

## Степень любви к роботам

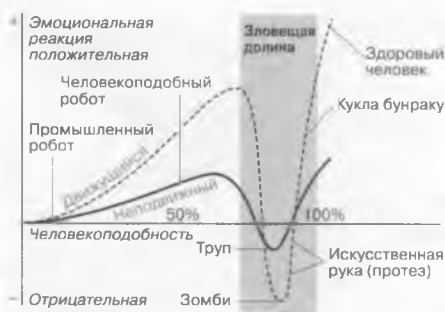
В 1950 году вышли в свет две книги, ставшие классикой научной фантастики: «Я, робот» Айзэка Азимова и «Марсианские хроники» Рэя Брэдбери. В обеих книгах описаны роботы, порой неотличимые от людей, и люди, которые по-разному относятся к роботам. Что до читателей, то их симпатии на стороне тех героев, которые роботов любят или, по крайней мере, лояльны к ним. Но ведь это читатели, они человекообразных машин не видели, поэтому трудно судить, как бы они среагировали на настоящее устройство. Этим вопросом заинтересовался японский конструктор Масахиро Мори. В 1970 г. он провел опрос, исследуя эмоциональную реакцию людей на внешний вид роботов, и предложил гипотетическую кривую зависимости привлекательности робота от его облика.

Посмотрите на этот график. Первый пример, приводимый Мори, — промышленный робот. Он выполняет функции фабричного рабочего, но совершенно не должен походить на него лицом и фигурой. Человекоподобность промышленного робота можно считать нулевой, ни симпатии, ни антипатии он не вызывает. Но создатель игрушки-робота обратит внимание не на его функции, а на внешний вид, снабдит руками, ногами и головой, то есть придаст человекоподобность. Детям такие игрушки очень нравятся. Сама недавно наблюдала, как маленькая девочка пришла в восторг от кулона в форме робота.

Двигаемся дальше по шкале похожести. Казалось бы, если объект очень похож на человека, то и эмоции он должен вызывать почти такие же. Конструкторы стараются придать изделию знакомый облик, в конце концов, роботы со временем должны заменить людей во многих сферах деятельности. И тут-то оказалось, что человекообразие допустимо до известного предела. Людям неприятны

роботы, почти не отличимые от человека. Правда, в 1970 году таких механизмов не было, но в Японии уже выпускали протезы конечностей, очень похожие на настоящие ноги и руки. На них даже рисовали кровеносные сосуды, ногти и узор на пальцах. Мори отмечает, что мы можем симпатизировать инвалидам, но когда замечаем, что рука у человека не настоящая, то испытываем не восторг от искусной работы, а некое неприятное, зловещее чувство. Кривая зависимости симпатии от человекоподобности устройства, до того неуклонно поднимавшаяся, резко падает вниз. Этот провал на графике симпатий Масахиро Мори назвал «зловещей долиной» — *the uncanny valley* по-английски, *bukimi no tani* по-японски.

Но за долиной вырастает новая гора. На ее склоне исследователь поместил куклу бунраку — марионетку традиционного японского театра. Кукла представляет собой деревянную прямоугольную раму, задрапированную в складчатые одежды. К раме крепят голову, руки и ноги, которые управляются нитями. бунраку умеют



*Зловещая долина — не место на географической карте, а изгиб функции зависимости эмоциональной реакции человека от человекоподобности наблюдаемого объекта*

моргать, двигать глазами и губами, шевелить бровями, высовывать язык. Зрители сидят далеко от кукол и подробностей не видят, но наслаждаются их сложной мимикой и движениями, напоминающими движения людей. Это сходство, хоть и очень велико, однако иного свойства, чем у искусственной руки. Людям нравится бунраку, причем больше, нежели человекообразный робот.

Движение, один из основных признаков живого, придает устройству дополнительную человекоподобность. Мори предположил, что подвижность механизма повлияет на кривую человеческих симпатий, пики сделает выше, а провалы глубже.

Для промышленного робота эффект движения минимален, потому что мы видим в нем в первую очередь машину. Она и должна двигаться, чтобы работать. Но если движения робота напоминают человеческие, нам это нравится. Игрушка, у которой гнутся ноги и руки, гораздо привлекательнее статичной, а заводная еще лучше.

Совсем другое дело, если подвижным окажется протез. Представим себе, что искусственная рука с нарисованными ногтями и папиллярными узорами еще и шевелит пальцами. При неярком свете так легко ошибиться! И человек пожимает эту руку, а она холодная и твердая. Это вызывает шок, особенно у дамы, пишет жизнезастойный Мори. А если придется иметь дело не с рукой, а с целым роботом? Ожившие манекены — традиционный сюжет для фильма ужасов.

Заговорив о человекоподобии, нельзя и людей обойти молчанием. Здорового человека Мори помещает на вершину второго пика. Но большого глаз не радует, а тем более мертвенно-бледный, холодный и неподвижный покойник. Мертвецов многие боятся, и они оказываются почти на самом дне зловещей долины.

Хуже только движущийся труп. Зомби — это кошмар, причем классический.

Масахио Мори затеял свое исследование, желая выяснить, как должны выглядеть роботы или протезы, чтобы не вызывать неприятия у потенциального клиента. Он рекомендовал дизайнерам придерживаться умеренного человекоподобия, оставаясь на первой вершине графика, и не стремиться ко второй. Хотя она и выше, велик риск до нее не допрыгнуть и свалиться в яму у подножия.

Как тут не вспомнить фрагмент из рассказа «Улики» Айзека Азимова: «Если это человекоподобный робот, то имитация должна быть полной. Он абсолютно неотличим от человека. В конце концов, мы всю жизнь имеем дело с людьми, и приблизительным сходством нас обмануть нельзя. Он должен быть похож на человека во всем. Обратите внимание на текстуру кожи, на цвет радужных оболочек, на конструкцию кистей рук».

И что делать конструктору с этими пресловутыми кистями? Живой человек с рукой из металлических трубок и шарниров тоже способен напугать впечатлительную особу. В качестве образца для подражания Мори предлагает руку Будды. Она сделана из дерева и сохраняет его естественный цвет, ее гладкие, без отпечатков пальцы согнуты в суставах. Никто не примет ее за настоящую человеческую конечность, но она прекрасна. Возможно, именно на руки Будды следует обратить внимание создателям протезов.

Со времени работы Масахио Мори прошло более 40 лет, и за эти годы ее справедливость подтверждалась неоднократно. Так, совсем недавно фактически провалились в прокате анимационные фильмы с фотореалистичным изображением «Полярный экспресс» и «Последняя фантазия: духи внутри нас». Они получили прохладные отзывы критиков и скромные кассовые сборы, с точки зрения публики, мультяшный супермен и диснеевская Белоснежка гораздо привлекательнее.

Почему, собственно, компьютерное изображение красивых людей вызывает такие неприятные ощущения? Оказывается, жутковатое впечатление произ-



Герои анимационного фильма «Последняя фантазия: духи внутри нас» не снижали зрительской любви

водят неправильные пропорции лица, слишком большие или маленькие глаза, рот и нос, нечеловеческая текстура кожи, обедненная и несколько замедленная мимика (компьютерное изображение не может воспроизвести движения человеческого лица во всей полноте, а движение для людей действительно очень важно). Все это визуальные стимулы, но человекоподобие ими не ограничивается. Даже Мори, описывая зрительные образы, упоминал тактильные ощущения: холодный и твердый протез вместо мягкого и теплой человеческой руки. Конечно, такое несоответствие при рукопожатии заставит людей усомниться, живое ли перед ними существо.

Специалисты Школы информатики Университета Индианы (США) обратили внимание на голосовой аспект человекоподобия. Ученые предположили, что несоответствие образа и голоса тоже вызовет у человека дискомфорт. Людям будет неприятно, если нестрашный домашний робот, покрашенный красной и белой краской, с кубической головой и лампочками вместо глаз, вдруг заговорит, как человек. Дискомфорт вызовет и человек, говорящий «синтетическим» голосом. В эксперименте, описанном в журнале «i-Perception» (2011, 2, 10—12, dx.doi.org/10.1068/i0415), участвовали 48 студентов университета, коренных американцев, так что язык, на котором говорили с ними робот и человек, для всех испытуемых родной. Каждому участнику в случайном порядке показывали четыре коротенькие видеозаписи, в которых робот или человек говорили синтетическим либо натуральным голосом. Студентов просили ответить, в какой степени каждый герой вызывает у них неприятные ощущения, ощущения доброты и межличностного тепла. Оценки они выставляли в баллах, от -3 до 3. Оказалось, что неприятные ощущения вызывают синтетический голос и несоответствие голоса и облика. Робот, говорящий человеческим голосом, и впрямь воспринимается жутковато, равно как и человек, издающий синтетические машинные звуки. Что касается ощущения человечности, доброты персонажа, то здесь главную роль играет реализм лица и опять-таки соответствие голоса и внешности. Человек со своим голосом, естественно, лидирует, далее он же с синтетическим, затем робот с человеческим голосом, а робот с синтетическим голосом замыкает ряд.

Чтобы человек или робот вызвали к себе теплые чувства, очень важен реализм и лица, и голоса, но их взаимное соответствие играет не очень большую роль. Тут лидирует робот со своим голосом, а замыкает рейтинг человек, опять-таки с синтетическим голосом. Робот выиграл потому, что выглядел обаятельнее серьезного человека — бывшего моряка. Исследователи не советуют делать робо-

тов, говорящих человеческим голосом, иначе продукт соскользнет в зловещую долину и не будет иметь спроса.

## Зачем все это?

Конечно, биологи не могли остаться в стороне от феномена зловещей долины. Почему людям так неприятно сильное сходство робота с человеком, причем всем и с первого раза? Большинство специалистов полагает, что феномен зловещей долины возник в ходе эволюции, чтобы наши предки избегали контакта с особями, у которых имеются отклонения от нормы. С биологической точки зрения важно уметь издали и быстро выделять больных, чтобы от них не заразиться, и старых, потому что они плохие половые партнеры. Больные и старые люди отличаются от молодых и здоровых: у них красные глаза, бледная, сухая или пигментированная кожа, изменившийся голос. Еще раз вспомним Азимова: «Хриплый, скрежещущий шепот калеки вырвался из перекошенного вечной гримасой рта, который зиял на лице, состоявшем наполовину из шрамов и рубцов». Вроде бы и человек, но что-то в нем не то. Так в ходе эволюции появилось и закрепилось отвращение к неестественно выглядящим людям.

Есть еще одна гипотеза, согласно которой синтетические лица не удовлетворяют нашим эстетическим критериям. Пропорции лица, его оживленность, структура кожи — то, что сообщает лицу привлекательность, — в человекоподобных изображениях не совсем правильно и вызывает неприятие. Так что персонажи, созданные с помощью компьютерной графики, выглядят или больными, или непривлекательными, или больными и непривлекательными одновременно. Вот люди их и чураются.

Существует единственный способ убедиться в эволюционном происхождении феномена — протестировать животных. Если и у них мы обнаружим феномен зловещей долины, значит, он не порождение человеческого мозга, а более раннее приобретение. Такой эксперимент поставили сотрудники факультета психологии, экологии и эволюционной биологии Принстонского университета (США) Свон Стекенфингер и Азиф Газанфар. Их работа опубликована в журнале «Proceedings of the National Academy of

Исследователи работали с пятью макаками-крабоедами, *Macaca fascicularis*. Все обезьяны родились в неволе и привыкли к человеческим опытам. Макак усаживали в специальное кресло, фиксировали им голову и показывали на экране фотографии или движущиеся изображения: реальную морду макаки, обезьяноподобную физиономию и монстра, лишь отдаленно напоминающего настоящую обезьяну. Каждое изображение представлено в трех вариантах: вытянутые трубочкой губы, оскал или нейтральное выражение. Кроме того, морды были статичными или подвижными. Картинки демонстрировали по две секунды каждую и перемежали цветными фотографиями пейзажей или сельскохозяйственных животных. Исследователи с помощью специальной аппаратуры учитывали время, которое обезьяна смотрит на изображения.

Оказалось, что и у макак есть своя зловеющая долина. На обезьяноподобные изображения они смотрели существенно меньше, чем на реальные и ненатуральные. Интерес к монстру и настоящей морде во всех вариантах примерно одинаков, взгляд макаки задерживался на них около 1,2 секунд, а на обезьяньем аватаре всего 0,8–0,9 сек. Динамические изображения для обезьян, как и для людей, более привлекательны. Так что зрительное поведение макак не отличается от человеческого.

По мнению исследователей, эксперимент подтверждает эволюционное происхождение феномена зловеющей долины. Макаки воспринимают обезьяноподобные изображения как сородичей, с которыми что-то не в порядке. Возможно, на поведение обезьян влияют те же особенности внешности (пропорции лица, окраска кожи), что и на человеческое. К сожалению, эксперимент не позволяет выявить эмоции, которые испытывают макаки, глядя на обезьяноподобные аватары. Возможно,

*В качестве образца для подражания Масахиро Мори рекомендует создателям протезов руку Будды*



*Среди этих физиономий макакам надо было выбрать самые симпатичные. В верхнем ряду обезьяны и монстры складывают губы трубочкой, в нижнем — скалятся*

им, как и людям, неудобно, неприятно или страшно. Чтобы это проверить, нужно ставить более сложные опыты, измерять физиологические параметры (влажность кожи и т. п.). Было бы интересно выяснить, как будет обезьяна реагировать на комбинацию синтетического лица и реального голоса.

### Для чего тебе такие большие глаза?

Эволюция вложила в животных стремление избегать несовершенных собратьев по виду, но для любого действия нужен навык. И взрослые люди, и взрослые обезьяны легко определяют все отклонения от нормы, в том числе аватар от живого существа отличают без труда, потому что с рождения видят вокруг себя множество лиц и, насмотревшись, набрались опыта. Следовательно, возраст непременно должен играть определенную роль в проявлении эффекта долины. Эту гипотезу и взялся проверять Азиф Газнафар. Вместе с Дэвидом Левковичем из Университета Флориды он наблюдал за тем, как феномен зловеющей долины проявляется у маленьких детей. Работа опубликована в журнале «Developmental Psychobiology» (2012, 54: 124–132, doi 10.1002/dev.20583).

Дети интересуются лицами и похожими на них изображениями с самого рождения. Они дольше рассматривают комбинацию элементов, напоминающую лицо (два квадратика сверху, один внизу), чем перевернутую. Но в течение первого года жизни младенцы «сужают» настройку и уже не реагируют на все лицеподобное без разбора. Более того, они специализируются на тонких чертах представителей своего вида и своей расы. Так, шестимесячные дети различают лица и людей, и обезьян, а девятимесячные

— только людей, а все обезьяны для них уже на одну морду; они также с трудом различают лица людей другой расы, что в полгода давалось им легко. (Разумеется, если европеец растет в Китае, он в любом возрасте будет различать и китайцев.) Но зато малыш в пять месяцев не умеет отличить печальное лицо от веселого, а в семь — запросто.

Иными словами, в первый год жизни ребенок учится разбираться в лицах людей своей расы, своего окружения. В итоге он легко справляется с этой задачей, безошибочно вычлняя соответствующие признаки. Поскольку обращать пристальное внимание на черты лица он начинают после шести месяцев, эффект зловеющей долины должен развиваться в течение второй половины первого года жизни.

Чтобы проверить свою идею, ученые работали с младенцами 6, 8, 10, и 12 месяцев, по 24 ребенка каждой возрастной группы. Дети сидели перед экраном на коленях у родителей, и им попарно демонстрировали три изображения: реальное лицо, аватар и аватар с круглыми глазами в полтора раза больше нормальных. С помощью компьютерной программы лица оживили, они улыбались, поскольку движущиеся изображения усугубляют эффект зловеющей долины. Детишки попарно сравнивали реальное лицо и пучеглазый аватар, пучеглазый и нормальный аватары, лицо и нормальный аватар, а специальные камеры регистрировали время фиксации глаз младенцев на каждом изображении. Родители не знали смысла теста и своим поведением не могли влиять на детей.



*Почему у девочки такие большие глаза? Шестимесячных младенцев это занимает, а малышам постарше не нравится, они отводят взгляд от пучеглазых лиц*

*«Гибридное» женское лицо синтезировано компьютером из фотографий матери и незнакомой младенцу женщины. Дети с удовольствием разглядывают и маму, и чужую тетю, а папу и дедушку не замечают*

Взрослые говорят, что видеть выпуклые глаза на лице с нормальными чертами очень неприятно. Если опыт не играет роли в развитии эффекта долины, то реакция детей всех возрастных групп на лицо с круглыми глазами должна быть одинаковой. Но оказалось, что в первом эксперименте шестимесячные дети глядят на пучеглазый аватар почти в два раза дольше, чем на обычное лицо, в восемь и десять месяцев оба стимула интересуют их в равной степени, а годовалые младенцы смотрят в основном на лицо.

Но точно ли шестимесячных детей привлекли большие глаза аватара, а не его общая искусственность? Оказалось, что именно глаза, потому что во втором эксперименте, выбирая между пропорциональным и пучеглазым компьютерными изображениями, малыши всех возрастов дольше смотрели на пропорциональное лицо, а сравнивая два пропорциональных лица, настоящее и компьютерное, дети в равной степени интересовались обоими. Строго говоря, такой результат не вполне совпадает с эффектом зловещей долины. Но, как отмечают исследователи, годовалые дети еще не в состоянии оценить тонкие различия между человеческим и человекоподобным лицом с правильными чертами, поэтому аватар с обычными по размеру глазами, но «нечеловеческой» кожей не вызывает у них того недоумения, в которое привел бы взрослого. Так что решающим стал первый эксперимент. Основываясь на его результатах, ученые решили, что в первые полгода жизни эффект зловещей долины отсутствует и вырабатывается во втором полугодии, когда дети учатся отличать человеческие лица от всех остальных и постепенно начинают обращать внимание на отдельные черты лица. Повышенный интерес шестимесячных младенцев к ненормально круглым и большим глазам исследователи назвали маргинальным. Но почему, собственно? Маленькие дети так любят все новое, а тут глаза такие большие и круглые. Интересно же!

Итак, умение увидеть и оценить особенности внешности приобретает с возрастом. Людям (или обезьянам) нужно набраться опыта, чтобы понимать, что нормально, а что нет, да и не только опыт важен: мозг должен созреть для восприя-

тия тонких различий между фотографией настоящего лица и очень похожим на него компьютерным изображением.

Зловещая долина пролегает не только между натуральными и синтетическими лицами, но и между знакомыми и новыми. Это обстоятельство недавно обнаружили японские ученые из нескольких исследовательских институтов Сайтамы, Киото и Токио. Их статья опубликована в журнале «Biology Letters» (2012, 8, 725–728; doi: 10.1098/rsbl.2012.0346).

Исследователи тоже работали с младенцами от 7 до 12 месяцев. Как и в предыдущем эксперименте, им показывали на экране пары фотографий, а движением глаз записывали с помощью специального оборудования. Дети сравнивали фото матери и незнакомки, матери и «промежуточного лица», незнакомки и «промежуточного лица». Гибридное лицо, состоявшее наполовину из черт лица матери, наполовину — другой женщины, собирали на компьютере из двух фотографий. Компьютер оживил изображение, и на экране женщины расплывались в улыбке. А чтобы ребенок сосредоточился только на чертах лица, дам фотографировали без очков и с одинаковой прической.

Как и следовало ожидать, малыш с равным интересом рассматривает фото мамы и чужой тети. Зато «микс» привлекает его значительно меньше, чем знакомое или незнакомое лицо, и чем старше ребенок, тем ощутимее эта разница, составившая в среднем около 5 секунд (14%).

Исследователи предположили, что дитя, быть может, замечает следы монтажа на фотографии. Чтобы проверить это, малышам показывали фотографию посторонней женщины и гибрид двух незнакомых лиц. Оба варианта занимали ребенка в одинаковой степени, следовательно, следов монтажа он не видит и дело исключительно в изображении.

Это первое исследование, показавшее, что знакомое и незнакомое лица предпочтительнее, чем частично знакомое, и предпочтение возрастает в ходе развития ребенка. Глядя на полузнакомые лица, малыш может испытывать дискомфорт, подобный тому, который ощущает взрослый человек при виде излишне человекоподобного робота. То есть это настоящая зловещая долина, и с возрастом она углубляется. Исследователи объясняют это тем, что в 7—8 месяцев различия между материнским и промежуточным лицом

менее очевидны, чем в 9—10. Восприятие младенцев совершенствуется ежедневно, с каждым днем он все быстрее узнает маму среди похожих людей.

Интересно, что чувствует ребенок, отводя взгляд от полузнакомого лица? Возможно, то же, что и взрослый человек. Японские исследователи поставили аналогичные эксперименты со взрослыми. Им, как и младенцам, в течение 10 секунд показывали фотографии родителей и гибридное лицо. Результаты пока предварительные, но все участники эксперимента узнали в гибридном изображении родительские черты, при этом семь человек из десяти испытали негативные эмоции, а восемь из десяти — странное (зловещее) ощущение. Однако когда промежуточное лицо было составлено из черт двух незнакомых испытуемым персон, они не испытывали по отношению к нему никаких отрицательных эмоций. Возможно, что и дети чувствуют дискомфорт при виде странного лица, которое напоминает маму, но в то же время не она. А кто? Естественно, малыша это беспокоит. Впрочем, исследователи пока не уверены в чувствах младенцев и намерены провести дополнительные физиологические исследования, чтобы их уточнить.

Феномен зловещей долины многократно подтвержден, но объяснен плохо. Исследователям еще есть над чем работать, да они и не собираются останавливаться. Пока можно с уверенностью сказать, что на какой бы стадии эволюции и с какой бы целью ни возник обсуждаемый эффект, пренебрежение им обходится людям дорого, причем нередко в буквальном смысле. Понесли же убытки производители излишне реалистичных анимационных фильмов. Существует множество иллюстрированных вариантов графика Масахиро Мори, и на одном из них место зомби на дне долины занимает Майкл Джексон. Пусть задумаются над этим любители пластической хирургии. И всем без исключения не мешало бы иметь в виду, что если у бабушки слишком большие глаза, уши и зубы, то это, возможно, и не бабушка вовсе. И ведь было, было у Красной Шапочки сильнейшее чувство дискомфорта, когда она приставала к волку с вопросами, вместо того чтобы бежать со всех ног. Сказка, как говорится, ложь, да в ней намек.