

СКОРОСТНЫЕ И СТОХАСТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СЕНСОМОТОРНЫХ РЕАКЦИЙ НА ДИНАМИЧЕСКИ ОРГАНИЗОВАННЫЕ ЗРИТЕЛЬНЫЕ И АКУСТИЧЕСКИЕ СТИМУЛЫ¹

© 2011 г. В. Г. Каменская*, Л. В. Томанов**, И. М. Деханова***

* Член-корреспондент РАО, доктор психологических наук, зав. кафедрой психологии и психофизиологии ребенка, РГПУ им. А.И. Герцена, Санкт-Петербург;
e-mail: kamenskaya-v@mail.ru

** Кандидат психологических наук, доцент кафедры психологии и психофизиологии ребенка, РГПУ им. А.И. Герцена, Санкт-Петербург;
e-mail: psi87@yandex.ru

*** Кандидат психологических наук, ассистент кафедры психологии и психофизиологии ребенка, там же;
e-mail: irinadekhanova@yandex.ru

На группе студентов ($n = 90$ чел.) изучалась связь скорости и стабильности сенсомоторных реакций со степенью динамической упорядоченности зрительных и акустических стимулов, а также их зависимость от сложности задания и модальности раздражителей. Установлено, что все реакции на зрительные стимулы формируют группу наиболее тесно связанных признаков, определяющих стабильность реагирования как в скоростных задачах, так и в сложной.

Ключевые слова: сенсомоторные реакции, хаотический и фрактальный режимы межстимульных интервалов, скоростные и стохастические признаки сенсомоторного реагирования.

Концепция нелинейной динамики больших сложных интерактивных систем находит в последние годы все более широкое применение, в том числе в психологических работах. Об этом свидетельствуют выходящие в свет монографии и сборники научных трудов [7, 12].

Одной из наиболее перспективных научных областей, где сам предмет исследования диктует необходимость использования нелинейных моделей, является когнитивная психология, достижения которой во многом определяют поиски в нейронауках и нейроинформатике [17]. Вместе с тем практическое использование математического аппарата концепции нелинейной динамики затрудняется недостаточным развитием технологии экспериментальных исследований в психологии,

которая является, скорее, описательной наукой, фиксирующей качественные нервно-психические процессы и поведенческие проявления. До сих пор довлеющая методология в психологических исследованиях – это опора на центральные статистические меры нормального распределения, которые предусматривают “борьбу” с вариативностью психологических измерений и выбраковку отдельных вариантов, что приводит к потере информации и существенному упрощению и искажению исследуемого явления.

Одним из ярких примеров такой неустранимой вариативности измеряемых величин являются значения времени реакций на сенсорные стимулы [1, 2–7, 15, 16]. Полагают, что эта вариативность отражает внутренние динамические процессы ЦНС с конкретной мерой сложности и имеет определенный статистический закон распределения [7], среди прочих – так называемый фрактальный закон (*fractal 1/f scaling*) распределения [10, 13, 18]. Вариативность, имеющая некоторое сходство с хаосом и кажущаяся отражением случайности, парадоксальным образом отражает

¹ Работа выполнена в рамках проекта АЦВП “Научные достижения Высшей школы” на тему “Мониторинг физического, психосоматического и психологического здоровья, профилактика социальных дезадаптаций и аддикций у учащихся основных ступеней образовательной системы в разных социокультурных и экологических условиях” (2009–2010 гг.).

порядок нервно-психических процессов [10]. На этот эндогенный порядок (безусловно, связанный с активностью большинства известных в физиологии механизмов, прежде всего памяти) накладываются сенсорные влияния из внешней среды динамической природы [14]. Интеграл внешних воздействий и внутренних процессов – это сенсомоторный ответ человека с конкретными качественными и количественными характеристиками [7]. Однако до настоящего времени конкретный вклад динамической структуры и модальности сенсорных стимулов в признаки сенсомоторного реагирования не ясен, что и определяет *актуальность* изучения процессов восприятия динамически организованных сенсорных стимулов в виде потока зрительных и акустических раздражителей с определенной временной структурой межстимульных интервалов.

В работе верифицируется следующая *исследовательская гипотеза*: скорость и стабильность сенсомоторных реакций связаны с мерой динамической упорядоченности сенсорных потоков, а также зависят от модальности стимулов и степени сложности выполняемого задания.

Задачи исследования: 1) изучить влияние модальности динамического режима потока стимулов, имеющих разную степень динамической организованности; 2) проанализировать влияние сложности сенсомоторной задачи на количественные и качественные признаки сенсомоторных реакций взрослых испытуемых.

МЕТОДИКА

Участники исследования – студенты 3 и 4 курсов психолого-педагогических специальностей двух вузов: РГПУ им. А.И. Герцена (Санкт-Петербург) – 48 чел.; и ЕГУ им. И.А. Бунина (Елец, Липецкая область) – 42 чел. Общая численность выборки – 90 чел. (82 девушки и 8 юношей), средний возраст испытуемых – 20.5 ± 0.9 . Студенты принимали участие в исследовании добровольно, были академически успешными и практически здоровыми, что давало основание рассматривать их как социально адаптированных.

Процедура и методика исследования. В работе использовалась оригинальная компьютерная программа (авторы: Каменская В.Г., Урицкий В.М.), которая генерировала сенсорные потоки с заданной структурой межстимульных интервалов, состоящих из акустических и зрительных раздражителей. Сенсорные стимулы, на которые реагировали испытуемые, во всех сериях имели одни и

те же физические характеристики. Применялись три типа зрительных стимулов: круги зеленого, синего и красного цветов диаметром 40 мм, которые появлялись в центре экрана монитора на 200 мс. Кроме зрительных раздражителей использовались звуковые стимулы в виде короткого (длительность – 100 мс) гудка интенсивностью 70 дБ. Раздражители следовали друг за другом в случайном порядке. Вероятность каждого типа стимула – 0.25, всего в каждой серии было 64 стимула. Таким образом, зрительных раздражителей было 48, акустических – 16.

Все испытуемые выполняли одинаковые рефлексометрические задания: две скоростные задачи в виде нажатия на клавишу “пробел” с максимально возможной скоростью после каждого предъявляемого стимула. После выполнения этих скоростных задач испытуемые выполняли более сложную задачу, связанную с торможением моторной реакции на один из стимулов – круг красного цвета, который ранее был возбуждающим. Следовательно, третья задача, названная зрительной дифференцировочной задачей, была связана со срочной переделкой типа сенсомоторной реакции. Одна из скоростных серий и дифференцировочная задача были подобны, в них межстимульные интервалы изменялись по фрактальному закону и имели фрактальную размерность, равную 1.34. Фрактальный закон определяет наличие длинных во времени предъявления задачи корреляционных связей всех межстимульных интервалов между собой таким образом, что каждый интервал, начиная с первого в серии, связан с каждым последующим, заканчивая последним. Такой закон распределения интервалов позволял испытуемым, улавливая этот корреляционный закон, формировать относительно точные и короткие моторные ответы.

Вторая скоростная задача характеризовалась хаотическим законом распределения межстимульных интервалов, фрактальная размерность которого равна 1.50. Хаотический режим характеризуется наличием более коротких во времени и сильных корреляционных связей (в группах по 10–12 интервалов), чем во фрактальной серии. Эти группы межстимульных интервалов с сильными корреляционными связями непредсказуемым образом для испытуемых сменяли друг друга. Хаотический режим определяется меньшей степенью упорядоченности и организованности. Средняя величина межстимульных интервалов во всех трех задачах была одинаковой (1.0 с). В каждом сенсорном потоке первые четыре стимула были пробными и в обработке не учитывались.

Порядок следования сенсорных серий для всех испытуемых был одинаков, первой была скоростная фрактальная задача, второй – скоростная задача с хаотическим режимом межстимульных интервалов, последней серией являлась дифференцировочная задача также с фрактальным режимом, как и первая. Студенты работали индивидуальным образом на персональном компьютере “Notebook Acer” с оболочкой *Windows EX Professional*. Каждый испытуемый непосредственно перед очередной задачей в устной форме получал инструкцию. Для первых двух скоростных задач: «На мониторе компьютера будут появляться друг за другом зрительные стимулы в виде кругов красного, синего и зеленого цветов. Между ними время от времени будут звучать гудки. Нажимайте после каждого сенсорного раздражителя как можно быстрее на клавишу “Пробел”». Для последней сложной задачи инструкция была иной: “Нажимайте после каждого стимула на клавишу как можно быстрее, кроме круга красного цвета, который теперь для Вас служит сигналом торможения моторной реакции”. Эксперименты выполнены двумя исследователями одинаковой квалификации в соответствии с городом обучения студентов.

Регистрация показателей. Временная интеграция отдельных сенсорных раздражителей в серии определяет возможность появления как отставленных, т.е. следующих за стимулом моторных реакций (в этом случае у моторного ответа положительный знак), так и опережающих стимул моторных ответов (в этом случае знак моторного ответа отрицательный). Компьютерная программа фиксировала значение времени реакции (ВР) на каждый стимул как положительного знака, так и отрицательного. Во время выполнения рефлексометрических задач подсчитывалось среднее время реакции каждого испытуемого с учетом знака реакции на все стимулы (dt), также рассчитывалось среднее время реакции на стимулы каждой модальности в отдельности. Программа, кроме этого, подсчитывала среднее значение времени реакции на все стимулы в миллисекундах без учета знака реакции, т.е. оценивался модуль отдельных значений времени реакций каждого испытуемого – $|dt|$, которые затем усреднялись. Показатель $|dt|$ служил мерой устойчивости индивидуальных значений времени реакций на применяемые сенсорные раздражители. Во всех сериях учитывались пропущенные реакции на стимулы, мера пропуска – это временные значения, превышающие 450 мс, а также число моторных ответов, опережающих локализацию стимула на временной оси (так называемых фальстартов). В диф-

ференцировочной задаче подсчитывалось число ошибочных реакций испытуемых в виде нажатия на запрещенный красный сигнал. Помимо этих традиционных параметров, типичных для большинства рефлексометрических методик, программа оценивала параметр, характеризующий степень стохастической связности отдельных моторных реакций между собой – так называемый индекс Херста. Согласно представлениям Ф. Федера [11], при превышении абсолютной величины индекса Херста – значения, равного 0.55 – можно говорить о достоверной связности отдельных реакций друг с другом. Чем больше абсолютная величина индекса в диапазоне 0.55–0.75, тем выше связность отдельных реакций испытуемого, тем более организованным является процесс сенсомоторного реагирования.

Переменные. В качестве независимых переменных использовались: динамический режим межстимульных интервалов (хаотический и фрактальный), сложность задачи (скоростная, простая и дифференцировочная, сложная), а также модальность стимулов (три типа зрительных и один тип слуховых). Зависимыми переменными (признаками) были количественные и качественные характеристики: среднегрупповые величины сенсомоторных реакций и стохастических свойств распределения отдельных моторных ответов (см. выше раздел “Регистрация показателей”).

Методы статистической обработки. В работе использовались методы описательной статистики, оценка среднего арифметического значения и среднее квадратичное отклонение (СКО) параметров. Различия признаков в трех задачах оценивались в программе SPSS с помощью *t*-критерия Стьюдента для зависимых выборок [8]. Структура связей модальности стимула, сложности задачи и динамической организованности потока с основными признаками сенсомоторного реагирования изучалась с помощью факторного анализа программы SPSS (11–11.5) for Windows методом главных компонентов [9].

РЕЗУЛЬТАТЫ

Первый этап обработки результатов – это сопоставление скоростных и стохастических параметров выполнения трех задач всеми испытуемыми независимо от места обучения и курса. Этот материал представлен в табл. 1, где приведены среднегрупповые значения и среднее квадратичное отклонение (СКО) параметров выполнения трех рефлексометрических задач.

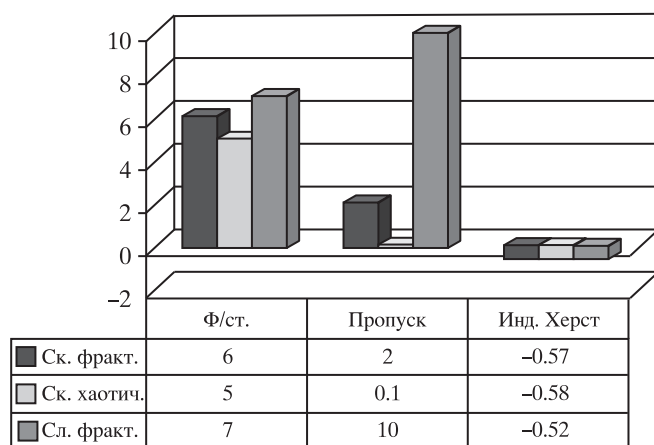


Рис. 1. Среднегрупповые значения качественных параметров выполнения студентами скоростных и дифференцировочной задач.

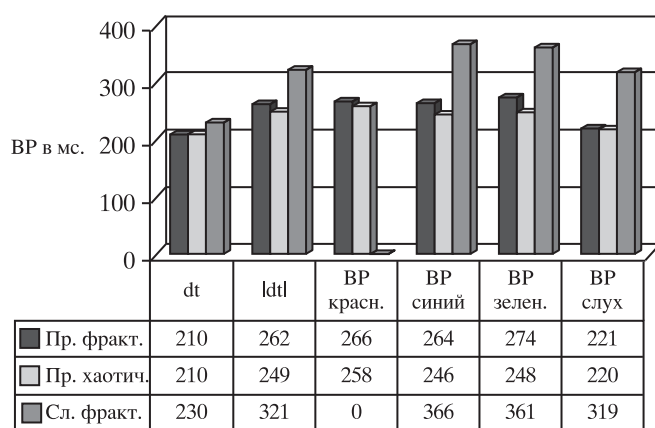


Рис. 2. Среднегрупповые значения скоростных признаков в простых и дифференцировочной задачах.

Материалы табл. 1 и рис. 1 дают отчетливое представление о том, что число фальстартов, а также скоростные и стохастические признаки выполнения обеих простых (скоростных) задач различаются в незначительной степени, тогда как число пропусков в хаотически организованной серии существенно меньше единицы.

На рис. 2 представлены среднегрупповые величины ВР на сенсорные стимулы и их численные значения в обеих скоростных и дифференцировочной задачах. Очевидна близость среднеарифметических величин ВР на зрительные стимулы, dt и $|dt|$ в обеих скоростных задачах с фрактальным и хаотическим режимом распределения межстимульных интервалов.

Сравнение скоростных признаков простой и дифференцировочной задач при условии равенства динамических и физических свойств сен-

сорных потоков отчетливо свидетельствует о возрастании всех скоростных признаков в сложной задаче. Наименее существенным образом различаются значения dt .

На рис. 1 приведены качественные характеристики сенсомоторного реагирования студентов на сенсорные потоки. Заметно только одно яркое отличие, показывающее существенное возрастание числа пропусков стимула в сложной дифференцировочной задаче по сравнению с простой. В меньшей степени различается количество пропусков в обеих скоростных задачах.

С помощью программы *SPSS* оценивалась достоверность различий между практически всеми парами признаков в обеих скоростных задачах, а также фрактальных скоростной и дифференцировочной задач.

В табл. 2 приведены значения расчетного t -критерия Стьюдента для зависимых выборок, уровни значимости различий (*Sig. 2-tailed*).

Материалы табл. 2 подтверждают иллюстрации, которые приведены на рис. 1 и 2. Во-первых, в сложной дифференцировочной задаче, по сравнению со скоростной, имеющей фрактальную структуру межстимульных интервалов, для всех сравниваемых значений ВР, а также dt и $|dt|$ обнаружена одна и та же закономерность – достоверное возрастание этих параметров. При этом достоверным же образом изменяется число пропусков стимулов и величина индекса Херста: в сложной задаче его величина снижается при достоверном увеличении числа пропусков. Стоит отметить, что значимость обнаруженных отличий высокая, существенно выше, чем 5%, что позволяет признать закономерность влияния на скоростные и стохастические признаки сенсомоторных реакций трудности сенсомоторной задачи.

Конкретное значение индекса Херста, равное 0.52 (табл. 1), позволяет говорить о том, что в сложной задаче большинство испытуемых не может отобразить в своих реакциях динамическую структуру сенсорного потока, а работает с отдельными стимулами, несмотря на высокую скорость предъявления информации.

Во-вторых, оценка достоверности отличий количественных признаков сенсомоторного реагирования в двух скоростных задачах (хаотической и фрактальной) показала отсутствие значимых различий для всех скоростных признаков реагирования. Вместе с тем достоверными оказались различия по числу пропусков и по величине $|dt|$: во фрактальной серии испытуемые пропускают

Таблица 1. Количественные и качественные признаки выполнения рефлексометрических задач

	Индекс Херста	dt	$ dt $	ВР красный	ВР синий	ВР зеленый	ВР звук	Ф.ст	Пропуски	Ошибки
Простая (скоростная)	−0.57 0.08	210 58	262 54	266 66	264 65	274 70	221 101	6 7	2 4	–
фрактальная										
Простая (скоростная)	−0.58 0.06	210 63	249 66	258 65	246 68	248 68	220 82	5 6	0.1 0.3	–
хаотическая										
Сложная	−0.52 0.06	230 34	321 31	–	366 63	361 60	319 72	7 4	10 5	7 3
фрактальная										

Примечание. В таблице приведены среднегрупповые значения с величиной ошибки среднего.

Таблица 2. Результаты расчета достоверности отличий признаков выполнения рефлексометрических задач

Сравниваемые признаки	t расчетный	df	$Sig.$ (2-tailed)
Между признаками скоростных задач			
Херст (фракт.)	−1.768	89	.081
Херст (хаос)			
Пропуск (фракт.)***	4.094	89	.000
Пропуск (хаос)			
Ф.ст (фракт.)	1.482	89	.142
Ф.ст (хаос)			
dt (фракт.)	−0.058	89	.958
dt (хаос)			
ВР звук (фракт.)	0.110	89	.912
ВР звук (хаос)			
$ dt $ (фракт.)**	2.774	89	.007
$ dt $ (хаос)			
ВР свет (фракт.)	1.606	89	.112
ВР свет (хаос)			
Между признаками в скоростных задачах			
ВР свет (фракт.)**	3.252	89	.002
ВР звук (фракт.)			
ВР свет (хаос)***	4.699	89	.000
ВР звук (хаос)			
Между признаками скоростной и дифференцировочной фрактальных задач			
Херст (скоростн.)***	4.385	89	.000
Херст (дифференц.)			
dt (скоростн.)**	−3.405	89	.001
dt (дифференц.)			
$ dt $ (скоростн.)***	−12.575	89	.000
$ dt $ (дифференц.)			
Ф.ст (скоростн.)	−1.704	89	.092
Ф.ст (дифференц.)			
ВР зел. (скоростн.)***	−17.667	89	.000
ВР зел. (дифференц.)			
ВР син. (скоростн.)***	−17.850	89	.000
ВР син. (дифференц.)			
ВР звук (скоростн.)***	−8.572	89	.000
ВР звук (дифференц.)			
Ф.ст (скоростн.)	−1.704	89	.092
Ф.ст (дифференц.)			
Пропуск (скоростн.)***	−10.439	89	.000
Пропуск (дифференц.)			

Примечание. ** Различия достоверны при $p \leq 0.001$, *** Различия достоверны при $p \leq 0.0001$. Представлены средние значения ВР на три зрительных стимула. ВР на отдельные зрительные стимулы приведены на рис. 2.

больше стимулов и при этом у них снижается стабильность сенсомоторного реагирования.

Обнаружены достоверные отличия значений ВР на акустический и зрительные раздражители: ВР на звук достоверно короче по сравнению с самыми быстрыми реакциями на световые стимулы. Эти высокосignимые различия характерны как для скоростных фрактальной и хаотической серий, так и для сложной дифференцировочной задачи. В последней задаче величина расчетного *t*-критерия Стьюдента равна 3.442, уровень значимости различия составляет .001.

Сравнивая между собой выполнение хаотической и фрактальной скоростной задач, можно отметить, что среднегрупповые величины индекса Херста, *dt*, число опережающих реакций локализацию стимулов на временной оси (так называемых фальстартов) различаются. Однако достоверными эти отличия не являются, что свидетельствует о неоднозначном характере связи количественных и качественных характеристик сенсомоторных реакций с динамическим режимом распределения межстимульных интервалов. Описательная статистика не позволяет сделать однозначных выводов о соотношении динамического режима распределения межстимульных интервалов и характеристик сенсомоторных реакций.

Вторым этапом в анализе полученных результатов является выполнение факторного анализа на группе испытуемых методом главных компонент. Оценка применимости факторного анализа для массива данных (критерий адекватности выборки Кайзера–Мейера–Олкина) показал более чем приемлемую адекватность (.772). Критерий сферичности Бартлетта, оценивающий многомерную нормальность для распределения переменных, подтвердил хорошую применимость факторного анализа для данной выборки испытуемых ($\chi^2 = 2964.320$, $df = 351$, $Sig = .000$).

В табл. 3 приведена преобразованная (метод главных компонент, *varimax*-вращение с нормализацией Кайзера, вращение сошлось за 13 итераций) матрица факторных нагрузок, которая содержит 4 компонента, описывающих 68.5 накопленных процентов дисперсии. Первый компонент с собственным значением, равным 10.3, содержит максимальный процент дисперсии (38.0). В него включены значения времени реакции на все три типа зрительных стимулов всех сенсомоторных задач с факторными нагрузками от 0.89 до 0.81, а также $|dt|$ во всех задачах и число фальстартов в сложной дифференцировочной задаче. Последние два признака характеризуют индивидуальную меру устойчивости сенсомоторных реакций. Пер-

вый фактор может быть назван фактором зрительной модальности и устойчивости сенсомоторных реакций испытуемых. Следовательно, имеются все основания отвергнуть нулевую статистическую гипотезу о случайных связях скорости и точности реагирования в отношении зрительной модальности во всех использованных сенсомоторных задачах.

Во втором компоненте (процент дисперсии – 17.2) с собственным значением в 4.6 максимальную факторную нагрузку имеют *dt*, ВР на звуковой стимул и число фальстартов только в хаотической скоростной задаче. Корреляционный анализ показал сильные отрицательные связи числа фальстартов и значений *dt*, а также ВР на звук в скоростных задачах, диапазон конкретных значений которых равен от –0.63 до –0.77. Скорость реагирования, таким образом, определяется значением ВР на звуковой стимул и числом опережающих реакций. Второй фактор, следовательно, может быть назван фактором скорости реагирования в хаотической серии.

Скоростные признаки фрактальной скоростной серии сконцентрированы в третьем компоненте (см. табл. 3), определяющем 7.3% дисперсии и имеющем собственное значение, равное 1.9. В третьем факторе имеют максимальную факторную нагрузку ВР на звук, *dt* и индекс Херста, который только для фрактальной скоростной задачи четко локализован в единственном факторе. Индекс Херста в хаотической скоростной задаче и дифференцировочной фрактальной задаче имеют черты “странных результатов”, т.к. оба индекса Херста (херст ск. хаос и херст дифф. фрактал) ни в одном факторе не имеют факторной нагрузки более 0.5. Таким образом, третий фактор нагружен скоростными и стохастическими признаками сенсомоторных реакций во фрактально организованной скоростной задаче. Следовательно, скоростные признаки сенсомоторных реакций в разных скоростных задачах вошли в разные факторы и сформировали свои самостоятельные структуры, что позволяет опровергнуть нулевую статистическую гипотезу о случайном соотношении скоростных свойств сенсомоторного реагирования с динамической организацией сенсорных потоков.

Относительно параметров дифференцировочной задачи можно сказать, что большинство скоростных признаков распределилось по всем факторам, вместе с тем число ошибок и пропусков стимулов локализуются в четвертом, последнем, имеющем определенный смысл компоненте с факторными нагрузками в 0.74 и 0.54, что дает основания для обозначения этого фактора как

Таблица 3. Преобразованная матрица факторных нагрузок

Переменные	Component			
	1	2	3	4
$ dt $ ск. сер. хаос	.902	.265	.117	-.167
ВР кр. ск. сер. хаос	.888	.228	.179	-.130
ВР зел. ск. хаос	.883	.231	.174	-.177
ВР син. ск. хаос	.882	.257	.205	-.113
ВР кр. ск. фрактал	.881	-.190		
ВР зел. ск. фрактал	.871	-.233	.114	
ВР зел. дифф. фрактал	.863			
ВР син. ск. фрактал	.862			
$ dt $ ск. фрактал	.856		-.225	-.146
ВР син. дифф. фрактал	.806	.110		
Фальш. дифф. фрактал	.755	-.313	-.148	.375
$ dt $ дифф. фрактал	.726	.160	-.170	.493
ВР зв. дифф. фрактал	-.487	.401		.106
Проп. ск. фрактал	.390	-.271		.201
dt ск. хаос	.460	.791	-.112	-.176
ВР зв. ск. хаос	.355	.721	-.191	-.156
Фальш. ск. хаос	.247	-.709	.305	.202
dt дифф. фрактал	-.547	.569		-.200
ВР зв. ск. фрактал		.339	-.833	
Херст ск. фрактал			.801	.155
dt ск. фрактал		.532	-.706	
Фальш. ск. фрактал	.479	-.514	.573	
Проп. ск. хаос			.227	
Ошибки дифф. фрактал	-.261	-.305	.120	.745
Проп. дифф. фрактал	-.435	-.375	-.133	-.541
Херст дифф. фрактал				-.441
Херст ск. хаос	-.254	-.106	.210	.327

фактора качества выполнения дифференцировочной задачи. Это позволяет частично отклонить нулевую статистическую гипотезу о неслучайном характере связи параметров сложной задачи только в отношении качества ее выполнения. Однако описательная статистика дает основания для заключения о достоверном снижении скорости реагирования большинства испытуемых в сложной задаче по сравнению со скоростной.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Анализ всех результатов выполнения рефлексометрических серий свидетельствует о том, что в целом для студентов фрактальная динамика сенсорных потоков не является оптимальной, т.к. величина индекса Херста для этого динамического режима ниже по сравнению с хаотическим режимом при большем числе пропусков и фальстартов. Возможно, что такая картина выполне-

ния скоростных рефлексометрических серий с разной динамической структурой типична для женщин, т.к. абсолютное большинство испытуемых в выборке (более 90%) – это девушки. Подтверждение этого предположения можно найти в диссертации И.Г. Викторовой [2], выполненной на юношах технических специальностей и девушках-педагогах. Ею было показано, что юноши выполняют рефлексометрические задания с более высоким значением индекса Херста, чем девушки, при этом у юношей его величина во фрактальной серии достоверно выше, чем в хаотической. Можно сказать, что в стохастические характеристики перцепции и организации сенсомоторных реакций вносит вклад еще один плохо изученный фактор – полоспецифические особенности испытуемых. Хаос соответствует среде с высокой степенью неопределенности и выявленные в работе факты, возможно, со временем получат свое экспериментальное подтверждение. Основанием для такого предположения является обнаружение

различной структуры признаков сенсомоторных реакций в хаотической и фрактальной сериях, локализованных в разных факторах.

Одним из постоянных фактов, получаемых нами на разных выборках испытуемых, является снижение скорости сенсомоторных реакций, степени связности моторных реакций между собой и снижение качества сенсомоторных реакций в сложной задаче по сравнению со скоростной [2, 4–7]. Эта закономерность находит свое частичное подтверждение в исследовании, выполненном на другой модели восприятия. Аналогичное заключение о снижении стохастических проявлений динамики сложных систем (перцептивного процесса, в частности) при увеличении когнитивной нагрузки было сделано еще в одной работе [12].

Известно по литературным источникам, что ВР на зрительные стимулы у взрослых больше, чем ВР на акустические раздражители [1, 7]. Как было показано в нашей работе [3], выполненной на дошкольниках, значения времени реакции на зрительные и акустические стимулы, предъявляемые поодиночке в случайном порядке, имеют такое же соотношение, что и у взрослых. Вместе с тем обоснованное отрицание нулевой статистической гипотезы о случайном характере соотношений количественных признаков сенсомоторных реакций с модальностью сенсорных стимулов, которые организованы в потоки с определенной динамической организацией, построено на локализации зрительных и слуховых раздражителей в разных факторах. Эти результаты в литературе не имеют прямых подтверждений. Нельзя исключить в этом случае прямого влияния вероятности сенсорной модальности, т.к. по условиям эксперимента вероятность зрительных стимулов составляла 0.75, а слуховых – 0.25. Верификация влияния вероятности модальности на признаки сенсомоторного реагирования требует в дальнейшем отдельного исследования.

ВЫВОДЫ

1. Обнаружено достоверное возрастание средних значений времени реакции на все стимулы в сложной дифференцировочной задаче по сравнению со скоростными заданиями. На высоком уровне значимости показано, что в сложной дифференцировочной задаче возрастают пропуски стимулов, а также снижается связность отдельных моторных реакций между собой.

2. В целом по выборке испытуемых показаны отличия выполнения скоростных заданий в

сериях с разной динамической структурой межстимульных интервалов: во фрактальной серии зафиксирована меньшая связность отдельных моторных реакций между собой, при этом установлено, что испытуемые пропускают большее число стимулов.

3. Факторный анализ показал наличие определенной структуры признаков сенсомоторных реакций трех задач: максимально определенная структура, определяющая стабильность реакций, обнаружена для скорости реагирования на зрительные стимулы для всех задач. Скоростные свойства реагирования связаны со значениями времени реакции на акустический стимул; для хаотического и фрактального режимов эти признаки формируют свои определенные структуры в различных факторах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бойко Е.И. Время реакции человека. М.: Медицина, 1964.
2. Викторова И.Г. Личностные и индивидуальные особенности студентов, осваивающих различные образовательные программы: Автореф. дисс. ... канд. психол. наук. СПб., 2003.
3. Каменская В.Г., Косолапов В.П. Критерии нормального развития сенсомоторной сферы детей дошкольного возраста // Материалы Международной конференции “Ребенок в современном мире”. СПб., 2003. С. 18–20.
4. Каменская В.Г. Психофизиологические проявления хронотопы в старшем дошкольном возрасте // Учение А.А. Ухтомского и современная наука. СПб., 2000. С. 47–49.
5. Каменская В.Г. Дифференциальная психодиагностика развития речи у детей и их девиаций с опорой на специфику динамических процессов сенсомоторной интеграции // Материалы международного конгресса по детской психиатрии. М., 2001. С. 175–179.
6. Каменская В.Г. Практический метод использования методов точных наук в изучении интеллектуальной деятельности нормально развивающихся детей и их сверстников с речевыми расстройствами // Известия РГПУ. Психолого-педагогические науки. СПб., 2002. № 3. С. 89–93.
7. Каменская В.Г., Томанов Л.В. Психофизиология интеллекта. Теоретическое и экспериментальное исследование. Елец: Изд-во ЕГУ им. И. Бунина, 2008.
8. Наследов А.Д. Математические методы психологического исследования. Анализ и интерпретация данных. Учебное пособие. СПб.: Речь, 2004.

9. *Наследов А.Д.* SPSS компьютерный анализ данных в психологии и социальных науках. 2-е издание. СПб.: Питер, 2007.
10. *Урицкий В.М., Музалевская Н.И.* Фрактальные структуры в биологии // Биомедицинская информатика. СПб., 1990. С. 49–62.
11. *Федер Ф.* Фракталы. М.: Мир, 1991.
12. *Aks D.J.* Temporal and Spatial Patterns in Perceptual Behavior: Implication for Dynamical Structure // Chaos and Complexity in Psychology. The Theory of Nonlinear Dynamic Systems. N.Y.–L., 2009. P. 132–177.
13. Chaos and Complexity in Psychology. The Theory of Nonlinear Dynamic Systems. N.Y.–L., 2009.
14. *Hollis G., Kloos H., Van Orden G.* Origin of Order in Cognitive Activity // Chaos and Complexity in Psychology. The Theory of Nonlinear Dynamic Systems. N.Y.–L., 2009. P. 206–241.
15. *Kelso J.A.* Cognitive coordination dynamic // The dynamical systems approach to cognition / Ed. by W. Tschacher and J.P. Dauwalder, 2000. P. 43–67.
16. *Riley M., Turney M.* Variability and determinism of motor behavior // Journ. of motor behavior. 2002. V. 34. P. 154–167.
17. *Spivey M.* The continuity of mind. L., 2007.
18. *Yasue S., Munakato K., Kato H., Mori S.* Calculation of the power law index for time series by means of its fractal dimension // Fractals. 1996. V. 4. P. 70–84.

RAPID AND STOCHASTIC CHARACTERISTICS OF SENSOMOTOR RESPONSES TO DYNAMICALLY ORGANIZED VISUAL AND ACOUSTIC STIMULI

V. G. Kamenskaya*, L. V. Tomanov, I. M. Dekhanova*****

* *Corresponding member of RAE, Sc.D. (psychology), head of psychology and psychophysiology of the child chair, RSPU after A.I. Herzen, St. Petersburg;*

** *PhD, assistant professor, the same place;*

*** *PhD, assistant, the same place.*

Correlation of rate and stability of sensomotor reactions with the level of dynamic ordering of visual and acoustic stimuli as well as dependence on tasks' complexity and stimulus' modality were studied in group of students ($n = 90$). It was shown that all reactions on visual stimuli formed the group of the mostly connected attributes determining stability of responses in rapid and in complex tasks as well.

Key words: sensomotor reactions, chaotic and fractal modes of inter-stimuli intervals, rapid and stochastic attributes of sensomotor response.