



Рис. 1. Оптимальная разделяющая гиперплоскость.

ЛИТЕРАТУРА

1. Акулов Л.Г., Ю.П. Муха Адаптивные методы в электроэнцефалографических измерениях // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. 2007. №5. С. 45-51.
2. Sanei S., Chambers J. EEG signal processing. Chippenham: Wiley, 2007. 313 p.
3. Сафонов И.В., Акулов Л.Г. Спектрально-корреляционный метод разделения сигналов // XII Региональная конференция молодых исследователей Волгоградской области: тез. докладов. Волгоград: РПК "Политехник", 2008. С. 207-208.
4. Вапник В. Н. Теория распознавания образов. М.: Наука, 1974. 416 с.
5. Вапник В. Н. Восстановление зависимостей по эмпирическим данным. М.: Наука, 1979. 448 с.
6. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс: пер. с англ., 2-е издание. М.: "Вильямс", 2006. 1104 с.

E-mail: TinyLeo@mail.ru.

УДК 684.511

В.М. Еськов, д-р физ.-мат. наук, д-р биол. наук,
М.А. Филатов, канд. биол. наук, **Ю.В. Добрынин**, канд. мед. наук, **В.В. Еськов**
 (Сургутский государственный университет)

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЕЧЕБНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА С ПОМОЩЬЮ МАТРИЦ РАССТОЯНИЙ

Представлен новый метод оценки эффективности любого биологического воздействия на организм человека на базе расчета матриц расстояний в фазовом пространстве состояний.

Ключевые слова: фазовое пространство, квазиаттрактор, компартмент.

Для интегративной оценки эффективности лечебного или физкультурно-спортивного воздействия для разных групп пациентов или для разных групп лю-

дей, к которым применяются различные виды лечебных воздействий (физкультурных упражнений, разные виды спорта), предлагается новый алгоритм, базирующийся на оценке уровня флуктуаций вектора состояния организма человека (ВСОЧ) в фазовом пространстве состояний. Предлагаемый метод используется для групповых сравнений (разные группы людей или разные виды воздействий, – например, разные виды лекарств, лечебно-оздоровительных мероприятий, физических нагрузок или разные виды спорта), когда имеются несколько кластеров данных (каждый кластер для каждой группы обследуемых или каждого типа воздействий на группы обследуемых) и каждый кластер описывается своим вектором состояния организма человека, входящего в обследуемую k -ю группу в виде $x^k = (x_1^k, x_2^k, \dots, x_m^k)$, где нижний бегущий индекс i – номер диагностического признака x_i^k (параметра организма обследуемого), а k – номер кластера (номер группы испытуемых или номер конкретного воздействия – лекарства, физического упражнения и т.д.).

Для каждого вектора x^k в одном и том же фазовом пространстве состояний размерностью m ($i = 1, 2, \dots, m$) имеются одинаковые наборы компонент (диагностических признаков) x_i^k , которые в свою очередь имеют наборы (общим числом n , где n – число пациентов в k -й группе, а j – номер пациента в группе) конкретных множеств значений самих диагностических признаков по каждой из координат x_i^k , которые описывают состояние каждого (f -го) пациента (из кластера k) в виде точек на соответствующих осях x_i^k в m -мерном фазовом пространстве состояний (ФПС). Таким образом, каждая группа обследуемых на i -й оси x_i имеет свою совокупность n точек (они нумеруются по j , т.е. $j = 1, 2, \dots, n$), из которой выделяются крайне левые координаты ($x_{i \min}^k$) и крайне правые координаты ($x_{i \max}^k$). Разность этих величин ($(x_{i \max}^k - x_{i \min}^k) = D_i^k$) образует отрезок в ФПС, а совокупность для k -й группы обследуемых всех таких отрезков (граней) в m -мерном фазовом пространстве образует m -мерный параллелепипед, который представляет в ФПС определенный квазиаттрактор КА объемом V_g^k , внутри которого движется ВСОЧ (всех n обследуемых, составляющих определенную группу или на которых влияют определенным типом воздействия (вид лекарства, вид спорта и т.д.)). Каждый такой квазиаттрактор имеет свои параметры: объем

k -го квазиаттрактора $V_g^k = \prod_{i=1}^m D_i^k$, центр k -го квазиаттрактора

$x_c^k = (x_{1c}^k, x_{2c}^k, \dots, x_{mc}^k)$, и свое положение в ФПС. Все P объемов ($k = 1, 2, \dots, p$) всех КА образуют вектор объемов КА $V_g = (V_g^1, V_g^2, \dots, V_g^p)^T$, где P – общее число кластеров (групп пациентов, видов лечебного воздействия или видов физических нагрузок), для которых (объемов КА) рассчитывается матрица расстояний $Z = \{z_{kf}\}_{k,f=1,\dots,p}$ между центрами этих квазиаттракторов (между k -м и f -м ква-

зиаттракторами в ФПС), т.е. берется разность между соответствующими координатами центра k -го квазиаттрактора (x_{ic}^k) и f -го квазиаттрактора, возводится в квадрат, суммируется по всем i (от 1 до m) и из полученной суммы извлекается квадратный корень.

Полученное расстояние между центрами k -го и f -го КА количественно представляет степень близости (или, наоборот, удаленности) этих двух сравниваемых квазиаттракторов в фазовом пространстве состояний, что является интегративной мерой оценки эффективности лечебного или физкультурно-спортивного воздействия.

Если Z_{kf} имеет наибольшее расстояние между КА до и после лечения, – например, для конкретного k -го лекарственного препарата (или физкультурно-спортивного воздействия) из общего набора P препаратов (воздействий), действующих на приблизительно одинаковую группу испытуемых (пациентов с одинаковой нозологической единицей) при переборе всех $f = 1, 2, \dots, p$ и $k \neq f$, то этот k -й препарат считается наиболее эффективным из всех p препаратов.

Отметим, что метод апробирован в клинике метаболических нарушений, при женских, церебро-васкулярных и других патологиях. Пример мы представим из клиники инфекционных заболеваний. В этом случае мы изучали эффективность применения лечебных мероприятий для трех видов гепатитов вирусной этиологии.

Производились измерения биохимических показателей трех групп больных вирусным гепатитом А, В, С в разгар заболевания и в период реконвалесценции. Обработка данных в ФПС производилась до построения матриц.

Было проведено попарное сравнение расстояния между центрами для всех пар квазиаттракторов движения ВСО больных гепатитом А, В и С в период разгара заболевания.

На основе этих расчетов построена матрица межаттракторных расстояний движения ВСОЧ. При сравнении гепатита А и В в период разгара заболевания, $Z_{12} = 604.21$; гепатита А и С, $Z_{13} = 277.67$; гепатита В и С, $Z_{23} = 872.67$. Анализируя полученные данные, отмечаем, что при сравнении гепатита В и С межаттракторное расстояние движения ВСОЧ наибольшее и составляет $Z_{23} = 872.67$, при сравнении гепатита А и В этот показатель $Z_{12} = 604.21$, тогда как при сравнении гепатита А и С $Z_{13} = 277.67$.

После проведенного попарного сравнения расстояния между центрами двух квазиаттракторов движения ВСО больных гепатитом А, В и С в период реконвалесценции была также построена матрица межаттракторных расстояний движения ВСОЧ. При сравнении ВСОБ при гепатитах А и В в период реконвалесценции Z_{12} равно 86.72. Для гепатитов А и С, $Z_{13} = 77.17$; а для гепатита В и С, $Z_{23} = 20.45$.

Используя полученные данные, построили матрицу расстояний между центрами всех возможных квазиаттракторов для вирусных гепатитов А, В, С в период разгара заболевания и реконвалесценции.

Матрицы расстояний Z_{ij} между центрами квазиаттракторов для трех нозологических единиц (гепатиты А, В и С) для двух периодов измерений (разгар заболевания и период реконвалесценции)

Реконвалесценция				
Разгар		Гепатит А	Гепатит В	Гепатит С
	Гепатит А	$Z_{11} = 1\ 853.81$	$Z_{12} = 1\ 769.96$	$Z_{13} = 1\ 784.81$
	Гепатит В	$Z_{21} = 2\ 433.61$	$Z_{22} = 2\ 351.53$	$Z_{23} = 2\ 367.43$
	Гепатит С	$Z_{31} = 1\ 585.41$	$Z_{32} = 1\ 500.91$	$Z_{33} = 1\ 515.59$

Из построенной матрицы (см. таблицу) видно, что расстояние между центрами квазиаттракторов имеет абсолютное наибольшее значение при сопоставлении вирусного гепатита В в период разгара заболевания с вирусным гепатитом А в период реконвалесценции и составляет $Z_{21} - 2\ 433.61$, при сопоставлении с ВГВ и ВГС получаем $Z - 2\ 351.53$ и $2\ 367.43$ соответственно.

Наименьшее расстояние имеем между центрами квазиаттракторов при сопоставлении вирусного гепатита С в период разгара с реконвалесценцией гепатитов А, В, С: так, $Z_{31} - 1\ 585.41$, $Z_{32} - 1\ 500.91$, $Z_{33} - 1\ 515.59$ (см. таблицу). Среднее положение занимает сопоставление периода разгара при ВГА и ВГА, ВГВ, ВГС в период реконвалесценции $Z_{11} - 1\ 853.81$, $Z_{12} - 1\ 769.96$, $Z_{13} - 1\ 784.81$.

Отметим, что все эти расстояния значительно превосходят расстояния между центрами квазиаттракторов для трех типов вирусных гепатитов (А, В, С) в разгар заболевания и особенно в период реконвалесценции.

В последнем случае эти расстояния Z становились менее 100 условных единиц, в то время как сравнение Z разгара заболевания и периода реконвалесценции измеряется в тысячах условных единиц (почти на два порядка!).

Из таблицы видно, что наибольший лечебный эффект мы получили для вирусного гепатита В (здесь $Z_{22} = 2352$ у.е.) и наименьший – для вирусного гепатита С ($Z_{33} = 1516$).

По этим интегративным показателям можно оценивать и тяжесть заболевания для каждого отдельного человека в многомерном фазовом пространстве состояний, если рассчитывать расстояние Z_{ij} между точкой в ФПС для конкретного j -го человека и некоторым (уже ранее определенным) центром i -го аттрактора, представляющего i -й кластер больных.

Сейчас такие программы разрабатываются в НИИ БМК и уже внедряются в клинические исследования, но в настоящей работе эти исследования не представлены.

E-mail: fma@bf.surgu.ru.