

Гравишторм



Художник В. Мінскак



НАНОФАНТАСТИКА

Новички никогда не возьмутся за такую работу, потому что полет к нейтронной звезде станет для них путешествием в один конец. Опытные пилоты тоже откажутся — они же не сумасшедшие. Старики всегда знают цену своим услугам и попусту не рискуют.

К системе Хьюиша летают только двое — я и Николая-Молчун. Молчун всегда был слегка чокнутым. А у меня на то есть своя причина, о которой никто не догадывается. Разве что Николая, не задающий лишних вопросов. Но он не зря получил свое прозвище.

После взрыва сверхновая превратилась в крошечный объект, нейтронную звезду, окутанную остатками коллапса ядра — астероидами из чистого железа. За их доставку платят немало. Хотя что такое деньги? Космическая пыль, текущая сквозь пальцы. После полета хватает на месяц безбедной жизни. Но прошла всего лишь неделя, и меня вновь ожидает космический шторм.

До нейтронной звезды лететь еще целый час, а корабельная обшивка уже начинает стонать от всплесков гравитации.

Хороший пилот не полагается на приборы — он чувствует гравиволну всей своей шкурой, каждой клеточкой измученного

полетами тела. И быстрый корабль скользит по пространству-времени, словно водомерка по водяной пленке. Главное — оседлать гребень гравиволны и удержаться «на плаву». Но возле нейтронной звезды, где среди пояса астероидов кипит постоянный космический шторм, где магнитное излучение схлестывается в безумном смерче с гравитационным полем, на это способен только настоящий псих.

Впереди — темные притаившиеся во мгле рифы астероидов. Еще дальше — вспыхивающий волчок нейтронного пульсара.

Гравидвигатель кашляет, захлебывается от набегающих волн. Корабль проваливается в ямы, взлетает на гребни так, что комок подкатывает к горлу и на лбу выступает пот. Губа прикушена до крови — дурацкая привычка. Как у мальчишки, впервые севшего за штурвал.

Обшивка уже не стонет — кричит под напором завихрений гравитации. Стоит лишь на мгновение потерять контроль, и корабль разобьется об астероиды. Надо пролететь над железным булыжником, набросить сеть — магнитные захваты и вернуться назад. Последнее — самое сложное. По статистике, один шанс из трех.

А я совершил уже больше сотни вылетов. И открыл космический шторм тоже я. Когда-то очень давно — целую вечность назад. Вместе с обломками корабля меня выбросило на окраину шторма, прямо к патрульному кораблю.

Жена и дочь остались во тьме среди астероидов.

Во рту вкус крови. По подбородку течет горячая струйка. Уши заложено плотной ватой. На приборах и за иллюминатором — бесконечная круговерть. Гравитационный удар следует за магнитным. Магнитный всплеск набегаем за гравитационным цунами. Экранирование не спасает — по телу острой болью катятся маленькие колючие ежики.

К черту! В глубины проклятого космоса! Я выдержу.

Но между гравитационным и магнитным полями существует самая страшная волна. Колебание времени набегаем на корабль и окутывает его мертвой зловещей тишиной. Обшивка беззвучно рассыпается на осколки, а затем собирается вновь. На стенах появляются детские рисунки. Возле руки на штурвале на серебряной ниточке качается розовый медвежонок — любимая игрушка дочки. Он тоже остался в мертвом прошлом. Позади стоят две призрачные размытые фигуры в легких скафандрах. Женщина и ребенок. Александра и Сашка. Дочь мы называли, как и маму. Я вижу их краем глаза, потому что не смею отвлекаться, не имею права выпустить штурвал из рук, как тогда.

Я должен поймать волну времени. Почувствовать. Оседлать.

Хочу заглянуть в глаза жене, попросить прощения, но не могу позволить себе этой слабости.

Черт! Корабль разворачивается от резкого гравидудара.

Нет! Нет... Рисунки пропадают со стен. Позади — пустота. Слово и не было ничего. В корабле медленно возникают звуки.

— Взят? Как добыча? — слышу в потрепанном передатчике голос Молчуна.

Вдавливаю до щелчка кнопку. На ближайший астероид падает магнитный захват. Удар! Рывок! Я разворачиваю корабль. Он идет тяжело, непослушно — тянет за собой на буксире глыбу металла, месяц безбедной жизни.

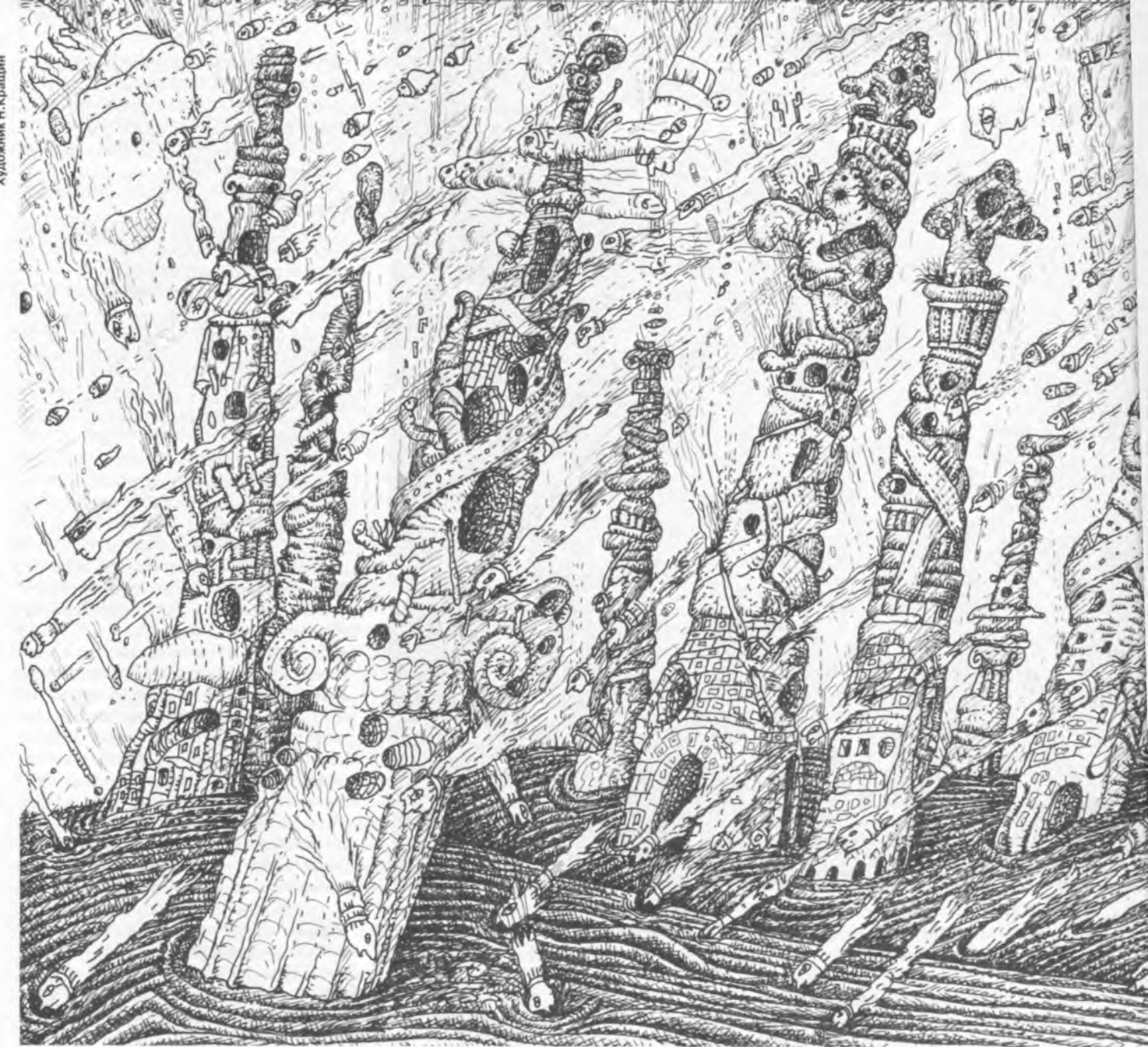
Но сюда я вернусь гораздо раньше.

— Встретился? — вдруг спрашивает Николая.

Я не отвечаю, лишь киваю, хотя Молчун меня не видит. Но он знает ответ. Знает, что когда-нибудь я удержу корабль на волне времени и вернусь из шторма не один. У меня это обязательно получится.

Я медленно разжимаю правую ладонь. В ней лежит маленький розовый медвежонок. На его добродушной глуповатой мордочке вышита радостная улыбка.

**Владимир
Венгловский**



О замедлении времени

Некоторым приходилось на себе испытывать состояние замедленного времени, возникающее в критической ситуации. Как пишут братья Стругацкие в «Обитаемом острове»: «Время послушно затормозилось, секунды стали длинными-длинными, и в течение каждой можно было сделать очень много разных движений, нанести много ударов и видеть всех сразу. Они были неповоротливы, эти обезьяны, они привыкли иметь дело с другой дичью, наверное, они просто не успели сообразить, что ошиблись в выборе, что лучше всего им было бы бежать, но они тоже пытались драться».

Естественно, мировая наука не могла пройти мимо этого феномена, тем более что идея научить человека целенаправленно входить в такое состояние

выглядит весьма заманчиво и, более того, знатоки боевых искусств умеют это делать. Впрочем, не только они, а еще, например, саксофонист Джонни из рассказа Кортасара «Преследователь». «За две минуты успел рассказать тебе самую малость. А если бы я рассказал тебе все, что творили перед моими глазами ребята, и как Хэмп играл “Берегись, дорогая мама”, и я слышал каждую ноту, понимаешь, каждую ноту, а Хэмп не из тех, кто скоро сдает, и если бы я тебе рассказал, что слышал тоже, как моя старуха читала длинную молитву, в которой почему-то поминала кочаны капусты... Не менее четверти часа, а, Бруно. Тогда ты мне объясни, как могло быть, что вагон метро вдруг

остановился и я оторвался от своей старухи, от Лэн и всего прочего и увидел, что мы уже на Сен-Жермен-де-Прэ, до которой от Одеона точно полторы минуты езды». Далее герой уточняет, что в тот день «не выкурил ни листика» и подобное расхождение обычного и «другого» времени с ним часто приключается.

Единокого мнения о том, из-за чего возникает субъективное восприятие «замедленного времени», пока нет. Исследователи из лондонского Университетского колледжа во главе с Патриком Хаггардом выдвинули свежую гипотезу: мозг начинает свои игры со временем не в момент движения, а в момент подготовки к нему, что и воспринимается



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

как замедление времени («Proceedings of the Royal Society B», 5 сентября 2012 года, doi: 10.1098/rspb.2012.1339). В самом деле, когда футболист уже начал двигать ногой, чтобы ударить по мячу, он вряд ли успеет изменить ее траекторию: это надо было делать раньше. Значит, и тратить ресурсы мозга на замедления времени при начале движения бессмысленно.

Как же можно забраться в мозги другого человека и наблюдать замедление его личного времени? С помощью тестов. Британские исследователи придумали для этого несколько процедур. Вот описание одной из них.

Перед участником эксперимента на расстоянии 79 см стоит интерактивный

экран. Указательный палец правой руки нажимает на кнопку, расположенную на расстоянии 35 см от экрана. В центре экрана изображен круг, заполненный белым цветом. Спустя какое-то время его заменяет пустая окружность. В момент такой смены изображения человек должен отпустить кнопку и коснуться тем же правым указательным пальцем экрана в том месте, где только что был круг. Время изображения заполненного круга изменялось от 700 до 1600 мс. В контрольном опыте двигать рукой и дотрагиваться до экрана было не нужно, а требовалось лишь при смене картинки нажимать на кнопку в течение секунды или чуть дольше. При каждой попытке участнику эксперимента сообщали, что это за опыт: если в кружке был прямой крестик, значит, надо касаться экрана, если косой — то не надо. Предполагалось, что в первом случае мозг участника сосредоточивается на последующем движении рукой. Эти опыты чередовались случайным образом, а участник после каждого из них должен был оценить, дольше ему показывали белый круг, чем во всех предыдущих опытах, или, наоборот, меньше. Всего было шесть сессий, в каждой из них — по пять опытов на каждую из семи продолжительностей показа. Итого 210 опытов при двенадцати участниках — неплохая статистика! Она-то и показала, что, когда человеку предстоит совершить движение рукой, время для него течет в среднем на 40 мс медленнее, а в контроле — на столько же быстрее. То есть первым круг показывают дольше.

В другом эксперименте задание усложнили: на экране появлялся второй белый круг справа или слева от погасшего первого и надо было коснуться именно его. В опыте на первом круге была линия, наклоненная в ту сторону, где нужно ожидать появления второго круга, а в контроле линия наклонена не была. Считается, что мозг, зная, куда надо двигать рукой, заранее готовится и должен сильнее замедлять поток информации, нежели в состоянии неопределенности. И в этом случае измеренное замедление-ускорение времени было примерно таким же, что и в предыдущем опыте.

Очень интересный результат получился в случае, когда готовиться надо было не к физической (движение рукой), а к умственной работе. В этом опыте после исчезновения белого круга быстро мелькала буква С или G, а участник должен был ее опознать, нажав на кнопку, и опять-таки указать, сколь долго горел белый круг. В контроле букву не показывали, о чем и предупреждали участника. Никакого замедления времени в опыте не было, что позволило авторам работы

облегченно вздохнуть и сказать: вот видите, когда нет подготовки к движению, мозг ничего такого со временем не вытворяет. Однако разглядывание графиков приводит к иной версии: видно, что на самом деле время замедлялось на 35 мс и при такой постановке, только оно делало это в контроле, а в опыте, наоборот, ускорялось на те же 40 мс. То есть, положив руку на сердечко, следовало бы признать, что и в этом случае какие-то игры со временем происходят, только они не укладываются в предложенную авторами гипотезу.

А точно ли это субъективное восприятие времени? Нет ли здесь просто повышения внимания и скорости восприятия визуальной информации? Чтобы ответить на этот вопрос, провели четвертый опыт. Белый диск уже не просто появлялся в центре экрана, а мерцал с частотой от 3 до 12 раз в секунду (3—12 Гц). Участники же должны были снова касаться его рукой и оценивать, быстро или медленно он мерцает. Результат оказался неплохим: если участник готовился попасть пальцем в центр экрана, то диск у него мерцал чаще на 0,075 Гц, если нет — то реже примерно на ту же величину. Этот опыт подтвердил, что мозг в момент подготовки к движению преобразует именно восприятие времени.

Теперь остается понять, в сколь широких пределах он способен так делать и в какой степени человек может овладеть этим хитрым инструментом.

Пока что британские исследователи выдвигают такие соображения о возможном механизме. Опыты на обезьянах показали, что скорость будущего движения кодируют нейроны лобной и теменной долей мозга. И они же отвечают за измерение промежутков времени. При исследовании людей с помощью томографов было определено, что оценкой длительности действия заняты нейроны в так называемых премоторной и дополнительной моторной областях коры мозга. Эти наблюдения подтверждают, что движение и измерение временем тесно связаны. Тогда подготовка к движению вполне может изменять скорость чувственного восприятия. Что же касается биохимического механизма, то, возможно, здесь играет роль гормон дофамин, поскольку он помимо всего прочего влияет и на движение, и на восприятие времени, по крайней мере, у страдающих болезнью Паркинсона. Впрочем, это предположение требует дополнительной проверки.

Лица «Зловещей долины»

Кандидат биологических наук
Н.Л. Резник

...Эрик шел вперед, размеренно переставляя ноги, и лица людей, которые его видели, недовольно кривились, будто они неожиданно посреди яркого праздника цветов и жизни услышали заунывный звон кладбищенского колокола. (Пусть зомби будут в их городе, пусть они даже изредка появляются днем на улицах. Но не хватает еще, чтобы они шлялись по базару! Нет, это недопустимо!)

Леонид Кудрявцев. Черная стена



Масахи́ро Мори — первооткрыватель зловещей долины



Кукла бунраку — марионетка, похожая на человека. Она вызывает неизменные симпатии людей

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 Масахи́ро 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 Масахи́ро 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

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 жизнеописатель 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 больше глаз не радует, а тем более мертвенно-бледный, холодный и неподвижный покойник. Мертвецов многие боятся, и они оказываются почти на самом дне зловещей долины.



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

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

Масахиро 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 Масахиро 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-



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

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 издала 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 зловещая 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 зловещей 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 — скалются

им, как и людям, неуютно, 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 зловещей 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

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

— 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.

Веселыми 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 начинает после шести месяцев, эффект зловещей 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 зловещей 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.





«Гибридное» женское лицо синтезировано компьютером из фотографий матери и незнакомой младенцу женщины. Дети с удовольствием разглядывают и маму, и чужую тетю, а полумама их смущает

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 движения 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 острее 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 полужанское лицо, 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 полужанского 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.



Полет носорога



Обладание статусной вещью — удовольствие, за которое приходится платить регулярно и дорого. Престижную машину, например, чем попало не заправишь и не во всяком сервисе починишь, а в норковой шубе не поедешь в час пик на общественном транспорте. У животных сходные проблемы. Самцы многих видов стремятся привлечь самку ветвистыми рогами, длинными яркими перьями, цветными складками на коже. Но это великолепие дорого обходится их обладателям. Яркие животные хорошо заметны не только самкам, но и хищникам, рога и длинные перья мешают двигаться, в складках заводятся паразиты. Потому-то самки и уделяют так много внимания этим атрибутам мужественности, что ими трудно владеть, и уж если претендент ими обладает, значит, точно здоров.

Интересно, чем животные расплачиваются за такую роскошь? Поскольку украшения и вооружение самцов подчас довольно громоздки, исследователи в первую очередь обращают внимание на связанные с ними проблемы движения. Однако при ближайшем рассмотрении цена вопроса оказывается не такой высокой, как можно было ожидать. Например, длинный хвост некоторых колибри действительно тормозит полет и увеличивает его энергетическую цену, но только на большой скорости, довольно редкой для колибри. Когда эти птички не разгоняются, длинный хвост им практически не мешает. Горизонтальная скорость полета у самцов и самок одинакова, и самцы даже виражи закладывают покруче, чем самки.

Цену статусных приспособлений самца, их влияние на движение определить непросто. Организм — единое целое, он может располагать механизмами компенсации, на первый взгляд не связанными с рогами или хвостом. Например, у самцов длиннохвостых птиц крылья пропорционально длиннее, чем у самок. В общем, все сложно, как всегда.

И тут появился человек, который объявил, что его любимый объект исследования идеально подходит для решения подобных задач. Профессор Дуглас Эмлен из Университета Монтаны, США, почти два десятка лет исследует эволюцию рогов и гигантских челюстей у пластинчатоусых жуков (*Scarabaeidae*), а последняя любовь профессора — японский жук-носорог *Trypoxylus dichotomus*. В работе, опубликованной в журнале «Behavioral Ecology» (2012, doi:10.1093/beheco/ars069), Эмлен и его сотрудники попытались разобраться, как это удивительное насекомое летает с таким огромным рогом.

T. dichotomus широко распространены в горных районах Восточной Азии. Размером они примерно с пол-ладони. Самцы вида разделяются на две морфы: крупные и мелкие. Как установили американские ученые, рубеж между ними пролегает по ширине переднеспинки 23,41 мм. У крупных самцов, у которых переднеспинка шире, голова украшена длинным разветвленным рогом и еще один, острый, растет на торексе, или попросту на «загривке». У мелких самцов передний рог маленький, а задний — совсем крошечный. Самки вообще безрогие.

Японские жуки-носороги — вредители. По ночам они летают, дырявят деревья (не рогом, нет, у них мощные грызущие челюсти), пьют сок. Когда на пробитую соковую скважину прилетают самки, самец с ними спаривается. Источник сока приходится охранять от конкурентов, и тут рог просто необходим. Самцы пихают им соперника, иногда даже переворачивают или сталкивают с дерева. Крупный рог достигает в длину двух третей размеров тела и весит до трети веса жука. Некоторые специалисты считают, что с такими приспособлениями носороги вообще летать не могут, но они все же летают.

Ученые в течение двух летних месяцев наблюдали за жуками в парке при общегитии Национального университета Чинань (Тайвань). Там много ясеней, любимых жуками. В

июне и июле взрослые *T. dichotomus* активны и подвижны. Исследователи ловили их на местах кормления, наносили крупные цветные метки на надкрылья и номер на переднегрудь для идентификации, определяли размеры крыльев, рога и тела с точностью до сотой доли миллиметра. После мечения и измерения жука оставляли на месте поимки. Скорость *T. dichotomus* определяли в полете по прямой с помощью чувствительного датчика. Жуки-носороги летают ночью, их скорость полета можно было измерить только в ясную безветренную погоду.

Кроме скорости, исследователи определяли расстояние, преодолеваемое носорогами. Для этого они еженочно в течение двух месяцев осматривали все кормовые деревья в парке и отмечали положение каждого помеченного жука. Для большей достоверности пятнадцать самцов и шесть самок экипировали крошечными радиопередатчиками. Устройство массой 0,2 г жукам не мешало, на их поведение не влияло, скорость радиофицированных и обычных носорогов не различалась.

Ученые ожидали, что способность к полету у самцов зависит от размера рога, а самки летают быстрее самцов и на более длинные расстояния. Но оказалось, что рога не мешают жукам летать быстро и далеко. Их наличие и размеры не влияют на параметры полета. У всех скорость колеблется от одного до четырех метров в секунду. С помощью передатчиков исследователи установили, что днем жуки прячутся в кроне кормовых или соседних деревьев, иногда зарываются в траву. Ночью самцы активны и могут улететь за километр от кормового дерева. Самки обычно малоподвижны, но при необходимости легко удаляются метров на 800. Ни у самцов, ни у самок ученые не обнаружили корреляции между размером тела и параметрами полета. Самцы обеих морф не только летают, но и ведут себя одинаково. И крупные, и мелкие носороги пихаются рогами, отгоняя конкурентов от привлекательных для самок мест, где сочится сок.

Если жучиные рога не мешают полету, это значит, что самцы должны иметь компенсаторные приспособления. Для этих исследований в коммерческой фирме купили личинок последнего возраста и в лаборатории в Монтане вывели из них взрослых насекомых. В Японии жуков-носорогов держат дома как питомцев, так что торговля ими процветает. Ученые предположили, что громадный рог могут скомпенсировать увеличенные крылья и мощная летательная мускулатура. Действительно, у самцов крылья длиннее на 4%, их площадь больше на 10%, а масса летательных мышц больше на 7%, чем у самок с такой же массой тела. Приращение мышечной массы и размеров крыльев у рогатых самцов совсем невелико, пропорции их тела не нарушены, жуки выглядят гармонично.

У крупных рогатых самцов крылья больше, чем у мелких, однако масса их летательных мышц от длины рога не зависела, только от размера тела. Это странно, но, как говорится, не размером единым. Исследователи планируют проверить размер и плотность митохондрий в летательных мышцах жуков, относящихся к разным морфам.

Так что же получается, *T. dichotomus* украсили себя рогами практически бесплатно? Исследователи в этом не уверены. Характеристики полета не ограничиваются скоростью и расстоянием. Размеры рога могут влиять на маневренность, ускорение, возможность горизонтального или вертикального взлета. Ученые пока не проверили эти параметры. Рог также может снижать мобильность *T. dichotomus* на земле, как у жуков-навозников. А вдруг им с рогом трудно ползать по веткам и кружить вокруг источников сока? Но поскольку основным способом передвижения для жука-носорога служит все-таки не ходьба, а полет, исследователи с него и начали и никакого ущерба от рогов не обнаружили.

А влиять ли размеры рогов на успех спаривания? Это ученые пока не успели проверить, но репродуктивный успех жуков-носорогов во многом зависит от способности отыскивать кормовые деревья. Кроме того, скорость важна для спасения от воздушных хищников. Специалисты отмечают, что самцы реже становятся их добычей, чем самки. Иными словами, большой рог при репродукции не помеха.

Однако, подчеркивают ученые, тот факт, что рога жуков не тяготят, не означает, что так было всегда. Не зря же самцы для компенсации нарастили себе крылья и мышцы. Исследователи обнаружили, что за 150 миллионов лет эволюции рог стал много легче, чтобы не затруднять полет. Они обещают вскоре опубликовать эти данные.

В каждом эксперименте огромную роль играет правильный контроль. По мнению профессора Эмлена, их выбор нельзя назвать образцовым. В качестве контроля ученые использовали самок, но это не то же самое, что безрогие самцы. Размер крыльев и летательной мускулатуры у самок мог формироваться в соответствии с теми задачами, которые стоят именно перед самками. Поэтому различия, наблюдаемые между ними и самцами, возможно, не связаны исключительно с наличием или отсутствием рога. Кроме того, параметры полета ученые определяли у парковых жуков, а размеры крыльев и мышц — у лабораторных. Тем не менее исследователи надеются, что условия в лаборатории были подходящими. Во всяком случае, соотношение длины рога и размеров тела у жуков разных популяций одинаково.

Пожалуй, никакие недочеты исследования не могут поколебать его главный вывод: длинный рог не мешает жукам-носорогам летать, и цена, которую они за это платят, ничтожна, особенно если учесть, что именно характеристики полета оказываются жизненно важными для самцов носорога. Но ученые на этом не успокоились. Они хотят убедиться в том, что громадный рог не ослабляет носорожий иммунитет, не делает жуков жертвой хищников, не мешает в распределении ресурсов. А все для того, чтобы глубже постичь пути эволюции этого необычного приспособления.