

арксинусоидальному распределению соответствует значение $KH = 1,11$.

Другим подходом к оценке гистограммных характеристик стабилотрамм является использование как коэффициента эксцесса k_ε , изменяющегося от 1 до ∞ , так и контрэксцесса $k = k_\varepsilon^{-1}$, значение которого может меняться в пределах от 0 до 1. Рассеяние оценки контрэксцесса k приближенно аппроксимируется формулой

$$\delta(k) = \sigma(k) / k \approx \sqrt[4]{(\varepsilon^2 - 1)^3} / \sqrt{29N}$$

где ε – эксцесс распределения, а рассеяние оценок энтропийного коэффициента KH может быть найдено из соотношений $\sigma(K_H) = 0,9 / (kK_H (K_H N)^{0,5})$ и $\delta(K_H) = \sigma(K_H) K_H^{-1} = 0,9 / (kK_H^2 (K_H N)^{0,5})$.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гурфинкель В.С., Коц Я.М., Шик М.Л. Регуляция позы человека. – М.: Наука, 1965. – 256 с.
2. Скворцов Д.В. Клинический анализ движений. Стабилометрия. – М.: АОЗТ "Антидор", 2000. – 192 с.
3. Розенблюм М.Г., Фирсов Г.И. Стохастические автоколебания в системе регуляции вертикальной позы тела человека. I. Стратегия управления позой и динамическая модель // Биомеханика (София). Т. 24. – 1992. – С.34-41. II. Модельный и натурный эксперимент // Биомеханика (София). Т. 25. – 1992. – С.37-43.
4. Firsov G.I., Rosenblum M.G., Landa P.S. Deterministic 1/f fluctuations in biomechanical system // Noise in physical systems and 1/f fluctuations. – New York: AIP Press, 1993. – P. 716–719.
5. Rosenblum M.G., Firsov G.I., Kuuz R.A., Pompe B. Human Postural Control – Force Plate Experiments and Modelling // Nonlinear Analysis of Physiological Data. / Ed. by H.Kantz, J.Kurths and G.Mayer-Kress. – Berlin: Springer, 1998. – P. 283–306.
6. Винарская Е.Н., Кууз Р.А., Розенблюм М.Г., Фирсов Г.И. Методы нелинейной динамики в задачах оценки функционального состояния человека // Известия ТРТУ. Медицинские информационные системы. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2000, № 4 (18). – С. 7 – 10.
7. Кононов А.Ф., Слива С.С. Применение методов нелинейной динамики для анализа системы поддержания вертикальной позы человека // Российский журнал биомеханики. 2000. – № 2. – С. 70.
8. Колесников А.А., Слива С.С., Кононов А.Ф. Аналитическое конструирование агрегированных регуляторов: синергетическое управление биомеханическими системами // Управление и информационные технологии. Том. 1. – СПб.: СПбГЭТУ "ЛЭТИ", 2003. – С. 42–46.
9. Райбман Н.С., Капитоненко В.В., Овсепян Ф.А., Варлаки П.М. Дисперсионная идентификация / Под ред. Н.С. Райбмана. – М.: Наука, 1981. – 336 с.
10. Кууз Р.А., Фирсов Г.И. Применение методов компьютерной стабилотрии для решения задач функциональной диагностики в неврологии // Биомедицинская радиоэлектроника. 2001. – № 5–6. – С. 2433.

УДК 612.821

И.Н. Статников, Г.И. Фирсов

ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ КОМПЛЕКСНОГО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ВОСПРИЯТИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ ВИБРОТАКТИЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ ЧЕЛОВЕКОМ-ОПЕРАТОРОМ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

Исследования сложных биомеханических систем класса человек-оператор, находя-

щийся в экстремальной ситуации, можно отнести к числу информационно-управленческих, в которых сама система является человеко-машинной, поскольку сам человек берет на себя все или часть функций по управлению объектом [1].

В работах [2,3] представлены результаты цикла экспериментов с группой испытуемых. Эксперименты включали как визуальные воздействия на испытуемых, так и вибротактильные воздействия на кожу испытуемого, параметры которого и служили факторами для оценки “вибротактильного чувствования” испытуемого. В экспериментах принимало участие до 11 человек, ранее не обученных, пригодных по медицинским показаниям к участию в экспериментах (хотя, разумеется, сами эти показания у всех испытуемых различные). Все эксперименты подразделяются по условиям их проведения:

А) световая индикация зон пространства: сферическая поверхность кабины, где проводятся испытания, разбита на J зон, в каждой из них вспыхивает лампочка; время горения и паузы между зажиганиями лампочки формируются по закону равномерно распределенных по вероятности чисел; кабина ярко освещена; лампочки тускло горят (закрашены); тишина за кабиной не соблюдалась – группа А2;

Б) световая индикация зон пространства: содержание экспериментов такое же, как и в А2; кабина затемнена; лампочки горят ярко; вне кабины затемненное пространство – группа А1;

В) совместная индикация фиксированных зон пространства: световая и вибротактильная; кабина ярко освещена; лампочки горят тускло; тишина за кабиной не соблюдалась; испытуемые сидели в наушниках – группа В;

Г) вибротактильная индикация зон пространства: каждой из зон сферической поверхности кабины соответствует сигнал определенной кодировки, реализуемый соответствующей комбинацией вибротактильных индикаторов (датчиков), установленных на теле испытуемого; кабина ярко освещена; внекабинное пространство освещено; лампочки не горели; испытуемые одевали наушники. – группа АВ.

Обработка экспериментальных данных по всем группам экспериментов проводилась по трем критериям качества работы испытуемых: f – частота правильных ответов (или эмпирическая вероятность правильного ответа для одного испытуемого); $T1$ – время восприятия и переработки информации, с; $T2$ – общее время выполнения всей работы, с.

Следующим этапом обработки экспериментальной информации был дисперсионный анализ, позволяющий выделить и оценить отдельные факторы (фактор субъекта, фактор индицируемой зоны, фактор времени и обученности), вызывающие изменчивость средних значений анализируемых критериев качества выполнения требуемой работы испытуемыми. При этом проверка значимости оценок дисперсий случайной величины производилась при помощи таблиц значений статистики Фишера (параметрический критерий значимости Фишера).

Если вычисляемое (наблюдаемое) значение F окажется меньше табличного (при одних и тех же степенях свободы и при одном и том же уровне значимости), то не имеется оснований приписывать какое-либо значение влиянию рассматриваемого фактора на изменчивость средних значений рассматриваемой случайной величины; если же наблюдаемое значение F окажется больше табличного, то рассматриваемый фактор неслучайно влияет на изменчивость средних значений, т.е. в этом случае имеем дело с существенно неоднородной выборкой. Анализ таблиц 1 и 2 показывает, что даже при уровне значимости $p = 0,005$ во всех группах экспериментов каждый из факторов H, J и L оказывает существенное, неслучайное влияние на каждый из рассматриваемых критериев, т.е. во всех случаях для каждого фактора $F_{эмп} > F_{0,005}$. Значит, с вероятностью $P \geq 1 - 0,005 = 0,995$ каждый из указанных факторов оказывает существенное влияние на анализируемые критерии (фактор субъекта (H), фактор индицируемой зоны (J), фактор времени обученности (L)).

Таблица 1

Группа	k	Факторы	Степени свободы		$F_{эмп}$	Теоретические значения F при различных значениях p			Примечания
			v_1	v_2		0,050	0,025	0,005	
АВ	1	H	8	1980	3,758	1,940	2,190	2,740	$J(1 \div 11) L(1;2)$
		J	10	1978	2,732	1,845	2,065	2,550	$H(1;3 \div 8;10;11), L(1;2)$
		L	1	1987	9,988	3,840	5,020	7,880	$H(1;3 \div 8;10;11), J(1 \div 11)$
	2	H	8	1917	80,620	1,940	2,190	2,740	$J(1 \div 11) L(1;2)$
		J	10	1915	3,678	1,845	2,065	2,550	$H(1;3 \div 8;10;11), L(1;2)$
		L	1	1924	179,328	3,840	5,020	7,880	$H(1;3 \div 8;10;11), J(1 \div 11)$
	3	H	8	1917	53,439	1,940	2,190	2,740	$J(1 \div 11) L(1;2)$
		J	10	1915	22,683	1,845	2,065	2,550	$H(1;3 \div 8;10;11), L(1;2)$
		L	1	1924	147,162	3,840	5,020	7,880	$H(1;3 \div 8;10;11), J(1 \div 11)$
В	1	H	6	2513	16,054	2,090	2,410	3,090	$J(1 \div 12) L(1 \div 3)$
		J	11	2508	4,316	1,798	2,003	2,455	$H(1;2;5 \div 8;11), L(1 \div 3)$
		L	2	2517	23,008	2,990	3,690	5,300	$H(1;2;5 \div 8;11), J(1 \div 12)$
	2	H	6	2343	67,283	2,090	2,410	3,090	$J(1 \div 11) L(1 \div 3)$
		J	11	2338	6,554	1,798	2,003	2,455	$H(1;2;5 \div 8;11), L(1 \div 3)$
		L	2	2347	214,452	2,990	3,690	2,455	$H(1;2;5 \div 8;11), J(1 \div 12)$
	3	H	6	2343	11,317	2,090	2,410	3,090	$J(1 \div 11) L(1 \div 3)$
		J	11	2338	11,922	1,798	2,003	2,455	$H(1;2;5 \div 8;11), L(1 \div 3)$
		L	2	2347	357,723	2,990	3,690	2,455	$H(1;2;5 \div 8;11), J(1 \div 12)$

Такой вывод находит косвенное подтверждение в результатах, приведенных в [3], поскольку усредненные “генеральные” значения всех трех критериев вычислялись по существенно неоднородным выборкам, то доверительные интервалы для случайных значений этих критериев при отсутствии знания вида функций распределения, носят не содержательный или непрактический характер. Так для частоты правильных ответов всюду получен доверительный интервал $[0;1]$. Разумеется, если для частоты правильных ответов принять нормальное распределение, то при $p = 5\%$ уровне значимости для всех трех групп экспериментов нижняя граница этого доверительного интервала вырастает и примерно во всех случаях доверительный интервал сужается – $[0,4;1]$. Для критериев T_1 и T_2 доверительные интервалы их значений настолько широки, что лишают всякой почвы для сравнения эффективности различных способов индикации зон пространства. Таким образом, необходимо решить задачу дефиниции однородных выборок для всех групп экспериментов и по каждому критерию качества работы испытуемых.

Таблица 2

Группа	k	Факторы	Степени свободы		$F_{эмп}$	Теоретические значения F при различных значениях p			Примечания
			v_1	v_2		0,050	0,025	0,005	
A2	1	H	5	7194	40,927	2,210	2,570	3,350	$J(1\div 30) L(4\div 7)$
		J	29	7170	12,395	1,424	1,515	1,708	$H(1;3;6;8;10;11), L(4\div 7)$
		L	3	7196	89,743	2,600	3,120	4,280	$H(1;3;6;8;10;11), J(1\div 30)$
	2	H	5	5251	25,565	2,210	2,570	3,350	$J(1\div 30) L(4\div 7)$
		J	29	5227	29,153	1,424	3,120	1,708	$H(1;3;6;8;10;11), L(4\div 7)$
		L	3	5253	4,525	2,600	2,570	4,280	$H(1;3;6;8;10;11), J(1\div 30)$
	3	H	5	5251	16,553	2,210	2,570	3,350	$J(1\div 30) L(4\div 7)$
		J	29	5227	34,785	1,424	3,120	1,708	$H(1;3;6;8;10;11), L(4\div 7)$
		L	3	5253	9,930	2,600	2,570	4,280	$H(1;3;6;8;10;11), J(1\div 30)$
A1	1	H	7	7192	20,093	2,015	2,300	2,915	$J(1\div 30) L(1\div 3)$
		J	29	7170	6,927	1,424	1,515	1,708	$H(1;3\div 6;8;10;12), L(1\div 3)$
		L	2	7197	199,457	2,990	3,690	5,300	$H(1;3\div 6;8;10;12), J(1\div 30)$
	2	H	7	6630	145,800	2,015	2,300	2,915	$J(1\div 30) L(1\div 3)$
		J	29	6608	24,390	1,424	1,515	1,708	$H(1;3\div 6;8;10;12), L(1\div 3)$
		L	2	6635	270,562	2,990	3,690	5,300	$H(1;3\div 6;8;10;12), J(1\div 30)$
	3	H	7	6630	239,314	2,015	2,300	2,915	$J(1\div 30) L(1\div 3)$
		J	29	6608	37,423	1,424	1,515	1,708	$H(1;3\div 6;8;10;12), L(1\div 3)$
		L	2	6635	277,451	2,990	3,690	5,300	$H(1;3\div 6;8;10;12), J(1\div 30)$

Ввиду сложности проведенных экспериментов (наличие человеческого фактора и многофакторность самих условий проведения экспериментов) необходимо теперь провести детальный дисперсионный анализ по каждой группе экспериментов и для каждого фактора.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шеридан Т.Б., Феррелл У.Р. Системы человек-машина: Модели обработки информации, управления и принятия решений человеком-оператором. – М.: Машиностроение, 1980. – 399 с.
2. Статников И.Н., Фирсов Г.И. Методика планирования экспериментальных исследований взаимодействия зрительного и вибротактильного каналов передачи сенсорной информации // Известия ТРТУ. Тематический выпуск. Медицинские информационные системы. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2002. – № 5.

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 нейроноподобных 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 нейроноподобных 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.