

Российская академия наук
Институт прикладной физики
Центр оптико-нейронных технологий НИИСИ

Межрегиональная ассоциация когнитивных исследований

Нижегородская государственная медицинская академия

ЗАО «Нижегородское агентство наукоемких технологий»

УДК 004.8; 004.93'1; 004.932; 004.94; 159.9; 612.821

ББК 22.213.305я431

Н49

Редакционная коллегия:

*В.А. Антонец, Н.Н. Кралина (ученый секретарь), И.В. Нуйдель,
С.Б. Парин, С.А. Полевая, А.М. Сергеев, В.Г. Яхно*

НЕЛИНЕЙНАЯ ДИНАМИКА В КОГНИТИВНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Всероссийская конференция

13–15 мая 2009 года, Нижний Новгород

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ



Конференция проводится при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант РФФИ № 09 07 06013).

Нелинейная динамика в когнитивных исследованиях : Всероссийская конференция, 13–15 мая 2009 г., Нижний Новгород : тезисы докладов / Рос. акад. наук, Ин-т приклад. физики [и др.]. – Нижний Новгород : ИПФ РАН, 2009. – 208 с.

В сборнике опубликованы тезисы 12 обзорных лекций и 72 докладов. В докладах обсуждаются следующие основные темы:

1. Модели адаптивных процессов и режимов осознания сенсорных сигналов в когнитивных процессах.
2. Инструментальные средства регистрации динамики функционального состояния нервной системы (ЭЭГ мониторинг, кардиоинтервалография, функциональный нейроимиджинг, технические системы распознавания и другие инструментальные средства).
3. Прикладные аспекты исследования когнитивных функций.

УДК 004.8; 004.93'1; 004.932; 004.94; 159.9; 612.821

ББК 22.213.305я431

Нижний Новгород
2009

© Институт прикладной физики РАН, 2009

Предисловие

Институт прикладной физики РАН стал местом проведения конференции «Нелинейная динамика в когнитивных исследованиях» не случайно. Институт является хранителем и продолжателем традиций нижегородской школы радиофизиков, всегда отличавшейся повышенным интересом к проблемам, возникавшим на стыке научных дисциплин, и поискам их комплексного решения.

Нижнему Новгороду как университетскому научному городу менее 100 лет. За это последнее столетие, как известно, человечеством получено знаний гораздо больше, чем за всю предыдущую историю, поэтому у города был прекрасный шанс сделать свой вклад в современную науку. И развитие нелинейной динамики – значительная часть этого вклада. Один из ее мировых основоположников – А.А. Андронов – с самого начала чувствовал, что нелинейная динамика, называвшаяся тогда теорией колебаний, способна дать решение многих проблем биологии. Его самого интересовала задача о генераторе сердечного ритма, но не на все задуманное хватило времени.

Первый значительный вклад нижегородской (горьковской) школы радиофизиков, сконцентрировавшихся на развитии методов нелинейной динамики и ее применении в медико-биологических науках, был сделан В.А. Зверевым. Разработанные им методы спектрально-корреляционного анализа сигналов позволили количественно исследовать механическую активность сердца по баллистокardiограммам, изучить в нативных условиях структуру потоков нервных импульсов в целостных нервах и измерить скорость распространения нервных импульсов в волокнах разного типа (А.В. Зевеке), построить теорию объемного слуха (В.А. Зверев). Но главное – работы медико-биологической направленности с 1971 года включались в план Научно-исследовательского радиофизического института, а потом и Института прикладной физики РАН. Велись такие работы и в НИИ прикладной математики и кибернетики ННГУ. В Горьковском медицинском институте, ныне Нижегородской медицинской академии, в оригинальных экспериментах по локальному охлаждению мозга были получены совершенно новые данные об интегративных механизмах работы мозга (В.И. Щербаков).

Решительным поворотом в развитии этого направления был приход М.Т. Греховой – безусловного лидера команды основоположников горьковской школы радиофизиков. Уйдя с поста директора НИРФИ, она создала отдел радиофизических методов в медицине и возглавила его. Ее энтузиазм был огромен, а свобода, которую она предоставила молодым сотрудникам, была неслыханной для того времени, но и спрос был также велик. Выполнялись очень сложные, ответственные работы. Для клинической медицины

разработан первый в Советском Союзе ультразвуковой эхокардиограф. Для космической медицины – ультразвуковые приборы для обнаружения газовых пузырьков в кровотоке и тканях, оборудование и методы для исследования механической активности сердца и контроля опорно-двигательной системы. Профессиональный уровень молодых сотрудников поддерживался их участием в общей тематике исследований института, а также примером крупнейших специалистов и ученых, приглашавшихся на организованный М.Т. Греховой постоянно действующий семинар «Радиофизика и электроника в медицине». Она, в отличие от значительного числа радиофизиков, никогда не считала, что медицина и биология ждут от физики только приборов. Она всегда поддерживала работы, направленные на описание и анализ биологических процессов с помощью физических методов. Это дало возможность построить модели автоволновых самоорганизационных процессов в нейроноподобных системах, сетях сосудов и в отдельных активных сосудах. А в начале 90-х годов изучалась проблема создания биочипов и выращивания искусственных нейронных сетей. Тогда же были начаты работы по моделированию сенсорных систем человека и созданию новых методов их экспериментального исследования. В эти же годы в институте начались работы в области биофотоники (Я.И. Ханин), ставшие сейчас мощным научным направлением с огромным разнообразием задач. На новый теоретический и экспериментальный уровень вышли исследования динамики нейробиологических систем.

Всероссийская конференция «Нелинейная динамика в когнитивных исследованиях» представляет собой плановое мероприятие Российской академии наук. На конференции планируется обсуждение новых возможностей экспериментального исследования и формализованного описания процессов, связанных с восприятием, сознанием, мышлением, представлением и приобретением знаний, механизмами познания и т. д., а также текущего состояния дел и перспективы создания симуляторов живых систем. Их разработка ориентирована на имитацию процессов преобразования информации в иерархических нейроноподобных системах. Это позволит регистрировать основные параметры функционального состояния исследуемых живых систем, предсказывать варианты их возможного поведения и динамику реагирования в различных сигнальных ситуациях. Мы надеемся, что междисциплинарный характер обсуждений в представленных докладах соответствует принципам, реализованным на первой, второй и третьей конференциях по когнитивной науке (2004, 2006, 2008), и каждый из участников обсуждения, во-первых, заинтересован в работах своих коллег из смежных наук и открыт к непривычному для себя способу мышления и научному языку, а во-вторых, приложит усилия для того, чтобы сделать свое сообщение понятным для представителей смежных наук.

Оргкомитет

Временно-безэквивалентная лексика экологической тематики и причины ее возникновения (на материале немецкого и русского языков)

Л.А. Аверкина, О.С. Хряпченкова

Нижегородский государственный лингвистический университет им Н.А. Добролюбова,
Нижний Новгород
averkina_l@lunn.ru

Данная статья посвящена особой подгруппе безэквивалентной лексики (БЭЛ) – **временно-безэквивалентной лексике (ВБЛ)**, – которая характеризуется наибольшей социальной детерминированностью, а также причинам возникновения и возможной передаче этих лексических единиц из немецкого языка в русский. БЭЛ, а особенно ВБЛ, является особой информацией, восприятие которой требует специальной обработки. Для практического анализа была выбрана **экологическая тематика («утилизация отходов»)**. Выбор именно этого подраздела экологии продиктован рядом лингвистических и экстралингвистических причин.

1. Временно-безэквивалентная лексика – это лексика, характеризующаяся отсутствием соответствия в другом языке в силу неравномерного развития науки и техники в разных культурах [1]. Явление безэквивалентности возникает здесь вследствие отсутствия или недифференцированности денотата, или понятия, обозначаемого термином исходного языка (ИЯ), в терминологической системе переводящего языка (ПЯ), например:

Recyclinghof (m) – *рециклинг-пункт (пункт экологической переработки мусора)*;

Sammelbox (f) – *сборный, совместный контейнер для мусора*;

Ausspülen der Verpackungen (n) – *промывание и вторичное использование упаковок*;

Grüner Punkt (m) – «*зелёная точка*» (*маркировка на упаковках изделий, свидетельствует о том, что упаковка годна для вторичной переработки*).

2. По сравнению с другими подгруппами безэквивалентной лексики, временно-безэквивалентная лексика более всего подвержена изменениям, так как находится в прямой зависимости от темпов развития общества и постоянно пополняется новым материалом.

Однако имеет место и противоположная тенденция – тенденция к исчезновению некоторых элементов этой группы по причине появления денотатов в культуре другого народа и соответственно появления эквивалентов в другом языке. Таким образом, ВБЛ является наиболее открытой подгруппой БЭЛ, которая представляет собой живую систему, регистрирующую новые параметры развития общества и языка.

3. При работе с ВБЛ целесообразно сравнивать конкретные пары языков – в данном случае это немецкий и русский языки. Хотя ВБЛ и пред-

ставляет интерес для специалистов по теории языка (может рассматриваться в аспекте словообразования, фонетической и грамматической ассимиляции, этимологии и др.), работа с ВБЛ практически невозможна без учета переводческого аспекта.

4. В переводческой практике принято говорить о временно-безэквивалентных **терминах**, однако мы в нашем исследовании называем эту группу временно-безэквивалентной **лексикой**, так как не все слова из этой группы получают настолько удачные соответствия в переводящем языке, что смогут войти в его терминологическую базу.

5. В период активного развития технологий в языке растет количество интернациональной лексики, источниками новых терминов часто выступают также другие языки, причем круг этих языков постоянно расширяется, например, в русский язык проникают слова из английского языка (**recycling** – *рециклинг / рисайклинг; рециклирование; замкнутый цикл (с повторным использованием отходов); повторное использование; возврат в производственный цикл [в оборот]*), из американского варианта английского языка (**garbologia** – *от амер. англ. garbage – мусор*), из немецкого языка (**Pfandflasche (f) / Mehrwegflasche (f)** – *многооборотная бутылка (стеклотара многократного использования, подлежащая возврату взамен залога)*).

Однако существует опасность перенасыщения, засорения языка словами, образованными по нетипичным для него моделям и поэтому обнаруживающими сложности в ассимиляции и, следовательно, в проникновении в узус языка.

6. Выбор способа перевода ВБЛ (или их комбинации) не может быть универсальным, и для каждой конкретной ситуации осуществляется определенным образом. Критерием удачности этого выбора служит судьба лексической единицы в ПЯ. А от судьбы лексической единицы, в свою очередь, часто зависит судьба стоящего за ней денотата.

Литература

1. Гатилова А.К. Безэквивалентная лексика как понятие и явление: Автореф. дис. ... канд. филол. наук. М., 1996.

Формирование структуры индивидуального опыта

Ю.И. Александров

Институт психологии РАН, Москва
yuraalexandrov@yandex.ru

Понимание закономерностей формирования индивидуального опыта неразрывно связано с тем, что рассматривается в качестве детерминанты поведения индивида и разрядной деятельности нейрона. А выбор детерминанты, в свою очередь, определяется тем, в рамках какой парадигмы выбор производится – реактивности или активности.

С позиций парадигмы реактивности поведение индивида представляет собой реакцию на стимул. В основе реакции лежит проведение возбуждения по рефлекторной дуге: от рецепторов через центральные структуры к исполнительным органам. Нейрон при этом оказывается элементом, входящим в рефлекторную дугу, а его функцией – обеспечение проведения возбуждения. Тогда вполне логично рассмотреть детерминацию активности этого элемента как ответ на стимул. Данный ответ может действовать как стимул на другие нервные клетки. Оказывается, что нейрон, как и индивид, реагирует на стимулы. В качестве стимула выступает импульсация, которую нейрон получает от других клеток, в качестве реакции – следующая за синаптическим притоком импульсация данного нейрона. Соответственно в рамках этой парадигмы, при всем разнообразии подходов к пониманию консолидации памяти в качестве наиболее базовой ее закономерности рассматривается долгосрочное усиление синаптического проведения (повышение эффективности синапсов) в дуге (дугах) рефлекса, сетях и пр.

С позиций парадигмы активности поведение индивида рассматривается как действие, детерминированное моделью будущего результата – целью. Активность нейрона с этих позиций выступает не как реакция на синаптический приток, обеспечивающая проведение возбуждения, а как средство изменения соотношения со средой, «действие», направленное в будущее, которое обуславливает устранение рассогласования между «потребностями» клетки и ее микросредой. Сам же нейрон предстает не как «проводник» или «сумматор», а как организм в организме, обеспечивающий свои «потребности» за счет метаболитов, поступающих от других клеток. Активность нейрона прекращается при достижении организмом результата, которое на уровне отдельного нейрона выступает как получение им требующихся метаболитов из его микросреды. Таким образом, последовательность событий в деятельности нейрона становится аналогичной той, которая характеризует активный целенаправленный организм: «действие» → результат. Нейрон обеспечивает «потребности» своего метаболизма, объединяясь с другими элементами организма в функциональную систему. Формирование подобных объединений выступает как метаболическая кооперация ней-

ронов. Удовлетворение всего спектра метаболических «потребностей» клеток обеспечивается разнообразием реализуемых актов. Поскольку в рамках этой парадигмы нейрон не рассматривается как проводник возбуждения, постольку в качестве нейронных механизмов научения и консолидации памяти рассматривается не (как это широко принято) формирование стойкого повышения эффективности синаптической передачи в цепях связанных нейронов, а системогенез, становление новых системных специализаций нейронов, которые не обязательно непосредственно синаптически связаны.

Системное описание процесса консолидации включает две группы взаимообуславливающих процессов: процессы системной специализации – морфологическую и функциональную модификацию нейронов, связанную с их вовлечением в обеспечение вновь формируемой системы; процессы аккомодационной реконсолидации, обусловленные включением формируемой системы в существующую структуру памяти, – морфологическую и функциональную модификацию нейронов (не меняющую их системную специализацию), принадлежащих к ранее сформированным системам.

Научение начинается с рассогласования между потребностями индивида и теми возможностями их удовлетворения, которые предоставляет ему сформированный к данному моменту опыт. Это рассогласование проявляется на клеточном уровне в несоответствии метаболических «потребностей» клетки и метаболического притока, ею получаемого. В знакомой ситуации оно может быть устранено совершением дефинитивного (упроченного) поведения. В ряде случаев, когда имеющийся у индивида опыт поведения в новой ситуации оказывается недостаточным, может происходить модификация, ограничивающаяся перестройкой межсистемных отношений – связей между ранее сформированными системами. Рассогласование, которое не может быть устранено посредством актуализации имеющейся памяти или реорганизации межсистемных отношений, обуславливает формирование новой системы в процессе обучения. На клеточном уровне пробы, реализуемые при обучении, означают пробные объединения активирующихся клеток; успешное объединение обеспечивает достижение результата и устраняет рассогласование. Эта успешность достигается модификацией активности одних клеток и элиминацией других (апоптоз). После достижения первых результатов клетки, специализированные относительно исследовательского поведения, постепенно уменьшают и прекращают активность. Это, возможно, проявляется как во временном изменении внешнего поведения, казалось бы, уже сформированного, так и в новом изменении состава активирующихся преспециализированных клеток. Формирование преспециализаций в раннем онтогенезе можно рассмотреть как первый этап клеточной дифференциации. Постепенная стабилизация состава активирующихся нейронов выражается в более стабильном соотношении активаций нейронов и поведения. В основе аккомодационной реконсолидации, модифицирующей ранее специализированные клетки, а также в основе ре-

организации отобранных клеток, превращения их в специализированные относительно вновь сформированной системы лежит экспрессия генов. Данный процесс может быть рассмотрен как очередной этап клеточной дифференциации.

Формирование новой системы рассматривается как фиксация этапа индивидуального развития – образование нового *элемента индивидуального опыта* в процессе научения. В основе образования нового элемента опыта лежит не «переспециализация» ранее специализированных нейронов, а установление постоянной специализации относительно вновь формируемой системы части нейронов «резерва» ранее «молчавших» клеток, а также появившихся в процессе неонейрогенеза нейронов. Специализация нейронов относительно вновь формируемых систем постоянна, т. е. нейрон системоспецифичен. Таким образом, в процессе формирования индивидуального опыта вновь сформированные системы не сменяют предсуществующие, но «наслаиваются» на них, представляя собой «добавку» к ранее сформированным.

Показано, что осуществление дефинитивного поведения обеспечивается реализацией не только новых систем, сформированных при обучении актам, составляющим это поведение, но и *одновременной* реализацией множества более старых систем, сформированных на предыдущих этапах индивидуального развития. Следовательно, реализация поведения есть, так сказать, реализация истории формирования поведения (как фило-, так и онтогенетическая), т. е. множества систем, каждая из которых фиксирует этап становления данного поведения.

Поддержано РФФИ (грант № 08-04-00100а) и Советом по грантам Президента РФ ведущим научным школам РФ (№ НШ-602.2008.6).

Нейродинамика когнитивных процессов и закономерности организации функциональных систем

К.В. Анохин

Институт нормальной физиологии им. П.К. Анохина РАМН, Москва
k_anokhin@yahoo.com

Когнитивная наука изучает приобретение, сохранение и использование человеком и животными знаний об окружающем мире. В основе этих процессов лежат динамические изменения активности нервной системы. Поэтому когнитивная наука неизбежно сталкивается с психофизиологической проблемой – вопросом о том, как нервные события связаны с психическими феноменами. Сегодня прослеживаются два основных подхода к решению этого вопроса. Первый из них следует естественнонаучным традициям разложения изучаемого феномена до более простых составляющих, когда его субстраты и механизмы ищутся в свойствах процессов более низкого уровня. В сегодняшней когнитивной нейронауке это направление нашло наиболее яркое выражение в представлениях о специализированных когнитивных модулях и поисках их мозговой локализации методами функционального нейрокартирования. Узким местом этого подхода является непосредственное сопоставление психологических и нейрофизиологических феноменов, что в неявном виде ведет к дуалистическому решению психофизиологической проблемы. Другая традиция, которую можно назвать системной, вытекает из взглядов, согласно которым когнитивные феномены не могут быть сведены к изменениям активности отдельных структур головного мозга. Они являются свойством общемозговых системных процессов и характеризуются определенными специфическими закономерностями, свойственными лишь этому уровню.

Примером подобной теории, выработавшей специальный понятийный аппарат для описания когнитивных процессов, как «процессов организации физиологических процессов», является теория функциональных систем (ТФС). Она выделяет ряд специфических процессов самоорганизации функциональных систем, которые присутствуют только у целостных, активно взаимодействующих со средой организмов и отсутствуют под наркозом или в препаратах нервной системы, сохраняющих все элементарные нейрофизиологические процессы. В ТФС эти специфические процессы описаны как «системная архитектура» функциональной системы.

Развитие этих представлений классической ТФС и основанной на них системно-селекционной теории можно сформулировать следующим образом:

1. Континуум соотношений организма со средой делится на отдельные поведенческие акты.
2. Каждый из таких элементарных актов является также и простейшим когнитивным эпизодом.

3. Эти акты организованы как функциональные системы.
 4. Активность нейронов бодрствующего мозга связана с процессами самоорганизации нервной деятельности в таких актах.
 5. Нейроны обладают специализацией относительно тех или иных функциональных систем.
 6. Эта специализация складывается в развитии или обучении.
 7. Обучение представляет собой, таким образом, СИСТЕМОГЕНЕЗ – формирование новых функциональных систем.
 8. В поведении активны нейроны не только выполняемой в данный момент функциональной системы, но и многих прошлых систем индивидуального опыта. Эти потенцированные системы из прошлой истории обучения могут и не реализоваться в поведении, т. е. не определять текущие поведенческие акты. Однако эти нейроны будут опосредовать узнавание данной среды в контексте прошлой памяти в этой среде и при этой мотивации.
- В настоящем докладе будут обсуждены нейрофизиологические предположения, лежащие в основе данных тезисов, и сформулированы предложения для их проверки в ходе экспериментов с мозго-машинными интерфейсами.

Идентификация параметров селективных модулей коры головного мозга человека по результатам измерения характеристик моторного отражения реакции на сенсорные стимулы

*В.А. Антонец¹, Е.В. Еремин¹, В.В. Казаков¹, И.В. Нуйдель¹,
С.А. Полевая², В.Г. Яхно¹*

¹Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород
ava@nant.ru

²Нижегородская государственная медицинская академия, Нижний Новгород

В докладе на примере зрительного анализатора демонстрируется возможность идентификации параметров нейронных сетей мозга, обеспечивающих обнаружение, выделение и распознавание сенсорных стимулов.

Теоретически такая возможность обосновывается общепризнанными представлениями о том, что обработка поступающей от рецепторов информации, необходимой для ориентации во внешней среде и для оценки состояния самого организма, выполняется нейронными сетями коры головного мозга. Настройка сетей на выполнение специализированных операций, в т. ч. и селектирования признаков сенсорных стимулов, осуществляется за счет регулирования возбуждающих и тормозных связей между нейронами, а также порогов их возбуждения.

Распознающие нейронные сети поддаются количественному моделированию, при котором соответствующие участки сенсорной коры головного мозга описываются как двумерные плоские слои, состоящие из большого числа нейроноподобных активных пороговых элементов, взаимодействующих между собой через возбуждающие и тормозные связи. В частности, ранее нами была разработана, построена и изучена численно нейронно-сетевая модель анализа полутонковых изображений. Она позволила связать вид функции пространственных возбуждающих и тормозных межнейронных связей (форма и пространственный масштаб) и пороги возбуждения нейронов с селективными характеристиками (порог обнаружения и разрешающая способность) для значительного набора зрительных стимулов, включая стимул «угловая ориентация линий».

Для экспериментальной идентификации параметров модели ориентационного распознавателя был использован разработанный нами метод, ранее успешно примененный для изучения сенсорных характеристик мышечного и слухового анализаторов. Этот метод основан на том, что в процессе исследования человек встраивается в лабораторную человеко-машинную систему, предназначенную для решения им задач управления сенсорными стимулами. Измеряемые величины рассогласования параметров сенсорного сигнала с требуемыми в управленческой задаче параметрами используются для идентификации параметров моделируемой нейронной сети.

С помощью этого метода было проведено измерение погрешности в управлении ориентацией прямолинейного отрезка, отображаемого на экране монитора компьютера, у ряда испытуемых. Ориентируясь на свои ощущения, они управляли ориентацией отрезка на экране так, чтобы он оставался параллельным образцовому отрезку, также отображавшемуся на экране. Управление углом ориентации осуществлялось за счет свободного осмысленного перемещения руки. Величина перемещения измерялась ультразвуковым локатором, что позволяло формировать управляющий сигнал для поворота отрезка. Среднеквадратическая величина мгновенных отклонений угла наклона управляемого отрезка от образцового отождествлялась с шириной ориентационной характеристики для данного значения угла. Далее производилась идентификационная оценка параметров настройки нейронно-сетевой модели путем их подбора, обеспечивающего воспроизведение полученных в эксперименте селективных характеристик.

Полученные теоретические и экспериментальные результаты позволяют оценить число нейронов в сети, достаточное для достижения наблюдаемой точности селекции угла. При известном межнейронном расстоянии в сетях известным становится и характерный геометрический размер специализированных нейронных паттернов сенсорной коры.

Работа выполнена при частичной поддержке грантов АФГИР RMO-10214, РФФИ № 05-08-33526 и 08-07-99037-р_офи.

Логика оценивания разнородных семантических объектов

В.А. Антонец¹, И.В. Левчук²

¹Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород
ava@nant.ru

²Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород

На примере формирования покупателем корзины приобретаемых товаров рассмотрен вопрос о наилучшем выборе в условиях ограничений совокупности семантически разнородных объектов из предлагаемого ассортимента.

В силу того что любой из производимых товаров предназначен для удовлетворения определенной нужды или потребности, их ассортиментный ряд неизбежно оказывается семантически разнородным, причем каждый из товаров характеризуется индивидуальной совокупностью признаков. Это обстоятельство покупателю приходится учитывать в процессе оценки товаров и принятия решения о покупке той или иной их совокупности. Количественное описание логики такого оценивания, безусловно, представляет интерес.

Пусть каждый отдельный товар потребитель приобретает для удовлетворения одной нужды или потребности. Пусть количество нужд, которые приняты им во внимание в определенный момент времени, ограничено и каждая из них отличается своей степенью остроты. Открытая Ч. Осгудом способность человека к количественному выражению отношения к объекту через набор признаков, выраженность которых измеряется с помощью дискретных или непрерывных шкал, позволяет покупателю в ходе принятия решения выявить наиболее значимые для него продукты. Таким образом, все они оказываются упорядоченными в сознании покупателя по степени остроты соответствующих им нужд. Метод семантического дифференциала Ч. Осгуда позволяет количественно сопоставить остроту различных нужд и потребностей и построить нормированный вектор значимости нужд $\mathbf{r} = (r_i)$, где r_i – субъективно оцениваемая покупателем острота i -й нужды, характеризующая для него значимость i -го товара, а $\|\mathbf{r}\| = 1$.

Степень удовлетворенности покупателя i -м товаром хотя и зависит от целой совокупности его качеств, в силу умения человека как назначить ему цену, так и согласиться/не согласиться с назначенной кем-то ценой, может характеризоваться скалярной величиной $q_i \leq 1$, которую можно понимать как субъективно оцениваемое качество товара.

Степень S общей удовлетворенности покупателя корзиной товаров определим как скалярное произведение вектора значимости нужд $\mathbf{r}$, координатами которого являются его субъективные оценки веса каждой i -й нужды, определяемые их остротой, и вектора $\mathbf{q}$, координатами которого являются субъективные оценки q_i качества каждого i -го товара:

$$S = (\mathbf{r}, \mathbf{q}). \quad (1)$$

Многообразие ситуаций и принципов приобретения товаров из корзины достаточно велико. В ходе принятия решения о покупке покупатель соотносит важность приобретаемого товара и приемлемость его качества и цены. Это обстоятельство мы будем фиксировать как зависимость приемлемой цены товара от его качества q_i , т. е. $p_i = p_i(q_i)$. Предельно приемлемая для покупателя цена зависит от его убеждений и принципов. Например, ожидаемая покупателем стоимость товара может определяться его личным убеждением о максимально допустимой стоимости товара данного типа и данного качества. В другом случае, соотнося значимость товара и его качество, он может исходить из имеющихся финансовых ограничений и резервировать некую сумму денег, необходимых для приобретения других товаров, т. е. для удовлетворения оставшихся нужд. Поэтому мы рассмотрим распространенный, по-видимому, случай приобретения корзины по принципу «дешево и сердито», который будем формулировать как

$$\frac{S}{c} = \frac{\sum (r_i \cdot q_i)}{\sum p_i(q_i)} \rightarrow \max, \quad (2)$$

где p_i – стоимость i -го товара, а c – общая стоимость купленных товаров.

При $q_i < q_{\min}$, где $q_{\min}$ – минимальное качество товара, делающее его пригодным для удовлетворения требований покупателя, от покупки следует отказаться, что оправдывает поведение, соответствующее так называемой женской логике: «Хотела купить брюки. В одни не влезаю, другие не нравятся. Купила сумочку».

Экстремум (2) достигается, если

$$r_i \sum p_j(q_j) = \sum (r_j \cdot q_j) \cdot \frac{\partial p_i(q_i)}{\partial q_i}. \quad (3)$$

В случае когда, исходя из финансовых ограничений, покупатель приобретает набор товаров на фиксированную сумму (бюджет $c = \text{const}$), $\sum p_j(q_j) = c$ и (3) переходит в систему уравнений

$$c \cdot r_i = S \frac{\partial p_i}{\partial q_i}. \quad (4)$$

Семантический аттрактор

В.А. Антонец¹, И.В. Левчук²

¹Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород
ava@nant.ru

²Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского, Нижний Новгород

В данной работе на примере модели принятия решения о покупке товара продемонстрирована возможность количественного описания механизма интуитивного оценивания разнородных семантических объектов. Количественное описание интуитивных оценок, безусловно, представляет интерес. В представленной работе оно основано на сходстве закономерностей интуитивного мышления с закономерностями чувственного восприятия сенсорных стимулов, которое отмечается многими психологами (Д. Канеман).

Ч. Осгудом открыта и продемонстрирована способность человека к количественному выражению отношения к объекту через систему биполярных признаков, выраженность которых измеряется с помощью дискретных или непрерывных шкал, содержащих нулевую точку – нейтральное отношение к оцениваемому свойству. Таким образом, эти шкалы являются шкалами отношений. Их совокупность была названа Ч. Осгудом семантическим дифференциалом. Результатом анализа объекта с использованием методологии семантического дифференциала является набор численных характеристик, часто интерпретируемых в наглядной, графической форме.

Де-факто шкалы отношений широко применяются в маркетинге для интегрального сопоставления однородных товаров. Сначала составляется перечень существенных для потребителя свойств товара и каждому i -му свойству в соответствии с мнением потребителя приписывается вес w_i . Затем в соответствии с мнением потребителя определяется степень выраженности v_i каждого из i этих свойств в каждом из оцениваемых продуктов. Далее для каждого j -го продукта подсчитывают величину $q^j = \sum w_i v_i$, которую и рассматривают как интегральную оценку качества продукта.

Эта процедура означает, что сначала для данного типа оцениваемых потребителем продуктов формируют вектор значимости характеристик w , который обычно нормируют так, чтобы $\|w\| = 1$. Затем для каждого j -го продукта формируется вектор выраженности его свойств v^j . Таким образом, интегральная оценка качества j -го продукта q^j является скалярным произведением векторов:

$$q^j = (v^j, w). \quad (1)$$

Потребитель с ненулевой вероятностью выберет j -й товар с приемлемой для него совокупностью свойств, характеризующейся скалярной оценкой q^j , и примет решение о покупке, только если стоимость товара p^j удовлетворяет его ожиданиям. Для каждого покупателя существует индивидуаль-

ное минимальное пороговое качество продукта $q_{\min}$, до достижения которого он не возьмет товар и даром, т. к. он не удовлетворяет имеющейся у покупателя потребности. Существует и предельно приемлемая цена $p_{\max}$, определяемая либо силой потребности, либо финансовыми ограничениями. Такая ситуация правдоподобно описывается формулой Парето:

$$p = p_{\max} [1 - (q/q_{\min})^{-k}], \quad (2)$$

где p – стоимость продукта, q – интегральная оценка свойств продукта, $k > 1$ – параметр, характеризующий ценовую чувствительность покупателя к увеличению качества.

Вероятность принятия покупателем решения о покупке товара отлична от нуля, если точка с координатами (q^j, p^j) лежит ниже кривой, описываемой уравнением (2) (рисунок).

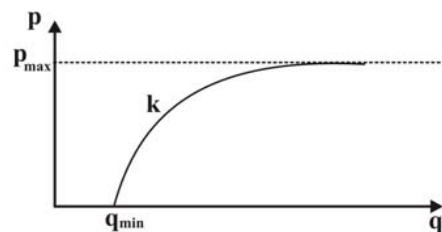


Рис. Желаемое для покупателя соотношение цены и качества продукта

При переходе к координате $c \equiv (p_{\max} - p)$ и обозначении $p_{\max} \equiv c_{\max}$ (2) переходит в

$$c/c_{\max} = (q/q_{\min})^{-k}, \quad (3)$$

что с точностью до обозначений совпадает с известным в психофизике законом Стивенса, выражающим зависимость силы ощущения от величины действующего сенсорного стимула, описываемого скалярной величиной R :

$$S/S_0 = (R/R_0)^{\beta}, \quad (4)$$

где S и S_0 – силы ощущения, возникающие при действии стимулов R и R_0 соответственно, β – константа, зависящая от типа стимула.

Как видно на примере интуитивной оценки потребителем соответствия качества и цены товара, количественное описание закономерностей формирования интуитивных оценок может быть построено на основе сочетания метода семантического дифференциала Ч. Осгуда с построением интегральной оценки объекта в форме скалярного произведения. В другой терминологии можно характеризовать товар, описываемый сочетанием значимых его признаков и их выраженностью, как «семантический аттрактор».

К вопросу о создании многоуровневой системы классификации химических формул

Н.С. Беллюстин², Ю.Д. Калафати, А.В. Ковальчук¹, И.В. Нуйдель¹,
М.Е. Соколов¹, А.А. Тельных¹, О.В. Шемагина¹

¹ Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород

² Научно-исследовательский радиофизический институт, Нижний Новгород
alt@awp.nnov.ru, nbell@awp.nnov.ru, yakhno@awp.nnov.ru

Среди широкого круга задач классификации объектов на цифровых изображениях, актуальных для практических приложений, задачи автоматического анализа химических формул относятся к классу задач, сводящихся к анализу формы, – объекты достаточно контрастны и их изображения достаточно однозначно приводятся к бинарному виду. К успешно решенным задачам подобного рода относятся системы автоматического анализа языковых текстов, а также разработанная авторами система биометрической идентификации личности по форме кисти руки.

В настоящем исследовании в рамках создания автоматической системы анализа химических формул решена задача автоматического детектирования геометрически правильных шестигранников – бензольных колец. Детектор правильных шестигранников рассматривается в качестве базового, его задачей является нахождение на изображении шестигранников и определение пространственного положения каждого из них. Пример успешного поиска таких структур в сложных химических формулах показан на рис. 1. Базовый детектор правильных шестигранников производит сравнение анализируемого фрагмента изображения с моделью правильного шестигранника; он дает правильное положение объекта примерно в 80–90 % случаев.

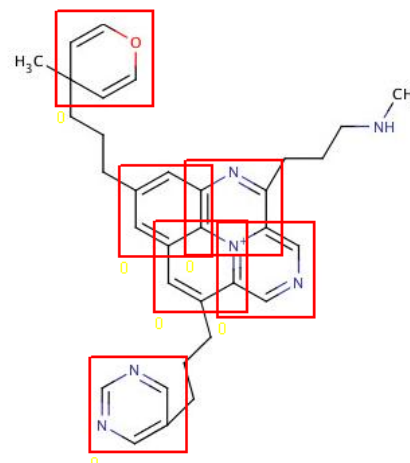


Рис. 1. Пример успешного автоматического обнаружения бензольных шестигранников в химической формуле

Такая доля ошибок классификации приемлема не всегда, для ряда практических приложений требуется повышение надежности системы. Важно также и то, что нахождением шестигранников и определением их положения проблема автоматического анализа химических формул не исчерпывается, – в стратегическом плане требуется система полного автоматического анализа химических формул.

В соответствии с этим совершенствование системы автоматического анализа и классификации химических формул проводится авторами по двум основным направлениям. Одно направление связано с реализацией более точного наложения на изображение модели правильного шестигранника – это реализуется путем перебора масштабов и положений в окрестности каждого найденного варианта. При этом ставится задача уйти от прямого перебора и уменьшить время распознавания при увеличении точности (уменьшении доли ошибок).

Второе, существенно более трудоемкое, но и более перспективное направление связано с созданием комплексной системы автоматического анализа химических формул. Несколько независимых детекторов соединяются в многокомпонентную и многоуровневую систему, когда к базовому детектору шестигранников добавляются независимые детекторы узловых точек и линий. Ключевым моментом на этом пути является создание высоконадежных детектора узловых точек и детектора отрезков. Проведенные исследования показали, что наиболее эффективным инструментом для этого является однородные искусственные нейронные сети с латеральным торможением, но требуемый уровень ошибки детектора еще не достигнут.

Любопытно, что даже при низкой надежности детектора точек его можно использовать для предварительного выделения «точек внимания» на изображении, которые затем проверяются детектором шестигранников, – уже это позволяет существенно экономить время поиска.

Предполагается, что повышение качества детекторов точек и отрезков позволит не только повысить надежность детектирования правильных шестигранников, но и решить актуальные на сегодня вопросы:

- детектирования неправильных шестигранников;
- детектирования пяти- и семигранников;
- автоматического анализа сложных химических формул.

Автоматический анализ химических формул с помощью многоуровневой системы потребует большего времени, однако даст более надежные результаты и снизит ошибки – это подтверждается результатами проведенных исследований.

В настоящее время совершенствуются алгоритмы обработки химических формул на этом верхнем уровне, сводящие данные различных блоков системы в ее результирующее заключение. Оптимальные варианты алгоритмов находятся путем сравнения результатов на специально отобранной базе данных.

Способы статистической верификации разработки однозначного классификационного описания

Е.И. Беляева

Нижегородский государственный лингвистический университет, Нижний Новгород
tns57@rambler.ru

В исследовании когнитивных механизмов создания классификационных систем интересным представляется, в частности, изучение процесса разработки однозначного описания первичных классификационных признаков, в соответствии с которыми в рамках конкретной классификации группируются рассматриваемые объекты. Такое описание реализуется в форме вербальных инструкций, способствующих безошибочной идентификации указанных признаков средним экспертом в любом предъявляемом ему элементе.

В настоящей работе рассматривается вопрос разработки однозначного описания синтаксических структур, которые являются первичными классификационными признаками в системе диагностирования (прогнозирования) измененных состояний сознания при аффекте [1]. Анализируются вербальные инструкции по идентификации сорока структурных признаков, характеризующих аффективные высказывания на английском языке.

Представляется логичным, что выводы о степени однозначности инструкций должны опираться на анализ данных о восприятии инструкций группой экспертов. При этом, поскольку процесс восприятия явно не наблюдаем, необходимо выработать специальную методику тестирования инструкций, которая не только позволит сделать объективные заключения о восприятии экспертами конкретного варианта инструкций, но и даст возможность наметить пути корректировки инструкций и оценить значимость проведенных корректировок.

Предлагаемая методика основывается на эксперименте, в ходе которого группе из шести экспертов предлагалось с использованием инструкций определить наличие/отсутствие сорока структурных признаков в ряде аффективных высказываний, отобранных методом сплошной выборки из современных пьес англоязычных авторов. Эксперт представлял каждое из предъявленных для анализа высказываний в виде перечня признаков, характеризующих его синтаксис. Идентификации экспертов затем сравнивались с эталонной идентификацией, синтезируемой мажоритарным путем. Отклонения идентификации эксперта от эталонной идентификации квалифицировались как два типа ошибок: ошибка пропуска признака (эталонная идентификация содержит некоторый признак, а в идентификации эксперта он пропущен) и ошибка ложного обнаружения признака (эталонная идентификация не содержит признак, а в идентификации эксперта он присутствует). Количество фиксаций признака в мажоритарном эталоне тестирования, ко-

личество ошибок типа «пропуск признака» и количество ошибок типа «ложное обнаружение признака» у всех экспертов использовались для расчета двух параметров оценки однозначности – приведенной вероятности ошибки и коэффициента корреляции решений экспертов [2].

Проведенный эксперимент позволил сделать следующие выводы:

1) относительно процесса восприятия инструкции: эксперты воспринимают инструкцию комплексно, так как отсутствует значимая динамика результатов тестирования, связанная с процессом обучения экспертов. По итогам десяти тестирований без корректировок инструкции не выявлено улучшения результатов за счет процесса обучения. Кроме того, выявлено наличие зависимости восприятия инструкции от изменения ряда условий эксперимента (увеличения временных промежутков между итерациями тестирования, изменения количества корректированных признаков при тестировании, смещения внимания экспертов в пользу корректированных признаков, что провоцирует ошибки пропуска признака по некорректированным признакам);

2) относительно степени однозначности тестируемой инструкции и способов и направления ее корректировок: существующие инструкции по идентификации первичных признаков структурно-семантической классификации конструктивных форм аффективной речи нуждаются в определенной доработке с позиций однозначности. Описанная методика позволяет наметить пути для корректировки инструкций, а именно: ранжировать признаки с точки зрения однозначности их описаний и таким образом выявить наиболее «проблемные» признаки, обнаружить некоторые общие тенденции, связанные с тем, что в существующих инструкциях значительное внимание уделено предотвращению ошибок типа «ложное обнаружение», что провоцирует экспертов на пропуск признаков при идентификации.

Таким образом, предлагаемая методика дает возможность построить объективную модель восприятия инструкций по идентификации первичных классификационных признаков лингвистической классификации и способствует поэтапной оптимизации инструкций с точки зрения их однозначности.

Литература

1. Синеокова, Т.Н. Парадигматика эмоционального синтаксиса / Т.Н. Синеокова. – Н. Новгород : Изд-во ННГУ, 2003. – 244 с.
2. Беляева, Е.И. Проблемы однозначности идентификации классификационных признаков // Вестник Вятского государственного гуманитарного университета. Киров : Изд-во ВятГГУ, 2008. Вып. 1 (2). С. 21–24.

Анализ эволюционного ряда нейросемантических регуляторов

В.И. Бодякин

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Москва
body@ipu.ru

Рассматривается эволюционный подход построения семейства из трех адаптивных нейросемантических регуляторов для управления априорно неизвестным объектом. На нейросемантическом регуляторе № 1 демонстрируется модель универсальной адаптируемости за счет перебора значений (имен, образов) всего пространства состояний «объект – регулятор». На регуляторе № 2 показывается сокращение перебора за счет дополнительного включения пространства отношений между отдельными значениями уже существующего пространства состояний, что позволяет преодолевать «проклятие размерности» в «гладких» предметных областях. На регуляторе № 3 демонстрируется процесс самоформирования отношений, которые в регуляторе № 2 задавались извне.

Ключевой особенностью нейросемантического подхода является эффект автоструктуризации, заключающийся в автоматическом выделении семантических образов произвольных причинно-связанных процессов из слабоструктурированных информационных потоков, отображающих реальные физические процессы. Теоретическая основа процесса автоструктуризации достаточно проста и понятна с естественнонаучных позиций – это минимизация отображения текстового потока на специализированных нейроподобных средах. Разработаны эффективные алгоритмы автоструктуризации и экспериментально проверены на РС ЭВМ. Теоретически показано, что минимальная длина в символах описания тестовой задачи, на которой может быть успешно выполнена автоматическая автоструктуризация, равна удвоенной длине суммы всех присутствующих в ней причинно-связанных процессов. Доказан ряд теорем о гомоморфности структуры причинно-связанных процессов предметной области и формируемой посредством автоструктуризации структуры из нейроподобных N-элементов.

Полученные к настоящему времени результаты в нейросемантике могут использоваться на практике (автоматическое построение графовых моделей произвольных предметных областей; самоадаптация регуляторов в автоматически формируемых пространствах параметров управляемого объекта; теоретическое обоснование ряда определений теории информации и саморазвивающихся (адаптивных) систем).

Проект построения крупномасштабного интеллектуального инструментария на базе нейросемантических структур

В.И. Бодякин

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Москва
body@ipu.ru

Актуальность и постановка задачи

Заявления о переходе экономически развитых государств от постиндустриальной формы экономики (обслуживания социума в материальной и информационных сферах) к экономике знаний (разработке новых эффективных технологий) требует существенного повышения вычислительной мощности имеющихся у них вычислительных средств (ВС). Повышение вычислительной производительности ВС возможно как за счет повышения их процессорного быстродействия (для ВС фон-неймановской архитектуры), так и за счет внедрения новых вычислительных архитектур ВС.

Повышение процессорного быстродействия, продолжающееся сегодня в соответствии с экспериментальным законом Мура об удвоении плотности микросхем каждые полтора-два года, в ближайшее десятилетие должно выйти на атомарные размеры и, скорее всего, остановиться. Переход на квантовые компьютеры как дальнейшее продолжение роста вычислительной мощности ВС сопряжен с большими технологическими сложностями: по формированию вычислительной квантовой среды (сверхнизкие температуры, проблемы помехозащищенности и др.) и по проблемам ввода-вывода информации. Поэтому сегодняшнее направление наращивания процессорного быстродействия по пути миниатюризации (проблемы нарастания помех) и повышения тактовой частоты (проблемы теплоотвода), скорее всего, малоперспективно. Вариант многопроцессорности требует больших специфических трудозатрат при адаптации большого класса задач по их алгоритмическому распараллеливанию.

Зародившийся одновременно с фон-неймановским подходом нейросетевой (направление нейрокомпьютинга) предлагает альтернативную архитектуру вычислительных средств: однородная вычислительная среда (формальные нейроны) и простейшие алгоритмы («правило Хебба» и др.) ее настройки (обучения) на конкретную задачу. Однако еще в самом начале развития нейрокомпьютинга оказалось, что этому направлению присущи сопутствующие ему недостатки, такие как отсутствие гарантированности обучения (настройки) и непрогнозируемость затрат времени на обучение, неустойчивость, искусственность выбора числа нейронов и числа слоев. Даже появление теоретических работ в 80-х годах (сети Хопфилда, back propagation и др.) не позволило преодолеть эти родовые недостатки, и уделом нейрокомпьютинга остались ограниченные по сложности задачи (ап-

проксимация и распознавание) и отсутствие понимания, что необходимо исправить, чтобы это направление в области ВС стало доминирующим.

С другой стороны, перед разработчиками ВС в качестве примера постоянно присутствовала биологическая ВС – человек. Если принципы функционирования биологической ВС перенести на электронную элементную базу, то мы получим увеличение быстродействия «формальных нейронов» на 6–7 десятичных порядков. Количество параллельных процессов может быть увеличено на 3–4 порядка, объем памяти – более чем на 6–10 порядков, и это при параллельной схеме функционирования всей однородной нейроноподобной вычислительной среды. Таким образом, поняв схему функционирования биологической ВС и инженерно повторив ее в электронных схемах, мы можем получить вычислительный инструментарий, который был бы способен решать все известные на сегодня задачи экономики знаний любого из экономически развитых государств.

Основные результаты и научная новизна

В направлении разработки ВС, удовлетворяющих требованиям к вычислительному инструментарию экономики знаний, предлагается рассмотреть направление нейросемантики. Основным свойством нейросемантики (нейросемантических структур) является механизм автоматического формирования информационной модели задачи произвольной предметной области (ПО). При минимизации ресурсов (памяти) в нейроноподобной среде формируется многодольный граф, который гомоморфен причинно-следственной структуре процессов исследуемой задачи. При этом в нейроноподобных N-элементах, как вершинах графа, отображаются процессы ПО, а в порядке вхождения связей в вершины – их причинная последовательность.

Свойство достижения гомоморфности нейросемантических структур (НСС) доказано аналитически и показано моделированием на компьютере произвольной ПО. Нейросемантика – это отображение (образа) процесса в нейроноподобных N-элементах. Автоматическое построение графа модели ПО и ее задачи (автоструктуризация) открывают большие перспективы по построению крупномасштабных информационных систем.

Показывается, что на базе однородных НСС могут быть построены системы адаптивной передачи данных. Их особенность заключается в том, что по мере функционирования повторяющиеся кодовые последовательности заменяются новообразуемым кодом. В результате длина диалоговых кодовых сообщений между абонентами монотонно стремится к одной кодовой единице. Демонстрируется программная реализация прототипа приемопередающей станции «земля-космос-земля».

На примерах показывается, что на базе НСС можно строить информационно-вычислительные системы. Настройка данных систем осуществляет-

ся «обучением» – вводом информации условий задачи (процессов) в рецептивную часть НСС и вводом решения (процесса) в эффекторную часть НСС. После успешного решения контрольного примера фиксируются и закрепляются дополнительные подструктуры НСС. В результате многоэтапная вычислительная задача сводится к одноэтапному обращению к информационной системе на базе НСС, т. е. вычислительная задача сводится к ассоциативному поиску.

Архитектура информационно-вычислительных систем на базе НСС ориентирована на максимально возможное распараллеливание. Каждый информационный канал (у человека их 5 на входе и 2 на выходе) работает независимо. Также независимы рецептивная, эффекторная и оценочная (прагматическая) части канала. НСС, как основной архитектурный блок ВС, состоит из десятков слоев и до нескольких миллионов N-элементов в слое. Обработка информации в НСС идет послойно (многодольный граф). В слое N-элементы независимы и могут обрабатываться одновременно. Практика показывает, что число конкурирующих информационных процессов в слое не превышает несколько десятков. Поэтому для обеспечения максимально возможной информационной производительности НСС достаточно несколько десятков простейших (RISC) процессоров. Таким образом, любая задача после настройки на нее в информационной системе на базе НСС решается за один «глобальный такт», который укладывается не более чем в десяток «тактов НСС», состоящих в свою очередь из нескольких десятков «тактов N-элементов».

В качестве оценки можно привести нейрофизиологические данные. Известно, что максимальная скорость срабатывания биологического нейрона – 5 мс, а минимальное время реакции человека (ВС) – 150–200 мс, т. е. все очень соразмерно с нашими «тактом N-элемента» и «глобальным тактом».

Еще одна особенность информационно-вычислительных систем на базе НСС – это автоматизм распараллеливания задачи. N-элементы, НСС, каналы ВС – все конкурируют друг с другом, каждый на своем уровне. «Победитель» получает право единолично формировать новые подструктуры в НСС при обучении или же выдавать ассоциативно полученное решение.

К настоящему времени выполнена программная реализация модели НСС, на которой подтверждены все вышеизложенные утверждения. В процессе экспериментальных работ с НСС обнаружены дополнительные ее положительные свойства в плане обработки информации, такие как монотонный рост компрессии, возрастающая надежность (пластичность), минимальное и устойчивое время реакции, семантическая автоструктуризация. Причем все эти характеристики имеют тенденцию монотонного роста в соответствии с ростом информационной базы (знаний) на НСС.

Когнитивный компонент в структуре отношений детей с психическим недоразвитием и развивающихся нормально

Е.Н. Васильева

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород
vayulena@yandex.ru

В настоящее время в научных исследованиях назрел вопрос углубленного изучения социальных детерминант психического развития детей и выявления специфического влияния различных социальных институтов и окружения ребенка на процесс становления его личности. Наше исследование посвящено изучению психологических особенностей проявления эмпатии в реальных ситуациях жизнедеятельности детей-дошкольников с разным темпом психического развития. Как известно, эмпатия является ведущим социальным чувством, лежащим в основе становления просоциального поведения ребенка дошкольного возраста, основой субъектного отношения к сверстнику и вершиной его эмоционального развития.

Первая серия констатирующей части исследования представляла собой организованное наблюдение за старшими дошкольниками с задержкой психического развития (ЗПР) и развивающимися нормально (НПР). Все собранные фактические данные по тому и другому направлению обработаны нами в ключе эмоционального отклика (на ситуацию, на сверстника) или в ключе готовности к взаимодействию, сопереживанию/сочувствию, причем мы старались учесть также степень эмоционального переживания ребенка.

Характеристики эмоциональных и поведенческих проявлений детей во взаимодействии оценивались нами по следующим критериям:

1. Эмоциональное отношение к другому, эмоциональный фон взаимодействия со сверстником и взрослым в ситуации взаимодействия: позитивное отношение (доброжелательное, поддержание эмоциональных контактов), нейтральное отношение (безразличие и игнорирование) к сверстнику, негативное отношение (агрессивное, враждебное отношение к сверстнику, аутизированность отношений).
2. Включенность в совместные переживания, групповые эмоциональные состояния и общее настроение (синтония): включенность/автономность.
3. Эмоциональные реакции, эмоциональный отклик детей на затруднения и переживания сверстника: сопереживание, сочувствие, содействие, игнорирование, неадекватная эмоция.
4. Уровень передачи эмоционального состояния в поведенческом репертуаре: адекватность/неадекватность эмоциональных и поведенческих реакций в ситуациях взаимодействия.

На основании этих критериев мы определяли уровни проявления эмпатии у детей старшего дошкольного возраста к сверстникам.

I уровень эмпатии характеризуется позитивным отношением к другому. Ребенок демонстрирует гуманистическую направленность по отношению к сверстнику (родителю), проявляет потребность в общении с другим, позитивный настрой на взаимодействие, внимание к другому, сочувствие, сопереживание, синтонию. *II уровень эмпатии* выражается в преобладании нейтрального отношения к другому, некоторой эмоциональной автономности. Ребенок настроен на взаимодействие, с удовольствием вступает в контакт взаимодействия, эмоционально реагирует на ситуацию и другого. *III уровень эмпатии* характеризуется негативной направленностью на другого. Ребенок не умеет включаться в общее эмоциональное состояние, проявлять адекватные эмоции, вступать в контакт и строить взаимодействие, проявлять инициативу, считаться с интересами (пожеланиями, мнениями) товарищей, сопереживать и содействовать им.

В ходе реализации констатирующего эксперимента мы получили количественные результаты, которые позволили выявить исходный уровень эмпатии у детей старшего дошкольного возраста с различным темпом психического развития.

Проявление эмпатии старших дошкольников с ЗПР и НПР к сверстникам по результатам наблюдения

Категории детей	Уровни эмпатии						Всего	
	I		II		III		детей	
	абс	%	абс	%	абс	%	абс	%
ЗПР	12	25	20	41,7	16	33,3	48	100
НПР	54	60	18	20	18	20	90	100

Из таблицы ясно, что большинство детей с НПР (60 %) и меньшая часть с ЗПР (25 %) демонстрировали *I уровень* позитивных взаимоотношений в реальных ситуациях взаимодействия в группе детского сада. Наблюдения за этими детьми в процессе свободного общения и игровой деятельности со сверстниками показали большое разнообразие коммуникативных действий и их эмоциональную насыщенность. Действия детей, обращенные к сверстнику, характеризовались значительной аффективной окраской и направленностью на другого. Дети обеих категорий на протяжении игры вели себя свободно, раскованно, выражали желание оказать помощь, поддержку ровеснику, радовались его успехам, демонстрировали участие, заботу по отношению к нему, осуждали и предупреждали эгоистические поступки (ссоры, конфликты), возникавшие в деятельности. Однако дети с НПР занимали

более активную и конструктивную позицию во взаимоотношениях. Следует отметить, что дети обеих категорий с удовольствием вступали в игровые объединения, стремились к созданию сплоченного сообщества (группировки), объединенного общими интересами, основанного на позитивных взаимоотношениях. В процессе детского взаимодействия было отмечено увеличение численности детей, играющих в группировках, длительности игр и их разнообразия.

Почти половина детей с ЗПР (41,7 %) и пятая часть с НПР (20 %), как следует из таблицы, продемонстрировали *II уровень* проявления эмпатии. Это выражалось в нейтральном отношении детей к другому; эмоциональной автономности, не выраженности эмоционального реагирования. Участвуя в совместной деятельности, дети поддерживали эмоциональный контакт, однако их эмоции не всегда были ярко выражены и адекватны. Понимая затруднения, неудачу, переживание сверстника, дети не проявляли адекватного эмоционального отклика на ситуацию, не выражали стремления помочь, содействовать ровеснику, не осуждали и не предотвращали эгоистические поступки (ссоры, конфликты), возникавшие в деятельности.

III уровень эмпатии обнаружили дети с НПР (20 %) и дети с ЗПР (33,3 %). Наблюдения за детьми с НПР в ходе свободного общения с родителями (сверстниками), в самостоятельной игровой деятельности выявили негативную направленность на другого: дети на этом уровне демонстрировали непонимание ситуации взаимодействия, отсутствие эмоционального отклика на ситуацию взаимодействия и другого, они претендовали на роль лидера в игре, диктовали остальным участникам свои условия, а если их требования не выполнялись, то возникали ссоры, раздоры и конфликты. На основании наблюдений за поведением детей с ЗПР в процессе игры можно констатировать, что эта группа детей, как правило, ведет себя неадекватно. Игра детей с ЗПР часто сопровождалась конфликтом, дети инициировали драки, отнимали игрушки, их игра носила индивидуальный характер. Ролевые действия невыразительны: дети не способны передать эмоциональное состояние того человека, чью роль выполняют.

Таким образом, обобщенные результаты констатирующего эксперимента показали преобладание низкого уровня эмпатии у дошкольников с задержкой психического развития по сравнению с их сверстниками, развивающимися нормально. Это говорит о социальной и коммуникативной дезадаптивности детей с легкой степенью психического недоразвития и о необходимости проведения с ними специальной целенаправленной коррекционно-развивающей работы.

Естественная классификация действительности в процессе восприятия

Е.Е. Витяев

Институт математики им. С.Л. Соболева СО РАН, Новосибирск
vityaev@math.nsc.ru

Понятие «естественной» классификации развивалось в СССР и России в рамках классификационного движения. В рамках этого направления был систематизирован опыт естествоиспытателей по созданию естественных классификаций. В.Ю. Забродин систематизировал критерии «естественности» классификации, которые в разное время выдвигались естествоиспытателями [1]. Приведем два из этих критериев.

1. Е.С. Смирнов: «Таксономическая проблема заключается в «индикации»: от бесконечно большого числа признаков нужно перейти к ограниченному их количеству, которое заменило бы все остальные признаки»;

2. Л. Рутковский: «Чем в большем числе существенных признаков сходны сравниваемые предметы, тем вероятнее их одинаковость и в других отношениях».

Представим эти критерии более формально. Объекты являются целостными образованиями, соединяющими в себе понятия, величины и законы рассматриваемой предметной области (ПО). Если законы рассматривать как аксиомы ПО, то каждый объект должен удовлетворять им с некоторой достоверностью (см. формальные определения в [2, 3]). Поэтому объекты являются в определенном смысле моделями законов ПО.

Определим закономерную модель $M_{\mathfrak{C}} = \langle \Omega_{\mathfrak{C}}, Z_{\mathfrak{C}} \rangle$ класса $\mathfrak{C}$, где $\Omega_{\mathfrak{C}}$ – множество значений признаков, характеристик, величин $x_1, x_2, \dots, x_k, \dots$, принимающих на каждом объекте $\mathbf{a}$ класса $\mathfrak{C}$ определенные значения (истинности, числовые и т. д.); $Z_{\mathfrak{C}}$ – закономерности вида

$$(x_1^i = y_{j_1}^{i_1}) \& (x_2^i = y_{j_2}^{i_2}) \& \dots \& (x_k^i = y_{j_k}^{i_k}) \Rightarrow (x_0^i = y_{j_0}^{i_0}),$$

применимые к каждому объекту $\mathbf{a}$ класса $\mathfrak{C}$ и предсказывающие по значениям $y_{j_1}^{i_1}, y_{j_2}^{i_2}, \dots, y_{j_k}^{i_k}$ величин $x_1^i, x_2^i, \dots, x_k^i$ значение $y_{j_0}^{i_0}$ величины x_0^i .

По критерию Е.С. Смирнова проблема индикации состоит в том, чтобы найти такие «порождающие» значения признаков (см. точное определение в [2, 3]), из которых предсказываются все остальные значения признаков объектов класса (предполагается, что признаки не случайны и принадлежат онтологии ПО – системе понятий, фиксирующей предмет исследования). Различных «порождающих» наборов признаков может быть достаточно много, и из каждого из них предсказываются все остальные признаки. Закон «естественной классификации» заключается в том, что в «естествен-

ных» классах значения «порождающих» признаков предсказывают потенциально бесконечное множество значений других признаков, что говорит об их глубинной взаимосвязи. Из критерия Рутковского следует, что чем больше значений признаков фиксировать, тем вероятнее можно предсказать значения других признаков.

Нами разработана программная система NatClass, реализующая приведенное определение «естественной» классификации и использовавшаяся для решения задач биоинформатики (см. ссылки в [3, 6]).

Процесс восприятия направляется и организуется «образом мира» [4]. «Образ мира» непрерывно во времени предвосхищает (апперцепцией) новые стимулы, возникающие после совершения перцептивных действий, и сравнивает их с реально полученными стимулами. Восприятие является процессом активного движения от «образа мира» к внешнему миру – непрерывным во времени и множественным по признакам процессом проверки адекватности «образа мира» на реальных стимулах. Только если все многочисленные предсказания будут совпадать с реальными стимулами, только тогда есть восприятие, и в этом случае «образ мира» работает адекватно, в противном случае он разрушается [4].

Мы считаем, что «образ мира» включает «естественную» классификацию действительности. Процесс построения «естественной» классификации действительности «образом мира» может быть формально описан на основе формальной модели нейрона и функциональных систем, изложенных в [5] и алгоритма «естественной» классификации [3, 6].

«Образ мира» в каждом акте предвосхищения стимулов использует порождающий набор значений признаков своей внутренней «естественной» классификации, содержащий значения признаков наличной стимуляции и предполагаемого действия, и по этому набору предсказывает все остальные признаки предвосхищаемых стимулов.

Литература

1. Забродин В.Ю. О критериях естественной классификации // НТИ. Сер. 2. 1981. № 8. С. 22–24.
2. Витяев Е.Е. Классификация как выделение групп объектов, удовлетворяющих разным множествам согласованных закономерностей // Анализ разнотипных данных. Новосибирск, 1983. С. 44–50. (Вычислительные системы; Вып. 99).
3. Витяев Е.Е., Морозова Н.С., Сутягин А.С., Лапардин К.А. Естественная классификация и систематика как законы природы // Анализ структурных закономерностей. Новосибирск, 2005. С. 80–92. (Вычислительные системы; Вып. 174).
4. Смирнов С.Д. Психология образа: проблема активности психического отражения. М.: МГУ, 1985. С. 232.
5. Витяев Е.Е. Принципы работы мозга, содержащиеся в теории функциональных систем П.К. Анохина и теории эмоций П.В. Симонова // Нейроинформатика. 2008. Т. 3, № 1. С. 25–78.
6. Scientific Discovery web site <http://www.math.nsc.ru/AP/ScientificDiscovery>.

Новые технологии когнитивной реабилитации больных с острыми поражениями головного мозга

В.Н. Григорьева, С.А. Полевая

Нижегородская государственная медицинская академия, Нижний Новгород
vostokov@appl.sci-nnov.ru

Острые поражения головного мозга при инсультах, черепно-мозговых травмах и нейроинфекциях приводят не только к двигательным или чувствительным расстройствам, но и к изменениям в познавательной сфере человека. Нарушения восприятия, памяти, внимания, речи, мышления и самоконтроля существенно ухудшают качество жизни больных и мешают им возвратиться в их прежнюю социальную среду. Актуально развитие технологий, способствующих восстановлению когнитивных функций и связанных с ними повседневных навыков у больных с очаговыми повреждениями головного мозга [1–6].

Если в 1980-х годах под когнитивной реабилитацией (КР) чаще всего понималась совокупность техник, направленных на восстановление расстройств восприятия, памяти и речи у больных с повреждениями головного мозга [7], то в настоящее время, согласно определению D.I. Katz (2008) [8], КР представляет собой «систематически применяемый комплекс лечебных воздействий, направленный на улучшение когнитивных функций и повышение возможности участия пациента в деятельности, ограниченной из-за расстройств в одной или более когнитивных сферах».

Когнитивная реабилитация осуществляется прежде всего в процессе речевой терапии, ухода за больным, эрготерапии и профессиональной терапии. Нейропсихолог с учетом характера нарушенных у больного когнитивных функций предлагает членам реабилитационной бригады стратегии для восстановления его навыков жизнедеятельности. Основными стратегиями КР считаются: 1) содействие естественному восстановлению психических функций; 2) восстановительные тренировки как отдельных когнитивных функций, так и прежних повседневных навыков; 3) обучение больного стратегиям компенсации как дефицита отдельных когнитивных функций, так и ограничений повседневной активности; 4) использование внешних компенсаторных устройств и посторонней помощи; 5) реорганизация и структурирование внешней среды [6, 9].

В течение последних 20–30 лет в КР активно внедряются новейшие технические средства. В соответствии с ведущими стратегиями КР области применения таких новых технологий можно разделить на три целевые группы:

– мониторинг нейрофизиологических процессов, составляющих биологическую основу когнитивных функций, для оптимизации выбора и оценки эффективности стратегий КР;

– инструментальное содействие восстановлению значимых для повседневной жизни больного повседневных навыков на базе измененной болезнью нейробиологической структуры;

– встраивание в индивидуальные когнитивные системы специализированных устройств, компенсирующих возникшие в связи с болезнью ограничения собственных ресурсов пациента.

В мониторинге нейрофизиологических процессов, составляющих основу когнитивных функций, «выдающуюся роль играют когнитивные технические системы» [10], которые снабжены специальными модулями для объективизации индивидуальных особенностей восприятия, внимания, имплицитной и эксплицитной памяти, а также системы принятия решений. Решение этих задач крайне важно, поскольку именно индивидуальные особенности ранее оставались недоступными для внешнего контроля и возможной коррекции. Существуют многочисленные примеры того, как может осуществляться подобный мониторинг в системе обработки видеоизображений регистрации движений глаз [10], в измерении характеристик локомоторных реакций [11], в регистрации порогов осознания сенсорных сигналов по моторным отображениям [12].

Для восстановительных тренировок отдельных психических функций в остром периоде заболевания или травмы головного мозга за рубежом в последние годы все шире стали использоваться системы виртуальной реальности, включающие наборы стандартизированных и хорошо оформленных заданий, выбор упражнений заданного уровня сложности и биологическую обратную связь. К недостаткам компьютерных тренировок, однако, относят невозможность тонкой дифференциации упражнений в зависимости от индивидуальных особенностей выявляемых у больного расстройств, а также отсутствие генерализации достижений, наблюдаемых в процессе занятий, на проблемы повседневной жизни. Восстановление навыков повседневной активности и социального поведения больных в результате компьютерных тренировок вряд ли возможно.

Для оптимизации работы по восстановлению повседневных навыков разработаны эффективные стратегии видеотерапии: видеозаписи предоставляют больным с нарушением осознания болезни (анозогнозия при поражении теменных долей либо снижение критики при лобной дисфункции) объективную обратную связь, позволяющую пациенту взглянуть на себя со стороны и лучше осознать свои слабые и сильные стороны, что помогает точнее определить терапевтические задачи.

На этапе компенсации когнитивного дефицита для адаптации больного к повседневной жизни применяются специализированные микропроцессорные устройства. Так, например, для компенсации нарушений памяти используются электронный органайзер, электронные диктофоны, голосовой органайзер. Другой пример: для реабилитации людей с грубыми нарушениями автобиографической памяти применяется цифровая камера «SenseCam», автоматически делающая снимок

окружающего пространства каждые тридцать секунд; в результате после просмотра видеозаписи пациент способен вспомнить до 90 % событий и удерживать их в памяти до двух месяцев. Найдены эффективные средства компенсации расстройств систем планирования у пациентов с повреждением мозга: удаленный компьютер передает пациенту на его личный «нейропейджер» в нужный день и в нужное время актуальное задание. При синдроме зрительно-пространственного невнимания у больных с инсультом эффективна терапия с использованием зеркального отражения, а также клинообразных призматических линз, при надевании которых окружающее пространство начинает представляться сдвинутым в правую или левую сторону.

Безусловно, использование новых технологий открывает новые возможности в КР, но ни в коей мере не отменяет необходимости активного участия в реабилитационном процессе сотрудников реабилитационной бригады, родственников пациента и самого больного, объединяющих свои усилия для постановки важных для больного реабилитационных целей и его мотивации к решению поставленных задач.

Литература

1. Найдин В.Л., Максакова О.А., Кроткова О.А., Смирнова Н.Л. Реабилитация при черепно-мозговой травме // Клиническое руководство по черепно-мозговой травме. Т. 3 / Ред. Коновалов А.Н., Лихтерман Б., Потапов А.А. М.: Антидор, 2002. С. 517–542.
2. Шкловский В.М. Концепция нейрореабилитации больных с последствиями инсульта // Инсульт: Приложение к Журналу неврологии и психиатрии. 2003. Вып. 8. С. 10–23.
3. Цветкова Л.С. Восстановление высших психических функций (после поражения головного мозга): Академический проект. М., 2004. 383 с.
4. Prigatano G.P. Principles of neuropsychological rehabilitation. Oxford: Oxford University Press, 1999. 356 p.
5. Sohlberg M.M., Mateer C.A. Cognitive Rehabilitation: An integrative neuropsychological approach. New York: Guilford Press, 2001. 500 p.
6. Cicerone K.D., Mott T., Azulay J., Friel J.C. Community integration and satisfaction with functioning after intensive cognitive rehabilitation for traumatic brain injury // Arch. Phys. Med. Rehabil. 2004. V. 85, Issue 6. P. 943–950.
7. Stuve P., Erickson R.C., Spaulding W. Cognitive rehabilitation: the next step in psychiatric rehabilitation // Psychosocial Rehabilitation Journal. 1991. V. 15, Issue 1. P. 9–27.
8. Katz D.I. Brain injury and cognitive rehabilitation // Materials of 60th Annual Meeting of American Academy of Neurology. Education Program Syllabus. Chicago, 2008. P. 8AC.006/2–006/8.
9. Григорьева В.Н., Ковязина М.С., Тхостов А.Ш. Когнитивная нейрореабилитация больных с очаговыми поражениями головного мозга: Учебное пособие. М.: Психология: Московский психолого-социальный институт, 2006. 256 с.
10. Величковский Б.М., Соловьев В.Д. Компьютеры, мозг, познание. Успехи когнитивных наук. М.: Наука, 2008. 293 с.
11. Klatzky R.L., Marston J.R., Giudice N.A., Golledge R.G., & Loomis J.M. Cognitive Load of Navigating without Vision when Guided by Virtual Sound versus Spatial Language // Journal of Experimental Psychology. 2006. V. 12. P. 223–233.

12. Полевая С.А., Еремин Е.В., Зевеке А.В. Компьютерные технологии для исследования структуры субъективного сенсорного пространства человека // Нижегородский медицинский журнал. 2003. Т. 1. С. 21–146.

Специфика социального обучения и исследовательского поведения учащихся младших классов с ослабленным зрением

Е.А. Дорошева

Институт систематики и экологии животных СО РАН, Новосибирск
Новосибирский государственный университет, Новосибирск
Elena.Dorosheva@mail.ru

В настоящее время нарушения зрения вышли на одно из первых мест в структуре заболеваемости детей школьного возраста. Особое место среди этих нарушений занимают так называемые дошкольные – сформировавшиеся в раннем возрасте. Ребенок с ранним ослаблением зрения со своих первых жизненных шагов видит мир не так, как другие. Однако психологические особенности детей с умеренно ослабленным зрением почти не изучены. Основные работы в этой области рассматривают проблему обучения и психологической адаптации слепых и слабовидящих детей, развитие которых проходит в условиях глубокой сенсорной депривации (например, [3, 5] и др.). В фокусе этих исследований находится, прежде всего, изучение особенностей механизмов сбора и обработки информации об окружающем мире и специфики коммуникативной сферы («недостаток глаза... означает... прежде всего, выпадение серьезнейших социальных функций, перерождение общественных связей, смещение всех систем поведения» [2]). В последние годы все чаще высказываются предположения о существовании специфических социально-психологических характеристик и у людей с менее выраженной степенью ослабления зрения, однако лишь единичные эмпирические исследования посвящены этому вопросу [4].

Исследование осуществлялось на базе гимназии, в которой в течение нескольких лет педагогическим коллективом проводился эксперимент по созданию специализированных классов для детей с ранними зрительными нарушениями. Число детей в этих классах не превышало 15 (тогда как в параллельных классах оно доходило до 30), и занятия проводились по особому режиму: с перерывом в середине занятия и выполнением гимнастики для глаз. Однако педагоги столкнулись со специфическими трудностями, сходными для всех «офтальмологических» классов. Они жаловались на «неуправляемость» поведения детей, крик на переменах, выполнение учебных заданий «не по инструкции» и собственное чувство усталости. Дискомфорт педагогов оказался настолько велик, что администрация отказалась от создания таких специализированных классов, хотя общее количество детей с патологиями зрения в гимназии не уменьшилось (рядом находится специализированный детский сад).

Чтобы выяснить причины возникших трудностей, мы попытались, в-первых, выявить критерии, которые позволили бы описать ключевые различия в структуре поведения детей с нормальным и ослабленным зрением.

Для решения первой задачи мы разработали тренинг сотрудничества, состоящий из 10 занятий. В ходе каждого занятия дети должны были создать общий рисунок по теме, задаваемой экспериментатором («Мое место в группе», «Необитаемая планета», «Механизм» и т. д.). В эксперименте участвовали 20 первоклассников с ослабленным зрением (сниженная острота зрения, косоглазие и амблиопия) и 51 первоклассник без особенностей зрения. Они были разбиты на 10 групп. 2 группы состояли из детей с ослабленным зрением, 2 были смешанными, остальные – из детей без зрительных нарушений. Кроме того, занятия проводились в четырех дополнительных группах той же численности с учениками 4-го класса (9–11 лет): две включали детей с ослабленным зрением (во всех случаях – дошкольные нарушения зрения), две – без зрительных нарушений. Фиксировалось поведение детей в ходе занятий (действия и высказывания), использование различных материалов для выполнения рисунка (предлагались гуашь, акварель, восковые мелки, цветные карандаши, фломастеры, маркеры, пластилин); анализировался характер рисунков.

На основе анализа поведения детей был выделен ряд поведенческих тактик, характерных для детей с ослабленным зрением, ранжированных по шкале «дистанция в контакте» (слияние, частичное слияние, граница-контакт, подвижные границы, граница-черта, границы-контуры, индивидуальная работа по заданию, индивидуальная работа с игнорированием задания), и ряд тактик, более выраженных в поведении детей без зрительных нарушений (соответствующих на данной шкале положению «граница-контакт»: сотрудничество, поглощение, конфликт, саботаж). Наиболее специфичными для детей с ослабленным зрением оказалась тактика изоляции, когда дети формально работают вместе, однако каждый создает на общем листе свой собственный рисунок в собственных границах. Для них была характерна низкая собственная мотивация сотрудничества, спонтанно они не стремились работать вместе.

Вторым ярким различием поведения детей со зрительными нарушениями и без них оказалась способность к оперативной перестройке поведения в зависимости от текущей ситуации. Способность к обучению манипулировать все быстрее уже сформированными тактиками была ранее описана нами как новая форма обучения – обучение из каталога [6]. Сама постановка задачи – совместное изготовление общего продукта (рисунка) – для первоклассников достаточно новая форма деятельности, поскольку на других занятиях они ориентированы на индивидуальную работу. Здесь мы можем говорить об обучении сотрудничеству. Дети без зрительных нарушений существенно быстрее начали менять тактики взаимодействия в зависимости от ситуации (характер задания, особенности партнера и уже сложившихся

отношений с ним, собственные потребности и т. д.). Дети с ослабленным зрением с трудом меняли тактики взаимодействия в зависимости от текущей ситуации, предпочитали использовать одну-две привычные тактики. Они предпочитали работать одними и теми же материалами (прежде всего, восковыми мелками, которые при слабом нажиме дают четкую, яркую линию). В смешанных группах дети с ослабленным зрением быстрее меняли тактики взаимодействия, чем в группах, где не было детей с нормальным зрением; вслед за другими детьми пробовали новые материалы, вовлекались ими во взаимодействие.

Чтобы ближе подойти к пониманию механизмов формирования таких особенностей поведения, мы использовали для учеников младших классов (7–11 лет) ряд проективных методик (тест «Рисунок человека» Гудинафа – Харриса, тест «Дом-дерево-человек», тест «Кинетический рисунок семьи», тест «Несуществующее животное», методика «Моя будущая семья», методика «Семья в виде животных», тест «Невербальная креативность»). Для выявления особенностей социального взаимодействия применили социометрическую методику. Социометрия выявила нарушения социальной перцепции: дети с ослабленным зрением хуже распознают отношение к ним своих одноклассников. При этом им свойственна большая экспансивность. Согласно результатам проективных методик, дети с ослабленным зрением склонны к созданию оригинальных (индивидуальных, редко встречающихся в среднем по группе) образов и их постоянному воспроизведению (до мельчайших деталей). Их креативность повышена по сравнению с другими детьми. Однако при сравнении образов, создаваемых самим ребенком при предъявлении разных задач в разное время отмечается большая их воспроизводимость.

Таким образом, мы можем предполагать, что для детей с умеренными зрительными нарушениями характерны большая опора на уже устоявшиеся, сложившиеся образы, внутреннюю информацию и снижение исследовательского поведения (что ведет, в частности, к выполнению учебных заданий по собственным правилам, а не по предложенным педагогом). Та же тенденция, но существенно более выраженная, проявляется у детей с глубокими нарушениями зрения [1]. В то же время от детей с более выраженной зрительной депривацией детей с умеренным ослаблением зрения отличается высокая мотивация общения (повышенная экспансивность в социометрии, поведенческий стереотип «слияние»), хотя общение и несколько затруднено. Вовлечение в социальное взаимодействие благотворно сказывается на них, приводя к увеличению гибкости поведения и возрастанию компонента исследовательского поведения. Кроме того, можно предположить, что снижение опоры на внешнюю информацию может запускать порочный круг, приводя к дальнейшему ослаблению зрения, а побуждение к ее использованию – повышать эффективность коррекции зрительных нарушений.

Работа поддержана грантом администрации Новосибирской области для молодых ученых (2009).

Литература

1. Блинникова И.В. Роль зрительного опыта в развитии психических функций. М., 2003. 142 с.
2. Выготский Л.С. Собрание сочинений. М., 1983. Т. 5. С. 63.
3. Гудонис В.П. Основы и перспективы социальной адаптации лиц с нарушенным зрением. М., 1999. 284 с.
4. Петухов В.М., Медведев А.В. Особенности возникновения и прогрессирования школьной близорукости в условиях современного учебного процесса и ее профилактика. – Самара, 2005.
5. Пласина Л.И. Социальная адаптация ребенка с нарушением зрения в условиях сенсорного воспитания // Проблемы воспитания и социальной адаптации детей с нарушением зрения. М., 1995. С. 5–28.
6. Reznikova Zh., Dorosheva E. Adaptation learning in insects: Facilitation of manipulation with innate behavioural patterns // Abstracts of XXIX Internat. Ethol. Conf. Budapest, Hungary, 2005.

Агрессивное поведение и «когнитивный потенциал» у членов разных функциональных групп в семьях рыжих лесных муравьев

Е.А. Дорошева^{1,2}, И.К. Яковлев²

¹ Институт систематики и экологии животных СО РАН, Новосибирск

² Новосибирский государственный университет, Новосибирск
Elena.Dorosheva@post.nsu.ru

Рыжие лесные муравьи представляют исключительный интерес для этологии как пример глубокой профессиональной специализации в сообществах, основанной не на морфологических адаптациях, а на поведенческих различиях. Помимо известного [1] разграничения функциональных групп (охотники, сборщики пади, внутригнездовые рабочие), у рыжих лесных муравьев выявлена детальная специализация. Так, в группах сборщиков пади есть «пастухи», «охранники», «транспортровщики», «координаторы» [2]. Представители разных «профессий» различаются по «когнитивному потенциалу»: так, лишь «координаторы» («разведчики») способны запоминать путь к пище и передавать эту информацию фуражирам [3]. Поведенческие механизмы «профессиональной ориентации» муравьев не исследованы. Выдвинута гипотеза, что в основе выбора «профессии» у муравья лежит врожденная склонность к образованию одних ассоциативных связей («наведенное обучение» [4]) и запрет на образование других [5]. Для проверки этой гипотезы мы в качестве одного из первых шагов исследовали одну из базовых составляющих в поведении муравьев – агрессивную реакцию на врага – и сравнили ее проявления у представителей разных функциональных групп, у семей, взятых из естественных условий («дикие») и выращенных в лаборатории («наивные»).

В качестве врага выбраны хищные жужелицы, которые конкурируют с муравьями за жизненное пространство и добычу и подвергаются их нападениям [6]. В первой серии экспериментов наблюдали за попарным взаимодействием представителей разных функциональных групп (охранников, охотников, транспортровщиков пади) в семье *Formica aquilonia* с жуками *Pterostihus magus* на лабораторных аренах (15 × 15 см). Протестировано по 20 муравьев каждой функциональной группы (60 сеансов по 5 мин), взятых на территории муравьев, и по 7 – из «дикой» семьи, живущей в лаборатории. Во второй серии опытов участвовали две разновозрастные группы из «наивной» семьи: 3–5-недельного (20 особей) и 7–11-недельного возраста (25 особей) – и группа охранников из «дикой» семьи (20 особей). Муравьи по одному взаимодействовали с жуком на арене в течение 15 мин (65 сеансов).

Выявлены следующие элементы агрессивного поведения: 1) раскрытие жвала, 2) выпад с раскрытыми жвалами, 3) агрессивное обследование (поиск места для укуса с раскрытыми жвалами), 4) укус (различной длительности), 5) преследование врага, сопровождавшееся выпадами и короткими укусами, 6) «мертвая хватка», представляющая ФКД (фиксированный комплекс действий). В первой серии экспериментов показано, что охотники и охранники почти с одинаковой частотой нападают на врага, – $(50 \pm 12) \%$ и $(55 \pm 16) \%$ от общего количества контактов. Только охотники и охранники демонстрировали «мертвую хватку». Несмотря на получаемые повреждения, эти муравьи не обучались избегать контакта с жуком. Напротив, «транспортнорыщники» и «пастухи» при контакте с жуком игнорировали или избегали ее (меняли направления движения, увеличивали скорость). Они существенно реже нападали на жуков (так, для транспортнорыщников частота нападений составила $(23 \pm 10) \%$) и никогда не демонстрировали «мертвую хватку». Можно полагать, что самопожертвование входит в «профессиональные обязанности» «охотников» и «охранников», но не «пастухов» и «транспортнорыщников».

Исследование «наивных» муравьев выявило новый элемент агрессивного поведения: опрокидывание на спину. 3–5-недельные муравьи при этом пытаются вцепиться жвалами в конечность жука, а 7–11-недельные таким кувырком завершают уже состоявшийся контакт с жуком. Можно полагать, что таким образом формируется «мертвая хватка» как завершающий акт агрессивного поведения, требующий созревания и «достройки». У 7–11-недельных «наивных» муравьев «мертвая хватка» в основных чертах уже сформирована и проявляется даже несколько чаще, чем у охранников из «дикой» лабораторной семьи и природного поселения муравьев (у 36 % особей, против соответственно 20 и 25 %). По сравнению с 3–5-недельными муравьями у 7–11-недельных чаще проявляются продолжительные укусы (у 56 % особей против 25 %) и преследование (у 60 % против 45 %), хотя у «диких» охранников эти элементы поведения встречаются чаще (соответственно 70 и 100 %). Даже среди 3–5-недельных муравьев нам удалось выявить трех (из 27) носителей значительного числа элементов агрессивной реакции: броски, укусы и реакцию преследования. Можно полагать, что именно из таких особей рекрутируются охранники. Из 25 муравьев 7–11-недельного возраста готовыми охранниками можно считать 9 особей, проявивших «мертвую хватку».

Существенно, что группы «наивных» муравьев неоднородны по проявлениям агрессивного поведения: наряду с агрессорами, готовыми пожертвовать собой, присутствуют как носители менее выраженных элементов агрессии, так и особи, постоянно избегающие контактов с врагом. Особи, в репертуаре которых представлено меньшее число элементов агрессивного поведения, возможно, способны обучиться избеганию врага и выполнять функции, не связанные с охраной и охотой.

В целом агрессивное поведение формируется у муравьев на основе «достройки» врожденных стереотипов за счет индивидуального опыта. Уже в раннем имажинальном возрасте индивидуумы существенно различаются по набору и выраженности элементов агрессивного поведения. Можно полагать, что носители ФКД «мертвая хватка» обладают также и врожденным запретом на обучение избеганию опасности. «Когнитивный потенциал», по-видимому, значительно выше у носителей более слабо выраженных элементов агрессии: вероятно, они способны обучиться не только избегать опасности, но и решать задачи, связанные с поиском пищи в сложных ситуациях.

Работа поддержана грантами РФФИ 08-04-00489-а, Совета по грантам Президента РФ (НШ – 1038.2003.4), Президиума РАН по программе «Происхождение и эволюция биосферы».

Литература

1. Dobrzanska J. Partition of foraging grounds and modes of conveying information among ants // *Acta Biol. exp. Varsava*, 1958. V. 18. P. 55–67.
2. Резникова Ж.И., Новгородова Т.А. Индивидуальное распределение ролей и обмен информацией в рабочих группах муравьев // *Успехи современной биологии*. 1998. Т. 118, № 3. С. 345–356.
3. Резникова Ж.И., Рябко Б.Я. Теоретико-информационный анализ «языка» муравьев // *Журнал общей биологии*. 1990. Т. 51, № 5. С. 601–609.
4. Gould J.L., Marler P. Learning by instinct // *Scientific American*. 1987. V. 256. P. 74–85.
5. Резникова Ж.И., Яковлев И.К., Пантелеева С.Н., Черненко А. В. Индивидуальная специализация, обучение и распространение информации у общественных перепончатокрылых: эксперименты, идеи, гипотезы // *Исследования по перепончатокрылым насекомым*. М.: КМК, 2007. С. 173–196.
6. Дорошева Е.А., Резникова Ж.И. Экспериментальное исследование этологических механизмов взаимодействия рыжих лесных муравьев и жуков // *Зоол. журн*. 2006. Т. 85, № 2. С. 183–191.

Компьютерная и нейрофизиологическая диагностика базовых когнитивных функций мозга

Л.Н. Дроздова, П.П. Дьячук

Красноярский государственный педагогический университет
им. В.П. Астафьева, Красноярск
ppdyachuk@rambler.ru

Конструирование пространственных объектов требует хорошо развитой функции воображения и зрительного синтеза. Представляет интерес анализ влияния базовых когнитивных функций (дифференцирования, распознавания, направленного внимания, скорости обработки информации, оперативной памяти) мозга (БКФМ) на процесс научения решению пространственных задач.

Конструирование пространственного объекта из фрагментов осуществляется в специальной проблемной среде «Динамические пазлы» [1, 2]. Задание состоит в сборке чертежа из 25 фрагментов. Обучающийся может совершать три вида действий: 1) просмотр фрагментов в специальном окне; 2) установка выбранного фрагмента на рабочее поле; 3) отмена установленного ранее фрагмента. Саморегуляция деятельности осуществляется за счет биологической обратной связи, реализуемой посредством датчика «расстояние до цели».

Проследим, какое отражение находят психические процессы, характеризующие БКФМ, в деятельности обучающихся, осуществляющих конструирование пространственных объектов. Проведенный в ходе исследования эксперимент состоял в сопоставлении результатов нейрофизиологического обследования обучающихся методом когнитивных вызванных потенциалов Р300 и результатов, полученных при обработке протоколов деятельности обучающихся в проблемных средах.

Нейрофизиологическая диагностика БКФМ была проведена в группе испытуемых из 63 человек. Средний возраст составил 16 лет. После анализа ВП были выделены три группы.

1) В группе из 36 человек (57 % от числа обследованных) показатели соответствовали норме, что свидетельствует о том, что процессы опознавания, дифференцирования, направленного внимания и объем оперативной памяти не страдают.

2) В группе из 15 человек (24 % от числа обследованных) отмечалось нарушение процессов направленного внимания и снижение объема оперативной памяти.

3) В группе из 12 человек (19 % от числа обследованных) отмечались нарушения ответа в виде удлинения пика Р3 и слабо выраженного пика N2 (снижение амплитуды, удлинение латентности N2), что свидетельствует не

только о снижении объема оперативной памяти и направленного внимания, но и о нарушении процессов опознавания и дифференцирования.

Как видно из рисунка, нейрофизиологические особенности БКФМ обучающихся сказываются на характеристиках их деятельности. Из сравнения траекторий деятельности или функций вознаграждений [2] видно, что обучающийся 002 совершает существенно больше неправильных действий по сравнению с обучающимся 001.

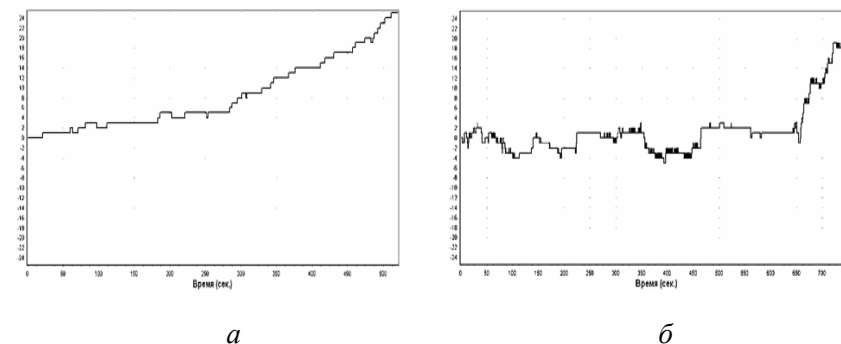


Рис. Функция вознаграждения при выполнении первого задания в масштабе времени: а – обучающийся 001; б – обучающийся 002

Сравнительный анализ данных нейрофизиологической диагностики БКФМ с данными компьютерной диагностики учебной деятельности обучающихся в проблемных средах, пооперационно сохраненной в протоколах прохождения заданий, выявил, что БКФМ оказывают существенное влияние на познавательные процессы обучающихся. Результаты компьютерной диагностики учебной деятельности позволяют делать предварительные выводы об уровне развития базовых когнитивных функций мозга обучающихся.

Литература

1. Дьячук, П.П. Диагностика динамики когнитивных стратегий поиска решения задач и когнитивных функций мозга студентов в процессе обучения / П.П. Дьячук, Л.Н. Дроздова // Мат. межд. конф. Proceedings «Competences and teacher competence», Osijek, 18–19 April, 2007. Р. 168–175.
2. Дьячук П.П. Динамическая информационная система управления и диагностика обучаемости / П.П. Дьячук, И.В. Шадрин // Информационные технологии моделирования и управления : науч.-тех. журн. 2008. № 2(45). С. 229–237.

Анализ эмоционально-тревожного статуса, ориентировочно-исследовательской активности и способности к обучению с положительным подкреплением животных, подвергнутых антенатальному стрессорному воздействию

Т.Ю. Дунаева, Е.Э. Хиразова, М.В. Маслова, А.В. Граф, Л.К. Трофимова, Н.А. Соколова

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
conniephys@gmail.com, lidia.trofimova@gmail.com, maslova_masha@mail.ru

Любое патологическое воздействие оказывает негативное влияние на эмоционально-тревожное состояние и на ориентировочно-исследовательские реакции в постстрессорном периоде. Особый интерес представляет анализ последствий антенатального стресса. Степень такого влияния зависит от тяжести воздействия, индивидуальной толерантности организма и сроков внутриутробного развития.

Иммобилизация (ИМ) является одной из моделей эмоционального стресса, которая может повлиять на течение беременности и последующее развитие потомства. Однако последствия этого влияния изучены мало, поэтому целью данного исследования стало изучение по ряду поведенческих показателей постнатального развития потомства, полученного от самок, подвергнутых однократной иммобилизации в период раннего органогенеза (9-е или 10-е сутки беременности).

Самок крыс на 9–10-м дне беременности подвергали ИМ в течение шести часов в специальных пластиковых домиках, ограничивающих движение животного. У потомства в возрасте 60 дней проводили исследование ориентировочно-исследовательской активности и эмоционально-тревожного статуса в тестах «Норковая камера» (НК) и «Приподнятый крестообразный лабиринт» (ПКЛ). Также изучали способности животных к обучению с положительным подкреплением в тесте «Сложный лабиринт» (СЛ). Самцов и самок потомства исследовали отдельно. Контролем служило 60-дневное потомство самок, не подвергавшихся ИМ во время беременности.

Контрольные самки характеризовались повышенной ориентировочно-исследовательской активностью и меньшей тревожностью по сравнению с контрольными самцами. В НК самки показывали более высокое количество вертикальных стоек, пройденных квадратов, отходов от стенок и выходов в центр камеры, а в ПКЛ – большее количество пробежек между темными отсеками лабиринта и большее количество вертикальных стоек. У них было

уменьшено время груминга и затаивания в НК, они дольше находились в светлых лучах ПКЛ, чаще выходили на свет и характеризовались увеличенным коэффициентом риска и уменьшенным коэффициентом тревожности (интергративные показатели оценки эмоционально-тревожного статуса) по сравнению с контрольными самцами. Антенатальная ИМ привела к еще большему увеличению коэффициента риска у самок в сочетании с ростом количества выходов на светлые лучи ПКЛ, то есть к еще большему снижению тревожности. У самцов, переживших антенатальную ИМ, также наблюдалось снижение тревожности по сравнению с контрольной группой (рост коэффициента риска и выходов на свет в ПКЛ, уменьшение времени груминга в НК), но в то же время они характеризовались снижением двигательной и исследовательской активности (снижение количества вертикальных стоек, отходов от стенок и выходов в центр НК).

Тестирование в СЛ показало, что контрольные самки характеризуются более коротким латентным периодом успешного выполнения задания (обнаружения приманки), чем самцы, как в дни обучения (первые 4 дня тестирования), так и в день воспроизведения (повторение тестирования через неделю после окончания обучения). Такие отличия подтверждают обнаруженную повышенную локомоторную и исследовательскую активность самок контрольной группы по сравнению с самцами. Однако общее количество успешных попыток у самок не менялось в течение всех четырех дней обучения, тогда как у самцов этот показатель увеличивался: если в первые два дня обучения он был ниже, чем в группе самок, то на 3-й и 4-й день он стал таким же, как у самок. Однако в день воспроизведения самцы вновь показали меньшее количество успешно выполненных попыток.

Антенатальная ИМ не повлияла на результаты тестирования в СЛ у самцов. У самок наблюдалось запаздывание начала уменьшения ЛП в процессе обучения (на одни сутки) и регистрировались более высокие значения ЛП на 3-й и 4-й день обучения, а также в день воспроизведения.

По полученным результатам можно заключить, что в контрольной группе самки отличаются от самцов более высоким уровнем ориентировочно-исследовательской активности на фоне сниженной тревожности. Антенатальная ИМ подавила ориентировочно-исследовательскую активность самцов, одновременно несколько снизив их уровень тревожности, но на способность к обучению не повлияла. У самок на фоне тенденции к снижению уровня тревожности не было обнаружено изменений в ориентировочно-исследовательских реакциях, однако их обучаемость была несколько снижена. Таким образом, влияние антенатальной ИМ периода раннего органогенеза выражалось в изменении поведенческой активности взрослых крыс, при этом наблюдались межполовые различия.

Обсуждение механизмов переработки информации в мозжечке

В.Л. Дунин-Барковский

Центр оптико-нейронных технологий Научно-исследовательского института системных исследований РАН, Москва
wldbar(@)gmail.com

Структура основных связей основных клеток коры мозжечка как бы срисована со схемы первого автоматического устройства классификации образов – трёхслойного персептрона (Rosenblatt, 1957). Идея же того, что мозжечок представляет собой огромный мультиперсептрон, пришла сравнительно поздно – более чем через 10 лет после рождения этого первого успешного нейробионического проекта (Magr, 1969). С тех пор эта идея получила солидную экспериментальную и теоретическую поддержку в сотнях работ и сейчас практически не вызывает сомнений (Ито, 2002, 2007; Кавато, 2007; и многие другие).

Сейчас понятно, что мозжечок как «биологическая реализация идеи персептрона» во многих отношениях отличается от своего технического аналога. Во-первых, мозжечок работает в непрерывном времени с информацией, представленной асинхронными нервными импульсами, которые мало напоминают дискретные «да» и «нет» логических электронных схем или непрерывные сигналы аналоговых вычислительных устройств. Во-вторых, уже лет пятнадцать как стало известно, что выходные сигналы из коры мозжечка (от клеток Пуркинье) поступают на вход «обучающих» лианнных клеток. Таким образом, мозжечковый мультиперсептрон охвачен сильной обратной связью. Интересно, что связь эта является одновременно и положительной и отрицательной.

Эта связь положительна, поскольку лианное волокно возбуждает клетку Пуркинье, клетка Пуркинье тормозит клетки ядер мозжечка, которые, в свою очередь, тормозят лианнные клетки, т. е. в конечном счёте возбуждение лианной клетки приводит к положительному сигналу на входе этой клетки. Прямых экспериментов по тестированию данного механизма положительной обратной связи не проводилось. В принципе не исключено, что её и нет, если лианная клетка помимо лианнных синапсов на клетках Пуркинье имеет синапсы на тех клетках ядер мозжечка, которые замыкают обратную связь на лианнные клетки. Такие связи могли бы блокировать эффект возбуждения клетки Пуркинье лианным волокном.

Отрицательная обратная связь с лианнных клеток на себя через клетки Пуркинье подтверждена в многочисленных экспериментах и замыкается следующим образом. Связи с зернистых клеток (т. е. с их аксонов – парал-

лельных волокон) на клетках Пуркинье всё время меняют свою силу. Причём сила связей может как расти, так и уменьшаться. Скорость изменения весов связей контролируется в основном двумя факторами. Первый из них – фактор лианной клетки. Его величина и знак переменны во времени и зависят только от времени, прошедшего с момента начала последнего импульса лианной клетки. Точная форма этой зависимости не изучена, но в первом приближении это ступенчатая функция, отрицательная на интервале от 0 до 20 мс и положительная при остальных значениях аргумента. Интеграл от этой функции по её аргументу от нуля до текущего положительного значения обращается в нуль при значении аргумента около одной секунды. Это значение называется равновесным интервалом (активности) лианной клетки. Второй фактор, влияющий на скорость изменения связей параллельных волокон, фактор параллельного волокна, зависит от того, какова была активность пресинаптической зернистой клетки на интервале времени, предшествующем текущему моменту. То есть фактор представляет собой свёртку активности пресинаптического нейрона с некоторым ядром, точные характеристики которого неизвестны. В том случае, когда фактор параллельного волокна постоянен, а лианная клетка разряжается с равновесным интервалом, сила связи параллельного волокна с клеткой Пуркинье, слегка колеблясь, остаётся постоянной в течение длительного времени.

В реальном мозжечке во всех случаях, когда активность лианного волокна прекращалась (например, при повреждении или временном охлаждении лианной клетки), в течение 10 минут после прекращения возбуждения лианной клетки частота работы клеток Пуркинье становилась очень большой и оставалась такой до конца периода наблюдения или до тех пор, пока не начинает возбуждаться лианная клетка.

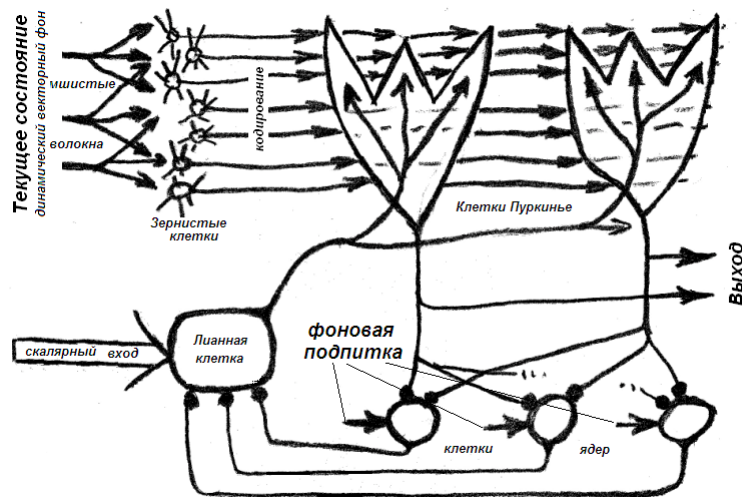


Схема мозжечкового модуля

Отведение активности от клеток Пуркинье в большинстве экспериментальных условий показывает, что импульсы лианной клетки генерируются обычно как бы случайно, со слабой или отсутствующей корреляцией с динамикой действий, в которую мозжечок вовлечён. Корреляция между соседними межимпульсными интервалами незначительна. Средний межимпульсный интервал — около одной секунды.

Теоретический анализ работы упрощённой модели мозжечкового модуля в случае постоянных входных сигналов (как по скалярному входу, так и по векторному входу состояний внешней системы) показывает, что при любых начальных условиях система приходит в стационарное состояние за экспоненциальное время.

Имитационные эксперименты показывают, что в стационарном состоянии лианная клетка работает в режиме динамического хаоса со средним межимпульсным интервалом, равным равновесному интервалу лианной клетки. Переход из одного равновесного состояния системы в другое при замене входных констант на новые случайные значения занимает около тысячи таких интервалов. К стационарному режиму работы лианной клетки система приходит и в том случае, когда сигналы на входе системы непрерывно изменяются, оставаясь функциями одного скалярного параметра. Если же сигналы на входе системы — периодические функции такого параметра, статистические свойства активности лианной клетки в стационарном режиме не отличаются от характеристик этой активности при постоянных сигналах на входе системы. В последнем случае выход системы опережает входной сигнал по фазе на величину, зависящую от постоянной времени клеток ядер. В этом смысле модуль осуществляет как бы предсказание

входного сигнала. Что, безусловно, может быть полезно для всех функций, в которых мозжечок будет принимать участие.

Математические модели распознавания визуальной и семантической неоднозначности

И.А. Евин

Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН, Москва
yevin@list.ru

Дается описание двух основных нелинейных математических моделей восприятия неоднозначных зрительных образов: модели Постона — Стюарта [1], описывающей скачкообразные переходы восприятия от одного образа к другому на основе теории катастроф, а также модели Дитцингера — Хакена [2], описывающей осцилляцию внимания. Обсуждаются возможности использования этих моделей при описании восприятия неоднозначных зрительных образов в живописи, а также смешанной (визуальной и смысловой) неоднозначности в искусстве актера [3].

Предлагается модель восприятия двусмысленных ситуаций на основе модели распознавания неоднозначных образов Дитцингера и Хакена. Значительное сокращение времени насыщения внимания при восприятии двусмысленных выражений, по сравнению с восприятием визуальной неоднозначности, объясняется на основе результатов исследований Осгуда и его сотрудников по проблеме измерения смысла [4]. Это сокращение времени насыщения внимания приводит к качественно новому явлению — смеховой реакции [5].

Литература

1. *Poston, T.* Nonlinear Model of Multistable Perception / T. Poston and I. Stewart // Behavioral Science. 1978. V. 23, № 5. P. 318–334.
2. *Ditzinger, T.* Oscillation in the Perception of the Ambiguous Patterns / T. Ditzinger and H. Haken // Biological Cybernetics. 1989. V. 61. P. 279–287.
3. *Yevin, I.* Ambiguity in Art // Complexus, 2006. № 3. P. 74–82.
4. *Osgood, C.* The Measurement of Meaning / C. Osgood, R. Suci, P. Tannenbaum. Illinois : University of Illinois Press, 1958. 320 p.
5. *Суслов, И.М.* Компьютерная модель чувства юмора // Биофизика. 1992. Т. 37, № 2. С. 318–339.

Методы общей теории систем в анализе поведения биологических динамических систем

В.М. Ессков

Сургутский государственный университет, Сургут
fma@bf.surgu.ru

Существенное отличие нейрокомпьютерных интеллектуальных систем от мозга животных или человека состоит в том, что, по крайней мере на сегодняшний день, в них отсутствует фрактальная эволюция. НейроЭВМ совершают фрактальные переходы лишь в период настройки или при решении различных задач. Для биологических же динамических систем, к которым автор относит и когнитивные системы разного уровня, характерна постоянная эволюция и перманентная фрактальность, финишем которой может быть только смерть организма. Это наиболее существенная и наиболее сложная сторона изучения их функционирования.

С этих позиций автор утверждает, что мозг гения отличается от мозга обычного человека или животного количеством фракталов и скоростью эволюции, т. е. скоростью перехода из одного состояния в другое. Эта эволюция происходит даже с ускорением по мере накопления ученым знаний и опыта. Мозг ребенка в 1–3 года и мозг гения – это когнитивные системы, способные к ускоренному развитию. Гений – это взрослый с потенциалом развития ребенка. Мозг гения должен работать над проблемой даже во время сна. При этом он может создавать новые энграммы и информационные

конструкции, которые могут рассматриваться как новые фракталы, т. е. новые сети возбуждений нейронов мозга.

Подтверждением сформулированной позиции служат результаты автора в области изучения функционирования респираторных нейронных сетей дыхательного центра млекопитающих. В многочисленных опытах было установлено, что в организации дыхательной ритмики могут принимать участие самые разные группы нейронов. Обычные ретикулярные нейроны могут стать генераторными, а молчащие нейроны могут рекрутироваться и становиться генераторными и задавать постоянный дыхательный драйв. Все это означает фрактальность (самоподобие) на уровне отдельного генераторного нейрона, который и генерирует дыхательную ритмику и участвует в регуляции дыхания, реагируя на CO₂ как хеморецепторная клетка. Иными словами, по основным критериям организации работы дыхательный нейрон подобен всему дыхательному центру. Видимо, дыхательным нейроном может стать любой ретикулярный нейрон при наличии связей с РНС.

Так как любая нейронная сеть – это сложная и многосвязная структура, то можно предполагать огромные возможности организации работы дыхательного центра за счет привлечения других ретикулярных нейронов различного типа. Эта взаимоподдержка при определенной автономии каждого нейрона и демонстрирует высокий потенциал самоорганизации, обеспечивающей саморазвитие (эволюцию) респираторной нейронной сети дыхательного центра. Естественно предположить, что подобными свойствами обладают и другие нейронные сети мозга, в том числе и ответственные за работу когнитивных систем различного уровня.

В процессах самоорганизации нейросетей, составляющих основу работы любой когнитивной структуры, в их фрактальности, отсутствии строгой определенности в организации связей и одновременно в телеологичности действий и их результатов заложены основные принципы организации и функционирования биологических динамических систем, отвечающих за когнитивную деятельность как человека, так и других представителей органического мира. В отношении таких систем можно говорить о разумном поведении или о целенаправленных телеологических действиях. Отметим, что такая разумная деятельность может обеспечиваться преимущественно за счет построения в сознании моделей развития изучаемых или протекающих спонтанно природных процессов.

Сейчас когнитивные науки в общем плане развиваются в рамках эпистемологии, которая сама все больше приближается к специальным разделам нейрофизиологии, психофизиологии и другим относительно точным наукам. Однако сам человек как объект исследования может быть познан только на общем системном уровне, и в этом смысле когнитивные науки обречены на весьма общую и неконкретную эпистемологическую трактовку. Конкретизация когнитивных наук, по мнению автора, вообще невозможна, не только из-за огромного числа клеток, участвующих в процессах

мышления и познания, но и в силу высокой динамичности работы реальных нейросетей мозга, постоянного и локального перехода компартиментов и кластеров нейросетей из одного состояния в другое. Известно, что объединение многих элементов порождает еще большее число состояний таких систем. В этом смысле коллективный разум сообщества людей более мощная система, чем отдельный человек, а поведение стаи более сложное, чем поведение отдельной особи.

Можно определенно утверждать, что мозг человека и других живых существ – это настолько пластичная и динамичная система, что изучать ее традиционными методами невозможно и бессмысленно. Поэтому автор предлагает использовать компартиментно-кластерный подход, когда на уровне объединений клеток или органов можно создавать модели поведения нейросетей [1] и других биологических динамических систем вообще. В его рамках можно количественно регистрировать степень синергизма и идентифицировать интервалы устойчивости различных биологических динамических систем.

Литература

1. Еськов В.М., Хадарцева А.А., Филатова О.Е. Синергетика в клинической кибернетике. Ч. 1. Самара: Офорт, 2006. 233 с.

Когнитивная деятельность человека в условиях внешнего управления непроизвольными движениями

В.М. Еськов¹, Ю.Г. Бурыкин¹, А.И. Ильина²

¹ НИИ биофизики и медицинской кибернетики при ГОУ ВПО «Сургутский государственный университет Ханты-Мансийского автономного округа – Югры»

² Сургутский государственный университет, Сургут
fma@bf.surgu.ru

Исследования в области межличностных коммуникаций со стороны психологов и физиологов привели к появлению прикладных направлений, повышающих их эффективность. Техники вербального и невербального управления, в частности, положены в основу нейро-лингвистического программирования (НЛП) и эриксоновского гипноза. Схема управляющих воздействий в общем виде представлена двумя последовательно реализуемыми задачами. На первом этапе путем согласования внешнего поведения достигается формирование рапорта (устойчивой связи между управляющим и управляемым объектом). Второй этап – непосредственно управление поведением партнера (ведение). В результате возникает невербальная интеракция, в основе которой лежат механизмы согласования, подстройки, переноса программ невербального поведения.

В основе механизмов дистанционного биоуправления лежат базовые свойства живых организмов усваивать внешние ритмы (на всех уровнях их

организации). Наши исследования показывают, что при синхронизации движений тела или его частей одного человека с движениями другого человека в течение некоторого времени (в среднем около трех минут) в условиях, исключающих использование органов зрения и слуха, возможно воспроизведение реакций усвоения двигательного ритма. В качестве внешних, изменяющихся во времени факторов, действующих на собственный ритм осцилляторов биологических динамических систем (БДС), могут выступать, например, колебания напряженности электрических и магнитных полей в различных диапазонах. Изменения положения тела (на котором скапливаются трибоэлектрические заряды) или его частей в пространстве порождает низкочастотное электромагнитное поле, посредством которого происходит перенос двигательных программ от одного человека к другому при условии синхронизации движений на этапе подстройки (согласования поведения).

В задачу наших исследований входило изучение некоторых психофизиологических реакций в состоянии, возникающем после невербального управления движениями реципиента, объективными методами регистрации, дающими представление о скорости и точности обработки поступающей через органы зрения и слуха информации, а также о скорости мыслительных операций при оперировании с символами. Нами также изучались некоторые параметры внимания, в частности способность к концентрации при выполнении теста, требующего выбирать символы заданного направления.

Объект и методы исследования. В исследованиях принимали участие 30 добровольцев в возрасте 18–20 лет. Испытуемым предъявлялся набор из 7 тестов (блок) для выявления особенностей сенсомоторных показателей и качественной оценки ряда психофизиологических показателей, что позволило получить объективные данные о состоянии анализаторов и двигательных функций у испытуемых. Блок включал в себя следующие нижеперечисленные задания, которые выполнялись на персональном компьютере: исследование простой психомоторной реакции на включение красного квадрата в одном постоянном месте экрана через неравные промежутки времени, исследование простой психомоторной реакции на включение звукового сигнала, исследование сложной зрительно-моторной реакции на включение красного квадрата в любой области экрана, исследование сложной зрительно-моторной реакции на включение квадрата определенного цвета (красного либо зеленого) в любой области экрана, распознавание четных и нечетных чисел, исследование времени соотнесения символа из таблицы с его номером (таблица из 9 символов с соответствующими им номерами постоянно находилась на экране монитора, что не требовало ее запоминания для выполнения задания), количественная оценка параметров внимания и мышления (скорости и точности выбора символов в таблице

(10 на 10 символов) из чередующихся в произвольном порядке четырех видов треугольников).

После выполнения вышеперечисленных тестов испытуемым предлагалось в условиях, исключающих зрительное и слуховое восприятие, сделать произвольные движения туловищем с амплитудой, достаточной для выполнения дистанционной подстройки к движениям вторым участником. Подстройка к движениям испытуемого производилась до момента возникновения реакции усвоения внешнего двигательного ритма (обычно не более трех минут), после чего второй участник произвольно управлял амплитудой, частотой и направлением движения тела и его отдельных сегментов. Общее время взаимодействия составляло 10 минут. Испытуемый выполнял психофизиологический тест повторно. Полученные данные обрабатывались методами классической статистики и с помощью оригинальной программы, позволяющей идентифицировать параметры аттракторов в многомерном фазовом пространстве: общий объем аттрактора – General V value, общий показатель асимметрии – General asymmetry value rX, расчет координат геометрического и стохастического центров.

Результаты исследований и их обсуждение. Установлено, что при согласовании двигательных функций (как одноименных, так и разноименных) с испытуемым происходило усвоение им внешнего двигательного паттерна. При этом статистически достоверно ($p < 0,05$) изменились параметры внимания, в частности повысилась точность выполнения идентификации символов заданного направления из таблицы с $(96,88 \pm 0,65) \%$ до $(98,47 \pm 0,46) \%$. Сенсомоторные показатели (простая и сложная зрительно-моторная реакция, слухомоторная реакция), точность и скорость дифференцирования стимулов (цветов и чисел), скорость распознавания символов заданного направления статистически достоверно не изменялись после прекращения управляющих воздействий, однако уменьшились интервалы вышеперечисленных показателей (X_1 – X_7). В исходном состоянии общий объем многомерного параллелепипеда, ограничивающего аттрактор (см. табл.) состояния психофизиологических функций, составлял $2,49e-002$, а общий показатель асимметрии $rX = 0,68$. После внешних управляющих воздействий объем параллелепипеда уменьшился на 3 порядка и составлял $4,20e-005$, а общий показатель асимметрии существенно не изменился ($rX = 0,70$).

*Параметры аттракторов
состояния психофизиологических функций человека в условиях внешнего
невербального управления произвольными движениями*

Исходное состояние		Внешние управляющие воздействия	
IntervalX1 = 0,28	AsymmetryX1 = 0,23	IntervalX1 = 0,09	AsymmetryX1 = 0,13
IntervalX2 = 0,29	AsymmetryX2 = 0,09	IntervalX2 = 0,07	AsymmetryX2 = 0,09

IntervalX3 = 0,13	AsymmetryX3 = 0,13	IntervalX3 = 0,09	AsymmetryX3 = 0,12
IntervalX4 = 0,48	AsymmetryX4 = 0,24	IntervalX4 = 0,15	AsymmetryX4 = 0,08
IntervalX5 = 0,90	AsymmetryX5 = 0,18	IntervalX5 = 0,22	AsymmetryX5 = 0,003
IntervalX6 = 1,46	AsymmetryX6 = 0,12	IntervalX6 = 0,57	AsymmetryX6 = 0,14
IntervalX7 = 3,74	AsymmetryX7 = 0,17	IntervalX7 = 3,94	AsymmetryX7 = 0,18
General asymmetry value rX = 0,68 General V value : 2,49e-002		General asymmetry value rX = 0,70 General V value : 4,20e-005	

Таким образом, невербальное управление движениями реципиента вызвало внутреннюю перестройку в организации его когнитивной деятельности, что обнаруживалось при системном анализе и идентификации параметров аттракторов состояния психофизиологических функций.

Теория устойчивости биосистем

В.М. Еськов¹, О.Е. Филатова¹, А.А. Хадарцев², К.А. Хадарцева²

¹ Сургутский государственный университет, Сургут

² Тульский государственный университет, Тула
fma@bf.surgu.ru

В рамках системного анализа функциональные системы организма человека описывают вектором состояния $x(t)$ в многомерном фазовом пространстве. Динамика x может иметь различный характер: состояние покоя ($dx/dt = 0$), колебательного движения, переходных режимов от одной точки покоя к другой или от одной бифуркации рождения цикла к другой. Однако часто биологическая динамическая система (БДС) может находиться в квазистационарном состоянии ($dx/dt \approx 0$) или пребывать в хаотическом режиме, когда $x(t)$ находится в окрестности некоторого квазиаттрактора или даже бассейна аттрактора. Математически строгого разграничения между квазистационарными режимами и движением x в пределах квазиаттрактора пока не существует, т. к. это связано с градацией степени приближения моделей к реальным процессам. Однако биохимические показатели крови, мышц и других тканей пребывают в состояниях, когда $dx/dt \approx 0$ на сравнительно большом интервале времени. В то же время параметры кардиореспираторной, нервно-мышечной и других систем могут быстро изменяться в пределах небольших размеров квазиаттракторов в фазовом простран-

ве состояний. Определенно можно утверждать, что для отдельного человека существуют квазиаттракторы возрастной, сезонной и суточной динамики. Отдельные параметры квазиаттракторов характерны для групп людей со сходными признаками, обусловленными гендерным сходством, проживанием в одной местности, совпадением нозологий и т. д.

Обычно идентификацию устойчивости БДС проводят на основе анализа устойчивости стационарного режима конкретной модели, описывающей ее динамику, либо по анализу движения x в пределах наблюдаемого квазиаттрактора или даже бассейна. Так, в теории А.М. Ляпунова и аналогичных ей обычно изучают устойчивость линеаризованной системы дифференциальных уравнений, являющейся математической моделью объекта исследования.

Для биосистем В.М. Еськовым была разработана иная процедура анализа устойчивости, основанная на первоначальной идентификации квазилинейного поведения БДС, находящейся в относительном стационарном режиме. Затем анализируются собственные значения матрицы A , полученной при анализе ответов на стандартное тестирующее внешнее управляющее воздействие. В рамках этой теории по определенным правилам производится анализ сохранения инвариантов матрицы A и делается заключение об идентичности поведения БДС в условиях изменения временных, амплитудных, энергетических границ внешнего управляющего воздействия. С помощью разработанной интеллектуальной системы на базе ЭВМ можно определить верхнюю и нижнюю границу ($V_{\min}$, $V_{\max}$) внешних управляющих воздействий, в пределах которых модель БДС остается адекватной в объеме погрешностей биологических измерений, а сама система устойчивой к внешним воздействиям. Установленные границы отделяют состояние саногенеза или патогенеза всего организма человека или его отдельных функциональных систем. Например, для жителей Югры установлено, что интервалы устойчивости кардио-респираторной и нервно-мышечной систем с возрастом или под действием экологических факторов, а также при заболеваниях резко сужаются, что ведет к ранней патологии и даже к смерти индивидуума. В целом такой подход важен именно в биологии и медицине, где построение адекватных математических моделей затруднительно и даже невозможно для будущих состояний вектора $x(t)$, т. к. они строятся по совокупности результатов уже совершившихся процессов. Поэтому их практическая медицинская ценность для конкретного индивидуума невелика.

Авторы активно разрабатывают и третий подход к анализу квазистационарных режимов и интервалов устойчивости биологических динамических систем. Исходя из постулата о хаотической динамике БДС, анализируют численные характеристики аттракторов, в пределах которых она находится. Например, в многомерном фазовом пространстве состояний определяют размеры гиперпараллелепипеда, внутри которого находится $x(t)$, или определяют параметры геометрического центра. В последнем случае

для БДС может быть измерено расстояние R_x между центрами двух гиперпараллелепипедов, соответствующих ее состоянию до и после внешнего управляющего воздействия. Если изменения V_G или R_x находятся в пределах погрешностей измерения, то можно говорить о практической неизменности $x(t)$ и БДС в целом.

Изложенный подход используется авторами в общей хирургии, психиатрии, гинекологии, клинике метаболических нарушений, при цереброваскулярной патологии и ряде других патологических состояний человека в условиях Севера (Югра) и средней полосы России (Тула).

В рамках этого подхода по сдвигу положения или изменению размеров квазиаттракторов в фазовом пространстве состояний стало возможным сравнение эффектов неблагоприятного действия на человека широтных перемещений, геомагнитных аномалий, повышенной активности Солнца и жестких климатических условий.

Отсроченные эффекты кратковременной вестибулярной нагрузки на показатели кардиоинтервалографии

М.Б. Звонкова

Нижегородский государственный педагогический университет, Нижний Новгород
maryz@bk.ru

Отсроченные эффекты слабых раздражений вестибулярного анализатора мало изучены, в то же время они могут иметь влияние на самочувствие и работоспособность при развитии скрытой формы болезни движения. В работе оценивались изменения артериального давления (АД) и показателей кардиоритмографии, развивающиеся в течение 2,5 ч после короткой вестибулярной нагрузки. ЭКГ регистрировались во 2-м стандартном отведении с помощью компьютерного комплекса «Полиспектр-8» (© Нейрософт, Иваново). Здоровые испытуемые (14 человек, возраст 20–22 года) после регистрации фоновых показателей подвергались вращению в модифицированном кресле Барани в положении лежа, с закрытыми глазами, в течение 6 мин со скоростью 26–28 об/мин. Ритмограмму (РГ) записывали в процессе вращения, сразу после остановки, а затем каждые 30 мин, регистрируя кардиоинтервалы в течение 5 мин. Оценивались традиционные временные и спектральные показатели variability ритма сердца [1]. В конце каждой пробы измеряли АД.

Вращение в одной плоскости обычно не вызывает укачивания [2]. В нашем исследовании, по субъективным отчетам испытуемых, 5 человек после остановки кресла отмечали у себя слабые неприятные ощущения (головокружение, подташнивание, ощущение вращения предметов), которые проходили в течение нескольких десятков секунд. Эти испытуемые были отнесены нами к группе неустойчивых к укачиванию. Остальные добровольцы составили группу условно устойчивых. У двух человек (по одному из групп устойчивых и неустойчивых к укачиванию) на фоне нормальных исходных показателей уже после остановки кресла развивалось заметное нарушение синусового ритма сердца с выраженным распадом облака точек на скаттерограмме и мощностью спектра, превышающей 10 000 мс². Такое изменение ритма сохранялось в течение всего времени наблюдения (2,5 ч). Эти испытуемые были в дальнейшем исключены из анализа.

В процессе вращения и в первые 5 мин после остановки кресла изменения показателей РГ были разнонаправлены у разных людей и в среднем статистически незначимы. Было отмечено достоверное возрастание диастолического и среднего АД в среднем на 6–7 мм рт. ст. сразу после прекращения вращения.

Однако через 30–120 мин после остановки кресла у большинства испытуемых развивались реакции, отражающие активацию парасимпатического звена вегетативной регуляции. Так, через 0,5–1,5 ч наблюдалось заметное снижение ЧСС по сравнению с исходными значениями. Через 30 мин также происходило достоверное уменьшение доли низких частот (LF, %). Следует заметить, что эти изменения были наиболее выражены в группе «неустойчивых» субъектов, тогда как изменения показателей в группе «устойчивых» были недостоверны. Показатель отношения низких и высоких частот (LF/HF) скачкообразно менялся в течение периода обследования, но достоверное снижение его также отмечалось только в группе «неустойчивых» на 30–35-й и 90–95-й минутах после вращения. Интересно отметить, что у лиц с изначально относительно высоким индексом LF/HF (>1 , $n = 5$) также наблюдалось его достоверное понижение через 1–2 ч после вестибулярной нагрузки, тогда как у субъектов с исходно низким индексом LF/HF (<1 , $n = 7$) в те же сроки было отмечено лишь небольшое увеличение этого показателя. Можно предполагать, что при изначально имеющемся функциональном напряжении механизмов адаптации, маркером которого может служить относительно низкий вклад высоких частот (HF) и соответственно высокое значение LF/HF [3], возмущающее воздействие сильнее выводит систему из равновесия и отклонения параметров от исходных значений более выражены. Аналогичная картина наблюдается у лиц, склонных к укачиванию: небольшая вестибулярная нагрузка приводит к сравнительно более резким колебаниям физиологических показателей, которые необходимы, чтобы вернуть систему в исходное состояние. Через 2–2,5 ч исследуемые параметры в основном возвращались к исходным значениям. Таким обра-

зом, кратковременная вестибулярная нагрузка может оказывать заметное отсроченное влияние на функциональные показатели сердечно-сосудистой системы. Особенно сильно отсроченные вестибуловегетативные эффекты проявляются у лиц, склонных к укачиванию.

Автор выражает благодарность профессору Виталию Ивановичу Щербакову за помощь в обсуждении результатов и подготовке статьи.

Литература

1. Михайлов, В.М. Вариабельность ритма сердца: опыт практического применения метода / В.М. Михайлов. – Иваново : Иван. гос. мед. академия, 2002. – 290 с.
2. Бенсон, А.Д. Двигательная болезнь (укачивание) // Головокружение / под ред. М.Р. Дикса, Дж.Д. Худа. – М. : Медицина, 1987.
3. Баевский, Р.М. Проблема оценки и прогнозирования функционального состояния организма и ее развитие в космической медицине // Успехи физиол. наук. 2006. Т. 37, № 3. С. 42–57.

Высшие когнитивные процессы у животных: методы экспериментального анализа

З.А. Зорина

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
Zorina_z.a@mail.ru

Изучение элементарного мышления и других видов когнитивной деятельности животных составляет одну из актуальных проблем современной когнитивной науки. Это обусловлено представлением о том, что зачатки мышления у животных могут отражать эволюционную предысторию мышления человека и их можно рассматривать как единственный источник данных для реконструкции процесса возникновения и развития этой когнитивной функции на ранних этапах антропогенеза.

Согласно определениям разных авторов мышление человека – это обобщенное и опосредованное отражение действительности. Оно основано на «произвольном оперировании образами, понятиями и категориями, составляющими внутреннюю картину мира субъекта» (Данилова, 2004. С. 224). Вместе с тем «любое мышление у любого человека, хотя бы в минимальной степени есть искание и открытие существенно нового» (Брушлинский, 2003. С. 39), оно обеспечивает способность действовать в новой ситуации (Ладыгина-Котс, 1965; Крушинский, 1977/1986; Тихомиров, 1984; Лурия, 1973; В. Келер, 1930; Рубинштейн, 1958; Бугне, 1998; Rumbaugh et al., 2000; Savage-Rumbaugh et al., 1998, 2006, и мн. др.), находить выход из

ситуации, для которой «нет готового решения» (Лурия, 1973). Определение А.Р. Лурия представляется особо конструктивным при создании соответствующих тестов для животных, при анализе полученных результатов, а также при «диагностике» предполагаемых проявлений в их повседневном поведении.

Мышление человека – это сложный по структуре и многогранный психический процесс, основанный на различных операциях (анализ, синтез, сравнение, абстрагирование, обобщение). Существуют разные виды мышления (наглядно-действенное, образное, отвлеченное), разные способы (индукция, дедукция), и проявляется оно в разных формах (понятие, суждение, умозаключение). Эта многогранность мышления человека определила и разнообразие подходов, использованных в поисках его зачатков у животных. Условно можно выделить два основных направления исследований:

- оценка способности к решению новых задач в экстренно сложившихся ситуациях;

- оценка способности к обобщению и абстрагированию (см. статью Смирновой «Методы изучения операции обобщения у животных» в наст. сборнике).

Данные о наличии у животных зачатков мышления имеют два источника, которые дополняют и «подпитывают» друг друга, – эксперимент в лаборатории и наблюдения за поведением животных в нестандартных ситуациях.

Сложность феномена определила многообразие экспериментальных моделей. Первоначально авторы пытались воспроизводить наиболее очевидные проявления человеческого мышления (счет, речь, экстренное решение задач). Методики некоторых тестов были заимствованы из детской психологии (например, тест на транзитивное заключение и на выявление аналогий). Ряд тестов имеет прообраз в поведении животных (например, задача на экстраполяцию). К настоящему времени предложен ряд критериев, соблюдение которых необходимо при разработке и применении элементарных логических задач (см. Крушинский, 1986; Зорина, Полетаева, 2007). Необходимый этап анализа проявлений мышлений животных – применение канона К.Л. Моргана – выяснение вопроса о том, не лежит ли в основе поведения, предположительно относимого к актам мышления, какой-то более простой механизм.

Экспериментальное изучение мышления животных с первых своих шагов последовательно реализует сравнительный подход. Это позволяет охарактеризовать доступный животным спектр проявления мышления и других когнитивных способностей – от наиболее универсальных до наиболее сложных. Сопоставление этих данных обнаруживает связь между уровнем развития мозга и спектром когнитивных способностей и позволяет реконструировать пути их развития в филогенезе.

К моделям для поиска зачатков мышления у животных относятся:

- проблемные ситуации, для выхода из которых «нет готового решения»:

- тесты, требующие применения орудий (по В. Келеру);

- тесты, основанные на «эмпирических законах» (по Л.В. Крушинскому);

- модели, связанные с операцией обобщения:

- обобщение абсолютных и относительных признаков;

- усвоение и использование символов;

- усвоение и использование «языков-посредников» антропоидами.

Для полноценной характеристики спектра когнитивных способностей вида применяются различные комбинации перечисленных тестов. С помощью указанных методик удалось обнаружить у многих видов способность к решению ряда задач, которые свидетельствуют о наличии у них разных аспектов мышления и некоторых других когнитивных процессов, в том числе:

- Показано, что ряду видов доступно решение новых задач за счет экстренного улавливания их структуры. В. Келер (1930), обнаруживший эту способность у антропоидов, называл ее «инсайтом», а Л.В. Крушинский, показавший способность многих позвоночных к экстренному решению простейших логических задач, относил ее к элементарной рассудочной деятельности.

- У многих животных обнаружена способность к пластической рекомбинации независимых элементов образной памяти и независимо сформированных навыков для принятия решения в новой ситуации (Рубинштейн, 1958; Byrne, 1998).

- У широкого круга позвоночных доказана способность к обобщению и абстрагированию на разных уровнях – допонятийном, протопонятийном (формирование довербальных понятий – Ладыгина-Котс, 1923, 1963; Зорина, Смирнова, 2006; Koehler, 1956; Фирсов, Чиженков, 2004; Mackintosh, 1985, 1988; Lazareva, Wasserman, 2008, и мн. др.), а также способность выявлять общий алгоритм при решении серии однотипных задач (установка на обучение по Н. Harlow, 1959; Rumbaugh, 2000), «выявлять правила, лежащие в основе распределения подкрепления, и использовать их при применении новых стимулов» (Mackintosh, 1985, 1988) и формировать «обобщенный способ действия» (Новоселова, 2001, 2003). Принято считать (см., например, Фирсов, 1987; Фирсов, Чиженков, 2003, 2004), что именно эта операция составляет первооснову других проявлений мышления, а также усвоения символов и оперирования ими.

- Получены доказательства того, что животные способны к операциям логического вывода: многие виды способны к транзитивному заключению (Зорина и др., 1995; Delius, Siemann, 1998; Gillan, 1981; Lazareva et al., 2004), а антропоиды и врановые – к выявлению аналогий (Gillan et al., 1981; Thompson et al., 1997; Bovet, Vauclair, 2001; Zorina, Smirnova, 2005).

- У высших животных имеется так называемый макиавеллиевский интеллект – способность принимать решения на основе понимания взаимоотно-

ношений особей внутри сообщества (социальные знания – social cognition) при наличии самоузнавания и понимания ментальных состояний других особей – «theory of mind» (см. обзоры Резникова, 2005; Зорина, Смирнова, 2006; Reznikova, 2007; Call, Tomasello, 2008).

Работа поддержана грантом РФФИ 07-04-01287.

Паттерны нейронной активности как отражение информационных процессов в мозге

Г.А. Иваницкий, А.М. Иваницкий, Р.А. Наумов, А.О. Роик

Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН, Москва
geivanit@mail.ru

Широко известно понятие детекторного нейрона, т. е. такого нейрона, который реагирует только на определенный стимул или на определенную категорию стимулов и не отвечает на все другие стимулы. В большинстве работ, в которых сообщается о факте нахождения детекторного нейрона в электрофизиологических опытах, такой нейрон находили достаточно быстро. Это было бы совершенно невозможно, если бы он был единственным, так как «заколоться» электродом почти случайно в одну определенную клетку (из многих тысяч), пусть даже и в ограниченной области мозга, нереально. Остается предположить, что детекторных нейронов для каждой категории стимулов на самом деле много, и каждый найденный детекторный нейрон является лишь одним из множества таких нейронов.

Таким образом, можно говорить о существовании характерных для каждой категории стимулов *паттернов* нейронной активности. В высших отделах мозга, например в нижневисочной коре, такие паттерны соотносятся уже с обобщенными категориями стимулов, такими как дома, обувь, человеческие лица и т. п., инвариантно относительно их конкретного вида и

формы представления. Это убедительно показано Хаксби и Пьетрини в опытах с предъявлением испытуемым зрительных и тактильных стимулов разных категорий и параллельной регистрацией активности поля V4 методом фМРТ [2, 3]. Рисунок 1 взят из статьи Хаксби 2001 г. Видно, что усредненные паттерны активации нижневисочной коры различны для разных категорий стимулов, при этом паттерны, полученные усреднением четных и нечетных эпох, очень близки.

В теории нейронных сетей известен феномен формирования устойчивых конфигураций нейронной активности в ответ на предъявление набора разнообразных стимулов [5]. Если стимулы по своим свойствам разбиваются на классы (категории), то в результате обучения сеть находит несколько устойчивых конфигураций активности, число которых равно числу классов. Говорят, что такая сеть способна к генерализации признаков классов и самостоятельному научению различать их, т. е. к самоорганизации. После подачи на вход обученной сети какого-либо конкретного внешнего воздействия конфигурация активности сети стягивается к одному из устойчивых состояний, образовавшихся в процессе обучения. При этом происходит акт *категоризации* входного воздействия. Такие устойчивые «притягивающие» паттерны активации, отвечающие *категориям* входных воздействий, называются аттракторами. Возможно, что устойчивые воспроизводимые паттерны активации, наблюдавшиеся Хаксби и Пьетрини, как раз и являются такого рода аттракторами в поле V4 коры головного мозга человека.

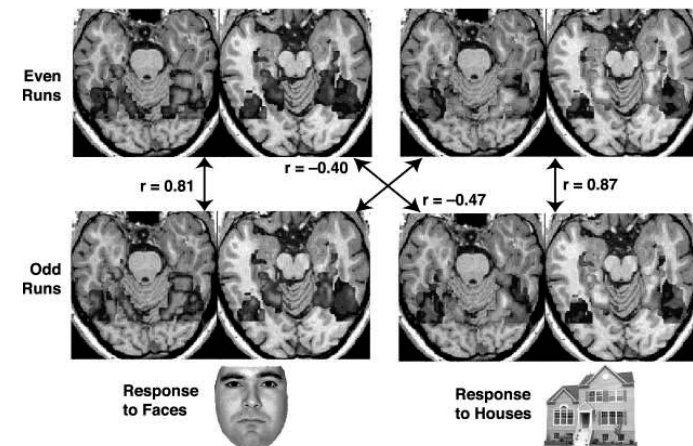


Рис. 1. Усредненные паттерны активации нижневисочной коры в ответ на предъявление различных лиц и различных домов. Для каждого паттерна приведены два среза фМРТ на разных уровнях. Также приведены коэффициенты корреляции между паттернами, полученными усреднением по четным и нечетным реализациям BOLD-сигнала (из [2]).

Можно говорить не только о паттернах активности нейронов, понимая под их активностью, скажем, частоту импульсации, но и о паттернах активности нейронных осцилляторов, образующих сеть. Осцилляторная нейронная сеть состоит из групп осцилляторов, объединенных в единую систему. Внутри группы все осцилляторы синхронны (и, следовательно, работают на одной частоте), но разные группы имеют разные частоты осцилляций. Построено несколько теоретических моделей осцилляторных нейронных сетей, способных к переработке и анализу внешней информации [1].

В течение многих лет мы наблюдаем экспериментальные факты, согласующиеся с идеей осцилляторных паттернов. В ходе экспериментов испытуемые выполняли задания, относящиеся к двум разным категориям мыслительной деятельности: вербально-логическому или пространственно-образному мышлению. Стимулы подавались в зрительной или слуховой модальности. Параллельно проводили многоканальную запись ЭЭГ. Подробно процедура исследований и их результаты описаны, например, в статье [4]. Общий вывод из проведенных исследований таков: в процессе выполнения когнитивных заданий в электрической активности мозга человека устанавливаются характерные паттерны ритмов альфа-, бета- и тета-диапазонов. Эти паттерны высоко индивидуально-специфичны, но для каждого отдельного человека они: 1) однозначно отражают тип мышления; 2) в определенной степени отражают конкретный вид выполняемого задания; 3) устойчивы во времени; 4) мало зависят от трудности задания, т. е. отражают тип мышления, а не степень умственного напряжения; 5) мало зависят от сенсорной модальности стимула.

Далее нами было показано, что применение искусственной нейронной сети в качестве классификатора сигналов позволяет определять категорию осуществляемого мышления с надежностью порядка 85–90 % по коротким (от 2 с) реализациям ЭЭГ. На рис. 2 приведены усредненные спектры мощности ЭЭГ для одного из испытуемых при решении им пространственно-образных (светлые кривые) и вербально-логических (темные кривые) задач. На рисунке хорошо видны основные ритмические признаки типов мышления, например ритм с частотой 10,5 Гц в правом центральном отведении С4 и ритм с частотой 9,2 Гц в правом задневисочном отведении Т6.

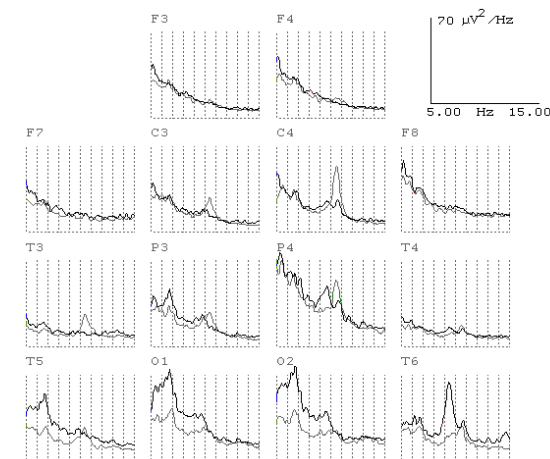


Рис. 2. Спектры мощности ЭЭГ при решении вербально-логических (темные кривые) и пространственных (светлые кривые) задач

Работа поддержана грантами РФФИ 08-04-01629-а и РГНФ 08-06-00077а, программой президиума РАН «Фундаментальные науки – медицине» и программой Отделения биологических наук РАН.

Литература

1. Levine D.S., Brown V.R., Shirey T. Oscillations in Neural Systems. New York: Lawrence Erlbaum Associates, 2000.
 2. Haxby J.V., Gobbini M.I., Furey M.L., Ishai A., Schouten J.L., Pietrini P. Distributed and Overlapping Representations of Faces and Objects in Ventral Temporal Cortex // Science. 2001. V. 293. P. 2425–2430.
 3. Pietrini P., Furey M.L., Ricciardi E., Gobbini M.I., Wu W.C., Cohen L., Guazzelli M., Haxby J.V. Beyond sensory images: Object-based representation in the human ventral pathway // PNAS. 2004. V. 101. P. 5658–5663.
 4. Иваницкий Г.А., Наумов Р.А., Роик А.О., Иваницкий А.М. Как определить, чем занят мозг, по его электрическим потенциалам? Устойчивые паттерны ЭЭГ при выполнении когнитивных заданий // Вопросы искусственного интеллекта. 2008. Т. 1, № 1. С. 93–102.
 5. Хайкин С. Нейронные сети: Полный курс. М.: Изд. дом «Вильямс», 2008.
- Генерация ритмической активности в глияльных сетях мозга**
В.Б. Казанцев^{1,2}, А.В. Воробьев^{1,2}, С.Ю. Асатрян², А.В. Семьянов^{2,3}
- ¹ Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород
² Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород
³ Институт мозга РИКЕН, Вако-ши, Япония
vkazan1509114@mail.ru

В последние годы большой интерес в нейронаучных исследованиях вызывает динамика глияльных клеток, их роль в межклеточной сигнализации, регуляции информационных процессов в мозге и когнитивных функциях [1–5]. Подобно нейронным сетям, глияльные клетки также формируют сети

и взаимодействуют между собой как непосредственно, так и через нейронную сеть, воздействуя на синаптическую передачу сигналов [2, 3]. Глиальные клетки, в частности астроциты, способны генерировать кальциевые сигналы, связанные с высвобождением во внеклеточное пространство нейроактивных молекул (в частности, глутамата и АТФ) [1–3]. Сети глиальных клеток формируются за счет щелевых контактов, обеспечивающих межклеточную диффузию посредника, инозитол-трисфосфата (IP_3), повышение концентрации которого в клетке обеспечивает выброс кальция из внутриклеточных депо [1]. Наличие механизмов активного транспорта кальция и связанной с ним активации фосфолипаз приводит к возможности генерации автоколебательных процессов и ритмических изменений концентраций сигнальных молекул внутри клетки и во внеклеточном пространстве.

Механизм генерации кальциевых колебаний в изолированной клетке может быть описан с помощью нелинейных дифференциальных уравнений основных ферментативных преобразований [2]. Мы используем систему трех взаимосвязанных уравнений, описывающих изменения Ca^{2+} и IP_3 внутри клетки. В качестве управляющих параметров выступают: внеклеточная концентрация глутамата и скорость кальциево-зависимой регенерации посредника IP_3 за счет фосфолипазы C- δ . Модель представляет собой возбудимую динамическую систему с единственным устойчивым состоянием равновесия. Вблизи порога возбуждения при наличии слабых шумовых возмущений происходит спонтанная генерация кальциевых импульсов (рис. 1).

При увеличении скорости регенерации IP_3 в трехмерном фазовом пространстве модели происходит бифуркация Андронова – Хопфа и мягко рождается устойчивый предельный цикл с частотой $\sim 0,1$ Гц.

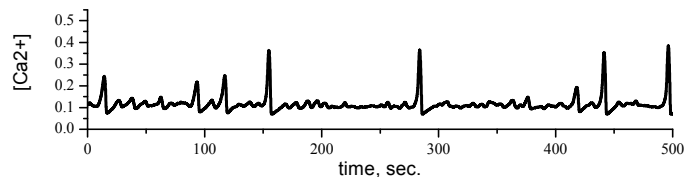


Рис. 1. Типичный вид кальциевых колебаний в модели астроцита

В сетевой динамике ключевую роль играет коэффициент межклеточной диффузии посредника IP_3 через щелевые контакты (Cx43) [4, 5]. Исследование математической модели одномерной и двумерной сетей показало, что при превышении некоторого критического значения диффузия посредника приводит к генерации спонтанных подпороговых колебаний клеток [5]. Анализ устойчивости состояния равновесия показал, что эти колебания соответствуют потере устойчивости и рождению предельного цикла через бифуркацию Андронова – Хопфа в многомерном фазовом пространстве. При этом соседние элементы находятся в режиме противофазной синхронизации (рис. 2).

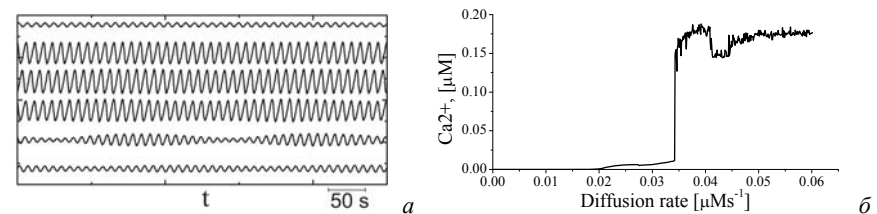


Рис. 2. Спонтанные колебания сети астроцитов (а) и средняя амплитуда кальциевых колебаний сети в зависимости от коэффициента диффузии (б)

Дальнейшее увеличение диффузии приводит к генерации мультичастотных режимов и более сложной эволюции фаз колебаний, сопровождающейся формированием и разрушением фазовых кластеров.

В заключение отметим, что ритмическая активность глиальных сетей в низкочастотном диапазоне (на порядок ниже нейронных ритмов) может свидетельствовать о возможном участии глиальных клеток в информационных процессах в сетях мозга за счет ритмической регуляции внеклеточных концентраций нейроактивных веществ.

Работа поддержана РФФИ (08-02-00724, 08-04-97109, 09-04-01432) и программой МКБ Президиума РАН.

Литература

1. Verkhratsky A., Butt A. Glial Neurobiology. Wiley, 2007.
2. Volman V., Ben-Jacob E., Levine H. The astrocyte as a gatekeeper of synaptic information transfer // Neural Comp. 2007. V. 19. P. 303–326.
3. Semyanov A.V. Can diffuse extrasynaptic signaling form a guiding template? // Neurochemistry Int. 2008. V. 52. P. 31–33.
4. Ullah G., Jung P., Cornell-Bell A.H. Anti-phase calcium oscillations in astrocytes via inositol (1, 4, 5)-trisphosphate regeneration // Cell Calcium. 2006. V. 39. P. 197.
5. Kazantsev V.B. Spontaneous calcium signals induced by gap junctions in a network model of astrocytes // Phys. Rev. E. 2009. V. 79. Art. 010901(R).

Неосознанное восприятие автостереографического изображения при решении арифметических задач

В.Ю. Карпинская, А.А. Четвериков

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург
karpinskaya78@mail.ru

Случайно-точечные автостереограммы (СТАСГ), или SIRDS (Single-Image Random-Dot Stereograms), – это специальным образом создаваемые изображения, на первый взгляд состоящие из случайного набора точек, при рассмотрении которых определенным способом появляется ранее скрытое трехмерное изображение. Принципы создания случайно-точечных стерео-

грамм изобрел в 1979 году Christopher Tyler (по другим данным авторами идеи являются Burt и Julesz) [1].

Хотя современные работы по восприятию СТАСГ предполагают необходимость специальных волевых действий испытуемых по фокусировке и конвергенции глаз для восприятия скрытого объекта в изображении, мы считаем, что основную роль в данном процессе будут играть не физиологические, а психологические механизмы. Для подобного предположения существует несколько оснований.

1. Спонтанность, неожиданность появления объекта при рассмотрении СТАСГ.

2. По свидетельству самих нейрофизиологов, на сегодня не существует удовлетворительных нейрофизиологических объяснений этого процесса [2].

3. Восприятие автостереограмм тренируется со временем, и после определенных тренировок уже не требуется длительного рассматривания изображения.

4. Наконец, есть теории, предполагающие, что процесс вычисления скрытого объекта в СТАСГ вполне может выполняться мозгом наравне с компьютером, который справляется с подобной задачей [3, 4].

Если действительно человек способен распознавать скрытые в стереограмме изображения, но не осознает этого, то такая информация должна оказывать влияние на принятие решения в задачах с ответами, скрытыми в СТАСГ.

Метод

В эксперименте испытуемым предлагалось решить простые арифметические задачи на сложение и вычитание и выбрать правильный ответ.

На альбомном листе был напечатан пример, ниже предложены шесть вариантов решения в виде стереограмм. Испытуемый должен был выбрать один из шести ответов. Время на ответ ограничивалось 5–7 секундами. Задача различить, что изображено в стереограмме, не ставилась. В инструкции говорилось, что это модель теста на проверку интуиции и следует выбрать тот вариант, который кажется верным. Всего 15 задач. Вторая серия проводилась через две недели. Задачи были те же, изменился порядок их предъявления и расположение ответов на странице.

В эксперименте участвовало 17 человек с нормальным зрением, 17–25 лет.

Результаты

Всего задач: 255 в первой и 255 во второй серии. Количество правильных ответов: в первой серии – 68 (27 % всех ответов), во второй серии – 53 (21 % всех ответов). Количество повторений ответа во второй серии – 89 (35 % всех ответов первой серии сохраняется). Таким образом, и количест-

во правильных ответов, и количество повторений ответа значимо выше (по биномиальному критерию с заданными пропорциями вероятностей), чем было бы при случайном выборе.

Обсуждение результатов

В данной работе мы проверяли гипотезу о влиянии скрытых в автостереограммах изображений на вероятность выбора правильного ответа при решении простой арифметической задачи. Вопреки сложившемуся мнению о необходимости специальной деятельности для восприятия таких объектов, в том числе разделения процессов аккомодации и конвергенции глаз, результаты наших экспериментов свидетельствуют о влиянии скрытой информации на выбор испытуемого даже тогда, когда нет времени рассматривать автостереограмму. Результаты показывают, что вероятность выбора правильного решения оказывается выше случайного выбора. Но даже более показательным является факт повтора испытуемыми ранее выбранного ответа, что может быть интерпретировано в рамках теории В.М. Аллахвердова как тенденция механизма сознания сохранять ранее выбранную гипотезу.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ_08-06-00199-а.

Литература

1. Burt, P. Modification of the classical notion of Panum's fusional area / P. Burt, B. Julesz // Perception. 1980. № 9. P. 671–682.
2. Bear, M.F. Neuroscience: Exploring the Brain / M.F. Bear, B.W. Connors, M.A. Paradiso. – Baltimore : Lippincott Williams & Wilkins, 2006.
3. Аллахвердов, В.М. Опыт теоретической психологии / В.М. Аллахвердов. – СПб. : Печатный двор, 1993.
4. Proudfoot, K. An autostereogram decoder. 2003. – Режим доступа: <http://graphics.stanford.edu/~kekoa/talks/gcafe-20030417/>.

Нелинейные колебания и кластеры активности в динамической модели рабочей памяти

В.В. Клиньшов, В.И. Некоркин

Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород
vklin@mail.ru

Одной из важнейших подсистем ЦНС человека и высших животных является система памяти. В зависимости от продолжительности хранения информации память подразделяется на различные типы – обычно говорят о мгновенной (или иконической), краткосрочной (или рабочей) и долгосрочной памяти. При поступлении в живую систему информации извне она сначала на доли секунды сохраняется в мгновенной памяти, затем частично

передается в краткосрочную память, где хранится до тех пор, пока непосредственно используется. После прекращения использования часть информации забывается, а часть передается в долгосрочную память, где она может храниться от нескольких дней до нескольких лет или даже в течение всей жизни. Различные типы памяти связаны с различными нейронными ансамблями, различными отделами мозга и различными нейрофизиологическими механизмами.

В серии недавних работ группы под руководством известного американского нейрофизиолога Дж. Лисмана [1, 2] была предложена концепция, объясняющая возможность функционирования системы краткосрочной памяти. Данная концепция предполагает, что краткосрочная память связана со специфическим свойством некоторых нейронов – с так называемым свойством последеполяризации (afterdepolarization). Это свойство заключается в том, что после генерации потенциала действия возбудимость нейронной мембраны временно увеличивается, т. е. порог возбуждения нейрона временно понижается. В данном докладе приводится обзор серии работ, посвященных разработке и исследованию динамической модели отдельного нейрона, обладающего данным свойством, и сети подобных нейронов, а также раскрытию динамических механизмов реализации ими функций краткосрочной памяти [3–7].

В предложенной динамической модели нейроны находятся под воздействием периодической («осцилляторной») подпороговой стимуляции, взаимодействие между ними осуществляется через петлю ингибиторной обратной связи. Информация передается в сеть с помощью воздействия на ее элементы короткими возбуждающими («информационными») импульсами. Если до прихода «информационного» импульса на какой-либо элемент он совершал подпороговые колебания, то после воздействия начинает периодически генерировать потенциал действия (спайк) на каждом пике осцилляторного сигнала, и тем самым факт поступления импульса «запоминается» элементом. После однократной подачи информационных сигналов на некоторую совокупность нейронов сети она может запомнить произвольный информационный образ в виде кластера периодической нейронной активности.

Важную роль в предложенной модели играет взаимодействие элементов ансамбля через петлю подавляющей обратной связи. Оказывается, наличие ингибиторных (подавляющих) обратных связей между нейронами приводит к появлению на пике осцилляторного сигнала нескольких «подциклов», на каждом из которых может возбуждаться определенная группа нейронов. Таким образом, в системе сосуществует несколько различных кластеров активности, периодически сменяющих друг друга. Данный режим соответствует хранению в памяти системы одновременно нескольких информационных образов в виде сосуществующих последовательно возбуждающихся кластеров периодической нейронной активности.

Изучена емкость системы памяти, т. е. максимальное число образов, которые могут одновременно в ней храниться. Показано, что данная величина существенно зависит от параметров системы, главным образом от силы обратной связи, зависимость от которой носит ярко выраженный пороговый характер. Найдены оптимальные параметры системы, соответствующие максимальной емкости памяти. Примечательно, что при реалистичных параметрах системы результаты для величины емкости соответствуют экспериментальным результатам по исследованию рабочей памяти мозга.

Литература

1. *Lisman, J.E.* Storage of 7 ± 2 Short-Term Memories in Oscillatory Subcycles / J.E. Lisman, M.A.P. Idiart // *Science*. 1995. V. 267. P. 1512–1514.
2. *Jensen, O.* An oscillatory short-term memory buffer model can account for data on the Sternberg task / O. Jensen, J.E. Lisman // *J. Neurosci*, 1998. V. 18. P. 10688–10699.
3. *Клиньшов, В.В.* Динамика системы нейронов с последеполяризацией и ингибиторной обратной связью / В.В. Клиньшов, В.И. Некоркин // *Изв. вузов. Прикладная нелинейная динамика*. 2004. Т. 12, № 6. С. 144–158.
4. *Клиньшов, В.В.* Модель нейрона с последеполяризацией и краткосрочная память / В.В. Клиньшов, В.И. Некоркин // *Изв. вузов. Радиофизика*. 2005. № 3. С. 228–237.
5. *Клиньшов, В.В.* Фазовые кластеры и краткосрочная память в сети нейронов с последеполяризацией / В.В. Клиньшов, В.И. Некоркин // *Нелинейные волны* 2006. Н. Новгород : ИПФ РАН, 2007. С. 85–101.
6. *Klinshov, V.V.* Activity clusters in dynamical model of the working memory system / V.V. Klinshov, V.I. Nekorkin // *Network: Computation in Neural Systems*. 2008. V. 19, № 2. P. 119–135.
7. *Klinshov, V.V.* Working memory in the network of neuron-like units with noise / V.V. Klinshov, V.I. Nekorkin // *Int. J. Bifurcations and Chaos*. 2008. V. 18, № 9. P. 2743–2752.

Нейроноподобный алгоритм с функциями обучения, хранения условных вероятностей и идентификации на основе конкуренции последовательностей

А.В. Ковальчук

Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород
aka.xzib1t@gmail.com

В работе рассматривается один из возможных подходов к созданию систем распознавания образов. Этот подход фундаментально опирается на следующие гипотезы:

– пространственно-временной образ описывается пространственно-временной последовательностью активных элементов;

- активность элементов, составляющих последовательность, определяется собственными условными вероятностями;
- каждый элемент формирует предсказание активностей в будущий момент времени на основе активностей в предыдущих моментах и на основе собственной памяти – так называемая кооперация в предсказании;
- активные элементы конкурируют за право описания момента времени в последовательности, представляющей образ.

По мнению авторов, эти гипотезы могут быть характерны для функциональной схемы неокортекса, что позволяет эффективно выполнять задачи распознавания, автономного функционирования, поиска ошибок и т. п. Основным преимуществом систем с последовательным представлением образов является также высокая энергетическая и временная эффективность выполнения задач: поскольку выбирается ограниченное количество вариантов развития событий, следовательно большинство ансамблей активных элементов будет отброшено на начальных этапах. Немаловажным является и возможность для систем с иерархией контекстной фильтрации образов из репертуара с помощью межуровневого взаимодействия активных элементов.

Предложенные принципы реализованы в простейшем алгоритме детектирования объектов на изображении, так называемом дереве предсказаний. Каждое ветвление в дереве – активный элемент, представленный в виде одной из хаароподобных функций с порогом активации. В процессе обучения (построения дерева) для каждого элемента отбираются устойчивые связи с его окружением (предсказания), которые становятся конкурентами и описывают ту или иную особенность объекта распознавания. Рекурсивным повтором этого процесса можно получить дерево, описывающее всю исходную выборку объектов. Анализ фрагмента изображения на предмет присутствия на нем искомого объекта становится делом тривиальным – нужно лишь убедиться, что одна из веток дерева предсказаний полностью активна на этом фрагменте.

Влияния занятия кинезотерапией больных с остеохондрозом позвоночника на состояние регуляторных механизмов

Г.С. Козуница¹, О.Н. Биленькая², В.Н. Голушков¹, Н.П. Николаев³, И.А. Васельцова²

¹ Сургутский государственный университет, Сургут

² Самарский государственный университет путей сообщения, Самара

³ Российский государственный университет туризма и сервиса (Самарский филиал), Самара
valeolog1@gmail.com

В настоящее время отмечается устойчивая тенденция к увеличению

числа больных с остеохондрозом позвоночника. Ситуация осложняется многочисленными рецидивами, возникающими зачастую спустя некоторое время после полученного лечения. Это свидетельствует о низкой эффективности медикаментозного лечения. В связи с этим в настоящем исследовании выяснялось влияние занятия кинезотерапией больных с остеохондрозом позвоночника на состояние регуляторных механизмов организма.

Группу обследуемых составили 32 больных остеохондрозом, проходящих реабилитационный курс с применением программ кинезотерапии. Снятие параметров осуществляли до и после занятия кинезотерапией. Применялся метод вариационной пульсометрии (ВСП) с использованием пульсоксиметра «ЭЛОКС-01М». Фиксировались следующие показатели: NN-интервал; СИМ – показатель активности регуляции симпатического отдела ВНС; ПАР – показатель активности регуляции парасимпатического отдела ВНС; ИБ – индекс напряжения Р.М. Баевского; Мо – мода распределения длительностей NN-интервалов; АМо – амплитуда моды; DX – вариационный размах; SDNN – стандартное отклонение длительностей всех NN-интервалов; pNN50 – отношение NN-интервалов, отличающихся от соседних более чем на 50 мс; HRV index – отношение общего числа NN-интервалов к количеству интервалов с наиболее часто встречающейся длительностью; HR – частота сердечных сокращений. Рассчитывались среднее арифметическое значение признака ($\bar{X}$) и стандартное отклонение ($\bar{s}$). Статистическая значимость различий (P) оценивалась с применением критерия Вилкоксона.

В таблице представлены результаты исследований показателей ВСП у больных с остеохондрозом позвоночника до выполнения и после выполнения программ кинезотерапии.

Как следует из представленных данных, после занятия кинезотерапией отмечалось увеличения активности парасимпатической регуляции. Об этом свидетельствовало статистически значимое уменьшение ИБ, СИМ, Мо, HR, увеличение NN и SDNN. Сказанное свидетельствует о децентрализации в регуляции сердечного ритма и уменьшении напряжения механизмов адаптации.

Динамика показателей ВСП у больных с остеохондрозом позвоночника в результате выполнения программ кинезотерапии

Показатели	N	До занятия		После занятия		$\Delta \bar{X}$	P
		$\bar{X}$	$\bar{s}$	$\bar{X}$	$\bar{s}$		
NN	16	801,7	80,1	893,8	89,3	92,1	0,002
СИМ	16	5,2	3,9	4,0	2,9	-1,2	0,043
ПАР	16	11,7	6,4	12,4	5,0	0,8	0,551
ИБ	16	138,5	82,4	97,7	50,5	-40,8	0,013
Мо, мс	16	805,0	90,8	900,0	92,7	95,0	0,002

Показатели	N	До занятия		После занятия		$\Delta \bar{X}$	P
		$\bar{X}$	$\bar{s}$	$\bar{X}$	$\bar{s}$		
AM ₀	16	10,9	3,4	9,8	3,3	-1,1	0,187
DX, мс	16	314,4	147,1	373,1	247,7	58,8	0,209
SDNN, мс	16	45,1	22,6	54,5	31,3	9,4	0,046
PNN50, %	16	9,7	15,0	10,9	13,1	1,2	0,363
HRV	16	0,8	3,7	10,6	3,3	0,9	0,326
HR, уд/с	16	75,2	8,1	67,1	6,6	-8,1	0,001

Для нахождения базовых механизмов влияния кинезотерапии на ВСР у больных остеохондрозом был проведен анализ в рамках теории хаоса и синергетики. Проанализированы данные аттрактора параметров вектора состояния ВСР (ВВСР) в двух кластерах (до выполнения и после выполнения программы кинезотерапии) в 11-мерном пространстве изучаемых признаков. Аттракторы движения ВСР до и после сеанса кинезотерапии имели практически одинаковые объемы, а коэффициент асимметрии после сеанса кинезотерапии уменьшился на 10,4 %. Сказанное свидетельствует о том, что в основе механизма позитивных тенденций ВСР у пациентов после курса кинезотерапии лежит уменьшение процессов хаоса в регуляции ритма сердечного сокращения и активация синергизма этих систем.

Мы определили также расстояние между центрами аттракторов движения ВСР (Z) в обследуемой группе. Величины Z всех изучаемых признаков находились в интервале 101–139 отн. ед. Наименьшая величина Z соответствовала M₀ (101,6) и СИМ (194,2), что позволяет признать эти переменные наиболее значимыми диагностическими признаками.

Таким образом, проведенные исследования позволили установить регулирующее влияние кинезотерапии больных с остеохондрозом позвоночника на вегетативный гомеостаз. Это влияние выражается в децентрализации регуляции сердечного ритма и уменьшении напряжения механизмов адаптации. В основе механизма позитивных тенденций ВСР у пациентов после курса кинезотерапии лежит уменьшение хаоса в регуляции ритма сердечного сокращения и активация их синергизма.

On-off-перемежаемость в спонтанной неконвульсивной судорожной активности крыс

А.А. Короновский¹, И.С. Мидзяновская², Е.Ю. Ситникова², А.Е. Храмов¹, С.М. van Rijn³, G. van Luijelaar³

¹ Саратовский государственный университет, Саратов

² Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН, Москва

³ Donders Institute for Brain, Cognition and Behaviour; Centre for Cognition, Radboud University Nijmegen, Nijmegen, the Netherlands
alkor@nonlin.sgu.ru

Изучение таких сложных объектов, как головной мозг, с использованием методов и подходов нелинейной динамики является на сегодняшний день одним из бурно развивающихся направлений, так как не только представляет собой теоретический интерес, но и имеет большое прикладное значение, поскольку может привести к пониманию причин возникновения и развития мозговых патологий [1].

В настоящей работе исследуется перемежающееся поведение, наблюдающееся в спонтанной неконвульсивной судорожной активности у крыс с генетической предрасположенностью к абсанс-эпилепсии (линия WAG/Rij). Для этой цели использовались долговременная регистрация пароксизмальной активности, записанной у интактных свободно-подвижных животных с хронически вживленными электродами. Длительность записей варьировала от 6 часов до 4 суток. Типичная энцефалограмма, регистрируемая в ходе наблюдений, представляет собой чередование низкоамплитудных полиритмических участков ЭКоГ, соответствующих «нормальному» функционированию головного мозга (ламинарные фазы), и участков высокоамплитудной генерализованной активности с относительно стабильной несущей частотой и высокой амплитудой (турбулентные фазы), соответствующих эпилептическим припадкам. В результате проведенных исследований было установлено, что чередование судорожной активности и «нормального» функционирования мозга может быть хорошо описано в рамках динамики on-off-перемежаемости [2].

Работа поддержана РФФИ (проект 07-02-00044).

Литература

1. Tas, P.A. Synchronization Tomography: A Method for Three-Dimensional Localization of Phase Synchronized Neuronal Populations in the Human Brain using Magnetoencephalography / P.A. Tass, T. Fieseler, J. Dammers, K.T. Dolan, P. Morosan, M. Majtanik, F. Boers, A. Muren, K. Zilles, G.R. Fink // Phys. Rev. Lett. 2003. V. 90. P. 088101.
2. Hramov, A.E. On-off intermittency in time series of spontaneous paroxysmal activity in rats with genetic absence epilepsy / A.E. Hramov, A.A. Koronovskii, I.S. Midzyanovskaya, E. Sitnikova, C.M. van Rijn // CHAOS. 2006. V. 16. P. 04311.

Частотно-временной анализ и классификация ритмических паттернов на электроэнцефалограммах с помощью непрерывного вейвлетного анализа

А.А. Короновский¹, А.А. Овчинников¹, Е.Ю. Ситникова², А.Е. Храмов¹, G. van Luijelaar³

¹ Саратовский государственный университет, Саратов

² Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН, Москва

³ Donders Institute for Brain, Cognition and Behaviour; Centre for Cognition, Radboud University Nijmegen, Nijmegen, the Netherlands
aeh@nonlin.sgu.ru, HramovAE@gmail.com

В исследованиях функций головного мозга широко используются методы регистрации его электрической активности (электроэнцефалограммы, ЭЭГ). Анализ ЭЭГ позволяет выявить основные взаимодействия между областями головного мозга, принципы формирования ритмической активности в норме и при патологиях и в конечном счете лучше понять механизмы, обеспечивающие когнитивные функции. Следует отметить, что выявление закономерностей формирования различных типов ритмической активности на ЭЭГ у пациентов, страдающих эпилепсией, может послужить основой для оценки эффективности лечения и прогнозирования дальнейшего развития процессов эпилептогенеза. Одним из типов пароксизмальной ритмической активности являются пик-волновые разряды (ПВР), сопровождающие эпизоды абсанс-эпилепсии. Появление ПВР на ЭЭГ связано с гиперсинхронной динамикой ансамблей нейронов в разных областях головного мозга. Вызывает интерес вопрос о связи между ПВР (эпилептическими событиями на ЭЭГ) и сонными веретенами, которые появляются вследствие синхронной работы нейронов коры больших полушарий и нижележащих структур (таламуса). В частности, существует предположение о возможности трансформации сонных веретен в эпилептические ПВР [1].

Данная работа направлена на исследование частотно-временной структуры эпилептических (ПВР) и неэпилептических паттернов (сонных веретен, дельта-волн, тета-ритма) с помощью непрерывного вейвлетного анализа [2]. Цель работы – классификация вышеперечисленных паттернов, анализ связи между эпилептическими разрядами и неэпилептической ритмической активностью на ЭЭГ, разработка метода автоматической диагностики тех или иных событий на ЭЭГ на основе полученных результатов. Работа проведена на ЭЭГ крыс с генетической предрасположенностью к абсанс-эпилепсии (линия WAG/Rij).

В качестве математического метода анализа и классификации осцилляторных паттернов на ЭЭГ был использован непрерывный вейвлетный анализ как с базисным комплексным морле-вейвлетом, позволяющим провести детальный частотно-временной анализ [2], так и со специально сконструированным вейвлетным базисом на основе отрезков ЭЭГ с характерной динамикой ('spindle' wavelets) [3]. С помощью данного метода были исследованы долговременные многоканальные записи (5–7 часов) ЭЭГ 5 крыс линии WAG/Rij. У всех животных наблюдались частые спонтанные эпизоды абсанс-эпилепсии с характерным паттерном ПВР на ЭЭГ.

В ходе исследований с помощью морле-вейвлета было показано, что ПВР сопровождается резким увеличением энергии колебаний в диапазоне 10–50 Гц. Основная частота следования спайков в течении пик-волнового разряда уменьшалась к концу ПВР на 3–7 Гц. Метод автоматической диагностики ПВР [4], основанный на вейвлетном анализе, позволил выделять пик-волновые разряды со 100 %-й точностью в течение первой секунды от начала пик-волнового разряда. Последнее может быть использовано для

создания автоматизированной системы диагностики и воздействия на животных, больных абсанс-эпилепсией. В ходе анализа частотно-временной динамики с помощью вейвлетного преобразования также были выявлены ритмические предшественники ПВР, представляющие собой дельта- и тета-осцилляции на ЭЭГ.

Анализ сонных веретен показал, что веретена характеризуются в отличие от ПВР значительной вариабельностью своей формы. Использование специально сконструированных вейвлетных базисов ('spindle' wavelets) позволило выделить два характерных типа сонных веретен, характеризующихся различной формой и частотой осцилляций. Первый тип соответствует диапазону частот 8–12 Гц и имеет близкую к синусоидальной форму. Порядка 80–90 % веретен на ЭЭГ относятся к первому типу. Второй тип характеризуется частотами 20–25 Гц и сильно искаженной формой ЭЭГ с ярко выраженными нерегулярными спайками. Созданные вейвлетные базисы позволили автоматически диагностировать с высокой степенью точности сонные веретена на ЭЭГ, что было невозможно с использованием морле-вейвлета из-за сильной вариабельности формы сонных веретен.

Работа поддержана РФФИ (проект 07-02-00044).

Литература

1. *Kostopoulos, G.K.* Spike-and-wave discharges of absence seizures as a transformation of sleep spindles: the continuing development of a hypothesis // *Clin. Neurophysiol.* 2000. V. 2. P. 27–38.
2. *Короновский, А.А.* Непрерывный вейвлетный анализ и его приложения / А.А. Короновский, А.Е. Храмов. – М. : Физматлит, 2003. – 236 с.
3. *Hramov, A.E.* Sleep spindles and spike-wave discharges in EEG: their generic features, similarities and distinctions disclosed with Fourier transform and continuous wavelet analysis / A.E. Hramov, E.Yu. Sitnikova, A.A. Koronovskii, G. van Luitelaar // *J. Neuroscience Methods.* 2009. [Направлена в печать].
4. *Hramov, A.E.* On-off intermittency in time series of spontaneous paroxysmal activity in rats with genetic absence epilepsy / A.E. Hramov, A.A. Koronovskii, I.S. Midzyanovskaya, E. Sitnikova, C.M. van Rijn // *CHAOS.* 2006. V. 16. P. 04311.

Имитация эмоционального коммуникативного взаимодействия с помощью компьютерных моделей

Артёмий Котов

Институт лингвистики РГГУ, Москва
kotov@harpia.ru

В современной науке эмоции являются популярным объектом математического моделирования. Задача имитации эмоционального поведения важна для создания мультиагентных сообществ, а также для разработки компьютерных интерфейсов и подвижных роботов, взаимодействующих с

человеком и проявляющих сложную эмоциональную динамику. Интерес представляет и модель взаимодействия между эмоциональными и рациональными процессами: система эмоций сложным образом связана с рассуждениями человека, она влияет на принятие решений, на «образы» наблюдаемых объектов реального мира и на семантику текста, который произносит человек.

Мы используем в наших исследованиях компьютерную модель, которая в данный момент применяется для анимирования компьютерного «мультипликационного» персонажа (компьютерного агента), но в перспективе применима для имитации эмоционального речевого поведения мобильного робота. В используемой нами архитектуре мы имитируем несколько явлений, характерных для эмоциональных или рациональных речевых реакций человека: а) событие или входящий текст могут вызывать эмоциональную или рациональную реакцию человека, эти реакции могут проявиться в речи, причем они часто конфликтуют друг с другом; б) выбор конкретной реакции может быть вызван характером или настроением человека; в) если событие или входящий текст вызывает эмоциональную реакцию, то человек может поменять мнение об участнике события или герое текста; г) после эмоционального события человек может долго переживать, при этом он испытывает разные эмоции, и эти эмоции находят отражение в его речи, последовательно сменяя друг друга. Явления «а» и «в» рассматривались в психологии как эмоциональные процессы «снизу-вверх» и «сверху-вниз» (bottom-up и top-down) [3]; явление «б» моделируется в архитектуре CogAff с помощью набора т. н. *контрольных состояний*, влияющих на выбор реакции [2: 14, 60]; явление «г» исследовалось в экспериментальной психологии, например в классических экспериментах [1], сейчас этот эффект широко используется в анимационных фильмах, но попытки построить формальную или компьютерную модель для этого процесса были весьма ограничены.

Используемая нами модель принимает на вход семантические деревья (которые отражают смысл поступающих высказываний или события окружающего мира) и сравнивает их с набором сценариев (правил типа «если-то»). После сравнения сценарии получают разную степень активизации, и победивший сценарий формирует речевой выход: в зависимости от избранного сценария агент может ругать адресата (*Ты – урод! Идиот!*), ругать себя (*Какой я идиот! Это всё из-за меня!*) или использовать рациональные стратегии (*Ничего страшного! Я попробую с этим справиться!* и т. д.).

Модель комбинирует общую структуру, характерную для моделей, основанных на правилах (rule-based models), и операции с отдельными признаками, характерные для коннекционистских моделей. Например, победивший сценарий дополняется соответствующими признаками референты объектов, имеющиеся в памяти агента. Если агента «задели» действия оппонента, то он дополнит референт оппонента признаками ‘плохой’, а если

эти действия «порадовали» – референт будет дополнен признаками ‘хороший’. «Положительная» или «отрицательная» оценка зависит как от содержания действий оппонента, так и от текущего «настроения» самого агента: одно и то же событие в разных настроениях может вызывать положительную или отрицательную реакцию. Далее агент использует признаки референтов, чтобы правильно адресовать свое высказывание в коммуникации. Ругательства *Ты – идиот!* могут быть адресованы только каузатору негативной ситуации (тому, кто обладает признаками ‘плохой’), а высказывания *Он – просто идиот!* могут быть адресованы только 3-му лицу в ситуации, где 2-е лицо является каузатором негативной ситуации. Многие некорректные высказывания, порожденные сценариями, подавляются фильтрами – при этом система может начать искать обходной способ выразить в речи или поведении подавленный сценарий, например проявляя иронию.

Для имитации эмоциональной динамики используются т. н. *микросостояния* – это короткие состояния, которые имитируют эмоции агента и при этом связаны с определенными речевыми стратегиями (с наборами сценариев). При поступлении входящего события микросостояния получают активизацию через связанные с ними сценарии. Одно и то же событие может в разной степени активизировать сразу несколько микросостояний, например: «желание поругать оппонента», «стыд, желание ругать себя», «желание исправить ситуацию», «желание компенсировать доставленные неудобства» и т. д. После активизации микросостояния начинают формировать речевой выход агента: агент может сначала ругаться, потом успокаиваться и искать решение и т. п. – все эти реакции характерны для разных микросостояний, которые, последовательно истощаясь, сменяют друг друга в речи.

Таким образом, система эмоционального речевого поведения представлена в виде множества сущностей (сценариев, микросостояний, фильтров), для каждого из которых определены правила функционирования и правила взаимодействия с другими сущностями; кроме того, эти сущности действуют на семантических структурах, меняя «представление» агента об окружающих событиях и позволяя правильно адресовать эмоциональные высказывания. В этой системе можно моделировать сложные динамические процессы, относящиеся к эмоциональному речевому поведению: эмоциональные колебания, иронию, замешательство, лицемерие и т. д.

Для моделирования случаев эмоциональной динамики и иронии необходимо наблюдать эти случаи в реальных диалогах. Для этого мы используем мультимодальный корпус, состоящий из видеозаписей экзаменов и зачетов, – всего 236 фрагментов продолжительностью от 2 до 30 минут. В каждом фрагменте представлена попытка студента сдать одну из форм отчетности в рамках устного экзамена или зачета. Примеры из корпуса иллюстрируют сложные формы эмоциональной динамики: участники коммуникации в ситуациях затруднения демонстрируют сложные последовательности

жестов и мимических действий, смех, элементы иронии, переходы между разными коммуникативными стратегиями для воздействия на адресата или для выражения внутренних эмоциональных состояний. Эти примеры в рамках корпуса размечаются и служат для уточнения жестового и коммуникативного поведения компьютерного агента. В частности, поведение агента обогащается наблюдаемыми жестами, а «индексы чувствительности» на сценариях и микросостояниях подбираются таким образом, чтобы при поступлении эмоционального события агент демонстрировал паттерны эмоционального поведения, аналогичные наблюдаемым в реальных ситуациях.

Литература

1. Дембо Т. Гнев как динамическая проблема // Левин К. Динамическая психология: Избранные труды. М.: Смысл, 2001. С. 534–570.
2. Allen S.R. Concern Processing in Autonomous Agents, Ph.D thesis. University of Birmingham, 2001.
3. Clore G.L., Ortony A. Cognition in Emotion: Always, Sometimes, or Never? // Cognitive Neuroscience of Emotion / Ed. R.D. Lane, L. Nadel. Oxford Univ. Press, 2000. P. 24–61.

Нелинейные свойства нейронной активности

А.К. Крылов, Ю.И. Александров

Институт психологии РАН, Москва
neuru@mail.ru

В соответствии с классическими представлениями о работе мозга, развитыми на основе идей Р. Декарта, мозг рассматривается как аналог телефонного коммутатора, при этом обучение реализуется через изменение связей между узлами. В этой теории предполагается возможность ослабления ранее сформированных связей (так объясняется забывание) и допускается возможность формирования нового навыка взамен имеющегося, с исполь-

зованием того же морфологического субстрата (перестройка связей у тех же нейронов). Таким образом, классические рефлекторные представления о формировании индивидуального опыта обладают свойствами линейности: сформированный элемент опыта может быть позже стерт новой информацией (вычитание), может быть модифицирован (сумма двух элементов) и может быть усилен (умножение). Эти взгляды на работу мозга и принципы научения реализованы в моделях Artificial Neural Networks [5].

Во многих современных работах был обнаружен феномен поведенческой специализации нейрона. Специализированные относительно системы данного поведенческого акта нейроны работают с повышенной частотой импульсации при реализации этого акта во всех (100 %) пробах. Также было обнаружено, что нейрон системоспецифичен: однажды приобретя специализацию, потом ее уже не меняет [3, 6, 2].

Формирование нового элемента опыта происходит за счет специализации нейронов, ранее бывших резервными и появившихся в результате неонейрогенеза [6, 2]. Новый опыт становится добавкой к имеющейся структуре опыта, но не в линейном смысле, а в нелинейном – новый элемент опыта наслаивается на существующие элементы опыта, не отменяя их (рис. 1, *слева*). Эта нелинейная схема используется в системно-эволюционной теории [6, 2, 1]. Оказывается, что структура опыта фиксирует историю его формирования, поэтому последовательность обучения («А потом Б» или «Б потом А») является значимой [4, 2].

Специальный интерес представляет анализ активности одиночных нейронов с проверкой ее на нелинейность. В классических представлениях предполагалось, что спайковая активность нейронов представляет собой пуассоновский процесс, т. е. что очередной спайк и межспайковый интервал не зависят от предшествующей активности нейрона. Позднее было обнаружено не только наличие корреляций между последовательными межспайковыми интервалами, которое можно было бы объяснить марковской моделью с конечной глубиной памяти, но и наличие корреляций на разных временных масштабах, т. е. фрактальные свойства нейронной активности. Один из простейших методов проверки на фрактальную размерность – построение гистограммы межспайковых интервалов в log-log координатах, с проверкой возможности аппроксимации хвоста распределения прямой линией, означающей наличие степенной зависимости в исходных данных, и временной инвариантности – самоподобия распределения на разных масштабах времени (рис. 1, *справа*).

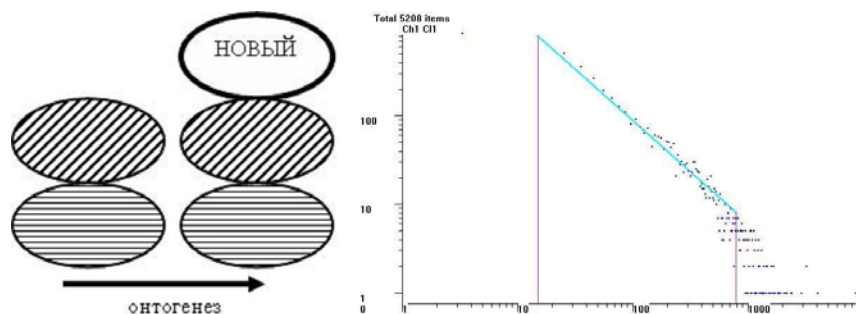


Рис. 1. Слева: формирование нового элемента опыта как наслоение на имеющуюся структуру опыта. Справа: пример гистограммы межспайковых интервалов нейрона в log-log шкале и ее аппроксимация прямой. По оси абсцисс – время (мс).

Если нейрон является функциональным преобразователем типа выход $(t + 1) = F(\text{вход}(t))$, как это предполагает классическая рефлекторная теория, то при подаче на вход простого сигнала (константа или синусоида) на выходе не может появиться фрактальная структура. Однако она обнаруживается рядом авторов. Поэтому наличие фрактальной размерности в последовательности межспайковых интервалов является нарушением рефлекторной схемы детерминации и некоторыми авторами рассматривается как доказательство того, что организм и нейрон обладают «внутренним инициатором действий», «внутренней причинностью» [7].

Итак, можно выделить следующие нелинейные свойства, обнаруженные при анализе нейронной активности: необратимость поведенческой специализации нейрона; 100 %-я вероятность избирательного вовлечения группы нейронов в соответствующий их специализации поведенческий акт (ср. «sparse coding»); зависимость структуры опыта от последовательности обучения («А + Б» не равно «Б + А»); наслоение нового опыта на предыдущий без его «стирания»; нелинейные (фрактальные) свойства активности, противоречащие линейной схеме «вход-выход».

Работа поддержана фондом РГНФ (грант № 08-06-00250а), Советом по грантам Президента Российской Федерации ведущим научным школам Российской Федерации (проект № НШ-602-2008.6).

Литература

1. Александров И.О. Формирование структуры индивидуального знания. М.: Изд-во ИП РАН, 2006.
2. Александров Ю.И. Научение и память: традиционный и системный подходы // Журнал высш. нервн. деят. 2005. Т. 55, № 6. С. 842–860.
3. Горкин А.Г., Шевченко Д.Г. Отражение структуры памяти в активности системоспецифичных нейронов // Психологический журнал. 1991. Т. 12, № 2. С. 60–69.

4. Горкин А.Г., Шевченко Д.Г. Отражение истории обучения в активности нейронов лимбической коры кроликов // Журн. высш. нерв. деят. 1993. Т. 43, № 1. С. 172–175.

5. Уоссермен Ф. Нейрокомпьютерная техника: теория и практика. М.: Мир, 1992.

6. Швырков В.Б. Введение в объективную психофизиологию. Нейронные основы психики / Предисл. и ред. Ю.И. Александров. М.: ИП РАН, 1995.

7. Brembs B., Maye A., Greggers U. Order in spontaneous behavior // Soc. Neurosci. Abstr. 2005. 754.2.

Модель трехкомпонентной однородной нейроноподобной среды для исследования пространственно-временных паттернов активности в связанных нейрональных модулях головного мозга человека и животных

Г.Д. Кузнецова¹, И.В. Нуйдель², М.Е. Соколов²

¹ Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН, Москва

На современном уровне развития биологоправдоподобного моделирования актуально и осуществимо создание библиотеки математических моделей физиологических систем и функциональных состояний на единой базовой платформе. Параметры моделируемых систем, полученные в экспериментальных исследованиях (рис. 1, а, б), определяют архитектуру модели – три взаимосвязанные переменные U для моделирования активности нейронных модулей, участвующих в обработке информации, и управляющие переменные G (рис. 1, в). Задача – найти динамические режимы модели, соответствующие данным, зарегистрированным в эксперименте.

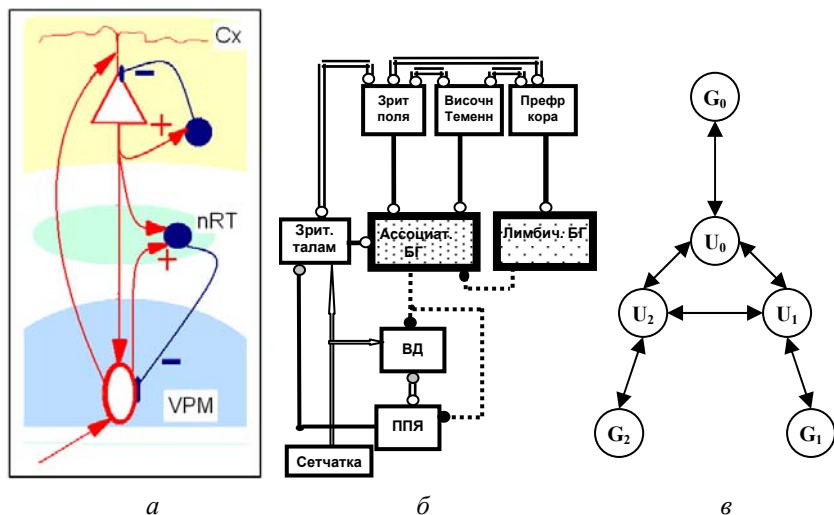


Рис. 1. а – Взаимосвязи коры (Cx), таламуса (VPM) и ретикулярных ядер таламуса [1]; б – упрощенная схема ассоциативной и лимбической цепи «кора – базальные ганглии – таламус – кора», участвующей в обработке зрительной информации: Зрит. талам. – таламические ядра, участвующие в передаче зрительной информации из сетчатки в кору; ВД – верхнее двухолмие; ППЯ – педункулопонтинное ядро; маленькие белые и черные кружки – возбуждающие и тормозные синапсы; в – архитектура модели

Нормально работающий мозг обрабатывает многомерные потоки сенсорной информации, представленные в виде двумерных сигналов пространственной активности нейронных ансамблей.

Рассмотрение динамики формирования двумерных картин активности, выявление качественных особенностей обработки сенсорных сигналов в нормальных режимах и условий нарушений нормальных режимов пред-

ставляются очень важными при моделировании и интерпретации функциональных режимов, реализуемых в таких системах.

Нейрофизиологический механизм возникновения разрядов «пик-волна» абсансной эпилепсии достаточно подробно был изучен на животных. Показано, что этот вид пароксизмальной ритмической активности связан с возникновением возбуждения в нейронной цепи «кора – ретикулярное ядро таламуса – специфический таламус» (рис. 1, а). В последние годы исследователи приходят к выводу, что на уровень пароксизмальной активности влияют базальные ганглии. Во взаимосвязанных параллельных цепях «кора – базальные ганглии – таламус – кора» изменяется эффективность синаптической передачи.

Экспериментальные данные используются для варьирования параметров возбуждения и длительности тормозных постсинаптических потенциалов в коре и таламусе при развитии ритмической активности в таламо-кортикальной цепи в течение разряда «пик-волна».

На модели определены нормальные условия кодирования изображения (сенсорного сигнала) и условия возникновения, развития и окончания режимов самовозбуждения в иерархической трехкомпонентной модели «зрительная кора – таламус – ретикулярные ядра таламуса».

Адекватность выбранной модели подтверждается результатами сопоставления качественного вида динамики получаемых решений с процессами, зарегистрированными в экспериментах.

С учетом дополнительных петель управления через базальные ганглии и другие структуры корректируются параметры модели.

Работа выполнялась при частичной поддержке гранта АФГИР № RMO-10214-BNL № 36943, грантам РФФИ № 05-08-33526 и № 08-07-99037-р_офи.

Литература

1. Coenen A.M.L., Luijtelaa E.L.J.M. van, Kuznetsova G.D., Ivanov A.E., Nuidel I.V., Khurlapov P.G., Yakhno V.G. Modeling of Transition Regimes between Normal and Pathological Transformation of Sensor Signals in Brain // Proceedings of Nijmegen Institute for Cognition and Information. 2004. P. 331–351.
2. Силькис И.Г. Вклад синаптической пластичности в базальных ганглиях в обработку зрительной информации (гипотетический механизм) // Журн. высш. нерв. деят. 2006. Т. 56, № 6.
3. Яхно В.Г. Модели нейроподобных систем. Динамические режимы преобразования информации // Нелинейные волны' 2002 / Отв. ред. А.В. Гапонов-Грехов, В.И. Некоркин. Н. Новгород: ИПФ РАН, 2003. С. 90–114.

Когнитивные технологии в автоматизации создания компьютерных систем проектирования

А.П. Кулешов

Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН, Москва
director@iitp.ru

Когнитивные технологии в информатике – это совокупность методов, алгоритмов и программ, моделирующих познавательные способности человеческого мозга для решения конкретных прикладных задач (распознавания образов, выявления и идентификации закономерностей в массивах данных, решения задач компьютерного проектирования, систем поддержки принятия решений в условиях нечетких входных данных и взаимосвязей и др.). Еще отцами кибернетики Винером и фон Нейманом была сформулирована задача соединения вычислительных возможностей компьютера с когнитивными способностями человеческого мозга.

Компьютерные системы проектирования (CAD) при своем зарождении использовались для автоматизации труда инженера-проектировщика при реализации принятых инженерных решений. Современные CAD-системы позволяют осуществлять «бесбумажное» проектирование сложных объектов, представляя спроектированный объект в электронном виде. Для сокращения времени проектирования и числа натурных экспериментов, улучшения качества проектирования создаются компьютерные системы моделирования и поддержки принятия решений, позволяющие исследовать большое количество вариантов построения объекта, предсказывать ожидаемые характеристики и находить эффективные решения.

Традиционно в моделировании используются математические модели, основанные на «физике процессов», описывающие физические процессы и явления, происходящие при функционировании объекта, сложными дифференциальными уравнениями с граничными условиями. Однако вычислительная трудоемкость таких моделей существенно сокращает возможности их использования, особенно на стадии предварительного (концептуального) проектирования, на которой рассматривается большое количество вариантов и высока цена неправильно выбранного решения.

В последние годы стали развиваться математические модели, основанные на данных, «обучающиеся» по имеющимся результатам натурных и/или вычислительных экспериментов. Такие модели фактически имитируют (заменяют) как источники получения данных, основанные на исходной модели, так и сами модели, созданные на основе изучения физики процессов, и называются суррогатными моделями.

Технология построения суррогатных моделей и используемые методы основаны на синергии методов предметной области и когнитивных технологий, базирующихся на достижениях общенаучных дисциплин (математики, искусственного интеллекта и анализа данных, информационных технологий), и в значительной степени инвариантны по отношению к предметной области [1–5].

Когнитивные технологии необходимы для автоматизации многих процессов создания суррогатных моделей:

- для целенаправленной автоматической генерации новых вариантов цифровых описаний объектов, не имеющих формальной спецификации

и описываемых только в терминах нечеткой логики. Имитация «ручной» работы инженера требует решения математической задачи генерации многомерных данных, лежащих на многообразиях меньшей размерности, которые должны автоматически строиться по заданному набору прототипов [6];

- для создания автоматических генераторов процедур, имитирующих «ручную» работу математика, целенаправленно решающего взаимосвязанные частные задачи анализа и обработки данных и синтезирующего эффективные процедуры для заданного множества данных;
- для автоматического использования формализованных знаний из предметной области и др.

Кроме того, когнитивные технологии позволяют существенно усовершенствовать многие процедуры (например, основанные на технологии искусственных нейронных сетей), традиционно используемые в приложениях.

Литература

1. Кулешов А.П. Технология быстрого вычисления характеристик сложных технических объектов // Информационные технологии. Приложение № 3. М., 2006. С. 4–11.
2. Кулешов А.П. Когнитивные технологии в адаптивных моделях сложных объектов // Информационные технологии и вычислительные системы. Вып. 1. 2008. С. 18–29.
3. Бернштейн А.В., Кулешов А.П. Математические методы в когнитивных инженерных технологиях // Обзорные прикладной и промышленной математики. 2008. Т. 15, № 3. С. 451–452. (Серия «Вероятность и статистика»).
4. Кулешов А.П. Задачи многомерного статистического анализа в системах компьютерного проектирования // Труды VII Международной школы-семинара «Многомерный статистический анализ и эконометрика» (Армения, Цахкадзор, 2008). М., 2008. С. 60–61.
5. Кулешов А.П. Информационные технологии в основанных на знаниях инженерных системах // Материалы Международной научно-технической конференции «Информационные технологии и математическое моделирование систем, 2006–2008». М.: Радиотехника, 2008. С. 98–100.
6. Бернштейн А.В., Кулешов А.П. Когнитивные технологии в проблеме снижения размерности описания геометрических объектов // Информационные технологии и вычислительные системы. 2008. № 2. С. 6–19.

Наблюдение: видимое и достраиваемое

С.С. Магазов

ЗАО «Андроидные роботы», Москва

Зрение человека устроено так, что объем и качество информации об окружающем пространстве существенно зависят от точки наблюдения. Рас-

смотрим центральную проекцию как упрощенную моделью зрительного восприятия. Тогда, используя формальный аппарат геометрии, можно ответить на вопрос, что в наблюдении из данной точки видимо, а что не видимо. Это позволяет определять, какую часть объекта или пространственной сцены сознание должно автоматически достраивать, чтобы получить целостное восприятие. Для анализа области видимости объекта из точки наблюдения предлагается использовать следующие понятия.

1. *Пучок лучей (полупрямых) $W(o)$* – это некоторое множество лучей, выходящих из точки $o = \langle x_0, y_0, z_0 \rangle$.

2. *Пучок отрезков $w(o)$* – это множество отрезков прямых, выходящих из точки $o = \langle x_0, y_0, z_0 \rangle$.

Эти понятия можно рассматривать как формализацию того, что понимают под углом зрения.

3. *Проективный образ пучка $W(o)$ на поверхность P* – это множество точек пересечения прямых из $W(o)$ с поверхностью P , причем расстояние от точки пересечения до точки o минимально. Проективный образ пучка $W(o)$ на P будем обозначать как $W(o) \cap P$.

4. Если $W(o_1) \cap P = W(o_2) \cap P$, то есть проективный образ пучка $W(o_1)$ на поверхности P точно совпадает с проективным образом пучка $W(o_2)$, то будем говорить, что пучки $W(o_1)$ и $W(o_2)$ эквивалентны на P .

5. Если P – поверхность, $W(o)$ – пучок, и найдется такая точка $a \in P$, что $a \notin W(o) \cap P$, тогда назовем a *$W(o)$ -невидимой* точкой.

6. Если P – поверхность, $W(o)$ – пучок, $a \in P$ и $a \in W(o) \cap P$, тогда назовем точку a *$W(o)$ -видимой*.

7. Множество точек пересечений прямых, входящих в пучки $W(o_1)$ и $W(o_2)$, обозначим как $W(o_1) \cap W(o_2)$.

В случае, когда P – плоскость, задача нахождения $W(o) \cap P$ называется *прямой задачей* начертательной геометрии.

Следующие утверждения носят технический характер и используются при доказательстве теорем.

Предложение

1. Если луч $l \in W(o_1)$ и $W(o_2)$, $o_1 \neq o_2$ и l имеет бесконечное число точек пересечения с прямыми из $W(o_2)$, то эти пересечения образуют отрезок прямой или луч.

2. Если луч $l \in W(o_1)$ совпадает с некоторым лучом из $W(o_2)$ в двух точках, тогда o_1 и o_2 лежат на прямой.

Рассмотрим следующую простую задачу: дана конструкция, состоящая из части плоскости, на которой расположена произвольная пирамида Π с вершиной в точке o . Требуется найти такие пучки, что все точки этой конструкции будут видны.

Пусть S – многогранник, образованный продолжениями за вершину ребер пирамиды Π . Назовем S смежным с пирамидой многогранником.

Теорема 1

Если поверхность представляет собой часть плоскости, на которой расположена пирамида, то из каждой точки $a \in S$ можно построить такой $W(o)$ -пучок, что все точки поверхности $W(o)$ -видимы.

Для того чтобы охарактеризовать класс фигур, все точки которых видны, воспользуемся понятием атласа, которое широко используется в дифференциальной геометрии.

Теорема 2

Если атлас поверхности фигуры Φ состоит из двух карт, то для любого пучка $W(o)$ существует невидимая точка, принадлежащая поверхности фигуры Φ .

Выводы

Теорема 2 позволяет сделать вывод, что никакая объемная фигура ни из какой точки наблюдения не видна целиком, а это значит, что сознание должно достраивать образ до целого, исходя из прошлого опыта, и это его непрерывная работа. Поэтому у сознания есть всегда возможность обмануться.

Теорема 1 говорит о том, что некоторые поверхности, имеющие атлас размерности 1, можно увидеть целиком.

Отметим, что проблема восстановления фигуры по проекциям чрезвычайно актуальна для решения ориентационных задач мобильными роботами.

Когнитивные возможности модели нейронной сети на базе системы Ходжкина – Хаксли

А.В. Милованов

Воронежский госуниверситет, Воронеж
milovanov_av@econ.vsu.ru

Предлагаемая вниманию модель нейронной сети базируется на системе уравнений Ходжкина – Хаксли, то есть является разновидностью нейрофизиологических моделей – моделей, в которых основным является учёт нейрофизиологических характеристик, например потенциала на мембране нервной клетки, синаптических токов, диффузии ионов Ca^{2+} , Na^+ , K^+ и др. Большую часть существующих моделей нейронных сетей составляют коннекционистские модели, основными характеристиками являются способность к обучению, распознаванию образов, адаптации, но они сильно оторваны от биологических прототипов в смысле учёта реальных нейрофизиологических процессов.

Целью данной работы является демонстрация возможностей создания нового типа нейронной сети на базе нейрофизиологической модели Ходжкина – Хаксли. Разработанная А.Н. Покровским и автором модифицированная модель Ходжкина – Хаксли легла в основу данной модели нейронной сети [1].

Нелинейная динамика системы Ходжкина – Хаксли, а именно предельный цикл, исследована ещё в 1960 г. [2].

Возбуждение и торможение являются различными, линейно независимыми процессами. Поэтому усредненная частота импульсов v должна зависеть от двух переменных – s , u [3]:

$$C\dot{V} = -\bar{g}_{Na}[m^3h(v-v_{Na}) + s(v-v_k) - u] - \bar{g}_k n^4(v-v_k) - g_l(v-v_l);$$

$$\dot{m} = \alpha_m(v) - \gamma_m(v)m; \quad \dot{h} = \alpha_h(v) - \gamma_h(v)h; \quad \dot{n} = \alpha_n(v) - \gamma_n(v)n.$$

Проводился комплекс исследований системы Ходжкина – Хаксли как системы дифференциальных уравнений, устойчивости области колебаний и предельного цикла.

Думается, что научное направление «Процессы управления в нервных клетках» [4] следует усиленно развивать.

Литература

1. Милованов А.В., Покровский А.Н. Новый класс моделей реалистических нейронных сетей // Нейроинформатика и ее приложения: Тезисы докладов IX Всероссийского семинара. Красноярск, 2001. С. 148–149.
2. Fitzhugh R. Thresholds and plateaus in the Hodgkin-Huxley nerve equation // Journal of General Physiology. 1960. V. 43. P. 867.
3. Покровский А.Н. // Биофизика. 1985. Т. 30, № 2. С. 356–357.
4. Покровский А.Н. Процессы управления в нервных клетках: Учеб. пособие. Л.: Изд-во ЛТУ, 1987.

Прогнозирование состояния дискретных стохастических систем в условиях неопределенности на основе байесовской методологии

В.Р. Милов, А.Ю. Эпштейн, И.В. Шалашов, А.В. Деревянкин

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Нижний Новгород

Эффективный подход к описанию функционирования стохастических систем с памятью основан на представлении моделей в пространстве переменных состояния. При этом состояния системы $x(n)$ непосредственно не наблюдаются, а характеризуются регистрируемыми данными $y(n)$. Для описания системы задаются модели состояния и наблюдения, определяемые условными распределениями вероятностей $P(x(n+1)|x(n))$ и $P(y(n)|x(n))$ соответственно, а также распределением вероятностей $P(x(1))$ состояния в начальный момент времени [1].

Один из способов описания дискретных стохастических систем основан на динамических байесовских сетях, которые при использовании единственной дискретной переменной состояния соответствуют скрытым марковским моделям (СММ).

В многочисленных практически важных задачах интерес представляет прогнозирование состояния стохастической системы. Для этого находятся вероятности $P(x(n+\tau)|y_{1:n})$, где $y_{1:n}$ – последовательность наблюдений $y(1), \dots, y(n)$, величина $\tau > 0$ определяет интервал прогнозирования. Основой для прогнозирования является процедура фильтрации, в результате которой находятся вероятности $P(x(n)|y_{1:n})$.

При наличии неопределенности модель системы определена не полностью. В случае, когда доступна обучающая выборка $\mathbf{Y}$, представляющая собой $L \geq 1$ последовательностей $y(n, l)$, $n = \overline{1, N_l}$, $l = \overline{1, L}$, может быть выполнена процедура обучения. В общем случае решается задача определения как параметров Θ , так и структуры s модели [1].

Оценку параметров $\hat{\Theta}$ для заданной структуры s модели при наличии ненаблюдаемых (скрытых) переменных позволяют найти процедуры, основанные на ЕМ-алгоритме. Этот алгоритм, приводящий к локальному максимуму функции правдоподобия $P(\mathbf{Y}|\Theta, s)$, основан на последовательности итераций, включающих Е- и М-шаги. Соответствующую процедуру для обучения СММ предоставляет известный алгоритм Баума – Уэлша.

Структура модели обычно определяется из условия максимизации маргинальной функции правдоподобия $P(\mathbf{Y}|s)$, которая в общем случае находится с помощью одного из приближенных подходов, например с помощью байесовского информационного критерия. Решить задачу структурно-параметрического синтеза позволяет структурный ЕМ-алгоритм [2], на каждой итерации которого находятся новые оценки как параметров, так и

структуры модели. С использованием найденных оценок $\hat{\theta}$ и $\hat{s}$ может быть выполнено прогнозирование состояния стохастической системы.

Применение байесовской методологии предусматривает усреднение прогнозов с использованием апостериорного распределения вероятностей [1, 3, 4]. На практике прогностическое распределение может быть определено с помощью одного из приближенных методов, например метода Монте-Карло, на основе точечной оценки параметров (байесовская точка) и др. В рамках байесовской методологии в [4] получен вариационный байесовский ЕМ-алгоритм (VBEM). Этот алгоритм, представляющий собой обобщение ЕМ-алгоритма, позволяет найти оценку параметров по критерию максимума апостериорной плотности вероятности $p(\theta|Y, s)$, а также нижнюю границу для логарифма маргинальной функции правдоподобия $P(Y|s)$, используемую для выбора структуры модели.

В среде MatLab разработано программное обеспечение, позволяющее выполнять обучение СММ. При решении практических задач количество состояний системы обычно известно либо определяется на основе знаний экспертов. Матрица переходных вероятностей в ряде случаев может быть задана с точностью до нескольких параметров. Структурная неопределенность зачастую связана с неизвестным порядком цепи Маркова, позволяющей описать изменение состояний системы. Разработанное программное обеспечение может быть применено для прогнозирования состояний технических систем. Другое перспективное направление исследований связано с прогнозированием действий пользователей информационных систем.

Литература

1. Милов, В.Р. Структурно-параметрический синтез нейросетевых моделей нестационарных систем / В.Р. Милов, С.А. Шалюгин // IX Всероссийская науч.-техн. конф. «Нейроинформатика-2007» : сб. науч. трудов. – М. : МИФИ, 2007. Ч. 1. С. 205–213.
2. Friedman, N. The Bayesian Structural EM Algorithm // Fourteenth Conf. on Uncertainty in Artificial Intelligence. 1998. P. 129–138.
3. Милов, В.Р. Байесовские методы обучения нейронных сетей / В.Р. Милов, В.Г. Баранов, С.А. Шалюгин // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. 2007. № 11. С. 14–19.
4. Ghahramani, Z. Propagation algorithms for variational Bayesian learning / Z. Ghahramani, M.J. Beal // Neural Information Processing Systems. 2001. V. 13. P. 507–513.

Анализ параметров квазиаттракторов функциональных систем организма студентов в условиях экзаменационного стресса

Е.А. Мишина¹, В.В. Полухин², М.А. Андреевских¹, В.Н. Голушков¹

¹ НИИ биофизики и медицинской кибернетики при ГОУ ВПО «Сургутский государственный университет Ханты-Мансийского автономного округа – Югры», Сургут

² НУЗ отделенческой больницы на станции Сургут ОАО «РЖД», Сургут
enamishka@mail.ru

Экзамен является психотравмирующим фактором. К неблагоприятным факторам периода подготовки к экзаменам можно отнести интенсивную умственную деятельность, повышенную статическую нагрузку, крайнее ограничение двигательной активности, нарушение режима сна, эмоциональные переживания, связанные с возможным изменением социального статуса студентов. Все это приводит к перенапряжению работы отделов вегетативной нервной системы (ВНС). Целью настоящего исследования явилось изучение роли ВНС в развитии психоэмоционального стресса студентов различных курсов. С помощью методов пульсоксиметрии исследовались показатели кардио-респираторной системы (КРС) и ВНС студентов 3, 4 и 5-го курса в количестве 58 человек. Проводились 3 серии опытов (в спокойном состоянии, перед сдачей экзамена и после) в осенний период (октябрь) 2007 года и зимний период 2008 года. Полученные данные обрабатывались с помощью двух математических подходов: обычных статистических методов с использованием критерия Стьюдента (с доверительной вероятностью 0,95) и методов теории хаоса и синергетики. Последние методы основаны на исследовании параметров аттракторов динамики поведения вектора состояния организма человека (ВСОЧ) (конкретно, параметров КРС в m -мерном фазовом пространстве состояний с использованием компьютерных технологий). Этот метод позволяет дать обоснование и критерии оценки различий между стохастической и хаотической динамикой поведения параметров КРС и ВНС человека при различных физиологических состояниях. Также разработаны критерии оценки различий между стохастическими и хаотическими процессами в многомерном фазовом пространстве путем анализа параметров многомерного параллелепипеда (расчет его объема V , его геометрического центра x_c) на ЭВМ с помощью специальной программы. После апробирования на многочисленных данных по состоянию функциональных систем организма установлено, что чем больше показатель объема m -мерного параллелепипеда, тем ярче выражена мера хаотичности в динамике поведения ВСОЧ.

На рис. 1 представлены результаты измерений показателей состояния симпатической (СИМ) и парасимпатической (ПАП) ВНС у студентов 3-го курса в спокойном состоянии, перед сдачей экзамена и после.

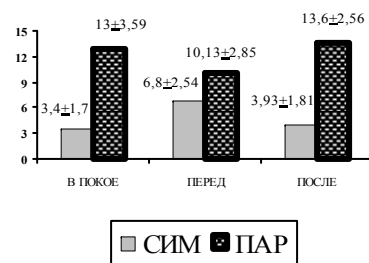


Рис. 1. Результаты измерений показателей состояния симпатической (СИМ) и парасимпатической (ПАР) ВНС у студентов 3-го курса в спокойном состоянии, перед сдачей экзамена и после

Из рис. 1 видно, что перед экзаменом значения активности СИМ резко увеличиваются, а значения активности ПАР уменьшаются. Та же тенденция прослеживается и у студентов 4-го и 5-го курсов. Но степень различия значений активности работы двух отделов ВНС у каждого потока студентов выражена по-разному. Из рис. 2 видно, что наименьшие значения активности СИМ перед экзаменом отмечены у студентов 5-го курса: $(3,86 \pm 1,95)$ у.е. Для сравнения, у студентов 3-го курса показатели активности СИМ были в 2 раза выше и составляли $(6,8 \pm 2,54)$ у.е. Возможно, что процессы адаптации к экстремальным условиям у студентов 5-го курса выражены лучше в связи с более длительными учебными нагрузками за 5 лет учебы. В потоке 3-го курса также наблюдается 66,67 % лиц, у которых до экзамена значения ЧСС отмечены как высокие. Этот процент наибольший по сравнению с другими курсами. У студентов 4-го курса он, например, составляет 39,29 %.

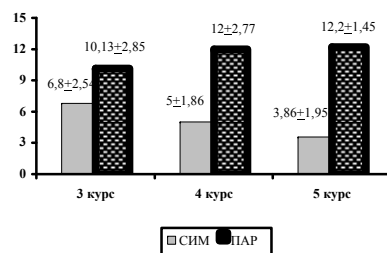


Рис. 2. Результаты измерений показателей состояния симпатической (СИМ) и парасимпатической (ПАР) вегетативной нервной системы у студентов 3, 4, 5-го курсов до сдачи экзамена

Анализ динамики поведения ВСОЧ проводился в m -мерном фазовом пространстве состояний. Из сводной таблицы и рис. 3 видно, что

происходит увеличение показателей объема аттрактора движения ВСОЧ для студентов перед началом экзамена. Например, у студентов 3-го курса в спокойном состоянии V (General V value) составил 3000, а перед экзаменом 14 460. Аналогичная ситуация с показателем V (General V value) происходит у студентов 4-го курса.

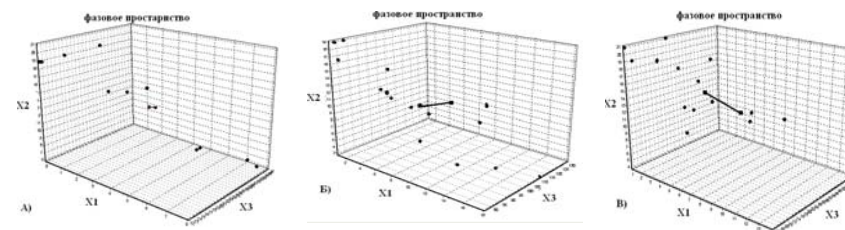


Рис. 3. Положение аттрактора ВСОЧ в 3-мерном фазовом пространстве состояний (x_1 – СИМ, x_2 – ПАР, x_3 – ЧСС) у студентов 3-го курса: А – в покое ($V = 3000$), Б – перед экзаменом ($V = 14\,960$), В – после ($V = 10\,166$)

Результаты измерений показателей объемов аттракторов движения вектора состояния организма студентов по трем параметрам (X_1 , X_2 – показатели активности симпатической и парасимпатической нервных систем; X_3 – ЧСС) в различных физиологических состояниях

КУРС	В ПОКОЕ	ПЕРЕД	ПОСЛЕ
3	3 000	14 960	10 166
4	5 104	31 104	22 272
5	1 380	2 244	2 805

Волоконно-оптическая ультрамикроскопия для исследования биологических объектов

А.Н. Морозов¹, И.В. Турчин¹, В.А. Каменский¹, К.В. Анохин²

¹ Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород

² Институт нормальной физиологии РАМН, Москва
morofov@ufr.appl.sci-nnov.ru

Введение

Получение трехмерных изображений нейронных сетей с субклеточным разрешением – новая, многообещающая технология в современной исследовательской науке. Задачи, которые стоят перед современной нейробиологией: установление молекулярной морфологии, отражение функциональных процессов, субклеточный уровень разрешения и визуализация в объеме целого мозга. Очень важными являются также работа с живыми объектами и исследование динамических процессов в реальном времени. На сегодняшний день наиболее успешно развиваются следующие методы исследования: конфокальная лазерная сканирующая микроскопия [1], оптическая проекционная томография [2], оптическая когерентная томография [3] и магниторезонансная томография [4]. Стоит, однако, отметить, что ни одна из этих технологий не отвечает полностью современным потребностям. Впрочем, в последние несколько лет появилось два новых метода: микроскопия с освещением в избирательной плоскости (SPIM) [5] и ультрамикроскопия [6].

Эти два метода в своей основе очень похожи: оба используют лазерное излучение в виде плоскости для возбуждения флуоресценции, совмещенное со сканированием перпендикулярно плоскости освещения, и исследование флуоресценции с помощью высокоапертурных микроскопов. Отличие их заключается в том, что в методе ультрамикроскопии используется процедура предварительного просветления образцов, что включает в диапазон потенциальных объектов исследования непрозрачные объекты, например мозги. SPIM, по нашим данным, использует только прозрачные объекты для исследования, например эмбрионы.

Мы разработали оптическую установку, основанную на методе ультрамикроскопии, но с использованием одномодового оптического волокна в качестве тракта для лазерного излучения. Основные преимущества такого решения: достижение меньшего диаметра фокусировки из-за близости моды излучения к идеальному гауссу, невосприимчивость к внешним воздействиям (температура, вибрации, пыль), простота использования и перемещения. В установке используется двусторонняя лазерная подсветка плоским лучом, позиционирующимся в фокусе объектива микроскопа таким образом, что исследуется только подсвеченная узкая область. Преимущест-

ва такого решения очевидны [5, 6] – высокий контраст изображения из-за отсутствия паразитного фона засветки вне области исследования.

Также был разработан модифицированный протокол просветления оптических объектов.

Экспериментальная установка

Схема разработанной установки показана на рисунке.

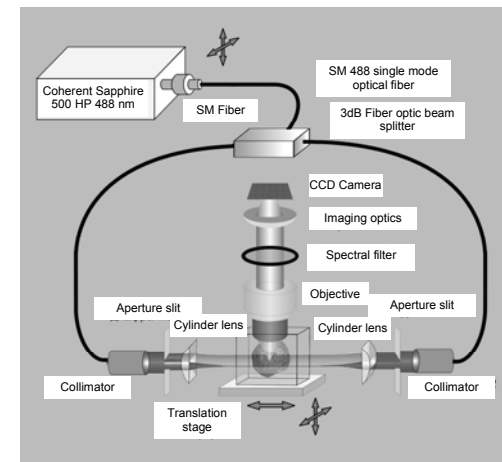


Рис. Установка флуоресцентной оптической ультрамикроскопии

Для возбуждения флуоресценции в маркированных (флуоресцентные белки, иммуногистохимия) образцах мы использовали OPSL COHERENT Sapphire 488 HP лазер (500 мВт, длина волны 488 нм) с одномодовым волоконным вводом. Волоконно-оптический делитель разветвляет мощность на два канала в соотношении 50/50. Использование двусторонней подсветки позволяет исследовать образцы толщиной до 20 мм. Коллимированное излучение, проходя из одномодового волокна сквозь апертурную диафрагму, фокусируется цилиндрической линзой на образце, помещенном внутри стеклянной кюветы, заполненной консервационным раствором. Излучение флуоресценции детектируется коммерческим микроскопом OLYMPUS MVX10 с двумя сменными объективами ($M = 1\times$, $WD = 65$ мм, $NA = 0,25$) и ($M = 2\times$, $WD = 20$ мм, $NA = 0,5$) и спектральными фильтрами Chroma Technology. В результате поперечного сканирования образца относительно плоского лазерного излучения подсветки и синхронного с ним перемещения фокальной плоскости микроскопа получается массив двумерных изображений. Трехмерная реконструкция и визуализация полученных данных

осуществлялась с использованием коммерческой программы Amira (Mercury Computer Systems).

Ключевая технология во флуоресцентной ультрамикроскопии – процедура оптического просветления образцов. Разработанная методика просветления была применена как к целому мозгу мыши, так и к отдельным структурам мозга, например гиппокампе – структуре мозга, хранящей индивидуальную память. Качество оптического просветления образцов мозга превосходит ранее опубликованные данные [6].

Результаты

Так как согласно [7] более 80 % генов генома мыши экспрессируется в мозге, наши исследования в основном были сосредоточены на мозге. С помощью установки флуоресцентной ультрамикроскопии были получены маркированные флуоресцентными белками изображения гиппокампа. Используя объективы с $M = 2\times$ были получены изображения отдельных нейронов. Также были получены трехмерные изображения целых эмбрионов мыши с использованием автофлуоресцентное излучение. Полученные изображения обладают высоким пространственным разрешением (до нескольких микрометров) внутри больших (более 10 мм) объемов визуализации.

Литература

1. Powley, J.B. Handbook of Biological Confocal Microscopy // Plenum. New York, 1995.
2. Sharpe, James. Optical Projection Tomography as a Tool for 3D Microscopy and Gene Expression Studies / James Sharpe, Ulf Ahlgren, Paul Perry, Bill Hill, Allyson Ross, Jacob Hecksher-Sørensen, Richard Baldock, Duncan Davidson // Science. 2002. V. 296, № 5567. P. 541–545.
3. Huang, D. Optical coherence tomography / D. Huang, E.A. Swanson, C.P. Lin, J.S. Schuman, W.G. Stinson, W. Chang, M.R. Hee, T. Flotte, K. Gregory, C.A. Puliafito [et al.] // Science. 1991. V. 254, № 5035. P. 1178–1181.
4. Louie, Angelique Y. In vivo visualization of gene expression using magnetic resonance imaging / Angelique Y. Louie, Martina M. Hüber, Eric T. Ahrens, Ute Rothbächer, Rex Moats, Russell E. Jacobs, Scott E. Fraser & Thomas J. Meade // Nature Biotechnol. 2000. V. 18, № 3. P. 321–325.
5. Huisken, Jan. Optical Sectioning Deep Inside Live Embryos by Selective Plane Illumination Microscopy / Jan Huisken, Jim Swoger, Filippo Del Bene, Joachim Wittbrodt, Ernst H. K. Stelzer // Science. 2004. V. 305, № 5686. P. 1007–1009.
6. Dodt, H.U. Ultramicroscopy: three-dimensional visualization of neuronal networks in the whole mouse brain / H.U. Dodt, U. Leischner, A. Schierloh, N. Jährling, C.P. Mauch, K. Deininger, J.M. Deussing, M. Eder, W. Zieglgänsberger, K. Becker // Nature Methods. 2007. V. 4. P. 331–336.
7. Lein, E.S. Genome-wide atlas of gene expression in the adult mouse brain / E.S. Lein [et al.] // Nature. 2007. V. 445, № 7124. P. 168–176.

Исследование пластичности нейрональной сети гиппокампа in vitro при культивировании на мультиэлектродной матрице MED64

И.В. Мухина^{1,3,4}, В.Б. Казанцев^{3,4}, Л.Г. Хаспекоев², М.В. Ведунова^{1,4},
Е.В. Митрошина^{1,4}, С.А. Коротченко^{1,4}, Е.А. Корягина^{1,4}

¹ Нижегородская государственная медицинская академия Росздрава, Нижний Новгород

² Научный центр неврологии РАМН, Москва

³ Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород

⁴ Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород
mukhinaiv@mail.ru

В связи с многообещающими перспективами создания интеллектуальных систем, использующих как механизмы работы мозга, так и материал (живые нейроны), проблема исследования и анализа принципов работы нейронных систем и их использования в качестве управляющих сигналов в нейророботах является в настоящее время одной из наиболее актуальных в современной нейронауке. Современные экспериментальные образцы гибридных нейроэлектронных систем представляют собой диссоциированную культуру нейрональных клеток, объединенную с электромеханическим устройством или его виртуальной моделью. Поведение нейроробота определяется активностью клеток культуры, преобразуемой в управляющие сигналы для эффекторной электромеханической части. Обратная связь с окружающей средой, необходимая для контроля динамики поведения, реализуется посредством трансляции информации, поступающей от сенсоров, в воздействия на нейроны [1]. Экспериментальные данные могут стать основой для проверки существующих теоретических гипотез и математических моделей работы нейронных цепей, что расширяет представления о пластичности ткани мозга и формировании функциональных систем, направленных на достижение адаптивного результата. Целью настоящего исследования было изучение спонтанной биоэлектрической активности нейронов гиппокампа in vitro в зависимости от времени развития культуры и плотности клеток в культуре.

Диссоциирование клеток достигалось путем обработки ткани гиппокампа 0,25 % трипсином. Клетки ресуспендировали в нейробазальной среде Neurobasal™ в комплексе с биоактивной добавкой B27, глутамином, эмбриональной телячьей сывороткой и культивировали на мультиэлектродной матрице системы MED64 (Alpha MED Sciences, Japan) в течение 26 дней in vitro (DIV). Поддержание жизнеспособности культуры осуществлялось в условиях CO₂ инкубатора при температуре 35,5 °C и газовой смеси 95 % O₂ и 5 % CO₂. Регистрация спонтанной активности осуществлялась при стабильных параметрах (температура, влажность, содержание CO₂ и O₂) окру-

жающей среды. Для получения и анализа данных использовался набор программного обеспечения Conductor™, а также программный продукт Matlab.

Развитие культуры гиппокампа характеризовалось формированием межнейронных связей и появлением сетевой (коррелированной) активности. Такая активность связана с появлением функциональных взаимосвязей (корреляций, синхронизации) между разрядами, регистрируемыми на различных внеклеточных электродах. Для внеклеточной активности в нейронных культурах типично возникновение пачечной, или *burst-активности* – высокочастотных последовательностей спайков, возникающих на сравнительно больших временных интервалах [2]. Такие разряды синхронно возникают на различных электродах и состоят из нескольких спайков со сравнительно коротким интервалом следования (1–50 мс). Число событий, регистрируемых на электродах, с возрастом культуры существенно возрастало, что свидетельствовало об активации достаточно большого числа клеток сети. Характерный интервал следования пачечной активности составлял 2–3 с. Синхронизация отдельных спайков внутри пачки, длящейся 1–1,5 с, отсутствует, а активность представляет собой спайковые последовательности. Такие последовательности можно трактовать как передачу возбуждения между элементами сформированной в культуре нейронной сети и, как следствие, возникновение коррелированных спайков в различных ее участках и регистрируемых на различных электродах. Спайковые паттерны в пределах *burst*-разрядов являются самоподдерживающимися, спайковые возбуждения циркулируют по сети без специфического воздействия извне и при отсутствии пейсмейкерных клеток. Этот факт также свидетельствовал о наличии в культуре диссоциированных клеток гиппокампа с определенного этапа развития нейросетевой архитектуры с наличием активных межнейронных взаимодействий.

Работа поддержана РФФИ (08-02-00724, 08-04-97109), программами «Молекулярная и клеточная биология» Президиума РАН и Министерства науки и образования.

Литература

1. Wagenaar, D.A. Controlling bursting in cortical cultures with closed-loop multi-electrode stimulation / Wagenaar D.A., Madhavan R., Pine J., Potter S.M. // J. Neurosci. 2005. № 25. P. 680–688.
2. Ham, M. Spontaneous coordinated activity in cultured networks: Analysis of multiple ignition sites, primary circuits, and burst. Phase delay distributions / Ham M., Betencourt L.M., McDaniel F.D. & Gross G.W. // J. Comput Neurosci. 2008. № 24. P. 346–357.

Спектры мощности ЭЭГ как показатель нейрофизиологических различий у детей с тиками и дефицитом внимания

И.С. Никишена, Е.А. Яковенко, С.Ю. Сурушкина,
В.А. Пономарев, Л.С. Чутко

Институт мозга человека УРАН, Санкт-Петербург
nikishena@mail.ru

Введение

Тиковые гиперкинезы – тики – представляют собой внезапные, непроизвольные, насильственные, отрывистые повторяющиеся движения, охватывающие различные группы мышц. Встречаемость тиков в детском возрасте весьма высока (от 5 до 15 %).

Очень часто сопутствующим (коморбидным) заболеванием при тиковых гиперкинезах является синдром дефицита внимания с гиперактивностью (СДВГ). СДВГ встречается у детей с тиками в 35–90 % случаев. В литературе активно обсуждается вопрос о едином или различном нейробиологическом субстрате этих двух заболеваний. Исследования методами нейровизуализации, а также немногочисленные электрофизиологические исследования, касающиеся данной темы, не дают окончательного ответа на этот вопрос.

Целью данного исследования было выявление различий между спектрами мощности ЭЭГ у детей с тиками, детей с СДВГ и группой детей без неврологической патологии.

Методы

Изучались три группы испытуемых: 33 пациента с тиками (без СДВГ), 20 пациентов с СДВГ (без тиков), 178 детей без неврологической патологии. Возраст в каждой группе детей колебался от 7 до 14 лет. Все пациенты не принимали никаких фармакологических препаратов на момент исследования. Диагностика была проведена в соответствии с критериями МКБ-10 и DSM IV и тестом вариативности внимания (Test of Variables of Attention – TOVA).

Регистрация ЭЭГ производилась на 21-канальном цифровом энцефалографе «Мицар-201» (ООО «Мицар», Санкт-Петербург) в соответствии с международной системой 10-20 в точках Fp₁, Fp₂, F₇, F₃, Fz, F₄, F₈, T₃, C₃, Cz, C₄, T₄, T₅, P₃, Pz, P₄, T₆, O₁, O₂. Параметры ФВЧ и ФНЧ составляли соответственно 1,5 Гц (0,1 с) и 30 Гц, частота квантования 250 Гц. Анализ записи проводился при условии «глаза закрыты» (как минимум, 3 минуты). Абсолютная мощность ЭЭГ рассчитывалась и сравнивалась

между тремя группами испытуемых. Применялся дисперсионный анализ для повторных измерений (ANOVA):

– первый фактор – 3 уровня (1 – СДВГ, 2 – тики, 3 – дети без тиков и СДВГ),

– второй фактор – локализация электрода (19 электродов).

Было проведено плановое сравнение данных с использованием указанных факторов.

Результаты и обсуждение

На основе визуального анализа данных из группы детей с тиками была исключена одна запись, в которой регистрировалась эпилептиформная активность, 4 записи были исключены из-за значительного количества двигательных артефактов и невозможности компьютерного анализа. Дальнейшему количественному анализу подверглась группа из 28 детей с тиками.

При анализе спектров мощности ЭЭГ основных эффектов и взаимодействий не обнаружено ни в одном диапазоне частот, взаимодействия вычислялись с учетом поправки Гринхауза – Гессера.

Плановое сравнение показало следующее:

1. Мощность ЭЭГ в альфа-диапазоне (8–12 Гц) была статистически ниже [$F(1,223) = 4,9, p < 0,05$] у детей с тиками по сравнению с детьми с СДВГ в 10 отведениях в проекции центральных теменных и височных отделов ($T_3, C_3, Cz, C_4, T_4, P_3, Pz, P_4, T_6$).

2. Мощность ЭЭГ в альфа-диапазоне была статистически ниже [$F(1,223) = 5,25, p < 0,05$] у детей с тиками по сравнению с их здоровыми сверстниками в 10 указанных выше отведениях.

3. Мощность ЭЭГ в бета₁-диапазоне (15–18 Гц) была статистически ниже [$F(1,223) = 8,51, p < 0,05$] у детей с тиками по сравнению с их здоровыми сверстниками в проекции лобных и центральных отделов ($F_7, F_3, Fz, F_4, F_8, C_3, Cz, C_4$).

Наше исследование показало, что биоэлектрическая активность мозга детей с тиками отличается от нормы: мощность ЭЭГ в альфа- и бета₁-диапазоне выше у здоровых детей по сравнению с детьми с тиками. Кроме того, электрическая активность мозга человека в альфа-диапазоне частот отличается для двух заболеваний (мощность ЭЭГ в альфа-диапазоне выше у детей с СДВГ по сравнению с детьми с тиками).

Мы сделали попытку ответить на вопрос, является ли совместное существование тикозного гиперкинеза и дефицита внимания у детей комбинацией двух независимых патологий или двумя фенотипическими подгруппами одной большой клинической группы. По нашему мнению, корректная постановка диагноза в соответствии с диагностическими критериями МКБ-10, с указанием коморбидных заболеваний и затем конкретные сравнения ЭЭГ групп «чистый СДВГ», «чистые тики», «группа здоровых детей» дают воз-

можность найти различия, говорящие о разном нейрофизиологическом субстрате этих заболеваний.

Возможно ли воспитание таланта без травмирования личности ребенка?

Е.И. Николаева

Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена,
Санкт-Петербург
klemtina@yandex.ru

А.Р. Лурия в своей научной биографии «Этапы пройденного пути» (М.: МГУ, 2001) вслед за Максом Ферворном делит ученых на две группы: на классиков и романтиков. Классики рассматривают явление по частям и формулируют общие законы. В результате действительность с ее многообразием оттенков сводится к абстрактным схемам. Романтики пытаются понять мир во всем богатстве его деталей. Недостатками романтической науки является отсутствие четких формулировок и общих законов, к тому же она не отличается логичностью.

Если законы физики, переведенные в формулы, приобретают смысл и объясняют строение Вселенной, то переведенные в схемы когнитивные процессы могут объяснить многое, но не человеческое в человеке. Особую значимость все это приобретает, когда ученый пытается понять когнитивные процессы ребенка, которые непосредственно связаны с его мотивационной и эмоциональной сферой.

Проблема состоит в том, что высокие достижения у взрослого в ряде видов творческой деятельности возможны при условии, что освоение этой деятельности он начал в раннем возрасте, причем формирование навыка требовало тогда многочасовой работы от ребенка каждый день. Для того чтобы заставить малыша, который еще не видит смысла в многократном повторении одного и того же действия, выполнять требования учителя, учитель весьма часто манипулирует ребенком, используя методы поощрения и наказания. Известный российский скрипач Г. Кремер в телевизионном интервью размышлял о том, как развить творческие способности ребенка в дошкольном возрасте. Полностью владея информацией о методах побуждения ребенка к бессмысленному пока для него делу в течение многих часов, он сам себе задал вопрос: «Неужели нельзя сформировать великого музыканта, не травмируя его личность?» В его опыте не было положительного ответа на этот вопрос.

Чтобы попытаться ответить на него экспериментально, мы решили оценить эффективность интеллектуальной работы у дошкольников в ситуациях с различным типом подкрепления. В обследовании принимали участие 140 детей (возраст от 5,11 года до 7,2 года, 68 девочек и 72 мальчика). Дошкольники выполняли ассоциативный эксперимент в ситуации эмоционального подкрепления. Подкрепление было отрицательным (штраф) и положительным

(конфеты). Параллельно тестированию регистрировалась кардиограмма (электроды находились на обеих лодыжках и обеих запястьях). Характеристика ЭКГ во время эмоционально окрашенных заданий сравнивалась с показателями в фоне.

Таким образом, анализировались показатели вариативности сердечного ритма в четырех разных ситуациях, каждая длительностью 5 минут. Первая – оперативный покой, в которой записывалась ЭКГ без определенной деятельности, вторая – фоновый ассоциативный эксперимент, в ходе которого ребенок отвечал антонимами на слова-стимулы, произносимые экспериментатором без оценок результата деятельности ребенка. Третья ситуация – ассоциативный эксперимент с положительным подкреплением, в котором экспериментатор за каждые 5 правильных ответов награждал ребенка конфетой. Последняя, четвертая серия, происходила с негативным подкреплением, при котором за каждую допущенную ошибку у ребенка забирали конфеты.

Подсчитывали процент правильных реакций во всех трех вербальных сериях. Правильными реакциями считались антонимы той же части речи, что и слово-стимул. В списке слов было 45 лексем, из них существительных, прилагательных и глаголов – по 14, три были представлены наречиями. В каждой серии предлагалось по 15 лексем (Каменская, 2007).

Для каждой записи ЭКГ у каждого ребенка были рассчитаны следующие параметры: средняя длительность R-R-интервалов, стандартное отклонение средней длительности R-R-интервалов, высокие частоты вариаций кардиоритма (High frequency, HF, с частотой 0,15–0,40 Гц), низкие частоты (Low frequency, LF, с частотой 0,04–0,15 Гц), индекс вегетативного баланса (отношение процентного содержания низких частот к высоким).

Кроме этого для всех детей был использован детский вариант теста «Стандартные прогрессивные матрицы» Дж. Равена. По результатам тестирования было определено медианное значение в группе, и все дети затем были отнесены либо к подгруппе с высоким интеллектом (значения коэффициента интеллекта выше медианы), либо к подгруппе детей с относительно низким интеллектом (значения коэффициента интеллекта ниже медианы). Таким образом, обозначения «низкий» и «высокий» являлись относительными и применимы в рамках данного плана исследования. Статистический анализ был проведен с помощью пакета программы Excel.

Дети двух групп различным образом выполняли ассоциативный тест в разных сериях. Оказалось, что дети с более высокими значениями интеллекта имели лучшие результаты ассоциативного теста в нейтральной серии (то есть при выполнении на основе внутренней мотивации), эффективность их работы снижалась в серии с положительным подкреплением (внешняя положительная мотивация), тогда как при негативном подкреплении они работали так же, как в нейтральной серии.

У детей из группы с более низким интеллектом минимальные результаты отмечались в нейтральной серии (внутренняя мотивация) и максимальные результаты наблюдались в серии с негативным подкреплением, но они значительно различались (были ниже) по сравнению с детьми из группы с более высоким интеллектом.

Наши данные позволяют сделать вывод о том, что у дошкольников с более высокими показателями интеллекта обнаружена более высокая активация симпатического звена вегетативной нервной системы (показатель LF значимо выше) при выполнении любых тестовых заданий. Причем, согласно нашим данным, дети с более высоким интеллектом лучше всего выполняют бессмысленную для них работу со взрослым на основе внутренней мотивации, тогда как внешняя мотивация не улучшает результаты деятельности. Дети с более низким интеллектом, напротив, улучшают результативность только при включении внешней мотивации. Возможно, именно наличие внутренней мотивации к деятельности ведет к более высоким значениям интеллекта у детей первой подгруппы. Однако данные результаты ничего не говорят о том, почему у одних детей есть внутреннее побуждение работать со взрослым, а у других нет. Безусловно, это различие лежит в особенностях внутрисемейных взаимодействий детей и родителей разных подгрупп.

Наши более ранние исследования (Nikolaeva, 2007, 2008) свидетельствуют: если ребенок утверждает, что его дома не хвалят (вне зависимости от того, как ситуация видится родителями), то в показателях вариаций его сердечного ритма не отражаются его реакции на наказание любой силы. Но если ребенок утверждает, что его много хвалят, он реагирует даже на слабое наказание. Реакции детей с более высоким интеллектом соответствуют данным для детей, которые утверждают, что их не хвалят. Если эта связь существует реально, мы можем утверждать, вслед за Г. Кремером, что это травмированные дети. Однако данный вывод требует дальнейших исследований. И ответ на данный вопрос лежит в описании специфики внутрисемейных отношений, связанных с побуждением ребенка к деятельности.

О нелинейной динамике реозцефалографических коррелятов патологического влечения к алкоголю

Ю.В. Никонов

ФГУЗ МСЧ № 59 ФМБА России, г. Заречный Пензенской области
nikyuv@yandex.ru

Главной причиной рецидивов алкоголизма является эндогенное или ситуационно обусловленное обострение первичного патологического влечения к алкоголю (ПВА), которое возникает, когда в организме нет алкоголя или продуктов его распада. Наличие и интенсивность влечения к алкоголю выявляется тестом кратковременного воздействия парами этанола на обонятельный анализатор. В журнале «Вопросы наркологии» в 1992 году М.Ф. Тимофеевым были опубликованы результаты исследования больных алкоголизмом мужчин с помощью методики изучения РЭГ-реакции сосудов головного мозга (коэффициента межполушарной асимметрии K'_{ac}) на запах алкоголя. Показатели асимметрии кровоснабжения полушарий головного мозга во время проведения функциональной пробы с парами алкоголя (K_{ac} – отношение K'_{ac} , определенного после проведения функциональной пробы, к фоновому значению K'_{ac}) отражают состояние активности нейронных сетей головного мозга человека. Методика может объективировать неосознаваемое отношение к приему алкоголя в момент исследования. Целью этой работы было экспериментальное определение периодов риска рецидива алкоголизма на ранних этапах ремиссии. Периоды максимальной чувствительности к запаху этанола (они же «периоды риска» рецидива алкоголизма – ряд I А) приходятся на исходный день (нулевой день воздержания от алкоголя) (I период), 2–3-й дни (III период), 7–8-й дни (V период), 19–21-й дни (VII период) и 45–50-й дни (IX период). K_{ac} (ряд II А) в эти периоды равен соответственно 253, 120, 95, 79 и 80 %. Периоды минимальной чувствительности к запаху алкоголя (ряд I В) приходятся на 2-й день (II период), 4–5-й дни (IV период), 12–13-й дни (VI период), 30–32-й дни (VIII период) и 62–66-й дни (X период) ремиссии. K_{ac} (ряд II В) соответственно 95, 65, 50, 39 и 37 %. Обращает на себя внимание, что сроки смены (в днях) I–VII периодов (ряды I А и I В) становления ремиссии довольно точно соответствуют ряду чисел Фибоначчи:

1; 2; 3; 5; 8; 13; 21; 32; 50; 66... (сроки смены периодов становления ремиссии в сутках)

1; 2; 3; 5; 8; 13; 21; 34; 55; 89... (ряд Фибоначчи)

I; II; III; IV; V; VI; VII; VIII; IX; X (№ периода по М.В. Тимофееву)

Числовые ряды I А и II А отражают состояние «алкогольной» подсистемы-а, так как соответствуют актуализации ПВА и неустойчивому состоянию ремиссии. Ряды I В и II В соответствуют отсутствию ПВА и относительно устойчивому состоянию подсистемы становления ремиссии алкоголизма – подсистемы-р.

Легко видеть, что значения рядов II А и II В можно аппроксимировать как ряды Φ^n , где $\Phi = 1/1,62 = 0,62$ (золотое сечение), а $n = \pm (5/2; 2; 3/2; 1; 1/2; 0)$. Причем в эмпирически полученных данных, опубликованных Тимофеевым, «пропущены» значения $\Phi^{-3/2}$, Φ^{-1} , нет значений K_{ac} , равных $\Phi^{-5/2}$ и $\Phi^{5/2}$. Анализ числовых данных показывает, что колебания значений K_{ac} определяют значения периодов (с первого по седьмой) становления ремиссии алкоголизма: T_{I-VII} по формуле [10]: $T_{I-VII} = 2\pi/(w_i \cdot w_j)^{1/2}$, где w_i и w_j соответственно значения $(K_{ac})^2$ периодов I и II, III и IV, V и VI, VII и VIII, а $w_k = (w_i \cdot w_j)^{1/2}$ – среднегеометрическое частот w_i и w_j . Частоты w_k , соответствующие периодом становления ремиссии алкоголизма, по Тимофееву, VII, VI, V, в порядке возрастания равны: 0,31; 0,48; 0,78... Значения $(K_{ac})^2$ являются в тоже время частотами колебаний, измеряемыми в единицах частоты – сут^{-1} . Последовательности значений K'_{ac} из ряда II А

2,53; ... 1,20; 0,95; 0,79; 0,80 соответствуют частоты w_i

6,4; ... 1,44; 0,90; 0,62; 0,64 сут^{-1} .

Последовательности значений K_{ac} из ряда II В

0,95; ... 0,65; 0,50; 0,39; 0,37 соответствуют частоты w_j

0,90; ... 0,42; 0,25; 0,15; 0,14 сут^{-1} .

То есть имеется ряд частот, отражающих асимметрию кровоснабжения полушарий головного мозга, а значит, и асимметрию активности соответствующих нейронных сетей во время проведения функциональных проб с запахом алкоголя. Отношения значений числовых рядов частот III А и III В $(K_{ac}^2)_A / (K_{ac}^2)_B = w_i / w_j$ равны соответственно 7,1; 3,4; 3,6; 4,1; 4,0, причем отношения частот, равные 4,1 и 4,0, свидетельствуют о наличии резонанса между ними, так как частота колебаний одного ряда практически в целое число раз превосходит частоту колебаний другого. Можно предположить, что именно достижение резонанса между двумя подсистемами этанолзависимой функциональной системы (ЭЗФС) – подсистемой-а и подсистемой-р – ведет к относительной стабилизации состояния человека с алкогольной зависимостью, смене временных закономерностей в дальнейшей динамике ЭЗФС в процессе становления ремиссии. Периоды минимальной чувствительности к запаху алкоголя (II, IV, VI, VIII, X периоды) соответствуют относительно устойчивым состояниям ЭЗФС. Периоды максимальной чувствительности к запаху этанола (I, III, V, VII, IX периоды, они же «периоды риска» рецидива алкоголизма) – состоянию неустойчивости ЭЗФС.

Вероятно, понятия устойчивости-неустойчивости динамической системы, условия достижения устойчивости системы, отраженные в закономерностях динамики K_{ac} , могут быть применены к пониманию становления ремиссии алкоголизма. Процесс становления ремиссии алкоголизма как динамики ЭЗФС можно отнести к ряду биологических процессов развития самоорганизующихся систем. По мнению некоторых авторов (В.И. Аршинов,

В.Г. Буданов, 2007), ряд Фибоначчи отражает точки бифуркации, перехода к устойчивости в процессе развития самоорганизующихся систем, является одним из самых быстрых сценариев развития систем.

Значения $(K_{ac})^2$ определяют существенные свойства динамики кровоснабжения головного мозга и соответствующей динамики нейронных сетей, отражающие появление ПВА. Возможно целенаправленное и контролируемое воздействие на динамику K_{ac} с целью его функционального изменения. В частности, в лечении алкогольной зависимости успешно применяется метод латеральной светотерапии, основанный именно на функциональном изменении асимметрии полушарий головного мозга (А. П. Чуприков, А. Н. Линёв, И. А. Марценковский, 1994). Исследовалось и воздействие музыки (которое используется в программах реабилитации больных алкоголизмом) на межполушарные взаимоотношения мозга, в том числе на динамику асимметрии РЭГ (Я.К. Гасанов, Н.Н. Брагина, Т.А. Доброхотова и др., 1982). Перспективными представляются дальнейшие исследования динамики K_{ac} при становлении ремиссии алкоголизма, применение в исследовании асимметрии активности нейронных сетей, имеющих отношение к ПВА, функциональной компьютерной томографии головного мозга. Возможно компьютерное моделирование вышеописанной нелинейной динамики ЭЗФС с помощью нейронных сетей (Г.Г. Малинецкий, 2007).

Сравнительный анализ вариаций поведения муравьев при взаимодействии с различными симбионтами

Т.А. Новгородова, О.Б. Бирюкова

Институт систематики и экологии животных СО РАН, Новосибирск
zhanna@reznikova.net

Рыжие лесные муравьи, доминирующие в многовидовых сообществах, представляют собой уникальный объект исследования для этологов. Это один из наиболее ярких примеров дифференциации функций в семье, основанных на поведенческих различиях – от простого разделения на функциональные группы (внутригнездовые рабочие, охотники, сборщики пади) до глубокой «профессиональной специализации» в группах сборщиков пади [1, 2]. Эти муравьи позволяют изучать стереотипы поведения различной степени сложности, в том числе в ситуациях, когда от них требуется определенная координация действий. Цель работы – сравнительный анализ поведения рыжих лесных муравьев при трофобиозе с различными симбионтами.

Исследовалось поведение муравьев *Formica polyctena* при взаимодействии с тлями, живущими в открытых колониях (*Aphis grossulariae* и *Cinara mongolica*), а также личинками пилильщиков *Blasticotoma filiceti*, обитающими внутри вайи папоротника. Наблюдения сопровождались мечением муравьев (около 1500 особей) и хронометрированием их поведения (135). Время наблюдений составило около 340 часов. Для определения агрессивности муравьев получили шкалу от 0 до 6 баллов, расположив ответные реакции на однотипный раздражитель в порядке возрастания агрессии. Выделено 12 элементов поведения, отражающих разные аспекты взаимодействия муравьев друг с другом и с симбионтами.

Взаимодействие муравьев с личинками пилильщиков определяется образом жизни последних. При сборе выделений личинок муравьи ведут себя так же, как на углеводных кормушках. При появлении жидкости внутри хода они окружают отверстие в вайе и наполняют зобики. В ожидании появления выделений муравьи обследуют растение или соскребают остатки сладкой жидкости вокруг отверстий в вайе. Сбор выделений тлей требует от муравьев больших усилий и наличия определенных навыков. Муравьи «выпрашивают» падь у тлей: передвигаясь от одной особи к другой, посту-

кивают антеннами всех тлей в колонии, стимулируя их к выделению жидкости. Готовность тлей поделиться падью они определяют по характерным движениям тлей задними ногами в воздухе, после чего снимают каплю пади с преанальных волосков тли, часто помогая себе при этом антеннами.

Отдельные кусты папоротника с личинками пилильщиков, также как и отдельные колонии тлей, посещают небольшие группы муравьев, относительно постоянные по составу. Однако организация работы фуражиров в группах зависит от вида партнера симбионта. Так, при трофобиозе с тлями муравьи демонстрируют «профессиональную специализацию» с четким разделением ряда функций. «Пастухи» собирают падь, «сторожа» охраняют колонии симбионтов от конкурентов, «транспортировщики» переносят падь в гнездо, а «координаторы» («разведчики») занимаются поиском новых колоний и координируют действия группы. Усредненные бюджеты времени муравьев из разных «профессиональных» групп отличаются, коэффициенты ранговой корреляции Спирмена (r_s) варьируют от 0,47 до 0,58 ($p > 0,05$). Около 65 % муравьев группы («пастухи» и «сторожа») «дежурят» на растении с тлями около 90 % времени наблюдений. Наиболее агрессивные «сторожа» (тест Вилкоксона, $p < 0,05$) активно защищают симбионтов.

При взаимодействии с личинками пилильщиков, скрытыми от контактов, организация работы фуражиров из исследованной семьи оказалась существенно проще. Рабочие группы состоят в основном из неспециализированных фуражиров (95 % группы), которые самостоятельно собирают выделения симбионтов и относят их в гнездо. Всего 5 % муравьев из группы «дежурят» на вайе и проводят там значительно больше времени, чем неспециализированные фуражиры: $(99,03 \pm 2,29) \% (n = 13)$ и $(46,17 \pm 12,60) \% (n = 60)$ соответственно (тест Вилкоксона, $p < 0,01$). Кроме того, они значительно агрессивнее последних – $3,05 \pm 2,07 (n = 13)$ и $2,19 \pm 1,86 (n = 60)$ соответственно (тест Вилкоксона, $p < 0,05$). «Дежурные» муравьи мгновенно реагируют на любые вмешательства в жизнь колонии и, по-видимому, являются аналогом «сторожей» из групп фуражиров, ухаживающих за тлями. Усредненные бюджеты времени неспециализированных и «дежурных» муравьев не сходны ($r_s = 0,54, p > 0,05$). «Дежурные» редко покидают свой пост и обычно передают собранные выделения личинок неспециализированным фуражиром.

Таким образом, при сборе выделений личинок папоротниковых пилильщиков у муравьев обычно наблюдается меньше элементов поведения и отсутствие более или менее четкой последовательности действий. Более того, при взаимодействии с личинками рыжие лесные муравьи демонстрируют упрощенную организацию работы фуражиров. В целом получение капли сладких выделений личинок *B. filiceti* можно считать более простым видотипическим стереотипом поведения по сравнению с выпрашиванием капли пади у тли.

Работа поддержана РФФИ (06-04-48288) и Президиумом РАН.

Литература

1. Новгородова Т.А. Специализация в рабочих группах муравьев при трофобиозе с тлями // Журнал общей биологии. 2008. Т. 69, № 4. С. 293–302.
2. Резникова Ж.И., Новгородова Т.А. Распределение ролей и обмен информацией в рабочих группах муравьев // Успехи современной биологии. 1998. Т. 118, № 3. С. 345–357.

Стандартизация описания поведения на примере исследования муравьев

С.Н. Пантелеева, Ж.И. Резникова, Ж.А. Данзанов

Институт систематики и экологии животных СО РАН, Новосибирск
Новосибирский государственный университет, Новосибирск
zhanna@reznikova.net, a.folklover@gmail.com

Исследователи, работающие в области как классической, так и когнитивной этологии, постоянно сталкиваются с необходимостью применения количественного подхода к описанию поведения, особенно при реализации программ видеотрекинга поведения. Для количественного анализа поведения животных необходима стандартизация описания, позволяющая объективно оценивать его вариабельность, проводить сравнительный анализ, выделять смысловые единицы. Объективный подход к анализу этограмм был предложен в работах Е.Н. Панова (1978), Ж.И. Резниковой (1983), И.А. Володина (1990), В.А. Непомнящих (2003) и других этологов. Однако до сих пор, несмотря на большое количество учебников по этологии, не разграничены основные понятия, используемые при описании поведения. Мы предлагаем стандартизировать понятия и приемы, применяющиеся при анализе этограмм, на примере муравьев, обладающих сложным и разнообразным поведением.

В качестве элементарной единицы описания мы выделяем элементарные двигательные акты и позы [3], называя их для краткости элементами поведения. *Поведенческой последовательностью* мы называем произвольный набор последовательно осуществляемых элементов поведения. Одним из примеров высокоизменчивой поведенческой последовательности является поисковое поведение. Устойчиво повторяющиеся «цепочки» элементов поведения мы выделяем в качестве *поведенческих стереотипов*. Проявление стереотипов в контексте поведения носит вероятностный характер: отдельные элементы могут выпадать или, наоборот, повторяться, они также могут быть «разбавлены» элементами поведения, не относящимися к данному стереотипу («шумом»). *Фиксированным комплексом* действий (ФКД) мы, вслед за этологами классической школы, называем генетически обусловленные последовательности поведенческих элементов, постоянные по составу и по порядку совершения. Примерами могут служить ФКД захвата

добычи, спаривания, чистки различных органов. Отметим, что каждый из перечисленных комплексов действий может быть у одних видов фиксированным, а у других – нет (например, у крокодила, в отличие, скажем, от хорька или дорожной осы, комплекс действий при захвате добычи не фиксирован). Стартуя по принципу «спускового крючка» в ответ на воздействие ключевого стимула, ФКД разворачивается как единая серия действий вплоть до завершающего акта. От стереотипа ФКД отличается не только высокой (практически 100 %-й) связностью элементов, но и тем, что если старт состоялся, то ФКД дойдет до конца, то есть он является «неделимым». ФКД в неизменном виде присутствуют по крайней мере у большинства представителей вида. Однако можно ожидать проявления внутри- и межпопуляционной вариативности по признакам наличия и степени полноты того или иного ФКД.

Стереотип может включать в себя ФКД. От поведенческой последовательности стереотип отличается «связностью» некоторых своих элементов, иными словами, если в поведенческой последовательности присутствуют «цепочки» элементов с более или менее явно выраженной взаимозависимостью, то можно говорить о наличии стереотипа. Как стереотипы, так и ФКД могут быть специфичными для вида. Классическим примером являются устойчивые последовательности элементов при ухаживании у некоторых видов птиц, описанные О. Хейнротом. Отметим, что стереотипы могут включать элементы, основанные на приобретенном опыте, столь прочно «встроенные» в поведение индивида, что их трудно отличить от генетически детерминированных. Если «доводка» стереотипов совершается в контексте однотипных «диалогов» между средой и членами одного вида, то в итоге получается *видовой стереотип поведения*.

Для описания поведения мы предлагаем следующий протокол, опробованный на муравьях. Выделяем позиции тела (body), ног (legs), головы (head), антенн (antennae), жвал (mandibles) и обозначаем цифрами или буквами, в сочетании с текущим движением (movement). Например, тело (b): спокойное выпрямленное (0), приподнятое (1), поджатое (2), брюшко приведено в готовность выстрелить кислотой (3). Ноги (l): спокойные (0), приподнято-напряженные (1), поза «сковородника», встал на четыре ноги (2), «сковородник» + две передние высоко подняты (3). Голова (h): спокойная (0), вытянута вперед (1), поднята (2), наклонена вниз (3), повернута в сторону (4). Антенны (a): спокойные (0), вытянуты прямые (1), ошупывают (2), постукивают (3), касаются вскользь (4). Жвалы (mnd): спокойно сомкнуты (0), приоткрыты (1), полностью открыты (2). Движение (mv): остановка (0), спокойный шаг (1), бег (2), прерывистый бег (3), наскок (4), поворот (5), плавный поворот вокруг оси (6). Тогда, скажем, агрессивная поза перед нападением будет выглядеть так: b 3 l3 h2a1 mnd2 mv0.

Часто повторяющимся элементам поведения можно придать отдельные обозначения, например b 3 l3 h2a1 mnd2 mv0 = agg, а спокойный бег, которому сопутствуют нули – run.

Таким образом, описываем элементы, составляющие цепочки поведенческих последовательностей, стереотипов, ФКД. Следующий шаг в описании поведения – фиксация поведенческих цепочек при наблюдении за животным и протоколирование с помощью выделенных элементов. На выходе получаем последовательность из элементов, соответствующую той или иной деятельности животного. В этой последовательности уже можно выделять фрагменты разной степени связности. Предложенные приемы могут помочь исследователям в составлении «словаря», адаптированного для конкретных объектов этологических наблюдений.

Литература

1. Володин И.А. Поведенческий репертуар краснозобой казарки *Rufibrenta ruficollis* (Anserini, Anseriformes) // Зоол. журн. 1990. Т. 69, № 9. С. 57–66.
2. Непомнящих В.А. Противоречие между оптимизацией и упорядоченностью в строительном поведении личинок ручейников *Chaetopteryx villosa* Fabr. (Limnephilidae, Trichoptera) // Журнал общей биологии. 2003. Т. 64, № 1. С. 45–54.
3. Панов Е.Н. Механизмы коммуникации у птиц. М.: Наука, 1978. 304 с.
4. Резникова Ж.И. Межвидовые отношения у муравьев. Новосибирск: Наука, 1983. 208 с.

«Неизвестный континент» когнитивной науки: функции нейротрансмиттеров

С.Б. Парин

Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород
Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород
Институт прикладной и фундаментальной медицины НижГМА, Нижний Новгород
parins@mail.ru

В заглавие тезисов вынесена цитата из программной книги Б.М. Величковского (2006) «Когнитивная наука: основы психологии познания». Она очень точно характеризует огромное белое пятно на карте современной когнитивистики: несмотря на множество серьёзных достижений в исследовании познания, связанных с междисциплинарными подходами и интеграцией знаний психологии, лингвистики, нейробиологии, медицины, физики, математики и других наук, огромная область исследований, связанная с механизмами синаптической передачи, остаётся вне сферы должного внимания.

Причины такого положения достаточно понятны и могут быть сведены к двум устойчивым стереотипам:

1) исследование синаптических процессов современными методами (микроэлектродные подходы, радиорецепторный и радиолигандный анализ, высокоточные хроматографические методы, субклеточный нейроимиджинг, физиолого-фармакологический анализ и др.) возможно только в экспериментах на животных, когнитивные функции которых недоступны изучению;

2) для изучения нейротрансмиттерных процессов у человека, являющегося базовым объектом когнитивных исследований, не существует методических подходов, отвечающих хотя бы минимальным требованиям: точности измерений, воспроизводимости результатов, неинвазивности и т. д.

Казалось бы, ситуация безвыходная. Рискну, однако, утверждать, что это не так. Во-первых, последние десятилетия ушедшего века обогатили нас не только достоверными знаниями о сложных когнитивных функциях жи-

вотных (по крайней мере, высших – млекопитающих и птиц), качественно сопоставимых с таковыми у человека, но и уверенностью в применимости к «братьям нашим меньшим» многих методических подходов, ранее эксклюзивно использовавшихся по отношению к человеку. Учитывая свершившийся факт вербального контакта между человеком и животными других видов [2, 7, 9], можно с уверенностью ожидать, что в ближайшие годы мы увидим публикации, в которых традиционные экспериментальные нейрохимические подходы будут совмещаться с оценкой когнитивных функций животных по данным тестов, вербальных отчётов и т. д. Здесь скорее встанет вопрос этики, а не методики: вменяемому человеку трудно представить себе изготовление слайсов гиппокампа животного, с которым час назад ты вёл «светскую беседу».

Во-вторых, сегодня уже существуют и применяются методические подходы, отвечающие указанным в пункте 2 требованиям. В качестве примера могу привести успешное исследование перцептивных функций больных, по медицинским показаниям получавших психотропные препараты с прицельным (синаптическим) механизмом действия [5]. По существу, в этих исследованиях был реализован классический вариант физиолого-фармакологического анализа, давно используемый при изучении нейротрансмиттерных механизмов в экспериментах на животных: пациенты психиатрической клиники принимали блокаторы рецепторов различных биогенных аминов, ингибиторы их обратного захвата, лиганды бензодиазепиновых рецепторов, холиноблокаторы и т. д. (фарманализ), а их перцептивные функции оценивались надёжными и неинвазивными компьютерными методами кампиметрии и латерометрии (физиологический анализ). Таким образом, в одном исследовании удаётся совместить традиционный подход к изучению нейротрансмиссии с измерением первичных когнитивных функций.

Наконец, в-третьих, сегодняшний уровень математического (в основном, нейросетевого) моделирования нейробиологических (в том числе, медиаторных) процессов позволяет строить иерархические системы такого уровня сложности, что становится возможным воспроизведение и прогнозирование поведения не только редуцированных [4], но и вполне полноценных когнитивных систем [3, 6, 8].

Таким образом, уже сегодня исследование нейротрансмиттерных механизмов когнитивных процессов доступно и вполне осуществимо.

Работа выполнена при частичной поддержке грантов РФФИ № 08-07-12058-офи и 08-07-99037-р_офи.

Литература

1. Величковский, Б.М. Когнитивная наука : основы психологии познания : в 2 т. / Борис М. Величковский. – М. : Смысл : Академия, 2006. – 432 с.

2. Зорина, З.А. О чём рассказали «говорящие» обезьяны : (Способны ли высшие животные оперировать символами) / З.А. Зорина, А.А. Смирнова. – М.: ЯСК, 2006. – 423 с.

3. Нуйдель, И.В. Возможные механизмы контекстной модуляции параметров в моделировании обработки зрительных стимулов в первичной зрительной коре / И.В. Нуйдель, С.А. Полевая // Научная сессия МИФИ – 2009. XI Всероссийская научно-техническая конференция «Нейроинформатика-2009» : сборник научных трудов. М. : МИФИ, 2009. Ч. 2. С. 237–246.

4. Парин, С.Б. Люди и животные в экстремальных ситуациях: нейрхимические механизмы, эволюционный аспект // Вестник Новосибирского государственного университета. 2008. Т. 2, вып. 2. С. 118–135.

5. Парин, С.Б. Исследование влияния психотропных препаратов на сенсорные функции человека / С.Б. Парин, С.А. Полевая, Н.В. Ефимова // Вестник Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского. Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2006. С. 66–78.

6. Полевая, С.А. Модель «распознающей ячейки» для воспроизведения feed-forward взаимодействия в когнитивной системе: численный эксперимент, психофизические данные / С.А. Полевая, И.В. Нуйдель, М.Д. Видинеева // Научная сессия МИФИ – 2009. XI Всероссийская научно-техническая конференция «Нейроинформатика-2009» : сборник научных трудов. М. : МИФИ, 2009. Ч. 2. С. 183–192.

7. Резникова, Ж.И. Интеллект и язык животных. Основы когнитивной этиологии / Ж.И. Резникова. – М. : Академкнига, 2005. – 580 с.

8. Яхно, В.Г. Динамика нейроноподобных моделей и процессы «сознания» // Научная сессия МИФИ – 2006. VIII Всероссийская научно-техническая конференция «Нейроинформатика-2006» : лекции по нейроинформатике. М. : МИФИ, 2006. С. 88–111.

9. Reznikova, Zh. Animal Intelligence. From individual to social cognition / Zh.I. Reznikova. – Cambridge : Cambridge University Press, 2007. – 488 p.

Когнитивные аспекты проблемы стресса

С.Б. Парин¹⁻³, С.А. Полевая^{2,3}

¹ Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород

² Нижегородская государственная медицинская академия, Нижний Новгород

³ Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород
parins@mail.ru, vostokov@appl.sci-nnov.ru

Всё более усугубляющаяся узкая специализация, характерная для современной науки, приводит к неоправданному разделению исследуемых феноменов по «ведомственной принадлежности». Одним из типичных примеров является проблема стресса, которая традиционно рассматривается как объект исследования или патофизиологов, или специалистов по аффективной психологии. И то и другое представляется недостаточно обоснованным: во-первых, стресс в значительной мере является нормальной, ситуативно адекватной защитно-приспособительной реакцией, становясь сугубо патологической только при чрезвычайном по силе повреждении; во-вторых, отнесение стресса к череде аффективно-эмоциональных феноменов выхолащивает когнитивную составляющую этого динамического процесса, низводя его до уровня неосознаваемых стереотипий.

Между тем, наряду с вегетативным, эмоциональным и моторным компонентами, когнитивная составляющая играет существенную роль в развитии стресс-реакции. Основываясь на трёхкомпонентной концепции развития стресса и шока [2, 5–7], можно констатировать наличие нескольких узловых процессов в стадийной динамике стресса, которые прямо влияют на когнитивную сферу (рис.).

Прежде всего, любая стресс-реакция запускается интенсивным потоком с сенсорного входа, обеспечивающим первичную когнитивную оценку степени повреждения или реальности угрозы. Через лимбическую систему осуществляется обращение к «базе данных», соответствующих сложившейся чрезвычайной ситуации. Ретикулярная формация, как «система бдительности», резко активизирует обработку сенсорных сигналов и понуждает гипоталамус к запуску трёх стресс-реактивных систем: симпато-адрена-

ловой (САС), гипоталамо-гипофизарно-адреналовой (ГГАС) и эндогенной опиоидной (ЭОС). По существу, реализуется режим экстренного обучения, поддержанный мощным катаболизмом.

Принято считать, что дальнейшие события реализуются в сугубо вегетативной сфере, обеспечивающей энергетический ресурс моторных реакций. Однако необходимо помнить, что и катехоламины, и кортиколиберин (равно как и тиролиберин, также вовлекающийся в стресс-реакцию), и АКТИГ, и кортикостероиды, и опиоидные пептиды обладают выраженными и достаточно хорошо изученными ([1–4] и мн. др.) способностями влиять на различные когнитивные функции: память, скорость и надёжность обучения, мышление, внимание, сенсорные и перцептивные процессы и т. д.

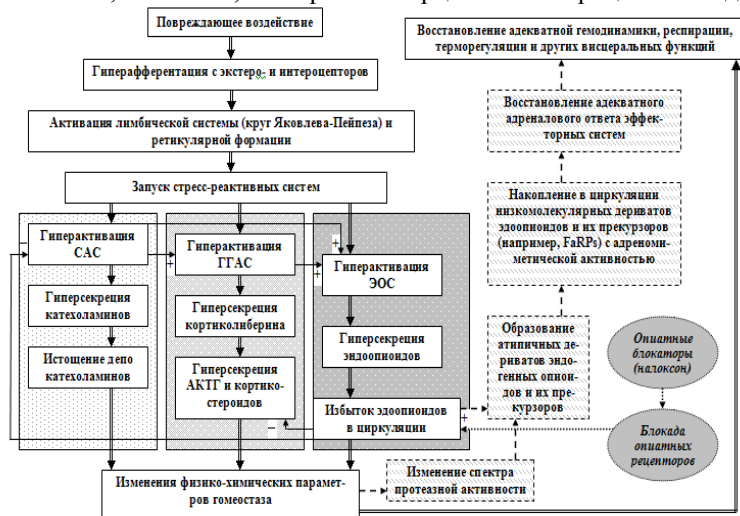


Рис. Обобщённая схема, иллюстрирующая трёхкомпонентную концепцию стресса и шока (по: [7] с изменениями)

В сущности, стресс решает две параллельные задачи: во-первых, обеспечить экстренный неспецифический ответ на возникшую угрозу повреждения и, во-вторых, сформировать специфическую (и, соответственно, более эффективную) программу действий для повторного отражения атаки в аналогичной ситуации. Обе задачи невозможно решить без включения когнитивного компонента.

Литература

1. Ашмарин И.П., Антипенко А.Е., Ашапкин В.В. и др. Нейрохимия. М.: Изд-во ИМБХ РАМН, 1996. 470 с.
2. Голанов Е.В. Современное состояние проблемы эндогенных морфиноподобных веществ // Медицина и здравоохранение. М.: ВНИИМИ, 1986. 76 с.

3. Каплан А.Я. Человек тревожный (Homo anxius): в поисках гармонии // Материалы VII междисциплинарного симпозиума «Психофизиология стресса». М., 2003. С. 29–32.

4. Николс Дж.Г., Мартин А.Р., Валлас Б.Дж., Фуке П.А. От нейрона к мозгу. М.: Едиториал УРСС, 2003. 490 с.

5. Парин С.Б. Изменение состояния эндогенной опиоидной системы в условиях воздействия на организм животных ядов // Механизмы действия зоотоксинов: Межвуз. сб. Горький, 1986. С. 82–87.

6. Парин С.Б. Нейрохимические и психофизиологические механизмы стресса и шока // Вестник Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского. Нижний Новгород: Изд-во ННГУ, 2001. С. 20–28.

7. Парин С.Б. Люди и животные в экстремальных ситуациях: нейрохимические механизмы, эволюционный аспект // Вестник Новосибирского государственного университета. 2008. Т. 2, вып. 2. С. 118–135.

Механизмы выбора информативно значимых фрагментов изображений в процессе осмотра: эксперимент и модель

Л.Н. Подладчикова, Д.Г. Шапошников

НИИ НК им. А.Б. Когана Южного федерального университета, Ростов-на-Дону
dima@nisms.krinc.ru, lnp@nisms.krinc.ru

Введение

Поиск механизмов выбора информативно значимых фрагментов (ИЗФ) изображений является одной из ключевых проблем в области биологического и технического зрения [1–3]. Принимая во внимание слабую формализацию известных данных, математические модели рассматриваются как важное средство изучения механизмов выбора ИЗФ [4–6]. Цель данной работы – получение экспериментальных данных и разработка реалистической модели для количественной оценки вклада различных факторов и механизмов в процессе осмотра изображений.

Результаты эксперимента и моделирования

Для регистрации движений глаз использовалась система iView X Hi-Speed 1250. В качестве тестовых выбраны 3 изображения из [1]. Разработанная модель, как и ранее [5], имитировала фовеальное представление информации, поиск ИЗФ для детального анализа, контекстное описание признаков и ориентационную избирательность в зрительной системе. Количественная оценка данных А.Л. Ярбуса ([1], рис. 109, 1) позволила детектировать ИЗФ как области концентрации точек фиксации взгляда (рис. 1, А). Аналогичные ИЗФ обнаружены в наших тестах на 9 испытуемых (рис. 1, Б).

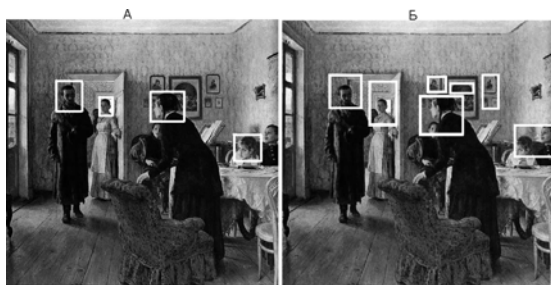


Рис. 1. ИЗФ (белые прямоугольники), детектированные по плотности точек фиксации взгляда при анализе результатов А.Л. Ярбуса [1] (А) и в наших тестах (Б)

Несмотря на существенную временную динамику параметров глазных движений, ИЗФ привлекают внимание испытуемых на всех этапах осмотра изображений и могут быть определены уже по распределению первых 20 фиксаций взгляда. Кроме того, ИЗФ на данном изображении имеют приоритет при решении различных зрительных задач, в частности при свободном осмотре и поиске измененных фрагментов (рис. 2). Обнаружено, что специфика решаемой задачи отражается в деталях траектории осмотра, длительности фиксаций взгляда и амплитуде саккад.

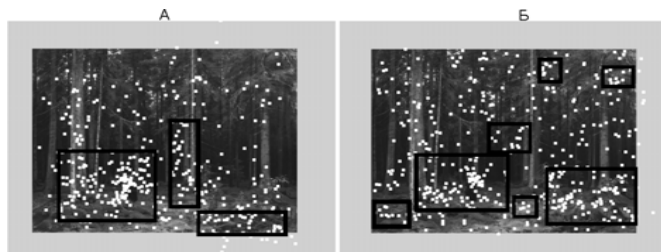


Рис. 2. ИЗФ (черные прямоугольники), детектированные по плотности фиксаций взгляда (белые точки) во время осмотра (А) и поиска измененных областей (Б)

С учетом полученных экспериментальных результатов разработана функция притяжения взгляда в модели, которая позволила имитировать траектории осмотра, обнаруженные в конкретных экспериментах.

Заключение

В психофизических тестах с высокоточной регистрацией движений глаз детектированы ИЗФ как области концентрации точек фиксаций взгляда. Предполагается, что разработанный подход позволит преодолеть ограничения при формализации психофизических данных и получить количественные оценки вклада различных «детерминант» [2] в поиск перцептуально важных ИЗФ при решении различных зрительных задач. В прикладном от-

ношении в перспективе возможно получить критерии классификации изображений и объектов по их семантической значимости и сложности в соответствии с параметрами глазных движений при их осмотре.

Работа поддержана грантом РГНФ 09-06-95218 а/Ф.

Литература

1. Ярбус А.Л. Роль движений глаз в процессе зрения. М.: Наука, 1965. 166 с.
2. Барабанищев В.А. Окуломоторные структуры восприятия. М.: Институт психологии РАН, 1997. 384 с.
3. Величковский Б.М. Успехи когнитивных наук // В мире науки. 2003. С. 12.
4. Walther D.B., Koch C. Attention in Hierarchical Models of Object Recognition // Prog. in Brain Res. Elsevier, 2007. V. 165. P. 57–78.
5. Rybak I., Gusakova V., Golovan A., Podladchikova L., Shevtsova N. Attention-guided Recognition Based on «What» and «Where» Representations: A Behavioral Model // Neurobiology of Attention. 2005. P. 663–670.
6. Privitera C.M., Stark L. Scanpath Theory, Attention and Image Processing Algorithms for Prediction of Human Eye Fixations // Neurobiology of Attention. Elsevier: Academic, 2005. P. 663–670.

Принципы интеграции эндогенных факторов в когнитивную обработку экстероцептивных сигналов

С.А. Полевая

Нижегородская государственная медицинская академия, Нижний Новгород
Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород
vostokov@appl.sci-nnov.ru

Разработаны инструментальные компьютерные технологии, позволяющие получать цифровое описание субъективных сенсорных образов и измерять характерные времена взаимодействия нейронных модулей при осознании сенсорного сигнала для конкретного индивидуума в конкретном функциональном состоянии [1]. Приведенные экспериментальные данные показывают зависимость процессов «когнитивных операций» [2] от особенностей состояний «эмоциональной» и «вегетативной» подсистем живого организма. Сопоставление выявленных в работе зависимостей с результатами нейрофизиологических и поведенческих исследований [3–6] позволяют указать ключевые операции при обработке сенсорных данных, в которых происходит интеграция экзогенных и эндогенных сигналов в нейробиологической системе формирования субъективного сенсорного образа (рис. 1).

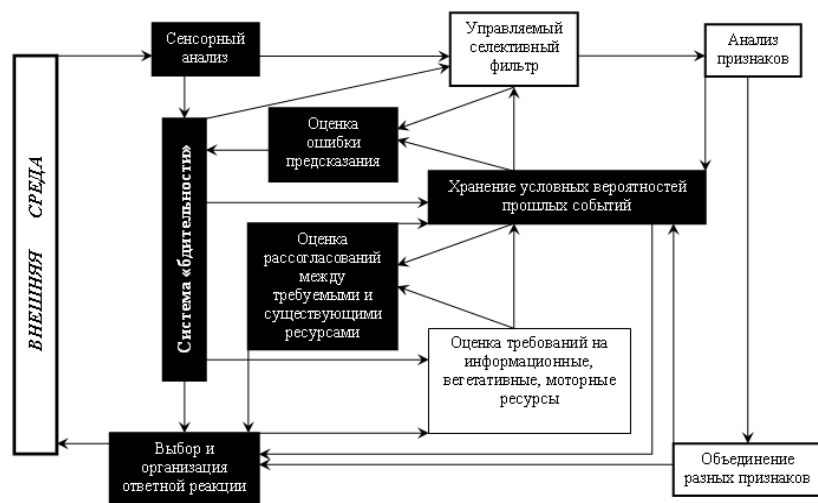


Рис. 1. Функциональная схема интеграции эндогенных факторов в обработку сенсорных сигналов

Установлено, что

1. На пороговые характеристики субъективных репрезентаций экстероцептивных сигналов влияют экзогенные информационные факторы (степень предсказуемости сенсорного события и целевое пространство репрезентаций); эмоциональные факторы (уровень тревожности и тип ВНД); вегетативные факторы (тип вегетативной регуляции и активации).

2. Эндогенные сигналы формируют компоненты нейронального кода экстероцептивных сигналов.

3. Паттерны пороговых характеристик когнитивной обработки экстероцептивных сигналов специфичны для эндогенного контекста:

- в стационарном функциональном состоянии структуры субъективного цветового пространства и субъективного звукового пространства стабильны и обладают индивидуальными особенностями;

- когнитивные реакции в ситуации стресса подчинены закону минимизации и не зависят от индивидуальных особенностей субъекта;

- в асимметрии звуколокализационной функции отражена специализация полушарий головного мозга по отношению к системам вегетативной регуляции.

4. Фармако-физиологический и нейропсихологический анализ механизмов когнитивной обработки зрительных и звуковых сигналов указывает на сочетание структурной интеграции с нейрохимической сегрегацией звуколокализационной функции и функции цветоразличения.

5. Инструментальные методы, реализованные в программной среде, поддерживающей автоматизированное управление параметрами физического стимула, регистрацию ошибок восприятия по моторным отображениям и визуализацию динамики сигналов, обеспечивают быстроедействие и точность при прямом измерении порогов когнитивной обработки экстероцептивных сигналов.

Интеграция эндогенных факторов в когнитивную обработку экстероцептивной информации реализуется в соответствии со следующими принципами:

1) специфичности – для каждого функционального состояния выявлен специфический паттерн сопряжения показателей обработки звуковых и зрительных сигналов;

2) интегративности – передача и обработка сенсорной информации обеспечивается коллективной динамикой нейронных популяций; сигналы вегетативной и эмоциональной систем являются активными компонентами структуры субъективного сенсорного образа;

3) фрактальности – в отдельных модулях и системе в целом реализованы однотипные алгоритмы;

4) адаптивности – преднастройка нейрональных модулей в соответствии с целевой функцией.

На современном уровне развития биологоправдоподобного моделирования вполне осуществимо создание библиотеки симуляторов когнитивных систем и функциональных состояний на единой базовой платформе существующих и вновь разрабатываемых математических моделей. Прагматический смысл подобной технологии очевиден: сегодня имеется реальная возможность разработки интерактивных экспертных систем, обеспечивающих быструю неинвазивную комплексную оценку функционального состояния конкретного человека, мониторинг динамики функциональных систем, прогнозирование поведения человека и течения патологических состояний.

Литература

1. Полевая С.А., Еремин Е.В., Зевеке А.В. Компьютерные технологии для исследования структуры субъективного сенсорного пространства человека // Нижегородский медицинский журнал. 2003. Т. 1. С. 21–146.
2. Величковский Б.М., Соловьев В.Д. Компьютеры, мозг, познание. Успехи когнитивных наук. М.: Наука, 2008. 293 с.
3. Broadbent D.E. Perception and Communication. London: Pergamon Press, 1958.
4. Schacter D.L., Norman K.A., Koutstaal W. The cognitive neuroscience of constructive memory // Annu. Rev. Psychol. 1998. № 49. P. 289–318.
5. Squire L.R. The hippocampus and the neuropsychology of memory // Neurobiology of the hippocampus / Ed. Seifert. N. Y., 1983.

О моделировании когнитивной эволюции

В.Г. Редько

Научно-исследовательский институт системных исследований РАН, Москва
vgredko@gmail.com

По-видимому, наиболее серьезные и глубокие когнитивные процессы – это процессы научного познания. Но насколько способен человек познавать внешний мир? Почему формальный логический вывод, сделанный человеком, применим к реальным объектам в природе? Рассмотрим, например, физику, одну из фундаментальных естественно-научных дисциплин. Мощь физики связана с эффективным применением математики. Но математик делает логические выводы, доказывает теоремы независимо от внешнего мира, используя свое мышление. Почему же эти выводы применимы к реальной природе? Или в более общей формулировке: почему логика человеческого мышления применима к познанию природы?

Естественный подход к анализу этих вопросов – постараться разобраться, как и почему в процессе биологической эволюции возникали познавательные способности животных, как животные использовали эти способности, как эволюция познавательных свойств, когнитивная эволюция привела к логике человеческого мышления. Такое исследование целесообразно вести на основе построения математических и компьютерных моделей когни-

тивной эволюции и осмысления с помощью моделей эволюционного происхождения мышления человека.

Для серьезной постановки работ в этом направлении целесообразно: 1) выделить ключевую проблему, 2) указать задел исследований, 3) наметить методы исследования, 4) предложить контуры программы будущих исследований когнитивной эволюции.

Ключевая проблема – проблема происхождения правил логического вывода. Можно ли исследовать, как произошли правила логического вывода, используемые в математике? Да, можно. Одно из элементарных правил, которые использует математик в логических заключениях, – правило *modus ponens*: «Если имеет место А и из А следует В, то имеет место В», или $\{A, A \rightarrow B\} \Rightarrow B$. Перейдем от математика к собаке, у которой вырабатывают классический условный рефлекс. В памяти собаки формируется связь «за УС должен последовать БС» (УС – условный стимул, БС – безусловный стимул). Когда после выработки рефлекса собаке предъявляют УС, то она, помня о хранящейся в ее памяти «записи» $УС \rightarrow БС$, делает элементарный вывод $\{УС, УС \rightarrow БС\} \Rightarrow БС$ и ожидает появления БС. Конечно, применение правила *modus ponens* математиком (чисто дедуктивное) и индуктивный вывод, который делает собака, явно различаются. Но можем мы ли думать об эволюционных корнях логических правил, используемых в математике? Да, вполне можем – умозаключение математика и индуктивный вывод собаки качественно аналогичны. При этом результат эволюции – правила логического вывода, используемые в математике, – известны и достаточно хорошо формализованы [1]. В основе этих выводов – элементарные правила, подобные *modus ponens*.

Направление исследований «Адаптивное поведение» – задел моделирования когнитивной эволюции. Это активно развивающееся направление исследований сформировалось в начале 1990-х годов [2]. Основной подход направления – конструирование и исследование искусственных (в виде компьютерной программы или робота) «организмов», способных приспосабливаться к внешней среде. Эти организмы называются аниматами (от англ. *animal* и *robot*: *animal* + *robot* = *animat*). Исследователи адаптивного поведения разрабатывают такие модели, которые применимы к описанию поведения как реального животного, так и искусственного анимата. Дальняя цель этих работ (пока еще нереализованная) – анализ эволюции когнитивных способностей животных и происхождения интеллекта человека.

Феноменологический подход – методология исследования когнитивной эволюции. В «Адаптивном поведении» часто используется феноменологический подход: предполагается, что существуют формальные правила поведения, и эти правила не обязательно связаны с конкретными микроскопическими нейронными или молекулярными структурами, которые есть у живых организмов. Естественно ожидать, что для моделирования когнитивной эволюции феноменологический подход должен быть эффективен, так как очень трудно сформировать целостную картину познавательных

способностей на основе анализа всего сложного многообразия функционирования нейронов, синапсов, молекул.

Контуры программы будущих исследований когнитивной эволюции. Предложим контуры программы моделирования когнитивной эволюции.

– Моделирование адаптивного поведения аниматов с несколькими естественными потребностями: питания, размножения, безопасности.

– Исследование перехода от физического уровня обработки информации в нервной системе животных к уровню обобщенных образов, уровню понятий (аналогов слов).

– Исследование процессов формирования причинной связи в памяти животных. Анализ роли прогнозов в адаптивном поведении.

– Моделирование процессов формирования «логических выводов» в поведении животных. Сопоставление логики поведения животных с логикой математических доказательств.

Перечисленные пункты очерчивают круг исследований от моделирования простейших форм поведения к логическим правилам, используемым в математике. Работы в этих направлениях уже ведутся, но четкой последовательности серьезных, канонических моделей еще нет.

Литература

1. Математическая теория логического вывода / под ред. А.В. Идельсона и Г.Е. Минца. М.: Наука, 1967.

2. От моделей поведения к искусственному интеллекту / под ред. В.Г. Редько. М.: УРСС, 2006. (Серия «Науки об искусственном»).

Модель поведения простых когнитивных агентов в двумерной клеточной среде

В.Г. Редько, Г.А. Бесхлебнова

Научно-исследовательский институт системных исследований РАН, Москва
vgregatedko@gmail.com, gab19@list.ru

Описание модели. Предполагается, что имеется двумерная клеточная среда, в которой эволюционирует популяция агентов; в любой клетке может находиться только один агент. В фиксированном числе клеток имеется пища агентов. Агент обладает ресурсом, ресурс агента увеличивается при съедании им пищи и уменьшается при выполнении им действий. Каждый такт времени агент выполняет одно из следующих действий: деление, питание, перемещение на одну клетку вперед, поворот направо или налево, нанесение удара по агенту, находящемуся впереди данного, отдых. Если один агент ударяет другого, то он отнимает ресурс у ударяемого. Система управления агента основана на наборе логических правил вида «если ситуация $S_k(t)$, то действие $A_k(t)$ ». Ситуация $S_k(t)$ определяется наличием пищи и других агентов в ближайшем окружении данного. Каждое правило имеет свой вес W_k , веса правил модифицируются при обучении агента.

Каждый такт времени агент осуществляет выбор действия и обучается. Часто использовался «метод отжига»: на начальных тактах моделирования, когда правила еще не сформированы, действия агентов выбирались преимущественно случайно, а затем вероятность случайного выбора действий постепенно уменьшалась, и выбор действия осуществлялся в соответствии с правилами и их весами. При обучении веса правил W_k модифицировались методом обучения с подкреплением. Сигналами поощрения или наказания служили изменения ресурса агента. Процесс эволюции популяции агентов предполагает, что при делении агента ресурс родителя делится пополам между родителем и потомком. Логические правила потомка отличаются от правил родителя малыми мутациями.

Результаты компьютерного моделирования. В случае полной версии модели рассматривалась популяция, состоящая из 50 агентов, помещенная в мир из 100 клеток, в котором в половине клеток была случайно распределена пища. Было продемонстрировано, что в процессе эволюции и обучения агентов формировалось естественное их поведение: агенты преимущественно питались и часто отнимали ресурс друг у друга, изредка они выполняли и другие действия. Знание о взаимодействии с внешним миром формировалось в наборе логических правил.

В упрощенных версиях модели анализировалась возможность формирования цепочек действий одним самообучающимся агентом. Рассматривалось два варианта формирования цепочек. В первом варианте агент мог выполнять только 4 действия: питаться, двигаться вперед и поворачиваться направо либо налево. Агенту надо было сформировать цепочку из одного, двух или трех заданных действий. Например, в случае трехзвенной цепочки агенту необходимо было выполнить действия: 1) поворот направо (т. е. повернуться в сторону клетки с пищей), 2) перемещение вперед, 3) питание. Такие цепочки достаточно легко формировались.

Во втором варианте к указанным четырем действиям добавлялось еще действие «отдых». В этом варианте было возможно формирование цепочек действий в мире, в котором, как и в полной модели, в половине клеток была случайно распределена пища. При этом формировались заранее неизвестные цепочки действий из нескольких звеньев, приводящие к нахождению пищи. Причем для разных ситуаций, в которые попадал агент, цепочки были различными.

Итак, построена модель автономных агентов, которые путем самообучения формируют свое поведение. Проведено компьютерное моделирование обучения цепочкам действий. Агенты обладают простыми когнитивными способностями: они запоминают закономерности взаимодействия с внешней средой в системе логических правил.

Новый подход к количественной оценке сложности видотипических поведенческих стереотипов и его значение для когнитивной этологии

Ж.И. Резникова, С.Н. Пантелеева, Е.А. Дорошева, Ж.А. Данзанов

Институт систематики и экологии животных СО РАН, Новосибирск
Новосибирский государственный университет, Новосибирск
zhanna@reznikova.net, a.folklover@gmail.com

Приобретение индивидуального и социального опыта у разных видов животных в значительной мере задается рамками видотипического сценария развития поведения. Экспериментальные методы когнитивной этологии помогают очертить пределы видовой «гениальности» и «ограниченности» и понять механизмы формирования гибкого поведения животных в естественных условиях. Однако понятие «сложность поведения» до сих пор носит интуитивный характер. Необходима количественная мера сложности при описании поведения животных на разных уровнях – от проявления элементарных поведенческих реакций, до принятия решений в нестандартных си-

туациях. В докладе обсуждается новый подход к оценке сложности поведения на уровне видотипических стереотипов.

За годы исследований в области поведения животных накоплено колоссальное количество материала по самым разнообразным организмам, от червей до млекопитающих. При описании естественного поведения животных этологи выделяют видотипические стереотипы поведения (ВСП): последовательные наборы элементарных поведенческих актов [2]. Сходный термин («видовой стереотип поведения») был впервые использован А.Н. Промптовым [1]. ВСП могут включать элементы поведения, типичные для вида в той или иной ситуации и основанные как на генетически обусловленных поведенческих адаптациях, так и на индивидуальном опыте. ВСП могут быть объединены в поведенческие ансамбли, соответствующие разным формам активности (например, «добывание пищи», «комфортное поведение», «брачное поведение»). Описание поведения начинается с выявления ВСП; можно сказать, что это краеугольный камень этологии. Однако до сих пор когда мы говорим, что один стереотип сложнее другого (например, брачный ритуал у журавля сложнее, чем у дрозда, или выпрашивание капли пади муравьем у тли сложнее, чем получение капли, выделяемой личинкой пилильщика), то за этим стоит только общее впечатление. До сих пор никто не пытался достичь объективной оценки сложности видотипических стереотипов, хотя этология в этом остро нуждается. Мы пытаемся определить меру сложности ВСП на примере муравьев, поскольку эти животные обладают разнообразным в своих проявлениях поведением и их основные стереотипы достаточно хорошо исследованы.

Наиболее подходящим математическим инструментом нам представляется сложность по Колмогорову. Колмогоровская сложность последовательности – это длина самой короткой программы, которая может породить эту последовательность. Другими словами, колмогоровская сложность $K(s)$ – это длина минимального описания s . До сих пор единственным случаем применения колмогоровской сложности к оценке поведения животных является экспериментальная работа, в которой показано, что время, необходимое для передачи информации от муравья-разведчика к фуражирам, зависит от сложности текста, составленного из алфавита $\{L, R\}$, где L означал поворот налево, а R – направо [3]. К естественному поведению животных этот подход ранее не применялся.

Как мы будем подходить к оценке сложности поведенческих стереотипов? Если один стереотип состоит из большего числа неповторяющихся элементов, чем другой, то мы можем сказать, что он сложнее, но это не будет полно отражать картину. Например, сравним такие поведенческие цепочки, состоящие из элементов поведения:

AAAAAAAAAAAAAAAAABAAAAAAAAABAAAAAABAAAAAAAAAAAAAAAAAG
AGBVAABGTVAABBBVGAABBBVAGAABBBVGAABBBVGAABABVGAABBB

Число элементов одинаковое (А, Б, В, Г), последовательность случайная в обеих цепочках, длины цепочек одинаковые, однако вторая, по Колмогорову, сложнее.

В качестве меры сложности ВСП мы предлагаем вероятностную оценку взаимозависимости элементов внутри цепочки. В приведенных выше примерах взаимозависимость отдельных элементов никак не выражена. Реальные поведенческие стереотипы выглядят, скорее, следующим образом:

АБВГАААББАБВГАГАБВГАБГАБВГЩЦХАБВГ

(А, Б, В, Г – связанные элементы, Щ, Х – «шум»). Мы предполагаем, что, если для успеха ВСП не важно, в какой последовательности совершаются действия (элементы поведения), лишь бы все они присутствовали, то это более простое поведение, чем поведение, в котором важна последовательность элементов. Так, если журавль или рыбка-колюшка в брачных танцах перепутают последовательность элементов (вследствие сбоя в поведенческой программе), то они не будут иметь успеха. Если сравнивать такие базовые для муравьев ВСП, как выпрашивание капли пади у тли и получение капли сладких выделений у личинки пилильщика, то во втором случае и элементов меньше, и к тому же последовательность элементов не важна.

В докладе и сопутствующих ему стендовых сообщениях (Пантелеева, Данзанов «Стандартизация поведения на примере исследования муравьев»; Новгородова, Бирюкова «Сравнительный анализ вариаций поведения муравьев при взаимодействии с различными симбионтами») будут приведены иллюстративные примеры различных по сложности ВСП у муравьев и дана оценка сложности стереотипов охотничьего и агрессивно-оборонительного поведения муравьев.

Литература

1. Промптов А.Н. Видовой стереотип поведения и его формирование у диких птиц // ДАН СССР. 1940. Т. 27, № 2. С. 240–244.
2. Резникова Ж.И. Интеллект и язык животных и человека. Основы когнитивной этологии. М.: Академкнига, 2005. 518 с.
3. Ryabko B., Reznikova Zh. Using Shannon Entropy and Kolmogorov Complexity To Study the Communicative System and Cognitive Capacities in Ants // Complexity. 1996. V. 2. P. 37–42.

Оценка активности высших надсегментарных структур ЦНС по показателям низкочастотных амплитудных модуляций спектральных компонент сердечного ритма

Е.В. Рунова, И.В. Мухина

Нижегородская государственная медицинская академия, Нижний Новгород
katrun82@mail.ru

Явление модулирования парасимпатической и симпатической активности со стороны надсегментарных структур описано в литературе [1, 3–6]. Непосредственно деятельность сердца регулируется по парасимпатическому, симпатическому и гуморальному каналам. Все три пути испытывают регуляторное воздействие со стороны иерархически более высоко стоящих структур головного мозга (гипоталамус и кора). Эти структуры в работе названы высшим надсегментарным звеном регуляции, активность которого предложено исследовать опосредовано, через его модулирующее воздействие на парасимпатический и симпатический отделы вегетативной нервной системы. Для решения этой задачи использовали вейвлет-анализ ритмограмм. Запись электрокардиограммы осуществляли с помощью прибора

«ВНС-Микро-Ритм» (программа «Поли-Спектр-8») фирмы «Нейрософт» (г. Иваново). Испытуемый находился в состоянии психологического и физиологического покоя (в положении лежа на спине) в течение 10–15 минут, после чего делали фоновую пятиминутную запись. Дальнейшее построение ритмограмм и спектральный анализ осуществляли с помощью программного комплекса «Rhythm Service 1.2» (фирма «Фотон-тест», Н. Новгород).

Метод оценки амплитудных модуляций включал следующие шаги:

- анализ ритмограммы методом непрерывного вейвлет-преобразования, в результате которого получали вейвлет-спектрограмму;
- выделение на вейвлет-спектрограмме в низкочастотном (LF) и высокочастотном (HF) диапазонах [2] узких полос частот (0,005 Гц), в которых рассматривали зависимости вейвлет-коэффициентов от времени;
- статистическую и спектральную оценку полученных временных рядов.

Полученные временные ряды характеризовали изменение мгновенной мощности данного спектрального компонента сигнала от времени. Степень модулирующего воздействия определяли статистическим методом по разбросу временного ряда мгновенной мощности относительно среднего значения, то есть рассчитывали среднеквадратичное отклонение.

С помощью классического фурье-анализа находили основную и дополнительные модулирующие частоты и определяли их мощность по амплитуде пиков в полученном спектре. По отношению среднего значения мощности по всем выявленным частотам к мощности основной частоты рассчитывали степень концентрации мощности модулирующего воздействия около основной модулирующей частоты.

Таким образом, временной ряд мощности каждой компоненты в узкой полосе частот вейвлет-спектрограммы анализировали с применением статистического и спектрального анализа. При этом исследовали характеристики непосредственно модулирующего воздействия, на основе которых получены следующие критерии оценки степени участия высшего надсегментарного уровня в регуляции сердечной деятельности:

- показатель степени модуляции симпатической активности (определяется по среднеквадратичному отклонению временного ряда мгновенной мощности LF-диапазона);
- показатель степени модуляции парасимпатической активности (аналогично для HF-диапазона);
- степень концентрации мощности модулирующего воздействия около основной модулирующей частоты – отношение среднего значения мощности всех модулирующих частот к мощности основной модулирующей частоты при модуляции симпатической активности (LF-диапазона);

– степень концентрации мощности модулирующего воздействия около основной модулирующей частоты при модуляции парасимпатической активности (аналогично для HF-диапазона).

Литература

1. Постнов Д.Э., Щербаков П.А., Флейшман А.Н. Использование адаптивного вейвлет-фильтра для анализа изменения структуры ВРС при нагрузках малой интенсивности // Медленные колебательные процессы в организме человека. Теоретические и прикладные аспекты нелинейной динамики, хаоса и фракталов в физиологии и медицине: Сборник научных трудов IV Всероссийского симпозиума с международным участием и II Школы-семинара, 24–27 мая. Новокузнецк, 2005.
2. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. Task Force of European society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology // Circulation. 1996. № 93. P. 1043–1065.
3. Hariri A.R., Bookheimer S.Y., Mazziotta J.C. Modulating emotional responses: effects of a neocortical network on the limbic system // Neuroreport. 2000. V. 11, № 1. P. 43–48.
4. Davidson R.J. Anxiety and affective style: role of prefrontal cortex and amygdala // Biol. Psychiatry. 2002. V. 51, № 1. P. 68–80.
5. Mashin V.A., Mashina M.N. The functional state classification and evaluation of the stability level in mental loads based on the factor structure of heart rate variability parameters // Ross. Fiziol. Zh. Im I.M. Sechenova. 2004. Dec; 90(12):1508–21. Russian.
6. Mashin V.A. The Relationship of the Slope of the Heart Rate Graph Regression with Linear and Nonlinear Heart Rate Dynamics in Stationary Short-time Series // Biophysics. 2006. V. 51, № 3. P. 471–479.

Информационная система фонетического анализа слитной речи

В.В. Савченко, Д.Ю. Акатьев

Нижегородский государственный лингвистический университет, Нижний Новгород
svv@lunn.ru, akatjev@lunn.ru

В последние годы особенно актуальной становится задача исследования звукового строя национального языка с целью выяснения фактического состояния проблемы в конкретных местностях. Предлагаемая работа направлена на решение именно такой задачи в рамках Нижегородского языкового ареала России на основе практического применения информационной теории восприятия речи (ИТВР). Для ее реализации была разработана информационная система фонетического анализа слитной речи (ИС ФАР) (Патент № 80000 (Роспатент). Устройство для фонетического анализа речи / В.В. Савченко, Д.Ю. Акатьев; заявка № 2008136513 от 10.09.2008 г.).

Процесс создания фонетической базы данных (ФБД) на базе данной ИС ФАР выполняется в несколько этапов. На первом этапе формируется группа

дикторов и каждый из них проговаривает в среднем темпе лингвистически сбалансированный текст или отрывок из художественного произведения. Объем текста составляет минимум 1–1,5 тыс. печатных знаков. Каждая такая запись с помощью звукового редактора сохраняется в виде соответствующего звукового файла. На втором этапе в ИС ФАР производится обработка полученных данных по адаптивному алгоритму. В результате формируется множество персональных ФБД $\{X_r\}$, учитывающих особенности разных дикторов. Это первый результат автоматической обработки речевых сигналов. На третьем, заключительном, этапе обработки речевых сигналов для исследуемой группы дикторов формируется отдельная подгруппа по признаку подобию, или похожести, их произношения. В результате отбирается множество соответствующих персональных ФБД. В пределах полученного множества осуществляется объединение выбранных нескольких списков фонем в один общий список $\{X_r\}$ согласно тому же понятию информационного центра-эталона речевого образа и при учете того же ограничения, что и на этапе формирования персональных ФБД.

Программа полевых испытаний. Разработанная методика в период с 1 сентября по 14 декабря 2008 г. была апробирована в полевых (натурных) условиях Нижегородского языкового ареала. Указанный ареал был предварительно разбит на три зоны: «юг», «центр» и «север». В зону «юг» вошли Арзамасский и Павловский районы, в «центр» – Нижний Новгород и в зону «север» – Семеновский район. В пределах каждого района были получены записи разговорной речи от представительной группы дикторов, разделенной на две подгруппы по признаку пола и три – возраста. Всего, таким образом, было сформировано 18 групп из общего числа 150 дикторов. Запись одного образца речи по каждому из них имела продолжительность порядка 2 мин. В пересчете на период стационарности речевого сигнала (10–15 мс) это составило корпус минимальные звуковые единицы суммарным объемом около 2,5 млн звуковых единиц. Все они были в дальнейшем обработаны по методике ИТВР на персональном компьютере с применением информационной системы. В результате по каждому диктору была сформирована индивидуальная ФБД.

Основные результаты. Исследования были проведены по каждой из 18 контрольных групп дикторов. В итоге были отобраны 18 оптимальных дикторов для дальнейшего анализа, а именно: сравнения зон и возрастных категорий между собой по фонетическим различиям в речи их оптимальных дикторов. Для этого использовалась матрица информационных рассогласований (ИР) и критерий средней минимальной величины ИР. Полученные результаты отображаются в виде квадратной (18×18) матрицы ИР. Ее конечный (6×6) фрагмент показан в таблице. В ее строках и столбцах перечислены 6 категорий (из 18 рассмотренных) дикторов.

Зоны ареала	Юг 18-ж	Юг 40-ж	Север 18-ж	Юг 18-м	Север 18-м	Центр 18-м
Юг 18-ж	0	0,7541	0,5738	1,1303	0,8784	0,8120
Юг 40-ж	0,7239	0	0,6783	1,3232	0,9749	0,9917
Север 18-ж	0,6549	0,8699	0	1,1758	0,7883	0,8397
Юг 18-м	1,0494	1,7584	0,9648	0	0,6544	0,7157
Север 18-м	0,9717	1,5158	0,8647	0,6865	0	0,6787
Центр 18-м	0,8468	1,2635	0,7973	0,7383	0,6942	0

Из таблицы можно сделать множество интересных выводов. Например, вывод в отношении наибольших фонетических различий между жителями центра и юга Нижегородской области, особенно из разных возрастных групп. Интуитивное предположение о том, что произношение дикторов разного пола существенно различается, получило не только дополнительное подтверждение, но и количественную характеристику по результатам полевых испытаний.

Заключение. Полученные результаты позволяют впервые в практике лингвистических исследований дать количественное описание различий в когнитивных свойствах речевых сигналов от разных дикторов, на разных диалектах и языках.

Исследование звукового строя национального языка на основе информационной теории восприятия речи

В.В. Савченко, Д.Ю. Акатьев

Нижегородский государственный лингвистический университет, Нижний Новгород
svv@lunn.ru, akatjev@lunn.ru

Постановка задачи

При анализе устного текста на русском языке мы опираемся на наши точные знания в отношении его фонетического строя, количественного и качественного состава используемой фонетической системы, а также закономерностей ее функционирования в разговорной речи. Этими знаниями мы пользуемся, например, при транскрибировании потока речи. Однако если мы анализируем звучащий текст на неизвестном языке и нам недоступна информация, относящаяся к его тонкой структуре, то мы можем либо, опираясь на наш лингвистический опыт, давать участкам речевого потока приблизительную интерпретацию в рамках Международного фонетического алфавита, либо, обратившись к акустическим понятиям, членить

речь на некие повторяющиеся минимальные звуковые единицы (МЗЕ) и давать им определенные метки. Очевидно, что второй подход со всех точек зрения наиболее информативен и универсален. Множество меток всех МЗЕ и составит в таком случае звуковой строй данного диалекта или языка. Существование общих фонологических звуковых особенностей во многих соседствующих, но не родственных друг другу языках или диалектах констатировалось уже не раз. Однако для объяснения этих фактов проявляли поспешность и обращались с этой целью к теории субстрата или к гипотезе о влиянии «ведущего» языка. Такие объяснения ничего не стоят, пока они объясняют лишь единичные случаи. Лучше вообще от всяких гипотез временно оказаться, пока не будет собран достаточный «полевой» материал. По мере увеличения такого материала в последние годы особенно актуальной становится задача его адекватного описания с целью выяснения фактического состояния вещей в конкретных местностях. Причем в ее математической основе используется аппарат информационной теории восприятия речи (Савченко В.В. Информационная теория восприятия речи // Известия вузов России. Радиоэлектроника. 2008. № 6. С. 3–9).

Проблема состоит в том, что разговорная речь по своим акустическим характеристикам широко варьируется, причем не регулярным образом, не только от одного языка к другому, но и от одного носителя к другому носителю одного и того же языка. В указанных условиях становится проблематичной сама идея выделения *повторяющегося* набора МЗЕ из разговорного потока. Кроме того, длительность отдельных МЗЕ не превышает нескольких миллисекунд, и это главное препятствие для применения традиционных методов теоретической лингвистики к разговорной (устной) речи. С другой стороны, до настоящего времени проблема не была преодолена и методами экспериментальной фонетики. И главная причина здесь – отсутствие адекватной системы описания отдельных фонем.

Основные результаты

В поисках путей решения указанной проблемы в вышеуказанной работе само понятие «фонема» впервые было строго определено в теоретико-информационном смысле как *«множество однородных МЗЕ, объединенных в кластер по критерию минимального информационного рассогласования в метрике Кульбака – Лейблера»*. Условно говоря, человеческий мозг объединяет и запоминает как нечто целое (в виде абстрактного образа) разные образцы (произношения) каждой отдельной фонемы в соответствующей «сфере» своей памяти вокруг абстрактного «центра» с заданным «радиусом». Нетрудно понять, что таким определением одновременно решается множество актуальнейших проблем в области фонологического анализа речи: и вариативности разговорной речи, и априорной неопределенности, и адекватного описания звукового строя языка с кардинальным сжатием дан-

ных, и, наконец, проблема обновления речевых баз данных без разрушения их структуры.

Заключение

К числу приоритетных направлений применения информационной теории восприятия речи (ИТВР) наряду с автоматической обработкой речи относятся, прежде всего, проблемы современной диалектологии. Как сопоставить разные диалекты между собой по степени их объективной близости или различий на базовом, фонетическом, уровне? И какова количественная мера таких различий? Какие тенденции: сближения или удаления по фонетическому строю – доминируют в настоящий момент в процессе исторического развития тех или иных диалектов? И, наконец, как можно лучше обучиться данному диалекту или, напротив, максимально ослабить его?

Благодаря методологии ИТВР впервые в мировой науке открываются возможности дать четкие ответы на все перечисленные выше и подобные им вопросы. В их изучении и состоит главная цель предлагаемого научно-исследовательского подхода к изучению когнитивных свойств разговорного языка. А ожидаемые по результатам исследований выводы и обобщения должны составить материал для подготовки к изданию первой фонологической карты России с многоуровневым членением языкового ареала на родственные диалекты при учетывании степени их звуковых различий, т. е. впервые в практике лингвистического картографирования – с указанием переходных диалектных зон. Осуществление предлагаемого проекта стимулирует, в свою очередь, научные исследования в области не только современной лингвистики, но и информатики в целом, прежде всего, прикладной информатики.

Алгоритмы прогнозирования измененных состояний сознания на основе вербального и невербального поведения человека

Т.Н. Синеокова

Нижегородский государственный лингвистический университет, Нижний Новгород
tns57@rambler.ru

Предметом обсуждения являются три взаимосвязанные направления исследований вербального и невербального поведения человека при измененных состояниях сознания (ИСС): а) разработку алгоритмов прогнозирования ИСС на основе конструктивных особенностей речи; б) аналогичное исследование в области вербального описания внешних проявлений ИСС; в) сопоставление результатов исследований с целью проверки и уточнения лежащих в их основе постулатов и методических принципов.

В основу проводимых исследований положено несколько постулатов.

1. Основным фактором влияния эмоциональной сферы на структурные особенности речи являются не качественные характеристики эмоций, а ха-

рактор их воздействия на речемыслительные процессы – деструктивный (деформирующий) или конструктивный (благоприятный). Поэтому в качестве психофизиологических коррелятов конструктивных форм целесообразно рассматривать обобщенный фактор: ИСС, оказывающие непосредственное влияние на речемыслительные процессы. К ним относятся состояние *диссоциации*, состояние *эвстресса* и пограничная адаптационная фаза – *поисковое* состояние. При этом ИСС рассматриваются не как патологические, а как особые психические состояния, возникающие в условиях проявления не вполне обычных социальных и биологических факторов и влияющие на специфику вербального и невербального поведения человека. Выделенные типы ИСС представляют собой устойчивые физиологические состояния, они дискретны, образуют полный набор взаимоисключающих, альтернативных состояний и уверенно идентифицируются в ходе лабораторных биохимических и психофизиологических тестов.

2. Особенности речи в состоянии эмоционального напряжения обусловлены специфическими механизмами протекания речемыслительных процессов при ИСС. Речь при ИСС характеризуется собственными базовыми элементами и определенными закономерностями их функционирования. Синтаксическая специфика такой речи способна передавать значимую дифференцированную информацию о типе психологического состояния говорящего.

Задачей первого исследования [1] являлось установление способности речи передавать дифференцированную информацию о типе ИСС. Было выделено 40 классификационных признаков, которые по отдельности или в сочетаниях могли характеризовать конструктивные особенности любого высказывания. Были также выявлены такие прогностически значимые признаки речи в разных типах ИСС, как частотность, сложность и разнообразие реализуемых конструктивных форм. Результатом исследования явилась разработка алгоритма прогнозирования типов ИСС.

Второе исследование [2, 3] связано с формализацией процесса идентификации типов ИСС на основе особенностей невербального поведения: мимики, позы, жестов, перемещений, голосовых характеристик, тактильного и визуального контакта, манипуляций с предметами, вегетативных характеристик.

Третье исследование представляет собой сопоставление результатов прогнозов по особенностям речевого и неречевого поведения и позволяет сделать ряд интересных наблюдений и выводов. Во-первых, соответствие результатов идентификации ИСС подтверждает объективность обоих алгоритмов и классификаций. Во-вторых, такого рода сопоставление позволяет определить сущности, обладающие характерными для ИСС свойствами (полнотой и альтернативностью набора) и потому допускающие интерпретацию тождественности с ИСС. В-третьих, сопоставление результатов

идентификации типов ИСС по двум критериям позволяет уточнить границы разных типов ИСС.

Следует отметить, что поскольку речь при ИСС представляет собой функциональную разновидность разговорной речи, разработанные классификации могут использоваться в качестве инструмента для решения общих психолингвистических задач выявления механизмов речеобразования и восприятия речи. Кроме того, поскольку доминантный характер ИСС предполагает значительную нейтрализацию факторов социокультурного плана, представляется, что в реализуемой при ИСС речи возможно выделение прямого воздействия пола и возраста как биологических факторов влияния на речемыслительные процессы.

Литература

1. Синеокова, Т.Н. Парадигматика эмоционального синтаксиса / Т.Н. Синеокова. – Н. Новгород : Изд-во ННГУ им. Н.И. Лобачевского, 2003. – 244 с.
2. Безруков, В.А. Средства номинации измененных состояний сознания в драматургических ремарках (на материале английского языка) : дис. ... к. ф. н. / В.А. Безруков ; НГЛУ. – Н. Новгород, 2007. – 168 с.
3. Синеокова, Т.Н. Лингвистика измененных состояний сознания : учебное пособие / Т.Н. Синеокова. – Н. Новгород : НГЛУ им. Н.А. Добролюбова, 2008. – 151 с.

Использование непрерывного вейвлетного преобразования с адаптивным базисом для автоматического анализа и классификации сонных веретён на ЭЭГ

Е.Ю. Ситникова¹, А.Е. Храмов², А.А. Короновский², А.А. Овчинников²

¹ Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН, Москва

² Саратовский государственный университет, Саратов
jenia-s@mail.ru

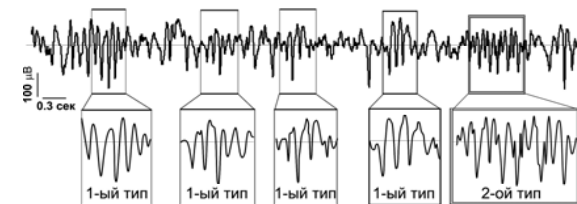
Во время сна электрическая активность головного мозга представлена сложным комплексом разнообразных ритмов, среди которых выделяются 8–14 Гц колебания веретенообразной формы, т. н. сонные веретёна. Форма, длительность и частотно-временные характеристики веретён на электроэнцефалограмме (ЭЭГ) человека и млекопитающих животных практически идентичны [1]. Сонные веретёна появляются на ЭЭГ вследствие синхронной активности нейронов таламо-кортикальной сети (ТКС) в условиях физиологического сна. По мере углубления сна ритмическая активность ней-

ронного пейсмекера сонных веретён, локализованного в ретикулярных ядрах таламуса, усиливается. Возникнув в таламусе, сонно-веретённый ритм распространяется по ТКС и проецируется в кору больших полушарий, где может быть зарегистрирован посредством ЭЭГ. Поскольку сонные веретёна являются продуктом внутренней синхронной ритмической активности нейронов ТКС, изменение параметров сонных веретён может служить надёжным маркером изменения состояния ТКС. Заболевания нервной системы, связанные с функционированием ТКС, могут повлечь изменения частотно-амплитудных характеристик веретён. Известно, что сложный патологический процесс в ТКС может привести к трансформации сонных веретён в пик-волновые разряды и развитию абсанс-эпилепсии [2]. Таким образом, исследования свойств веретён, изменения их структуры по мере развития болезни могут служить источником важной прогностической информации.

В работе использовали многочасовые (5–7 часов) непрерывные записи ЭЭГ, полученные у взрослых самцов крыс с генетической предрасположенностью к абсанс-эпилепсии (линия WAG/Rij). Сонные веретёна появлялись на ЭЭГ во время медленно-волнового сна в виде синусообразных осцилляций с характерной динамикой амплитуды (нарастание и убывание), частотой 8–12 Гц и длительностью от 0,3 до 1,5 с (рис. 1, а). Анализ сонных веретён проведен на фронтальной ЭЭГ, где амплитуда осцилляций оказалась наиболее высокой (сонно-веретённая активность в этой области соответствует anteriornym веретёнам человека). Выделение сонных веретён проводили по всей длине ЭЭГ (от 1300 до 2350 у каждого животного) визуально и автоматически путём непрерывного вейвлетного преобразования с использованием специально сконструированных «адаптивных» базисных функций.

Показано, что 85–90 % сонных веретён имели высокую степень сродства к универсальному шаблону (вейвлетному базису «веретёна 1-го типа»). Остальные 10–15 % веретён имели более сложную форму и ряд индивидуальных особенностей (рис. 1, а), поэтому для анализа веретён 2-го типа отрезок ЭЭГ с сонным веретенем для материнского вейвлета подбирался отдельно для каждого животного. Основная частота вейвлетного базиса веретён 2-го типа колебалась от 17 до 23 Гц (рис. 1, б).

А. Сонные веретёна 2-х типов на ЭЭГ



Б. Материнские функции адаптивных вейвлетов сонных веретён «веретёно 1-ого типа» «веретёно 2-ого типа»

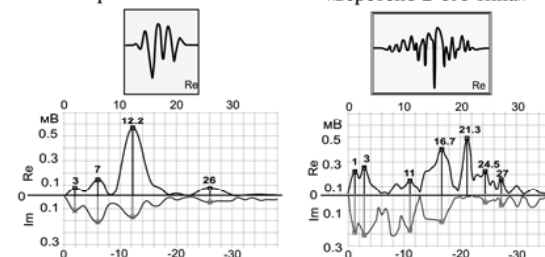


Рис. 1. Два типа сонных веретён и соответствующие вейвлетные базисы

Таким образом, был выявлен прототип сонных веретён у крыс линии WAG/Rij (вейвлет веретёна 1-го типа). Нетипичные формы веретён, соответствующие вейвлету веретёна 2-го типа, по-видимому, являются трансформацией нормальных осцилляций вследствие нарушения генераторной функции нейронов, повышенной возбудимости коры и других эпилептических процессов.

Работа поддержана РФФИ (проект 07-02-00044).

Литература

1. De Gennaro, L. Sleep spindles: an overview / L. De Gennaro, M. Ferrara // Sleep Med. Rev. 2003. V. 7. P. 423–440.
2. Sitnikova, E. Thalamo-cortical mechanisms of sleep spindles and spike-wave discharges in WAG/Rij rats: disclosing information hidden in the electroencephalogram : PhD thesis // Radboud Universiteit Nijmegen. – Nijmegen (Netherlands), 2008. – http://webdoc.ubn.ru.nl/mono/s/sitnikova_e/thalmeofs.pdf.

Методы изучения операции обобщения у животных

А.А. Смирнова

МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва
annsmirn@mail.ru

Изучение мышления животных служит подходом к анализу эволюционных истоков мышления человека – позволяет выявить наиболее универсальные операции мышления, возникшие на ранних этапах филогенеза.

При обсуждении подобных проблем большое значение имеет выбор адекватного определения мышления. В соответствии с одним из них мышление – процесс познавательной деятельности, при котором субъект оперирует различными видами обобщений, включая образы, понятия и категории (Данилова, 1997). Несмотря на различие конкретных формулировок, в большинстве определений (Лурия, 1979; Панов, 2005; Выготский, 1929; Зорина, Полетаева, 2003) можно выделить следующие базовые положения:

- мышление рассматривают как отображение связей и отношений между реальными предметами и явлениями, специфика которого заключается в обобщенности, абстрактности и опосредованности;
- результатом этого отображения является формирование понятий – универсальной структурной единицы мышления.

Соответственно базовыми когнитивными операциями, лежащими в основе мышления, являются операции обобщения (выделение общих, существенных признаков класса предметов или явлений) и абстрагирования (отвлечение от второстепенных, несущественных признаков класса предметов или явлений). Обобщение и абстрагирование – две неразрывные части единого процесса, результатом которого может стать формирование понятий (отвлеченной, систематизированной информации о наиболее существенных общих признаках класса предметов или явлений). Сущность понятий – обобщение внутри классов и различение между классами (Keller, Schoenfeld, 1950).

При исследовании способности животных к обобщению и абстрагированию основным критерием и в то же время основным методическим подходом служит оценка их способности решать новые задачи в новых ситуациях. Поскольку структура используемых задач чаще всего произвольно определена экспериментатором и не связана с естественными закономерностями, животных предварительно обучают некоему правилу выбора. После завершения обучения с базовым набором стимулов проводят тесты на способность к переносу правила выбора: выясняют, насколько успешно животное решает задачу с новыми стимулами. Использование новых стимулов в тестах на перенос позволяет оценить, действует ли животное на основе отвлеченного правила выбора, сформированного в результате процессов обобщения и абстрагирования, или же решение задачи основано на более простых механизмах (например, на запоминании конкретных признаков нескольких «правильных» стимулов).

Большинство экспериментальных процедур, используемых для исследования способности животных к обобщению, являются вариантами двух основных методик: обучения дифференцированию стимулов (например, Wasserman et al., 2001; Young et al., 1997) или обучения выбору по соответствию с образцом (например, Смирнова и др., 1998; Colombo et al., 2003; Vonk, 2003).

При обучении дифференцированию животному предъявляют пару стимулов и подкрепляют выбор одного из них, произвольно выбранного экспериментатором. Таким образом, в каждой конкретной паре подкрепляют всегда один и тот же стимул.

При обучении выбору по соответствию с образцом животному предъявляют стимул-образец и два стимула для выбора, один из которых идентичен или сходен с образцом. Животное получает подкрепление, если выбирает сходный с образцом стимул. В этом случае нет одного заранее выбранного «правильного» стимула – «правильность» стимула для выбора определяет образец.

Сформированное правило выбора позволяет оценить способность животного к различению и обобщению тех или иных абсолютных (например, форма, цвет, число, симметрия/асимметрия) или относительных (выявляемых лишь при сопоставлении двух и более объектов, например больше/меньше, сходство/отличие) признаков.

Все эти признаки могут быть более или менее отвлеченными, но наиболее абстрактный характер может принимать признак «сходство/различие». Кроме перцептивного сходства, при котором сравниваемые стимулы сходны по всем или одному из физических признаков (по цвету, форме, числу элементов), возможно абстрактное сходство по аналогии, при котором сходство физических признаков полностью отсутствует – сходен лишь тип соотношений компонентов сравниваемых стимулов (например, стимул AA аналогичен стимулу BB, но не аналогичен стимулу CD).

О доступном животному уровне обобщения можно судить по его способности переносить усвоенное правило выбора на новые стимулы, в меньшей или большей степени отличные от стимулов, использованных в процессе обучения.

Выделяют два принципиально различных уровня обобщения (например, Ладыгина-Котс, 1925; Koehler, 1956; Premack, 1983; Фирсов, 1987, 1993; Mackintosh, 2000):

- допонятийный уровень (проявляется в способности переносить правило выбора на новые стимулы той же категории, т. е. различающиеся по тому же признаку, что была использована при обучении) – универсальная способность, в той или иной степени обнаруженная у большинства исследованных видов;
- уровень довербальных понятий (проявляется в способности переносить правило выбора на стимулы новых категорий) – обнаруживается лишь у достаточно высокоорганизованных животных (приматов, дельфинов, врановых, попугаев).

Существует и более детальная классификация уровней отвлеченности сформированного правила выбора (Herrnstein, 1990), основанная на оценке способности животных:

- различать пару стимулов;

- различать нескольких конкретных пар стимулов, относящихся к одной категории;
- различать любые новые стимулы, относящиеся к использованной при обучении категории;
- различать стимулы, относящиеся к новой категории;
- различать двухкомпонентные стимулы по типам соотношений их компонентов (умозаключение о сходстве/различии по аналогии).

Первые два уровня не требуют способности к обобщению и обнаружены у широчайшего круга видов. Уровни с третьего по пятый требуют разной степени обобщения, включая высший – абстрактное использование признака «сходство». К настоящему времени показано, что сходство абстрактных соотношений способны спонтанно воспринимать антропоиды – шимпанзе, гориллы, орангутанги (Gillan et al., 1981; Premack, Premack, 2003; Thompson et al., 1997; Vonk, 2003). Павианов удалось обучить выявлению сходства по аналогии после нескольких тысяч предъявлений (Bovet, Vauclair, 2001; Fagot et al., 2001).

Нами недавно установлено, что высокоорганизованные представители класса птиц – серые вороны, как и антропоиды, могут спонтанно (без специального обучения) выявлять этот наиболее абстрактный тип сходства.

Двум воронам, предварительно обученным отвлеченному правилу выбора по образцу, предъявляли задачу, в которой и образец, и стимулы для выбора представляли собой изображение двух геометрических фигур. При этом образец соответствовал одному из стимулов для выбора либо по аналогичному соотношению размеров фигур вне зависимости от их формы, либо по аналогичному соотношению формы фигур вне зависимости от их цвета, либо по аналогичному соотношению цвета фигур вне зависимости от их формы. Обе вороны успешно справились с этой задачей. Они оказались способны экстренно выявить сходство по аналогии соотношений в структуре двухкомпонентных стимулов. Таким образом, эти данные свидетельствуют не только о наличии у ворон столь сложной когнитивной функции, но и о сходстве их способностей с антропоидами, а не с низшими обезьянами.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 07-04-01287-а).

Психологические механизмы творческого мышления

В.Ф. Спиридонов

Институт психологии им. Л.С. Выготского РГГУ, Москва
vspiridonov@post.ru

Психологические механизмы творческого мышления в течение последних десятилетий выступают темой острых теоретических и экспериментальных дискуссий. Попытки свести их к какой-либо отдельной психологи-

ческой способности обычно ведут в тупик. Представляется принципиальным прояснить природу таких механизмов. В этой связи значительный интерес представляют системные теории, предлагающие нелинейное описание мыслительных процессов.

1. Психологический механизм решения мыслительной задачи представляет собой построение вторичной моделирующей системы (термин В.А. Успенского). Она не присутствует в готовом виде до начала процесса решения и формируется по ходу в виде системы связанных между собой новых значений элементов проблемной ситуации, соединенных средствами как естественного языка, так и других знаковых систем. Таким образом, возникают «вторичные» значения, отсутствующие в условии до начала решения. Они постепенно оказываются увязанными в единую структуру и определенными друг через друга. Сложившись в рамках мыслительного процесса, вторичная моделирующая система начинает играть в нем организующую и управляющую роль, координируя и направляя творческий процесс. Она обеспечивает решателя ориентирами для дальнейшего движения: система все строже и последовательнее «подсказывает» возможные способы действия, помогая различать осмысленные и ошибочные шаги. Собственно, в построении такой системы и заключается основной шаг к решению – оно также оказывается заданным и определенным в рамках этого складывающегося целого. Понятно, что ее жесткости (особенно на ранних стадиях процесса решения), конечно же, недостаточно, чтобы вообще избежать ошибок. Возникающая вторичная моделирующая система описывается метафорой «карты/территории» Кожибского – Бейтсона [2, 4–6].

2. Центральную роль в процессе формирования вторичной моделирующей системы в ходе решения задачи играют интеллектуальные инварианты. Это психологические конструкты, которые играют роль связки между картой и территорией (набором элементов задачи и их новых значений, выстраиваемых по ходу решения). Они обеспечивают фиксацию значимых элементов проблемной ситуации и отношений между ними в целостной взаимосвязанной форме, удобной для оперирования решателем. Применение инварианта (или обнаружение его в учебной задаче, куда он предположительно «заложен» ее авторами) – устойчивый культурный способ решения творческих задач. Также инварианты могут служить объективным основанием для выделения «семейств» однотипных задач, имеющих сходный способ решения.

3. Функциональную необходимость построения и эффективность вторичной моделирующей системы в рамках процесса решения нетрудно объяснить. Именно совместное использование двух знаковых систем позволяет выделить и увязать в рамках единой конструкции данное и искомое задачи, т. е. организовать материал проблемной ситуации таким образом, чтобы построить значения еще неизвестных ее частей. Возникающая система вторичных значений никак не нарушает феномена творческой задачи, поскольку

ку не несет ни готового ответа, ни даже способа его получения, а лишь предоставляет способы для его выражения и функциональные требования, которым он должен соответствовать. В связи с этим легко увидеть, что описанная теоретическая конструкция не претендует на универсальность: существуют виды задач, решение которых не требует построения вторичной системы значений (см. [1, 3]).

4. Описанная теоретическая модель, фиксируя возникновение и взаимосвязь новых значений элементов проблемной ситуации, позволяет объяснять процессы решения многих типов творческих задач, исходя из единой теоретической позиции. При этом, помещая механизмы решения в ряд культурно обусловленных явлений, она обогащает сложившиеся представления о взаимодействии человеческой психики со сложными культурными образованиями.

5. В докладе будут приведены результаты экспериментов, направленных на проверку изложенной теоретической позиции и связанных с анализом системного строения процесса решения мыслительной задачи и роли, которую играют в нем интеллектуальные инварианты (в указанном смысле). Материалом исследования выступают процессы решения разноплановых алгебраических задач.

Литература

1. Анохин П.К. Рефлекс и функциональная система как факторы физиологической организации // Физиологический журнал СССР. 1949. Т. 35, вып. 5. С. 491–503.
2. Бейтсон Г. Экология разума. М.: Смысл, 2000.
3. Минский М. На пути к созданию искусственного разума // Вычислительные машины и мышление. М.: Советское радио, 1967. С. 148–157.
4. Спиридонов В.Ф. Психологические механизмы решения текстовых арифметических и алгебраических задач // Культурно-исторический подход и исследование процессов социализации. М.: РГГУ, 2005. С. 305–320.
5. Спиридонов В.Ф. Психология мышления: решение задач и проблем. М.: Генезис, 2006. 318 с.
6. Спиридонов В.Ф. Психология решения задач и проблем и пути развития профессионального мышления // Теоретические и прикладные проблемы психологии мышления: Труды конференции молодых ученых памяти К. Дункера. М., 2008. С. 37–69.

Гуманоидные роботы как средство исследования когнитивных процессов

Л.А. Станкевич

Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, Санкт-Петербург
Stankevich_lev@inbox.ru

Введение. Современная робототехника получила мощный толчок в развитии с появлением в начале нового века пригодных для работы в контакте

с людьми вариантов *гуманоидных роботов* (ГР). Эти роботы по форме и поведению близки к человеку, но пока могут выполнять только несложные работы, помогая людям или развлекая их. Однако их конструкция и системы управления очень быстро совершенствуются, используя последние достижения в разных областях промышленности, робототехнике и искусственном интеллекте. На определенном уровне развития ГР предполагается широко использовать для замены человека в опасных зонах, на орбитальных станциях, а также при офисных или домашних работах с бытовыми приборами или играх в непосредственном контакте с людьми. Такие роботы, имеющие очень мощные компьютерные системы и энергетические возможности, должны обладать близким к человеческому уровнем интеллекта. Недостаточно интеллектуальные ГР слабо функциональны и мало полезны для людей, поэтому уже сейчас большое внимание уделяется развитию интеллекта ГР. Один из путей развития – создание *цифровой нервной системы* ГР, которая могла бы в функциональном плане быть подобной нервной системе человека.

В данном докладе обсуждается возможность создания цифровой нервной системы ГР, а также использования робота с такой системой для исследования путем моделирования когнитивных процессов восприятия информации и формирования поведения.

Цифровая нервная система ГР. Создание цифровой нервной системы ГР напрямую связано с проблемой *моделирования мышления*. Эта проблема в настоящее время актуализируется вследствие бурного развития когнитивной науки, нейрофизиологии и нейропсихологии, а также попыток применить их результаты в технических приложениях. Полученные в этих науках результаты в области мышления в рамках процессов восприятия и формирования поведения могут уже сейчас быть использованы при создании цифровой нервной системы ГР.

В докладе предлагается строить цифровую нервную систему ГР на основе концепций: 1) *мышления* как процесса протекания множества активностей (мыслей) в среде непрерывно изменяющихся наборов циклических операций во временно связанных ассоциативных сетях; 2) *познания* как процесса мышления с целью приобретения и накопления знаний о мире и правилах поведения в нем; 3) *сознания* как результата процесса мышления, внезапно возникающего при взаимодействии и соперничестве множества активированных нейронных наборов, работающих параллельно и имеющих несознательный характер. Эти концепции реализуются на уровнях когнитивных функций и процессов. Поэтому цифровая нервная система ГР должна содержать когнитивные системы восприятия информации и формирования поведения, а также эффекторные системы исполнения решений роботом.

Когнитивные системы (в техническом варианте) являются интеллектуальными системами, построенными на основе моделей мышления и познания, поскольку они способны к обучению и самообучению в процессе работы, а также к ментальному принятию решений и их исполнению. Предполагается, что когнитивные системы должны иметь нервно-системную организацию структуры, функций и поведения. *Эффекторные системы*, в свою очередь, должны обеспечить устойчивое целенаправленное перемещение робота на двух ногах и манипуляцию двумя руками путем координации всех степеней подвижности робота, участвующих в исполнении этих перемещений и манипуляций. Предлагается использовать *нейрологические средства*, позволяющие реализовать когнитивные и эффекторные функции и процессы с помощью обучаемых сетей, узлы которых строятся на основе разных логических базисов и имеют элементы настройки (адаптации).

Возможности исследования когнитивных процессов. Исследование разных когнитивных процессов, характерных для мозговой деятельности человека, может проводиться путем их моделирования с использованием ГР с цифровой нервной системой. В рамках тематики доклада проведен ряд модельных экспериментов, показывающих такие возможности.

Исследованы *когнитивные процессы восприятия информации*, такие как распознавание трехмерных образов по двумерным изображениям на основе появляющихся видов с движущимися объектами, а также дикторонезависимое распознавание речевых сообщений. Это дало основу для разработки интеллектуального *интерфейса «человек – робот»*.

Исследованы *когнитивные процессы формирования поведения*, такие как формирование модели мира и правил поведения, конкурентная селекция поведения, коллективное поведение при командной работе. Это позволило разработать основу для создания ГР, способного к разумному *индивидуальному и групповому поведению* в среде людей.

Использование *многоагентной технологии* позволило моделировать *процесс мышления* как множество взаимодействующих параллельных активностей, временно возникающих в нейронных структурах в форме виртуальных агентов. Оказалось возможным также моделировать *сознание* как результат процесса мышления, внезапно возникающий при кооперации и конкуренции виртуальных агентов. Основу поведенческой части системы в этом эксперименте составили кооперирующиеся или конкурирующие виртуальные агенты типа:

1) «*Слышу-Говорю*», реализующий акустическое взаимодействие с объектами среды (акустическое восприятие и голосовое общение с людьми или другими роботами);

2) «*Вижу-Слышу-Говорю*», реализующий зрительно-акустическое взаимодействие с объектами среды (зрительное и акустическое восприятие и общение);

3) «*Вижу-Двигаюсь*», реализующий зрительное восприятие и целенаправленные перемещения среди объектов среды;

4) «*Вижу-Манипулирую*», реализующий зрительное восприятие и целенаправленные манипуляции объектами среды;

5) «*Слышу-Вижу-Координирую*», реализующий зрительно-акустическое восприятие и координированное поведение при работе в группе роботов;

6) «*Безопасно Контактирую*», реализующий контроль безопасности и коррекции действий в опасных ситуациях при взаимодействии с людьми;

7) «*Слышу-Вижу-Учусь*», реализующий зрительно-акустическое восприятие и обучение поведению в разных режимах.

Немаловажным аспектом когнитивных исследований является наличие тела робота, которое в определенной степени подобно человеческому, и соответствующей сенсорной системы. Результаты моделирования когнитивных процессов сразу материализуются в действия робота, подобно тому как результаты когнитивных процессов мозга материализуются в действия человека. Это позволяет проводить когнитивные исследования в области восприятия информации и формирования проведения более эффективно. Однако ограниченное число степеней подвижности существующих ГР снижает эффективность таких исследований ввиду невозможности воспроизвести гибкость и реактивность человеческих движений. Разработка ГР с использованием технических мышц, работы по которым активно проводятся в настоящее время, позволит проводить более адекватные когнитивные исследования.

Заключение. Можно утверждать, что несомненной пользой когнитивных исследований с использованием ГР является возможность практической проверки психологических и нейрофизиологических гипотез протекания когнитивных процессов. Кроме того, такие исследования дают возможность значительно усилить интеллектуальные способности самих роботов путем совершенствования цифровой нервной системы ГР.

Применение алгоритма сегментации видеоклипа для создания систем интеллектуального видеонаблюдения

А.А. Тельных¹, О.В. Шемагина¹, Н.С. Беллюстин², Ю.Д. Калафати³

¹ Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород

² Научно-исследовательский радиофизический институт, Нижний Новгород

³ Институт радиотехники и электроники РАН, Москва
alt@awp.nnov.ru, olga@awp.nnov.ru, nbell@awp.nnov.ru

Система интеллектуального видеонаблюдения представляет собой аппаратно-программный комплекс, состоящий из одной или нескольких камер наблюдения и блока анализа полученной информации. Задачей такой системы является сбор и обработка видеoinформации с последующим формированием отчета об обнаруженных в поле зрения камер объектах за время наблюдения.

Областью применения комплекса могут быть системы безопасности предприятий и частных лиц. Для этих целей предусмотрена возможность отправки сформированного отчета в виде SMS/MMS или по электронной почте.

Основной проблемой при решении поставленной задачи является формирование компактного, но вместе с тем максимально информативного протокола, построенного на анализе данных, полученных с видеокамер наблюдения.

Для решения поставленной задачи был использован разработанный авторами алгоритм сегментации видеоклипа [6]. Под сегментацией видеоклипа мы понимали процедуру разбиения видеоролика на части, содержащие последовательности кадров с выделенным на них объектом одного типа. Сегментация происходит в три этапа.

Этап выделения объектов

На первом этапе система анализирует видеопоток в течение заданного времени наблюдения. Собственно система анализа включает в себя три подсистемы: детектор движения, детектор лица человека и систему сопровождения найденных лиц. Разработанный в нашей группе детектор лица человека [1, 5] анализирует каждый кадр видеопотока, выделяет лица, и при условии детектирования области движения и лица в этой области начинает формироваться файл отчета, содержащий информацию о каждом обнаруженном объекте (номер кадра в видеопотоке, местоположение объектов на данном кадре, идентификатор каждого объекта).

Сначала детектор лица работает только в режиме обнаружения: сканирование проводится по всему изображению, детектор в бинарном режиме определяет, лицо или не лицо на каждом фрагменте, с последующей кластеризацией накладывающихся друг на друга фрагментов с объектом [1]. Области с найденным объектом передаются системе сопровождения [3], позволяющей спрогнозировать положение объектов на последующих кадрах. В этих областях детектор работает не в бинарном режиме (лицо – не лицо), а в количественном режиме.

Результатом работы детектора в этом режиме является значение «степени уверенности», вычисляемое по промежуточным результатам обработки, – суммируются рейтинговые веса всех слабых классификаторов [5] во всех каскадах детектора, проголосовавшие за рассматриваемый фрагмент. Получаемая оценка степени уверенности сравнивается с регулируемым порогом для принятия окончательного решения. Начиная с того кадра, где был найден объект, детектор работает одновременно в двух режимах: количественном в областях с прогнозируемым местоположением лица и бинарном для всех остальных фрагментов изображения, что необходимо для поиска новых лиц. По истечении времени наблюдения система в отдельном потоке выполнения запускает процесс обработки собранной информации, описанный ниже.

Обработка информации. Этап формирования треков

На этом этапе собираются в трек последовательные кадры видеоклипа, содержащие один и тот же объект, и все объекты одного трека получают один и тот же идентификатор. Производится оценка качества детектирования лица на каждом кадре, и при неудовлетворительном качестве фрагмент, содержащий такое лицо, не участвует в формировании трека. Трек представляет собой непрерывную последовательность кадров с лицом одного и того же человека; если на каком-то кадре лицо в искомой области не обнаруживается, то трек прерывается. Завершение трека может произойти по двум причинам – или из-за того, что лицо действительно вышло из кадра, или из-за ошибки пропуска лица детектором. Второе обстоятельство делает особенно важным следующий, третий, этап – объединение в один кластер всех треков с лицом одного и того же человека. Такая процедура кроме других задач поможет уменьшить влияние на конечный результат ошибок пропуска лица. По окончании второго этапа мы получаем набор N треков, содержащих k_i , $i = 1, \dots, N$ кадров с выделенной на них областью лица.

Обработка информации. Этап формирования кластеров

Задачей третьего этапа является объединение треков, содержащих один и тот же объект (в нашем случае лицо одного и того же человека), в кластер. При этом вводится понятие расстояния между двумя кластерами. Сначала области лица вырезаются на каждом кадре трека и приводятся к стандартизованному виду. В нашем случае изображения приводятся к размеру 32×32 пикселя, нормируются по освещенности и поворачиваются так, чтобы глаза были расположены горизонтально.

С использованием метода главных компонент [2 и 4] все изображения проецируются на ранее созданное подпространство невысокой размерности L – после чего каждое лицо характеризуется совокупностью L чисел. Таким

образом, теперь каждый трек представляет собой k_i последовательностей L чисел. Подробно алгоритм кластеризации описан в [6]. В дополнение к описанному алгоритму для уменьшения ошибки кластеризации было учтено то обстоятельство, что треки, элементы которых присутствуют на одном и том же кадре, не могут быть объединены в один кластер.

По результатам кластеризации создается протокол, содержащий следующую информацию: время начала наблюдения, количество детектированных объектов за время наблюдения, по одному изображению для каждого объекта. Эта информация полностью или частично может быть передана заинтересованному лицу в виде SMS/MMS или по электронной почте.

Литература

1. Беллюстин Н.С., Калафати Ю.Д., Ковальчук А.В., Тельных А.А., Шемагина О.В., Яхно В.Г. Нейроподобный детектор лица. Технические особенности реализации и обучения // X Всероссийская научно-техническая конференция «Нейроинформатика-2008»: Сборник научных трудов. Ч. 2. М.: МИФИ, 2008. С. 123–132.
2. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс. М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2006. С. 509–572
3. Bouguet J.-Y. Pyramidal Implementation of the LucasKandadeFeature Tracker: Description of the algorithm. Technical Report / Intel Corporation: Microprocessor Research Labs. 2000. OpenCV documentation.
4. Turk M., Pentland A. Eigenfaces for recognition // Journal of Cognitive Neuroscience, 3:71-86, 1991.
5. Viola P., Jones M. Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Feature // Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2001.
6. Telnikh A.A., Shemagina O.V., Bellyustin N.S., Kalafati Yu.D. Video clip segmentation algorithm and its realization // 9th International conference «Pattern recognition and image analysis: new information technologies»: Conference proceedings. 2008. V. 2. P. 212–214.

Простая нейросетевая модель узнавания

А.Т. Терехин^{1,2}, Е.В. Будилова^{1,2}, Л.М. Качалова²

¹ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва

² Институт когнитивной нейрологии СГА, Москва
terekhin_a@mail.ru

Знание субъекта о том, что некоторая информация содержится в его памяти, и возможность извлечь эту информацию – далеко не одно и то же. Так, в ряде психологических тестов испытуемые после показа нескольких тысяч изображений могли почти безошибочно ответить на вопрос о том, было или нет им ранее показано предъявляемое изображение, тогда как возможности детального воспроизведения были существенно ниже [1].

Нейросетевое моделирование процесса узнавания основано на наблюдении, что функция энергии сети Хопфилда принимает большие значения для запомненных образов по сравнению с вновь предъявляемыми [2]. В [3] показано, что максимальное количество образов, которые могут быть предъявлены сети Хопфилда и затем с ошибкой менее 1 % узнаны как знакомые на основании соответствующего им значения энергии, равно $0,023N^2$, что при больших N на порядки выше, чем максимальное число образов, которые могут быть запомнены сетью с возможностью последующего полного воспроизведения ($0,145N$). В [3] описывается ряд архитектур нейронных сетей, которые биологически правдоподобно могут произвести вычисления, близкие к требуемым формулой вычисления энергии сети Хопфилда

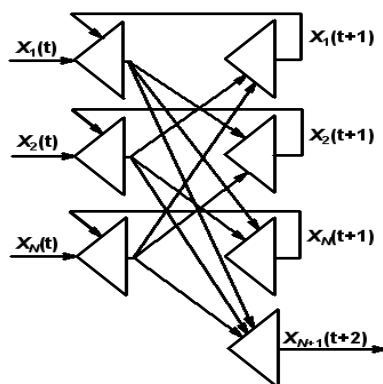
$$E(X_t) = -0,5 \sum_{i=1}^N x_i(t) \sum_{j=1}^N w_{ij}(t) x_j(t),$$

где N – число нейронов, t – время, $w_{ij}(t)$ – вес связи между нейронами i и j , $x_i(t)$ и $x_j(t)$ – состояния нейронов i и j , X_t – состояние сети.

Мы предлагаем новую нейросетевую модель узнавания, также основанную на модификации формулы энергии, но, на наш взгляд, более естественно согласующуюся с вычислениями, осуществляемыми сетью Хопфилда. Модификация состоит в замене внутренней суммы ее знаком (мы отбрасываем также несущественный в данном контексте множитель $-0,5$), что приводит к выражению

$$E^*(X_t) = \sum_{i=1}^N x_i(t) x_i(t+1).$$

Мы видим, что функция $E^*(X_t)$ – можно назвать ее «знакомостью» (англ. «familiarity») – равна просто скалярному произведению векторов состояний нейронов в два последующих временных шага. Ее максимальные значения достигаются в стационарных точках сети, соответствующих запомненным образам, тогда как для новых образов значение знакомости близко к нулю. На приведенном ниже рисунке представлена архитектура сети, вычисляющей значения $E^*(X_t)$.



Можно показать, что емкость памяти предлагаемой сети равна $0,0185N^2$, т.е. снижается незначительно по сравнению со значением $0,023N^2$, получаемым при использовании самой функции энергии. Таким образом, квадратичная зависимость числа узнаваемых образов от числа нейронов может быть получена с помощью более простого нейросетевого механизма, что является доводом в пользу того, что такого типа механизм может быть реализован в нейросетевой структуре мозга.

Литература

1. Standing, L. Learning 10,000 pictures // Quarterly Journal of Experimental Psychology. 1973. V. 25. P. 207–222.
2. Amit, D.J. Modelling Brain Functions / D.J. Amit. – Cambridge, MA: Cambridge Univ. Press, 1989. – 555 p.
3. Bogacz, R. Model of Familiarity Discrimination in the Perirhinal Cortex / R. Bogacz, M.W. Brown, C. Giraud-Carrier // J. Comp. Neurosc. 2001. V. 10. P. 5–23.

Сравнительный анализ изменений параметров ЭКГ и ориентировочно-исследовательской активности крыс, перенесших антенатальную гипоксию

Л.К. Трофимова, А.С. Маклакова, Я.В. Крушинская, Н.А. Соколова

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
lidia.trofimova@gmail.com

Из литературных данных, основанных на результатах клинических и экспериментальных исследований, известно негативное влияние стрессов во время беременности на развитие потомства. В числе последствий антенатальных стрессов – повышение тревожности потомства, появление депрессивных расстройств, когнитивных дисфункций. Для детей, чьи матери перенесли стресс во время беременности, характерен повышенный риск развития депрессий, минимальной мозговой дисфункции, синдрома пониженного внимания и гиперактивности. Кроме того, у людей, переживших антенатальный стресс, увеличивается вероятность развития сердечно-сосудистых заболеваний, таких как гипертензия и инфаркт миокарда. Большинство исследований в данной области сконцентрировано на анализе действия стрессов в течение поздних периодов внутриутробного развития. Однако хорошо известно, что стрессы в ранние сроки беременности чреваты серьезными перестройками программы развития зародыша и плода, которые в дальнейшем могут сказаться на общем развитии в постнатальном периоде.

В данной работе мы исследовали действие стресса в период раннего органогенеза на поведение (по показателям, отражающим изменения ориентировочно-исследовательской активности, степени тревожности и эмоциональной напряженности) и некоторые показатели электрокардиограммы крыс, позволяющие оценить вегетативный баланс регуляции организма. Выбор данных показателей был обусловлен прямой связью между изменениями тревожности и эмоциональной напряженности и когнитивными функциями. Как известно, возрастание эмоционально-тревожного компонента и подавление ориентировочно-исследовательских реакций угнетают способность к обучению. В качестве антенатального стрессорного воздействия была выбрана прерывистая нормобарическая гипоксия (ПНГ), представляющая чередование эпизодов гипоксии и нормоксии. ПНГ является относительно мягким стрессом и сопровождается такими состояниями, как апноэ во время сна, астма, легочный фиброз и др. Этот тип гипоксии мало изучен по сравнению с острой и хронической формами гипоксии.

Самки белых беспородных крыс на 9–10-м дне беременности подвергались ПНГ в течение двух часов. Животных помещали в специальную камеру, куда поочередно по 5 минут подавали воздух или смесь газов, содер-

жащую 10,5 % O₂. Поведенческое тестирование и регистрацию ЭКГ проводили у 60-дневного потомства крыс. Выбранный возраст соответствует постпубертатному периоду развития, что позволяет предположить сохранение зарегистрированных изменений на всю оставшуюся жизнь. Поведение потомков оценивали в тестах «Норковая камера» (НК) и «Приподнятый крестообразный лабиринт» (ПКЛ). ЭКГ регистрировали с использованием вживленных под кожу металлических электродов. Обработку записей осуществляли с помощью специальных программ, позволяющих вычислить следующие параметры ЭКГ:

- частоту сердечных сокращений (ЧСС, ударов в минуту);
- амплитуду моды (АМо, %) выборки кардиоинтервалов (RR-интервалов) – условный показатель активности симпатического звена регуляции сердечной деятельности;
- стандартное отклонение (SD, мс) выборки кардиоинтервалов – суммарный эффект вегетативной регуляции кровообращения;
- разброс (ΔX , мс) – условный показатель активности парасимпатического звена регуляции сердечной деятельности (значимое увеличение ΔX – признак наличия аритмий).

Самцы и самки потомства исследовались отдельно. В качестве контроля использовали потомство самок, не подвергавшихся во время беременности ПНГ.

Крысята, пережившие антенатальную ПНГ, характеризовались сниженной моторной и исследовательской активностью. В тесте НК они показали меньшее число вертикальных стоек, меньшее количество пройденных квадратов и число отходов от стенок и выходов в центр камеры по сравнению с контролем. Для этих крысят были характерны также повышенная тревожность и эмоциональная напряженность: и у самцов, и у самок было увеличено количество актов и суммарное время груминга, кроме того у самцов было увеличено время затаивания в НК, а у самок – снижено время пребывания в светлых лучах ПКЛ.

Анализ ЭКГ показал, что антенатально стрессированные самцы характеризовались увеличенной АМо и сниженным ΔX по сравнению с контролем. Такие наблюдения свидетельствуют о смещении вегетативного баланса в сторону активации симпатического контура регуляции, что в дальнейшем может привести к развитию ряда сердечно-сосудистых патологий. Самки опытной группы, напротив, отличались от контрольных самок сниженной АМо, тогда как остальные параметры ЭКГ оставались неизменными. ЧСС у крыс обоего пола была той же, что и в контроле.

Таким образом, ПНГ периода раннего органогенеза и у самцов, и у самок спровоцировала рост тревожности и снижение ориентировочно-исследовательской активности в постпубертатном периоде, развивавшиеся на фоне вегетативного дисбаланса. Однако сдвиги вегетативного баланса у разных полов оказались противоположными. Если у самок, по нашим дан-

ным, наблюдалось уменьшение доли участия симпатической системы в вегетативном балансе регуляции, то самцы демонстрировали увеличение симпатической активности на фоне снижения парасимпатической.

Полученные нами данные указывают на существование значимых гендерных отличий в реакциях на мягкий антенатальный стресс. В нашем исследовании впервые показано, что даже кратковременное относительно мягкое стрессорное воздействие на организм беременной в период раннего органогенеза проявляется у потомства в отдаленном постпубертатном периоде. Обнаруженные изменения в ориентировочно-исследовательских реакциях, статусе тревожности и вегетативном балансе потомков могут также отразиться на когнитивных функциях.

Информационные модели системы зрительного восприятия

В.А. Утробин

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,
Нижний Новгород
utrobin-va@yandex.ru

Суть известных методов распознавания состоит в оценке степени сходства входного представления с множеством эталонов на этапе принятия решения в предположении, что проблемы этапов формирования исходного описания и формирования системы признаков решены [1]. Предполагается, что эталону соответствует компактное множество точек в пространстве признаков (гипотеза компактности [2]). Однако помехи, структурные вариации одного и того же представителя класса приводят к значительному увеличению области класса и, как следствие, перекрытию классов. В результате проблема принятия решения замыкается на проблему формирования некоторой системы признаков, позволяющей сформировать такой эталон, который обеспечивал бы условия компактности. С другой стороны, проблема распознавания, понимаемая в широком смысле, вырождается в относительно простые стратегии, если существует некоторая универсальная и фундаментальная система преобразований любого изображения. Именно такая система преобразований нами получена исходя из результатов формализации понятия изображение, под которым будем понимать множество, каждый элемент которого в фиксированный момент времени t есть неотрицательная действительная функция действительных аргументов вида $M_t = \mu(x, y)$, определенная на конечном множестве точек замкнутой двумерной области определения (поле зрения), погруженной в евклидово пространство, суммируемая, квадратично интегрируемая на этом множестве и наделенная рядом свойств (например, дискретности и структурированности [1, 3]). Из свойства дискретности следует, что изображение допускает представление на решетчатую функцию на прямоугольной области определения. Отсюда следует, что число возможных изображений конечно, а система, раскрывающая неопределенность наблюдаемого изображения, есть автомат без памяти – «простая» комбинационная схема. Из свойства структурированности следует, что изображение – структура с бинарными операциями объединения и пересечения, с соответствующей аксиоматикой и отношением порядка.

Поскольку изображение как множество положительно определено и конечно, то оно само и каждая его подобласть допускает интегральное отображение типа ортогонального проектирования по любой подобласти поля зрения. Это преобразование – информационная модель первого этапа врожденных механизмов зрительной системы, которой допустимо поставить в

соответствие тонические нейроны. Результатом имеем структурные элементы, выделенные на наблюдаемом изображении, имеющие с позиций физики смысл массы (визуальной массы). С позиций математики такое преобразование – отображение изображения (как объект исследования) в абсолютно (бесконечно) гладкое многообразие. Поэтому второму этапу (формированию системы признаков) ставится в соответствие преобразование пространственного дифференцирования $\partial\varphi(x, y)/\partial x^i = \mu_i$, конструктивно выполненное в виде масок-покрытий F_i и позволяющее выявить структурные связи на изображении между парой визуальных масс. Такому преобразованию допустимо поставить в соответствие фазические нейроны.

Поскольку на множестве M существует отношение эквивалентности, то M факторизуемо. Оптимальным процессом разбиения в условиях априорной неопределенности является процесс дихотомии. Можно показать, что число направлений i конечно и равно 15. Результатом имеем 16 признаков (включая 0-направление) описания наблюдаемого изображения, представленные множеством (и вектором) $\{\mu_i\}$; матрицу 4×4 множества визуальных масс и планигон, образующие интегрально-дифференциальную пирамиду на множестве направлений $\{x^i\}$.

Множеству $\{\mu_i\}$ можно поставить в соответствие бинарный оператор $V_i \in \{V_i\} \equiv V$, прямой или инверсный в зависимости от знака элемента множества $\{\mu_i\}$. Задавая на множестве $\{V_i\}$ операции умножения (пересечения) и сложения (объединения), получаем алгебру описания изображения на двумерных булевых функциях. Такая алгебра есть алгебра синтеза изображений на планигоне, а синтезированный объект – образ (зрительный образ) наблюдаемого изображения. В этой алгебре можно определить алгебраические группы, эквивалентные сложным и сверхсложным нейронам как сетчатки глаза, так и пирамидным клеткам зрительной коры [1, 4].

Изложенные результаты исследований в настоящее время оформлены в виде теории активного восприятия изображения как объекта исследования [1].

Литература

1. Утробин В.А. Информационные модели системы зрительного восприятия для задач компьютерной обработки изображений. Н. Новгород: НГТУ, 2001. 234 с.
2. Аркадьев А.Г., Браверманн Э.М. Обучение машины классификации объектов. М.: Наука, 1971. 192 с.
3. Утробин В.А. Компьютерная обработка изображений: Принятие решений в пространстве эталонов. Н. Новгород: НГТУ, 2004. 216 с.
4. Утробин В.А. Физические интерпретации элементов алгебры изображения // УФН. 2004. Т. 174, № 10. С. 1089–1104.

Нейрокомпьютерная идентификация параметров порядка психофизиологических функций учащихся Югры

М.А. Филатов, О.В. Климов, А.В. Хисамова

НИИ биофизики и медицинской кибернетики при ГОУ ВПО «Сургутский государственный университет Ханты-Мансийского автономного округа – Югры», Сургут
fil_din@mail.ru, fma@bf.surgu.ru

Важнейшей задачей системного синтеза является отыскание параметров порядка (ПП), т. е. наиболее важных диагностических признаков (в биологии и медицине), описывающих с необходимой степенью точности динамику поведения любой БДС. Как известно, любая биологическая динамическая система (БДС) в рамках компартментно-кластерного подхода (ККП) описывается вектором состояния $y = y(x_1, x_2, \dots, x_m)T$ в m -мерном фазовом пространстве состояний. С позиций системного синтеза отыскание параметров порядка эквивалентно решению задачи минимизации размерности фазового пространства, т. е. переходу от m к k ($k < m$). В настоящее время в Научно-исследовательском институте биофизики и нейрокибернетики (НИИ БМК) при СурГУ разрабатываются три принципиально новых, отличных друг от друга подхода, которые обеспечивают задачи идентификации ПП. Первый подход выполняется в рамках традиционного детерминистского подхода на базе метода минимальной реализации (ММП). Данный подход в настоящее время используется в теории идентификации математических моделей нейронных систем мозга. Второй подход базируется на нейросетевых технологиях, и именно его мы используем в настоящей работе при исследовании психофизиологических функций учащихся. Изучались параметры сенсорных систем, функциональной асимметрии полушарий мозга, состояние вегетативной нервной системы (по данным вариационной пульсометрии). Третий метод заключается в идентификации параметров квазиаттракторов, в пределах которых происходит движение вектора состояния организма человека (ВСОЧ).

В качестве метода исследования нами использовалась нейросетевая идентификация ПП на базе Multineuron (версия 2.0). С помощью нейроЭВМ нами решались задачи отыскания значимых диагностических признаков (x_i), т. е. координат вектора состояния психофизиологических функций испытуемых. Диагностировались параметры ВСОЧ учащихся (мальчики и девочки) до отъезда в санаторий «Юный нефтяник» и по приезду в г. Сургут, т. е. изучались признаки в условиях казистационарного состояния БДС ($dx/dt = 0$, хотя бы на малом интервале времени τ). Группы испытуемых были разделены по полу, возрасту, продолжительность проживания на Севере.

При широтных перемещениях были получены данные о состоянии функциональных систем организма (ФСО), состоянии параметров анализаторов, функциональной асимметрии полушарий мозга (ФАП) на примере кардио-респираторной системы детей работников ОАО «Сургутнефтегаз».

Тестирование выполнялось в четырех разных временных промежутках: до отъезда детей в санаторий, по приезду на отдых, в конце отдыха и непосредственно по возвращении в Сургут. Общее количество детей во всех четырех измерениях было: в 1–3-м измерениях – 38 мальчиков, 45 девочек, а в 4-м количество детей уменьшилось до 60 человек (27 мальчиков, 33 девочки), т. к. по приезду в г. Сургут на мониторинг явились не все.

Результаты изменения динамики показателей кардио-респираторной системы у девочек показаны на рисунке. Важно отметить, что значимыми параметрами порядка между 1-м и 3-м измерениями у девочек являются LF (0,69), PAR (0,564), INB (0,585) и TOTAL (0,556).

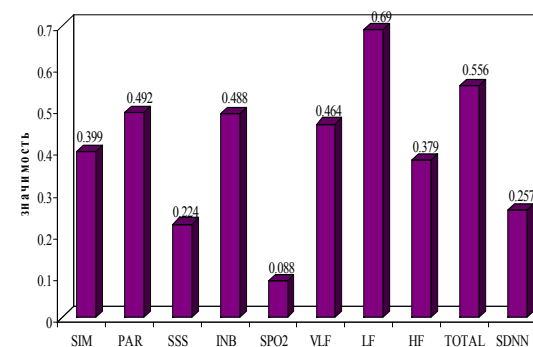


Рис. Результаты обработки с помощью нейроЭВМ параметров функциональных систем организма детей в 1-м и 4-м измерениях (девочки). Здесь SIM – активность симпатического отдела вегетативной нервной системы, PAR – активность парасимпатического отдела вегетативной нервной системы, SSS – частота сердечных сокращений, INB – индекс напряжения по Баевскому, SPO2 – уровень насыщения оксигемоглобина в крови, VLF – мощность спектра сверхнизкочастотного компонента variability в процентах от суммарной мощности колебаний, LF – мощность спектра низкочастотного компонента variability в процентах от суммарной мощности колебаний, HF – мощность спектра высокочастотного компонента variability в процентах от суммарной мощности колебаний, TOTAL – общая спектральная мощность, SDNN – стандартное отклонение полного массива кардиоинтервалов.

Это говорит о том, что вектор состояния активности парасимпатического отдела вегетативной нервной системы и LF существенно различаются между приведенными срезами, что свидетельствует о характерных изменениях в работе функциональных систем организма в условиях смены климата.

Таким образом, мы видим угасание активности фазической компоненты, что говорит о быстром вхождении параметров ФСО детей в псевдонорму, т. к. значимость SIM невелика (0,399).

В целом можно сказать, что 98 % детей находится в состоянии сниженной работоспособности, быстрой утомляемости и экологическом перена-

пряжении, что приводит к снижению иммунного ответа организма, и, как следствие, ребенок чаще болеет.

Память и мышление учащихся Югры в аспекте перехода в постиндустриальное общество

М.А. Филатов, А.В. Хисамова, С.Ю. Сорокина, А.С. Бuryкина

НИИ биофизики и медицинской кибернетики при ГОУ ВПО «Сургутский государственный университет Ханты-Мансийского автономного округа – Югры», Сургут
fil_din@mail.ru

За последние 15–20 лет изменилось во многом психическое, психофизиологическое и физиологическое состояние организма учащихся в РФ из-за ухудшения питания, нарастания числа конфликтов в семье и социальных группах, из-за переоценки ценностей и экономического расслоения общества. Возникает проблема оценки характера подобных изменений как в целом по стране, так и в отдельных регионах в частности. Проживание же в условиях Севера РФ усугубляет эту ситуацию еще и особым состоянием физиологических и психофизиологических функций учащихся, которые уже во 2-м и даже 3-м поколении становятся жителями Севера со всеми вытекающими последствиями.

Разработка и внедрение методов теории хаоса и синергетики (ТХС) в описание образовательного процесса и непосредственно в образование является весьма актуальной и перспективной проблемой. Синергетические подходы и методы позволяют по-новому оценивать состояния функциональных систем организма (ФСО), психофизиологических функций школьников и студентов, проживающих в условиях ХМАО – Югры.

В электрофизиологических исследованиях было установлено, что необходимо 10–15 итераций (последовательных предъявлений входного зрительного стимула и повторение процесса восприятия и запоминания), после чего процессы возбуждения А-нейронов и первоначального неактивного состояния Т-нейронов реверсируются полностью и формируется долговременная память. Несомненно то, что именно реверберация возбуждения приводит к запоминанию информации в НС мозга.

Долгосрочная память также имеет диссипативные свойства, и если не воспроизводить информацию, не повторять процессы возбуждения в НС гиппокампа и других НС, то наблюдается потеря информации. На это еще в XIX веке обратил внимание Эббингауз, построив знаменитую кривую потери информации мозгом человека. Эта кривая условно (в пределах 10 %-й погрешности) может описываться экспоненциальной зависимостью вида:

$$I = I_0 \exp(-bt), \quad (1)$$

где I_0 – исходная информация, а b – коэффициент диссипации информации в НС мозга человека.

Хорошо известно, что без употребления информации она диссипируется (теряется) в НС мозга. Например, человек забывает языки, изученный теоретический материал и т. д. В этой связи уместно напомнить, что простое повторное воспроизведение исходной информации еще не гарантирует высокие значения I к произвольному времени T . Процесс запоминания зависит от нейронных сетей (НС) мозга, уровня возбуждения фазотона мозга (ФМ) и гиппокампа (ГКП), что объясняется особым вниманием, эмоциональным статусом и ФСО. Все эти слагаемые должен учитывать учитель при необходимости формировать ЗУНы у школьника (иначе ЕГЭ не будет сдан).

На рисунке представлено состояние показателей памяти (подробное описание метода можно найти в [1, 2]) ($Y(6)$ – параметр, характеризующий качество запоминания информации) у мальчиков с учетом их успеваемости. Отметим, что мы разбили по успеваемости детей на три группы: I группа («отличники») – это учащиеся, которые имеют (в общем) «5» по гуманитарным наукам и «5» (или «4») по точным наукам; II группа – это учащиеся, которые имеют «4» (или «3») по гуманитарным наукам и «4» по точным наукам; III группа («троечники»), которые имеют по гуманитарным наукам «4» (или «3») и «3» по точным наукам. С учетом этих показателей оценки успеваемости, мы построили комплексные (совокупные) графики по показателям памяти, взяв только I и III группы, т. к. здесь легко наблюдать существенные различия в соотношении успеваемости учащихся и их интеллектуальных возможностей. В возрастном аспекте мы видим, как изменяется качество мнемических показателей, которые связаны с направленностью на точность и полноту запоминаемой информации. Действительно, показатель $Y(6)$ у «отличников» и «троечников» носит характерное отличие в объеме запоминаемой информации. Дополнительно это может быть обусловлено началом учебного года, а также низкой потребностью (мотивацией у «троечников») в том материале, который предъявлялся школьнику в первые недели обучения («троечники» еще не «вработались», каникулярное настроение продолжается первые 1–3 недели).

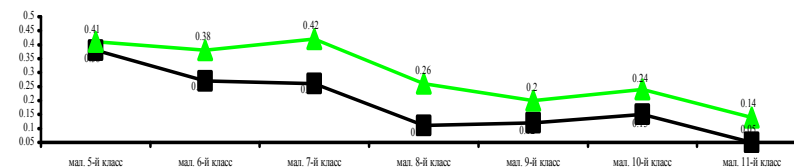


Рис. Показатель мнемических функций $Y(6)$ у мальчиков разных возрастных групп в осенний период 2004–2005 гг. (учащиеся МОУ гимназии № 4 г. Сургута). Здесь —■— I группа («отличники»); —▲— III группа («троечники»).

Таким образом, плохо успевающие дети не умеют концентрировать свое внимание произвольно. Однако уже давно доказано, что концентрированное заучивание значительно превосходит заучивание с отвлекающими внешними раздражителями или другой какой-либо психологической нагрузкой. Человек с низкими волевыми качествами, низкой концентрацией внимания никогда не покажет хорошие результаты по памяти и мышлению. Результат этого – низкая успеваемость, потеря интеллектуальных возможностей этого человека для общества.

Литература

1. Еськов В.М., Рузанкина Н.А., Хисамова А.В., Филатов М.А. Измерение количественных показателей психических функций человека на основе диагностического комплекса М-2 // Материалы международной конференции «Датчики и преобразователи информации систем измерения». М.: МГИЭМ, 2003. С. 270.
2. Еськов В.М., Кулаев С.В., Филатов М.А., Хисамова А.В., Мишина А.В. Программа количественной оценки показателей памяти человека: Свидетельство об официальной регистрации программы на ЭВМ № 2005178402 РОСПАТЕНТ. Москва, 2005.

Фазатонная теория мозга в объяснении когнитивных функций человека

О.Е. Филатова¹, А.С. Ануфриев², А.А. Устименко², Т.Н. Шипилова²

¹ Сургутский государственный университет, Сургут

² НИИ биофизики и медицинской кибернетики при ГОУ ВПО «Сургутский государственный университет ХМАО – Югры», Сургут
fil_din@mail.ru, fma@bf.surgu.ru

Известно, что дисбаланс нейромоторных (фазической и тонической), а также нейромедиаторных (катехоламинергической и холинергической) систем приводит не только к дискинезиям, но и к вегетативным дисфункциям. Очевидно, что возможна и обратная картина, когда вегетативные дисфункции приводят к нейромоторным и нейромедиаторным дисфункциям. В этой связи уместно говорить о моторно-вегетативном гомеостазе, который обеспечивает в целом гомеостаз всего организма.

У коренных жителей Севера преобладает тонус парасимпатической вегетативной системы в регуляции функций (нормальное или пониженное АД, адекватность реакций сосудов кожи на гипертермию). У приезжего населения наблюдаются колебания АД в сторону гипертензии. Одновременно повышается уровень гормонов надпочечников на фоне снижения сахара в крови, учащаются случаи гипертрофии левого желудочка, легочной гипертензии. Установлено [2], что существует тесная связь между тонической моторной системой и парасимпатическим отделом вегетативной нервной системы с участием холинергического нейротрансмиттерного механизма, а также между фазической моторной системой и симпатическим отделом ВНС с участием катехоламинергического нейротрансмиттерного механизма. Таким образом, можно рассматривать в некотором единстве тонический моторно-вегетативный системокомплекс и фазический моторно-вегетативный системокомплекс, между которыми происходит в физиологических условиях непрерывное нейродинамическое балансирование. Согласно такой фазатонной модели нарушение сбалансированности системокомплексов может быть причиной возникновения не только двигательных, но и вегетативных нарушений, приводить к усилению патологических процессов в организме, подобно резонансным эффектам в физике.

Разработка объективных методик регистрации возможности возникновения подобных резонансных явлений, прогнозирование возникновения донозологических форм состояния учащегося – это актуальная задача для современной физиологии, биофизики и экологии человека на Севере. Этот новый подход позволяет вырабатывать новые стратегии в образовательной системе, т. к. нагрузка на учащегося должна быть адекватна его умствен-

ным способностям (психофизиологическим данным) и фактическому состоянию основных ФСО учащегося. Рассогласование параметров ФСО и учебной нагрузки приводит к возникновению донозологических форм, которые могут привести к серьезным патологиям в будущем у конкретного молодого жителя Югры. Основной целью настоящей работы явилось изучение вегетативной регуляции сердечного ритма у учащихся разных возрастных групп в аспекте когнитивных характеристик.

Спектральный анализ колебательной структуры variability сердечного ритма (ВСР) производился с помощью фотооптических датчиков и специализированного программного вычислительного комплекса на базе ЭВМ. Использовались пульсоксиметры «ЭЛОКС», которые обеспечивают непрерывное вычисление и цифровую индикацию значения степени насыщения гемоглобина кислородом (SpO_2) и значения частоты сердечных сокращений (ЧСС) на цифровом индикаторе, сигнализацию выхода указанных значений за установленные пределы. На дисплей выводится гистограмма распределения межпульсовых интервалов, а также значения показателей активности регуляции симпатического (СИМ) и парасимпатического (ПАР) отделов вегетативной нервной системы. Такая комплексная методика позволила нам выяснить соотношение между основными показателями ФСО у учащихся гимназии № 4 г. Сургута в осенний период 2006 года и параметрами функциональной асимметрии полушарий, памяти.

Межполушарная асимметрия является одним из факторов, определяющих процесс адаптации к изменениям окружающей среды. В рамках теории ККТБ и фазатонного гомеостаза мы исследовали у учащихся функциональную асимметрию полушарий мозга в сопоставлении с активностью разных систем комплексов вегетативной нервной системы. Для выяснения вопроса о возможных изменениях по типу сдвига акцептов активности от левой фронтальной коры к правой за счет факторов среды мы изучили показатели функциональной асимметрии полушарий сравнительно с показателями ФСО и фазатона мозга в целом.

На рисунке представлены средние результаты измерений интегративных показателей состояния СВНС у девочек и мальчиков, имеющих разные оценки.

Учащиеся обоего пола, получающие оценки «3», по показателям СИМ практически не отличаются. Существует небольшое различие в превалировании у правополушарных девочек показателя СИМ (1,91 в условных единицах) по сравнению с левополушарными мальчиками (1,85). В целом для этой категории школьников (слабоуспевающих) общая тенденция сохраняется, т. е. у мальчиков несколько преобладает показатель СИМ у левополушарных (1,85 против 1,76), а у девочек небольшое преобладание СИМ у правополушарных (1,91 против 1,74).

У учащихся, обучающихся на «3» и «4», показатель СИМ превалирует у левополушарных девочек (подобно «троечникам» у мальчиков), однако у

мальчиков показатель СИМ у левополушарных и правополушарных приблизительно одинаков.

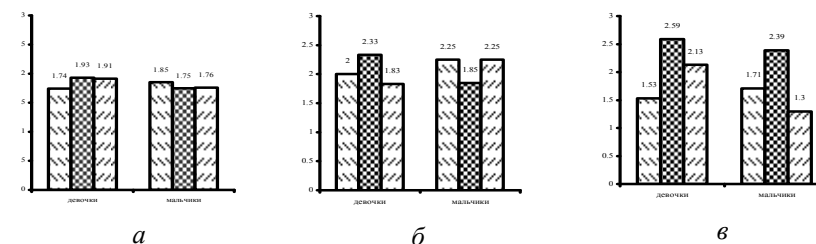


Рис. Средние результаты измерений интегративных показателей состояния симпатической вегетативной нервной системы у девочек и мальчиков, обучающихся на «удовлетворительно» (а), «хорошо» (б) и «отлично» (в) (учащиеся МОУ гимназии № 4 г. Сургута). □ — левополушарные, ▨ — амбидекстры, ▤ — правополушарные.

Наиболее выраженные различия у школьников, занимающихся на «5» и «4». У левополушарных мальчиков показатель СИМ составил 1,71 единиц, у правополушарных — 1,3. У девочек этой же категории показатель СИМ левополушарных 1,53, правополушарных — 2,13. Следует отметить, что «отличники»-амбидекстры имеют наиболее выраженные показатели СИМ (у мальчиков — 2,39, у девочек — 2,59).

Таким образом, результаты исследований показали, что слабоуспевающие ученики и учащиеся, имеющие оценки «3» и «4», различаются между собой по показателю СИМ не столь существенно, сколько это проявляется по показателю ФСО у отличников.

Очевидно, что школьники, занимающиеся на «отлично», более значимо различаются по показателям ФАП (лево- и правополушарным различиям) и у них более выражены различия по показателям СИМ между превалированиями левого и правого полушария. Высокие значения СИМ имеются и у амбидекстров. Мы доказали, что существует выраженный половой диморфизм по показателям ФСО. А у «отличников» (особенно у девочек) преобладает показатель СИМ, т. е. активность адренергического системного комплекса, по сравнению со слабоуспевающими учащимися.

Когнитивные аспекты психологического консультирования

А.Н. Фомина

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород
afomina@list.ru

Краткосрочное психологическое консультирование является наиболее оптимальным подходом при работе с межличностной конфликтной ситуацией клиента, например переживанием человеком ситуации временной безработицы. Наиболее эффективным в этих случаях является когнитивное направление, которое рассматривает клиента как равноправного партнера в процессе психологического анализа его сложной жизненной ситуации, что помогает ему достаточно быстро развивать способность самостоятельно оптимизировать свое эмоциональное состояние за счет выработки адекватных способов мышления.

У каждого человека складывается свои способы истолкования мира, которые Дж. Келли назвал «конструктами». Он обратил внимание на то, что «может потребоваться специальное психотерапевтическое воздействие или более богатый жизненный опыт, чтобы убедить человека внести поправки в свою систему истолкования» [1]. В когнитивном консультировании существуют четкие схемы проведения анализа жизненных ситуаций с опорой на реальность и логические правила.

В данной статье рассматриваются уровни осмысления действительности, сложившиеся у клиента, с которыми работает психолог-консультант. Конкретная трудная жизненная ситуация не может рассматриваться изолированно от общей жизненной ситуации клиента. Трехсоставная формула, которая была предложена В.Н. Мясичевым в теории отношений: отражение – отношение – обращение, обнаруживает взаимосвязь особенностей процесса отражения с процессом построения образа мира. Мы будем пользоваться этой формулой при рассмотрении уровней осмысления действительности клиентом в процессе консультативного процесса.

1-й уровень – модель мира. Первый, наиболее общий уровень осмысления действительности, с которым мы сталкиваемся при когнитивном консультировании – это особенности истолкования клиентом окружающего мира. Понятие «образ мира» в отечественной психологии стало активно обсуждаться А.Н. Леонтьевым, который определил его как сложное многоуровневое образование, обладающее системой значений и полем смысла [2]. Бедность или разноплановость образа мира человека влияет на его способность найти оптимальные пути выхода из сложной жизненной ситуации. В монографии В.Н. Мясичева отмечается, что «на всех психических процессах человека постоянно лежит печать отношения к разным сторонам мира, частицей которого он является» [3]. По рассказу клиента можно по-

строить определенную «когнитивную карту» (Э. Толмен), проясняющую способы его ориентировки в окружающем мире.

Модель будущего как развитие картины мира. Не только существующая картина мира помогает человеку выбирать способы адаптации к жизненным событиям. Большое значение имеет картина будущего, которая является смыслообразующим фактором в поддержании психического здоровья человека. Усилить работу адаптационных механизмов личности позволяет подконтрольное формирование в сознании человека упорядоченного представления о будущих изменениях. Человеку важно выработать определенную цикличность в своем существовании. Линейная шкала времени, в которой он живет, может привести его к тупику очередным вопросом: «А дальше что? Для чего?» Поэтому важно найти определенную цикличность собственной жизни, этот замкнутый мир в себе. В работе Л.И. Анцыферовой (цит. по [4]) обращается внимание на то, что ресурс пожилых людей зависит как от них самих, так и от общества. Когнитивный аспект консультирования связан именно с подконтрольным формированием оптимальной алгоритмической мыслительной деятельности, а также гибкости в мышлении по построению реалистических гипотез по поводу будущих событий жизни.

2-й уровень – модель отношений. Второй составляющей, после отражения, в формуле В.Н. Мясичева является отношение. Через свои высказывания, оценки, интерпретации событий клиент выражает определенное отношение к окружающим людям. В этих взаимоотношениях строятся различные модели, помогающие поддерживать близкие отношения и способствовать собственному развитию. Однако наличие определенных моделей (в частности, *модель близости* во взаимоотношениях близких людей) может входить в противоречие с динамикой развития человека на определенном этапе жизни. Наиболее адекватной является модель отношений, построенная на основании реалистического мышления, она уже не связана с проекциями на Другого. Человек принимает ответственность на себя за свое психическое состояние, за свою индивидуацию. В процессе консультирования, анализируя конфликтные ситуации, собственные мысли и чувства в этих ситуациях, моделируя восприятие ситуации партнером по общению, клиент способен осознать особенность собственной модели отношения, роль этой модели в его собственном развитии, а также в развитии отношений с партнером.

3-й уровень – когнитивные процессы. Третьей составляющей в формуле В.Н. Мясичева является обращение к реальным взаимодействиям в реальном мире, картину которого человек себе создал и в которой существует. Что может мешать продуктивному процессу самопонимания и расширения возможностей в сложной жизненной ситуации клиента? Сбой в оптимальной оценке ситуации, некоторое заикливание на субъективной оценке приводят к «иррациональным мыслям», связанным с системой «долженст-

воения» (А. Эллис), и «когнитивным ошибкам», связанным с искажением реальности при интерпретации событий (А. Бек).

Оценка трудной ситуации обусловлена сформированностью механизма интеллектуального контроля, который обнаруживает себя в четырех основных формах: контроль параметров ситуации, контроль внешних факторов, контроль своих физических и психических ресурсов, контроль базовых убеждений. Можно регулировать свое поведение, зная определенные алгоритмы, рефлексирова свой опыт.

4-й уровень – экзистенциальный. Но иногда понимания и выработки определенных алгоритмов мыслительных операций и оптимизации действий не хватает для осмысления и принятия травматической ситуации. В этом случае важно выйти за пределы опыта и рациональности, на экзистенциальный уровень осмысления своей жизни.

Таким образом, проделав путь от общего уровня осмысления действительности к частному, от отражения окружающего мира клиентом до конкретных видов его обращения к действительности через особенности мыслительных действий, мы опять переходим к общему, но уже на экзистенциальном уровне. Этот уровень помогает человеку найти смысл происходящего, выстроить свое существование в этом мире, несмотря на существующие в данный жизненный момент ограничения, и в пределах этих ограничений. Конечно, мы никогда не сможем узнать со всей определенностью, насколько мы на самом деле свободны или зависимы от определенной трудной жизненной ситуации, но нам следует, как напоминают экзистенциалисты, поступать так, словно мы свободны. В противном случае человек будет продолжать считать себя жертвой.

Таким образом, часто в процессе когнитивного консультирования мы проходим с клиентом по определенным уровням его осмысления действительности, рассматривая формулу В.Н. Мясищева как некий алгоритм, помогающий выйти на правильное понимание взаимосвязей в жизненном мире клиента. В процессе консультирования рамки когнитивного подхода расширяются включением экзистенциального видения ситуации. Эти парадигмы дополняют и обогащают друг друга.

Литература

1. Келли А. Дж. Теория личности. СПб: Речь, 2000. 249.
2. Леонтьев А.Н. К психологии образа // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 14, Психология. 1986. № 3. С. 73.
3. Мясищев В.Н. Психология отношений. М.: Институт практической психологии, 1995. 356 с.
4. Пацакула И.И. Психологические ресурсы людей позднего периода жизни как потенциал для выбора стратегии совладания с неблагоприятными жизненными событиями // Психология совладающего поведения: Материалы международной научн.-практ. конф. Кострома, 2007. 426 с.

Когнитивные алгоритмы видения автономных гидроакустических систем

А.И. Хилько, А.Г. Хоботов, В.И. Романова

Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород
a.khil@hydro.appl.sci-nnov.ru, Algenn3@gmail.com

Совокупность нелинейных алгоритмов работы пространственно распределенной многоэлементной системы автоматического наблюдения с помощью акустических полей в пространственно неоднородной нестационарной океанической среде [1] является нейроподобной средой, осуществляющей построение изображения объектов наблюдения в виде вектора в многопараметрическом пространстве [2, 3]. Для регуляризации и оптимизации поиска решений используется имитационная система, состоящая из набора моделей среды, объектов наблюдения, помех, элементов системы наблюдения, а также базы геoinформационных данных, описывающих строение и изменчивость среды и условия наблюдения (рис. 1). Работа нейроподобной среды адаптируется к условиям и целям наблюдения. Процесс наблюдения заключается в поиске и принятии решений (статистическая проверка гипотез) на основе использования оптимальных траекторий поиска, критериев, а также пороговых значений, учитывающих уточненные значения параметров моделей. Критерии оптимизации функционирования

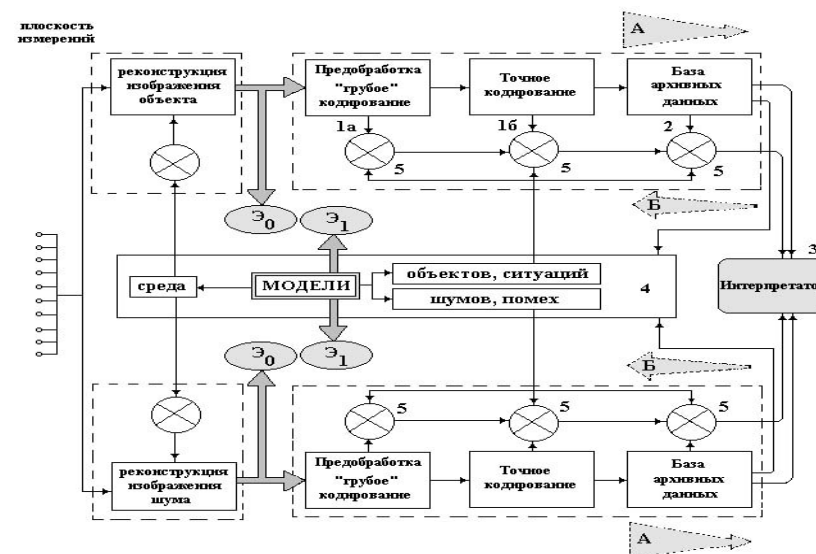


Рис. 1. Структура нейроноподобной среды, описывающей функционирование системы автоматического гидроакустического наблюдения

выполняющей гидроакустическое (ГА) наблюдение нейроноподобной среды включают в себя минимизацию необходимых ресурсов при решении задачи видения с заданной эффективностью. В работе автоматической системы наблюдения можно выделить особенности, близкие процессам, характеризующим функционирование сознания человека при решении задач наблюдения и, в общем случае, познания, которые реализуются при работе человеческого мозга. Анализ отмеченных аналогий функционирования позволяет, с одной стороны, глубже понять структуру сознания, а с другой стороны, усовершенствовать алгоритмы работы нейроноподобной среды, разработанной для решения задачи автоматического наблюдения. В частности, исходя из построенных аналогий, разработаны методы уточнения используемых в среде моделей путем анализа эмпирических данных, а также алгоритмы выбора адаптивных нейроноподобных решающих статистик, используемых при проверке гипотез [4], предложены алгоритмы управления потенциалом системы наблюдения, включающие резидентный синтез оптимальных траекторий поиска решений [5].

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 09-02-00044).

Литература

1. Лучинин А.Г., Хилько А.И. Низкочастотная акустическая томография мелкого моря с использованием маломодовых импульсов // Акуст. журнал. 2005. Т. 51, № 2. – С. 124–145.
2. Sinkch R.U., Nuyedel I.V., Sborshikov V.N., Tel'nikh A.A., Khil'ko A.I., Yakhno V.G. Construction of complex images by an adaptive neuron-like research system // Proceedings of the 9th International Conference on Neural Information Processing. Singapore. December, 2002. P. 20–22.
3. Пат. №2160467. Российская Федерация. Способ адаптивного распознавания информационных образов и система для его осуществления / Яхно В.Г., Нуйдель И.В., Тельных А.А., Бондаренко Б.Н., Сборщиков А.В., Хилько А.И.; 10.12.2000.
4. Пат. № 207130876. Российская Федерация. Способ адаптивного распознавания объектов / Сборщиков В.А., Воскресенский В.В., Хилько А.И., Яхно В.Г., Хоботов А.Г., Остапенко А.В.; 14.08.07.
5. Хоботов А.Г., Романова В.И., Хилько А.И. О выборе критериев проверки гипотез при маломодовой акустической томографии океана // Сб. докладов Нижегородской акустической научной сессии, 13–14 мая 2008 года. Н. Новгород: Изд-во ННГУ, 2008. С. 128–130.

Нейроноподобные структуры свободной динамики с контекстно зависимыми параметрами в анализе сложных сигналов

А.Г. Хоботов

Нижегородский гуманитарный центр, Нижний Новгород
Alkhob@mail.ru, Algenn3@gmail.com

В настоящее время нейротехнологии обработки информации достаточно широко используются для решения различных задач. Большинство применений основывается на хорошо изученных свойствах нейронных сетей различной архитектуры устанавливать достаточно сложные зависимости во входном информационном потоке. Эти свойства используются при распознавании образов, устранении избыточности представления информации в архивации данных, построении систем предсказания для решения экономических и иных задач и достаточно полно описаны, например, в [1]. «Традиционные» нейронные сети, решающие указанные задачи, можно классифицировать как *сети с принудительной динамикой*, которая определяется топологией сети и правилами модификации весов связей. Известны также сети со свободной динамикой, описанные в работах [2, 3], где показано, что нейросетевые структуры могут обладать собственной динамикой, определяемой параметрами сети, такими как значения порогов, пороговой функции, вид функции связей и ее параметры. Эти сети можно классифицировать как *сети со свободной динамикой*. Исходя из общих соображений, можно предположить, что такие сети более адекватны нейронным структурам естественной природы.

Нейросетевые структуры, описываемые в данной работе, представляют собой модификацию сетей свободной динамики, которая заключается в том, что их параметры, такие как параметры функций связи и пороговых функций, определяются контекстом входных сигналов. Задача синтеза таких сетей заключается в выборе структуры сети и вида пороговых функций и функций связи. К настоящему моменту синтезированы нейросетевые структуры позволяющие, например, выравнивать контраст входных сигналов сложной формы. В результате работы таких сетей участки сигналов, имеющие высокий контраст, остаются без изменений, но увеличивается контраст слабоконтрастных участков сигналов, при этом количество информации, подсчитанное по амплитудной шкале выходного сигнала относительно входного, имеет ненулевое положительное значение. Изменение знака времени в уравнении, описывающем преобразование, приводит к обратному результату. *Это может объяснить, например выделение естественными нейронными структурами точек контраста в изображении*

на сетчатке глаза, по которым происходит движение зрачка. На самом деле возможности таких структур, по-видимому, существенно богаче: так, можно найти структуру сети и ее режимы, при которых можно выделить особые участки сигнала, например все локальные максимумы, или участки сигнала, соответствующие убыванию его амплитуды и пр.

Но особый интерес представляет реализация на таких структурах процедур комбинации и сравнения различных сигналов. Возможности реализации процедуры сравнения ЛЧМ-сигналов и сопоставление ее эффективности с процедурами ковариационной свертки и L^2P -нормой приводится в работе [4]. При операции сравнения (конъюнкции «AND») совпадающие по характеристикам участки сигналов формируют на выходе сети сигнал с нулевым значением, на несовпадающих участках входной сигнал не меняет своих характеристик. По аналогии с операцией конъюнкции можно ввести операцию дизъюнкции «OR». Эти операции являются базовыми для неких алгебр сигналов. В зависимости от определения понятия эквивалентности (равенства) сигналов свойства этих алгебр могут отличаться. Например, при анализе гармонических сигналов можно определить тождество сигналов только относительно их фазочастотных характеристик, исключая амплитудные, либо иметь в виду полное совпадение сигналов.

В предположении о динамическом характере представления информации в естественных нейронных структурах на основе операции дизъюнкции может быть сформирован некий обобщенный сигнал, представляющий информационное содержание когнитивной системы. Операция конъюнкции в этом случае служит для отождествления сигнала на входе когнитивной системы с обобщенным сигналом, представляющим внутреннее информационное содержание. При этом, конечно, вопрос индексации отдельных сигналов, составляющих информационное содержание, остается за рамками этого подхода.

Литература:

1. Веденов А.А., Ежов А.А., Левченко Е.Б. Архитектурные модели и функции нейронных ансамблей // Итоги науки и техники. Т. 1, ч. 1. Спиновые стекла и нейронные сети / Ред. А.А. Веденов; АН СССР, Гос. Ком. СССР по науке и технике, ВИНТИ. М., 1990. С. 44–92. (Сер. «Физические и математические модели нейронных сетей»).
2. Мастеров А.В., Рабинович М.И., Толков В.Н., Яхно В.Г. Исследование режимов взаимодействия автоволн и автоструктур в нейроподобных средах // Коллективная динамика возбуждений и структурообразование в биологических тканях / ИПФ АН СССР. Г., 1988. С. 89–102.
3. Белюстин Н.С. О динамике структур в искусственных нейронных сетях с латеральной конкуренцией элементов. Н. Новгород, 1993.
4. Khobotov A., Khilko A., Yakho V. Analysis of Advantages of Neuron-Like Systems in the Procedure of Signal Comparison-Measure Calculation // Optical Memory and Neural Networks (Information Optics). 2008. V. 17, № 4. P. 299–307.

Лицевая симметрия-асимметрия как основа для моделирования базовых психических и психофизиологических особенностей человека

Л.А. Хрисанфова

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород
hri@unn.fsn.ru

Проблема исследования

В рамках данного исследования проверялась гипотеза о взаимосвязи некоторых пропорций лица с основными личностными тенденциями и такими характеристиками, как сила нервной системы, преобладающий тонус парасимпатического и симпатического отделов вегетативной нервной системы.

Методики исследования

Выполненная работа проводилась в несколько этапов. Первый этап заключался в подборе и фотографировании лиц натурщиков. На втором этапе происходила оценка основных личностных тенденций при помощи модификации проективной методики Сонди [3], оценивалась сила нервной системы испытуемых посредством теппинг-теста Е.П. Ильина [1], тонус соответствующих отделов вегетативной нервной системы определялся с помощью психофизиологического опросника [2]. Третий этап включал в себя выделение анатомо-морфологических параметров лица испытуемых-натурщиков, отражающих симметричность-асимметричность лица по вертикали (правая и левая половины) и по горизонтали (пропорциональность основных зон лица) по их фотографиям. Далее полученные характеристики испытуемых-натурщиков исследовались на предмет взаимосвязи с анатомо-морфологическими параметрами их лица.

В исследовании приняли участие 19 человек – студенты 3-го курса исторического факультета ННГУ в возрасте от 19 до 23 лет, из них 7 юношей и 12 девушек.

Результаты и выводы

В результате анализа полученных данных автор исследования пришел к следующим выводам:

1. Категория активности связана с количеством мужских и женских половых гормонов, а также с тономусом симпатического отдела вегетативной

нервной системы и одновременном участии левого и правого полушарий мозга.

2. Симметричность лица по линии нижней челюсти свидетельствует о максимальном уровне активности по типу s («мужская» активность), которая связана с напряженностью и динамизмом. Контролируется правым полушарием.

3. Асимметрия лица по линии бровей относительно линии глаз свидетельствует о высокой степени активности человека по типу h («женская» активность). Контролируется левым полушарием.

4. Относительная симметрия лица по линии нижней челюсти свидетельствует о балансе тонусов парасимпатического и симпатического отделов вегетативной нервной системы.

Заключение

В результате проведенных экспериментальных исследований удалось выявить взаимосвязь лицевых параметров, отражающих горизонтальную и вертикальную симметрию-асимметрию, с определенными психическими и психофизиологическими характеристиками. Это можно расценивать как первый шаг к созданию модели человеческого лица, действительно отражающего такие базовые качества личности, как активность, напряженность и динамизм.

Литература

1. Ануфриев А.Ф., Барабанщикова Т.А., Рыжкова А.Н. Психологические методики изучения личности: Практикум / Под ред. проф. А.Ф. Ануфриева. М.: Осъ-89, 2008. 304 с.
2. Сандомирский М.Е. Психосоматика и телесная психотерапия: Практическое руководство. М.: Независимая фирма «Класс», 2007. 592 с. (Библиотека психологии и психотерапии).
3. Собчик Л.Н. Метод портретных выборов – адаптированный тест Сонди: Практическое руководство. СПб.: Речь, 2007. 123 с.

Когнитивная нейродинамика восприятия окружения

В.Д. Цукерман, С.В. Кулаков, О.В. Каримова, А.А. Сазыкин

Научно-исследовательский институт нейрокибернетики им. А.Б. Когана ЮФУ,
Ростов-на-Дону
vdts@krinc.ru

Современная когнитивная нейронаука (в частности, системная и вычислительная нейронаука) решает две важные задачи: определяет основные принципы мозговых вычислений на основе современных данных экспериментальной нейронауки, т. е. использует концептуальный подход, и строит на основе этих принципов иерархическую структуру вычислительных моделей, призванную объяснить многочисленные аспекты обучения и памяти в мозге. Приведем их вкратце: *принцип распределенности представлений*, предполагающий, что обработка, передача и хранение информации в мозге осуществляются не одиночными нейронами (grandmother клетками), а их группировками или популяциями; *принцип рекуррентной связанности* на разных уровнях обработки, как на клеточном, так и на межсетевом; *принцип хеббовского обучения*, обеспечивающий на нейронном уровне физиологическую основу памяти; *принцип конкурентной динамики*, позволяющий сбалансировать возбуждение и торможение в рекуррентных сетях.

Основываясь на этих принципах и математической модели нейронных сетей с четным циклическим торможением (ЕСИ-сетей) [1–3], мы исследуем нейродинамику гиппокампально-энторинальной системы мозга, связанной, как известно, с пространственной и эпизодической памятью. Это может пролить свет на то, как живые организмы запоминают навигационные траектории в пространственном поведении, т. е. формируют когнитивные карты окружения, а в более широком смысле – как, например, мы запоминаем правильное произношение слов, фраз, музыкальных произведений и т. д.

В вычислительных экспериментах нами показано, что иерархическая ансамблевая организация активности нейронов возникает из *специфической внутренней организации межнейронных связей*. Динамика многослойных ЕСИ-сетей ясно свидетельствует: архитектура тормозных связей накладывает свой отпечаток на наблюдаемые синхронизирующие эффекты, отражая тем самым динамические влияния не внешних сенсорных феноменов, а *внутренних межнейронных взаимодействий* благодаря особой организации связей внутри этих сетей. Эта «генетически» предопределенная схема связей, названная нами «четным циклическим торможением», имеет для осцилляторных нейронных сетей фундаментальное значение, приводя в ди-

намике к формированию нейронных группировок различных уровней: от простого фазового кластера осцилляторных единиц до нейронных ансамблей и их функциональных объединений в колонках. Один из наиболее важных результатов, полученных при моделировании, заключается в том, что наиболее устойчивыми динамическими единицами популяционного кодирования являются фазовый кластер и элементарный ансамбль (оба принадлежат наиболее глубоким слоям ЕСИ-сети). Именно эти малочисленные фазовые группировки занимают высшее в иерархии популяционных единиц кодирования положение.

В исследованиях последних лет (см. обзор в [1]) указывалось на временной способ кодирования в мозге. Однако механизм формирования такого кода до сих пор не ясен. Нами был предложен фазовый способ кодирования событий, основанный на нелинейном взаимодействии быстрых (гамма) и медленных (тета) ритмов в ЕСИ-сетях [2–3]. Последние наши эксперименты показали возможность реализовать еще более тонкий, комбинированный механизм *частотно-фазового кодирования*. Результаты новейших исследований гиппокампально-энторинальной системы мозга крыс дают косвенное подтверждение этой гипотезы и поддерживают участие данного механизма в задачах пространственного поведения животных. Важно, что кодирование пространства может быть основано на способе, комбинирующем широкополосный спектр тета-частот с фазовым (временным) представлением сигналов в отдельном тета-цикле. Возможность мультимасштабного представления пространственного окружения в ЕСИ-сетях позволяет кодировать многочисленные положения объекта при его движении вдоль произвольно длинной траектории с высокой точностью. Этот результат согласуется с данными, полученными в нейрофизиологических экспериментах: систематические различия во внутренней временной частоте тета-осцилляций в слоях энторинальной коры [4] позволяют получить многочисленные масштабы кодирования пространства и косвенно подтверждают существование механизмов интегрирования траектории.

Литература

1. Цукерман, В.Д. Нелинейная динамика сенсорного восприятия / В.Д. Цукерман. – Ростов н/Д : Изд-во Ростовского госуниверситета, 2005. – 196 с.
2. Цукерман, В.Д. Математическая модель фазового кодирования событий в мозге // Математическая биология и биоинформатика. 2006. Т. 1, № 1. С. 97–107.
3. Цукерман, В.Д. Пульсирующие коды событийных последовательностей / В.Д. Цукерман, С.В. Кулаков, О.В. Каримова // Математическая биология и биоинформатика. 2006. Т. 1, № 1. С. 108–122.
4. Giocomo, L.M. Temporal frequency of subthreshold oscillations scales with entorhinal grid cell field spacing / L.M. Giocomo, E.A. Zilli, E. Fransen, M. Hasselmo // Science. 2007. V. 315. P. 1719–1722.

Структура виртуальной реальности и квантовое сознание

От генома к виртуальным нейронным сетям. От живого мозга к его электронной структурно-функциональной модели

В.Д. Цыганков

НИИ ИЭБ, Нижний Новгород
embrion@nog.ru, embrion10@list.ru

Возникновение квантового сознания, по мнению Р. Пенроуза [1], возможно лишь в *сложных квантовых* системах, имеющих *мозгоподобную организацию* и работа которых основывается на свойстве *невыхислимости* (отсутствие алгоритмически-машинного тьюрингового детерминизма). Сложность системы Г. Николис, И. Пригожин [2] определяют, как минимум, двадцатью показателями или отличительными характеристиками, важнейшие из которых, на наш взгляд, следующие: *неравновесность, нелинейность хаотической динамики, асимметрия во времени или эволюция, диссипация, наличие бифуркаций, аттракторы, синергизм, стохастичность*. Всеми этими характеристиками обладают виртуальные структуры нейрокомпьютера «ЭМБРИОН» [3]. Настоящая работа посвящена рассмотрению структуры **реальных** виртуальных нейронных сетей квантового нейрокомпьютера [4], содержащих более 10^3 – 10^6 взаимодействующих элементов в разработанных и внедренных в промышленность больших информационных системах.

Говоря о виртуальной реальности, следует иметь в виду ее определение, данное Д. Дойчем. Он пишет: «Виртуальная реальность всегда включает создание искусственных ощущений — формирование изображений» [5. С. 82]. Вот такие субъективные «ощущения», в виде внутреннего образа или изображения (рис. 2), порождает наш нейрокомпьютер как электронный искусственный мозг автономного робота-анимата [6], сталкиваясь с конкретным сенсорным воздействием извне. Структура субъективной виртуальной реальности нейрокомпьютера представляет во внутреннем масштабе дискретного автоматного времени (U) некоторое подобие одной из трех моделей Вселенной А. Фридмана, а именно модели замкнутой Вселенной. Наша **реальная** виртуальная субъективная нейросетевая Вселенная рождается в момент $U = 0$ из точки сингулярности; происходит Большой взрыв и инфляция Вселенной до момента $U = n$, где n – разрядность, а более строго, канальность многоканального нейрокомпьютера. Вселенная раздувается до своего максимально возможного размера в пространстве $X = 2^n$, а затем происходит «гравитационное» стягивание при $U > 3n$, или вероят-

В данной гетероморфной и гетерохронной нейросистеме мы имеем достаточно строгое и полное представление о том, как генетический уровень, генетическая матрица живого [7] или геном «зиготного» информационного n -атома «ЭМБРИОНА» (рис. 1), который воспроизводит 64-триплетный генетический код митохондрии живого организма, детерминирует формирование квантовых виртуальных нейронных сетей (рис. 2).

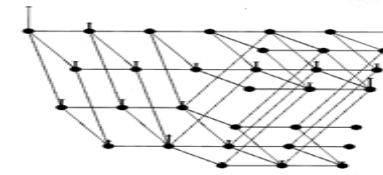


Рис. 2

Литература

Рис. 1

Что за компьютер наш мозг?

Т.В. Черниговская

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург
tatiana.chernigovskaya@gmail.com

Великий мыслитель и человек, сконструировавший первый механический калькулятор, а значит начавший путь к цифровому компьютеру, Блез Паскаль дал свое имя и известному языку программирования. Именно компьютер почти четыре века спустя является главной метафорой функционирования человеческого мозга: сторонники такого взгляда утверждают, что все интеллектуальные процедуры, не говоря о процессах более низких порядков, могут быть описаны как вычислительные, базирующиеся на переборе вариантов, вероятностных механизмах, а значит – на причинно-следственных зависимостях. Стоит, однако, напомнить, что уже давно стала очевидна несводимость такой предельно сложной системы, как мозг, к перебору двоичных кодов, т. е. к цифровым алгоритмам. Как минимум, наше сознание представляет собой более чем один способ обработки информации, вовсе не все они осознаваемы, т. е. могут и не принадлежать сознанию, и не описываются вычислениями в традиционном смысле. Даже сам Паскаль писал, что разум действует медленно, учитывая так много факторов и принципов, что поминутно устаёт и разбегается, не имея возможности одновременно удержать их. Чувство, пишет Паскаль, действует иначе: мгновенно и всегда. На самом деле то, что он в своих «Мыслях» называл чувством, вдохновением, сердцем, «чутьем суждения», обозначало непосредственное познание действительности, живой реальности, в противоположность рассудочному знанию и рациональным выкладкам. Сейчас мы назвали бы это правополушарным сознанием или даже – вслед за другим великим французом, Анри Бергсоном, – интуицией. Вспомним знаменитую дискуссию Бергсона с Эйнштейном с показательным названием «Длительность и одновременность». Вспомним также великого Ухтомского с его хронотопом и идеей учета наблюдателя в анализе экспериментальных данных – идей, странным образом предвосхитившей парадигмы квантовой физики; Мамардашвили, Пятигорского, Зинченко с идеей непрерывности континуума бытия и сознания и особой роли семиосферы и языка (Ю. Лотман). Всё это говорит нам о том, что мозг если и компьютер, то точно не такой, как мы привыкли думать. Точнее говоря, это, как минимум, два компьютера – цифровой и аналоговый, да и то это очень большое упрощение. Конечно, иерархичность синтаксиса необходима для такой сложной самоорганизующейся системы, как язык, так же, как иерархичность и динамичность

нейронных паттернов необходима для такой сложнейшей системы, какой является мозг. Согласно Пенроузу, мозг действительно работает как компьютер, однако компьютер настолько невообразимой сложности, что его имитация не под силу научному осмыслению. Основная сложность видится в следующем: вычислительные процедуры имеют «нисходящую» организацию, которая может содержать некий заданный заранее объем данных и предоставляет четкое решение для той или иной проблемы. В противоположность этому существует «восходящие» алгоритмы, где четкие правила выполнения действий и объем данных не определены заранее, однако имеется процедура, определяющая, каким образом система должна «обучаться» и повышать свою эффективность в соответствии с накопленным «опытом»; правила выполнения действий подвержены постоянному изменению. Наиболее известные системы восходящего типа – искусственные нейронные сети, основанные на представлениях о системе связей между нейронами в мозгу и о том, каким образом эта система обучается в реальности.

Предлагается, говоря о естественном языке и его универсальных принципах, заложенных генами в саму систему мозга, рассматривать «нисходящую» в противоположность «восходящей» систему вычислений и соответственно языковых алгоритмов: нативистскую и модулярную как более нисходящую и коннекционистскую как полностью восходящую. С другой стороны, только *принципы* (в терминах лингвистического генеративизма в духе школы Хомского) принадлежат к нисходящему типу вычислений, а *параметры* (обретаемые с опытом в данной языковой среде) – делают систему комбинированной, с сильным восходящим компонентом. Как мозг является конструкцией из мягких и жестких звеньев (Н.П. Бехтерева), так и язык включает в себя нисходящие алгоритмы, восходящие процедуры научения и невычисляемые пласты. Это дает нам основания считать, что по крайней мере в обозримое время ни мозг, ни язык не поддадутся адекватному моделированию по фундаментальным причинам.

Работа выполнена при поддержке гранта РГНФ 07-04-00285а.

Механизм формирования слитного звукового образа в условиях дихотической стимуляции и его особенности при дисциркуляторной энцефалопатии

В.И. Щербаков¹, М.К. Паренко¹, Е.А. Антипенко²

Нижегородский государственный педагогический университет, Нижний Новгород
Нижегородская государственная медицинская академия, Нижний Новгород
anatom2008@km.ru

Для изучения процесса формирования звукового образа и параметров его локализации в горизонтальной плоскости (Δt , ΔI) широко используется метод дихотической стимуляции, в котором звуковые сигналы, например такие простые, как щелчки, предъявляются через головные телефоны. При дихотической стимуляции слуховой анализатор теряет дистантный характер – звуки (звуковые образы, ЗО) проецируются внутрь головы слушателя. На основе результатов, полученных в психоакустических и электрофизиологических экспериментах, можно предполагать, что в основе формирования слитного ЗО лежат межполушарные реципрокные взаимоотношения, обеспечивающие формирование единого эфферентного выхода на поворотные мышцы или к памятным энграммам, т. е. следам о движениях, совершенных этими мышцами ранее. Можно также утверждать, что в основе двух факторов латерализации ЗО – интерауральной разницы по времени (Δt) и интенсивности (ΔI) – лежит формирование афферентно-эфферентной асимметрии в возбуждении парных слуховых центров. Исследование восприятия дихотических стимулов больными с дисциркуляторной энцефалопатией (ДЭ), которая характеризуется хронической, нарастающей ишемией мозга, дает дополнительные факты, подтверждающие наши представления о механизме формирования слитного ЗО.

В процессе формирования слитного ЗО можно выделить четыре основных этапа. На первом этапе интерауральная Δt и ΔI переходит в межполушарную асимметрию афферентных возбуждений, причем Δt реализуется через систему ипсилатеральных путей на мембранах нейронов слуховых центров. На втором этапе реципрокные межполушарные взаимодействия обеспечивают формирование общего эфферентного пути, на третьем – возбуждение приходит к мышцам-исполнителям ориентировочной реакции, на четвертом – в вестибулосоматических центрах на основе обратной афферентации происходит определение азимута источника звука.

При обследовании больных с ДЭ I–III стадии установлено, что на начальных стадиях заболевания больные испытывают трудности в локализации звукового образа, у них усложняется траектория движения ЗО, наблю-

дается несимметричное относительно срединно-сагиттальной плоскости головы и неустойчивое положение ЗО. По мере прогрессирования ДЭ, при появлении признаков очагового поражения корковых функций испытуемые теряют возможность ощущать движение ЗО, его латерализацию и «расщепление» на два билатерализованных звука.

По-видимому, в основе всех перечисленных особенностей восприятия дихотических стимулов больными ДЭ лежит резкое снижение чувствительности звуколокализационной системы к вводимым Δt . Одной из возможных причин нарушения механизма трансформации интерауральной Δt в пространственные координаты звукового образа может быть угнетение работы высокоспециализированных нейронов, задача которых заключается в отражении микросекундных интерауральных отличий в стимуляции.

Самые разнообразные нарушения восприятия дихотических стимулов были получены у больных с третьей стадией ДЭ. При этом наиболее грубыми эти нарушения были или при очень обширных двухсторонних и неоднократных острых нарушениях мозгового кровообращения, или при сильном и стойком (по клинической картине в момент возникновения и по динамике восстановления) патологическом процессе одного из полушарий мозга. Это подтверждает наше предположение о том, что для пространственного анализа звуковых сигналов, и в частности для максимально точной локализации звукового образа, необходимо наличие исходного функционального равновесия между симметричными центрами, участвующими в осуществлении звуколокализационной функции. Особенно это относится к работе слуховых центров, так как разница в афферентных потоках от каждой улитки будет более объективно отражаться, если эти центры будут находиться в исходном равновесном (в отношении возбудимости, тонуса) состоянии на момент прихода афферентных волн возбуждения по ипси- и контралатеральным путям.

Нарушения реципрокных межполушарных взаимоотношений при ДЭ также имели место, что проявилось в увеличении объемности слышимого ЗО, а также «расщеплении» единого ЗО при одновременной дихотической стимуляции на два и даже три одновременно ощущаемых ЗО.

Значительная вариабельность субъективных восприятий больных с ДЭ обусловлена разнообразием топографии и глубины поражения мозга, а также индивидуальными особенностями морфофункциональной организации мозга больных.

Распознавание цветовых стимулов при разном способе предъявления ультракоротких вспышек с длинами волн 568 и 625 нм

В.И. Щербаков, А.А. Лекомцева, М.К. Паренко, Ю.В. Егорова, В.А. Алымов

Нижегородский государственный педагогический университет, Нижний Новгород
anatom2004@km.ru

Цветовое ощущение относится к одному из элементарных, но вместе с тем загадочных явлений субъективной реальности. Мизерные различия длин световых волн и их аддитивных смесей дают для человека неисчислимое количество цветовых оттенков и мозаик, обладающих огромной информационной емкостью. Исследование проводилось тахистоскопическим методом предъявления зрительных стимулов. Прибор тахиколориметр включает двухканальный генератор прямоугольных электрических импульсов и двухцветный красно-зеленый светодиод. Цель настоящей работы – исследовать качественно-временные цветоощущения, вызванные ультракороткими (микросекундными) стимулами с длинами волн 625 и 568 нм при различном способе их предъявления.

Установлено, что все испытуемые при предъявлении светового стимула длительностью в 1 мкс со спектром излучения в области (625 ± 20) нм воспринимали вспышку светодиода как красную. При предъявлении вспышки той же длительности, но со спектром излучения в области (568 ± 20) нм качество восприятия данного цвета у разных испытуемых отличалось: 60 % испытуемых воспринимали эту вспышку как зеленый цвет, 27 % испытуемых – как желтый, а 13 % – как белый цвет. Встретился единичный случай, когда испытуемый при тестировании обоих глаз видел вспышку с длиной волны (568 ± 20) нм как голубую.

При переходе от изолированного предъявления вспышек на одновременное ($\Delta t = 0$) большинство испытуемых (96 %) видели единое пятно красного цвета, а оставшиеся испытуемые ощущали такой цвет аддитивной смеси, которого не было при раздельном предъявлении вспышек. Так, трое испытуемых из группы «зеленых» при тестировании только правого глаза воспринимали единую вспышку розового цвета, а левым глазом видели красную. Двое испытуемых из группы «желтых» независимо от тестируемого глаза ощущали цвет аддитивной смеси как оранжевый, один испытуемый – как розовый. Из группы «белых» один испытуемый при тестировании обоих глаз назвал цвет аддитивной вспышки розовым и еще один испытуемый видел единое пятно розового цвета только при тестировании правого глаза. Таким образом, при тестировании правого глаза чаще встре-

чались отчеты о том, что аддитивная смесь воспринимается не как пятно красного цвета, а как пятно другого оттенка.

При расщеплении аддитивной смеси на составляющие ее цветовые стимулы имели место следующие варианты восприятия этих компонентов. В группе «зеленых» распад аддитивной смеси, наступающий при достижении определенной пороговой величины межстимульной задержки, в большинстве случаев происходил сразу на красную и зеленую вспышки (от 73 % до 81 % в зависимости от тестируемого глаза и очередности следования цветовых вспышек). Таких испытуемых мы отнесли к подгруппе с одномоментным расщеплением. В ряде случаев (от 19 до 26 % в зависимости от тестируемого глаза и очередности следования цветовых вспышек) у испытуемых наблюдалось поэтапное расщепление аддитивной смеси, а именно: при увеличении межстимульного интервала наблюдалась последовательная смена ощущений восприятия вспышки с длиной волны (568 ± 20) нм, а вспышка с длиной волны (625 ± 20) нм неизменно воспринималась красной.

В подгруппе с поэтапным расщеплением аддитивной смеси у большинства испытуемых (60–80 %) до формирования ощущения красной и зеленой вспышек единая смесь сначала расщеплялась на красное и желтое пятно, у другой части испытуемых (9–18 %) первоначально формировалось ощущение красного и белого пятен и только затем – красного и зеленого. В ряде случаев (3 человека) двухкомпонентная аддитивная смесь распадалась не на два цветовых пятна, как ожидалось, а на три, при этом испытуемые одновременно видели красный, желтый и зеленый цвета. В группе «желтых» у части испытуемых происходило формирование ощущения зеленого цвета, т. е. цвета, который они не воспринимали при одиночном предъявлении вспышки с длиной волны (568 ± 20) нм. В группе «белых» в подгруппе с поэтапным расщеплением было два человека, у которых наблюдалась цепочка сменяющих друг друга цветоощущений «зеленой» вспышки при неизменном качестве красной, т. е. по мере увеличения межстимульного интервала испытуемые первоначально видели красное и белое пятно, затем красное и желтое и, наконец, красное и зеленое.

Таким образом, качество восприятия ультракороткой вспышки длительностью в 1 мкс с длиной волны (568 ± 20) нм зависело от очередности ее следования в оппонентной цветовой паре и от величины задаваемого межстимульного интервала.

Факт видения белого цвета вместо зеленого при времени экспозиции стимула в 1 мкс можно объяснить ахроматическим порогом цветовосприятия, когда зрительное стимулирование достигает только скотопических уровней. Вариант восприятия испытуемыми вспышки с длиной волны (568 ± 20) нм как желтой может быть связан с указанной длиной волны – она находится на границе перекрывания зеленой части видимого спектра желтой частью. При жестких условиях стимуляции (коротком времени экс-

позиции), вероятно, реагировали и красные, и зеленые колбочки примерно в равной степени, вследствие чего и возникало ощущение желтого цвета.

К грамматикам диалектов генетических кодов

М. Эйнгорин

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород
skit2501@yandex.ru.

В работах на основе известных базовых биологических закономерностей выявлены и построены новые трехмерные конструкции: кодонограмма (рис. 1) и аминокраммы диалектов на примере УБК (рис. 2) [1–3], более детально в [4, 5].

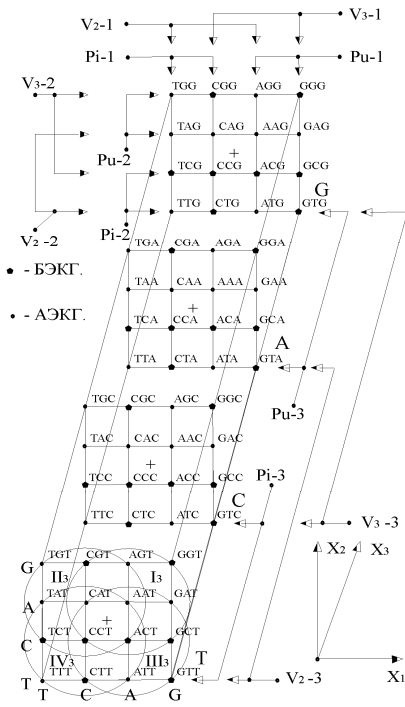


Рис. 1 Кодоновый каркас,группки, Рi/Рu, V2/V3.

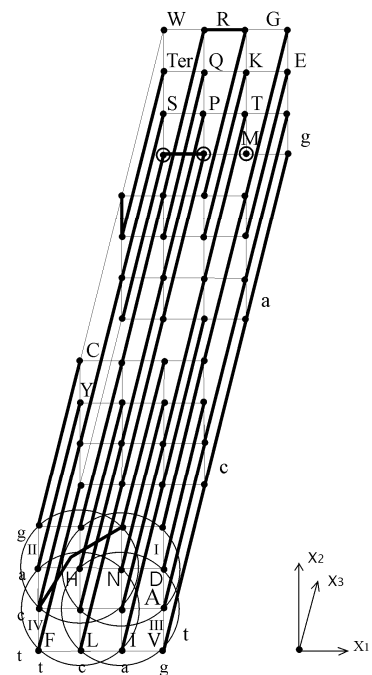


Рис. 2. Аминокрамма УБК.

© Эйнгорин

На их базе были выявлены новые фундаментальные закономерности грамматик кодирования генов. Найдены структурные взаимосвязи нуклео-

тидов и их параметров в кодонограмме (табл. 1), аминокислот и их параметров в аминокрамме. Построена таблица систематизации аминокислот (табл. 2). За счет избыточности, заложенной в аминокраммах диалектов, приводится возможный аппарат изменчивости. Вторичное кодирование кодонограммы за счет избыточности аминокраммов выявило в ДНК, РНК и мРНК существование регулярных скрытых слоев кодирования (ССК) генов [1, 7]. Дан их частичный анализ.

Таблица1

Коды нуклеотидов	Pi	Pu	V2	V3	Код X
X ↓	Код →	x ^p = 0	x ^p = 1	x ^v = 0	x ^v = 1
G	—	1	—	1	1/1
A	—	1	0	—	1/0
C	0	—	—	1	0/1
T (U)	0	—	0	—	0/0

Таблица 2

I, C, -7, NP	L, C, -6, NP	M, C, -5, NP	V, C, -4, NP	ГО	1
F, B, -9, NP	Y*, B, -8, P**	W, B, -3, NP	C*, M, -2, NP	ГО	2
T, M, -1, P	A, M, -0, NP	P, M, +0, NP	S, M, +1, P	ГН	3
Q, C, +6, P	N, C, +7, P	D, C, +8, P	E, C, +9, P	ГИ	4
R, B, +2, P	H, B, +3, P	G*, M, +4, NP**	K, B, +5, P	ГИ	5

В работе рассматривается систематизация известных на сегодня диалектов [5, 6]. Если записать кодон в виде X₁X₂X₃, в котором X_i (i = 1–3) соответствуют нуклеотидам Т, А, С или G, а через A_j, j = 1–20 обозначить 20 аминокислот, через X₁X₂(A₁, A₂, A₃, A₄) обозначить элементарную кодовую группу (ЭКГ) [1–4] с соответствующими ей аминокислотами (покрытиями) вдоль направления X₃ аминокраммы (рис. 2), то для всех известных на сегодня 17 диалектов можно записать все отличные покрытия для ЭКГ. И если в кодонограмме 16, или 2⁴, ЭКГ, то обнаружено 2³ различных ЭКГ с совпадающими (S) для всех диалектов и 2⁴ – 8 с несовпадающими (N) покрытиями. Если S и N вписать в плоскость X₁X₂ кодонограммы (ЭКГ), то обнаружится удивительная симметрия (см. табл. 3).

Таблица 3

Π ₃ ↘	X ₁ ↓	X ₁ ↓	X ₁ ↓	X ₁ ↓	↙I ₃
X ₂ →	N	N	S	S	← G
X ₂ →	N	S	S	S	← C
X ₂ →	N	N	S	S	← A

$X_2 \rightarrow$	N	N	N	S	$\leftarrow T$
$IV_3 \nearrow$	T $\uparrow$	A $\uparrow$	C $\uparrow$	G $\uparrow$	$\nwarrow III_3$

Для всей таблицы число S и N по 8. При этом квадрат I_3 для всех диалектов содержит только S ЭКГ, квадрат IV_3 – только N, квадраты II_3 и III_3 – смешанные и содержат по $3N+1S$ и $3S+1N$ ЭКГ соответственно. На сегодня таблица – константа диалектов, или **закон систематизации диалектов**.

Работа демонстрирует математическую строгость строения грамматик и генов живой природы.

Литература

1. *Эйнгорин М.* Основы кодирования и управления в молекулярной биологии. Н. Новгород: НГМА, 2001. С. 120.
2. *Эйнгорин М.Я.* Кодирование гена и генная инженерия // Первый международный конгресс «БИОТЕХНОЛОГИЯ – состояние и перспективы развития»: Сборник тезисов докладов (14–18 октября 2002). М., 2002. С. 13–14.
3. *Эйнгорин М.Я.* Кодирование гена и генная инженерия – 2 // Второй международный конгресс «БИОТЕХНОЛОГИЯ – состояние и перспективы развития»: Сборник тезисов докладов (10–14 ноября 2003). М., 2003. Т. 1. С. 27–30.
4. *Эйнгорин М.Я.* Таблица систематизации аминокислот молекулярной биологии и аминокислот // Третий международный конгресс «БИОТЕХНОЛОГИЯ – состояние и перспективы развития»: Сборник тезисов докладов (14–18 марта 2005). М., 2005. Т. 1. С. 12–14. (Таблица № 1 повторена на сайте <http://www/rosbiotechworld.ru/app/dop.pdf>).
5. *Эйнгорин М.Я.* Модель основ грамматики кодирования генов // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. 2004. Вып. 1 (27). С. 269–288. (Серия «Математическое моделирование и оптимальное управление»).
6. *Эйнгорин М.Я.* К моделям диалектов грамматик кодирования генов // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. 2005. Вып. 1 (28). С. 232–242. (Серия «Математическое моделирование и оптимальное управление»).
7. *Эйнгорин М.Я.* К грамматике кодирования скрытых слоев генов // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. 2006. Вып. 1 (30). С. 128–141. (Серия «Математическое моделирование и оптимальное управление»).

Слуховые вызванные потенциалы в парадигме GO/NOGO у детей с нарушением внимания

Е.А. Яковенко, И.С. Никишени, Л.С. Чутко, С.Ю. Сурушкина, Ю.Д. Кропотов, В.А. Пономарев

Институт мозга человека РАН, Санкт-Петербург
ykovenko@yandex.ru

Для изучения нейрофизиологических механизмов селекции действий используются психологические тесты со случайным и равновероятным предъявлением так называемых GO (требующих ответного действия) и NOGO (не требующих ответного действия) стимулов. При регистрации вызванных потенциалов в такой конструкции теста обнаружены отдельные поздние положительные компоненты, связанные с вовлечением в действие (P3 GO-компонент) и подавлением действия (P3 NOGO-компонент) [2]. Эти компоненты относят к группе поздних положительных компонентов, объединенных под общим названием P300 или P3. Предполагается, что биохимические и анатомические нарушения в стриато-паллидо-таламической системе при нарушении внимания ведут к дисфункции механизмов выделения и подавления программ действий и соответственно снижению амплитуд GO- и NOGO-компонентов [4]. В литературе имеются данные об уменьшении амплитуды и увеличении латентности компонента P3, N2 у детей с синдромом дефицита внимания с гиперактивностью (СДВГ) по сравнению со здоровыми детьми [3].

Целью данного исследования являлось изучение различий компонентного состава ВП у детей с СДВГ по сравнению со здоровыми школьниками. В исследовании приняло участие 30 здоровых испытуемых и 140 детей в возрасте 10–15 лет, которым был поставлен диагноз «синдром дефицита внимания с гиперактивностью (СДВГ)», в соответствии с критериями МКБ-10. Тест на внимание состоял из 480 проб. Пробой являлась пара звуковых стимулов: низкий – низкий тон (проба GO) и низкий – высокий тон (проба NOGO), которые подавались в случайном порядке с вероятностью 50 %. Для каждого испытуемого подсчитывалось количество пропусков значимых (НН) пар стимулов (ошибки невнимательности), количество ложных нажатий на кнопку при предъявлении незначимых (НВ) пар (ошибки, связанные с импульсивностью). Ошибкой для пары НН считалось отсутствие ответа в течение 900 мс после предъявления второго стимула в паре.

Проведенный дисперсионный анализ по всем отведениям, установленным согласно системе 10-20, показал отсутствие значимых различий в ин-

тервале от 50 до 240 мс между амплитудами компонентов N1, P2, N2 после второго стимула в группе здоровых детей и детей с СДВГ как в условиях GO, так и в условиях NOGO ($F(1,138) = 0,07; p < 0,79$). Также никаких значимых различий ($F(1,135) = 1,31; p < 0,26$) не наблюдалось и по латентности компонентов N1, P2, N2 в ответ на второй стимул.

В интервале от 250 до 400 мс можно наблюдать высокоамплитудное положительное отклонение потенциала как в условиях предъявления GO-стимула, так и в условиях предъявления NOGO-стимула, эти два положительных компонента имеют разный функциональный смысл. В пробах GO испытуемый вовлекался в действие, от него требовалось нажимать на кнопку, это компонент P3 GO. В пробах NOGO, когда испытуемый должен был воздерживаться от нажатия на кнопку после предъявления второго запрещающего стимула, в ВП генерировался компонент P3 NOGO, связанный с подавлением подготовленного ответа. В группе детей с СДВГ по сравнению со здоровыми детьми, как в условиях GO, так и в условиях NOGO, в отведениях Fz и Pz было выявлено достоверное снижение амплитуды компонентов P3 GO и P3 NOGO ($F(3,138) = 6,61; p < 0,0004$ и $F(3,138) = 4,99; p < 0,003$ соответственно).

Поскольку основными симптомами при СДВГ являются импульсивность, гиперактивность, повышенная отвлекаемость, невозможность долгое время удерживать внимание на выполнении задания, считается, что эти проявления отражают нарушения механизмов подавления действий у таких детей. Следовательно, у детей с СДВГ уменьшение амплитуды компонента P3 GO и P3 NOGO, являющихся коррелятами процессов внимания, принятия решения, подготовки действия и подавления подготовленного действия, связано с дисфункцией стриато-паллидо-таламической системы. Таким образом, ВП могут использоваться как дополнительное объективное исследование для диагностики синдрома дефицита внимания с гиперактивностью.

Работа поддержана грантом НШ-1131.2008.4.

Литература

1. Кропотов Ю.Д. Роль стриатума в селекции действий // Физиологический журнал. 1997. Т. 83, № 1. С. 45–48.
2. Кропотова О.В. Нейрофизиологические корреляты селективного внимания, селекции действий и их нарушение при синдроме дефицита внимания и гиперактивности у человека: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. СПб., 1998.
3. Karayanidis F., Robaey P., Bourassa M., Koning D., Geoffroy G., Pelletier G. ERP differences in visual attention processing between attention-deficit hyperactivity disorder and control boys in the absence of performance differences // Psychophysiology. 2000. V. 37. P. 319–333.
4. LaHoste G.L., Swanson J.M., Wigal S.W. Dopamine D4 receptor gene polymorphism is associated with attention deficit hyperactivity disorder // Molecular Psychiatry. 1996. V. 1. P. 121–124.

Возрастная динамика показателей вариационной хронорефлексометрии учащихся г. Сургута

Б.П. Яковлев, О.Г. Литовченко

Сургутский государственный университет Ханты-Мансийского автономного округа – Югры, Сургут
boris_yakovlev@mail.ru

Поиск объективных критериев оценки периодов развития нервной системы, формирование ее целостной системной деятельности является одной из важных задач возрастной физиологии. На сегодняшний день в качестве наиболее практикуемого и объективного метода определения функционального состояния ЦНС в психофизиологии учебной и профессиональной деятельности используется вариационная хронорефлексометрия, в основе которой лежит статистический анализ латентных периодов простой сенсомоторной реакции.

В нашем исследовании приняли участие уроженцы Среднего Приобья обоего пола в возрасте от 7 до 20 лет, 1-й и 2-й групп здоровья (1551 учащийся муниципальных образовательных учреждений г. Сургута и студенты педагогического вуза, из них 768 мужского пола и 783 женского пола). Все обследованные нами были рождены в г. Сургуте представителями пришлого населения. Мы использовали компьютерную программу «Экспресс-диагностика функционального состояния и работоспособности человека» (М.П. Мороз, 2003) производства ГМНПП «ИМАТОН», г. Санкт-Петербург. Обследование школьников и студентов проводили в отдельной звукоизолированной лаборатории в утренние часы.

Результаты вариационной хронорефлексометрии учащихся Среднего Приобья показали следующее. Сравнение средних значений времени простой зрительно-моторной реакции (ПЗМР) показало общую положительную динамику (сокращение времени реакции) от младших к более старшим возрастным группам. Оказалось, что наиболее продолжительными латентные периоды ЗМР были у детей 7 и 8 лет, а наиболее короткими и стабильными – у обследованных юношей и девушек 19–20 лет. Как свидетельствуют результаты наших исследований, с возрастом происходило достоверное укорочение времени ПЗМР у сургутян обоих полов, что, вероятно, связано со становлением морфофункционального состояния ЦНС и ее высших отделов. Наиболее заметно снижение времени реакции в период от 7 до 11 лет, как у мальчиков, так и у девочек. Интенсивные изменения свойств нейродинамических функций учащихся младших классов связаны с ускоренным морфологическим созреванием мозга, усовершенствованием механизмов регуляции и специализации его отдельных участков, которые отвечают

за прием и переработку информации. В возрасте 13 лет скорость ПЗМР достоверно выше у девочек по сравнению с данными мальчиков того же возраста, что, вероятно, можно связать с началом активных пубертатных перестроек у мальчиков и изменением функционального состояния организма в целом. В пубертатный период наблюдались ярко выраженные колебания ПЗМР, и только в юношеском периоде онтогенеза данный показатель стабилизировался. У юношей 18–20 лет скорость двигательной реакции выше, чем у девушек. При этом ПЗМР у юношей 18 лет по сравнению со юношами 19 и 20 лет достоверно ниже ($p < 0,05$). Продолжительность латентного периода сенсомоторной реакции на зрительный раздражитель у детей и подростков связывают не только с морфофункциональным становлением периферического звена зрительного анализатора, но в большей степени их центральных структур и в целом функционального состояния ЦНС. Мальчики, юноши являлись более реактивными на зрительный раздражитель по сравнению с девочками, девушками, статистически достоверные отличия выявлены в возрастных группах 8, 9, 10, 18 лет. У большинства обследованных школьников и студентов скорость ПЗМР была выше у правой руки. В возрастных группах 11, 14, 16, 19 лет у мальчиков, юношей и 12, 19, 20 лет у девушек значения ПЗМР правой и левой руки были наиболее близки или практически совпадали. В возрастных группах 7–10 и 12 лет у мальчиков и 7, 9, 10 лет у девочек наблюдаются максимальные различия в значениях ПЗМР правой и левой руки ($p < 0,05$).

Далее мы анализировали расчетные показатели вариационной хронорефлексометрии. Выделяют три количественных критерия, отражающих разные стороны функционального состояния центральной нервной системы, а также уровни работоспособности: функциональный уровень нервной системы; уровень функциональных возможностей сформированной функциональной системы; устойчивость нервной реакции (Т.Д. Лоскутова, 1975; М.П. Мороз, 2003). Все объективные показатели функционального состояния ЦНС у школьников и студентов имели тенденцию к улучшению.

Первый критерий хронорефлексометрии, который мы анализировали, – функциональный уровень системы (ФУС). Его величина определяется главным образом абсолютными значениями ПЗМР, т. е. положением вариационной кривой относительно абсциссы. Данный критерий на протяжении изучаемого отрезка онтогенеза у сургутян плавно увеличивался от 2,1 до 2,7 усл. ед. В одних возрастных группах у мальчиков и у девочек достоверных отличий не выявлено. Однако обращает на себя внимание тот факт, что данный показатель находился в пределах функционального состояния, который характеризуется как «сниженная работоспособность». Так, согласно М.П. Мороз (2003) в норме критерий хронорефлексометрии «функциональный уровень нервной системы» должен быть от 4,9 до 5,9 усл. ед.

Следующий анализируемый нами показатель вариационной хронорефлексометрии – уровень функциональных возможностей сформированной

функциональной системы (УФВ) – является наиболее полной характеристикой состояния ЦНС и позволяет судить о ее способности формировать и достаточно долго удерживать соответствующую функциональную систему. У школьников и студентов в возрасте от 7 до 20 лет УФВ находился в границах, которые соответствовали состоянию, характеризующему как «незначительно сниженная работоспособность», в пределах от 2,0 до 3,7 усл. ед. Ярко выраженные колебания критерия УФВ наблюдались в пубертатный период у мальчиков. У сургутян критерий УФВ стабилизировался только с наступлением юношеского периода онтогенеза.

Далее мы определяли показатель хронорефлексометрии – устойчивость реакции (УР), который рассматривают как критерий устойчивости состояний ЦНС. Величина этого показателя тем больше, чем меньше вариабельность значений ПЗМР (Т.Д. Лоскутова, 1975; Л.П. Павлова, 1988). В наших исследованиях критерий УР постепенно увеличивался от 7 до 11 как у мальчиков, так и у девочек. Данный показатель приближался к нормативным значениям (М.П. Мороз, 2003) только к 19–20 годам, как у юношей, так и у девушек.

Таким образом, сопоставление величин расчетных критериев оценки функционального состояния ЦНС с показателями уровней работоспособности позволило определить, что функциональное состояние ЦНС как школьников, так и студентов находилось на уровне сниженной и незначительно сниженной работоспособности (М.П. Мороз, 2003). Для незначительно сниженного уровня работоспособности характерно состояние ослабленного внимания, ошибки, несколько увеличенное время выполнения задания. Полученные нами данные могут быть использованы для контроля за психофизиологическим статусом учащихся, проживающих в специфических климато-географических условиях Среднего Приобья.

Нелинейный подход в системе подготовки спортсменов

Б.П. Яковлев, О.Г. Литовченко

Сургутский государственный университет Ханты-Мансийского автономного округа – Югры, Сургут
boris_yakovlev@mail.ru

Основываясь на идеях системного подхода управления тренировкой квалифицированных спортсменов, выделяют две формы подготовки: линейную (последовательную, строго определенную) и альтернативную, творческую – нелинейную. Организация нелинейной подготовки учебно-тренировочного процесса позволяет спортсменам построить индивидуальный алгоритм соревновательной деятельности на основе творчески-рефлексивного осмысления вариантов решения двигательных задач в условиях напряженной экстремальной деятельности.

Педагоги, тренеры, и специалисты всё больше принимают и внедряют качественно новый, нелинейный психоцентрический подход в систему подготовки высококлассных спортсменов. Главная особенность этого подхода в том, что он требует от людей иного мировоззрения, иного стиля управления тренировочными и соревновательными нагрузками, иного понимания психологии спортсмена и непосредственного взаимодействия основных субъектов деятельности, иной дифференциации физических и психических нагрузок в условиях спортивной деятельности.

Проблемы повышения ресурсов и резервов в процессе управления подготовкой высококвалифицированных спортсменов в самом обобщенном виде можно рассматривать с позиций техноцентрического и психоцентрического подходов. В техноцентрическом подходе человеческие ресурсы рассматриваются как рядоположенные с другими видами ресурсов системы подготовки. Спортсмен в этом подходе рассматривается с позиций его ограничений, как и другие виды ресурсов.

Суть психоцентрического подхода в том, что человек признается самым ценным ресурсом системы подготовки. Это связано с тем, что человеческие ресурсы – самый адаптивный вид ресурсов. Благодаря этому качеству система подготовки способна быстро изменяться в ответ на неожиданные требования внешней среды, сохранять управляемость в условиях нестабильности параметров, временных ограничений и при недостатке других видов ресурсов. Законы управления и формы описания психической нагрузки, созданные для линейной системы подготовки, оказываются недостаточными. Чтобы яснее увидеть особенности нелинейности нагрузки, посмотрим, что же такое линейный технократический подход к тренировочной нагрузке. Линейность тренировочной нагрузки мы наблюдаем там, где, во-первых,

результат прямо пропорционален воздействию (т. е. большее воздействие нагрузки влечет больший ответ; чем больше нагрузка, тем больше и реакция на нее), во-вторых, целое равно сумме его составляющих (компонентов) и, в-третьих, причина и следствие легко наблюдаемы.

Следствиями из этого будет то, что точность предсказания определяется тщательностью планирования, успешный результат достигается благодаря постоянному контролю, а анализ системы основывается на возможности разложения целого на составные компоненты. Хорошо всем знакомое «строительное» описание построения системы, где нетрудно проследить ту или иную блочную структуру.

В нелинейных системах наблюдается обратное. Воздействие и результат не связаны прямой зависимостью. Целое – это не сумма компонентов (частей). Причинно-следственные отношения не очевидны. Динамика развития в силу множества связей непрозрачна. В нелинейной системе описание в виде блоков уступает место сетевым структурам, ни одна из частей не является преобладающей над другой. Нелинейная система – это иное течение времени и ощущения пространства. Нелинейный мир – это мир сложности. Ситуация расставания с простотой требует иного стиля мышления, новой психологии управления соревновательным и тренировочным процессом, особенно связанным с психологическим стрессом, т. к. спортивная подготовка квалифицированных спортсменов всегда детерминирована экстремальными, стрессовыми условиями в пространстве и времени.

Спортивная деятельность в целом характеризуется двумя качественными уровнями: имитационно-репродуктивным (связанным с запрограммированной активностью) и конструктивно-творческим (в рамках которого создается что-то новое). Момент создания нового в спортивном действии обнаруживает парадокс развития, который заключается в том, что если новое возникло из старого, то оно уже содержится в этом старом в некоем скрытом виде и не является принципиально новым (К.Н. Югай). Потому новое должно возникать из того, чего никогда еще не было, не существовало. Отсюда творческий акт может метафорически пониматься как эмерджентность, процесс появления принципиально нового качества, которое является предметом анализа синергетики.

Синергетика, новая междисциплинарная отрасль знания, своеобразная междисциплинарная рефлексия, наука об открытых нелинейных системах, которые обнаруживают состояния динамического хаоса, неопределенности в момент перехода из старого состояния в новое, возвела хаос в ранг научной реальности.

Отмеченное выше предполагает, что спортивная деятельность спортсмена синергично реализуется в плоскости всех сфер его психической активности, поскольку в акте творчества принимает участие целостный организм человека, все аспекты его психической личности, а творчество проду-

цируется тогда, когда эти аспекты обнаруживают высокий уровень самоактуализации.

Главной особенностью спортивной подготовки при этом можно считать ее инновационный характер, ориентацию на новизну как выход за пределы актуальной данности. В этом, на наш взгляд, и проявляется синергетический характер творческой деятельности, которая предстает здесь как нелинейный, диссипативный, открытый внешней среде процесс.

Поэтому спортивная подготовка спортсмена реализуется, прежде всего, как инновационная психофизическая деятельность, которая проявляется в оригинальном решении двигательных задач, в импровизации и экспромте. Признаками спортивной креативности является способность к созданию нового, нетрадиционный подход к организации учебно-тренировочного процесса, умение творчески решать любые профессиональные проблемы, творчески, эффективно противостоять соперникам и взаимодействовать с товарищами по команде.

Базовые модели для описания процессов распознавания и осознания сенсорных сигналов

В.Г. Яхно

Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород
yakhno@appl.sci-nnov.ru

Проблема формализованного описания поведения живых систем всегда привлекала внимание исследователей, а сейчас активность обсуждений возросла в связи с новыми попытками реализации «мыслящих» технических устройств. При рассмотрении таких вопросов, несомненно, приходится использовать биологоправдоподобные модели. Опыт разработки систем распознавания позволил предложить набор базовых моделей, позволяющий с единых позиций рассмотреть функциональные операции, аналогичные режимам принятия решений в живых системах [1, 2]. Показано, что для моделирования операций, похожих на «мышление», необходима специальная архитектура взаимодействия информационных потоков в «распознающих ячейках» (рис. 1). В них должна быть возможность совместного функционирования подсистемы кодирования и дополнительной подсистемы «внутренней имитации» (восстановления, виртуального представления) ожидаемого входного сенсорного сигнала. В такой архитектуре обработки появляется возможность циклических (рекурсивных) процессов, обеспечивающих выбор наиболее подходящей фильтрующей маски на входное изображение или более адекватной модели для анализируемого объекта, а также вычисление дополнительных признаков для получения «интегральных оценок», которые можно поставить в соответствие с процессом «осознания» сигнала.

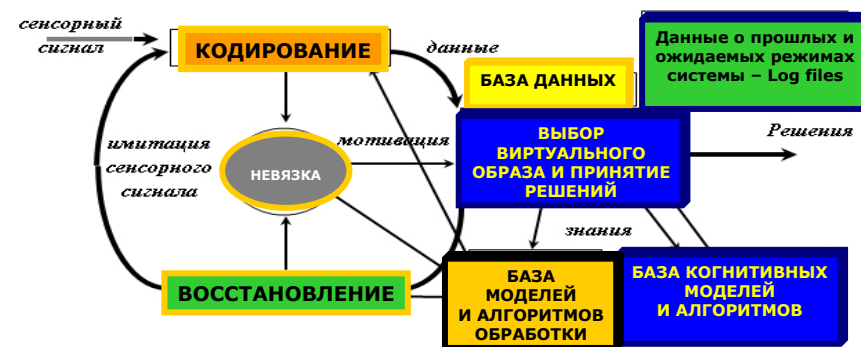


Рис. 1. Архитектура «распознающей ячейки», позволяющая выполнять операции «осознания» сенсорных сигналов

Все операции, которые направлены на изменение «знаний» системы (содержимое подсистем «база моделей и алгоритмов обработки», «база когнитивных моделей и алгоритмов» и «база данные о прошлых и ожидаемых режимах системы»), с полным правом относятся к когнитивным процессам.

Базовые модели позволяют ввести формализованные определения, которые не противоречат известным автору экспериментальным данным и снимают элементы многозначности при использовании их в медицине, философии и т. д. [3–6]. Элементарный **режим «осознания»** образа входного сигнала в такой модельной системе связан с динамическим процессом кодирования – восстановления (генерацией интерпретирующего сигнала) и поиска оптимальных алгоритмов в системе (используемые модели – время осознанной обработки). **Бессознательная** обработка входного сигнала соответствует случаям отсутствия циклов, связанных с генерацией в системе интерпретирующих сигналов (модель – время бессознательной реакции). Возможно рассмотрение гипотез о механизмах **«интуиции»** (решениях, принятых в условиях отсутствия предыдущего опыта в текущей задаче), которые в ряде работ путают с бессознательным режимом поведения (неосознаваемое принятие решений для хорошо обученных объектов).

Процесс внимания к ожидаемому образу в такой «элементарной адаптивной распознающей системе» соответствует выбору и «загрузке» пакета моделей (алгоритмов), которые необходимы для ее работы с ожидаемым образом. При этом **ценность** входного **информационного сигнала** может определяться по величинам невязок, вычисляемых из сравнения наборов кодовых описаний для предварительно ожидаемого системой изображения и реально вычисленными кодами от входного изображения. Эти же величины невязок служат стимулом для формирования **мотиваций** и принятия решений в отношении выбранного системой образа.

Для более реалистичных моделей необходимо рассматривать модули с иерархической архитектурой [3–5] из элементарных «распознающих ячеек». Тогда возможно описание на различных понятийных уровнях с использованием: а) графа величин мотивации; б) графов загруженных алгоритмов, характеризующих процесс внимания; в) графов процессов сознательной или бессознательной обработки, определяемых своими алгоритмами и временами; г) графов для принятых решений. При этом иерархические системы могут быть двух типов: а) сетевая архитектура с взаимосвязями однотипных модулей по функциональной подчиненности разных уровней; б) самоподобная архитектура, в которой подсистемы используют такую же архитектуру обработки сигналов, как и в исходной системе.

При дальнейшем уточнении модели необходимо формировать систему из взаимодействующих модулей [4–6]: а) когнитивного модуля; б) эмоционального модуля; в) моторного модуля; г) вегетативного модуля. Функционирование таких многомодульных систем определяется целевой функцией, направленной на снижение величин в графе мотиваций, соответственно уровню «тревожности» в эмоциональном модуле. Многомодульные систе-

мы могут быть настроены на выполнение операций с образами («правополушарные» функции), с детальным описанием конструкции образов («левополушарные» функции) либо на совместную работу «лево- и правополушарных» систем.

Эффективность использования описанной здесь архитектуры моделей [1, 2, 7] продемонстрирована на примерах технической реализации ряда устройств, позволяющих детектировать заранее заданные объекты, а также выполнять идентификации людей по биометрическим признакам.

Предложена разработка инструментальных средств, регистрирующих параметры осознания тестовых акустических и зрительных стимулов у пациентов в клинике [6]. Обработка получаемых данных позволяет оценить уровень риска психологических и неврологических нарушений.

Рассмотренный подход может быть использован при конструировании систем управления гуманоидными роботами [8].

Обусловленный набор базовых нейроноподобных моделей [1, 2] позволяет корректно описывать известные автору данные нейрофизиологических и психофизических экспериментов [3–6], создавать инструментальные средства (язык описания) для конструирования более точных и надежных систем распознавания, обладающих функциями «осознания» входного набора сенсорных сигналов [7, 8].

Работа выполнялась при частичной поддержке гранта АФГИР № RMO-10214-BNL № 36943 и гранта РФФИ № 05-08-33526.

Литература

1. Яхно В.Г. Динамика нейроноподобных моделей и процессы «сознания» // VIII Всероссийская научно-техническая конференция «Нейроинформатика-2006»: Лекции по нейроинформатике. М.: МИФИ, 2006. С. 88–111.
2. Яхно В.Г. Модели нейроноподобных систем. Динамические режимы преобразования информации // Нелинейные волны' 2002 / Отв. ред. А.В. Гапонов-Грехов, В.И. Некоркин. Н. Новгород: ИПФ РАН, 2003. С. 90–114.
3. Теория развития: дифференциально-интеграционная парадигма / Сост. Н.И. Чуприкова. М.: Языки славянских культур, 2009. 224 с.
4. Величковский Б.М. Когнитивная наука. Основы психологии познания. В 2 т. М.: Смысл, 2006.
5. Психофизиология: Учебник для вузов / Под ред. Ю.И. Александрова. 3-е изд., доп. и перераб. СПб.: Питер, 2008. 464 с.
6. Полевая С.А. Интегративные принципы кодирования и распознавания сенсорной информации. Особенности осознания световых и звуковых сигналов в стрессовой ситуации // Вестник НГУ. 2008. Т. 2, вып. 2. С. 106–117.
7. Яхно В.Г., Нуйдель И.В., Тельных А.А., Бондаренко Б.Н., Сборщиков В.А., Хилько А.И. Способ адаптивного распознавания информационных образов и система для его осуществления: Патент Российской Федерации № 2160467; 1999; Yakhno V.G., Nuidel I.V., Telnykh A. A., Bondarenko B.N., Sborshikov V.A., Khilko A.I. The method for adaptive recognition of information images, and the system of implementation thereof: US Patent No. US 6,751,353 B1, 2000.

8. Станкевич Л.А. Моделирование мышления и когнитивные многоагентные системы и нейробиологические системы // XI Всесоюзная конференция «Нейроинформатика-2009»: Сб. научных трудов. Ч. 2. М.: МИФИ, 2009. С. 208–217.

Изменение механических свойств высыхающей жидкости как универсальный сенсорный сигнал для восприятия запахов

В.Г. Яхно, Т.А. Яхно

Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород
Tanya-yakhno@rambler.ru

Современная теория восприятия запахов нейронами обонятельного эпителия предполагает высокую степень их специализации. Лауреаты Нобелевской премии 2004 года в области физиологии и медицины R. Axel и L.B. Vuck установили, что обонятельные нейроны у млекопитающих содержат около 1000 различных видов рецепторных белков. Обонятельная система использует комбинаторную схему для идентификации запахов (одорантов) и кодирования сигнала. В этой схеме каждый рецептор выступает в качестве одного из компонентов комбинаторного рецепторного кода для многих одорантов и играет роль буквы алфавита, из совокупности которых составляются соответствующие слова-запахи.

Молекулы одоранта, перед тем как достичь обонятельных рецепторных нейронов, должны пересечь обволакивающий поверхность обонятельного эпителия слой слизи (рис. 1). Считается, что слизь выполняет защитную функцию, создавая гидрофильную оболочку для обонятельных рецепторов. Слой слизи состоит из двух подслоев. Внешний, водный, имеет толщину примерно 5 мкм. Внутренний, более вязкий, состоит из гликопротеинов и белков и имеет толщину около 30 мкм. Реснички-цилии направлены наклонно к внешней поверхности слоя слизи. Слизь образует гель, и основная часть поверхности ресничек (около 85 %) оказывается расположенной вблизи границы раздела фаз. Молекула одоранта встречается на поверхности слизи, покрывающей обонятельный эпителий, молекулу одорант-связывающего белка, которая связывает и переносит молекулу одоранта через слой слизи к поверхности реснички обонятельного нейрона. В ресничках осуществляется основной процесс передачи обонятельного сигнала. Активация рецепторного белка молекулой одоранта в конечном счете приводит к генерированию электрического тока в обонятельном рецепторном нейроне. Ток распро-

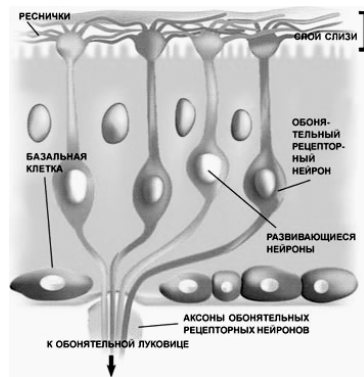


Рис. 1. Схематическое изображение строения обонятельного эпителия

страняется по дендриту нейрона в его соматическую часть, где возбуждает выходной электрический импульс. Этот импульс передается по нейрональному аксону в обонятельную луковицу.

Исследования, проведенные в нашей лаборатории [1], позволяют выдвинуть гипотезу о более простом, универсальном и биологически целесообразном механизме селекции одорантов через изменение механических характеристик слоя слизи, которые регистрируют рецепторы обонятельного эпителия. При этом данная регистрация сводится к механорецепции, а число типов обонятельных нейронов и рецепторных белков может быть уменьшено на 2–3 порядка. Сопоставление нашего экспериментального

устройства с принципиальным строением рецепторного аппарата обонятельного эпителия наводит на мысль о том, что выявленный в нашей лаборатории феномен информативности динамики механических свойств высыхающих жидкостей в отношении их состава вполне может использоваться природой для идентификации запахов.

Вдыхаемый воздух с присутствующими в нем молекулами того или иного одоранта проходит в носовую полость и проносится над поверхностью слизи. При этом одорант частично растворяется в верхнем водном слое, подсыхающем в потоке вдыхаемого воздуха. Изменение механических характеристик жидкости, высыхающей в присутствии одоранта, воспринимается рецепторами ресничек обонятельного эпителия как механическая нагрузка, отличная от таковой при прохождении воздуха без специфического запаха. Наши эксперименты выявили одорант-специфические изменения динамики кристаллизации

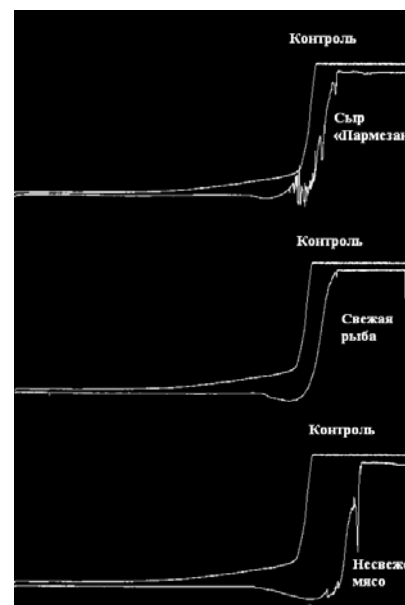


Рис. 2. Динамика АМИ высыхающих капель водного раствора 0,9 % NaCl после пропускания через него воздуха без специфического запаха (контроль) или в присутствии запаха

соли в высыхающих каплях экспериментальных растворов (рис. 2).

Полученные данные находятся в согласии с результатами исследований, согласно которым в коже при регистрации широкого спектра тактильных, температурных и болевых ощущений используется только один тип рецепторов – механорецепторы [2].

Литература

1. Yakhno T.A., Yakhno V.G., Sanin A.G. et al. // Proc. SPIE. 2003. V. 5119. P. 87–99.

2. Зевеке А.В. Механизм формирования кодов при осязании // Нижегородский медицинский журнал: электронная версия. 2003. № 1. С. 9. – Режим доступа: <http://www.medicum.nnov.ru/nmj/content.php?year=2003&num=1>.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Предисловие</i>	3
<i>Аверкина Л.А., Хряпченкова О.С.</i> Временно-безэквивалентная лексика экологической тематики и причины ее возникновения (на материале немецкого и русского языков)	5
<i>Александров Ю.И.</i> Формирование структуры индивидуального опыта.....	7
<i>Анохин К.В.</i> Нейродинамика когнитивных процессов и закономерности организации функциональных систем	10
<i>Антонец В.А., Еремин Е.В., Казаков В.В., Нуйдель И.В., Полевая С.А., Яхно В.Г.</i> Идентификация параметров селективных модулей коры головного мозга человека по результатам измерения характеристик моторного отражения реакции на сенсорные стимулы	12
<i>Антонец В.А., Левчук И.В.</i> Логика оценивания разнородных семантических объектов.....	14
<i>Антонец В.А., Левчук И.В.</i> Семантический аттрактор.....	16
<i>Беллюстин Н.С., Калафати Ю.Д., Ковальчук А.В., Нуйдель И.В., Соколов М.Е., Тельных А.А., Шемагина О.В.</i> К вопросу о создании многоуровневой системы классификации химических формул	18
<i>Беляева Е.И.</i> Способы статистической верификации разработки однозначного классификационного описания.....	20
<i>Бодякин В.И.</i> Анализ эволюционного ряда нейросемантических регуляторов	22
<i>Бодякин В.И.</i> Проект построения крупномасштабного интеллектуального инструментария на базе нейросемантических структур.....	23
<i>Васильева Е.Н.</i> Когнитивный компонент в структуре отношений детей с психическим недоразвитием и развивающихся нормально	26

<i>Витяев Е.Е.</i> Естественная классификация действительности в процессе восприятия.....	29
<i>Григорьева В.Н., Полевая С.А.</i> Новые технологии когнитивной реабилитации больных с острыми поражениями головного мозга.....	31
<i>Дорошева Е.А.</i> Специфика социального обучения и исследовательского поведения учащихся младших классов с ослабленным зрением	34
<i>Дорошева Е.А., Яковлев И.К.</i> Агрессивное поведение и «когнитивный потенциал» у членов разных функциональных групп в семьях рыжих лесных муравьев	38
<i>Дроздова Л.Н., Дьячук П.П.</i> Компьютерная и нейрофизиологическая диагностика базовых когнитивных функций мозга	41
<i>Дунаева Т.Ю., Хиразова Е.Э., Маслова М.В., Граф А.В., Трофимова Л.К., Соколова Н.А.</i> Анализ эмоционально-тревожного статуса, ориентировочно-исследовательской активности и способности к обучению с положительным подкреплением животных, подвергнутых антенатальному стрессорному воздействию	43
<i>Дунин-Барковский В.Л.</i> Обсуждение механизмов переработки информации в мозжечке	45
<i>Евин И.А.</i> Математические модели распознавания визуальной и семантической неоднозначности	48
<i>Еськов В.М.</i> Методы общей теории систем в анализе поведения биологических динамических систем	49
<i>Еськов В.М., Бурыкин Ю.Г., Ильина А.И.</i> Когнитивная деятельность человека в условиях внешнего управления произвольными движениями	51
<i>Еськов В.М., Филатова О.Е., Хадарцев А.А., Хадарцева К.А.</i> Теория устойчивости биосистем	54
<i>Звонкова М.Б.</i> Отсроченные эффекты кратковременной вестибулярной нагрузки на показатели кардиоинтервалографии	56
<i>Зорина З.А.</i> Высшие когнитивные процессы у животных: методы экспериментального анализа	58
<i>Иваницкий Г.А., Иваницкий А.М., Наумов Р.А., Роик А.О.</i> Паттерны нейронной активности как отражение информационных процессов в мозге	61
<i>Казанцев В.Б., Воробьев А.В., Асатрян С.Ю., Семьянов А.В.</i> Генерация ритмической активности в глиальных сетях мозга.....	64
<i>Карпинская В.Ю., Четвериков А.А.</i> Неосознанное восприятие автостереографического изображения при решении арифметических задач.....	66

<i>Клинышов В.В., Некоркин В.И.</i> Нелинейные колебания и кластеры активности в динамической модели рабочей памяти	68
<i>Ковальчук А.В.</i> Нейроноподобный алгоритм с функциями обучения, хранения условных вероятностей и идентификации на основе конкуренции последовательностей	70
<i>Козупица Г.С., Биленькая О.Н., Голушков В.Н., Николаев Н.П., Васельцова И.А.</i> Влияния занятия кинезотерапией больных с остеохондрозом позвоночника на состояние регуляторных механизмов.....	71
<i>Короновский А.А., Мидзяновская И.С., Ситникова Е.Ю., Храмов А.Е., Rijn C.M. van, Luijtelaaar G. van.</i> On-off-переменяемость в спонтанной неконвульсивной судорожной активности крыс.....	73
<i>Короновский А.А., Овчинников А.А., Ситникова Е.Ю., Храмов А.Е., Luijtelaaar G. van.</i> Частотно-временной анализ и классификация ритмических паттернов на электроэнцефалограммах с помощью непрерывного вейвлетного анализа	74
<i>Котов А.</i> Имитация эмоционального коммуникативного взаимодействия с помощью компьютерных моделей	76
<i>Крылов А.К., Александров Ю.И.</i> Нелинейные свойства нейронной активности	79
<i>Кузнецова Г.Д., Нуйдель И.В., Соколов М.Е.</i> Модель трехкомпонентной однородной нейроноподобной среды для исследования пространственно-временных паттернов активности в связанных нейрональных модулях головного мозга человека и животных	82
<i>Кулешов А.П.</i> Когнитивные технологии в автоматизации создания компьютерных систем проектирования	84
<i>Магазов С.С.</i> Наблюдение: видимое и достраиваемое	86
<i>Милованов А.В.</i> Когнитивные возможности модели нейронной сети на базе системы Ходжкина – Хаксли	88
<i>Милов В.Р., Эпштейн А.Ю., Шалашов И.В., Деревянкин А.В.</i> Прогнозирование состояния дискретных стохастических систем в условиях неопределенности на основе байесовской методологии	89
<i>Мишина Е.А., Полухин В.В., Андреевских М.А., Голушков В.Н.</i> Анализ параметров квазиаттракторов функциональных систем организма студентов в условиях экзаменационного стресса	91
<i>Морозов А.Н., Турчин И.В., Каменский В.А., Анохин К.В.</i> Волоконно-оптическая ультрамикроскопия для исследования биологических объектов	94
<i>Мухина И.В., Казанцев В.Б., Хаспеков Л.Г., Ведунова М.В., Митрошина Е.В., Коротченко С.А., Корягина Е.А.</i> Исследование пластичности нейрональной	

сети гиппокампа in vitro при культивировании на мультиэлектродной матрице MED64	97
<i>Никишена И.С., Яковенко Е.А., Сурушкина С.Ю., Пономарев В.А., Чутко Л.С.</i> Спектры мощности ЭЭГ как показатель нейрофизиологических различий у детей с тиками и дефицитом внимания.....	99
<i>Николаева Е.И.</i> Возможно ли воспитание таланта без травмирования личности ребенка?	101
<i>Никонов Ю.В.</i> О нелинейной динамике реоэнцефалографических коррелятов патологического влечения к алкоголю	104
<i>Новгородова Т.А., Бирюкова О.Б.</i> Сравнительный анализ вариаций поведения муравьев при взаимодействии с различными симбионтами	107
<i>Пантелеева С.Н., Резникова Ж.И., Данзанов Ж.А.</i> Стандартизация описания поведения на примере исследования муравьев	109
<i>Парин С.Б.</i> «Неизвестный континент» когнитивной науки: функции нейротрансмиттеров	112
<i>Парин С.Б., Полевая С.А.</i> Когнитивные аспекты проблемы стресса	115
<i>Подладчиков Л.Н., Шапошников Д.Г.</i> Механизмы выбора информативно значимых фрагментов изображений в процессе осмотра: эксперимент и модель.....	117
<i>Полевая С.А.</i> Принципы интеграции эндогенных факторов в когнитивную обработку экстероцептивных сигналов	119
<i>Редько В.Г.</i> О моделировании когнитивной эволюции	122
<i>Редько В.Г., Бесхлебнова Г.А.</i> Модель поведения простых когнитивных агентов в двумерной клеточной среде	124
<i>Резникова Ж.И., Пантелеева С.Н., Дорошева Е.А., Данзанов Ж.А.</i> Новый подход к количественной оценке сложности видотипических поведенческих стереотипов и его значение для когнитивной этологии	126
<i>Рунова Е.В., Мухина И.В.</i> Оценка активности высших надсегментарных структур ЦНС по показателям низкочастотных амплитудных модуляций спектральных компонент сердечного ритма	129
<i>Савченко В.В., Акатьев Д.Ю.</i> Информационная система фонетического анализа слитной речи	131
<i>Савченко В.В., Акатьев Д.Ю.</i> Исследование звукового строя национального языка на основе информационной теории восприятия речи	133

<i>Синеокова Т.Н.</i> Алгоритмы прогнозирования измененных состояний сознания на основе вербального и невербального поведения человека	135
<i>Ситникова Е.Ю., Храмов А.Е., Короновский А.А., Овчинников А.А.</i> Использование непрерывного вейвлетного преобразования с адаптивным базисом для автоматического анализа и классификации сонных веретён на ЭЭГ	137
<i>Смирнова А.А.</i> Методы изучения операции обобщения у животных	139
<i>Спирidonov В.Ф.</i> Психологические механизмы творческого мышления	142
<i>Станкевич Л.А.</i> Гуманоидные роботы как средство исследования когнитивных процессов	144
<i>Тельных А.А., Шемагина О.В., Беллюстин Н.С., Калафати Ю.Д.</i> Применение алгоритма сегментации видеоклипа для создания систем интеллектуального видеонаблюдения	147
<i>Терехин А.Т., Будилова Е.В., Качалова Л.М.</i> Простая нейросетевая модель узнавания	150
<i>Трофимова Л.К., Маклакова А.С., Крушинская Я.В., Соколова Н.А.</i> Сравнительный анализ изменений параметров ЭКГ и ориентировочно-исследовательской активности крыс, перенесших антенатальную гипоксию	152
<i>Утробин В.А.</i> Информационные модели системы зрительного восприятия	155
<i>Филатов М.А., Климов О.В., Хисамова А.В.</i> Нейрокомпьютерная идентификация параметров порядка психофизиологических функций учащихся Югры	157
<i>Филатов М.А., Хисамова А.В., Сорокина С.Ю., Бурыкина А.С.</i> Память и мышление учащихся Югры в аспекте перехода в постиндустриальное общество	159
<i>Филатова О.Е., Ануфриев А.С., Устименко А.А., Шипилова Т.Н.</i> Фазатонная теория мозга в объяснении когнитивных функций человека	162
<i>Фоминова А.Н.</i> Когнитивные аспекты психологического консультирования	165
<i>Хилько А.И., Хоботов, А.Г., Романова В.И.</i> Когнитивные алгоритмы видения автономных гидроакустических систем	168
<i>Хоботов А.Г.</i> Нейроподобные структуры свободной динамики с контекстно зависимыми параметрами в анализе сложных сигналов	170
<i>Хрисанфова Л.А.</i> Лицевая симметрия-асимметрия как основа для моделирования базовых психических и психофизиологических особенностей человека	172

<i>Цукерман В.Д., Кулаков С.В., Каримова О.В., Сазыкин А.А.</i> Когнитивная нейродинамика восприятия окружения	174
<i>Цыганков В.Д.</i> Структура виртуальной реальности и квантовое сознание	176
<i>Черниговская Т.В.</i> Что за компьютер наш мозг?	179
<i>Щербаков В.И., Паренко М.К., Антипенко Е.А.</i> Механизм формирования слитного звукового образа в условиях дихотической стимуляции и его особенности при дисциркуляторной энцефалопатии	181
<i>Щербаков В.И., Лекомцева А.А., Паренко М.К., Егорова Ю.В., Алымов В.А.</i> Распознавание цветовых стимулов при разном способе предъявления ультракоротких вспышек с длинами волн 568 и 625 нм	183
<i>Эйнгорин М.</i> К грамматикам диалектов генетических кодов	185
<i>Яковенко Е.А., Никишена И.С., Чутко Л.С., Сурушкина С.Ю., Кропотов Ю.Д., Пономарев В.А.</i> Слуховые вызванные потенциалы в парадигме GO/NOGO у детей с нарушением внимания	188
<i>Яковлев Б.П., Литовченко О.Г.</i> Возрастная динамика показателей вариационной хронорефлексометрии учащихся г. Сургута	190
<i>Яковлев Б.П., Литовченко О.Г.</i> Нелинейный подход в системе подготовки спортсменов	193
<i>Яхно В.Г.</i> Базовые модели для описания процессов распознавания и осознания сенсорных сигналов	196
<i>Яхно В.Г., Яхно Т.А.</i> Изменение механических свойств высыхающей жидкости как универсальный сенсорный сигнал для восприятия запахов	199

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Научное издание

**НЕЛИНЕЙНАЯ ДИНАМИКА
В КОГНИТИВНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЯХ**

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

Редактор *И. А. Кокорина*

Компьютерная верстка *М. В. Башевой*
Обложка *С. В. Кротовой*

Подписано к печати 28.04.2009 г.
Формат $60 \times 90 \frac{1}{16}$. Бумага офсетная № 1.
Усл. печ. л. 13,0. Уч.-изд. л. 11,8. Тираж 200 экз. Заказ № 52

Отпечатано на ризографе в типографии Института прикладной физики РАН,
603950 Н. Новгород, ул. Ульянова, 46