Параметрический анализ колебательной активность в измеренных с ЭЭГ/МЭГ

Аннотация: оценить пригодность обычной параметрической статистики для анализа колебательной активности, измеренного электроэнцефалографией / магнитоэнцефалографией (EEG / МЭГ). Подход, который мы рассматриваем основан на узкополосных частотно-временных мощностях разложения данных сигнала. Последующие (ensuing) мощность измеряется х2-распределением. Использование общей линейной модели (GLM) при нормальной ошибки допущения(assumption), таким образом, трудно мотивировать эти данные. Это печально, потому что GLM играет центральную роль в классической умозаключений и является стандартной оценкой и умозаключением для нейровизуализации данных. Основной вклад данной работы является показать, что, во многих случаях, можно обратиться к центральной предельной теореме и предположим нормальность для генеративных моделей власти. Если это не подходит, можно преобразовать данные, чтобы сделать условия ошибки приблизительно нормально. Эти соображения позволяют анализ, вызываемым и навеянные колебаний с использованием стандартных рамок как статистического параметрического отображение. Мы установим справедливость параметрических тестов с использованием синтетических и реальных данных и сравнить его исполнение установленных непараметрических процедур

**Введение INTRODUCTION**

**Большинство исследований в когнитивной нейронауке исользуют ЭЭГ или МЭГ, как основные вызванные (**evoked) потенциалы реагирования(response potentials) или поля ответов (response fields). потенциалы реагирования(поля ответов) – оценка (estimate) ответа (response), что синхронизированн по фазе (phase-locked) стимула. Это означает, что ЭЭГ/МЭГ содержат ответы не синхронизированные по фазе. Эти ответы подавляются (suppressed) в потенциалах реагирования усредненно (averaging), особенно especially в высоких частотах и later peristimulus times. Обычный(conventional) подход количественной оценки (quantify transient) не синхронизированных ответов(responses) оценивает(estimate) мгновенную(instantaneous) силу и величину(magnitude) с помощью узкополосной фильтрации (narrow-band filtering) или временно-частотной зависимости (decomposition) сигнала от результата испытания. В последнее время (Recently) 2 других преобразования имеют представление(introduced). Первый – Морле вейвлет преобразование и второй- Гильбертово преобразование, они применяются после полосовой фильтрации сигнала. Эти три преобразования Морле, Гильбертово, и полосовая вильтрация во многом(largely) эквивалентны, потому что они соответствуют(conform) линейной свертке(linear convolution) схожей, в некотором смысле, с фильтром ядра(filter kernel).

Любое из этих преобразований может использоваться для оценки(estimate) мгновенной мощности (instantaneous power) в каждой точке времени, вычисляя сумму квадратов свернутых данных. В ряде исследований (several studies) изменения мощности наводит на умозаключения(inferences) о индуцированных колебаниях(induced oscillations). Умозаключения применяются для параметризации и непараметризации статистики(statistics). В этой статье мы показали, что типичный анализ мощности ЭЭГ/МЭГ использует измерения, что по существу (essentially) нормально распределены. При редких обстоятельствах, когда естественные ошибки в предположениях(assumption) неуместны(inappropriate), а неленейные преобразования представляют(renders) мгновенную(instantaneous) мощность номальных различных погрешностей. Нормально распределение позволяет(allows) нам умозаключение о существующих параметрических процедурах для нейровизуализации(neuroimaging) данных. Это дает существенное преимущество в моделировании и машинной проверки доступный(available) гипотез ЭЭГ и МЭГ исследователями (researchers.)

Эта статья состоит из трез разделов. Первые два раздела теоритические и математически описывают концептуальную базу. В последнем разделе мы сравнили(compare) параметрический и непараметрический анализ, используя синтез с реальными данными ЭЭГ. В первом разделе мы описали три преобразования, которые широко(widely) используются для оценки мощности(estimate power). Во втором теоретическом разделе мы мотивировали логорифмические и квадратичное преобразования(the log- or sqrt-transform) мощности данных для представления(render) смоделированных погрешностей(modeled residuals) нормального приближения(approximately normal). В разделе приложение, мы использовали синтез данных для демонстрации валидности(validity) и чувствительности параметрического подхода(approach). В конце, мы иллюстрировали важные детали анализа на реальных данных ЭЭГ и сравнили(compare) их с данными основаными на непараметрическом анализе.

Теория

Преобразования

В первом разделе мы описали нелинейные преобразования, кратковременное преобразование Фурье(short-term Fourier transform), Морле вейвлет преобразвование и Гильбертово преобразвование на полосовой фильтр(bandpassfiltered) данных. В недавней публикации все три преобразования имели применение для оценки мгновенной мощности(instantaneous power) и peristimulus time. Эти преобразваония во многом(largely) эквивалентны, т.к. они все основына на линейной свертке(convolution) ядра. В практике они все могут быть использованны для оценки узкополосной мощности(narrow-band power).

кратковременное преобразование Фурье

кратковременное преобразование Фурье – классический подход для частотно-временного разложения(decomposition) и применяется(applied) к данным ЭЭГ по Макейг. Идея кратковременное преобразование Фурье состоит в применении(apply) преобразования Фурье к оконным периодам данных. кратковременное преобразование Фурье может быть сформулированно как свертка частоты с комплексом ядра, состоящего из 2 оконных синусоид по частоте f0. Одна синусоида сдвинута по фазе(phaseshifted) относительно другой с периодом пи/2.  где t обозначает(denotes) дискретные временные шаги(discrete time steps), cf0 частотно нормализированная константа и w оконная функция. Макейд используется как Ханн окно, но могут быть использованны и другие окна. Свертка данных выражается  где y~ оригинальные ЭЭГ данные одного канала, / эквивалентный диполь для восстановленного источника(sources), \* оператор свертки.

Морле вейвлет преобразование

В последнее время, преобразование Вейвлета Морле применяется для вычисления(compute) мгновенной( instantaneous) мощности и фаз ЭЭГ сигналов. Как кратковременное преобразование Фурье, преобразование вейвлета Морле – свертка данных с оконным комплексом синусоид. Что делает преобразование вейвлета Морле популярным, так это ширина Гауссового окна, которое связывает(coupled) центр частоты f0. Это сжатие окна с высокой частотой обеспечивает(ensure) число циклов(the number of cycles) под Гауссово

Вейвлет частоты fo определяется как  Разница зависимости(relation) кратковременное преобразование Фурье в том, что Гауссово окно w и расхождение(variance)  - функция. Значение z0 задаваемое пользователем(user-specified) и фиксированное число циклов(cycles). К примеру, при z0=6 поддержка ядра 40Гц приблизительно(roughly) 150мс. А 10Гц (z0=6) поддержка окола 600мс. Свертка данных дает окола 

Гильбертово преобразование.

Гильбертово преобразование обычно используется для вычисления аналитического сигнала. Применение аналитического сигнала для оценки мгновенной мощности(instantaneous power) и фазы сигнала. Свертка Гильберта преобразования свертка данных с ядром  Фурье преобразование этого ядра , где  - знаковая функция. Гильбертово преобразование эквивалентно все изменяющейся(altering) фазе действительного сигнала составного компонента с периодом пи/2. Анализ сигнала комплексной функции дает  . для дискретных временных рядов(time-series) , она может вычислять аналитический сигнал используя быстрое Фурье преобразование. С ЭЭГ/МЭГ данными Гильбертово преобразование применяется для оценки мощности и фазу узкой(narrow) полосы частот(frequency bands). Это достигнуто(achieved) полосовой фильтрацией(bandpass-filtering) данный до применения(applying) Гильбертового пространства.

В этом изучении мы используем конечный импульсный отклик(finite impulse response) полосовой фильтрации, т.к. они типично имеют так называемую(so-called) линейную фазу(linear phase), т.е. фильтр является причины временной задержки(temporal delay) выхода. Эта задержка может быть удалена(removed) из последующей(subsequent) операции сдвига во времени. Критично то, что фильтр без линейной фазы ответа, является причиной фазовых искажений(distortions), т.е. некоторые частотные компоненты имеют большую задержку, чем другие. Очевидно(Clearly), что для анализа мгновенной(instantaneous) мощности в peristimulus time является подходищим(appropriate) для использования линейного-фазового фильтра.

В простом подходе при проектировании(designing) конечного импульсного отклика фильтра использовать оконный метод. Фильтр ядра полосового фильтра дает следующее: Оконная функция w может использовать несколько форм, таких как Хэмминга, Ханна, Крайзе или Гауссова

Эквивалентность преобразований(Equivalence of transforms)

Все три преобразования, описанные выше, есть свертки данных и фактически(effectively) эквивалентными. Это значит, что не имеет значения какое преобразование использовать для вычисления частотно-временного разложения(decomposition). Ключевой параметр – длина окна (Гаусовом предположении или простой формы) выбранной на каждой частоте.

Мощность

Для всех трех преобразований мгновенная мощность, около частоты f0 есть  где верхний индекс(superscript) F в кратковременного преобразовании Фурье, Морле вейвлет преобразовании и Гауссовом преобразовании находятся в свертке данных и z\* комплексное сопряженное(complex conjugate). Схема мощности преобразования показана на рисунке 2.

Естественные ошибки в предположениях

Мгновенная мощность оценивается нелинейными функциями. Мощность будет следовать x2-распределению с двумя степенями свободы в ЭЭГ данных – нормально распределены. (заметьте, что эти предположения не могут быть строгой(strictly) необходимостью в связи с тем, что свертка данных оценивает мощность). Это означает, что использование общей линейной модели для оценки естественный ошибки предположения трудно мотивированно. Это неудачно(unfortunate) т.к. основная линейная модель играет важную роль в классическом логическом выводе(inference). К примеру, в ERP поиске приблизительно все методы анализа(analysis techniques) пологаются(rely) на особый выбор GLM-дисперсионный анализ(analysis of variance). Если мгновенная мощность была нормально распределена(normally distributed) мы могли естественно предроложить, что стохастический или случайный(stochastic or random) эффект в мощность статических моделях также соответствовали(conformed) нормальному предположению. Есть два простых пути для проверки мощности нормальной погрешности, что позволяет(enabling) применять к GLM и это техническое ассоциированное умозаключение(associated inference).

Первый из важных фактов, что ЭЭГ и МЭГ вопросы типичны, но мощность в сигнале время/частота. Скорее всего интерес находится в усреднении различия над временем-частотой иногда и отдельные исследования. Важным пределом теоремы – эти средние соответствия(conform) Гауссовым предположения(assumptions)