

КОНВЕРГЕНЦИЯ СОЗНАНИЯ и технологический прогресс



БОРИС МИТРОФАНОВИЧ ВЕЛИЧКОВСКИЙ

Родился в Московской области. Окончил МГУ им. М.В. Ломоносова (факультет психологии) и Берлинский университет им. Гумбольдта (физический факультет). Доктор психологических наук, член-корр. РАН, профессор факультета естественных наук и директор института психологии труда, организационной и социальной психологии Дрезденского технического университета, президент-основатель и первый президент Межрегиональной ассоциации когнитивных исследований, президент отделения прикладных когнитивных исследований Международной ассоциации прикладной психологии, начальник отдела когнитивных исследований НБИК-центра НИЦ «Курчатowski институт»; почетный член общества им. Гумбольдта, общества им. Конрада Лоренца, Совета по естественным и инженерным наукам Канады, Японского общества развития науки. Специалист в области прикладных когнитивных исследований. Автор свыше 300 публикаций, в том числе восьми монографий.



Успешное развитие нашей цивилизации возможно лишь при условии плодотворного сотрудничества фундаментального и прикладного в когнитивной науке — междисциплинарном подходе к изучению психики и мозга человека, в котором все более заметную роль играют методы и модели естественных наук

Теория практики

Оглядываясь в прошлое, мы с полным правом можем охарактеризовать XX в. как век специализации, или дивергенции, наук с характерной фрагментаризацией картины мира.

Одним из примеров такой дивергенции служит разделение фундаментальных и прикладных исследований. Для академического научного сообщества прикладные исследования всегда были исследованиями «второй свежести», причем не только у нас, но и за рубежом. Однако для общества и его структур, ответственных за принятие решений, приоритет имеют исследования, которые могут принести практическую пользу, причем в близкой перспективе. Для разрешения этого противоречия нужно вспомнить тезис немецкого химика Юстуса фон Либиха, утверждавшего, что «нет ничего практичнее хорошей теории». И такие «хорошие теории» становятся в наши дни все более междисциплинарными.

Наука во всем мире сегодня логически подошла к такому этапу в своем развитии, когда исследования в различных областях науки и технологий приобретают все более междисциплинарный характер, переходя на качественно новый этап, связанный с взаимной конвергенцией. Общепринятым обозначением таких процессов стала аббревиатура НБИК (нано-, инфо-, био-, когно-). Такое практическое взаимодействие основных научных мегатрендов успешно идет в Курчатовском НБИК-центре. Плодотворную связь фундаментальных и прикладных исследований демонстрируют новейшие работы в области конвергентных технологий (см.: Ковальчук М.,

Нарайкин О. Конструктор для будущего // ВМН, № 9, 2011). Происходящие глобальные процессы объединяют окончательно, казалось бы, раздробленный на изолированные фрагменты ландшафт научных знаний.

Мощные интеграционные процессы начались с возникновением информационных технологий. Однако в 1990-е гг. прошлого века лидерство перешло к биологическим исследованиям, таким как расшифровка генома человека, а в начале нашего века — к нанотехнологиям. Одновременно с большой скоростью увеличивается число публикаций в области нейрокогнитивных исследований, т.е. в области исследования психики и мозга. Новым концептуальным моментом стало недавнее добавление к аббревиатуре НБИК буквы «С» (социо-). Данные возрастной психологии говорят о том, что

«Мы напоминаем обитателей тысяч островов, расположенных в одной части океана, но не имеющих сообщения друг с другом. На каждом острове развиваются своя культура, свой язык. Иногда мы видим на соседнем острове группы каких-то людей, которые, судя по всему, танцуют, издавая при этом непонятные крики. Но поскольку мы не знаем, что это означает, то эти впечатления быстро забываются».



Гай Клакстон (Guy Claxton), 1980 г.

возникновение «социального человека» связано с появлением рефлексивных форм сознания, т.е. таких актов сознания, в которых человек обнаруживает способность к самопознанию. Например, в развитии личности человека наблюдается явное соответствие между моментами, когда ребенок впервые начинает узнавать себя в зеркале и проявлять сочувствие — эмпатию — к другому человеку. С другой стороны, связь социального и когнитивного, дополняется столь же очевидной его связью с информационными процессами, т.е. с процессами коммуникации, лежащими в основе жизнедеятельности любого социального организма.

Важнейший момент в этой области исследований — развитие когнитивных технологий. Речь идет об инструментах, материалах и процедурах, расширяющих когнитивные возможности и тем самым улучшающих производительность труда, обучаемость и самочувствие человека. Конечно, когнитивные технологии — не совсем новое явление; они так же стары, как вавилонские глиняные таблички или десятичная — индо-арабская — система исчисления. Но в рамках конвергентных исследований такие технологии впервые начинают опираться на передовую научную методологию, позволяющую, в духе заветов Галилея, измерять то, что измеримо, а что неизмеримо, делать измеримым.

Линия взгляда когнитивной науки

В арсенале технических средств когнитивных исследований особенно важную роль сегодня играют два метода. Первый пришел к нам из области информатики и связан с компьютерной обработкой больших массивов видеоизображений, позволяющей с высокой скоростью и точностью отслеживать движения глаз наблюдателя. Второй — это метод функциональной нейровизуализации на основе эффекта магнитного резонанса, долгий путь развития которого, начатый знаменитыми казанскими экспериментами Е.К. Завойского, был отмечен позднее несколькими Нобелевскими премиями.

Среди множества применений этих методов я кратко остановлюсь лишь на нескольких, наиболее продвинутых в настоящее время. Один из них — создание компьютерных интерфейсов, чувствительных к вниманию, намерениям и эмоциям человека.

Идея создания технических систем, которые подстраиваются к текущей задаче и актуальному фокусу вни-

Каждый день мы совершаем свыше 120 тыс. саккадических (т.е. чрезвычайно быстрых и строго согласованных) движений глаз, меняющих положение точки фиксации. Конечно, далеко не все эти изменения связаны со сдвигами пространственного внимания. Часть движений глаз выполняет совершенно другие функции, например социальные.



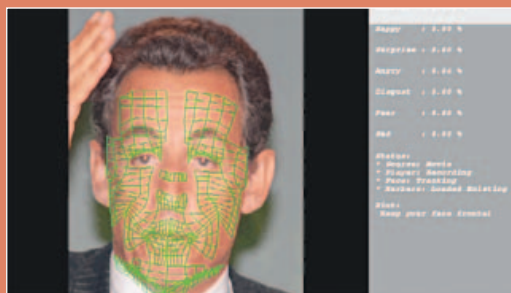
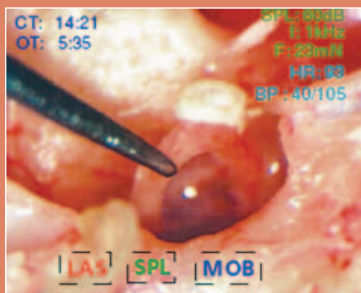
мания, впервые была высказана мною в 1996 г. в лекции на конгрессе крупнейшей в мире профессиональной организации информатиков, *Association of Computing Machinery (ACM)*. Заявленная цель эргономики XX в., состоящая в том, чтобы приспособить технику к человеку, оказалась слишком общей, не учитывающей того обстоятельства, что этот человек в разные моменты времени не равен себе самому. Особенно важны при этом изменения направленности и характера его деятельности во времени. Психологи называют такие изменения «сдвигами фокуса внимания». Поскольку *Homo sapiens*, как все высшие приматы, — преимущественно зрительное существо, с самого начала было ясно, что новая технология должна быть основана на методах регистрации движений глаз. Потребовалось, однако, целое десятилетие, чтобы понять отдельные параметры движений глаз с точки зрения лежащих в их основе механизмов и найти критерии, позволяющие определить «фокальные» (т.е. собственно «внимательные») зрительные фиксации.

В результате таких исследований уже созданы десятки и сотни интерфейсов, используемых прежде всего для поддержки пациентов с тяжелыми нарушениями речи и моторики. Особенно интересны перспективы применения такой технологии вместе с новыми оптическими материалами, такими как бидирекциональные стекла, которые позволяют, с одной стороны, в режиме реального времени накладывать на реальную картинку дополнительную информацию (функция так называемой «расширенной реальности» — *augmented reality*), а с другой — управлять предъявлением этой информации, равно как и другими процессами с помощью зрения.

Быстрая видеообработка изображений лица также позволяет выделить несколько информативных параметров, связанных с состоянием человека. Так, любое выступление можно оценивать с точки зрения эмоций, которые непроизвольно проявляются в мимике говорящего. Применение этих методов открывает путь к решению классической проблемы искусствovedения — загадке улыбки Моны Лизы. Они явно показывают, что в ее основе лежит сочетание противоположных эмоций. В низких частотах пространственного спектра изображения Леонардо заложил доброжелательную улыбку. С другой стороны, высокочастотная часть содержит нечто противоположное — презрение и страх. Поэтому, когда мы внимательно вглядываемся в лицо Моны Лизы, мы не находим ничего общего с улыбкой. При изменении



В истории науки можно найти ряд более ранних примеров естественнонаучных подходов к решению гуманитарно-когнитивных проблем. Выдающимся представителем этого направления был Герман фон Гельмгольц. Первый в мире курс научной психологии читался Гельмгольцем, а среди трех студентов, посещавших эти лекции, были два будущих нобелевских лауреата — Макс Планк и Макс фон Лауэ.



Применение чувствительных к вниманию интерфейсов в системах коммуникации (слева) и при проведении эндоскопических операций (справа)

Эмоциональный интерфейс для отслеживания и оценки мимики говорящего

области фиксации мы снова начинаем видеть улыбку. Самое известное изображение в истории мировой живописи как бы оживает, непостижимым для зрителя образом меняя выражение лица.

Проблема сознания — «святой Грааль» всего комплекса когнитивных исследований. Загадочно уже первичное впечатление от окружающего нас обширного, наполненного объектами и светом пространства. Ведь в силу небольшой величины фовеа (насыщенного рецепторами углубления в задней части глаза в месте, где зрительная ось пересекает сетчатку) в каждый момент времени зрительное восприятие ограничено областью, угловые размеры которой примерно равны размеру ногтя большого пальца вытянутой руки. Все остальное — результат комбинации информации, полученной в результате множества саккадических движений глаз. Эти соображения позволяют в известной степени «заглянуть в сознание» другого человека, т.е. подойти к решению задачи, которая по сей день считается многими учеными в принципе неразрешимой. В самом деле, оценивая с высокой точностью и скоростью расположение зрительных фиксаций, мы можем реконструировать то, что на самом деле увидел в той или иной сцене человек.

Иллюстрацией такого подхода может служить визуализация стадий восприятия акварели Дюрера, которая наряду с центральным сюжетом содержит еще скрытое изображение профиля лица пожилого человека. Используя текущее распределение фиксаций как фильтр для обработки физических признаков изображения, можно показать, что видит наблюдатель на разных этапах рассматривания картины, в частности когда именно он замечает спрятанный в очертаниях скалы профиль. Этот метод был назван нами методом «ландшафтов внимания».

Практическое значение результатов таких исследований трудно переоценить. Дело в том, что несмотря на постоянный рост стоимости медицинского оборудования, связанный с улучшением его диагностической чувствительности, доля ошибочных диагнозов, например, в радиологии остается примерно постоянной, достигая 30%. Причина заключается в субъективности постановки диагноза специалистом-медиком. Любое сложное изображение, роль которых в медицине и других областях постоянно растет, может быть воспринято огромным



Визуализация вариантов восприятия сложного изображения с помощью ландшафтов внимания

числом способов. Если на самом деле нельзя «заглянуть в голову» другого человека, то ситуация оказывается практически тупиковой. Кроме того, в такой социально строго иерархической области, как медицина, редкий ассистент может вслух поставить под сомнение заключение профессора или ведущего специалиста. Применение метода ландшафтов внимания как раз и позволяет решить эти проблемы. Имея строго объективные данные, мы можем сравнить субъективное восприятие одного и того же образа разными специалистами, что позволит им выяснить основания для различных интерпретаций и совместно принять правильное решение. Тот же метод (или, по сути, новую технологию) можно применить и в процессах обучения, для выработки навыков эффективной работы с медицинскими и техническими образами.

Итак, методика отслеживания линии взгляда на основе быстрой компьютерной обработки изображений имеет большое количество конкретных практических приложений. Помимо уже упомянутых это, в частности, повышение безопасности дорожного движения, когда за 500 миллисекунд до возникновения опасной ситуации по картине движений глаз можно определить, произойдет авария или нет. Помочь она может и в области

Оценивая с высокой точностью и скоростью расположение зрительных фиксаций, мы можем реконструировать то, что на самом деле увидел в той или иной сцене человек.



При совместной деятельности нам даже не обязательно хорошо знать язык другого человека, можно сказать: «Вот эту штуковину нужно приделать туда», и этого будет достаточно.



телекоммуникаций, исключительно важной для нашей страны в силу ее размеров и высокой степени централизации. Хотя современные средства связи и позволяют передавать панорамные изображения с других планет, мы до сих пор не создали технологии поддержки практического взаимодействия географически удаленных пользователей, необходимой, например, при конструировании образцов новой техники. Уже не первое десятилетие основной технологией здесь остаются мультиоконные интерфейсы по принципу графической оболочки операционной системы *Windows*. Транснациональные корпорации и государственные структуры готовы тратить огромные средства на совершенствование и внедрение систем телеконференций, способных компенсировать географическую разбросанность сотрудников. Но статистика показывает, что после проведения сеанса телеконференций вероятность полетов менеджеров крупных корпораций друг к другу не уменьшается, а возрастает. Из-за расчлененности на окна среды, в которой проходят «виртуальные совещания», участники часто не понимают, что имелось в виду, кому было адресовано замечание и против кого направлены принятые решения. И им совсем уже не удается что-то делать совместно.

Стать и остаться человеком

Чтобы найти решения этого комплекса технических проблем, надо обратиться к одному из фундаментальных вопросов всего комплекса гуманитарных наук: с чего начинается социальное в человеке? Ответ прост: с внимания к вниманию другого. Мы можем сегодня строить эффективные физические модели, которые предсказывают, как распределяется внимание в абстрактных изображениях. В случае предметной среды свою роль начинает играть и когнитивный фактор. Переходы от одной фиксации к другой начинают частично определяться семантическими ассоциативными связями между объектами.

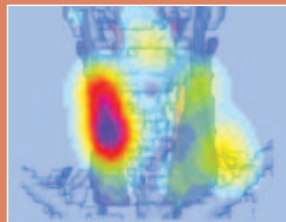
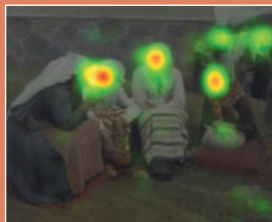
Но как только в нашем окружении появляется другой человек, все меняется. Физические модели распределения внимания перестают работать. В сценах с выраженным социальным содержанием физический контраст отдельных признаков не играет абсолютно никакой роли. Речь идет о социальном внимании к лицу и глазам другого человека, а также, что очень важно, к объектам совместного внимания других людей. О специфичности этого вида восприятия говорит факт его нарушения у людей, страдающих аутизмом. Наиболее эффективная ранняя форма его диагностики как раз и состоит в том, что дети с подобными нарушениями смотрят куда угодно, но только не в глаза другого человека. Применительно к построению систем телекоммуникации, поддерживающих практическое взаимодействие общающихся через нее людей, это говорит о том, что эти системы в любом случае должны обеспечивать контакты клиентов глаза в глаза и отслеживание направления линии взгляда.

Если мы затронули тему возникновения социального в человеке, уместно задать вопрос и о том, когда социальное в человеке ослабевает или даже полностью исчезает. При нейродегенеративных заболеваниях, таких как болезнь Альцгеймера, сначала теряются высшие формы памяти, а потом и разнообразные социальные навыки. Возникает вопрос о возможных путях увеличения социокогнитивного «ресурса человека». Имеются разные направления и предположения о подходах к решению этой проблемы. Возрастной когнитивный ресурс объясняют при этом особенностями объема рабочей памяти, который может быть расширен путем специальной тренировки; интенсивностью нейрогенеза (рождения и регенерации нервных клеток) в структурах гиппокампа, проходящего на базе развития первичного «пула» нейрональных стволовых клеток; специфической комбинацией генов; наконец, особенностями питания и образа жизни. Все эти факторы по отдельности и во взаимодействии, безусловно, вносят свой вклад. Каждый пятый или шестой житель нашей части света носит в своем гене *APOE*, участвующем в метаболизме холестерина и регуляции ряда других, не всегда еще полностью понятных процессов, аллель 4. Часть этих процессов связана с произвольным контролем деятельности. Присутствие данной аллели приводит к почти десятикратному увеличению вероятности возникновения болезни Альцгеймера в возрасте после 60 лет.

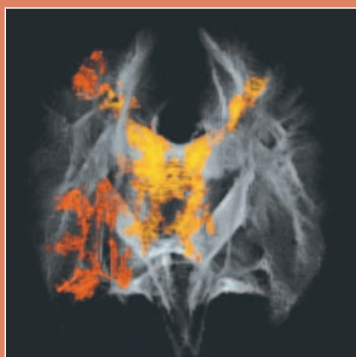
Чрезвычайно интересное междисциплинарное открытие несколько другого рода состоит в том, что особенно эффективным фактором увеличения когнитивного ресурса оказывается билингвизм. Если мы владеем двумя языками, то среднее время возникновения нейродегенеративных заболеваний позднего возраста сдвигается на четыре-пять лет. Сегодня нет ни одной программы



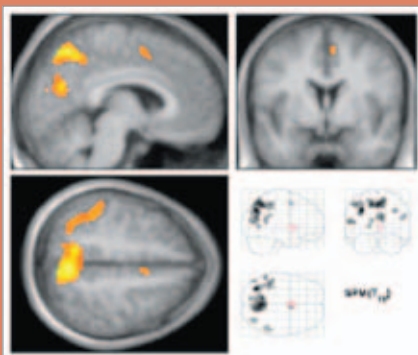
Иллюстрация типичного распределения зрительного внимания в сцене с социальным содержанием



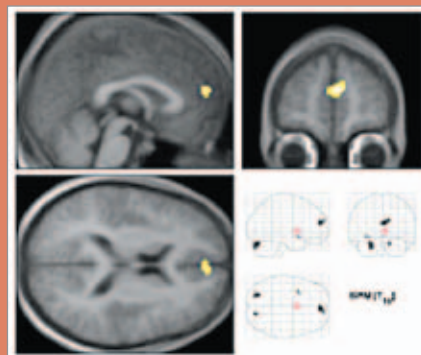
Визуализация анатомических областей, привлекавших внимание эксперта-радиолога



Диффузная тензорная визуализация демонстрирует лучшее развитие внутримозговых связей у билингвов по сравнению с моноязычными испытуемыми



Активация областей мозга в процессе коммуникативного взаимодействия с антропоморфными аватарами: слева — аватар смотрит в сторону от испытуемого, справа — эпизоды контактов глаза в глаза



компьютерного тренинга, ни одного лекарства и ни одной формы молекулярного воздействия, которые, хотя бы приблизительно, были в этом отношении столь же эффективны. Каждый дополнительный язык еще примерно на год сдвигает условную границу, расширяя ожидаемый общий ресурс человека. Возникает естественный вопрос: в чем причина этого замечательного факта?

Ответ на этот вопрос можно получить с помощью современных методов нейрокогнитивных исследований. На иллюстрации вверху показаны новые данные, полученные совместно с канадским исследователем Фергюсом Крэйком (Fergus Craik) с помощью такого серьезного физического метода, как диффузная тензорная визуализация (разновидность магниторезонансной томографии). Этот метод выявляет быстрые (миелинизированные) связи, существующие между различными структурами головного мозга. Картина, показывающая связи, которые сильнее развиты у билингвов по сравнению с моноязычными испытуемыми, довольно асимметрична. Здесь есть, во-первых, указания на значительное усиление связей т.н. мозолистого тела, обеспечивающего координированную работу обоих полушарий. Кроме того, в левой части рисунка есть одна или две области, окрашенные красным цветом, обозначающим высокий уровень развития внутримозговых связей. В координатах мозга речь идет о правых лобных (или префронтальных) областях коры.

Эти области хорошо известны в нейропсихологии и палеоантропологии. Они представляют собой наиболее молодые в эволюционном отношении структуры мозга человека, которые демонстрируют особенно быстрое развитие в антропогенезе, в целом называемом «эпохой лобных долей».

Интересно, что когда возникает ситуация контакта глаза в глаза, то активируются именно эти области. Точно так же, когда в совершенно других экспериментах мы просим испытуемых оценить, какой смысл данная информация, или предложение, или фраза, или понятие имеет для них лично, то преимущественно

активируются правые префронтальные области коры. Наконец, именно эти области бывают изменены у больных, страдающих аутизмом. В исследованиях, таким образом, наблюдается удивительное пересечение социальных и когнитивных переменных с физико-химическими физиологическими процессами. Это огромный, до сих пор малоизученный континент фундаментальных исследований и практических приложений, которые позволят нам в будущем не только улучшить взаимодействие с высокотехнологичным окружением, но и заметно увеличить когнитивный ресурс человека.

Многие примеры когнитивных технологий пока связаны с графическими интерфейсами и системами виртуальной реальности, но постепенно фокус исследований смещается к детальной «инвентаризации» всего спектра когнитивных функций. Складывается впечатление, что любой хорошо установленный за 100 лет их экспериментального изучения факт имеет актуальное практическое значение, хотя мы еще далеко не всегда понимаем, какое именно. На изложенных выше примерах можно видеть радикально изменившийся характер взаимоотношений фундаментальных и прикладных исследований. Прикладные исследования часто были кратким вариантом академических исследований. Но теперь для получения практически значимых результатов в такой высокотехнологичной области, как конвергентные (или НБИКС) технологии, нужно значительное увеличение объема и, самое главное, качества проводимых фундаментальных разработок. ■

Если мы владеем двумя языками, то среднее время возникновения нейродегенеративных заболеваний позднего возраста, типа болезни Альцгеймера, сдвигается на четыре-пять лет. Каждый новый язык дополнительно расширяет когнитивный ресурс человека.

