

4. Федотчев А.И., Бондарь А.Т., Ким Е.В. Адаптивное биоуправление с обратной связью и контроль функционального состояния человек //Успехи физиологических наук. – 2002. – Т.33. – №3. – С. 79–96.
5. Moss D. Heart Rate Variability (HRV) Biofeedback. //Psychophysiology today. – 2004. – V.1. – P. 4–12.

УДК 004.415.2

А.М. Унакафов, Е.И. Патана

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ПАЦИЕНТА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА КОЖНО-ГАЛЬВАНИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ

Проблема контроля и коррекции функционального состояния человека-оператора имеет высокую актуальность в современных условиях. Повышение требований к деятельности человека при взаимодействии со сложным оборудованием приводит к росту нервно-эмоциональной нагрузки и формированию устойчивых стрессовых состояний, развитию неврозов и психосоматических заболеваний. Для своевременного выявления негативных изменений функционального состояния, их профилактики и устранения важным является контроль получения объективных данных о состоянии пациента, в частности – эмоциональном.

Методы контроля эмоционального состояния человека начали разрабатываться еще в шестидесятые годы XX века, в настоящее время описаны десятки конкретных методов и приемов [2], рекомендуемых для использования в диагностических целях. В качестве индикаторов динамики эмоционального состояния человека рассматриваются разнообразные показатели, в частности электроэнцефалограмма, электромиограмма, кожно-гальваническая реакция, частота сердечных сокращений, тонус сосудов, величина диаметра зрачка и многие другие. Однако важной и не вполне решенной на данный момент проблемой является интерпретация зафиксированных изменений; известно, что изменения физиологических показателей может быть связано как с реакциями человека на внешние факторы, так и с фоновой спонтанной активностью. Высокая спонтанная активность, как правило, является признаком возбуждения, часто – неблагоприятного эмоционального состояния [1]. Помимо диагностической ценности, анализ спонтанной активности важен при разработке методов тренировки эмоционального самоконтроля человека.

В частности, одной из задач такого анализа является выявление характерных уровней спонтанной активности [3]. В данной работе рассматривается построение модели эмоционального состояния пациента на основе анализа кожно-гальванической реакции (КГР) в состоянии покоя и выявления трех наиболее характерных уровней фоновой активности.

Будем рассматривать физическую составляющую КГР как дискретную случайную величину ξ , подверженную влиянию большого числа факторов, и, как следствие, распре-

деленную по нормальному закону $\xi \in N(m, \sigma^2)$ с плотностью

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}\right).$$

Предположение о законе распределения справедливо в силу центральной предельной теоремы (теоремы Ляпунова).

Для случайной величины ξ экспериментально получена выборка ограниченного объема (x_1, x_2, \dots, x_N) , $x_i \geq 0$, $\forall i \in [0, N]$. В работе ставится и решается задача определения по элементам данной выборки трех фаз психоэмоционального состояния пациента: *спокойствия, среднего фонового возбуждения, высокого фонового возбуждения*.

Для определения оценок математического ожидания m и дисперсии σ^2 случайной величины ξ воспользуемся следующими формулами соответственно:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i, \quad S_x^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2, \quad (1)$$

где N – объем выборки. Оценки (1) являются состоятельными, а \bar{x} – несмещенной и эффективной.

В качестве значения уровня спокойствия X_0 целесообразным представляется использовать наиболее часто повторяющиеся значения случайной величины ξ , т.е. моду распределения. Однако, в силу того, что в процессе измерения КГР возможны проявления случайных факторов внешней среды (артефакты записи, дрейф нуля фазической составляющей КГР в следствие поляризационных эффектов), использование моды является не вполне оптимальным, что было подтверждено результатами экспериментов. Следовательно, необходима другая числовая характеристика распределения, позволяющая более корректно оценить уровень спокойствия. По известному в теории вероятности правилу *трех сигм* имеет место неравенство $p\{|\xi - m| < 3\sigma\}$, что означает практически полное сосредоточение нормальной случайной величины в интервале $((m - 3\sigma), (m + 3\sigma))$. Рассмотрим интервал наиболее вероятных значений для ξ , а именно: $((\bar{x} - S_x), (\bar{x} + S_x))$, который показан на рис. 1 серым цветом.

На указанном интервале найдем оценку математического ожидания случайной величины $\int_{\bar{x}-S_x}^{\bar{x}+S_x} xf(x) dx$. Для построения дискретного аналога указанного интеграла воспользуемся формулой левых прямоугольников $\Delta x \sum_{i=0}^{N-1} x_i f(x_i)$, $N = \frac{2S_x}{\Delta x}$, $x_i = \bar{x} - S_x + i\Delta x$, $x_0 = \bar{x} - S_x$, $x_{N-1} = \bar{x} + S_x - \Delta x$. Значение оценки рассматриваемого математического ожидания будет соответствовать значению X_0 .

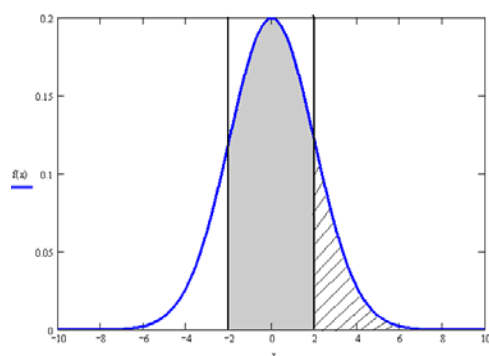


Рис. 1. Пример распределения случайной величины ξ

Значению уровня средней фоновой активности X_1 будет естественным поставить в соответствие точку перехода от наиболее часто повторяющихся значений x_i к менее повторяющимся на распределении случайной величины ξ , т.е. $X_1 = \bar{x} + S_x$, т.к. $\forall x_i \geq 0$, $\forall i \in [0, N]$.

Для нахождения значения уровня высокого фонового возбуждения X_2 найдем площадь фигуры, показанной на рис. 1 штриховкой. Эта фигура соответствует той части выборки, значения которой оказались выше среднего уровня фонового возбуждения. Вычисляется площадь этой фигуры по формуле $\int_{\bar{x}+S_x}^{x_{\max}} f(x) dx$, где x_{\max} – максимальное значение

исходной выборки, в нашем случае для дискретной случайной величины $\sum_{x_i=\bar{x}+S_x}^{x_{\max}} f(x_i) \Delta x$.

Так как необходимо найти не случайные всплески КГР, а именно средний уровень высокого фонового возбуждения, то решим интегральное уравнение относительно t : $\int_{\bar{x}+S_x}^t f(x) dx = \frac{1}{2} \int_{\bar{x}+S_x}^{x_{\max}} f(x) dx$, Для построения дискретного аналога указанного интегра-

ла вновь воспользуемся формулой левых прямоугольников: $\Delta x \sum_{i=0}^j f(x_i) = \frac{1}{2} \Delta x \sum_{i=0}^{N-1} f(x_i)$,

$N = \frac{x_{\max} - (\bar{x} + S_x)}{\Delta x}$, $x_i = \bar{x} + S_x + i\Delta x$, $x_0 = \bar{x} + S_x$, $x_{N-1} = x_{\max} - \Delta x$. Значению X_2 поставим в соответствие решение этого уравнения x_j .

Результаты работы метода на реальных результатах съема КГР представлены на рис. 2, а и 2, б.

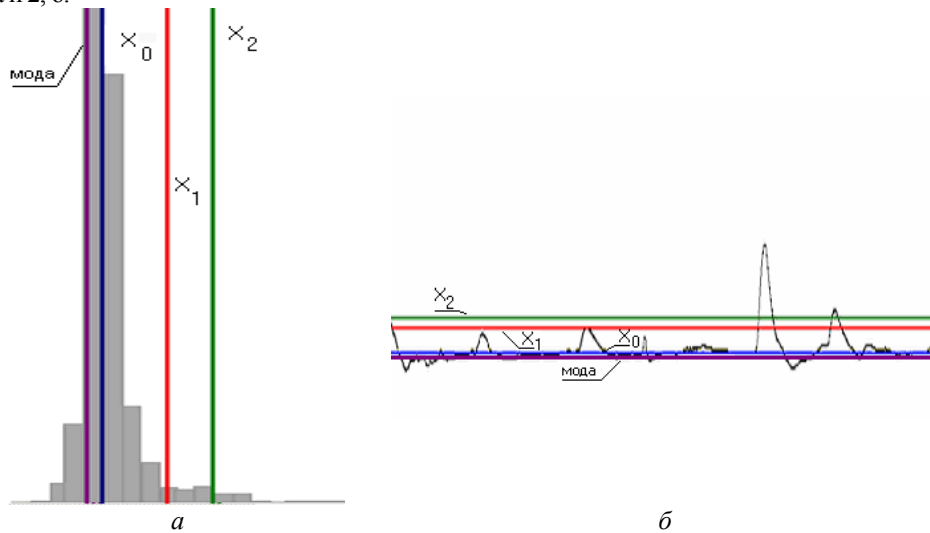


Рис. 2. КГР. а – уровни на гистограмме значений КГР; б – уровни на графике КГР

На рис. 2, а в дополнение к порогам изображена мода. На рис. 2, б несложно видеть, что X_0 обеспечивает оптимальное определение уровня спокойствия по сравнению с мо-

дой, значение которой в данном случае ниже. X_1 достаточно точно определяет уровень среднего фонового возбуждения. Из рисунков становится ясным физический смысл X_2 – чем чаще и сильнее превышает КГР уровень X_1 , тем сильнее X_2 отличается от X_1 . Относительно небольшое отклонение X_2 от X_1 в рассматриваемом примере связано с небольшим (2 раза) числом превышений реакцией уровня X_1 .

На основании анализа соотношения величин X_0 , X_1 и X_2 можно судить об эмоциональном состоянии человека. Так, очевидно, что небольшие отклонения X_2 и X_1 от X_0 свидетельствуют о спокойном состоянии пациента, а, напротив, существенные отклонения – о возбуждении или общем высоком уровне фоновой активности, который может быть связан, например, с высокой степенью концентрации на внутреннем мире характерной для интровертов. Различить эти две ситуации можно, например, с помощью психологического тестирования.

В качестве показателей эмоционального состояния пациента могут быть использованы, например $\frac{X_1}{X_0}$, $\frac{X_2}{X_0}$. В ряде методов физическая составляющая КГР рассматривается с учетом изолинии («дрейфующего нуля»). В этом случае $X_0 \approx 0$ и целесообразно использовать такие показатели, как $X_1 - X_0$ и $X_2 - X_0$. Следующим шагом представленной работы будет являться построение экспертной системы на основе представленной модели, что требует проведения дополнительных работ совместно с психофизиологами для более корректного моделирования оптимальных показателей и настройки индивидуальных для каждого пациента пороговых значений.

Результаты данной работы могут быть использованы как самостоятельно, так и в качестве промежуточных для получения более точной информации о состоянии пациента. В частности, перспективным представляется исследование психоэмоционального состояния с помощью анализа характеристик реакций, достигающих пороговых уровней (X_1 , X_2) – частоты их появления, спектральных и вероятностных характеристик и т.п.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Астапов В.М. Функциональный подход к изучению состояния тревоги//Психологический журнал. 1992. Т. 13. – №5. – С. 111.
2. Леонова А.Б. Психодиагностика функциональных состояний человека. – М.: МГУ, 1984. – 200 с.
3. Михалевская М.Б. О возможности использования некоторых свойств кожно-гальванического рефлекса при определении порога. «Доклады АПН РСФСР». – № 1. 1962.

УДК 612.8.04

А.В. Адамчук

ТЕХНОЛОГИЯ ПОВЫШЕНИЯ ПСИХИЧЕСКОЙ СТРЕССОУСТОЙЧИВОСТИ НА ОСНОВЕ БОС-ТРЕНИНГА

Информационная теория эмоций Симонова П.В. [1] указывает на два основных пути борьбы с негативными эмоциональными состояниями.