



востребованной для таких приложений, где требуется визуализация сокращений сердца и не предъявляются повышенные требования к адекватности моделирования. Например, это могут быть разнообразные медицинские симуляционные обучающие системы [4].

Литература

1. Титомир, Л. И. Математическое моделирование биоэлектрического генератора сердца [Текст] / Титомир Л. И., П.Кнеппо – М.: Наука. Физматлит, 1999. – 447 с.
2. Баум, О.В. Моделирование электрической активности сердца [Текст] / О.В. Баум // Биофизика сложных систем и радиационных нарушений / О.В. Баум [и др.]; под ред. Г.М. Франка. - М.: Наука, 1977. – С. 119-129.
3. Дещеревский В.И. Математические модели мышечного сокращения [Текст] / Дещеревский В.И.; под ред. акад. Г.М. Франка. - М.: Наука, 1977. – 160 с.
4. Колсанов, А.В. Комплекс «Виртуальный хирург» для симуляционного обучения хирургии [Текст] / А.В. Колсанов, А.В. Ивашенко, А.В. Кузьмин, А.С. Черепанов // Медицинская техника. - 2013. – № 6. – С. 7–10.

Кузьмин В.А., Терещенко Н.В., Вагарина Н.С.

АНАЛИЗ МОЗГОВОЙ АКТИВНОСТИ: ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ВХОДНЫХ ДАННЫХ

(Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.)

Метод независимых компонент (МНК) [1-3] – это статистический метод обработки сигналов для восстановления данных независимых источников по смешанному сигналу этих источников. Сразу после появления МНК стал применяться при анализе биомедицинских сигналов и обработке изображений таких, как анализ электроэнцефалограммы (ЭЭГ), электрокардиограммы, магнитоэнцефалограммы. МНК был впервые применен для анализа электронных вызванных потенциалов (ЭВП) [4]. Исследования в области неврологии показали, что такие ЭВП, как П300, удовлетворяют трем основным требованиям к МНК приложениям: 1) независимость источников, 2) линейность смешивания данных источников, 3) независимость от времени модель смешивания.

Вначале многоканальные ЭЭГ данные обрабатываются с помощью МНК, затем производится выборка независимых компонент, основанная на исходной пространственно-временной информации П300, и, в завершение, применяется обратное преобразование. С помощью этих шагов восстановленные ЭЭГ-данные становятся более информативными и П300 легче выявляется. Для увеличения эффективности и устойчивости метода МНК имеет смысл дополнительно использовать частотно-полосную фильтрацию (ЧПФ) и метод основной компоненты (МОК).



Для выделения П300 необходимо проделать следующие три шага: 1) разложение входных данных на независимые компоненты с помощью МНК, 2) отбор нужных независимых компонент во временной и пространственной области и 3) обратное отображение с полученной МНК матрицы на входные ЭЭГ данные. Блок схема этих трёх шагов представлена на рисунке.

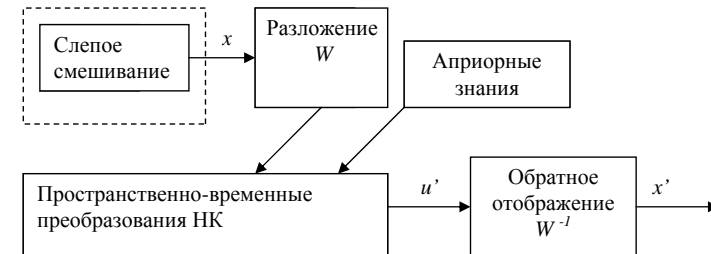


Рис. 1. Выделение П300 с помощью временных и пространственных преобразований над независимыми компонентами.

Процесс в пределах обведенной области рисунка невидим, здесь n независимых неизвестных источников $s=[s_1, s_2, \dots, s_n]$ смешиваются по линейному закону в n регистрируемых сигналах $\mathbf{x}=[x_1, x_2, \dots, x_n]$ (многоканальная ЭЭГ в нашем случае), заданному матрицей \mathbf{A} , $\mathbf{x}=\mathbf{A}\cdot\mathbf{s}$. В ходе разделения матрица \mathbf{W} применяется к \mathbf{x} для получения $\mathbf{u}=\mathbf{W}\cdot\mathbf{x}$. Если матрица \mathbf{W} может сделать различные компоненты u взаимно независимыми, то u может рассматриваться как приближение к s . Поскольку есть много различных функций для проверки независимости компонент u , этот путь поиска \mathbf{W} не единственный.

С помощью МНК максимизируется общая энтропия нелинейных функций отдельных выходов u , а также минимизируется взаимная информация между отдельными выходами u , делая их взаимно независимыми. После разложения производится временная обработка НК по методике оценки параметров нелинейной модели с помощью полного метода наименьших квадратов [5], [6].

Анализируются значения независимых компонент во времени, чтобы решить, должна ли компонента быть оставлена или убрана. Для этой цели используются латентность и амплитуда гребня или ямы волны. В случае с П300 НК с относительно большей амплитудой в данном диапазоне латентности остаются, а остальные - отсекаются. В данном случае диапазон латентности предполагается равным средним величинам тренировочных данных примерно от 250 до 400 мс.

Пространственная обработка НК более сложна. Должна ли компонента быть оставлена или убрана, определяется в соответствии с пространственным распределением НК и априорными физиологическими знаниями. Обозначим элемент в i строке и j колонке в \mathbf{W}^{-1} (обратной матрице к \mathbf{W}) как w'_{ij} , где

$$\mathbf{x} = \mathbf{W}^{-1} \cdot \mathbf{u}(t).$$



Обозначим j колонку \mathbf{W}^{-1} как \mathbf{w}'_j . Она отражает интенсивность распределения на каждом электроде j НК u_j .

Для удобства манипуляций с НК в пространственной области, трансформируем матрицу пространственной структуры \mathbf{W}^{-1} в порядковую матрицу \mathbf{M} той же размерности. Значение элементов m_{ij} в ней возьмем как порядковые номера значений w'_{ij} в колонке вектора \mathbf{w}'_j из \mathbf{W}^{-1} . К примеру, если наибольший элемент в колонке j это w'_{ij} , тогда $m_{ij}=1$. Если второй наибольший элемент в колонке j это w'_{ij} , тогда $m_{ij}=2$, и так далее. В соответствии с пространственным распределением мозговой активности, набор электродов $\mathbf{Q} = \{q_k\}$ выбирается таким образом, что q_k – это порядковый номер электрода, равный номеру строки многоканальной ЭЭГ матрицы \mathbf{x} . Для извлечения П300 эти электроды должны быть выбраны в теменной области (Cz, C1, C2), поскольку П300 наиболее выражен в ней. Правило пространственной манипуляции НК задается следующим образом:

$$\mathbf{u}^*_j = \begin{cases} \mathbf{u}_j, & \exists q_k \in \mathbf{Q}, m_{q_k j} \leq T \\ 0, & \text{в остальных случаях} \end{cases}$$

где T – это пороговое значение для отбора НК.

После преобразования \mathbf{u}^* , сохраняющего основную часть информации об источнике П300, остальные несущественные элементы обращаются в ноль.

После временной и пространственной обработки НК, вектор преобразованных компонент проецируется обратно на входные данные с помощью обратной проекции \mathbf{W}^{-1} для получения более явно выраженного П300.

$$\mathbf{x}' = \mathbf{W}^{-1} \mathbf{u}'$$

Альтернативная методика исследования мозговой активности описана в работах [7,8]. Она основана на исследовании областей мозга, отвечающих за те или иные функции. Но это достаточно сложная процедура, поэтому предлагаемая методика существенно более простая в вычислительном отношении.

Описанный алгоритм, основанный на НК, позволяет повысить точность распознавания П300. МНК разлагает ЭЭГ в информационные потоки и позволяет определить, какой компонент во времени и пространстве относится к П300. Идея временных и пространственных преобразований НК может быть использована не только для выделения П300, но также и при выделении и анализе других ВЭП.

Литература

1. Линник, Ю.В. Метод наименьших квадратов и основы теории обработки наблюдений / Ю.В. Линник. – М.: ГИФМЛ, 1958. – 334 с.
2. Hyvarinen, A. Oja Independent component analysis: Algorithms and applications / Hyvarinen, A., E. Oja // Neural Networks, vol. 13, pp. 411–430, Aug. 2000.
3. Львов А.А. Оценивание объема патологических областей мозга по изображениям магниторезонансной томограммы / А.А. Львов, П.П. Карташов // Вестник СГТУ, № 1(40), 2009. – С.90-100.



4. Makeig, S. Blind separation of auditory event-related brain responses into independent components / S. Makeig, T. P. Jung, A. J. Bell, T. J. Sejnowski // Proc. Nat. Acad. Sci., vol. 94, pp. 10 979–10 984, 1997.

5. Львов, А.А. Алгоритм оценки параметров математических моделей линейных и нелинейных систем / А.А. Львов, А.А. Северов // Вестник СГТУ, № 4(43), 2009. – С.77-81.

6. Львов, А.А. Анализ моделей метода наименьших квадратов и методов получения оценок / А.А. Львов, М.В. Мусаев // Вестник СГТУ, № 4(43), 2009. – С.137-141.

7. Львов, А.А. Оценивание объема патологических областей мозга по изображениям магниторезонансной томограммы / А.А. Львов, П.П. Карташов // Вестник СГТУ, № 1(40), 2009. – С.90-100.

8. L'vov, A.A. Parametric Approach for Brain Tissues Volume Measurements from 2D MRI / A.A. L'vov, P.P. Kartashov // Proceedings of the IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference Singapore, May 4-6, 2009, P. 1096-1099.

Е.А. Куленко

СКРИНИНГ ОНКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

(Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики)

Ключевые слова: онкологические заболевания, диагностика рака на ранней стадии, популяционный скрининг, информационные скрининговые системы.

Аннотация: тезисы посвящены обзорному рассмотрению методов диагностики онкологического заболевания, в частности использование технологий скрининговых тестов. Кратко описаны виды скрининга и критерии оценки эффективности. Выявлены наиболее популярные в России информационные скрининговые системы, а также изложено их функциональное назначение.

Злокачественные новообразования занимают второе место среди причин смерти в экономически развитых странах и третье место - в развивающихся. Во всём мире от рака погибает больше людей, чем суммарно от СПИДа, туберкулёза и малярии. [1] Для его лечения имеется достаточное количество хорошо проработанных методов, однако универсального лекарства не существует. И все же: обнаружение рака на 1 стадии позволяет вылечить его способами традиционной медицины в 95 % случаев (на последующих стадиях показатель значительно ниже). [2] Таким образом, своевременное выявление рака является очень важной и актуальной задачей. Существует множество способов диагностики раковых заболеваний, таких как:

- анализ крови на онкомаркеры,