный транспорт снова завоевал популярность. Этот план помог убрать с дорог 100 тыс. машин. Уровень выбросов углекислого газа и твердых частиц резко сократился. В 2007 году в Стокгольме провели референдум, по результатам которого ввели плату за въезд на постоянной основе с использованием фотокамер. Успех шведского эксперимента привлек внимание, и города в Азии, Европе и Северной Америке начали рассматривать возможность перенять данный опыт и ввести плату за въезд в особо загруженные районы.

Места, где образуются дорожные пробки, сродни дырявым ведрам: чем больше в них льешь, тем сильнее они протекают. Кроме того, пропускная способность дорог — величина постоянная, так что появление дополнительных машин в часы пик представляет собой почти непреодолимое препятствие.

Техасский институт транспорта недавно выпустил отчет о дорожном движении в городах. В нем отмечалось, что ежегодные выбросы углекислого газа в мегаполисах США в часы пик превышают 25 млн т и «эквивалентны стартовой массе более чем 12 400 космических шаттлов с полными топливными баками». Эти выбросы — результат потребления более 11 млрд л топлива, количества, которое «могло бы заполнить четыре таких стадиона, как “Супердом” в Новом Орлеане».

На индивидуальном уровне эти цифры впечатляют. За последние 30 лет персональные издержки среднестатистического человека, который ездит на работу и обратно, возросли более чем вдвое, как и количество впустую истраченного топлива. Как отмечено в отчете, люди, регулярно совершающие подобные поездки, «в 2011 году провели в пути лишние 38 часов по сравнению с 16 часами в 1982-м». А это соответствует потере пяти рабочих дней.

«Сегодня в нашем распоряжении огромное количество установленных на дорогах сенсоров и камер, с которых автоматически загружаются данные, позволяющие совместно использовать и анализировать информацию практически в реальном времени», — пишет Навин Ламба, возглавляющий в IBM глобальное направление продуктов Intelligent Transportation. Сенсоры и приемопередатчики, на данные от которых в IBM опирались при проведении анализов, оказались незаменимыми помощниками при составлении карт дорожного движения. «Когда данным уже 5–7 минут, становится поздно вносить какие-то изменения, которые сократили бы заторы, — добавляет Ламба. — Если едущий застрял в пробке, уже не имеет смысла искать альтернативный маршрут». Прогнозирование спроса на перевозки является дополнительным вызовом; тут часто недостаточно даже данных в реальном времени.

Чтобы избавиться от пробок, не всегда целесообразно заводить новое строительство. «Нам нужно научиться извлекать больше пользы из уже существующих активов с помощью технологий», — заявляет Ламба. В Стокгольме IBM применила модульный подход при попытке разобраться в каждом из элементов системы, которые могли напрямую или косвенно способствовать возникновению пробки. Результатом стало создание новой электронной инфраструктуры: оснащение автомобилей устройствами, связанными с банковским или клиентским счетом в задействованном в программе супермаркете. Этот подход повлиял на поведение людей и сделал их поездки по городу социальным процессом. Средства, полученные от взимания платы за въезд, можно было направить на содержание и обслуживание дорожной системы города и еще какие-то цели. В данном случае введение платы за въезд в загруженные районы было не единичным, а *платформенным решением*, затронувшим ряд других проблем. «Дырявое ведро» превратилось в океан возможностей!

Решение, которое не срабатывает в одних условиях, в других может обусловить глубокие преобразования. В отличие от Стокгольма в какой-нибудь деревне в Африке наверняка извлекли бы пользу из дополнительной дороги или моста, так как это облегчило бы местным жителям доступ к услугам и открыло бы новые перспективы. Когда появляется приличная дорога, люди, раньше и не мечтавшие о собственной машине, могут задуматься о ее покупке. Дорога означает рост мобильности, что, в свою очередь, приводит к оживлению коммерческой деятельности.

Заторы на дорогах зависят от поведения людей. Оно принимает форму *скрытых предпочтений*, свойственных каждому из нас: какой вариант перемещения из одного места в другое мы выбираем. Вследствие этого поведение публики

играет ключевую роль в успехе или провале проектов, касающихся инфраструктуры или инфраструктурной политики. В общем и целом причина заключается в том, что дорожное движение, как и любое другое проявление общественных отношений, представляет собой сложную систему, скомпонованную из ряда систем, взаимодействующих друг с другом без главного контролирующего элемента. Совокупные следствия их деятельности по своему характеру нелинейны и часто ведут к непредсказуемому поведению, которое называется *эмерджентность**. Даже малейшее изменение (один оранжевый дорожный конус) может оказать непредвиденное воздействие («пробка» на автомагистрали) на систему систем, частично состоящую из дорог.

На эту тему весьма показательно высказался один из изобретателей интернета, Винтон Серф. Однажды Серф пытался засыпать черный перец в мельницу через воронку. «Несколько горошин попали внутрь, а потом застряли. Если бы я бросал их туда по одной, то проблемы не возникло бы, — резонно замечает Серф. — Но я засыпал в воронку несколько горошин, и в данном случае эмерджентным свойством стал затор».

Для оптимизации полезно иметь общее представление о сложных, широкомасштабных эффектах (например, изменение поведения), которые проистекают из простых правил (плата за въезд в районы с пробками). «Дело в том, что одна горошина перца не создаст затора, — добавляет Серф. — А самое интересное, что в горошине перца мало что может объяснить ее свойства, ведущие к образованию пробок, разве что тот факт, что причина — в *трении*».

* Наличие у системы свойств целостности, то есть таких свойств, которые не присущи составляющим элементам; эмерджентность — одна из форм проявления принципа перехода количественных изменений в качественные; целостность. *Прим. ред.*

Любой может заявить, что способен что-то оптимизировать, но слова — это одно, а практика — совсем другое. Оптимизация сродни посещениям спортзала, когда вы увеличиваете количество силовых тренировок. Как получить наилучшие результаты от тренировки в кратчайший срок? Как постоянно что-то улучшать?

Оптимизация состоит из двух основных компонентов. Первый — это *цель*, направленная на максимизацию или минимизацию выходной переменной, которая обычно зависит от чего-либо еще. Целью оптимизации Грибовалая было нанести максимальный урон противнику, а более широкой задачей — выиграть войну. Оптимизация также включает какое-нибудь *ограничение*, состоящее из лимитирующих факторов, воздействию которых подвергается цель. Исследователи операций, применяющие модели и изучающие способы улучшения эффективности, сочли бы цель Грибовалая классической «задачей на целеполагание» и разработали бы для нее алгоритм. Как Грибоваль, действуя в условиях ограниченного времени и ресурсов, мог бы найти набор инструментов (или их сочетание) и распределить их оптимальным образом для достижения своей цели?

Инженеры применяют разнообразные методы моделирования, чтобы получить приблизительные репрезентации* реальности, которые по определению не являются точными. Есть два основных вида моделей: имплицитные** и эксплицитные***. В *имплицитных моделях*, согласно описанию Джошуа Эпштейна, профессора Университета Джонса Хопкин-

* Представления, представительства. *Прим. ред.*

** Подразумеваемые, невыраженные, внутренние. *Прим. ред.*

*** Явные, открыто выраженные, внешние. *Прим. ред.*

са, «предположения скрыты, внутренняя согласованность не проверена, их логические последствия неизвестны, как и их соответствие данным». В связи с этим, «когда вы закрываете глаза и представляете себе распространение эпидемии или какой-либо другой динамический процесс в обществе, то применяете *ту или иную* модель. Просто это имплицитная модель, которую вы не записали». В *эксплицитных же* моделях предположения, эмпирические оговорки и уравнения четко представлены для анализа и проверки. При одном наборе предположений «происходит одно; а когда вы их меняете — другое».

Среди многих преимуществ моделирования, как подчеркивает Эпштейн, в том числе и возможность «продемонстрировать компромиссы и предложить способы повышения эффективности или даже выяснить, что кажущееся простым на самом деле сложно, [а сложное — просто]». Модели выявляют области, требующие больше данных, и показывают, какую нужно выполнить работу. Сбор данных о загруженности дорог во всех уголках Стокгольма подкрепил модель IBM и окончательное решение компании порекомендовать ввести плату за въезд в проблемные районы.

Идеальных моделей для оптимизации не бывает. Каждая модель ограничена своими предположениями и подвергается критике за то, что сводит действительность к простым уравнениям. «Простые модели могут оказаться бесценными, но при этом “неправильными” с точки зрения инженерии, — говорит Эпштейн. — Но от этой их неправильности — сплошная польза. Они — абстракции, которые многое помогают узнать». Однако главная задача применения моделей для подкрепления оптимизации — разработать структуру, позволяющую четко определять ограничения и компромиссы.

При всей своей ценности модели иногда сбивают с толку. Обычное для инженеров заблуждение — предполагать, что модель, успешно работающая на одном уровне, окажется

такой же эффективной на другом. Это необязательно. В действительности эмерджентные свойства в сложных системах почти всегда зависят от изменения масштаба. Инженер-строитель Джон Купренас и архитектор Мэтью Фредерик убедились в этом благодаря астроному викторианской эпохи сэру Роберту Боллу:

Вымышленная команда инженеров попыталась создать «суперконя», который был бы в два раза выше обычной лошади. Но, сделав это, они обнаружили, что получившееся животное весьма проблемное и ущербное. Оно было вдвое выше, шире и длиннее и в результате весило в восемь раз больше обычного. Однако площадь поперечного сечения его вен и артерий оказалась лишь в четыре раза больше, чем у стандартного коня, из-за чего его сердцу приходилось работать в два раза интенсивнее. Площадь поверхности его копыт в четыре раза превышала площадь копыт обычной лошади, но у каждого копыта нагрузка на единицу площади была вдвое больше. В итоге сей болезненный экземпляр пришлось усыпить.

Модели — это вспомогательные системы, которые способствуют принятию решений, но сами окончательными решениями не являются. Проливая свет на плюсы и минусы, связанные с конечной целью, хорошие модели позволяют проверить реальное положение вещей при оптимизации. В случае с IBM главной целью была минимизация дорожных заторов в Стокгольме, которые, как оказалось, зависели от использования автомобилей в часы пик. Ограничения включали фиксированную пропускную способность дорог, бюджет местных органов власти и скрытые предпочтения людей. Вполне естественно, что отправной точкой для полного понимания и оптимизации такой сложной системы стало построение модели.

2

В начале 1940-х годов в Почтовом департаменте США разразился кризис. Во время Второй мировой войны многие почтовые работники ушли в армию. А годовой объем почты стремительно увеличивался (к 1950 году он достиг 45 млрд почтовых отправлений), в значительной степени благодаря бурному росту прямой почтовой рекламы за предыдущие 20 лет. Как же департамент мог оптимизировать доставку почты по всей стране?

Из-за сложностей, связанных с затратами, эффективностью, точностью, графиком доставки и, возможно, будущим самого учреждения, в Почтовом департаменте решили применить инженерный подход. Его результаты представляют немалый интерес, так как вошли в число величайших достижений нынешней почтовой системы США, а также принесли пользу всем странам мира.

Разработчики системы разделили США на «зоны», присвоив каждой отдельный идентификационный номер из пяти цифр. И в 1963 году, после двух десятилетий исследований и инженерных работ, почтовая служба объявила о внедрении ZIP-кода (Zone Improvement Plan codes — система почтовых индексов, используемая Почтовой службой США). В результате появилась качественно новая система, позволявшая соединять отправителей и получателей почты.

Действия создателей ZIP-кода были воплощением мышления модульных систем. Разработчики разделили страну на 10 регионов, пронумерованных от 0 до 9. Начав с Восточного побережья, они присвоили штату Мэн номер 0 и продвигались далее на запад. ZIP-коды в штате Нью-Йорк и некоторых соседних штатах начинались с 1; в Вашингтоне, округ Колумбия, — с 2; у штатов на западном побережье — с 9 и т. д. Другие цифры в коде обозначали дальнейшее разделение этих зон согласно расположению узловых объектов

почтовой связи и ближайшего почтового отделения в конкретном районе.

Чтобы облегчить сортировку почты в каждой зоне, была разработана специализированная техника. Но понадобилось время, чтобы повысить ее точность, так как в процессе сортировки присутствовал человеческий фактор: оператор должен был вводить ZIP-код каждого конверта или посылки в сортировочную машину с помощью клавиатуры и при этом часто делал опечатки и ошибки. Например, письмо, адресованное в Чемулт (Chemult), штат Орегон, могли направить в Кастер (Custer), штат Южная Дакота, а потом оно пересылалось в узловое почтовое отделение в Денвере, штат Колорадо.

Хотя нам в XXI веке эта система может показаться малоэффективной, для 1960-х годов, по мнению Нэнси Поуп, историка технологий в Смитсоновском национальном почтовом музее, ZIP-коды были «революционным нововведением благодаря идее обработки почтовых отправок на основе *цифрового* кода». ZIP-коды также помогли усовершенствовать обработку почты, адресованной в американские города с одинаковыми названиями, например Гринвилл, Сейлем или Спрингфилд.

До механизации сотрудники почты сортировали почтовые отправления вручную. «В такой ситуации даже самый умелый работник не смог бы обработать больше 60 писем в минуту, — объясняет Поуп. — Но и этот показатель делает его лучшим сортировщиком почтовой службы». В среднем же большинству работников удавалось обработать 20–30 отправок в минуту; к тому же из-за того, что эти процессы выполнялись вручную, не исключалась вероятность ошибок. С автоматизацией ситуация изменилась коренным образом. Машины обрабатывали до 2000 отправок в минуту, а то и больше, а посему такая система, как

ZIP-коды, заложила основу для повышения эффективности почтовой службы в целом.

Зданиям федерального значения — например, Капитолию, Белому дому и Пентагону — были присвоены собственные особые ZIP-коды. Другие страны вскоре начали перенимать идею ZIP-кодов, создавая свои версии цифровых или буквенно-цифровых почтовых индексов. ZIP-коды явились историческим инженерным решением и неотъемлемой частью коммерции и обусловили небывалый рост эффективности почтовой службы, при этом сократив расходы и количество ошибок путем внедрения новых почтовых технологий. Разработка ZIP-кода стала результатом *комплексного планирования* — долгосрочной стратегии, характерной для многих успешных (и неудачных) крупномасштабных проектов — инженерных, архитектурных и военных. Иногда для реконструкции какой-либо системы требуется ее продуманная, тщательно спланированная деконструкция.

Однако от введения ZIP-кодов в восторге были далеко не все: из-за необходимости запоминать пять цифр. Кроме того, незадолго до этого к телефонным номерам были добавлены трехзначные коды районов, а компании начали требовать номера социального страхования для расчета подоходного налога. Все это смахивало на какой-то числовой заговор, а некоторые даже усматривали в нем происки коммунистов. Чтобы убедить людей принять такую концепцию оптимизации систем, как ZIP-коды, понадобилась масштабная общенациональная кампания. Ее героем стал рисованный персонаж — мистер Зип. Легендарная певица Этель Мерман озвучила своим уверенным голосом рекламную песню: «Знакомьтесь, ZIP-код нам удобство несет! Почту отправляй, пять цифр не забывай!»

Влияние ZIP-кодов простирается далеко за рамки почты. Для интернет-компаний сейчас обычное дело — извлекать

выгоду из почтовой инженерной инфраструктуры, созданной в XX веке, для сбора демографических, поведенческих и других данных о своих клиентах. Эти коды стали обязательным элементом для таких мегапроектов, как перепись населения, кампании прямой почтовой рассылки, целевые предложения микромаркетинга — то, что одни превозносят как «системы рекомендаций», а другие критикуют как «потребительский шпионаж», — и авторизация на автозаправках и в супермаркетах. А в Великобритании, например, выражение «лотерея почтового индекса» означает неравенство в предоставлении и качестве медицинских и других услуг общественного характера, то есть идея, что район проживания может определять стандарт услуг, на который следует рассчитывать его обитателям.

Как уже, должно быть, ясно, инженерия в настоящее время — это не только технологии, то есть замена ручного труда машинами. Не менее (а то и более) важную роль в ней играет стратегия. Разработка ZIP-кодов — наряду с тем, как в IBM подошли к вопросу с пробками на дорогах, — стала простой, но дальновидной стратегией оптимизации и помогла решить скорее практическую, чем техническую проблему.

Ученые и практики применяют различные термины для обозначения разницы между техническими и практическими проблемами. Вот примеры: «проблемы» и «сложности»; «тривиальные проблемы» и «опасные проблемы»; «твердая почва» и «болото»; «хорошо структурированные проблемы» и «нечеткие проблемы». Эти термины указывают на принципиальное расхождение. В первой половине каждого примера нужно решить нечто четко определенное. А во второй — поставленная задача не решается только с помощью уравнений или аналитики, для этого понадобится учитывать человеческий и прочие факторы, которые зачастую вносят вклад в эмерджентные свойства. И ZIP-коды, и плата за въезд

в перегруженные транспортом районы — примеры практического сочетания технических и социальных аспектов.

А сейчас мы увидим, как крупная интернет-компания применила оптимизацию этого типа к составлению карт и каталогизации нашего мира.

3

В Google поставили перед собой амбициозную цель: упорядочить всю имеющуюся в мире информацию. Нью-йоркский офис компании находится в районе Челси, в здании эпохи 1930-х годов, где раньше размещалось портовое управление. Выполненный в основных цветах логотип Google вызывает ассоциации с детским садом, только для взрослых. Оставив позади щелканье клавиш и изобилие бесплатных угощений в буфетах, вы попадаете в кабинет Альфреда Спектора, вице-президента отдела разработок и особых инициатив. Он любит использовать Google Maps, чтобы отслеживать интенсивность дорожного движения и планировать свои поездки. «За последние шесть лет я опаздывал на поезд с Центрального вокзала до Пелема не более трех раз», — уверенно заявляет Спектор.

Спектор и его коллеги работают с верой в то, что у каждой единицы информации есть окно возможностей, срок существования которого ограничен, и нужно суметь завладеть этими данными в правильное время в соответствующем контексте, чтобы извлечь из них пользу. Руководящим принципом для таких, близких к реальному времени технологий, как Google Maps, является *непрерывная оптимизация*. «Сейчас мы получаем очень эффективные сведения о дорожном движении в Нью-Йорке с красными, бордовыми, зелеными и желтыми индикаторами; и они целиком отражают реальную картину, — рассказывает Спектор. — Так что мы вполне

можем снизить интенсивность движения в часы пик на дорогах Нью-Йорка, указывая людям на более удачные варианты проезда».

Идея влиять на дорожное движение в случае заторов или дорожных происшествий отнюдь не нова. Исследователи операций классифицируют это как проблему перераспределения ресурсов, которая особенно актуальна при чрезвычайных ситуациях: нужно предоставить маршрут эвакуации, чтобы люди смогли легко и быстро покинуть опасную зону, и обеспечить маршруты для доступа в нее представителей службы экстренного реагирования. Новаторство Google заключалось в том, что компания поставила мощь информации на службу пользователям, чтобы те могли принимать решения, подкрепленные данными, и варьировать их в зависимости от ситуации.

Коллеги Спектора пишут, что при попытках создать что-то новое наподобие Google Maps они «вместо длительных дискуссий о том, как лучше всего поступить... сразу берутся за дело, а потом уже повторяют и совершенствуют подход». Это призвано подкрепить ключевую миссию компании: «Решать по-настоящему большие проблемы». Вот, к примеру, одна из фундаментальных задач: в совокупности в 195 странах примерно 80 млн км мощеных и грунтовых дорог. «Один раз проехать по ним всем — это все равно что обогнуть земной шар 1250 раз. Даже для Google это устрашающие масштабы», — написали инженеры проекта.

Они начали проект с получения видеоданных со всего мира благодаря последним разработкам в области панорамных изображений на уровне улиц и фотографиям пользователей. Следующим шагом стало создание масштабной модели систем, которая «включает подробные сведения об улицах с односторонним движением и ограничениях поворотов (например, запрещен поворот направо или разворот)».

Затем с помощью этой информации Google преобразовывал позицию сенсора, вмонтированного в камеру — а сегодня и в наши телефоны, — в точные данные о расположении на дороге посредством метода под названием *оптимизация позы*. За этим процессом стоял не какой-то один алгоритм, а группа связанных между собой инструментов.

Инженеры Google обратились к алгоритмам аукциона, которые обычно применяются для определения наилучшего предложения цены лота при одновременном участии нескольких покупателей. Это было нужно для прогнозирования спроса на использование дорог среди людей, заинтересованных в одном и том же маршруте. Инженеры компании применили методы обработки изображений для создания «карт глубин», чтобы закодировать 3D-данные о расстоянии, направлении и прочую местную информацию: дороги, тротуары, здания и строительные работы. Они прибегали к дистанционному зондированию и анализу спутниковых снимков на уровне пикселей, чтобы получить несколько видов любого места, будь то Эйфелева башня или заброшенный шахтерский городок в пустоши Аляски. Инженеры сообщали использовали эти инструменты, а сейчас продолжают применять другие, чтобы повысить ценность Google Maps для пользователей.

«Мысль проехать по каждой улице мира, делая снимки всех зданий и обочин, сначала казалась нелепой, — добавляют инженеры, — но анализ показал, что это вполне реализуемо при организованных усилиях и в масштабах, которые мы могли себе позволить, в течение нескольких лет». Спектор считает, что это был, по сути, вопрос эффективности затрат. Google Maps возникли как инженерный компромисс, касающийся эффективной логистики (то есть можно ли составить такие карты?), но за этим последовал экономический аргумент о потенциальном рынке для данного приложения.

«Оказалось, что это осуществимо», — говорит Спектор.



Ориентация на данные — предварительное условие оптимизации. Эта идея повлияла на каждый промышленный сектор. «Например, в отрасли телекоммуникаций за последние годы объемы, проходящие по нашим сетям мобильных данных, возросли на 25 тыс. процентов и до сих пор ежегодно удваиваются», — отмечает Рэндалл Стивенсон, CEO* AT&T. А если взять пример из отрасли авиаперевозок, то самолет «Боинг», летящий из Лондона в Нью-Йорк, выдает 10 терабайтов оперативных данных каждые полчаса в течение полета.

Но ориентация на данные — лишь часть оптимизации; понимание потребностей пользователей — еще один ее существенный компонент. Рассмотрим сценарий, предложенный Норманом Огастинем, ушедшим в отставку CEO компании Lockheed Martin: допустим, вы провели опрос пассажиров, чтобы выяснить, чего бы они хотели от нового самолета, и обнаружили, что их желание — быстрее добираться до пункта назначения. В связи с этим у эксперта по аэродинамике, возможно, появится задача — увеличить скорость самолета. У специалиста по системной инженерии иной подход.

Применяя модульное мышление, специалист по системной инженерии наверняка разделит бы весь процесс путешествия на составляющие. Полет на самолете — одна из многих частей системы, а остальные — приезд в аэропорт, поиск места для парковки, проход по аэровокзалу, регистрация на рейс, сдача багажа, прохождение контроля, ожидание посадки, посадка и полет. Все эти составляющие и несколько других влияют на скорость, эффективность и работу системы в целом. Специалист по системной инженерии может попытаться оптимизировать отдельные компоненты, уделяя

* Здесь и далее — генеральный директор компании. *Прим. ред.*

внимание компромиссам и ограничениям. При модульном мышлении решения могут свестись к тому, как быстрее пройти контроль безопасности, улучшить процесс посадки на самолет и оперативно получить багаж.

Ситуация усложняется, когда нужно принимать в расчет природу — сложнейшую систему систем. Например, в случае с авиацией погода — колоссальный непредсказуемый фактор при оптимизации. По той же причине поначалу недостаток измерений и данных вынуждал инженеров, занятых проектированием труб и канализации, делать непосредственные предположения и заключения. «Когда вы хотите построить тоннель, приходится иметь дело с постоянно изменяющейся и взаимодействующей с другими системами геологической средой, — говорит инженер-геотехник Уэйн Клаф, секретарь Смитсоновского института и бывший президент Технологического института Джорджии. — Вам нужен обоснованный системный подход, который поможет адаптироваться к меняющимся условиям». Современные технологии позволяют собирать невероятное количество данных о природе. Но использование этой информации для оптимизации любого типа всегда будет проблемным.

Мы можем сделать все от нас зависящее, применяя технологии, но в конечном итоге побеждает мать-природа.

4

Я учился в бизнес-школе и одновременно работал над диссертацией по биомедицинской инженерии. Я планировал открыть компанию по производству медицинского оборудования. Но одним бодрящим утром 2008 года все изменилось.

Я читал статьи в Financial Times и других деловых журналах в интернете; в них анализировалось шаткое состояние экономики США. В каждой статье предлагался собственный диагноз

и рецепт, отличный от других. Эти новости подтачивали мою уверенность. Почему? Как оказалось, я, новоиспеченный магистр бизнес-администрирования, понятия не имел, о чем там говорилось. Эти статьи совершенно не были похожи на то, что мы обсуждали на занятиях по экономике и финансам; они противоречили всем моим знаниям. Я почувствовал, будто достиг стадии интеллектуального отторжения и мне нужно *забыть* все усвоенное, чтобы заново выучить основы.

В то же утро я отправился в лабораторию проводить клинические исследования. На одном из испытуемых я установил датчики, чтобы отслеживать, как разрабатываемая нами неинвазивная технология воздействует на сердечно-сосудистую систему. В центре внимания наших исследований была стимуляция насоса икроножных мышц для улучшения кровообращения в голених. Более $\frac{3}{4}$ объема крови в организме человека приходится на область ниже груди. И чтобы обеспечить эффективный отток крови обратно к сердцу при каждом его сокращении вопреки силе тяжести, вены должны сжиматься, что происходит вследствие сокращений волокон скелетных мышц. Поэтому икроножные мышцы еще называют «вторым сердцем», а их недостаточная работа связана со многими хроническими состояниями.

Пока я следил за максимальными и минимальными показателями, колебаниями и изменениями данных артериального давления от одного сокращения сердца к другому, они напомнили мне о колебаниях курса акций. Мое понимание физиологии человеческого организма начало сближаться с *непониманием* того, как работает финансовая система. И тут меня осенило: я подумал, что мне нужно стимулировать не насос икроножных мышц, а экономику!

Через некоторое время, поискав информацию в интернете, я решил подать заявку на позицию стипендиата-исследователя в области экономической политики в Национальной

академии наук США. Я даже не сообщил об этом своему научному руководителю. Двое моих наставников, привыкших к моим безумным идеям, предложили написать рекомендательные письма. Казалось, все идет как надо, но после подачи заявки у меня начался приступ паники. Меня самого обескуражила внезапность моего решения, но я сумел убедить себя, что мои шансы получить должность стипендиата-исследователя стремятся к нулю, и за несколько дней жизнь понемногу вернулась в обычное русло.

Через несколько недель меня включили в список финалистов, идущих на итоговое собеседование, а вскоре после этого я получил искомую должность. И осенью 2008 года — в разгар экономического кризиса в США и исторических выборов президента — я взял отпуск на семестр и поехал в Вашингтон. Это стало поворотным моментом в моей жизни. Имея бизнес-образование и почти никаких практических знаний об экономике, я начал заново знакомиться с тонкостями и недостатками реальной экономической политики. Мне повезло работать с консультативным советом, председателем которого был влиятельный экономист — бывший министр финансов США.

Во время дебатов на заседании исполнительного комитета я узнал о злободневных вопросах, от которых у меня голова шла кругом. Было такое ощущение, будто меня посадили за главный пульт управления в командном отсеке космического шаттла. Обсуждались такие темы, как поиск правильного сочетания торговой, фискальной, кредитно-денежной политики, стимулов для корпораций, поддержки федеральных исследований, а также несколько других вариантов, необходимых для поддержания бесперебойного функционирования экономики. Из этого вашингтонского опыта мне стало ясно, что полученное мной образование оторвано от хитросплетений реальности. Я был ошеломлен.

Но как я мог обо всем этом судить? Я ведь только что переплыл из пресных вод инженерии в соленые волны государственной политики.

5

Инженеры и экономисты — выходцы из разных областей знаний, но корни обеих профессий — в рациональности и акценте на четких количественных данных. При выполнении своих задач, от создания новых продуктов до новых политических курсов, инженерия и экономическая наука традиционно опираются на принципы оптимизации — опять-таки достигая желаемой цели в условиях ряда ограничений. Экономист из Гарвардского университета Грегори Мэнкью утверждает, что «подсфера макроэкономики зародилась не как наука, а скорее, как разновидность инженерии», учитывая, что первоначальная практическая направленность экономической науки со временем, по-видимому, изменилась.

В экономической науке и инженерии пересекаются как минимум две концепции оптимизации. Первая — это *максимизация полезности*. Если вернуться к примеру платы за въезд в загруженные районы, то в идее ее взимать нет ничего нового. Если какой-то ресурс — в дефиците, то плату за него можно поднять. Но инженеры IBM, применяя принцип максимизации полезности, эффективно сократили дорожные заторы в основном за счет изменений в поведении, а преобразования в существующей инфраструктуре при этом были незначительными. Возможно, та же логика применима и к Грибовалу, чьей целью была максимизация полезности и эффективности его модульных орудий.

Вторая концепция — *оптимизация механизмов распределения ресурсов*, которую можно рассматривать, как

сказал экономист Эрик Маскин в своей Нобелевской лекции в 2007 году, как «инженерную» сторону экономической теории». Как разработать «предпочитаемый» механизм для достижения широкой социальной цели? В случае с IBM интенсивность дорожного движения удалось снизить, поскольку люди в конечном итоге приняли систему платы за въезд с помощью цифровых устройств. Более того, благодаря технологии прогнозирования дорожного движения Google Maps люди могут заранее планировать другой способ перемещения, что может значительно сказаться на их времени и доходах. Как ни парадоксально, но инженерное дело — профессия, создавшая автомобили, из-за которых происходят заторы, — стало также той «невидимой рукой», которая стимулировала экономические сделки и благодаря новым технологиям нивелировала связанные с дорожным движением затраты и неудобства.

Возможно, главное различие между экономическим (в основном теоретическим) и инженерным мышлением заключается в том, как идеи реализуются на практике. Британский экономист Джон Мейнард Кейнс однажды заявил: «Если бы экономисты могли предстать в глазах окружающих скромными, компетентными людьми наподобие дантистов, это было бы великолепно». Хотя этим Кейнс подчеркивал, что его коллегам необходима практическая направленность мышления (в определенной степени), мы все же должны признать, что поставить пломбу на коренной зуб — дело совершенно иного уровня, чем уменьшить федеральный долг или дефицит федерального бюджета.

В мире экономической политики несколько инженеров остались в основном в тени, занимаясь максимизацией полезности и оптимизацией механизмов распределения ресурсов. Выдающийся французский инженер Марсель Буато представил формулу ценообразования услуги при наивысшем

спросе. Перед ним стояла задача, связанная с оптимизацией, — снизить потребление электроэнергии в часы пиковой нагрузки. Подобно тому как пропускная способность дорог в часы пик становится ограниченной, похожие ограничения существуют и у электростанций. Их производственная мощность — величина постоянная, а спрос мог бы быть управляемым, если бы люди потребляли меньше электроэнергии в периоды пиковой нагрузки. Эта ситуация позволила инженеру мыслить как экономист, предоставив людям необходимые стимулы для отказа от использования электричества.

«Этот переход от “инженера к экономисту” представил новые способы рассуждений на основе поиска экономического оптимума», — пишет Ален Белтран, историк французской энергетики. Данный тип мышления начал распространяться, когда многие люди, ответственные за принятие решений, массово осознали повсеместный характер потребления ценных ресурсов в пиковые часы. «Это встречается повсюду, начиная от действительно простых ситуаций: например, почему в некоторых ресторанах ужин дороже обеда, хотя это одни и те же блюда и приготовил их, вероятно, один и тот же шеф-повар? — говорит Чарльз Фелпс, экономист из университета Рочестера. — Еще один пример — эффективное управление крытой автостоянкой. Нельзя брать слишком много за парковку по выходным, из-за того что на стоянке в основном пусто».

Превосходный пример формирования цен при пиковой загрузке можно найти в отрасли авиаперевозок. Вместимость самолета — величина постоянная. Авиаперевозчики не могут добавить больше самолетов для обслуживания пассажиров в часы пик утром по понедельникам. А в субботние вечера, напротив, у них переизбыток недостаточно заполненных самолетов. Возможно, бизнесмены не будут проявлять особую гибкость и готовы платить больше, чем другие

клиенты. Все эти факторы приводят к ценовой эластичности, создавая необходимость в *дифференциальном* ценообразовании для одной и той же услуги.

Если вы внимательно изучите цены во время следующего похода в супермаркет или посещения любимого интернет-магазина, то обнаружите, насколько широко распространено дифференцированное ценообразование. Возьмем бритвенные лезвия: сами по себе они дорогие, но при покупке бритвы вы можете иногда бесплатно получить в комплекте два-три лезвия. Парикмахеры больше берут за женские стрижки, чем за мужские. В парках развлечений билет на комплекс аттракционов стоит меньше, чем на те же аттракционы по отдельности. В концертных залах один билет стоит больше, чем посещение такого же мероприятия по абонементу. Подобная ценовая дискриминация зависит от времени, удобства и факторов, не относящихся к стоимости самой услуги. Когда мы вынуждены доплачивать авиакомпаниям за билеты на летний отпуск, нам кажется, будто нас эксплуатируют. Но на самом деле это всего лишь простое правило оптимизации для модификации нашего поведения.



[Почитать описание, рецензии
и купить на сайте](#)

Лучшие цитаты из книг, бесплатные главы и новинки:



[Mifbooks](#)



[Mifbooks](#)



[Mifbooks](#)