

риалы республиканской научно-практической конференции. Мн.: Технопринт, 2002. — с. 136–138. 4. Журавков М.А., Громько О.В. Особенности организации курса «Компьютерная механика» в Белорусском государственном университете // Современные методы проектирования машин. Расчет, конструирование и технология изготовления. Сборник научных трудов. Вып. 1. Т. 3. Мн.: Технопринт, 2002. — с. 301–303. 5. Громько О.В. Напряженно-деформированное состояние подкрепленной панели // Машиностроение. Вып.17. Мн.: Технопринт, 2001. — с. 281–284.

УДК 621.3.049.77

В.М. Колешко, В.В. Ковалевский

ИМПУЛЬСНАЯ АКТИВНОСТЬ НЕЙРОНОВ МОЗГА И СОЗНАНИЕ

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Отсутствие полной информации о том, как работает человеческий мозг, и наличие еще не познанного человеческого сознания — это два основных тормоза в создании умных машин, которые были бы умнее человека. Первое — это всего лишь временное препятствие. В ближайшие годы информатика мозга, его квантомеханическое описание и атомная модель будут полностью изучены. А имея умные машины мы сможем приобрести суперсознание или гиперсознание.

Сознание представляет собой совокупность знания, которое может быть передано другим живым объектам или умным машинам. Сознание возникло в процессе эволюции на основе потребности человека к общению, передаче знаний. Сознание включает в себя совокупность знаний об окружающем нас мире. Окружающий мир, его запахи и температура, звуки и краски, величина и форма предметов, а также все то, что нас окружает, мы узнаем благодаря сенсорным системам, рецепторы которых воспринимают информацию из внешней среды и преобразуют ее в понятный для нервной системы язык верификации головного мозга. Сознание есть осознание внешней и внутренней информации.

В XX веке развитие техники базировалось на утверждении, что в машинах и вообще в неорганической природе отражение не осознано, так как оно осуществляется без образования идеальных образов и понятий, а происходит в виде электрических импульсов, сигналов и т.п. А поскольку машина еще не мыслит, это не есть та форма отражения, которая имеет место в процессе познания человеком окружающего мира. Закономерности процесса отражения в машине определяются, прежде всего, закономерностями отражения действительности в сознании человека, который создает ма-

шину для более точного отражения действительности. Не машина сама по себе отражает действительность, а человек отражает ее с помощью машины. На долю последней приходится часть работы, которая не требует участия мышления (неинтеллектуальная машина).

XXI век ставит другие задачи при разработке интеллектуальных машин и производств. Машина должна мыслить, вырабатывать и накапливать знания, сохранять их в своей памяти, а выработка схем внешних действий должна происходить на основе знаний, получаемых из среды, для поведения в которой вырабатывается схема действия. Фундаментальное свойство интеллектуальных машин — способность ставить задачи, однозначно их решать, создавать символику этих решений, мыслить и обеспечивать обмен между людьми и машинами. Техническая реальность XXI века по своим интеллектуальным способностям превзойдет не только отдельного человека, но и коллективный разум человечества.

Различные аспекты сознания (связанные со зрением, мышлением, эмоциями и т.п.) имеют в своей основе единый механизм образования, зависящий от уровня сложности нервной системы [1]. Различные уровни сознания связаны с различными системами памяти. В кодировании информации, поступающей в кратковременную память, участвуют как минимум зрительные, акустические и семантические коды сознания. Экспериментальные данные показывают, что зрительное кодирование происходит раньше акустического и семантического. Кодирование в долговременной памяти преимущественно многомерное, оно включает семантические коды, а также коды, основанные на всех сенсорных модальностях.

Результаты изучения расщепленного мозга говорят, что есть два типа сознания: одно — для языковых функций и связано с левым полушарием, а другое — для пространственных отношений и связано с правым полушарием.

Но верно ли предположение о том, что в определенный момент времени одна часть нейронной активности мозга предопределяет сознание человека (является *“нейронным коррелятом сознания”* (НКС)), а другая — нет? Имеют ли нейроны, вовлеченные в процесс сознания, какие-либо особенности структуры, способа образования соединений и возбуждения?

Для ответа на поставленные вопросы, рассмотрим форму сознания, которая достаточно хорошо изучена — *визуальное (зрительное) сознание*. Его целью является выработка наилучшей визуальной интерпретации событий, которые произошли с субъектом или его предками (то, что заложено в гены) в прошлом, либо могут произойти в будущем [2].

Природа визуального сознания

Для того, чтобы осознать какой-либо объект или событие, мозг должен построить многоуровневую, точную, символическую интерпретацию зрительного образа. Особое внимание следует обратить на определенность, законченность зрительного

представления. Многоуровневая организация определенного образа, например лица человека, самым простым образом может быть представлена так: *зрачок-глаза-лицо*. В нейробиологии же, она рассматривается более широко,— как набор уровней визуальной иерархии.

Поэтому, можно предположить, что имеется небольшая группа нейронов, которые выполняют так называемое *“грубое кодирование”*, представляя определенный элемент зрительного образа. Количество нейронов в подобной группе может колебаться от 100 до 1000 [3]. Например, вся группа может возбудиться только при восприятии объектов имеющих сходство с лицом человека. Такие нейроны должны быть одного типа, например пирамидальные клетки, и располагаться достаточно близко друг от друга: в определенном слое, либо подслое коры головного мозга. В случае разрушения группы (либо нескольких групп, уложенных одна поверх другой), человек не будет воспринимать лица, несмотря на то, что будет видеть глаза, нос, губы. Возможно существуют также области мозга, которые непосредственно восприимчивы к таким чертам лица как эмоции [4].

В изображении (визуальное представление), полученном посредством ганглиевых клеток сетчатки, присутствует элемент неопределенности. Кроме того, представление объекта или события состоит из отдельных, связанных между собой фрагментов, определенным образом распределенных по всей зрительной системе. В момент, когда человек смотрит на что-либо, создается очень ясная, отчетливая картина. Однако при попытке вспомнить тот же самый объект, визуальное представление (сознание) является менее детализованным. Это обусловлено наличием обратных связей (магистралей) в визуальной иерархии, действующих случайным образом на ранних уровнях системы.

Большая часть нейронной активности мозга при создании образа является бессознательной и используется для расчетов, связанных с нахождением наилучшей интерпретации полученных данных. Поэтому, можно предположить, что только несколько типов специфических нейронов составляют НКС. Это подтверждается и опытными данными о том, что возбуждение большого числа клеток коры мозга не связано с увиденным [5].

Рассмотрим взаимоотношения между памятью человека и сознанием. Если не сосредотачивать внимание и не запоминать определенный фрагмент картины окружающего мира, то визуальное сознание скоротечно, и может быть переписано (“замаскировано”) следующим зрительным входным сигналом. В данном случае можно провести аналогию с ездой по хорошо знакомой дороге, когда в памяти ничего не фиксируется, и сознание о том, как на этой же дороге перед вашей машиной пробежал ребенок. Рабочая память расширяет рамки сознания, однако нельзя с уверенностью сказать, что она является неотъемлемой частью сознания. Вероятнее всего, такая память — механизм для сложения отдельных элементов или их последовательности

в законченную картину сознания. Необязательна для сознания и “случайная память”, обусловленная гиппокампом [6]. Сознание обогащается как за счет зрительного наблюдения как за статичной картиной в целом, так и ее отдельными движущимися объектами.

Для того чтобы правильно интерпретировать входные визуальные данные, мозг должен выбрать нужную группу возбужденных нейронов, в чем может помочь механизм наблюдения.

Визуальное сознание и работа мозга

В процессе жизнедеятельности мозг человека вырабатывает две системы поведения (“программы работы мозга”), которые условно можно назвать “система реального времени” (*on-line system*) и “зрительная” система. Последняя является “осознающей”, однако проявляет себя не так быстро как “система реального времени”. Подтверждением этому служит поведение спринтера, который начинает бежать раньше, чем услышит стартовый выстрел. В нормальном состоянии две системы работают параллельно, однако при определенных обстоятельствах зрительная система имеет преимущество.

Кроме того, мозг человека может также вырабатывать набор специализированных бессознательных систем поведения (т.н. “замби”-систем). В этом случае человек использует текущую зрительную информацию, производит соответствующие действия, но делает все неосознанно. Для аналогии, у лягушки имеется две подобные системы: одна — для ловли маленьких объектов, вторая — для отпрыгивания от больших теневых силуэтов. Однако человек нуждается в большом количестве бессознательных систем поведения, и поэтому подобная организация представляется малоэффективной. Лучше создать одно сложное нейронное представление и сделать его доступным для различных областей мозга, которые и сделают выбор из множества возможных схем будущих действий. Только так можно воспроизвести единую “сознательную” интерпретацию визуального образа.

“Система реального времени” состоит из ряда подсистем, отвечающих за движение глаз и рук, положение тела в пространстве и т.д. Она совершенствуется в процессе приобретения новых знаний, что подтверждается следующими опытными данными [7]. Человек с поврежденным мозгом, мог ощущать цвет и текстуру объекта, но затруднялся в определении ориентации и формы. Однако, он без труда просовывал карточку в отверстие определенной формы, хотя ничего не мог сказать об его конфигурации.

В чем же основное отличие бессознательной “*on-line-системы*” от обладающей сознанием зрительной? Из нейроанатомии известно, что в коре головного мозга существуют многочисленные потоки (“магистралы”), которые разными способами соединены между собой (рис. 1). Установлено, что “система реального времени” использует в своей работе дорсальный визуальный поток, который в большей степени является по-

током “как?”, а не потоком “где?”. Это может означать, что активность в дорсальном потоке — несознательна. “Зрительная система” функционирует по вентральному потоку, поэтому его можно рассматривать как поток, обладающий сознанием.

Однако, одиночная магистраль не простирается от верхнего уровня зрительной системы до надлобной системы, и затем вниз к двигательным мышцам. Присутствуют многочисленные магистрали от промежуточных уровней зрительной системы к промежуточным лобным областям. На рис. 1 представлены соединения между областями коры головного мозга, принимающими участие в цикле “восприятие — действие”.

Очевидно, что для оценки ситуации мозг всегда стремится использовать самые быстрые магистрали. Возможно, существует что-то похожее на “гонку сигналов” и самый быстрый поток выигрывает. Именно поэтому, “система реального времени”, проявляет себя за такой короткий промежуток времени.

В процессе зрения происходит перцептуальное перекрытие, т.е. человек воспринимает зрительную информацию как от одного глаза, так и от второго. Осуществляется так называемое “бинокулярное соперничество”. Зрительный вход, независимо от движения глаз, является постоянным, однако перцепция объекта может принимать одну из двух взаимоисключающих форм. Поэтому, для нахождения “нейронного коррелята” визуального сознания необходимо изучить поведение одиночных нейронов мозга, которые воспроизводят объект при помощи двух устойчивых состояний.

Рассмотрим основной принцип действия нейрона. В определенный момент времени каждый из дендритов имеет свое напряжение. В нейроне все эти напряжения складываются, и такое суммарное напряжение определяет частоту, с которой нейрон посылает сигналы на свой аксон. Некоторые из посланий могут быть отрицательны по напряжению, а некоторые — положительны, но сигнал от нейрона всегда либо отрицателен, либо положителен. Темные и светлые области, а также различные цвета, которые воспринимает человеческий глаз, преобразуются в электрические сигналы на нейронах, соединенных с сетчаткой и находящихся с обратной стороны глазных яблок. Затем эти нейроны посылают сигналы в мозг. Когда картина, которую мы видим, меняется, изменяются и напряжения на дендритах нейронов сетчатки, а следовательно, изменяется и частота, с которой нейрон передает свой сигнал. Каждое наше действие заставляет нейроны в соответствующих участках мозга увеличивать скорость, с которой они посылают свои сообщения.

Но какая группа нейронов мозга непосредственно участвует в создании НКС? Изучение средней височной (medial temporal — MT) области коры показало, что только 35% возбужденных нейронов имеют отношение к осознанию увиденной реальности. В области нижней височной коры количество подобных нейронов доходит до 90% [8].

Нейронная активность в первичной зрительной коре необходима для яркого и отвечающего действительности сознания. Однако можно предположить, что полное отсутствие активности в этой области непосредственно коррелирует с тем, что мы осоз-

нанно видим. На каждой ступени зрительной иерархии характерные детали изображения всегда записываются (запоминаются) в определенных отделах лобной коры. Нейроны же имеющие отношение к НКС должны проецироваться напрямую, без записи.

Отношение между областями коры головного мозга, принимающими участие в цикле "восприятие — действие".

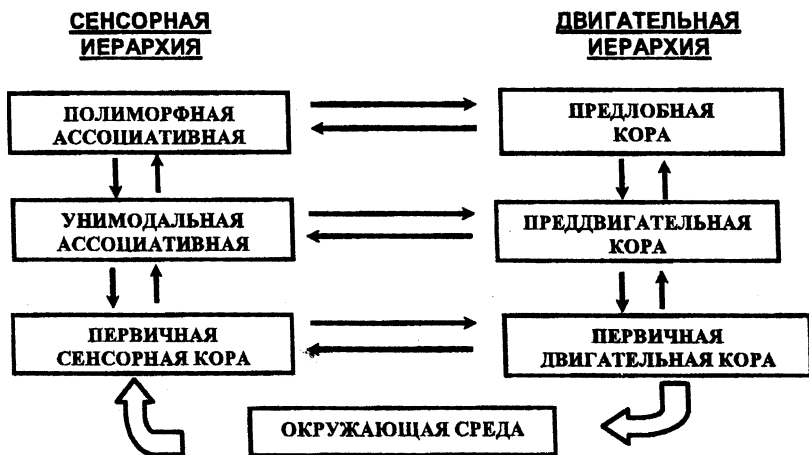


Рис. 1

Иной подход в нахождении НКС заключается в непосредственном электрическом воздействии на кору головного мозга. Так, установлено, что сигнал порогового уровня продолжительностью 0.2–0.5 секунд, пропущенный через электрод в соматосенсорную область, будет восприниматься осознанно. Доказательством этому служит сходство нейрометрической кривой (в основе — усредненная частота возбуждения единичного нейрона средней височной коры) и психометрической кривой (построена, согласно поведению человека) [1,8] (рис. 2). На этих принципах основаны ряд методов лечения от вредных зависимостей (наркомания, алкоголизм, зомбирование и др.) [9]

Сходство нейрометрической кривой (А) и психометрической кривой (В) при пропускании сигнала в соматосенсорную область коры головного мозга

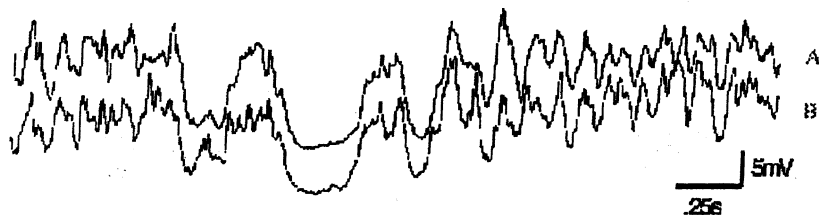


Рис. 2

Таким образом, разгадка “секретов” нейронной активности мозга, дает предпосылку для создания нового класса интеллектуальных устройств, - компьютеров с оцувствлением, — алгоритмы работы которых, сходны с интеллектуальными процессами мозга человека.

ЛИТЕРАТУРА

1. Колешко В. М. Психофизика, информатика человека., БИТА, Минск, 1996, 51с.
2. Колешко В.М., Хмурович Н.В. Геном — интерфейс интеллекта и наследственности человека., БИТА, Минск, 2000, 40 с.
3. Sahraie A, Weiskrantz L. Pattern of neuronal activity associated with conscious and unconscious processing of visual signals. *Proc Nat Acad Sci USA*, 1994, pp.9406–9411.
4. Salin P-A, Bullier J. Corticocortical connections in the visual system: structure and function, *Physiol Rev*. 1999, 75:107-154.
5. Milner D, Goodale M., *The Visual Brain in Action*, Oxford University Press, 1995.
6. Logothetis N., Neuronal correlates of subjective visual perception. *Science*, 2001.
7. He S, Smallman H, MacLeod D., Neural and cortical limits on visual resolution. *Invest Ophthal & Vis Sci*, 1996, 36, p.2010.
8. Gur M, Snodderly A.A dissociation between brain activity and perception: chromatically opponent cortical neurons signal chromatic flicker that is not perceived., *Vis Res* №37, 2000, pp. 377-382.
9. Колешко В.М., Хмурович Н.В., Хмурович А.А. Компьютерная диагностика информатики человека., БИТА, Минск, 1998, 43 с.