

3. *Статников И.Н., Фирсов Г.И.* Методика комплексного экспериментального исследования процессов восприятия и переработки вибротактильной информации человеком-оператором в экстремальных условиях // Известия ТРТУ. Тематический выпуск. Медицинские информационные системы. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2006. – №11 (66). – С.9–16.

УДК 612.843.323

С.А. Полевая, В.Г. Яхно, С.Б. Парин, И.В. Нуйдель

### РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ РИСКА ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ И НЕВРОЛОГИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ\*

На современном уровне развития биологоправдоподобного моделирования вполне осуществимо создание библиотеки симуляторов физиологических систем и функциональных состояний на единой базовой платформе существующих и вновь разрабатываемых математических моделей. Прагматический смысл подобной технологии очевиден: сегодня имеется реальная возможность разработки и тиражирования наукоёмкого универсального программного продукта, обеспечивающего быструю неинвазивную комплексную оценку функционального состояния человека (или другой живой системы), мониторинг динамики функциональных систем, прогнозирование поведения человека и течения патологических состояний.

В нашей работе предлагаются функциональные модели нейроподобных систем для симуляции процессов осознания сенсорных сигналов. Базовым модулем для формализованного описания биологических когнитивных систем является «распознающая ячейка», нелинейные динамические режимы которой определяют набор возможных функциональных операций [2, 3]. Многие экспериментальные результаты, связанные с поведением иерархических систем распознавания, могут быть рассмотрены на основе как минимум трех групп базовых моделей (см. табл. 1 в статье [1]).

Рассмотрим три варианта базовых моделей:

- 1) различные варианты однородных нейронных сетей для выделения заданного набора признаков в параллельном режиме (1) – (2);
- 2) адаптивные ячейки распознавания, содержащие алгоритмы кодирования и восстановления (реконструкции) входных изображений, базы данных, алгоритмы вычисления полей невязок (мотиваций), алгоритмы принятия решений по виду полей невязок, а также базы используемых алгоритмов (знаний);
- 3) иерархические системы из адаптивных ячеек распознавания, каждая из которых настроена на заданный для нее набор операций.

Авторы обращают внимание, что существующий набор математических моделей практически обеспечивает описание основного набора качественных закономерностей, наблюдаемых или регистрируемых функциональных операций, выполняемых биологическими системами.

Выделение заданного набора признаков в параллельном режиме может осуществляться с помощью моделей для однородных нейроподобных систем:

$$\frac{du}{dt} = -\frac{u}{\tau_1} + \beta_{F1}(g) F_1 \left[ -t_1(g) + \int_{-\infty}^{\infty} \Phi_1(\xi - r, g) u(\xi, t) d\xi \right] + D_1 \frac{\partial^2 u(t, \vec{r})}{\partial r^2}, \quad (1)$$

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

$$\frac{dg}{dt} = -\frac{g}{\tau_2} + \beta_{F_2}(g) F_2 \left[ -t_2(g) + \int_{-\infty}^{\infty} \Phi_2(\xi - r, g) u(\xi, t) d\xi \right] + D_2 \frac{\partial^2 g(t, \vec{r})}{\partial r^2} \quad (2)$$

С помощью такого типа функциональных модулей можно проводить исследование различных процессов формирования структур коллективной активности (например, автоволновые процессы, упрощенные изображения для вычисления признаков), осуществлять параллельные режимы выделения необходимых наборов признаков, проводить вычисление мер сравнения информационных сигналов. Схематическое описание адаптивной распознающей системы (рис. 1) позволяет ввести формальные определения для ряда психологических процессов и понятий, которые обычно вызывают споры или неоднозначно трактуются при обсуждении информационных систем.

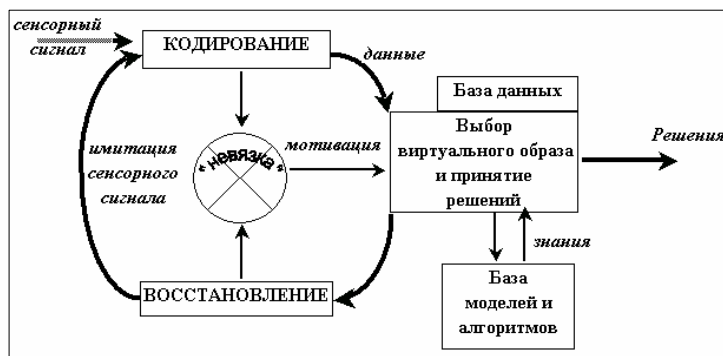


Рис. 1. Функциональная схема «распознающей ячейки»

Знаниями в рассматриваемой системе естественно назвать наборы алгоритмов, которые могут использоваться в процессах обработки информационных сигналов и принятия решений. 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. Элементарный режим осознания образа входного сигнала в такой формализованной системе связан с динамическим процессом кодирования – восстановления (генерация интерпретирующего входного сигнала из кодов) и поиска оптимальных алгоритмов в системе. Бессознательная обработка входного сигнала соответствует случаям отсутствия циклов, связанных с генерацией в системе интерпретирующих сигналов. Формальное описание процесса внимания к ожидаемому образу в такой функциональной модели соответствует выбору и использованию пакета моделей (алгоритмов), которые соответствуют работе распознающего модуля с ожидаемым образом.

Анализ нейронатомических данных на основе системы «распознающих ячеек» позволяет предлагать варианты реконструкций функциональной организации мозга. В предлагаемом распознающем адаптивном модуле предусмотрено согласование по входным параметрам с данными психофизических экспериментов [2].

Нами разработаны методики измерения психофизических функций для цветового зрения (компьютерная кампиметрия) и пространственного слуха (компьютерная латерометрия) [3]. Тестирование обеспечивает количественное описание субъективного (осознанного) сенсорного образа и времени его осознания, реализовано в компьютерной технологии с дружественный интерфейс, поддерживается режим реального времени, высокую ско-

рость обмена данными и полностью автоматизированную процедуру измерения. В процессе исследования человек встраивается в лабораторную человеко-машинную систему, предназначенную для решения задач управления сенсорными стимулами. Сенсорные характеристики измеряют по погрешности в управлении величиной виртуального стимула. Реализуется схема: объективно заданный виртуальный стимул – моторное отображение – субъективный сенсорный образ. Единственным внешним сигналом обратной связи, используемым в управлении стимулом, оказывается рассогласование параметров сенсорного сигнала с требуемыми в управленческой задаче параметрами. Именно поэтому воспринимаемый человеком уровень рассогласования, понуждающий его к управленческим манипуляциям, и характеризует количественно состояние сенсорной системы в отношении восприятия стимула данного типа. Результатом тестирования является цифровое описание субъективного сенсорного образа для конкретного индивидуума в конкретном функциональном состоянии. Проводя исследования в различных функциональных контекстах, мы даем количественную оценку влиянию эмоциональной и моторной систем на когнитивный процесс, измеряем динамику субъективного сенсорного пространства при психофармакологической коррекции у пациентов с шизофренией [4], изучаем связь между типологическими особенностями человека (тип ВНД, тип вегетативной регуляции) и сенсорными функциями.

Нами исследованы структуры субъективного цветового и субъективного звукового пространств в норме и у пациентов психиатрической клиники, которым по медицинским показаниям вводились психотропные препараты [4]. Анализ количественных характеристик сенсорных функции в соответствии с нейрохимической мишенью позволил выявить алгоритмы регуляции в системе преобразования сенсорных стимулов в субъективный образ (рис. 2).

Для теоретического анализа динамики процесса формирования сенсорных образов предложено использовать модель плоского двумерного слоя – однослойной (однокомпонентной) распределенной нейроноподобной системы.

Связь эмоционального напряжения с характеристиками субъективного образа была исследована в контексте «ситуация отдыха» – «ситуация экзаменационного стресса». Наши данные свидетельствуют, что при осознании опасности существенно ухудшается различение цветовых и пространственных признаков объекта. Резко уменьшается дисперсия пороговых значений, наблюдается стандартизация субъективных сенсорных пространств. Установлено, что изменения пороговых характеристик звукового и зрительного образа взаимосвязаны, что позволяет предположить наличие общего для них управляющего модуля, обеспечивающего согласованную перенастройку сенсорных систем в разных эмоциональных состояниях. На модели однородной распределенной нейроноподобной системы проведены расчеты для определения ошибок зрительной и слуховой перцепции, сделаны предположения о механизме настройки сенсорной системы человека на наилучшее выделение признака.

Таким образом, открывается возможность для построения «виртуальной копии» любой сенсорной системы человека, воспроизводящей индивидуальные режимы обработки сенсорного сигнала в различных функциональных состояниях. Разнообразие поведенческих реакций таких систем будет определяться количеством «распознающих ячеек» в иерархической архитектуре и характеристиками связей между ними.

Авторы полностью отдают себе отчет в масштабности обсуждаемых здесь вопросов и надеются, что заинтересованный читатель осознает необходимость и примет участие в формировании и уточнении единого языка для формализованного описания работы иерархически организованной информационной системы человека.

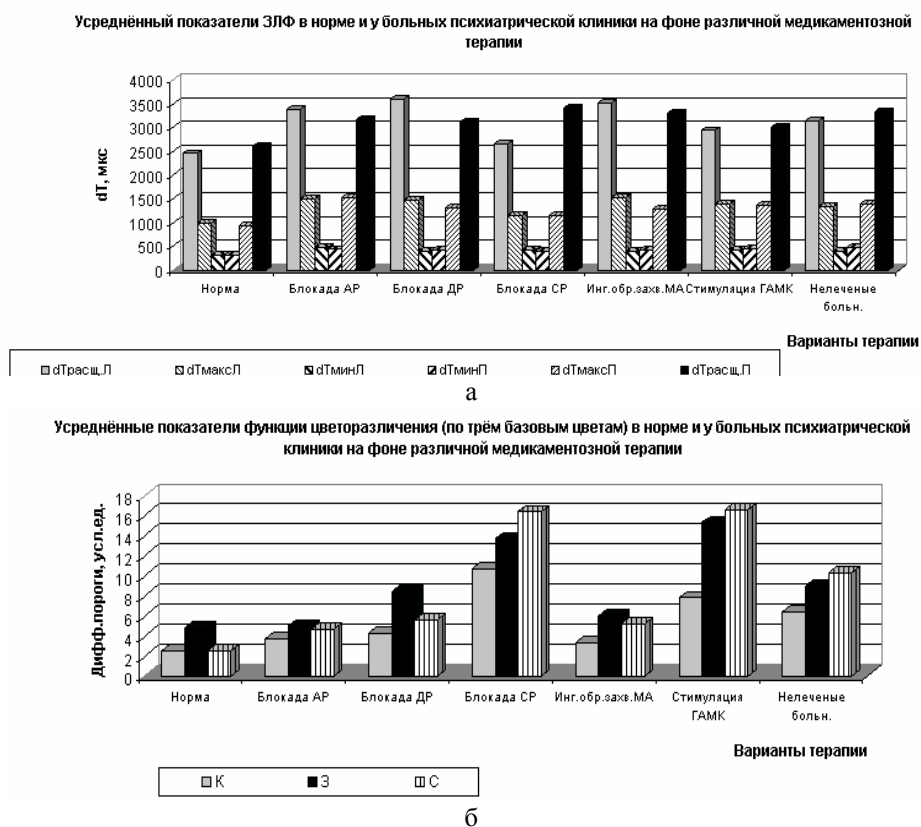


Рис. 2. Показатели базовых параметров звуколокационной функции (а) и функции цветоразличения (б) у здоровых испытуемых и психоневрологических больных в зависимости от характера нейрхимических мишеней

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Яхно В.Г. Динамика нейронподобных моделей и процессы «сознания». VIII Всероссийской научно-технической конференции «Нейроинформатика – 2006»: Лекции по нейроинформатике. – М: МИФИ, 2006. – С. 88–111.
2. Кавамура К., Парин С.Б., Полевая С.А., Яхно В.Г. Возможность построения симуляторов осознания сенсорных сигналов: иерархия «распознающих ячеек»; нейроархитектура; психофизические данные. // Труды X Всероссийской научно-технической конференции «Нейроинформатика – 2008». – С.23–57.
3. Полевая С.А., Еремин Е.В. Компьютерные технологии для исследования структуры субъективного сенсорного пространства человека. Нижегородский медицинский журнал, 2003. – Т. 1. – С. 17-24.
4. Парин С.Б., Полевая С.А., Ефимова Н.В. Исследование влияния психотропных препаратов на сенсорные функции человека. Вестник Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского, 2006. –С. 66–78.