

ситуацию, возможно, не так просто, но ожидаемые результаты могут с лихвой окупить затраченные усилия.

Литература

- Галактионов А. И., Грошев И. В. Особенности формирования психического образа аварийных ситуаций при обучении операторов АСУ // Психологический журнал. 1996. Т. 17. №2. С. 46–55.
- Дозорцев В. М. Тренинг принятия интеллектуальных решений на примере задач диагностики: регулятивный и мотивационный аспекты // Материалы IV съезда Российского психологического общества. Ростов-на/Д. 2007. Т. 1. С. 324–325.
- Дозорцев В. М. Компьютерные тренажеры для обучения операторов технологических процессов. М.: Синтег, 2009.
- Bainbridge L. Analysis of Verbal Protocols from a Process Control Task // The Human Operator in Process Control / E. Edwards and F. P. Lees (eds). L.: Taylor and Francis Ltd, 1974. P. 146–158.
- Duncan K. D. Analytical Techniques in Training Design // The Human Operator in Process Control / E. Edwards and F. P. Lees (eds). P. 283–319.

ОКУЛОМОТОРНЫЕ ПАТТЕРНЫ, ВОЗНИКАЮЩИЕ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ОПЕРАТОРСКОЙ РАБОТЫ В УСЛОВИЯХ АЛКОГОЛЬНОЙ ИНТОКСИКАЦИИ¹

Д. В. Захарченко, В. Б. Дорохов²

Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН (Москва)

e-mail: dz-ihna@mail.ru

В статье представлены результаты экспериментального изучения изменений в траекториях саккад, вызванных алкогольной интоксикацией. Выделено четыре типа окуломоторных реакций, характерных для состояния алкогольной интоксикации и отсутствующих в норме.

Ключевые слова: зрительное восприятие, саккада, фиксация, паттерн, окуломоторные реакции, траектория, алкогольная интоксикация.

Введение

Проблема автоматического распознавания функциональных состояний оператора существует столько же, сколько существует инженерная психология, однако создание приемлемо работающих систем автоматического контроля стало возможным лишь в последние два десятилетия, благодаря бурному развитию информационных технологий. Появление дешевых и мощных вычислительных систем позволило быстро обрабатывать большие объемы биологической информации (Dorokhov et al., 2008; Wright et al., 2007) – в результате менее чем за два десятилетия (1990-е–2007) коммерческими фирмами США, Великобритании, России, Австралии и Греции были разработаны несколько десятков автоматических систем контроля

- 1 Работа поддержана грантами: РГНФ № 08-06-00598а, РФФИ № 09-06-12040офи-м и грантом Президиума РАН «Фундаментальные науки – медицине».
- 2 Выражаем нашу признательность сотрудникам Центра экспериментальной психологии МГППУ (г. Москва) за содействие и доброжелательную критику.

уровня бодрствования, предназначенные для использования на транспорте. Восемь из тринадцати рекомендуемых к применению систем в качестве основного биологического параметра используют анализ окуломоторных реакций (Wright et al., 2007). В настоящий момент видеорегистрация движения глаз рассматривается как наиболее перспективный неинвазивный метод получения биологической информации о функциональном состоянии субъекта.

Задачей данного исследования был поиск окуломоторных паттернов и особенностей траектории движения взгляда, которые могли бы быть использованы в качестве критериев для распознавания нормы и состояния алкогольной интоксикации.

Методика

В исследовании принимали участие 12 испытуемых-добровольцев мужского пола в возрасте от 19 до 40 лет. Для создания экспериментальной модели алкогольной интоксикации испытуемые принимали алкоголь в количестве 1 г алкоголя на 1 кг веса тела, при этом количество 96% медицинского спирта пересчитывалось на 40% водку. Количество алкоголя в крови оценивалось с помощью алкотестера AL-7000 с точностью $\pm 15\%$ от полученного значения. Для моделирования операторской деятельности были разработаны два психомоторных теста («Статика» и «Динамика»), позволяющие оценивать реакцию как на статически появляющиеся и исчезающие стимулы, так и на движущуюся цель.

В тесте «Статика» экран условно делили на 20 секторов в виде сетки (5 по горизонтали, 4 по вертикали); каждый сектор имел свой номер (рисунок 1). В начале опыта в центре одного из секторов появлялась цель в форме круга диаметром 5 мм – испытуемый должен был максимально быстро навести на него курсор и щелкнуть мышью. При попадании цель исчезала и одновременно появлялась в центре другого сектора. Номер сектора программа выбирала автоматически, с помощью генератора случайных чисел. В течение опыта предъявлялось 120 стимулов-целей, испытуемый должен был поразить их все за максимально короткое время. Для всех испытуемых во всех опытах последовательность секторов была одинаковой, координаты всех целей известны, траектория движения мыши и все щелчки записывались в лог-файл. Описанный алгоритм предъявления стимулов позволяет строить точные траектории движения глаза и мыши для каждой пробы теста с учетом времени начала и конца предъявления каждого стимула.

В тесте «Динамика» цель (зеленый круг диаметром 12 мм) двигалась по круговой траектории диаметром 75 мм с угловой скоростью 28 град/с относительно центра экрана (рисунок 2). Один раз за полный оборот с внешней стороны траектории цели появлялась дополнительная цель – красный круг диаметром 12 мм. Дополнительная цель начинала двигаться по круговой орбите вокруг основной цели с угловой скоростью 29 град/с. Радиус отбиты дополнительной цели – 60 мм. Испытуемый получал инструкцию вести курсором мыши основную цель, стараясь не выходить за ее пределы; при появлении дополнительной цели он должен был быстро навести на нее курсор и щелкнуть мышью. В случае попадания дополнительная цель исчезала, а испытуемый должен был быстро вернуть курсор на основную цель и вести ее дальше. Всего за тест предъявлялось порядка 70 дополнительных целей, паузы между предъявлениями варьировались в случайном порядке. Такой алгоритм позволяет строить и визуально оценивать траектории взгляда в процессе ведения цели, а также при поражении дополнительной цели.

1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15
16	17	18	19	20

Рис. 1. Тест «статика»: разбивка экрана на секторы, стимул. При тестировании сетка и номера секторов не отображаются

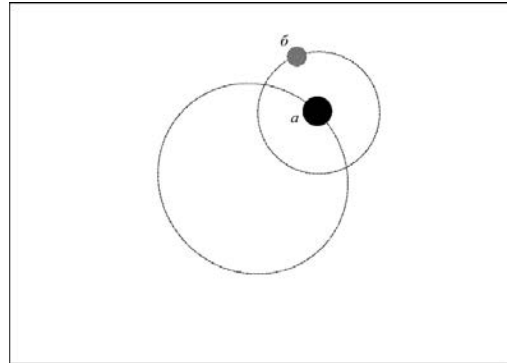


Рис. 2. Тест «динамика»: траектории основной и дополнительной цели: а – основная цель; б – дополнительная цель. Обе цели движутся по часовой стрелке. При тестировании траектории не отображаются

Регистрация движений глаз производилась при помощи аппаратного комплекса Eyegaze Development System, LC Technologies, с программным обеспечением Nyau 2.0. Запись велась в бинокулярном режиме попеременно двумя камерами, суммарная частота опроса – 120 герц; расстояние до экрана – 60 см, экранное разрешение – 1280×1024 пикселей, размеры пикселя – 0,264 мм. Голова испытуемого фиксировалась сзади подголовником кресла.

Процедура исследования была следующая: испытуемый садился в кресло, производилась калибровка аппаратуры, после чего последовательно проводилось тестирование по методике «динамика» (15 минут) и «статика» (около 3 минут). Затем испытуемый принимал алкоголь и 50 минут общался с экспериментатором на отвлеченные темы. Потом производился контрольный замер количества алкоголя в выдохе и делалась повторная запись (калибровка и оба теста). Полученные данные подвергались математическому преобразованию с целью выравнивания временных интервалов между соседними опросами, после чего выполнялась визуализация траекторий для каждой пробы тестов «статика» и «динамика». Наличие или отсутствие окуломоторных паттернов и специфических особенностей траектории оценивалось визуально. Программное обеспечение для визуализации и преобразования данных разработано нами с использованием функций Matlab 6.5.

Результаты исследования

В результате визуального анализа траекторий удалось выделить два типа окуломоторных паттернов, возникающих после приема алкоголя и отсутствующих в норме, а также два типа изменений в траекториях саккад при перемещении взгляда с одного объекта на другой.

Паттерны типа «пакет» (рисунок 3) представляют собой последовательность накладывающихся друг на друга быстрых саккадических движений в одной плоскости. Угол наклона к горизонту может быть любым. Амплитуда – порядка 2 угловых градусов. Визуально выглядят как стопка листов бумаги или (на динамических тестах) как пила с длинными тонкими зубьями (рисунок 4). Встречаются доста-

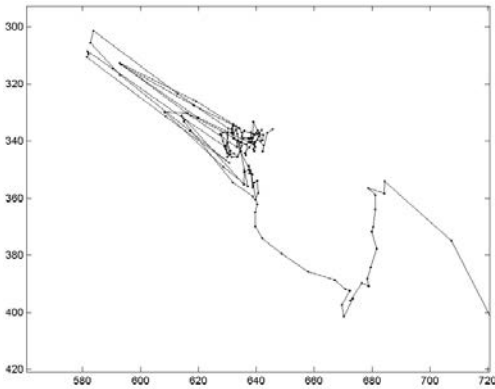


Рис. 3. Паттерн типа «пакет», образовавшийся на фиксации после двух корректирующих саккад. По осям X и Y – экранные координаты в пикселях

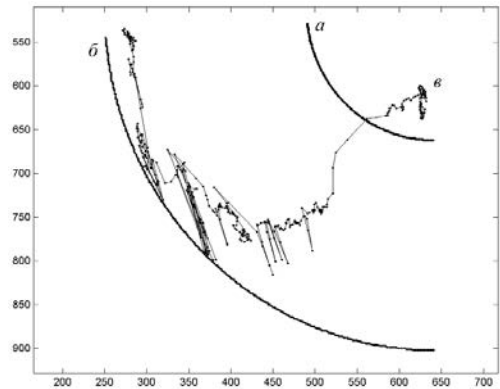


Рис. 4. Паттерны типа «пакет»: один в виде пики и два в виде стопки саккад: а – траектория основной цели; б – траектория дополнительной цели; в – траектория взгляда. По осям X и Y – экранные координаты в пикселях. Обе цели двигались по часовой стрелке

точно часто как в статических, так и в динамических тестах; формируются перед фиксацией глаза или при прослеживающих движениях, часто непосредственно перед щелчком мышью по цели.

В пробах без алкоголя аналогов этому паттерну нет, однако иногда встречаются единичные рывковые саккады, наподобие первого рывка на рисунке 4. Согласно неопубликованным данным наших коллег из Центра экспериментальной психологии МГППУ, нечто похожее на паттерн, но с гораздо меньшей амплитудой (0,5–1 угловой градус) можно наблюдать в норме при использовании высокоскоростной аппаратуры регистрации движения глаза (SMI High Speed, 1250 или 500 Гц).

Биологическая природа данного эффекта остается непонятной, однако очевидная связь с функциональным состоянием делает его пригодным для использования при аппаратной диагностике состояний.

Паттерны типа «треугольник» (рисунок 5), по-видимому, являются разновидностью паттернов «пакет». Саккады локализуются в небольшой области и выглядят как треугольник или два паттерна «пакет» с общей вершиной, но разным углом наклона к горизонту. Такие паттерны встречались редко, только в тестах с предъявлением последовательных статических объектов.

Следующая особенность окуломоторных реакций в состоянии алкогольной интоксикации – уменьшение скорости перемещений между целями. На рисунке 6 изображены в одинаковом масштабе траектории перемещения взгляда между двумя стимулами. Траектории даны для одной и той же пробы до и после приема алкоголя. Испытуемый – один и тот же. Как нетрудно заметить, траектория становится намного менее гладкой и мгновенные скорости на наиболее быстром участке намного ниже, чем в норме. В отдельных пробах средняя скорость перемещения глаза от одного объекта к другому уменьшается в 10–15 раз.

И наконец, последняя особенность окуломоторных реакций под влиянием алкоголя – появление траекторий, имеющих зигзагообразную или синусоидальную форму. На рисунках 7 и 8 представлены образцы таких траекторий.

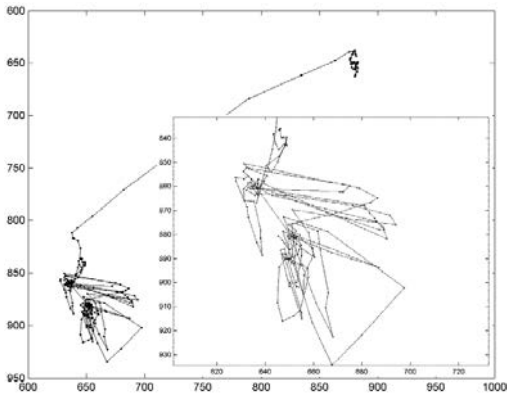


Рис. 5. Паттерн типа «треугольник». По осям X и Y – экранные координаты в пикселях

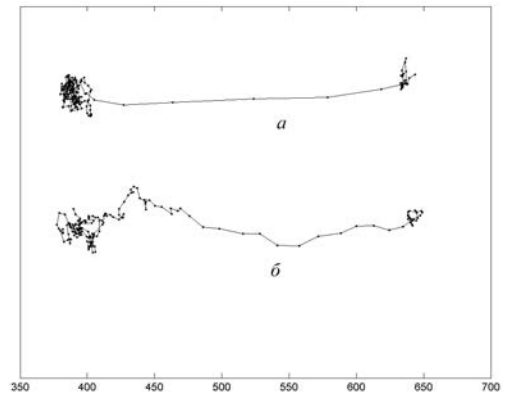


Рис. 6. Траектории перемещений взгляда испытуемого П.: а – до приема алкоголя; б – после приема алкоголя. По оси X – экранные координаты в пикселях

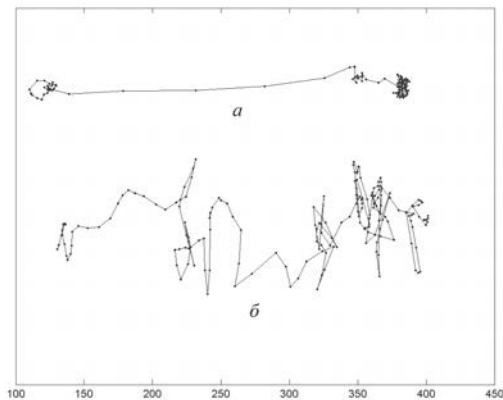


Рис. 7. Зигзагообразная траектория: а – траектория до приема алкоголя; б – после приема алкоголя. По оси X – экранные координаты в пикселях

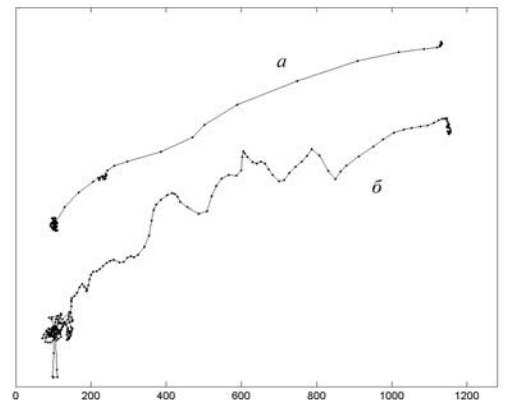


Рис. 8. Синусоидальная траектория: а – траектория до приема алкоголя; б – после приема алкоголя. По оси X – экранные координаты в пикселях

Характерно, что мгновенные скорости взгляда в указанных случаях также значительно ниже, чем в аналогичных пробах без алкоголя. Недостаточная частота опроса использовавшейся регистрирующей аппаратуры не позволяет судить о траекториях отдельных взятых саккад, но и простой графический анализ перемещений взгляда позволяет достаточно четко привязать эти «экзотические» траектории к состоянию алкогольной интоксикации.

Следует отметить, что все четыре типа описанных эффектов возникают далеко не у каждого испытуемого и отнюдь не в каждой пробе. Паттерны, например, в разных сочетаниях регистрировались у шести испытуемых из двенадцати. Уменьшение мгновенных скоростей на «быстрых» участках траектории наблюдается почти у всех, но распределение проб с этим уменьшением у всех испытуемых разное. Зигзагообразные и синусоидальные траектории наблюдались у двух испытуемых, у одного из них – в большом количестве. Физиологический механизм возникновения обнару-

женных эффектов в данный момент непонятен и нуждается в дополнительном исследовании. Однако четкая привязка этих эффектов к функциональному состоянию испытуемого позволяет говорить о них как о потенциальных критериях, пригодных для аппаратного распознавания состояний. Например, если использовать паттерны и особенности траекторий как критерии выхода из нормального состояния, получаем классификатор, способный правильно распознать выход из нормы в 50% случаев и, что особенно важно, не дающий ложных сигналов.

Выводы

- 1 При алкогольной интоксикации могут возникать два вида окуломоторных паттернов (паттерны типа «пакет» и «треугольник»), отсутствующие в норме.
- 2 Физиологический механизм возникновения этих паттернов неясен, но факт их появления коррелирует с наличием алкоголя в крови испытуемого.
- 3 При алкогольной интоксикации значительно уменьшается скорость перемещения взгляда с одного объекта на другой.
- 4 При алкогольной интоксикации траектория перемещения взгляда с одного объекта на другой может приобретать зигзагообразную или синусоидальную форму со значительной амплитудой пиков.
- 5 Обнаруженные эффекты потенциально могут быть использованы в качестве критериев для аппаратного распознавания снижения уровня бодрствования.

Выражаем нашу признательность сотрудникам Центра экспериментальной психологии МГППУ (г. Москва) за содействие и доброжелательную критику.

Литература

- Dorokhov V., Arsenyev G., Zakharchenko D., Ukraintseva Y., Lavrova T., Dementienko V., Kadin L., Markov A., Shakhnarovich V.* Eye-hand coordination: performance errors and vigilance level // *International Journal of Psychophysiology*. 2008. V.69. № 3. P. 266.
- Wright N., Stone B., Horberry T., Reed N.* A review of in-vehicle sleepiness detection devices // *Published Project Report PPR 157*. TRL Limited. 2007.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЛИЧНОСТНЫХ ФАКТОРОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ МАЛЫХ ПРОЕКТНЫХ ГРУПП РАЗРАБОТЧИКОВ

А.А. Зотова

Московский городской психолого-педагогический университет (Москва)
allileja@gmail.com

В предлагаемой работе освещается системный подход к изучению формирования малых проектных групп разработчиков программных продуктов с помощью методов математического моделирования. Такая группа рассматривается как система с набором состояний (этапов развития группы по модели Б. Такмена), состоящая из подсистем-участников, которые описываются определенными характеристиками, и отношениями между ними.

Ключевые слова: малая группа, математическое моделирование, модель Б. Такмена, социальная система, проектная группа разработчиков.