

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ АНАЛИЗА РИТМОВ ЭЭГ ЧЕЛОВЕКА

Щербакова Т.Ф., Култынов Ю.И.,

Козлов С.В., Коробков А.А.

Казанский государственный

технический университет им. А. Н. Туполева

Одним из методов определения функционального состояния человека является метод анализа электрической активности головного мозга — электроэнцефалография (ЭЭГ). Для этого регистрируют электрические сигналы на поверхности головы человека. В ЭЭГ сигнале присутствуют так называемые ритмы — периодические колебания определённой частоты и амплитуды. Наличие одного из ритмов является признаком специфического функционального состояния человека: бодрствование, сон, умственная деятельность и др.

Существуют задачи, где необходимо с большой достоверностью определять, в каком состоянии находится человек, спит или бодрствует. Например, для контроля операторов, водителей, пациентов при проведении операционного вмешательства с общим наркозом. При этом состояние человека характеризуется наличием одного из ритмов в электрическом сигнале ЭЭГ. Поэтому задача создания радиоэлектронной системы, на основе результатов работы которой будет возможно определять функциональное состояние человека и момент перехода из одного состояния в другое, является актуальной.

Известно, что при переходе из одного состояния в другое начинает доминировать один из ритмов, что соответствует увеличению мощности сигнала ритма на фоне ЭЭГ. Так, при переходе из состояния бодрствования к состоянию сна происходит снижение мощности высокочастотных составляющих и увеличение мощности низкочастотных составляющих.

Для создания системы определения функционального состояния человека необходимо разработать алгоритм анализа и модель анализируемых сигналов. Согласно исследованиям распределение электрического потенциала сигнала ЭЭГ подчиняется гауссовскому закону. При этом доминирование одного из ритмов ЭЭГ можно рассматривать как результат прохождения случайного гауссовского процесса через узкополосную частотно избирательную цепь, а электрический сигнал ритма будет также случайным процессом.

Основной идеей разрабатываемого алгоритма анализа ритмов является определение на основе статистических данных наличие в сигнале ЭЭГ одного из ритмов. Для этого необходимо создать модель выделяемого сигнала или определить плотность распределения электрического потенциала ритма ЭЭГ.

В качестве модели ритма ЭЭГ сигнала используется случайный гауссовский процесс с нулевым математическим ожиданием (МО) и заданной дисперсией,

прошедший через линейную частотно-избирательную цепь. Так как для определения основных состояний человека — бодрствования и сна достаточно анализировать наличие или отсутствие одного из двух ритмов: a или b , сигналы которых лежат в разных частотных областях, можно использовать две частотно-избирательных цепи. Для формирования модели ритма в состоянии бодрости используется полосовой фильтр с полосой пропускания, соответствующей a - ритму, а для состояния сна - фильтр нижних частот с частотой среза ниже частоты a - ритма. В качестве фильтров применяются цифровые КИХ фильтры с соответствующими импульсными характеристиками.

Так как на выходе линейной частотно - избирательной цепи, на входе которой присутствует случайный гауссовский процесс, процесс также гауссовский, то для нахождения плотности распределения выходного сигнала необходимо вычислить параметры этой плотности. В общем случае это ковариационная матрица и матрица значений МО. В нашем случае МО равно нулю, а для нахождения ковариационной матрицы используются известные соотношения, согласно которым, ковариационная матрица случайного гауссовского процесса, прошедшего через линейную частотно-избирательную цепь полностью определяется импульсной характеристикой этой цепи. Получив таким образом ковариационные матрицы для двух ритмов, можно записать их плотности распределения.

Для принятия решения о наличии в сигнале регистрируемой ЭЭГ человека одного из ритмов используется теория проверки статистических гипотез. Так как при разработке алгоритма вводятся допущения, что вероятности появления ритмов равны, а платы за риск неизвестны, поэтому в качестве критерия принятия решения используется критерий максимального правдоподобия.

Алгоритм анализа ритмов ЭЭГ состоит из следующих этапов:

1. Задаются типы анализируемых ритмов и их характеристики.
2. Проектируются фильтры и вычисляются их импульсные характеристики.
3. На основе импульсных характеристик вычисляются параметры модели электрических сигналов выделяемых ритмов ЭЭГ.
4. Формируется алгоритм принятия решения.

На основе описанной методики были получены модели сигналов для двух ритмов ЭЭГ — a и b . В качестве фильтров использовались цифровые КИХ фильтры с длиной, равной 32. Вычислены ковариационные матрицы, построены плотности вероятностей для двух ритмов и сформировано отношение правдоподобия. Синтезирован алгоритм принятия решений. В ходе моделирования определены пороговые значения принятий решений о наличии в электрическом сигнале того или иного ритма.