

УДК 681.322

Нгуен Хай Винь (асп. каф. ИИТ), В.П. Шкодырев, д.т.н., проф.

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ МИОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

Создание интеллектуальных манипуляторов, особенно интеллектуальных протезов конечностей для пациентов с ампутированной ногой или рукой имеет большое социальное и гуманное значение. Как известно, идеология интеллектуального управления протезами заключается в использовании миоэлектрических сигналов (электрических сигналов мышечных сокращений), которые продолжают вырабатываться мозгом и после ампутирования. В этом процессе классификация данных сигналов занимает центральное место. В последние годы, в связи с бурным развитием теории нейронных сетей, исследователи получают новый мощный инструмент для решения этой задачи.

Целью данной работы являются анализ известных существующих методов и обоснование предложения применения нового метода классификации миоэлектрических сигналов с помощью нейронных сетей.

Основными типами нейронных сетей, используемых в качестве классификатора миоэлектрических сигналов, являются сети прямого распространения [1], динамические сети прямого распространения (выход сетей зависит не только от входа в настоящий момент, но и от его предыстории) [2]. Эти сети обучаются с помощью алгоритма обратного распространения ошибки (BackPropagation) [1,2] или с помощью анализа основных компонентов (РСА) [3]. Главная особенность применения этих нейронных сетей для классификации миоэлектрических сигналов состоит в том, что они требуют предварительного представления сигналов, т.е. определения характеристик сигналов, которые нужно подать на вход нейронных сетей. Такими характеристиками могут быть набор среднего абсолютного значения, дифференциального среднего значения, длительности сигнала, числа пересечений нуля [1,2], или характеристики, полученные с помощью преобразования Фурье, преобразования “wavelet”, “wavelet packet”, временно-частотного представления [3]. Естественно эти характеристики выбираются исследователями довольно субъективно, скорее всего, не могут выявить основополагающие составные сложных от природы миоэлектрических сигналов, что не позволяет реализовать в полной мере многофункциональное управление протезами.

В последнее время в теории нейронных сетей особое внимание получили сети, выполняющие анализ независимых компонентов (ICA - Independent Component Analysis). Это сети с самоорганизацией корреляционного типа.

Пусть имеется N-мерный вектор $s(t)=[s_1(t), \dots, s_N(t)]^T$, компоненты которого статистически взаимно независимы и ненаблюдаемы. Вектор $s(t)$ соответствует сигналам N независимых источников. И пусть в результате смешивания $s(t)$ посредством $M \times N$ матрицы A наблюдается M-мерный вектор данных $x(t)=[x_1(t), \dots, x_M(t)]^T$ в каждый момент времени t

$$x(t)=As(t), \tag{1}$$

где A – скалярная смешивающая матрица

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1N} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{M1} & a_{M2} & \dots & a_{MN} \end{bmatrix}.$$

Главная трудность заключается в том, что и $s(t)$, и A - неизвестны.

Суть анализа независимых коэффициентов состоит в том, чтобы найти линейное преобразование W сигнала x , которое давало бы выходные компоненты как можно более независимые статистически

$$u(t)=Wx(t), \quad (2)$$

где u – оценка независимых источников, которая точно восстановит s только в том случае, если W есть обратная матрица по отношению к A .

Для решения задачи (2) было предложено множество теорий, которые основаны на информационно-теоретическом подходе [4,5].

Таким образом, анализ независимых компонентов обнаруживает независимые составляющие, которые, возможно, являются источниками образования наблюдаемых данных в результате смешивания сигналов источников. Поэтому, на наш взгляд, применение анализа независимых компонентов для классификации миоэлектрических сигналов с помощью нейронных сетей позволяет избежать субъективного введения характеристик наблюдаемых сигналов и более объективно выявить скрытые независимые компоненты, которые в корне определяют многообразные и сложные движения конечностей и применить их для управления интеллектуальными протезами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Hudgins B., Parker P.A., Scott R.N. A new strategy for multifunction myoelectric control // IEEE Trans. Biomed. Eng., 1993. Vol. 40. No 1. P. 82-94.
2. Englehart K., Hudgins B., Stevenson M., Parker P.A. A Dynamic feedforward neural networks for subset classification of myoelectric signal patterns // 19th Annual International Conference of IEEE Engineering in Medicine and Biology Society / CMBEC 21, Montreal, 1995.
3. Englehart K., Hudgins B., Parker P.A., Stevenson M. Classification of the Myoelectric Signal using Time-Frequency Based Representations // Medical Engineering and Physics, 1999. Vol. 21. P. 431-438.
4. Lee T., Girolami M., Bell A.J. and Sejnowski T.J. A Unifying Information-Theoretic Framework for Independent Component Analysis // International Journal on Mathematical and Computers Modelling, 2000. Vol.39. P.1-21.
5. Балакин А.Ю., Нгуен Хай Винь, Шкодырев В.П. Интеллектуальные измерительные системы: информационно-аналитический подход к теории самоорганизации адаптивных моделей обработки данных // В сборнике докладов международной конференции «Датчики и Системы». С.-Петербург, 2002. Т.III. стр. 101-107.