

# Почему. Руководство по поиску причин и принятию решений

**Автор:**

[Саманта Клейнберг](#)

Почему. Руководство по поиску причин и принятию решений

Саманта Клейнберг

Автор книги доступно рассказывает, что такое причинно-следственная связь, объясняет, почему мы часто ошибаемся в ее определении, на основе каких данных можно делать правильные выводы и принимать эффективные решения. Прочитав книгу, вы научитесь анализировать информацию и выявлять причинно-следственные связи, объяснять прошлое и предсказывать будущее.

Книга будет интересна аналитикам, философам, исследователям, медикам, экономистам, юристам, начинающим ученым, всем, кто имеет дело с массивами данных и хочет научиться критическому мышлению.

На русском языке публикуется впервые.

Саманта Клейнберг

Почему. Руководство по поиску причин и принятию решений

Информация от издательства

Научный редактор Валерий Артюхин

Издано с разрешения O'Reilly Media, Inc.

Все права защищены.

Никакая часть данной книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме без письменного разрешения владельцев авторских прав.

2017, Mann, Ivanov and Ferber

Authorized Russian translation of the English edition of Why, ISBN 9781491949641

© 2015 Samantha Kleinberg, published by O'Reilly Media, Inc. This translation is published and sold by permission of O'Reilly Media, Inc., which owns or controls all rights to publish and sell the same.

© Перевод на русский язык, издание на русском языке, оформление. ООО «Манн, Иванов и Фербер», 2017

## Предисловие

Может ли кофе продлить жизнь? От кого вы заразились гриппом? По каким причинам растут цены на акции? Каждый раз, когда вы выбираете подходящую диету, вините кого-то за испорченные выходные или принимаете инвестиционные решения, важно понимать, почему происходят те или иные вещи. Именно знание причинно-следственных связей помогает предсказывать будущее, объяснять прошлое и вмешиваться в ход событий. Зная, что контакт с человеком, больным гриппом, через определенный промежуток времени приводит к заболеванию, вы сможете просчитать, когда почувствуете симптомы болезни. Понимая, что настойчивые и целенаправленные просьбы приведут к увеличению пожертвований на проведение политической кампании, вы заострите на этом внимание как на вероятной причине улучшений в области фандрайзинга[1 - Фандрайзинг (англ. fundraising) – привлечение денежных и иных ресурсов (человеческих, материальных, информационных и т. д.), которые

организация не может обеспечить самостоятельно и которые необходимы для реализации определенного проекта или деятельности. Прим. ред.]. Осознав, что интенсивные физические упражнения вызывают гипогликемию[2 - Гипогликемия – патологическое состояние, которое характеризуется низким уровнем содержания глюкозы в крови (ниже 3,3 ммоль/л). Прим. ред.], диабетики, занимающиеся спортом, начинают следить за концентрацией глюкозы в крови.

Но, несмотря на особую важность обозначенного навыка, вряд ли вам доводилось посещать тренинги на тему «Как выявлять причины событий». Скорее всего, вы даже ни разу не задумывались, что породило то или иное явление. Если говорить обобщенно, причины повышают вероятность определенных событий; они делают возможными соответствующие следствия. И все же то, что некое лекарство может вызвать сердечный приступ, не означает, что именно оно виновато в кардиозаболевании определенного человека, а то, что в одной школе сокращение числа учащихся в классе обеспечило лучшие показатели на экзаменах, не означает, что аналогичное вмешательство сработает в других образовательных заведениях.

Цель этой книги не просто рассказать о том, какие воздействия можно применить, когда все идет по плану, но и показать, почему порой так сложно добиться успешных следствий (или кажущихся таковыми).

Мы рассмотрим некоторые практические аспекты, часто игнорирующиеся в теоретических дискуссиях. Существует множество точек зрения о причинности (одни дополняют друг друга, а другие соперничают), и сама она затрагивает разнообразные отрасли знания: среди прочего, философию, информатику, психологию, экономику и медицину. Не вставая в дебатах ни на одну из сторон, хочу лишь дать читателям представление об обширном диапазоне мнений и максимально ясно показать, где консенсус можно считать достигнутым, а где до него далеко. Мы исследуем также психологию каузальности[3 - Каузальный (от лат. *causa* – «причина») – причинный, обусловленный, причинно-следственный. Прим. ред.] (как люди научаются знанию причин), рассмотрим эксперименты по установлению причинно-следственных связей (и пределов возможного) и узнаем, как положить знание каузальной зависимости в основу разработки плана действий (к примеру, нужно ли сокращать количество соли в еде, чтобы избежать повышенного давления).

Прежде всего, установим, что такое причины и почему мы часто ошибаемся в их определении (глава 1 (#gl1), глава 2 (#gl2), глава 3 (#litres\_trial\_promo)), а потом посмотрим, почему вопрос «когда» так же важен, как и «почему», если речь идет о восприятии и использовании причин (глава 4 (#litres\_trial\_promo)), и выясним, как учиться видеть причины, руководствуясь только наблюдением (глава 5 (#litres\_trial\_promo)).

Наличие обширных баз данных дало возможность не просто проверить наши гипотезы, но и выявить причины. Важно, однако, отдавать себе отчет, что далеко не все сведения пригодны для формулирования выводов о каузальных зависимостях. В главе 6 (#litres\_trial\_promo) мы увидим, как свойства данных влияют на возможные логические умозаключения, а в главе 7 (#litres\_trial\_promo) узнаем, как преодолеть некоторые препятствия с помощью эксперимента, понимая под ним как сложные клинические испытания, так и простой выбор между планами спортивных занятий на бытовом уровне.

Различие между тем, что происходит «как правило», и тем, что бывает «в отдельном случае», и есть та проблема, для решения которой необходимы специализированные стратегии объяснения событий (это тема главы 8 (#litres\_trial\_promo)). Но использование причин для эффективного вмешательства (например, указание в меню сведений о калорийности блюд для профилактики ожирения) требует расширенного пула данных, а многие воздействия могут вызвать незапланированные последствия (как мы увидим в главе 9 (#litres\_trial\_promo)). Эта книга поможет вам осознать, почему поиски причинных зависимостей так трудны (а также имеют гораздо больше нюансов и намного более сложны, чем заставляют думать новостные СМИ) и почему, несмотря на всю сложность, эта задача настолько важна и имеет широкое прикладное значение.

Да, трудностей не миновать; но вы также увидите, что надежда на их преодоление остается. Вы получите набор инструментов: вопросы, которые следует задавать; «красные флажки», которые должны вызвать ваше подозрение; способы повышения достоверности каузальных утверждений. Вы научитесь не только определять причины, но и использовать их на практике.

Для чтения этой книги не нужны специальные знания, она для всех. От вас требуется лишь интерес к вопросам причинности. Моя цель – обеспечить всем желающим самый широкий доступ на пересеченную местность под названием «причинные зависимости».

В финале книги мы сосредоточимся на интуитивном подходе: как прийти к пониманию причинно-следственных связей, не прибегая к математическому аппарату (на самом деле математики не будет совсем). Если вы обладатель докторской степени по информационным технологиям или статистике, сможете найти для себя кое-какие новые инструменты и взглянуть на проблему под углом зрения сопряженных наук, а заодно пополните научный багаж методологическими инструментами. Но все же наш путь будет проходить под знаменем, на котором начертано: «Знания о причинности – для всех!»

1. Начало. Где коренятся представления о причинных зависимостях и методах их выявления

В 1999 году британский солиситор[4 - Солиситор – категория адвокатов в Великобритании, ведущих подготовку судебных материалов для ведения дел барристерами – адвокатами высшего ранга. Прим. ред.] Салли Кларк предстала перед судом по обвинению в убийстве двух своих детей. Первый сын умер внезапно в возрасте 11 недель в декабре 1996 года. Тогда это сочли смертью от естественных причин, но всего через год скончался и второй ребенок: ему было 8 недель. В обоих случаях дети казались в целом здоровыми, поэтому их внезапная гибель вызвала подозрения.

Обстоятельства были очень схожими: малыши умерли примерно в одинаковом возрасте, именно Салли Кларк обнаружила их бездыханными, дома с ними находилась она одна, и оба ребенка, согласно патологоанатомическому исследованию, имели травмы.

Изначально повреждения на теле первого мальчика объяснялись попытками проведения реанимации, но после гибели второго данные были пересмотрены, и ситуация показалась подозрительной. Через месяц после второй смерти обоих родителей арестовали, а позднее Салли Кларк обвинили в убийстве и вынесли приговор.

Какова вероятность того, что двое детей из одной семьи умерли от синдрома внезапной детской смерти (СВДС)? По мнению английских обвинителей, это событие настолько невероятно, что два подобных исхода могли быть только

результатом убийства. Этот аргумент (одна из причин в такой степени невероятна, что могла иметь место только другая) и привел к событию, ставшему одним из знаменитых примеров несправедливого приговора. И это ярчайший образец того, к каким последствиям приводит неверное применение статистики и игнорирование причинных зависимостей.

Главная из причин, по которой этот случай получил широкую известность среди статистиков и исследователей вопросов каузальности, заключается в аргументе обвинения. Он был основан, по сути, на следующем: объяснение защиты слишком невероятно, чтобы быть правдой. В качестве эксперта сторона обвинения привлекла доктора Роя Мидоу, который заявил, что вероятность двух летальных исходов от СВДС (или, как говорят в Великобритании, «смертей в колыбели») в одной семье равна 1: 73 000 000. Далее обвинители утверждали: эта вероятность столь ничтожна, что гибель детей никак не может проистекать от естественных причин, а следовательно, должна быть только результатом убийства.

Такая статистика совершенно неверна. Но, даже если бы она оказалась справедливой, все равно ее нельзя использовать так, как это было сделано.

Мидоу базировал свой вывод на научном докладе, в котором шансы СВДС оценивались как 1: 8543, а потом заявил, что вероятность двух смертей равна 1: 8543 ? 8543, то есть примерно 1: 73 000 000[5 - Статистические сведения, использованные Мидоу, можно найти в Fleming et al. (2000). Комментарии Мидоу относительно его использования этой статистики см. Meadow (2002).].

Но эти вычисления ложны, потому что заключение опиралось на предпосылку о независимости двух событий, ставших предметом судебного разбирательства.

Когда вы бросаете монетку, то шанс выпадения «орла» не влияет на то, как монетка упадет в следующий раз. Поскольку вероятность каждого исхода всегда равна одной второй, математически корректно перемножить оба числа, если мы желаем узнать вероятность выпадения двух «орлов» подряд.

Именно это и сделал Мидоу.

Причины СВДС точно неизвестны, однако среди факторов риска указываются и окружающие условия: к примеру, курят ли родители, употребляют ли алкоголь.

Это означает, что, если в семье был один случай СВДС, другой может произойти с вероятностью намного большей, чем 1: 8543, поскольку у детей общая генетика и одинаковые условия жизни. То есть первая смерть дает сведения о вероятности второй.

Представленный случай, таким образом, можно сравнить с шансами киноактера на получение второго «Оскара». Ведь награды присуждаются не случайным образом: скорее, те же свойства (талант, известность, связи), что обеспечили кому-то первую из них, повышают вероятность получения второй.

В этом и коренилась проблема дела Кларк. Поскольку оба события не были независимыми и, напротив, для обоих могла иметься общая причина, неверно рассчитывать вероятность простым умножением. Вместо этого, анализируя шанс второй смерти, следовало принять во внимание факт первой, а значит, определить допустимость СВДС в семье, где уже произошла подобная трагедия. Показатель вероятности и то, как его использовали, были столь явно и в высшей степени ошибочны, что при рассмотрении первой апелляции защита вызвала в качестве свидетеля профессионального статистика, а Королевское статистическое общество прислало письмо с выражением своих сомнений [6 - Мидоу, использовавший эти цифры в свидетельских показаниях, был признан виновным в нарушении профессиональной этики и вычеркнут из медицинских списков, лишившись возможности практиковать (позже апелляционная комиссия восстановила его в правах).].

Неверные расчеты, однако, оказались не единственной проблемой, связанной с причинностью. Обвинители попытались поставить знак равенства между вероятностью некоего события (а именно двух СВДС) в 1: 73 000 000 и возможностью того, что Салли Кларк невиновна. Подобного рода ошибочное рассуждение, когда шанс события приравнивается к вероятности вины или невиновности, известно как «заблуждение прокурора» [7 - См. Thompson and Schumann (1987). Еще один известный пример – дело Люсии де Берк, голландской медсестры, которая, как и Кларк, была несправедливо обвинена, но позднее оправдана. Де Берк обслуживала ряд пациентов, которые неожиданно скончались, и эксперт-свидетель рассчитал, что вероятность случайного смертельного исхода составляла 1: 342 000 000. Подробнее о деле Люсии де Берк см. Vuchana (2007). Как и в деле Кларк, эта цифра равнялась шансам на невиновность де Берк, при этом обвинение утверждало: вероятность столь ничтожна, что наверняка должна быть ложной.].

Но мы уже знаем, что невероятные события случаются. Возможность двух смертей от СВДС мала, однако шанс того, что два ребенка в одной семье умрут младенцами, также крайне невысок. Значит, нужно не просто решать, принять СВДС в качестве объяснения или нет, а провести сравнение с другим доступным толкованием.

Таким образом, нужно было сравнивать вероятности убийства двоих детей в одной семье (а именно такова была версия обвинения) и того, что оба ребенка одних родителей подвержены СВДС (а обстоятельства дела позволяют это предположить).

Вероятность смерти от СВДС двоих детей из одной семьи не равна шансу того, что эти конкретные малыши страдали таким заболеванием. В деле есть и другие факты, включая физические доказательства, наличие мотива преступления и так далее. Их следовало учитывать наравне с вероятностными данными (например, допустимость убийства при отсутствии мотива, возможности или орудия преступления наверняка была ниже общего показателя)[8 - Следует иметь в виду, что СВДС – не единственная возможная причина смерти младенцев. Действительно, в деле Кларк имелось важное свидетельство о том, что один ребенок имел бактериальную инфекцию, которая могла привести к смерти. Однако это свидетельство не было представлено патологоанатомом (позднее его обвинили в серьезном профессиональном нарушении и лишили права заниматься практикой на три года).].

Наконец, любое маловероятное событие однажды произойдет, если будет совершено достаточно попыток. Некорректно низкая вероятность в деле Кларк (1: 73 000 000) все же более чем в 3 раза выше шанса выиграть в лотерею Mega Millions[9 - Mega Millions – популярная американская лотерея, проходящая в 44 штатах, округе Колумбия и на Виргинских островах. Она основана на базе 12 лотерей, проводившихся в США, первый тираж состоялся в 2002 году. Минимальный анонсируемый джекпот Mega Millions – 15 млн долларов, а самый крупный разыгранный суперприз составил 656 млн долларов. Прим. ред.] (1: 258 000 000). Допустимость, что вы станете победителем подобной лотереи, очень мала; а как насчет шанса, что кто-то все же выиграет? Он весьма высок. Это значит, что использование только вероятностного метода для определения вины и невиновности гарантированно приводит как минимум к ряду ошибочных приговоров. Суть в том, что для отдельного человека возможность стать участником подобных событий крайне низка, но, учитывая, что в мире живут миллионы семей с двумя детьми, где-то такое событие случается.

В итоге после повторной апелляции в январе 2003 года приговор Кларк был пересмотрен. К тому моменту она провела в тюрьме три года.

\* \* \*

Почему дело Салли Кларк можно считать показательным примером ложного каузального мышления?

Расчет вероятностей чреват неточностями, но самые серьезные ошибки возникают, когда выводы основываются на одной лишь вероятности какого-либо события. Разве вы никогда не произносили чего-то вроде «Уж слишком много совпадений» или «Какова вероятность»? Подобные рассуждения порой обоснованны (в компанию приходит новый работник, и в тот же день со стола исчезает ваш любимый степлер; ясновидящая угадывает, что имя вашей родственницы начинается на «М»; два ключевых свидетеля вспоминают, что подозреваемый был одет в красную фланелевую рубашку). Однако некорректно говорить: некое событие слишком невероятно, чтобы случиться, а значит, единственное разумное объяснение – это причинно-следственная связь. Как мы уже видели, вероятность того, что какое-то событие произойдет с отдельным человеком, может быть низка, однако в принципе данное событие возможно.

Неверные каузальные объяснения, помимо несправедливых приговоров, могут повлечь и иные печальные последствия. Можно впустую потратить время и усилия на разработку лекарства, которое никогда не подействует, или на проведение неэффективной и дорогостоящей публичной политической кампании.

Моя книга – о том, как добиться в этом деле лучшего результата. Истинно научное каузальное мышление означает, что мы должны сомневаться в любых исходных предположениях, исследовать альтернативные объяснения и определять случаи, когда мы просто не можем знать, почему некое событие имело место. Иногда, для того чтобы судить, просто недостает информации (либо сведений нужного сорта), поэтому важнее всего выяснить, установить связь.

Я надеюсь, что отныне вы начнете относиться к услышанным каузальным утверждениям скептически (далее мы обсудим, какие вопросы можно задавать для оценки таких утверждений и какие «красные флажки» выискивать). Мы

узнаем, как определять причины, формулировать убедительные доказательства зависимостей и использовать причины как руководство к действиям.

## Что такое причина

Отвлекитесь на минутку и попытайтесь определить, что такое причина.

Если вы похожи на студентов моего курса по причинно-следственным связям, то, вероятно, уже придумали добрую половину формулировки до того, как уловили собственные возможные возражения. Скорее всего, в вашем определении встречаются оговорки вроде «чаще всего...», или «...но не в каждом случае», или «только если...». Однако в нем наверняка есть и некоторые определенные характеристики: например, причина вызывает следствие, делает следствие более вероятным, обладает способностью производить следствие, отвечает за наступление следствия. Это – общая идея о том, что было некое событие, которое что-то заставило случиться, чего в противном случае просто не произошло бы.

Хотя данное утверждение верно не для всех случаев, в моей книге термин «причина» в целом означает следующее: причина – это нечто, повышающее вероятность следствия, без чего следствие могло произойти, а могло и не произойти, и способное при должных обстоятельствах это следствие произвести.

Одно из самых ранних определений причины дал Аристотель: в его формулировке эта идея означала попытку ответить на вопрос «почему»[10 - Рассуждения Аристотеля о причинности можно найти в Aristotle (1924, 1936). For an introduction to causality in ancient Greece, см. Broadie (2009).]. Итак, если мы спрашиваем, почему случилось некое событие, кто-то должен объяснить, как это произошло (при нагревании воды выделяется пар), из чего состоит (водород и кислород, соединяясь, образуют воду), какую форму принимает (стул – это нечто для сидения, сделанное из природного материала и имеющее спинку) или для чего предназначено (задача вакцины – предотвратить болезнь).

И все же, отыскивая причины, мы чаще всего хотим знать, почему произошло одно событие, а не другое.

После Аристотеля наука о причинности прошла несколько промежуточных этапов (к примеру, об этом говорил в своих работах Фома Аквинский[11 - Фома Аквинский (ок. 1225–1274) – итальянский философ и теолог, систематизатор ортодоксальной схоластики, учитель церкви, основатель томизма, член ордена доминиканцев. С 1879 года признан наиболее авторитетным католическим религиозным философом, связавшим христианское вероучение с философией Аристотеля. Сформулировал пять доказательств бытия Бога. Прим. ред.]), следующий крупный шаг был сделан во время научной революции конца эпохи Ренессанса. Этому периоду принадлежат такие ключевые фигуры, как Галилей, Ньютон, Локк, и немало прочих, однако именно труды Дэвида Юма[12 - Дэвид Юм (1711–1776) – шотландский философ, представитель эмпиризма, психологического атомизма, номинализма и скептицизма, агностик, экономист и историк, публицист, один из крупнейших деятелей шотландского Просвещения. Прим. ред.] в XVIII столетии заложили фундаментальные основы современной научной мысли в области каузальности и методов отыскания причинных зависимостей[13 - Hume (1739, 1748).]. Нельзя утверждать, что Юм был прав во всем (или что все согласны с его утверждениями либо хотя бы едины во мнении относительно его постулатов), однако именно он возвел вопрос о причинности в критические рамки.

Рассуждая, как нечто становится причиной, Юм поделил вопрос на две части: «Что такое причина?» и «Как мы можем отыскать причины?» Что еще важнее, вместо поисков неких особых свойств, отличающих причины от не-причин, он свел взаимосвязи к закономерностям их наступления. Иными словами, мы изучаем причинно-следственные взаимосвязи путем регулярного наблюдения паттернов их осуществления и учиться причинности можем только на основе опыта регулярности их осуществления.

Укус москита – необходимый инициатор заболевания малярией, а вот всплеск активности продавцов мороженого весной не есть непременно условие для наступления теплых деньков. И все же с помощью одних только наблюдений мы не увидим разницы между регулярностью наступления события (погода/мороженое) и необходимым его условием (москит/малярия). Лишь при наличии контрпримера (например, наступлению теплой погоды не предшествует увеличение ларьков с мороженым) мы способны убедиться, что мороженщики не есть необходимое условие температурных изменений.

Здесь принимается за данность то, что причина имеет место до, а не после и не одновременно со следствием. Мы поговорим об этом подробнее в главе 4

(#litres\_trial\_promo) и приведем примеры одновременных событий, ведущих к одинаковому результату, из курса физики; однако важно отметить и другие случаи, когда причина не предшествует следствию явным образом.

Так, наше наблюдение временного графика событий может не совпадать с фактическим графиком или с причинной зависимостью. Когда ружье стреляет, сначала мы видим вспышку, а потом слышим громкий звук. Можно подумать, что вспышка вызывает звук, поскольку она всегда предшествует последнему, хотя, конечно же, оба этих события вызваны тем, что некто нажал на спусковой крючок. Только обратившись к общей причине двух событий, мы сумеем осознать закономерность.

В других случаях мы не в состоянии пронаблюдать события в момент, когда они на самом деле происходят, а потому они могут казаться одновременными, хотя в действительности одно предшествует другому. Также временные графики могут быть некорректны потому, что данные были получены не одновременно с самим событием, а после него, из воспоминания. Если я спрошу, когда у вас последний раз болела голова, время, которое вы назовете, может отличаться от реального (если только вы не делали заметок или само событие не произошло недавно и свежо в вашей памяти), и очень вероятно, что ваши данные с течением времени будут все менее надежны[14 - См. Hripcsak et al. (2009), где подробно рассказывается о взаимозависимости специфичности и неопределенности временных суждений.]. И в определении, например, реальности побочных эффектов некоего лекарства одной из самых критичных информационных составляющих становится последовательность событий.

Наконец, одно из необходимых условий, постулированных Юмом, гласит: причина не только должна предшествовать следствию по времени; причина и следствие должны быть близки и граничить как во временном, так и в пространственном отношении.

Достаточно сложно изучать каузальные взаимосвязи, которые обнаруживаются с большой задержкой, или если причина пространственно удалена от следствия. Дело в том, что в отношения между двумя событиями могут вмешиваться иные множественные факторы, которые повлияют на исходный результат.

Представим, что приятельница берет у вас на время кофемашину, возвращает, а через два месяца вы обнаруживаете, что аппарат сломан. Теперь намного сложнее обвинить в этом подругу, чем если бы вы обнаружили ущерб

непосредственно в момент возврата (действительно, психологические эксперименты демонстрируют в точности подобный феномен, когда участников просят вывести причинные взаимосвязи на основе наблюдений по прошествии разного времени после события)[15 - См., например, Lagnado and Speekenbrink (2010).]. Аналогично, если человек стоит в нескольких метрах от книжной полки, когда с нее падает книга, вероятность того, что причиной падения стал именно он, а не тот, кто стоял к полке ближе, будет гораздо меньше. Но, когда кий ударяет по бильярдному шару, последний начинает путешествие по столу немедленно, поэтому здесь взаимосвязь обнаружить намного проще.

Проблема с требованием сопряженности причины и следствия в том, что некоторые каузальные взаимосвязи не удовлетворяют этому паттерну, ограничивая как диапазон случаев, к которым применима эта теория, так и нашу возможность делать верные заключения. Например, условие смежности в том смысле, которое придает ему Юм, не выполняется, когда результат возникает из-за отсутствия некоего фактора (недостаток витамина С вызывает цингу). Если допустить, что причиной события оказывается психологическое состояние (например, убеждение или намерение), мы получим еще один случай истинного каузального отношения при отсутствии физической связи между причиной и следствием. Ученик может делать домашнюю работу потому, что хочет получить высший балл. Таким образом, причиной выполнения задания будет желание заслужить хорошую оценку, но между стремлением и действиями ученика нет физической связи.

Некоторые процессы могут протекать очень долго (пример – задержка между пребыванием в нездоровых условиях и последующими проблемами с самочувствием). Даже если есть цепочка непосредственно связанных событий, мы не всегда можем наблюдать ее в реальности[16 - Отметим, что Юм не согласился бы с такой оценкой, поскольку был убежден: если между причиной и следствием есть временная задержка или пространственный разрыв, можно найти цепочку близких по времени или месту непосредственных причин, которые связывают их.].

По мнению Юма, если вы неоднократно видите, как некто нажимает кнопку звонка, а затем слышите звук (устойчивая конъюнкция[17 - Конъюнкция – от лат. *coniunctio* – «союз, связь». Прим. ред.]), то можете заключить, что звонок вызывает слышимый вами звук. Вы делаете подобный вывод, потому что видите, как палец человека вступает в контакт (пространственная конъюнкция) с кнопкой; этот контакт происходит до того, как слышится звук (первичность по

времени); а звук появляется почти сразу же после этого контакта (временная конъюнкция). С другой стороны, если бы задержка была больше, события происходили бы в одно и то же время или звук не всегда следовал бы после нажатия кнопки звонка, то, по мнению Юма, вы не могли бы сделать такой вывод. Также мы не имели бы возможности признать, что нажатие кнопки – существенное условие для получения звука; мы утверждали бы только то, что регулярно наблюдаем эту событийную последовательность. Подробнее эту тему мы разовьем в главе 5 (#litres\_trial\_promo), но базовая идея такова – провести различие 1) между необходимостью причины для наступления следствия и простым наблюдением того, что за причиной регулярно наступает конкретное следствие, и 2) между сутью взаимосвязи, лежащей в основе происходящего, и того, что мы видим на основе наблюдения.

Стоит заметить, далеко не все были согласны с Юмом. Кант[18 - Иммануил Кант (1724–1804) – немецкий философ, родоначальник немецкой классической философии, стоящий на грани эпох Просвещения и романтизма. Прим. ред.], например, открыто декларировал несогласие с самой идеей сведения причинности к закономерностям, утверждая, что необходимость есть существенное свойство каузальной взаимосвязи, а поскольку необходимость невозможно вывести эмпирическим путем, нельзя делать и утверждения о причинах на основе наблюдений. По мнению Канта, для каузальной интерпретации наблюдений мы пользуемся априорными знаниями[19 - Подробности см. Kant (1902, 1998).].

\* \* \*

Большинство определений причинности основано на трудах Юма, но ни одно из них не способно охватить все случаи, причем для каждого можно представить контрпримеры, с которыми не связаны другие. Так, прием лекарства вызывает побочные эффекты только у малой части пациентов (а значит, нельзя утверждать, что причина всегда производит следствие); ремни безопасности, как правило, спасают от летального исхода, но в некоторых автокатастрофах как раз его провоцируют (а значит, нужно допустить наличие факторов, которые в зависимости от ситуации вызывают или предупреждают одно и то же следствие).

Часто вопрос сводится к тому, следует ли рассматривать причины как основные кирпичики или силы, созидающие этот мир (и которые нельзя будет свести к

другим его законам), или же эта структура – то, что задаем мы сами. Как и с почти любым аспектом каузальности, по этому вопросу существуют разногласия (даже по поводу совместимости конкретных теорий с этим заявлением, именуемым «каузальным реализмом»). Некоторые считают настолько трудным поиск причин, что оставляют это дело как безнадежное. Следовательно, коль скоро мы живем по физическим законам, практическая польза от них в любом случае выше, чем от причинных зависимостей. Иными словами, «причины» – скорее условные обозначения таких вещей, как триггеры, кнопки, отражатели, предохранители и тому подобное, чем фундаментальные принципы[20 - Подробности см. Cartwright (1999, 2004) и Skyrms (1984).].

Это удивительно, особенно если учесть, насколько важна в нашей жизни идея каузальности. Дело просто-напросто состоит в том, что нет как единой философской теории о том, что такое причины, так и единого полностью доказанного расчетного метода их выявления с абсолютной достоверностью. Кроме того (и это куда серьезней), мы можем идентифицировать различные факторы как причины одного и того же события, в зависимости от того, какое определение используем. При этом неясно, в чем же истина.

Скажем, на Боба напали грабители и хотят его убить. Но в разгар ограбления у Боба случается сердечный приступ, и он умирает. Кто-то возлагает вину на непосредственный фактор (сердечный приступ) и прослеживает его до генетической предрасположенности, которая с высокой вероятностью приводит к смерти от инфаркта, а кто-то обвиняет в этом грабителей, поскольку, если бы не они, сердечный приступ не приключился бы. Каждый подход обеспечивает различные объяснения, поэтому не сразу становится очевидно, предпочесть ли один из них или рассмотреть разные точки зрения на одну и ту же ситуацию. Сама идея попытки выделить единственную причину может быть недальновидной. Вероятно, сердечный приступ и ограбление совместно привели к смертельному исходу, поэтому их воздействие нельзя разделять.

К подобной оценке относительной ответственности и вины мы еще вернемся в главе 8 (#litres\_trial\_promo) и главе 9 (#litres\_trial\_promo), когда приступим к выявлению поводов специфических событий (почему разразилась конкретная война) и выяснению эффективности той или иной политики (правда ли, что запрет на курение в барах привел к улучшению здоровья жителей Нью-Йорка).

Несмотря на проблемы с определением и выявлением причин, нельзя сказать, что это дело невозможное или безнадежное. Ответы не всегда бывают четкими

и определенными, как того хотелось бы (увы, но вам не найти своеобразный «черный ящик», куда можно заложить данные и получить на выходе причины, причем абсолютно точные), и существенная доля нашей работы – просто выяснить, к какому подходу прибегнуть и когда.

Множественность взглядов привела к появлению нескольких более-менее состоятельных подходов, которые не похожи в действии и применимы в разных ситуациях. Если иметь в активе более одного из них и знать, как они дополняют друг друга, можно расширить набор методов оценки ситуации. Некоторые способы охватывают больше случаев, чем другие (или больше важных для вас ситуаций), однако стоит помнить: ни один из них не свободен от недостатков. В конечном счете, хотя поиск причин и труден, главная проблема заключается в безусловном нахождении причин с абсолютной достоверностью. Если допустить возможность ошибок и поставить цель точно сформулировать, что именно мы можем выяснить и когда, то можно расширить диапазон сценариев, реализуемых с помощью доступных методов, и суметь адекватно описать и подходы, и результаты.

В этой книге я постаралась отразить преимущества и ограничения, присущие различным подходам, но не составила методологические рекомендации, поскольку они не абсолютны. Одни подходы лучше работают с неполными данными, а другие предпочтительнее для ситуаций, в которых важнее временной график событий. Ответом, как правило, будет «это зависит от...» – увы, но с каузальностью дела почти всегда обстоят именно так.

Каузальное мышление занимает центральное место в науках, законности, медицине и других областях (в самом деле, трудно представить сферу, где бы можно было бы обойтись без причин). Но есть и обратная сторона: методы и язык, которые используются для описания причин, обретают излишне специализированный характер и узкоотраслевое звучание. Возможно, вы не считаете, что неврология и экономика имеют много общего или что информационные технологии затрагивают психологические вопросы; но это лишь некоторые из областей междисциплинарных трудов по причинности, и области эти всё ширятся. И все имеют единый исток – философию.

Как отыскать причины

Философы с давних пор ищут ответ на вопрос, что такое причина, хотя основные философские подходы к определению каузальности, как и вычислительные методы поиска причин на основе данных, которыми мы сегодня пользуемся, появились не ранее 70–80-х годов XX века. Неясно, будет ли когда-нибудь создана единая теория причинности, тем не менее важно постичь суть этого распространенного понятия, чтобы с большим пониманием размышлять о нем и применять в общении. Любой прогресс в этой области будет иметь важные последствия для развития информационных технологий и других наук. Если, к примеру, каузальные взаимосвязи не единообразны, вероятно, понадобятся разные методы, чтобы их выявить и описать, а также многочисленные эксперименты, чтобы проверить интуитивные взгляды на причинность.

Со времен Юма главный вызов заключался в следующем: как отличить каузальные и некаузальные паттерны осуществления событий? В 60–70-х годах XX века появились три основных метода, построенные на трудах Юма. Следствие редко проистекает от воздействия единственной причины, поэтому Джон Мэки[21 - Джон Мэки (1917–1981) – австралийский философ. Внес значительный вклад в философию религии, метафизику, философию языка. Прим. ред.] разработал теорию, представляющую собой набор условий, которые совместно производят следствия. Эта теория позволяет лучше исключить некаузальные взаимосвязи, исходя из сложности причин[22 - Mackie (1974).]. Точно так же многие каузальные взаимосвязи включают в себя элемент случайности, когда причины просто с большей вероятностью вызывают соответствующие следствия. Причем необязательно, что подобное будет происходить каждый раз (согласно вероятностным подходам Патрика Суппеса[23 - Патрик Суппес (1922–2014) – американский философ, логик и психолог. Область его исследований – от общих до специальных вопросов философии физики, психологии и педагогики. Развивал вероятностную концепцию причинности, был резко против лапласовского детерминизма, концепций абсолютной достоверности и полноты научного знания. Прим. ред.] и др.[24 - Suppes (1970).]). Юм также заложил основы контрфактуального подхода, задача которого – дать определение причины, исходя из того, насколько иными могли бы стать следствия, если бы причина не имела места[25 - Lewis (1973).]. Например, благодаря кому-то была достигнута победа в игре, поскольку без усилий этого конкретного игрока победить не удалось бы ни за что.

Кажется, что у всех этих философских трудов нет ничего общего с вычислительными методами, но это не так. Для компьютерщиков таким святым Граалем в сфере искусственного разума стала возможность автоматизировать человеческое мышление, а ключевым элементом оказалось нахождение причин

и формулировка объяснений. Это используется и в робототехнике (роботам нужны модели мира, чтобы планировать действия и предсказывать их последствия), в рекламе (компания Amazon лучше формулирует рекомендации для целевой аудитории, если знает, что заставило вас кликнуть по клавише «купить прямо сейчас») и медицине (врачи отделения интенсивной терапии моментально узнают, почему состояние пациента внезапно изменилось). И все же для разработки алгоритмов (последовательности шагов по решению задачи) мы должны конкретизировать проблему. Чтобы создать программу для выявления причин, требуется их рабочее определение.

В 1980-х годах группа специалистов по информационным технологиям под руководством Джуды Перла[26 - Джуда Перл (р. 1936) – американо-израильский ученый, автор математического аппарата байесовских сетей, создатель математической и алгоритмической базы вероятностного вывода, автор алгоритма распространения доверия для графических вероятностных моделей, до-исчисления и исчисления противифактических условных. В 2011 году стал лауреатом премии Тьюринга за «фундаментальный вклад в искусственный интеллект посредством разработки исчисления для проведения вероятностных и причинно-следственных рассуждений». Прим. ред.] доказала, что философские теории, определяющие каузальные взаимосвязи в терминах вероятностей, можно представить графически, обеспечив одновременно визуальное изображение причинных связей и способ кодирования математических зависимостей между переменными. Что еще важнее, эксперты предложили методы построения графических моделей на основе предварительного знания и методов их выведения из имеющихся данных[27 - Техническое вступление к этой работе можно найти у Pearl (2000) и Spirtes et al. (2000)]. Эти работы породили множество новых вопросов. Можно ли определить взаимосвязь там, где запаздывание между причиной и следствием – величина переменная? Если сами взаимосвязи со временем изменяются, что мы можем узнать? Кроме того, компьютерщики разработали метод автоматизации поиска объяснений, а также методы тестирования объяснений для каждой модели.

В последние несколько десятилетий заметен существенный прогресс, но многие проблемы по-прежнему не решены – главным образом потому, что нашей жизнью все в большей степени правит информация. Однако вместо тщательно выверенных баз данных, собираемых исключительно в рамках научных исследований, мы имеем дело с громадным массивом неопределенных сведений, полученных в результате простых наблюдений.

Представим на первый взгляд несложную проблему: определить социальный статус людей по данным Facebook. Первая сложность заключается в том, что этой социальной сетью пользуется далеко не каждый, так что вы изучите лишь определенную группу, которая может не быть репрезентативной для населения в целом. Вторая: не все используют Facebook одинаково. Кто-то вообще не указывает статус отношений, кто-то лжет, а кто-то просто не обновляет профиль.

Итак, возникла масса проблем с формулированием выводов о причинных зависимостях. Самые важные заключаются в поиске причин на основе неточных данных или данных, в которых отсутствуют необходимые переменные и результаты наблюдений (если мы не фиксируем фактов курения, не начнем ли выискивать другие условия, вызывающие рак легких?), сложных взаимосвязей (что происходит, когда для наступления следствия требуется целая последовательность событий?), а также причин и следствий нерегулярных ситуаций (что вызвало резкий обвал фондового рынка в 2010 году?).

Что интересно, именно массивы данных, к примеру электронные медицинские карты, сводят на одном поле здравоохранения специалистов как по эпидемиологии, так и по информатике, которые разбираются в факторах, влияющих на здоровье населения. Доступность исторических данных о состоянии здоровья больших групп населения – их диагнозы, симптомы, лечение, экологические условия проживания и многое другое – становится громадным преимуществом для исследователей, старающихся понять факторы, которые влияют на состояние здоровья, а затем использовать это понимание для плановых действий в здравоохранении. Соответствующие вызовы лежат одновременно в области планов клинических исследований (с традиционным упором на эпидемиологические аспекты) и в возможности делать эффективные и достоверные заключения на основе крупных наборов данных (здесь главное место отводится компьютерной науке).

Эпидемиология, с точки зрения стоящих перед ней целей, имеет долгую историю разработки методов выявления причин – начиная с Джеймса Линда, который выборочно обследовал моряков, чтобы узнать причины цинги[28 - Lind (1757).], и Джона Сноу, который обнаружил, что холера передается через зараженную воду[29 - Snow (1855).], до Коха, который выявил связь между бактериями и туберкулезом[30 - Koch (1932).], и Остина Хилла, связавшего рак легких с курением и сформулировавшего инструкции по оценке каузальных утверждений[31 - Hill (1965).].

Медицинские исследования в наше время основываются на данных больше, чем когда-либо в истории. И больницы, и отдельные специалисты, оказывающие врачебные услуги, переводят данные о пациентах из бумажных в электронные форматы, при этом они должны следовать определенным критериям их применения (например, на основе данных принимаются врачебные решения). И все же большинство задач по соответствию этим критериям включает в себя анализ больших и сложных массивов информации, для которого нужны вычислительные методы.

Нейробиологи имеют доступ к обширным объемам информации о мозговой деятельности, содержащимся в записях ЭЭГ и МРТ[32 - ЭЭГ - электроэнцефалограмма; МРТ - магнитно-резонансная томография. Прим. перев.], и для их анализа берутся на вооружение методы из области экономики и информационных технологий. Данные ЭЭГ - это, по сути, количественные, числовые записи мозговой активности, которые структурно не слишком отличаются от информации фондового рынка, сообщающей цены на акции и объемы торгов в динамике. Клайв Грэнджер[33 - Клайв Грэнджер (1934-2009) - английский экономист, лауреат Нобелевской премии по экономике (2003) «за разработку методов анализа экономических временных рядов с общими трендами». Прим. ред.] сформулировал теорию причинности в терминах экономических временных рядов (и получил за это Нобелевскую премию), но сам метод не связан с экономикой и применялся также к другой биологической информации, например к биочипам для анализа экспрессии генов (на их основе измеряется динамика активности генов)[34 - Granger (1980).].

Основная проблема в сфере экономики - определить, поможет ли реализация той или иной программы достичь поставленной цели. Это очень похоже на проблемы общественного здравоохранения, например попытки определить, способствует ли ограничение продаж газированных напитков борьбе с ожирением. Эта задача - одна из самых сложных, так как во многих случаях сам факт реализации программы инициирует изменения в системе.

В главе 9 (#litres\_trial\_promo) мы увидим, как поспешное внедрение программы по сокращению размера учебных классов в штате Калифорния дало результаты, сильно отличавшиеся от тех, к которым привел первый эксперимент в Теннесси. Вмешательство может иметь положительный эффект при условии, что в остальном обстоятельства остаются прежними, а новая политика изменяет человеческое поведение. Если применение законов об использовании ремней безопасности снизило количество нарушений ПДД, а уровень смертности при

этом поднялся, важно определить степень воздействия дорожного законодательства и решить, дать обратный ход жестким нормам или, напротив, ввести новые.

Наконец, для психологов выявление причин – как это работает, насколько по-разному действуют люди и животные, если осмысление дает сбой, – становится одним из ключей к пониманию поведения. Экономисты тоже стремятся понять, почему индивидуумы ведут себя так, а не иначе, в особенности когда дело доходит до принятия решений. Недавно психологи и экономисты совместно применили экспериментальные методы, чтобы изучить интуитивные воззрения на причинные взаимосвязи (в рамках научного направления, именуемого «экспериментальная философия», или X-Phi[35 - Чтобы познакомиться с экспериментальной психологией, см. Alexander (2012) и Knobe and Nichols (2008).]).

Одна из главных проблем – выявление взаимосвязи между каузальными и моральными суждениями. Если некто подтасовал сведения в заявке на грант и получил финансирование, а другие, честные и достойные ученые – нет, потому что объемы средств ограничены, можно ли сказать, что причина неполучения ими гранта – тот самый мошенник? Стоит задаться вопросом о его виновности и о том, изменились бы наши взгляды на ситуацию, если бы жульничал кто-то другой. Понимание, каким образом формируются каузальные суждения, важно не только для лучшего представления о способе мышления, но и из практических соображений – к примеру, для разрешения разногласий, улучшения отдачи от теоретического обучения и практической подготовки[36 - Это яркий пример ситуации, когда в каузальных суждениях есть культурные различия. К примеру, одни рассматривают навык как врожденную способность, которой люди либо обладают, либо нет, а другие считают, что он может меняться в зависимости от контекста и прилагаемых усилий.] и обеспечения честных судебных разбирательств.

Как вы узнаете из этой книги, невозможно устранить все источники ошибок и смещений. Но реально эффективнее выявлять случаи, когда вмешательство этих факторов возможно, и учитывать последствия.

Зачем нужны причины

Причинам сложно дать определение, их нелегко отыскать – так в чем же заключается их смысл, почему мы в них нуждаемся?

Есть три основополагающие вещи, которые могут выполняться либо только по определенным причинам, либо лучше всего по определенным причинам: прогнозирование, объяснение и вмешательство.

Скажем, нужно предсказать, кто выиграет президентские выборы в США. Предлагаются всевозможные модели: к примеру, кандидат от республиканцев должен выиграть праймериз[37 - Праймериз (первичные, предварительные выборы) – тип голосования, в котором выбирается один кандидат от политической партии. Прим. ред.] в Огайо; ни один президент США со времен Рузвельта не был переизбран, если на тот момент уровень безработицы превышал 7,2 %[38 - Appelbaum (2011).]; в США на президентских выборах побеждали только кандидаты-мужчины (по крайней мере на момент написания этой книги)[39 - Прекрасный комикс, иллюстрирующий все случайные паттерны, можно найти на <http://xkcd.com/1122/> (<http://xkcd.com/1122/>)].

Но модели – всего лишь модели. Можно обнаружить неограниченное количество общих свойств у группы лиц, когда-либо побеждавших на выборах, но это не объяснит, почему победил тот или иной кандидат. Видимо, избирателям важен именно уровень безработицы; а может, этот факт просто дает косвенную информацию о состоянии дел в стране и экономике, и мы должны сделать вывод, что при высоком уровне безработицы люди стремятся к переменам? Хуже того, если выявленные зависимости оказываются простыми совпадениями, они в любой момент могут дать сбой. Кроме того, выводы базируются на ограниченном массиве данных; в США было только 44 президента[40 - Уже избран 45-й президент США – Дональд Трамп. Прим. перев.], и менее половины из них переизбирались на новый срок.

Перед нами та самая проблема «черного ящика», в который мы закладываем некие данные и получаем на выходе прогнозы без всяких убедительных объяснений или доводов. Если неизвестно, почему эти прогнозы работают (например, почему победа в конкретном штате приводит к триумфу на национальных выборах), то нельзя и предвидеть, когда они не сработают. С другой стороны, мы знаем, что, скажем, Огайо «решает» исход выборов просто в силу того, что его демографический паттерн обладает высокой репрезентативностью в масштабах всей страны и не привязан к политической партии. Значит, можно предположить, что при серьезных изменениях в составе

населения штата из-за мигрантов исчезнет причина, по которой этот фактор берется за основу прогнозов. Реально также провести национальный опрос и получить более прямой и точный показатель измерения, если ситуация в этом регионе – всего лишь косвенный индикатор общенациональных тенденций.

Получается, причины дают более строгие методы предсказания событий, чем корреляции.

Возьмем другой пример. Скажем, определенная комбинация генов повышает как толерантность к физическим нагрузкам, так и иммунный ответ[41 - Иммунный ответ – сложная многокомпонентная, кооперативная реакция иммунной системы организма, индуцированная антигеном, уже распознанным как чужеродный, и направленная на его элиминацию (исключение). Явление иммунного ответа лежит в основе иммунитета. Прим. перев.]. Таким образом, можно утверждать, что повышенная толерантность к нагрузкам – хороший индикатор, характеризующий иммунный ответ конкретного лица.

Однако степень толерантности к нагрузкам дает очень приблизительную оценку, поскольку может проистекать из множества причин, помимо мутации генов (например, из-за хронической сердечной недостаточности). Таким образом, использование только показателя толерантности к нагрузкам в качестве диагностического индикатора способствует ошибкам и, следовательно, недооценке или переоценке факторов риска. Что еще более важно, зная, что генетическая вариативность может быть причиной и того и другого, мы можем измерить риски двумя способами и обойтись без избыточных уточнений.

Отметим, однако, что этот случай не подходит к ситуации, когда генетические тесты характеризуются высокой степенью погрешности. Здесь данные о физических нагрузках действительно становятся подкрепляющими доказательствами. В конце концов, послать пациента в лабораторию физиологии спорта гораздо затратнее, чем провести тест на какую-то аллель[42 - Аллель (от греч. *allelon* – друг друга, взаимно) – аллеломорфа, одно из возможных структурных состояний гена. Прим. ред.]. И все же мы не можем противопоставлять конкретность измерения его стоимости (если бы физиологические тесты были намного дешевле генетических, мы всегда склонялись бы начинать именно с них, даже понимая их косвенный характер), пока не узнаем подоплеку причинных взаимосвязей этих факторов. Итак, даже если наша единственная цель – прогнозирование (к примеру, кто выиграет выборы или каков риск заболеть конкретной болезнью), понимая надежность тех

или иных факторов в качестве прогнозного индикатора, мы улучшим как точность, так и стоимость/эффективность принятия решений.

А теперь, скажем, мы хотим узнать, почему между некоторыми событиями существует взаимосвязь. Какова зависимость между падением остроты зрения и снижением веса? Одно только знание, что то и другое часто наблюдается одновременно, не дает полной картины. Разобраться в сути мы сможем, только выяснив, что у этих симптомов есть общая причина – диабет. Необходимость выяснять истоки в подобного рода объяснениях может показаться очевидной, однако, не избегая выяснения, мы при этом редко глубоко копаем.

Возможно, вы прочли научный доклад о том, что потребление красного мяса повышает смертность. Не зная, однако, почему это так, вы не извлечете из этих сведений практическую пользу. Возможно, любители мяса больше пьют спиртного или избегают физических упражнений. Аналогично, даже если рост смертности не коррелирует с другими факторами риска, но как-то связан с потреблением этого продукта, может существовать множество способов снизить опасность. Все зависит от того, с чем именно связано увеличение летальности – с количеством несчастных случаев на барбекю или с потреблением мяса как таковым (например, можно готовить его другими способами или стать вегетарианцем). На самом деле мы должны не просто осознать взаимосвязь между красным мясом и смертью, а обнаружить причину, действительно вызывающую летальный исход.

Я хочу, чтобы вы внимательно прочитали предыдущую фразу, потому что средства массовой информации пестрят различными утверждениями касательно диет и здоровья (яйца вызывают или предотвращают разные недомогания; кофе повышает или понижает риск смерти и т. п.). В некоторых материалах можно найти доказательства помимо корреляции по отдельным группам населения, но все они заслуживают определенной доли скептицизма и критического подхода, особенно когда возникает желание использовать их как основу для своих действий (этой теме посвящена глава 9 (#litres\_trial\_promo)).

В других случаях наша цель – объяснить отдельные события. Почему вы опоздали на работу? Почему кто-то заболел? Почему одна страна оккупировала другую? В подобных ситуациях важно знать, кто или что в ответе за событие.

Знание о том, что пробки на дорогах – залог опозданий, что с возрастом развиваются недомогания, а в основе многих войн лежат идеологические

разногласия, ничего не скажет о конкретных событиях. Вы могли опоздать, потому что сломалась ваша машина; Джейн заболела, потому что съела что-то несвежее; воюющие стороны сражались за территории или за ресурсы.

Докопаться до коренных причин событий важно, во-первых, чтобы построить планы на будущее (Джейн больше не будет ходить в ресторан, где ей подали несвежую пищу, при этом необязательно вообще исключать из рациона конкретные продукты) и, во-вторых, чтобы оценить ответственность (кого Джейн должна винить за свое недомогание). Это поможет и должным образом отреагировать на событие. Ряд заболеваний и лекарств, прописанных для лечения, вызывают одинаковые симптомы. Скажем, хроническая почечная недостаточность способна перейти в острую фазу, но выписанное лекарство от этой болезни также (в редких случаях) ведет к подобному исходу. Если врач видит, что пациент с таким диагнозом принимает это лекарство, он обязан удостовериться, действительно ли причиной его болезни стало лекарство, и назначить соответствующий курс лечения. Знание о том, что почечная недостаточность в принципе может быть результатом приема лекарства, не поможет врачу сделать вывод относительно конкретного пациента, однако именно эта информация необходима, чтобы отменить препарат.

Самая важная потенциальная область приложения каузального знания – вмешательство.

Мы не просто хотим знать, почему случаются те или иные вещи, – есть потребность воспользоваться этой информацией, чтобы предотвратить или вызвать определенные результаты. Вероятно, вам нужно понять, как изменить диетические привычки, чтобы улучшить здоровье. Может, стоит принимать витамины? Стать вегетарианцем? Снизить потребление углеводов? Если такие меры в принципе не способны привести к желаемому эффекту, получится хотя бы избежать больших затрат времени и денег. Кроме того, нужно учитывать степень воздействия. Наверное, вы слышали, что некая диета дает стопроцентную гарантию похудения. Но, прежде чем принимать какие-то решения, неплохо узнать, кто и сколько килограммов уже потерял с ее помощью, наблюдались ли отличия в ее действии на разных людей и каковы результаты в сравнении с другими диетами (например, к потере веса привела простая информированность о пищевых предпочтениях). Мы желаем одновременно оценить, действительно ли выполненные действия дали эффект (на самом ли деле публикации об энергетической ценности продуктов питания улучшили здоровье населения Нью-Йорка), и предсказать последствия будущих

действий (что произойдет, если снизить количество соли в фастфуде).

Власти должны определять, как их политика повлияет на население, а также разрабатывать программы реализации желательных изменений. Скажем, ученые обнаруживают, что рацион, богатый солью, ведет к ожирению. В результате законодатели решают принять закон, направленный на снижение количества соли в ресторанном меню и готовых продуктах. Эта политика окажется полностью неэффективной, если единственным доводом в пользу связи соли и ожирения будет факт, что высококалорийный фастфуд и есть истинная причина ожирения, а в нем всегда много соли. Люди по-прежнему будут употреблять фастфуд, поэтому целевые усилия для начала должны быть направлены именно на этот момент. Мы должны быть уверены, что меняем причины, которые реально повлияют на результат. Если же нацелить их на нечто, так или иначе связанное со следствием (к примеру, запретить спички, чтобы снизить риск рака легких из-за курения), воздействия окажутся неэффективными.

Далее мы увидим, что дело еще больше усложняется, если вмешательства имеют побочные эффекты. Итак, требуется узнать не только причины конкретного результата, но и его следствия. Например, увеличение физической активности ведет к потере веса, но «компенсационный эффект» может вынудить людей потреблять больше калорий, чем они сожгли (в результате вес набирается). Вместо того чтобы отыскивать изолированные связи между отдельными переменными, следует понять более масштабную картину взаимосвязей.

## Что дальше

Почему люди склонны видеть связь там, где ее нет и в помине? Как суд оценивает причины преступлений? Как построить программу экспериментов, чтобы выяснить, какое лекарство прописать пациенту? Чем дальше, тем больше миром правят данные и алгоритмы, поэтому умение мыслить в категориях причинности больше нельзя рассматривать как необязательную опцию. Нам нужен этот навык, чтобы извлекать из массивов данных полезную информацию и уверенно прокладывать курс в океане повседневных решений. Даже если вам не приходится по долгу службы заниматься исследовательской работой или информационным анализом, возможные пути использования причинных

зависимостей влияют на то, какими сведениями о себе вы делитесь и с кем именно.

Чтобы достоверно выявлять и применять причины, нужно разбираться в психологии каузальности (то есть как мы воспринимаем причины и как о них мыслим), знать, как оценивать доказательства (полученные путем наблюдений или экспериментов) и как применять это знание, чтобы принимать решения. В частности, как сведения, которые мы собираем, – и то, как мы ими манипулируем, – влияют на сделанные нами заключения. В этой книге мы исследуем виды возможных аргументов за и против каузальности (играя роль и обвинения, и защиты), научимся выходить за рамки косвенных улик, задействуя найденные признаки причинных зависимостей, и достоверным образом отыскивать и понимать эти признаки.

## 2. Психология. Как люди узнают о причинах

В 1692 году две девочки, проживающие в Салеме, внезапно стали вести себя странно. Эбигейл Вильямс (11 лет) и Элизабет Паррис (9 лет) ни с того ни с сего начинали биться в судорогах и конвульсиях. Не сумев определить видимой физической причины, лекарь предположил, что такое необычное поведение – результат колдовства. Скоро в подобном состоянии оказались еще несколько девочек, и более десятка людей было схвачено по обвинению в чернокнижии.

Долгое время причины процессов салемских ведьм объяснялись массовой истерией и мошенничеством, однако по прошествии трех столетий на свет явилась новая гипотеза – отравление спорыньей (грибком, паразитирующим на колосьях ржи и других злаков)[43 - Caporalet (1976).]. Если она попадает в продукты, это может привести к эрготизму – заболеванию, симптомы которого включают конвульсии, зуд и даже психические эффекты. Доводы в защиту этой гипотезы были взяты из записей о погоде: исследователи выдвинули предположение, что тогда условия для развития спорыньи были благоприятными, а суды над ведьмами пришлось как раз на период сбора ржи и употребления ее в пищу. Конечно, многие также ели рожь, и с ними ничего не случилось, что ослабляет подобную аргументацию, но неокрепшие юные организмы более подвержены эрготизму, а это довод «за», поскольку только дети демонстрировали соответствующие симптомы. Позже другой историк

обнаружил корреляцию между местностями, где проходили суды на ведьмами, ценами на рожь и периодами сбора урожая[44 - Matossian (1989)].

Спорынья казалась достоверным объяснением, но некоторые доказательства противоречили ему. Один и тот же грибок может вызвать отравление двух видов (гангренозное и конвульсивное), но записей о всплеске гангрены в Салеме нет. И хотя конвульсивная форма может вызывать описанные симптомы, она скорее должна была затронуть семьи целиком: дело в том, что эта болезнь когда-то считалась инфекционной[45 - Spanos and Gottlieb (1976)]. Кроме того, такая форма обычно поражает маленьких детей, в то время как больные девочки были подростками. А самым крупным несоответствием стал тот факт, что симптоматика, проявлявшаяся у девочек, казалось, зависела от присутствия так называемых ведьм, и часто за пределами здания суда эти девочки имели более здоровый вид. Если симптомы были результатом отравления спорыньей, кажется невероятным, что они могли настолько сильно меняться в зависимости от того, кто находился рядом.

Отравление грибком в качестве объяснения было отвергнуто[46 - Spanos and Gottlieb (1976); Woolf (2000)], однако материалы, основанные на этой теории, появлялись на страницах New York Times еще в 1982 году[47 - Sullivan (1982)]. Во все времена, в любых городах и странах люди хотят поверить в причины, не вполне подтвержденные данными, однако отвечающие их знанию на конкретный момент. В XVII веке ведьмовство считалось вполне разумным объяснением; факты в поддержку этой гипотезы широко афишировались, несмотря на более чем пристрастные и малонаучные свидетельства вроде «видений» (когда обвинитель утверждал, что имел «видение» о том, как обвиняемый причинял ему вред). В XX столетии научные объяснения (например, отравления) стали более доступны для понимания, несмотря на то что все равно не удалось объяснить, почему соответствующий симптом проявился у небольшой группы девочек-подростков.

\* \* \*

Ведьмовство считалось разумным аргументом в XVII веке, поскольку наше знание о причинах – это комбинация имеющихся сведений, восприятий и заключений на основе опыта. Понимая физические законы, вы не удивляетесь, что удар по шару заставляет его двигаться. Но если вам еще раньше рассказали, что Земля плоская, а ведьмы могут заставлять предметы летать по комнате,

тогда вы легко сделаете другие прогнозы и дадите иные объяснения того, как и почему шар передвигается по бильярдному столу.

Зная, где мы преуспели, а в чем способны ошибаться, отыскивая причинные взаимосвязи, мы можем усовершенствовать программное обеспечение для анализа данных, что в итоге поможет в повседневной жизни. В этой главе мы рассмотрим, как с течением времени развивается наше понимание каузальности и как мы получаем знание о причинах на основе наблюдений и взаимодействия с окружающим миром.

Когда мы намерены вынести суждение о чьих-то действиях – к примеру, обвинить человека, что из-за него мы опоздали на работу, или решить, стоит ли похвалить кого-то за осторожную езду, – наше логическое мышление выходит далеко за рамки простой причинности. Если проанализировать, какие другие факторы – к примеру, ожидания – повлияли на эти суждения об ответственности, мы сумеем лучше понять поведение людей. Мы можем не соглашаться друг с другом относительно того, что стало поводом некоего события, например победы в скачках. То, что мы узнаём о причинно-следственных зависимостях из докладов, сделанных на примере одной группы населения, может быть неприменимо к другой, поэтому придется принять во внимание некоторые социокультурные факторы, влияющие на ситуацию. Наконец, мы обсудим, почему мы так легко впадаем в заблуждения относительно причин и следствий и почему ложные каузальные убеждения (например, суеверия) не теряют силы даже после того, как вскрывается наша подверженность им.

## Обнаружение и использование причин

Как вы впервые обнаружили, что лампочка загорается, если повернуть выключатель? Откуда вы знаете, что ружье, выстреливая, производит громкий звук, а не наоборот?

Мы получаем знания о причинах двумя основными путями: посредством восприятия (каузального опыта) и умозаключений (опосредованных выводов о причинности с помощью дедуктивного метода и на основе некаузальной информации).

Воспринимая причины, мы не накладываем картину наблюдений на предыдущее знание с помощью некоего инструмента распознавания образов, но получаем практический опыт каузальности.

Видя, как в окно влетает кирпич, один бильярдный шар ударяет другой, заставляя катиться, горящая спичка поджигает фитиль свечи, мы получаем впечатления о причинной зависимости на основе входящей сенсорной информации. Напротив, причины таких событий, как пищевые отравления, войны и хорошее здоровье, нельзя воспринять непосредственным образом – их предстоит вывести путем логического мышления на основе чего-то, отличающегося от непосредственных наблюдений.

Идея, что мы на самом деле способны воспринимать причинности, в философии считается спорной и вступает в прямое противоречие с точкой зрения Юма, который утверждал, что познание возможно только на основе наблюдаемых паттернов. Однако каузальное восприятие убедительно доказано экспериментально. Не пользуясь иными подсказками в поисках причин, перцепция[48 - Перцепция (лат. perceptio – представление, восприятие, от percipio – ощущаю, воспринимаю) – то же, что восприятие. Прим. ред.] предполагает наличие мозговой деятельности, при которой разум получает данные и квалифицирует их как каузальные или некаузальные. Многие философы доказывали способность причинного восприятия, но вопрос остается: в самом ли деле различны умозаключение и восприятие. В ходе некоторых экспериментов на эту тему использовались вводные данные, согласно которым перцепция и мышление противоречат друг другу, так как, если они представляют один процесс, ответ должен быть одинаковым, в обоих случаях. Эти исследования продемонстрировали, что люди приходят к разным умозаключениям в ситуациях, когда нужно оценить восприятие и суждения, но, поскольку они основывались на свидетельствах людей, описывающих свои интуитивные догадки, из процесса оказалось невозможно полностью исключить восприятие[49 - Schlottmann and Shanks (1992).].

Трудно придумать эксперимент, где получилось бы изолировать два процесса друг от друга (то есть обеспечить логическое мышление без восприятия и наоборот). Однако исследования, участниками которых были индивидуумы с разделением левого и правого полушария головного мозга, дают некоторые ключи к пониманию. У таких пациентов связь между полушариями частично или полностью нарушена, поэтому обмен любой информацией между ними проходит с запозданием. Для эксперимента это хорошо: если восприятие и умозаключение

изначально управляются разными полушариями, их можно испытать отдельно. Стимулируя участки поля зрения по одному, ученые могут контролировать, какое именно из полушарий получит вводные данные. В то время как обычные участники исследования не показали различий при выполнении заданий на каузальную перцепцию и логическое мышление, два пациента с разделением головного мозга продемонстрировали существенные отличия в восприятии и логическом выведении причин в зависимости от того, какое полушарие получало задачу. Вывод прост: умозаключения отделены от восприятия, и в каждом процессе участвуют разные области мозга[50 - Roser et al. (2005).].

## Восприятие

Итак, исследования показали, что восприятие действительно может проходить независимо от умозаключения. Но когда именно мы воспринимаем причинность?

Фундаментальные труды Альберта Мишотта[51 - Альберт Мишотт (1881-1965) - бельгийский психолог, доктор философии, специалист в области психологии восприятия. Особую известность ему принесли эксперименты по изучению восприятия причинности и сохранения объекта (эффект туннеля). Прим. ред.] по восприятию причинности продемонстрировали: когда людям показывают изображения, где одна фигура движется по направлению к другой, прикасается к ней и вторая фигура начинает двигаться, они воспринимают это как ситуацию, когда первая фигура «запустила в действие» вторую[52 - Michotte (1946).]. Такое утверждение удивительно правдиво, даже несмотря на то что это всего лишь картинки, а не физические объекты. Многие другие исследователи повторяли эксперименты Мишотта и наблюдали аналогичные результаты. Хотя работы знаменитого бельгийца признаны классикой каузальной психологии, его эксперименты с задержками и разрывами между событиями также предоставляют хорошую почву для заключений о том, как время влияет на восприятие. (Об этом мы подробнее узнаем в главе 4 (#litres\_trial\_promo).)

Узнать о том, как развивалось наше понимание причинности и роли обучения, можно благодаря детям. Если мы способны к непосредственному восприятию причинности, малыши также должны это уметь.

Разумеется, очень трудно проверить, действительно ли младенцы воспринимают причинную зависимость, поскольку их нельзя расспросить о впечатлениях, как участников экспериментов Мишотта. Малыши дольше рассматривают новые

предметы; ученые приучают их к определенной последовательности событий, а затем проводят сравнение с обратной последовательностью тех же событий. Детям показывали видеозаписи последовательности пусковых операций (подробнее об этом в главе 4 (#litres\_trial\_promo)), сходных с тем, как бильярдный шар ударяется о неподвижный другой. Первый шар передает другому импульс, и второй после этого движется в том же направлении, что и первый.

Видеозаписи проигрывались сперва в прямом, а потом в обратном направлении (включите перемотку, и все будет выглядеть так, как будто это второй шар ударяется о первый); аналогичные последовательности событий без пускового толчка (например, две фигуры идут в одном направлении, не соприкасаясь) также проигрывались «туда» и «обратно». Основное открытие было в том, что младенцы дольше просматривали каузальную последовательность в обратном порядке. Но, поскольку обе сценки меняли направления, не должно быть различия во времени рассматривания, если каузальная последовательность не воспринимается как содержащая изменение, которого нет в последовательности некаузальной (то есть причина и следствие меняются местами)[53 - Leslie (1982); Leslie and Keeble (1987)]. Обратите внимание, что в другом исследовании шесть месяцев спустя были получены сходные результаты с последовательностью не просто запускающих, но и «догоняющих» событий (Schlottmann et al., 2012).].

Даже если восприятие причинности с первых дней жизни человека кажется очевидным, другие исследования отмечают различия в реакциях младенцев 6 и 10 месяцев в смысле их способности воспринимать причинность в более сложных событиях (например, когда удар по шару наносится со смещением)[54 - Oakes (1994)]. Эти исследования показывают, что восприятие развивается с возрастом. Дети 6–10 месяцев способны воспринимать причинную связь между двумя предметами, однако эксперименты с двумя цепочками причинностей (каузальных последовательностей: к примеру, зеленый шар ударяет красный, а затем красный шар ударяет синий) показали, что 15-месячные малыши, как и взрослые, воспринимают причинность такого рода, а 10-месячные – нет[55 - Cohen et al. (1999)]. Исследования, где сравнивается восприятие детей более старшего возраста и взрослых, дают противоречивые результаты, поскольку различия могут возникать из-за разницы в вербальных способностях.

В исследовании, где тестировали детей от 3 до 9 лет, задачу упростили, сведя к ограниченному набору наглядных реакций. В результате продвинутые способности к причинному осмыслению были выявлены даже у самых младших

участников, хотя некоторые изменения с возрастом наблюдались по-прежнему[56 - Schlottmann et al. (2002)].

Самые значительные различия в результатах между возрастными категориями, как правило, наблюдаются, когда восприятие и логическое мышление вступают в конфликт, так как дети больше полагаются на чувственное знание, а взрослые – на последующее знание ситуации. В одном эксперименте два механизма (быстрого и медленного действия) спрятали в коробке, причем каждый был снабжен звонком. В случае с быстрым механизмом мяч, помещенный в коробку, немедленно приводил звонок в действие, а в случае с медленным звонок раздавался с задержкой. В коробку с медленным механизмом положили один мяч, а второй добавили после некоторой паузы. Из-за запаздывания механизма звонок звенел сразу же после того, как в коробке появлялся второй мяч, но нельзя утверждать, что причиной звонка стал второй мяч, потому что механизм не способен срабатывать так быстро. Даже после того как дети знакомились с этими механизмами и запоминали, какой из них где находится, воспринимаемые свойства у пятилетних малышей превалировали над умозаключениями. Несмотря на то что мяч чисто физически не мог включить звонок, младшие дети по-прежнему называли в качестве причины второй мяч[57 - Schlottmann (1999)]. Дети же 9–10 лет и взрослые логически выводили корректную причину; результаты семилетних участников заняли место где-то посередине (примерно 50/50).

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, купив полную легальную версию (<https://www.litres.ru/samanta-kleynberg/pochemu-rukovodstvo-po-poisku-prichin-i-prinyatiu-resheniy/?lfrom=201227127>) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.

notes

Примечания

1

Фандрайзинг (англ. fundraising) – привлечение денежных и иных ресурсов (человеческих, материальных, информационных и т. д.), которые организация не может обеспечить самостоятельно и которые необходимы для реализации определенного проекта или деятельности. Прим. ред.

2

Гипогликемия – патологическое состояние, которое характеризуется низким уровнем содержания глюкозы в крови (ниже 3,3 ммоль/л). Прим. ред.

3

Каузальный (от лат. causa – «причина») – причинный, обусловленный, причинно-следственный. Прим. ред.

4

Солиситор – категория адвокатов в Великобритании, ведущих подготовку судебных материалов для ведения дел барристерами – адвокатами высшего

ранга. Прим. ред.

5

Статистические сведения, использованные Мидоу, можно найти в Fleming et al. (2000). Комментарии Мидоу относительно его использования этой статистики см. Meadow (2002).

6

Мидоу, использовавший эти цифры в свидетельских показаниях, был признан виновным в нарушении профессиональной этики и вычеркнут из медицинских списков, лишившись возможности практиковать (позже апелляционная комиссия восстановила его в правах).

7

См. Thompson and Schumann (1987). Еще один известный пример – дело Люсии де Берк, голландской медсестры, которая, как и Кларк, была несправедливо обвинена, но позднее оправдана. Де Берк обслуживала ряд пациентов, которые неожиданно скончались, и эксперт-свидетель рассчитал, что вероятность случайного смертельного исхода составляла 1: 342 000 000. Подробнее о деле Люсии де Берк см. Vuchana (2007). Как и в деле Кларк, эта цифра равнялась шансам на невиновность де Берк, при этом обвинение утверждало: вероятность столь ничтожна, что наверняка должна быть ложной.

8

Следует иметь в виду, что СВДС – не единственная возможная причина смерти младенцев. Действительно, в деле Кларк имелось важное свидетельство о том, что один ребенок имел бактериальную инфекцию, которая могла привести к смерти. Однако это свидетельство не было представлено патологоанатомом (позднее его обвинили в серьезном профессиональном нарушении и лишили права заниматься практикой на три года).

9

Mega Millions – популярная американская лотерея, проходящая в 44 штатах, округе Колумбия и на Виргинских островах. Она основана на базе 12 лотерей, проводившихся в США, первый тираж состоялся в 2002 году. Минимальный анонсируемый джекпот Mega Millions – 15 млн долларов, а самый крупный разыгранный суперприз составил 656 млн долларов. Прим. ред.

10

Рассуждения Аристотеля о причинности можно найти в Aristotle (1924, 1936). For an introduction to causality in ancient Greece, см. Broadie (2009).

11

Фома Аквинский (ок. 1225–1274) – итальянский философ и теолог, систематизатор ортодоксальной схоластики, учитель церкви, основатель томизма, член ордена доминиканцев. С 1879 года признан наиболее авторитетным католическим религиозным философом, связавшим христианское вероучение с философией Аристотеля. Сформулировал пять доказательств бытия Бога. Прим. ред.

12

Дэвид Юм (1711–1776) – шотландский философ, представитель эмпиризма, психологического атомизма, номинализма и скептицизма, агностик, экономист и историк, публицист, один из крупнейших деятелей шотландского Просвещения. Прим. ред.

13

Hume (1739, 1748).

14

См. Hírpcsak et al. (2009), где подробно рассказывается о взаимозависимости специфичности и неопределенности временных суждений.

15

См., например, Lagnado and Speekenbrink (2010).

16

Отметим, что Юм не согласился бы с такой оценкой, поскольку был убежден: если между причиной и следствием есть временная задержка или пространственный разрыв, можно найти цепочку близких по времени или месту непосредственных причин, которые связывают их.

17

Конъюнкция – от лат. conjunctio – «союз, связь». Прим. ред.

18

Иммануил Кант (1724–1804) – немецкий философ, родоначальник немецкой классической философии, стоящий на грани эпох Просвещения и романтизма. Прим. ред.

19

Подробности см. Kant (1902, 1998).

20

Подробности см. Cartwright (1999, 2004) и Skyrms (1984).

21

Джон Мэки (1917–1981) – австралийский философ. Внес значительный вклад в философию религии, метафизику, философию языка. Прим. ред.

22

Mackie (1974).

23

Патрик Суппес (1922–2014) – американский философ, логик и психолог. Область его исследований – от общих до специальных вопросов философии физики, психологии и педагогики. Развивал вероятностную концепцию причинности, был резко против лапласовского детерминизма, концепций абсолютной достоверности и полноты научного знания. Прим. ред.

24

Suppes (1970).

25

Lewis (1973).

26

Джуда Перл (р. 1936) – американско-израильский ученый, автор математического аппарата байесовских сетей, создатель математической и алгоритмической базы вероятностного вывода, автор алгоритма распространения доверия для графических вероятностных моделей, до-исчисления и исчисления

противофактических условных. В 2011 году стал лауреатом премии Тьюринга за «фундаментальный вклад в искусственный интеллект посредством разработки исчисления для проведения вероятностных и причинно-следственных рассуждений». Прим. ред.

27

Техническое вступление к этой работе можно найти у Pearl (2000) и Spirtes et al. (2000).

28

Lind (1757).

29

Snow (1855).

30

Koch (1932).

31

Hill (1965).

32

ЭЭГ – электроэнцефалограмма; МРТ – магнитно-резонансная томография. Прим. перев.

33

Клайв Грэнджер (1934–2009) – английский экономист, лауреат Нобелевской премии по экономике (2003) «за разработку методов анализа экономических временных рядов с общими трендами». Прим. ред.

34

Granger (1980).

35

Чтобы познакомиться с экспериментальной психологией, см. Alexander (2012) и Knobe and Nichols (2008).

36

Это яркий пример ситуации, когда в каузальных суждениях есть культурные различия. К примеру, одни рассматривают навык как врожденную способность, которой люди либо обладают, либо нет, а другие считают, что он может меняться в зависимости от контекста и прилагаемых усилий.

37

Праймериз (первичные, предварительные выборы) – тип голосования, в котором выбирается один кандидат от политической партии. Прим. ред.

38

Appelbaum (2011).

39

Прекрасный комикс, иллюстрирующий все случайные паттерны, можно найти на <http://xkcd.com/1122/> (<http://xkcd.com/1122/>).

40

Уже избран 45-й президент США – Дональд Трамп. Прим. перев.

41

Иммунный ответ – сложная многокомпонентная, кооперативная реакция иммунной системы организма, индуцированная антигеном, уже распознанным как чужеродный, и направленная на его элиминацию (исключение). Явление иммунного ответа лежит в основе иммунитета. Прим. перев.

42

Аллель (от греч. allelon – друг друга, взаимно) – аллеломорфа, одно из возможных структурных состояний гена. Прим. ред.

43

Caporaal (1976).

44

Matossian (1989).

45

Spanos and Gottlieb (1976).

46

Spanos and Gottlieb (1976); Woolf (2000).

47

Sullivan (1982).

48

Перцепция (лат. perceptio – представление, восприятие, от percipio – ощущаю, воспринимаю) – то же, что восприятие. Прим. ред.

49

Schlottmann and Shanks (1992).

50

Roser et al. (2005).

51

Альберт Мишотт (1881–1965) – бельгийский психолог, доктор философии, специалист в области психологии восприятия. Особую известность ему принесли эксперименты по изучению восприятия причинности и сохранения объекта

(эффект туннеля). Прим. ред.

52

Michotte (1946).

53

Leslie (1982); Leslie and Keeble (1987). Обратите внимание, что в другом исследовании шесть месяцев спустя были получены сходные результаты с последовательностью не просто запускающих, но и «догоняющих» событий (Schlottmann et al., 2012).

54

Oakes (1994).

55

Cohen et al. (1999).

56

Schlottmann et al. (2002).

Schlottmann (1999).

----

Купить: <https://tn.knigapoisk.com/samanta-kleynberg/pochemu-rukovodstvo-po-poisku-prichin-i-prinyatiyu-resheniy-kupit>

надано

Прочитайте цю книгу цілком, купивши повну легальну версію: [Купити](#)