

характеризующуюся наименьшим значением когерентности. Состояние транса было достигнуто уже через минуту после начала исследования. Фаза поиска состояния «покоя-готовности» двумя другими испытуемыми продолжалась значительно дольше (5 и 7 мин. у Ni и Sg, соответственно). Максимальные значения когерентности соответствовали собственно состоянию транса.

Процесс перехода в трансовое состояние разных испытуемых отличался также и по энергетической составляющей: у испытуемого Ms наблюдалось значительное снижение энергетики кинетограммы, тогда как средние спектральные мощности по плоскостям X и Y у двух других испытуемых существенно не менялись.

Результаты исследования позволяют идентифицировать различные фазы состояния спокойного бодрствования и выявляют разнообразие стратегий направленного изменения состояния сознания.

УДК 612.821

МЕТОДИКА ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЗРИТЕЛЬНОГО И ВИБРОТАКТИЛЬНОГО КАНАЛОВ ПЕРЕДАЧИ СЕНСОРНОЙ ИНФОРМАЦИИ

И.Н.Статников, Г.И.Фирсов

*Институт машиноведения им. А.А.Благонравова РАН,
101990 Москва М.Харитоньевский пер., 4*

Вопросы исследования взаимодействия зрительного и вибротактильного афферентных каналов передачи сенсорной информации представляют большой интерес как с точки зрения медицинских [1] и психодиагностических [2] приложений, так и в задачах синтеза современных эргатических систем "человек - машина - среда" [3], в которых человек берет все или часть функций по управлению системой. Проведение подобных экспериментов существенно усложнено большим количеством действующих контролируемых и неконтролируемых факторов, оказывающих влияние на результаты экспериментов, что требует огромного числа экспериментов. Например, если принять во внимание 10 факторов (в частности, влажность и температуру воздуха, освещенность, психофизиологические параметры функционального состояния человека и т.д.), каждый из которых меняет свои значения только на двух уровнях, то общее количество экспериментов составит $N = 2^{10} = 1024$. Ситуация осложняется тем, что многие факторы не поддаются контролю или точному учету (например, многие психофизиологические параметры человека). Следовательно, любой результат таких экспериментальных исследований - случайный, и его оценка носит вероятностный характер [4]. В этом случае повышение

доверительной вероятности P полученных результатов связано с еще более резким увеличением числа экспериментов N . Так, пусть результаты экспериментов по какому-либо критерию (например, частоте правильных опознаний сигнала) подчиняется нормальному распределению со средним значением частичной совокупности, равным \bar{x} . Тогда общее среднее значение гипотетической генеральной совокупности \bar{x}_0 лежит в пределах $\bar{x} \pm \Delta x$, где $\Delta x = t_{1-\alpha} S / \sqrt{N}$, S^2 - эмпирическая оценка дисперсии частичной совокупности, $P = 1 - \alpha$ - доверительная вероятность, $t_{1-\alpha}$ - параметр распределения Стьюдента. Если задать $P = 0,99$, коэффициент размаха (изменчивости) выборки $v = S / \bar{x} = 0,2$ и при этом потребовать, чтобы $\Delta x / \bar{x} = 0,01$, то получим, что $N = 400 t_{1-\alpha}^2$. Ориентируясь на значение $t_{1-\alpha}$ при $P = 0,99$ и $N \rightarrow \infty$, т.е. $t_{0,01} = 2,33$, найдем, что с каждым испытуемым нужно проделать по $N = 2172$ экспериментов. Если же ужесточить требования к величине доверительной вероятности, то при тех же условиях, но для $P = 0,995$, получим, что $N = 400 t_{0,005}^2 = 400 \cdot 2,576^2 = 2654$.

Существенное уменьшение числа экспериментов при сохранении доверия к их результатам состоит в специальной организации исследования и разработке алгоритмов обработки информации, учитывающих конечный объем выборок. К специальной организации относится идея рандомизации проведения экспериментов (как во времени, так и в пространстве). Например, если из десяти принятых во внимание факторов пять являются неконтролируемыми, то вовсе не обязательно проводить по 1024 экспериментов с каждым испытуемым. Необходимо рандомизировать эксперименты в оставшемся пятимерном пространстве факторов, т.е. по специальным схемам организовать случайные сочетания двух уровней каждого из пяти параметров. Рандомизация экспериментов позволит существенно уменьшить влияние остальных неконтролируемых факторов на исход экспериментов. И тогда, для каждого испытуемого - $N = 2^5 = 32$ эксперимента. При этом детальное планирование экспериментов позволяет:

- а) определить объем экспериментов;
- б) определить области варьирования факторов, влияющих на результаты исследования;
- в) выбирать схемы экспериментов и методы обработки экспериментальных данных в каждом конкретном исследовании.

Первичная статистическая обработка собранного экспериментального материала основывается на принципе классификации числовых значений исследуемого параметра в однородные выборки. Это позволяет решить следующие вопросы:

- 1) получить разбиение группы испытуемых на подгруппы (вплоть до подгруппы из одного испытуемого);
- 2) существенно повысить статистическую достоверность моментных характеристик распределения какого-либо анализируемого параметра за счет укрупнения (гомогенизации) выборки;
- 3) резко сократить последующий объем экспериментов;
- 4) и, наконец, само по себе образование подгрупп позволяет проанализировать связь между исследуемым параметром и психофизиологическими характеристиками членов подгруппы.

Распознавание однородных совокупностей собранного статистического материала основывается на применении параметрических критериев Фишера и Стьюдента, малочувствительных к отклонениям

распределения случайной величины от нормального, и осуществляется на трех уровнях интегральной обработки: образование однородных выборок по исследуемому параметру для каждого испытуемого; образование однородных выборок с учетом проведенных серий экспериментов для каждого испытуемого (т.е. выявление возможной неоднородности статистического материала по времени); образование однородных выборок по каждому параметру для группы испытуемых. Разработанная методика, предназначенная для реализации такой первичной статистической обработки, основана на идее 4-х мерного информационного параллелепипеда, на осях которого определяются числовые значения следующих величин: h - номер испытуемого ($h = 1, H$); l - номер серии экспериментов ($l = 1, L$); i - номер реализации в l - той серии ($i = 1, I$); j - номер уровня (или градации) числового значения предъявляемого стимула в i -той реализации l -той серии ($j = 1, J$); в общем случае это может быть и векторная величина. Нетрудно видеть, что даже при небольших значениях I , H , L и J только по одному выходному параметру получаем значительное количество единиц числовой информации. Так, при $I = 20$, $H = 10$, $L = 10$ и $J = 10$, общее число единиц первичной числовой информации по одному выходному параметру $N_0 = I \cdot H \cdot L \cdot J = 20000$ единиц. Если же число выходных регистрируемых параметров m , то $N_0 = 20000 \cdot m$ и при $m = 3$ достигает 60000 единиц. Поэтому для сокращения времени счета целесообразно использование рекуррентных процедур вычисления оценок среднего и дисперсии.

Разработанная методика и соответствующее программное обеспечение использовалось при исследовании взаимосвязи вибротактильного и зрительного анализаторов.

В задачи проведенного цикла исследований, выполненных на специальной установке, обеспечивающей подачу вибротактильных воздействий [5] на кожные рецепторы человека в сочетании с определенными световыми стимулами, входило:

- 1) определение возможностей и способностей испытуемых принять и усвоить вибротактильную информацию;
- 2) определение способностей испытуемого на основе полученной вибротактильной информации принять правильное решение о пространственной ориентации источника сигнала, расположенного вне местонахождения испытуемого;
- 3) определение обучаемости и устойчивости приобретенных навыков восприятия и переработки вибротактильной информации;
- 4) определение степени дифференциальности "вибротактильного чувствования" пространства;
- 5) построение математических зависимостей (моделей) надежности и обучаемости испытуемого от различных существенных факторов его функционального состояния и особенностей деятельности.

Поскольку источником информации, подаваемой на вход тактильного канала, служили колебания вибратора (вибротактильного индикатора), передаваемые на кожу и оказывающие воздействия на механорецепторы кожи человека, анализ проводился с учетом следующих факторов:

- параметров стимула: величины усилия, развиваемого вибротактильным индикатором на коже человека; длительности стимулов, передаваемых на вибротактильный индикатор; интенсивности амплитуд, выдаваемых на вибротактильный индикатор; изменения частоты вибрационных раздражений; длительности пауз между посылками сигналов на вибротактильный индикатор;

- количества вибротактильных индикаторов;
- размеров вибротактильных индикаторов, площади контакта вибротактильных индикаторов с кожей;
- вида и уровня помехи;
- места расположения вибротактильного индикатора на теле человека;
- вариантов комбинации включения вибротактильного индикатора;
- индивидуальности испытуемого.

Все эксперименты разбивались на три группы с учетом только зрительного или вибротактильного каналов, а также при их совместной работе. В соответствии с разработанной методикой были проведены эксперименты по изучению и сравнительному анализу свойств зрительного и вибротактильного информационных каналов у 11 испытуемых. В качестве критериев оценки эффективности работы каналов принимались: частота правильного распознавания сигналов, время восприятия и переработки информации и общее время выполнения всего цикла.

По результатам проведенных исследований оказалось возможным сделать следующие выводы:

1) улучшение количественных показателей при использовании вибротактильного информационного канала может быть достигнуто по меньшей мере следующими путями:

- а) подбор испытуемых по определенным индивидуальным свойствам;
- б) предварительное глубокое обучение работе с использованием этого канала;

2) в экстремальных, но ограниченных условиях использование вибротактильного канала может компенсировать бездействие зрительного канала;

3) очень перспективно совместное использование двух каналов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зилов В.Е., Судаков К.В., Эпштейн О.И. Элементы информационной биологии и медицины. - М.: Изд-во Моск. гос. ун-та леса, 2000. - 248 с.
2. Общая психодиагностика. Основы психодиагностики, немедицинской психотерапии и психологического консультирования. / Под ред. А.А.Бодалева, В.В.Столина. - М.: Изд-во Моск. ун-та, 1987. - 304 с.
3. Денисов В.Г., Онищенко В.Ф. Инженерная психология в авиации и космонавтике. - М.: Машиностроение, 1972. - 316 с.
4. Готтсданкер Р. Основы психологического эксперимента. - М.: Изд-во Моск. ун-та, 1982. - 464 с.
5. Lindblom U. The Afferent Discharge Elicited by Vibrotactile Stimulation // IEEE Trans. On Man-Machine Systems. - 1970. - V.MMS-11, No.1. - P.2-5.