

**ОЦЕНКА ЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА МЕТОДОМ ЛИНЕЙНОГО
ДИСКРИМИНАНТНОГО АНАЛИЗА**

Нгуен Данг Куанг, Чан Зюй Хынг, Чу Нгок Хай

Научный руководитель: профессор, д.т.н. Д.К. Авдеева

Военно-Промышленный Колледж

Вьетнам, провинция Фу Тхо, ул. ТханьВинь, 20, 35912

E-mail: kqh1215@mail.ru

ASSESSMENT EMOTIONAL STATE OF A PERSON BY LINEAR DISCRIMINANT ANALYSIS

Nguyen Dang Quang, Tran Duy Hung, Chu Ngoc Hai

Scientific Supervisor: Prof., Dr. D.K. Avdeeva

Military Industrial College, Viet Nam, Phu Tho Province, District Thanh Vinh, 20, 35912

***Abstract.** In the present study, we classify emotional state into two groups: normal state and stressful state, according to the parameters of registered signals by developed hardware-software complex, based on the linear discriminant analysis (LDA) method. The registered signals are electrocardiography (ECG), electroencephalography (EEG), galvanic skin response (GSR). Method LDA is widely used in biomedical research, and in the problems of diagnosing diseases.*

Введение. Стресс как массовое явление ментального состояния широко распространен в различных странах. Ему подвержена значительная часть населения в различных странах. Например, по одному из исследований в США данная часть населения составляет 40%, в Японии – 60%, Австралии – 35%, а во Франции 40% [1]. В год по статистике, приведенной в [2] на ликвидацию последствий стресса в США расходуется 190 миллиардов долларов, а в странах Евросоюза – 20 миллиардов евро. Изучение теоретической литературы показало, что необходимо создание новых устройств и внедрение новых методов для определения и анализа стресса человека. В данной статье предложена математическая модель классификации эмоционального состояния на 2 группы по параметрам зарегистрированных сигналов разработанными аппаратно-программными комплексами (АПК), основанную на методе линейного дискриминантного анализа (ЛДА).

Поставку задачи: Целью эксперимента является классификация эмоционального состояния на нейтральное и стрессовое, вызывающее заметное отклонение от обычного состояния (стресс) у исследуемого. При этом регистрируются электрофизиологические сигналы (реакции) при ответах на нейтральные и стрессирующие вопросы, которые заранее заготовлены. Электрофизиологическим сигналом являются электрокардиография (ЭКГ), электроэнцефалография (ЭЭГ), определение кожно-гальванической реакции (КГР). Имеется также набор контрольных вопросов. Для данной работы наиболее подходит метод линейного дискриминантного анализа Фишера [3, 4]. Линейный дискриминантный анализ требует выполнения ряда предположений. Вектор наблюдений $\vec{X} = (x_1, x_2, \dots, x_p)^T$ должен относиться к одному из двух классов, имеющих многомерные нормальные распределения с различными математическими ожиданиями и одинаковыми матрицами ковариации.

Пусть X матрица наблюдений для нейтральных и стрессорирующих вопросов. Столбцы данной матрицы содержат реакции, как на нейтральные, так и на стрессорирующие вопросы.

$$X(p, m+n) = \begin{pmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1m+n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{p1} & \cdots & x_{pm+n} \end{pmatrix}$$

где m – количество нейтральных вопросов; n – количество стрессорирующих вопросов; p – количество параметров; x_{ij} значения параметров в i -ой строке и j -ой столбце. Имеется набор параметров, таких как изменение ЧСС, время реакции КГР, размах импульсов КГР, длительность импульсов ЭЭГ и т.д.

Первым шагом обработки данных является их нормировка, чтобы все значения были положительными. Нормировка выполняется по формуле $x_{ij}^h = \frac{(x_{ij} - x_{i\min})}{(x_{i\max} - x_{i\min})}$. Здесь $x_{i\min}, x_{i\max}$ – минимальные и максимальные значения параметров в i -ой строке. Далее индекс « h » будем опускать. Разобьем матрицу $X(p, m+n)$ на две матрицы, содержащие реакции на нейтральные и стрессорирующие вопросы соответственно.

$$X(p, m) = \begin{pmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1m} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{p1} & \cdots & x_{pm} \end{pmatrix}; Y(p, n) = \begin{pmatrix} y_{11} & \cdots & y_{1n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ y_{p1} & \cdots & y_{pn} \end{pmatrix}$$

Создаем две матрицы, содержащие среднее значение:

$$M_X = \begin{pmatrix} \mu_{x_1} \\ \vdots \\ \mu_{x_p} \end{pmatrix}; M_Y = \begin{pmatrix} \mu_{y_1} \\ \vdots \\ \mu_{y_p} \end{pmatrix},$$

где,

$$\mu_{x_i} = \frac{1}{m} \cdot \sum_{j=1}^m x_{ij}; \mu_{y_i} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{j=1}^n y_{ij}$$

Вычисляем выборочные ковариационные матрицы:

$$C_X = \frac{(X - M_X) \cdot (X - M_X)^T}{m-1}; C_Y = \frac{(Y - M_Y) \cdot (Y - M_Y)^T}{n-1}$$

После этого определим объединенную ковариационную матрицу C_{XY} следующим образом:

$$C_{XY} = \frac{(m-1) \cdot C_X + (n-1) \cdot C_Y}{m+n-2}$$

Коэффициенты дискриминантной функции определяются по формуле: $\vec{a} = (C_{XY})^{-1} \cdot (M_X - M_Y)$, где $(C_{XY})^{-1}$ – обратная матрица C_{XY} . Определяем значение дискриминантных функции нейтрального и стрессорирующего класса соответственно:

$$f_1 = (a^T \cdot X)^T = \begin{pmatrix} \sum_{i=1}^p a_i \cdot x_{i1} \\ \vdots \\ \sum_{i=1}^p a_i \cdot x_{im} \end{pmatrix}; f_2 = (a^T \cdot Y)^T = \begin{pmatrix} \sum_{i=1}^p a_i \cdot y_{i1} \\ \vdots \\ \sum_{i=1}^p a_i \cdot y_{in} \end{pmatrix}$$

Константа дискриминации вычисляется по формуле: $C = \frac{1}{2} \cdot (f_{1m} + f_{2m})$, где f_{1m}, f_{2m} – значение средней дискриминантной функции нейтрального и стрессирующего класса, определяется по формуле:

$$f_{1m} = a^T \cdot M_X = \frac{1}{m} \cdot \sum_{i=1}^k a_i \cdot \sum_{j=1}^m x_{ij}; f_{2m} = a^T \cdot M_Y = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^k a_i \cdot \sum_{j=1}^n y_{ij}$$

Результаты. После получения константы дискриминации можно провести классификацию новых объектов (контрольные классы). Пусть матрица $Z(p, k)$ содержит параметры контрольных вопросов, k – количество контрольных вопросов. Для того чтобы отнести эти вопросы к одному из двух классов, рассчитаем для них значения дискриминантных функций по формуле: $f_z = (a^T \cdot Z)^T$.

Если $f_{z_j} \geq C$ (j меняется от 1 до k), то неизвестный j -порядковый вопрос в матрице Z принадлежит к нейтральному классу. Аналогично, если $f_{z_j} < C$ то, неизвестный вопрос в матрице Z принадлежит к стрессирующему классу. Данный алгоритм был реализован в программном пакете Matlab. Пример результата обработки представлен на рисунке 1:

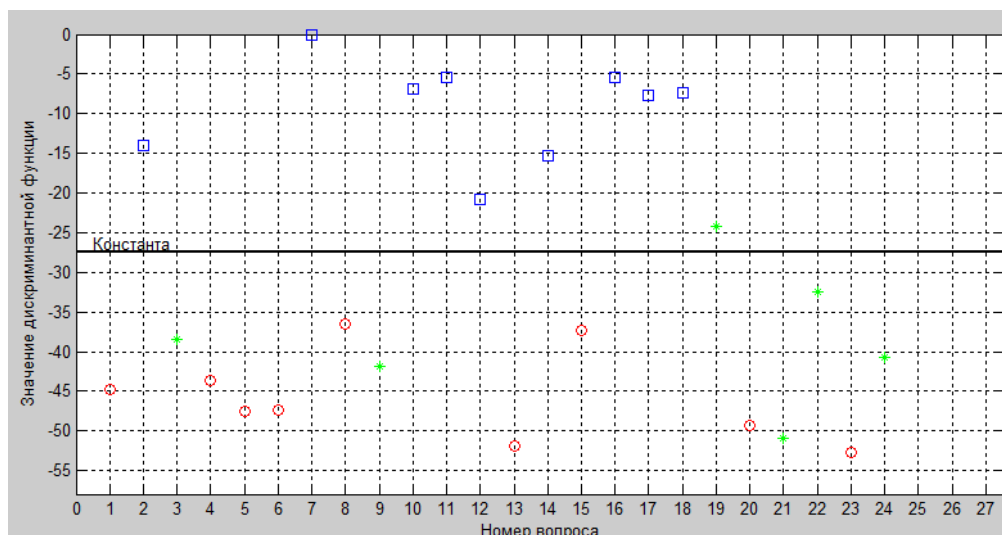


Рис. 1. Распределение вопросов на группы, исследуемый №4, где \square – нейтральные классы, \circ – стрессирующие классы, * – контрольные классы

Закключение. В ходе исследования была получена классификация эмоционального состояния человека на нейтральные и стрессирующие классы методом линейного дискриминантного анализа. Установлено, что данный метод широко используется в биомедицинских исследованиях, в частности, в задачах диагностики заболеваний.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Six New Stress Statistics from around the World [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://thebusylifestyle.com/stress-statistics-worldwide/#>
2. Depression [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs369/en/>
3. Аффифи, А. Статистический анализ: Подход с использованием ЭВМ / А. Аффифи, С. Эйзен. – М.: Мир, 1982. – 488 с.
4. Урбах, В.Ю. Статистический анализ в биологических и медицинских исследованиях / В.Ю. Урбах. – М.: Медицина, 1975. – 294 с.