



**موضوع: کاربرد سیگنال های fNIRS در نورویزینس
و نحوه حل مشکل آرتیفکت ها
از موضوعات طرح ۲۰ جایزه شهید احمدی روشن بنیاد ملی نخبگان**



نسترن بهروزنیا

فارغ التحصیل مهندسی برق و علوم کامپیوتر دانشگاه صنعتی شریف
عضو جایزه ی شهید احمدی روشن بنیاد ملی نخبگان



دکتر علی بنیادی نائینی

عضو هیات علمی دانشگاه علم و صنعت ایران
مدیر آزمایشگاه کسب و کارهای عصبی دانشگاه

فهرست مطالب

مروری بر مباحث تئوری و تکنیکال مطرح شده در سلسله جلسات قبل

مقدمه ای بر سیگنال‌های fNIRS

کاربرد سیگنال‌های fNIRS در نوروبیزینس

اهمیت تحلیل تکنیکال و پردازشی در نوروبیزینس

مفهوم آرتیفکت در سیگنال‌های حیاتی

مدیریت آرتیفکت‌ها با الگوریتم‌های ریاضی و پردازشی

پیوند بین علوم اعصاب با سایر علوم



- نورو استراتژی

- نورولیدرشیپ

- نورو برندیگ

- نورومنیجمنت

- نوروفایننس

- نوروپکیجینگ

سوالات مطرح شده در حوزه تخصصی نوروبیزینس

- آیا پخش موسیقی محلی یا سنتی در غرفه نمایشگاه فرش باعث افزایش بازدید یا فروش میشود؟
- یک تخم مرغ شانسی با بسته بندی قرمز، کودک را به خرید آن ترغیب میکند یا رنگ زرد؟
- در ساخت ژل ضد عفونی دست، بهتر است از رایحه طبیعی گل سرخ استفاده شود و یا رایحه دست ساز؟
- وجود برجستگی در بدنه‌ی ماگ در فروش آن، تاثیر مثبت دارد یا منفی؟
- با توجه به افزایش قیمت پودر پنیر در ماه جاری، آیا کاهش قابل توجه میزان آن در پفک‌های تولیدی این ماه باعث از دست دادن مشتریان در ماه بعد میشود؟



کاربرد علم داده در بیزینس

	Sales	CompPrice	Income	Advertising	Population	Price	ShelveLoc	Age	Education	Urban	US	var12	var13	var14	var15	var16	var17
1	9.5	138	73	11	276	120	Bad	42	17	Yes	Yes						
2	11.22	111	48	16	260	83	Good	65	10	Yes	Yes						
3	10.06	113	35	10	269	80	Medium	59	12	Yes	Yes						
4	7.4	117	100	4	466	97	Medium	55	14	Yes	Yes						
5	4.15	141	64	3	340	128	Bad	38	13	Yes	No						
6	10.81	124	113	13	501	72	Bad	78	16	No	Yes						
7	6.63	115	105	0	45	108	Medium	71	15	Yes	No						
8	11.85	136	81	15	425	120	Good	67	10	Yes	Yes						
9	6.54	132	110	0	108	124	Medium	76	10	No	No						
10	4.69	132	113	0	131	124	Medium	76	17	No	Yes						
11	9.01	121	78	9	150	100	Bad	26	10	No	Yes						
12	11.96	117	94	4	503	94	Good	50	13	Yes	Yes						
13	3.98	122	35	2	393	136	Medium	62	18	Yes	No						
14	10.96	115	28	11	29	86	Good	53	18	Yes	Yes						
15	11.17	107	117	11	148	118	Good	52	18	Yes	Yes						
16	8.71	149	95	5	400	144	Medium	76	18	No	No						
17	7.58	118	32	0	284	110	Good	63	13	Yes	No						
18	12.29	147	74	13	251	131	Good	52	10	Yes	Yes						
19	13.91	110	110	0	408	68	Good	46	17	No	Yes						
20	8.73	129	76	16	58	121	Medium	69	12	Yes	Yes						
21	6.41	125	90	2	367	131	Medium	35	18	Yes	Yes						
22	12.13	134	29	12	239	109	Good	62	18	No	Yes						
23	5.08	128	46	6	497	138	Medium	42	13	Yes	No						
24	5.87	121	31	0	292	109	Medium	79	10	Yes	No						
25	10.14	145	119	16	294	113	Bad	42	12	Yes	Yes						
26	14.9	139	32	0	176	82	Good	54	11	No	No						
27	8.33	107	115	11	496	131	Good	50	11	No	Yes						
28	5.27	98	118	0	19	107	Medium	64	17	Yes	No						
29	2.99	103	74	0	359	97	Bad	55	11	Yes	Yes						
30	7.81	104	99	15	226	102	Bad	58	17	Yes	Yes						
31	13.55	125	94	0	447	89	Good	30	12	Yes	No						
32	8.25	136	58	16	241	131	Medium	44	18	Yes	Yes						

- داده کاوی
- یادگیری ماشین
- هوش مصنوعی
- کشف الگو
- و ...

تفاوت و شباهت کاربرد علم اعصاب و علم داده در بیزینس

BIG DATA



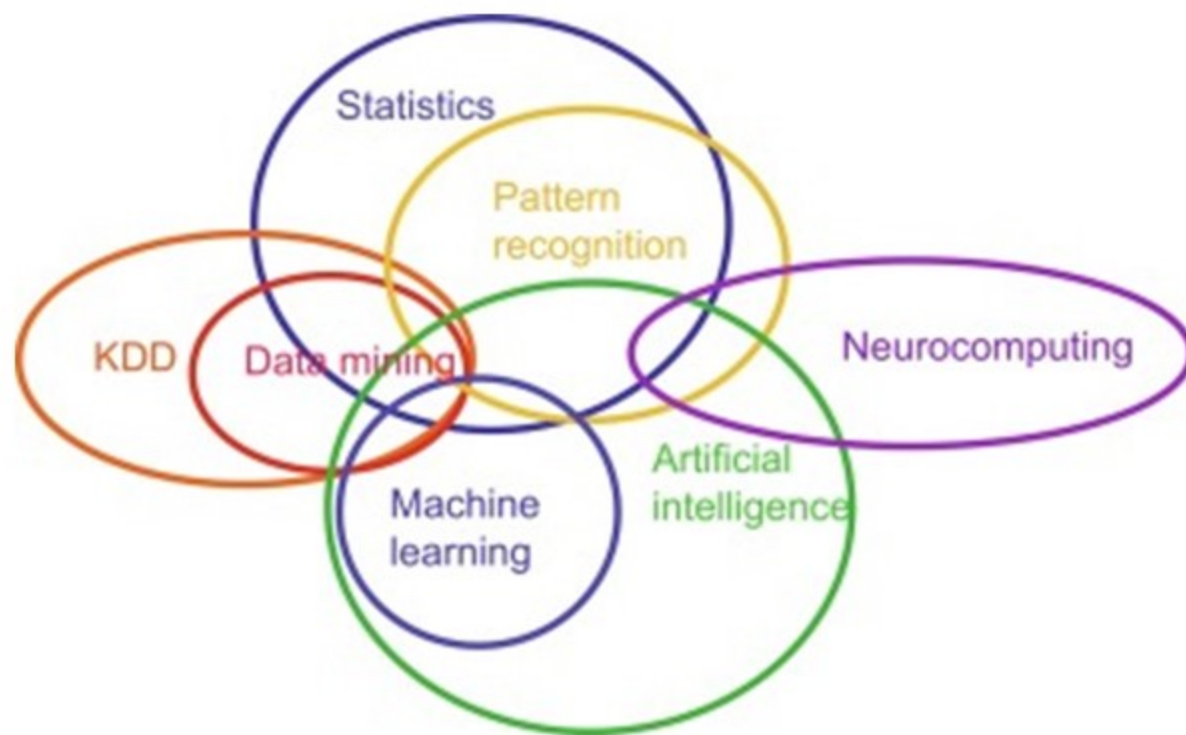
تکنیک متمایز در نوروبیزینس:

- پردازش و تحلیل سیگنال ها به جای کشف مدل ریاضی پیشبینی در دیتاست ویژگی ها

تکنیک مشترک کاربرد علم اعصاب و علم داده در بیزینس:

- تکنیک های آماری
- تکنیک های هوش مصنوعی و شبکه های عصبی از جمله دسته بندی در کلاس ها

پیوند علوم مختلف در حوزه بیزینس

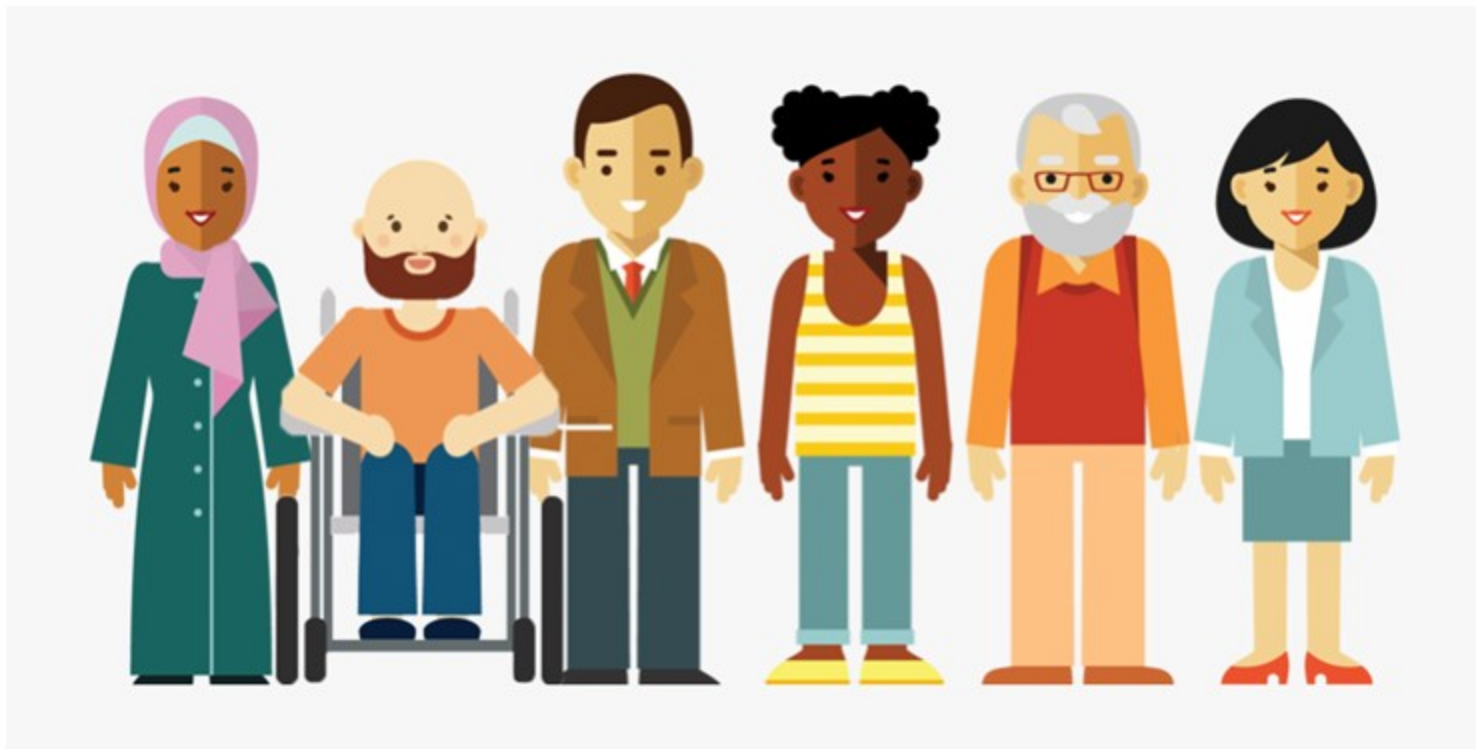


روند کلی پروژه‌های نوروبیزینسی



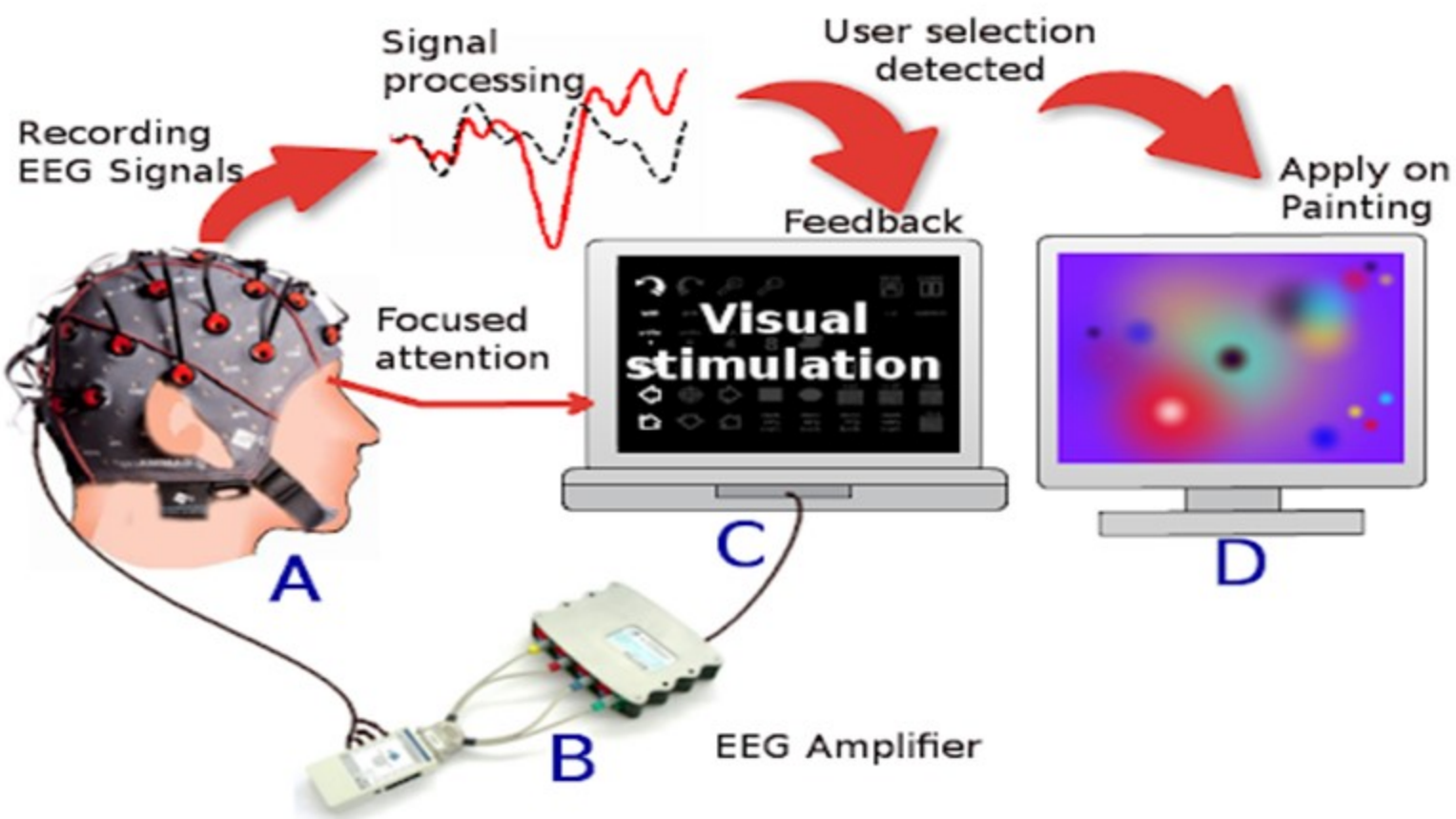
- طراحی تسک
- انتخاب سابجکت
- ثبت سیگنال EEG
- پیش‌پردازش و clean کردن سیگنال
- تحلیل سیگنال‌های ثبت‌شده
- مشاوره با یک فرد مجرب در زمینه پروژه‌های نوروبیزینسی

روند کلی پروژه‌های نوروبیزینسی



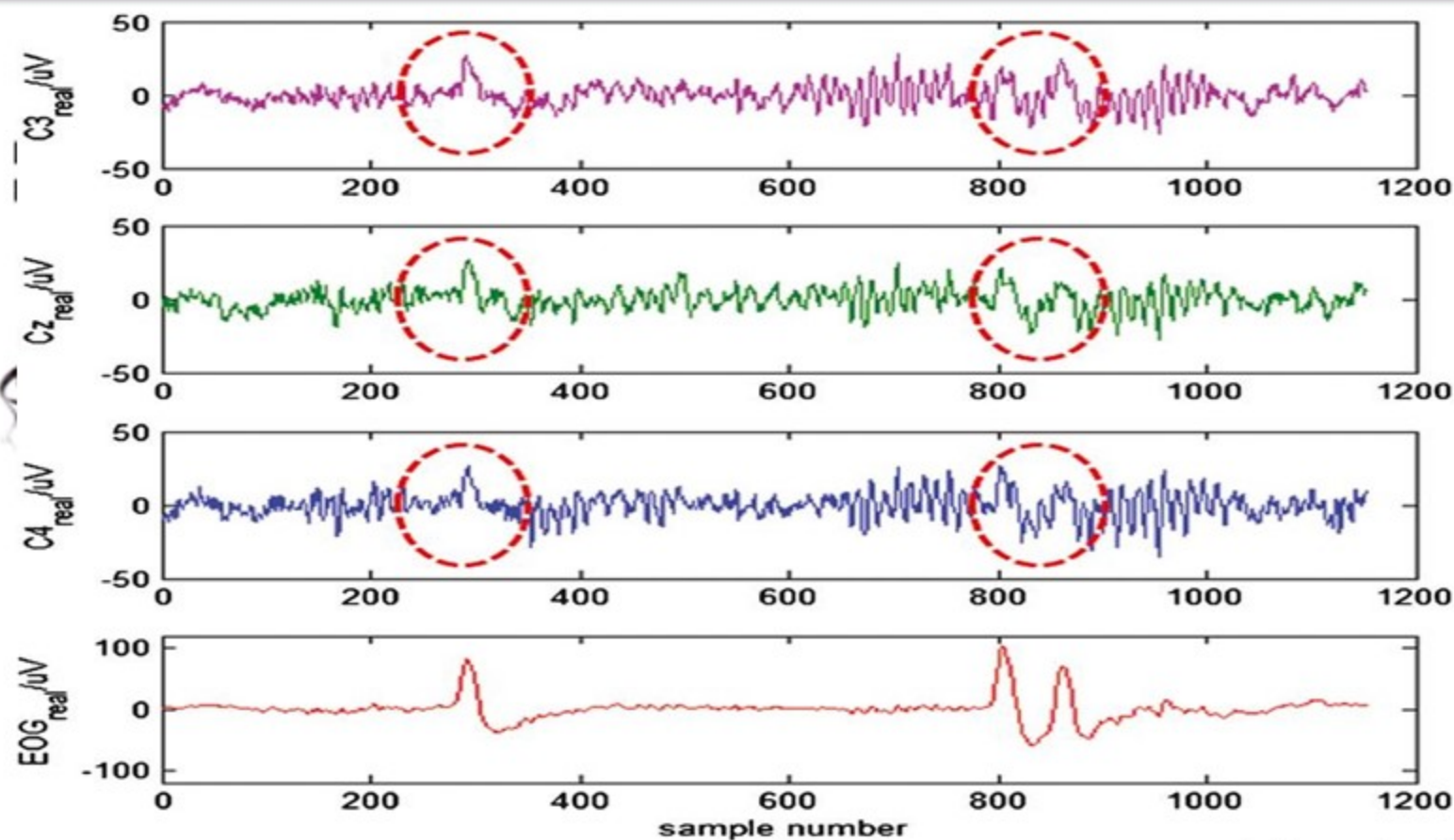
- طراحی تسک
- انتخاب سابجکت
- ثبت سیگنال EEG
- پیش‌پردازش و clean کردن سیگنال
- تحلیل سیگنال‌های ثبت‌شده
- مشاوره با یک فرد مجرب در زمینه پروژه‌های نوروبیزینسی

روند کلی پروژه‌های نوروبیزینسی



- طراحی تسک
- انتخاب سابجکت
- ثبت سیگنال EEG
- پیش‌پردازش و clean کردن سیگنال
- تحلیل سیگنال‌های ثبت‌شده
- مشاوره با یک فرد مجرب در زمینه پروژه‌های نوروبیزینسی

روند کلی پروژه‌های نوروبیزینسی



- طراحی تسک
- انتخاب سابجکت
- ثبت سیگنال EEG
- پیش‌پردازش و clean کردن سیگنال
- تحلیل سیگنال‌های ثبت‌شده
- مشاوره با یک فرد مجرب در زمینه پروژه‌های نوروبیزینسی

روند کلی پروژه‌های نوروبیزینسی

Beta
[12-30 Hz]



- طراحی تسک

Alpha
[8-12 Hz]



- انتخاب سابجکت

Theta
[4-8 Hz]



- ثبت سیگنال EEG

Delta
[1-4 Hz]



- پیش‌پردازش و clean کردن سیگنال

- تحلیل سیگنال‌های ثبت‌شده

- مشاوره با یک فرد مجرب در زمینه پروژه‌های نوروبیزینسی

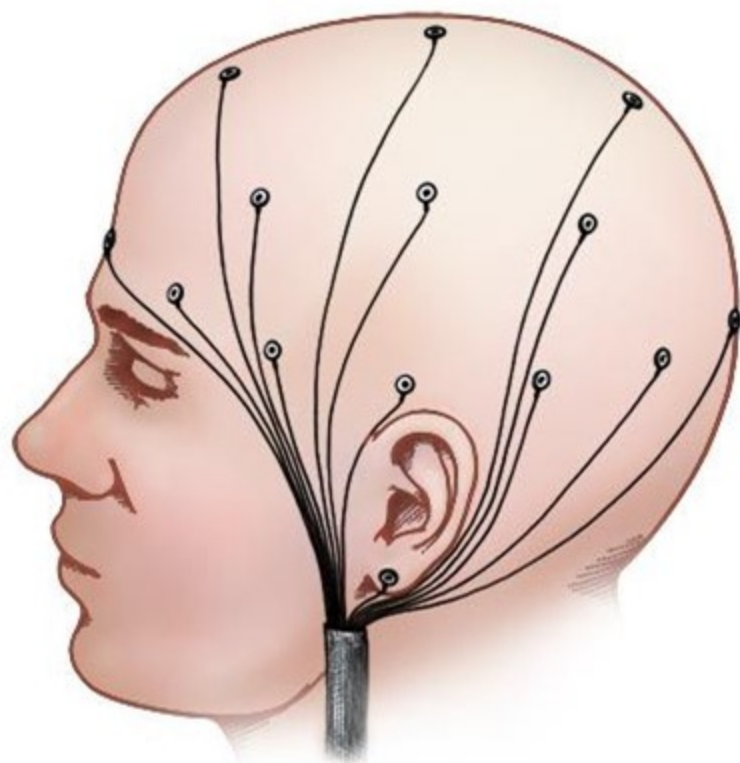
Time
1 sec

روند کلی پروژه‌های نوروبیزینسی



- طراحی تسک
- انتخاب سابجکت
- ثبت سیگنال EEG
- پیش‌پردازش و clean کردن سیگنال
- تحلیل سیگنال‌های ثبت‌شده
- مشاوره با یک فرد مجرب در زمینه پروژه‌های نوروبیزینسی

سیگنال های EEG



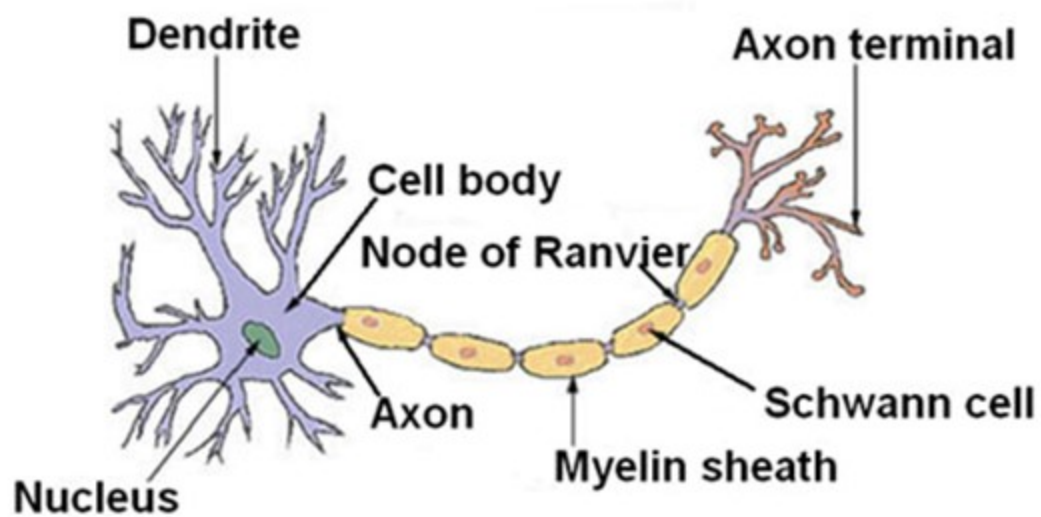
- ثبت غیرتهاجمی / تهاجمی
- فعالیت الکتروشیمیایی سلولهای عصبی یا نورون ها
- باندهای فرکانسی

سیگنال های EEG

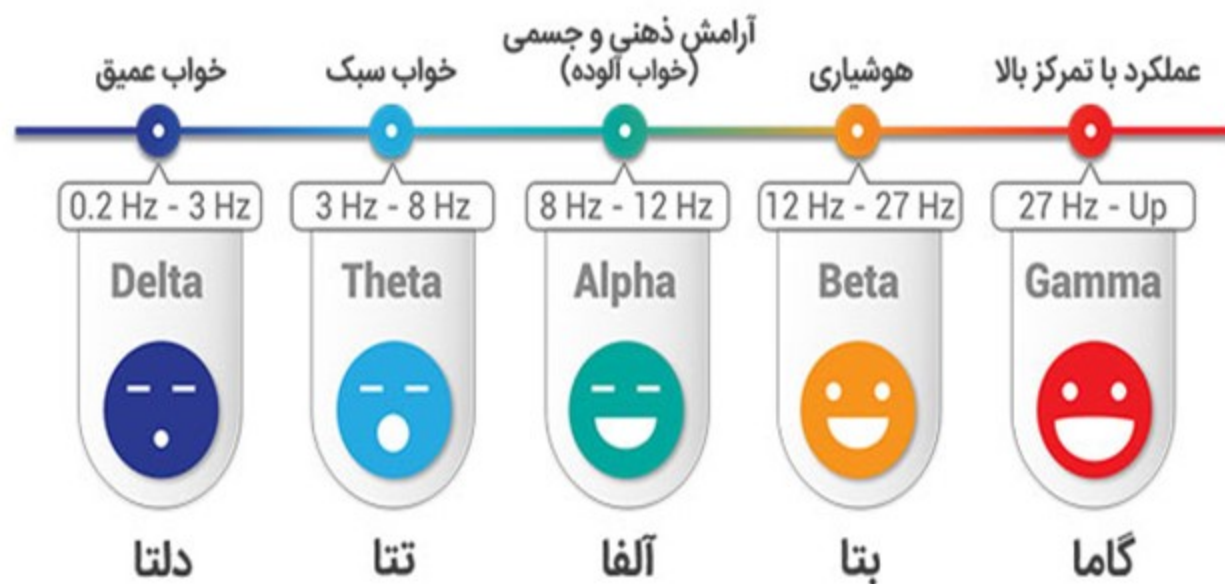
- ثبت غیرتهاجمی / تهاجمی

- فعالیت الکتروشیمیایی سلولهای عصبی یا نورون ها

- باندهای فرکانسی



سیگنال های EEG

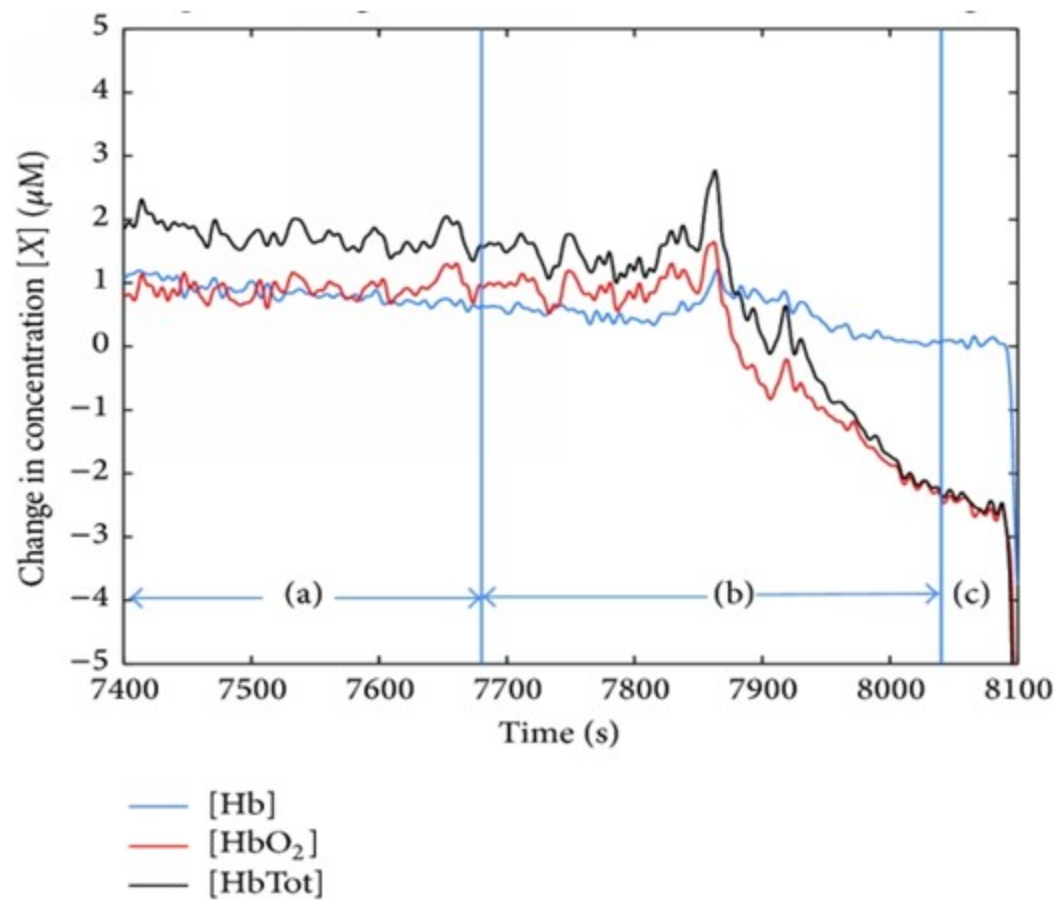


- ثبت غیرتهاجمی / تهاجمی

- فعالیت الکتروشیمیایی سلولهای عصبی یا نورون ها

- باندهای فرکانسی

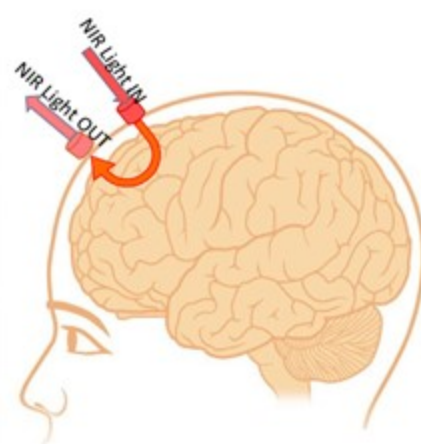
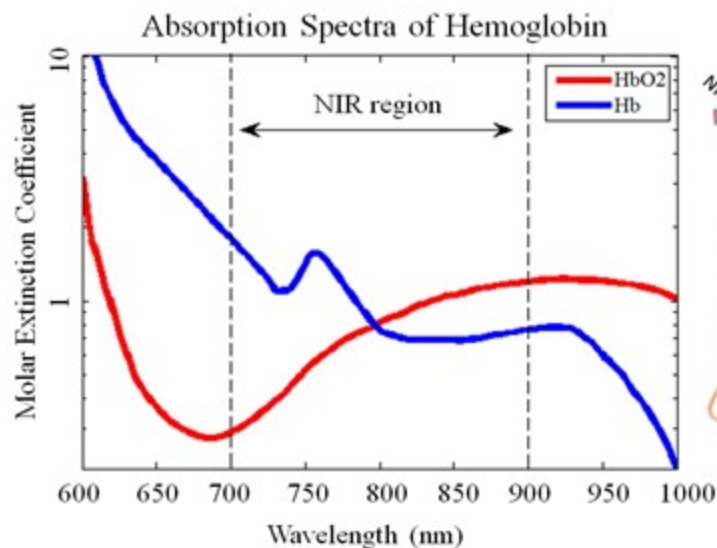
سیگنال های fNIRS



- روش دیگر برای نقشه برداری از مغز
- عملکرد مشابه تکنولوژی fMRI
- اولین بار حدوداً ۲۵ سال پیش مطرح شد.
- این تکنولوژی رو به پیشرفت است و تلاش برای راحتتر بودن ساجکت نسبت به فناوری fMRI میباشد، مثلاً بلوتوثی و بیسیم شدن دستگاه ثبت
- ثبت پاسخ همودینامیک در مغز به صورت غیرتهاجمی
- تابش امواج فرسرخ و ثبت بازتاب تابش با فرکانس کمتر
- سنجش رفتار و اعمال انسان از جمله یادگیری و انتخاب (جایگزین EEG در پژوهش های نوروبیزینسی)
- همانند EEG غیر پریودیک و نامنظم است و نیاز به پیش پردازش و پردازش دارد.
- پردازش سیگنال به کمک نرم افزارهای متعدد از جمله MATLAB و EEGLAB

سیگنال های fNIRS

- روش دیگر برای نقشه برداری از مغز
- عملکرد مشابه تکنولوژی fMRI
- اولین بار حدوداً ۲۵ سال پیش مطرح شد.
- این تکنولوژی رو به پیشرفت است و تلاش برای راحتتر بودن ساجکت نسبت به فناوری fMRI میباشد، مثلاً بلوتوثی و بیسیم شدن دستگاه ثبت



- ثبت پاسخ همودینامیک در مغز به صورت غیرتهاجمی
- تابش امواج فرسرخ و ثبت بازتاب تابش با فرکانس کمتر
- سنجش رفتار و اعمال انسان از جمله یادگیری و انتخاب (جایگزین EEG در پژوهش های نوروبیزینسی)
- همانند EEG غیر پرئودیک و نامنظم است و نیاز به پیش پردازش و پردازش دارد.
- پردازش سیگنال به کمک نرم افزارهای متعدد از جمله

EEGLAB و MATLAB

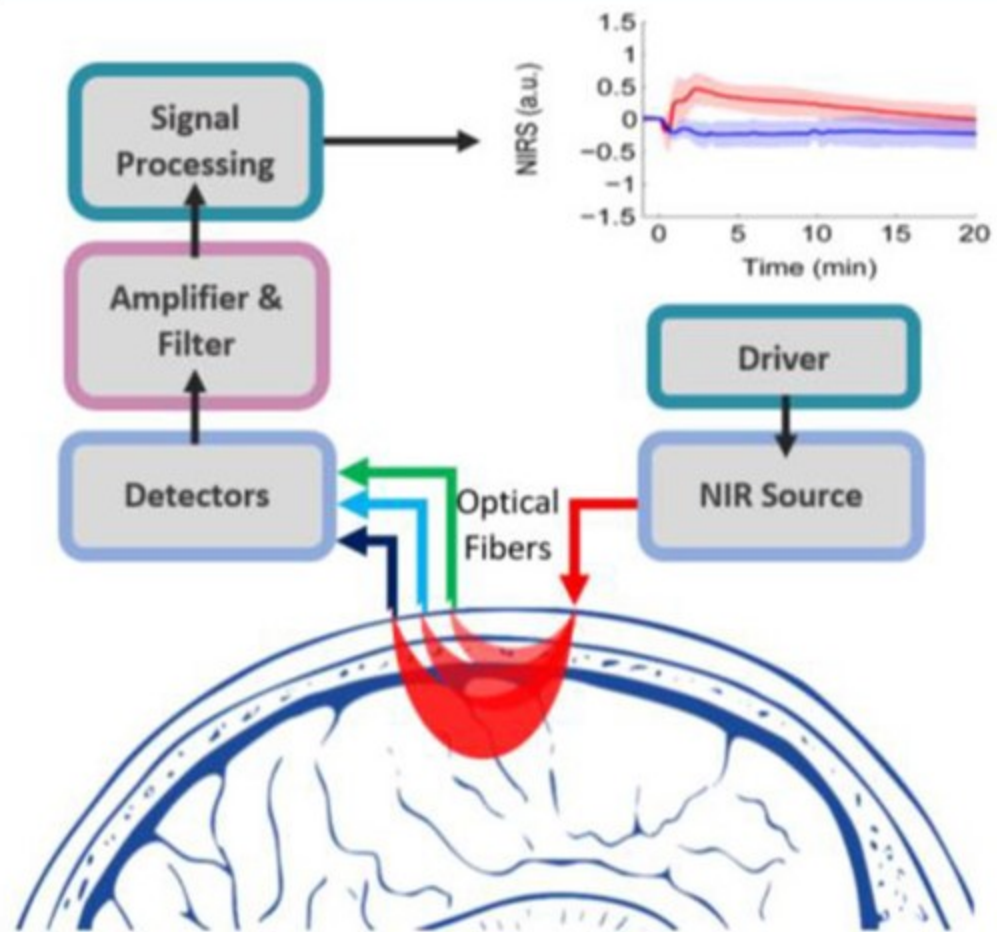
سیگنال های fNIRS

- روش دیگر برای نقشه برداری از مغز
- عملکرد مشابه تکنولوژی fMRI
- اولین بار حدوداً ۲۵ سال پیش مطرح شد.
- این تکنولوژی رو به پیشرفت است و تلاش برای راحتتر بودن ساجکت نسبت به فناوری fMRI میباشد، مثلاً بلوتوثی و بیسیم شدن دستگاه ثبت



- ثبت پاسخ همودینامیک در مغز به صورت غیرتهاجمی
- تابش امواج فرسرخ و ثبت بازتاب تابش با فرکانس کمتر
- سنجش رفتار و اعمال انسان از جمله یادگیری و انتخاب (جایگزین EEG در پژوهش های نوروبیزیسی)
- همانند EEG غیر پرریودیک و نامنظم است و نیاز به پیش پردازش و پردازش دارد.
- پردازش سیگنال به کمک نرم افزارهای متعدد از جمله EEGLAB و MATLAB

سیگنال های fNIRS



- سورس و گیرنده های نوری به تعداد معین روی بافت قرار میگیرند.
- سورس های نوری فعالیت مغز را شبیه سازی میکنند و از طریق تاثیر در جریان و حجم خون و نرخ متابولیسم اکسیژن در مغز باعث بروز پاسخ همودینامیکی تحریک یا evoke شده میشود که به صورت تغییرات سیگنال NIRS میشود.
- عمق و ناحیه نفوذ سیگنال ثبت شده به فاصله بین سورس و گیرنده ها بستگی دارد.
- فاصله کم: نفوذ تا عمق کم
- فاصله زیاد: SNR پایین
- معمولاً این فاصله را ۲ الی ۳ سانتی متر میگیرند.

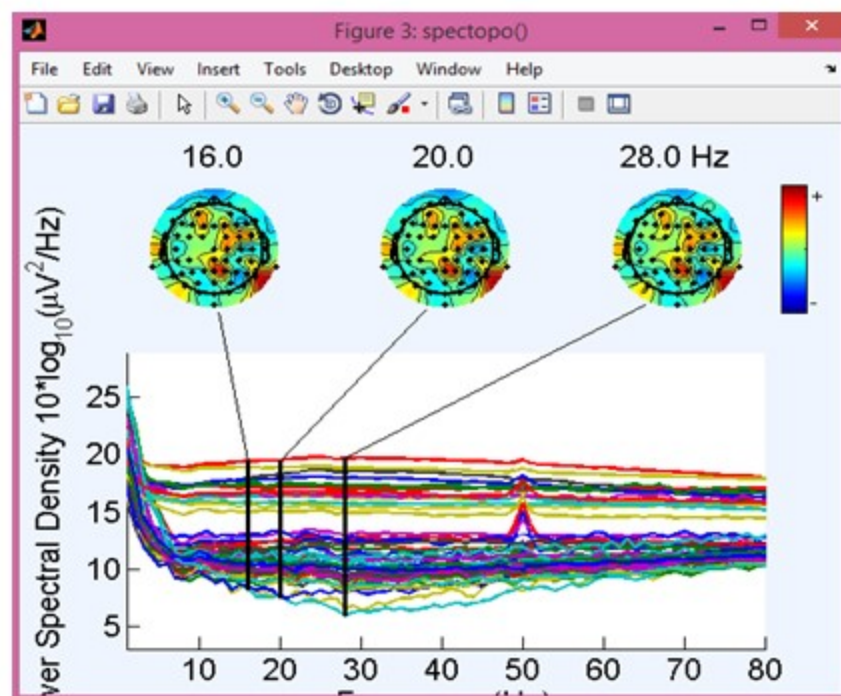
مزایای fNIRS

- تشعشع غیر یونیزه کننده و ایمن
- کوچکتر و قابل حمل بودن
- کم هزینه تر بودن
- محدودیت فیزیکی کمتر برای سابجکت (سابجکت همزمان میتواند فعالیت های دیگری نیز داشته باشد).
- نصب و ثبت راحتتر (بدون تخصص)
- نمونه برداری با فرکانس بیشتر از ۱۰۰ هرتز
- حساسیت بالاتر به غلظت ها
- عدم نیاز به تحمل میدان مغناطیسی fMRI (به خصوص برای مبتلایان اسکیزوفرنی، اوتیسم و ..)
- تحلیل میزان مصرف اکسیژن مغز در مدت طولانی تر مثلا در خواب

محدودیت های fNIRS

- نیاز به تلاش برای حداقلی کردن موانع ورود و خروج نور به مغز از جمله موها نصب دیوایس روی پیشانی میتواند راه حل مناسبی باشد.
- دستگاه بایستی در مقابل نویزها مقاوم و در مقابل تغییرات همودینامیک حساس باشد. (SNR بالا) کاهش فاصله بین سورس و گیرنده نوری
- عدم توانایی تابش در نفوذ به عمق بیشتر از ۴ سانتی متر (عدم ثبت فعالیت های مغزی زیر کورتیکال) از این فاصله بیشتر SNR بالا مانع ثبت سیگنال کارا برای تحلیل میشود.

اهمیت تحلیل تکنیکال و پردازشی در نوروبیزینس



- پیش پردازش داده:

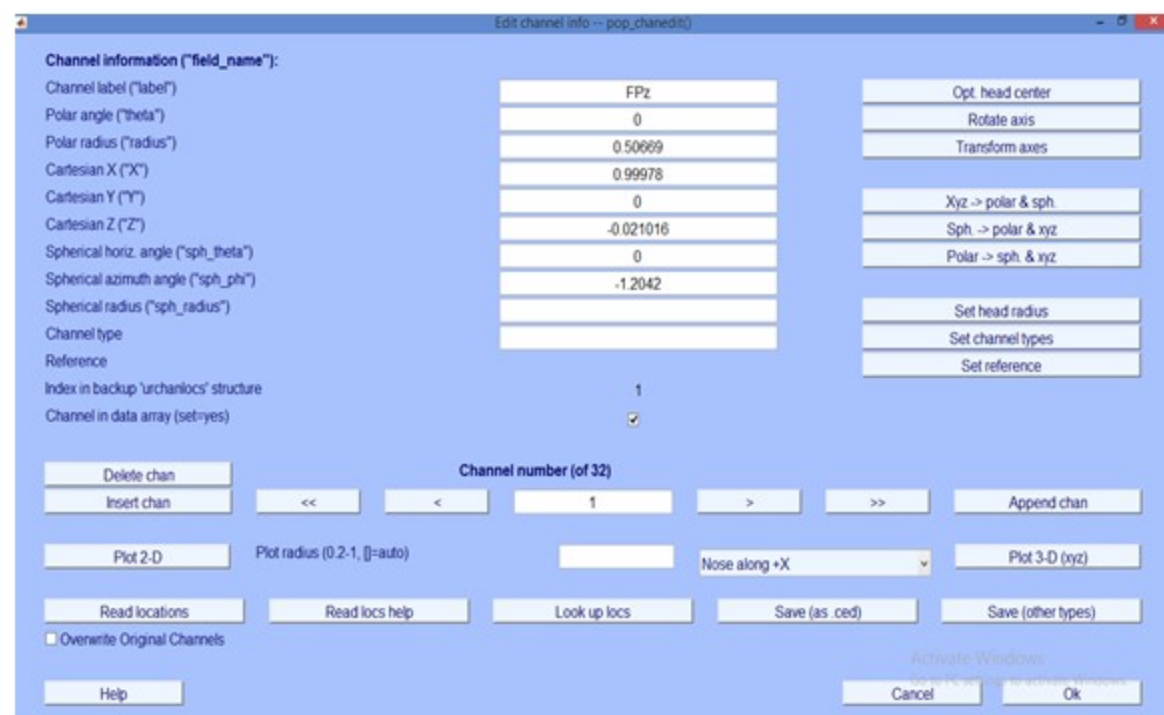
- حذف سیگنال کانال های نامربوط به ارزیابی
- حذف بازه های زمانی غیر مفید از سیگنال
- حذف آثار ناخواسته شامل نویز و آرتیفکت

- تحلیل و پردازش داده:

- به دست آوردن ویژگی های آماری از سیگنال ها

- تحلیل سیگنال ها و محاسبات برای دستیابی به نتایج مرتبط با هدف پروژه

اهمیت تحلیل تکنیکال و پردازشی در نوروبیزینس



- پیش پردازش داده:

- حذف سیگنال کانال های نامربوط به ارزیابی
- حذف بازه های زمانی غیر مفید از سیگنال
- حذف آثار ناخواسته شامل نویز و آرتیفکت

- تحلیل و پردازش داده:

- به دست آوردن ویژگی های آماری از سیگنال ها

- تحلیل سیگنال ها و محاسبات برای دستیابی به نتایج مرتبط با هدف پروژه

معرفی نرم افزار EEGLAB

کاربرد در نوروبیزینس:

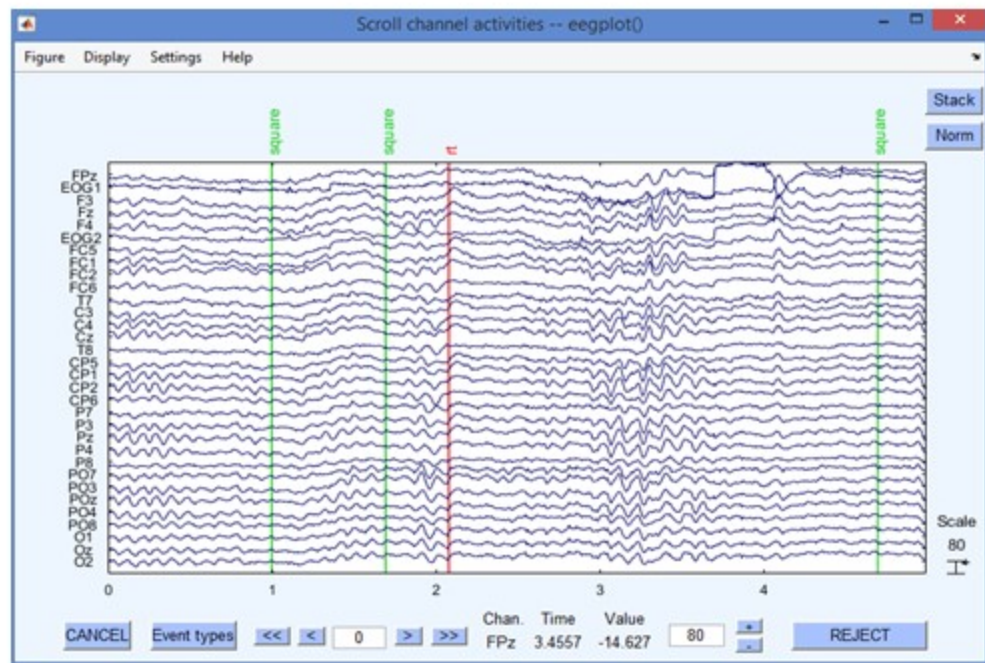
- پیش پردازش و دینویز کردن سیگنال
- تحلیل و پردازش سیگنال

مزایا:

- ابزارهای آماری و پردازشی غنی
- رابط کاربری قوی
- سرعت پردازش بالا
- امکان توسعه توسط کاربران

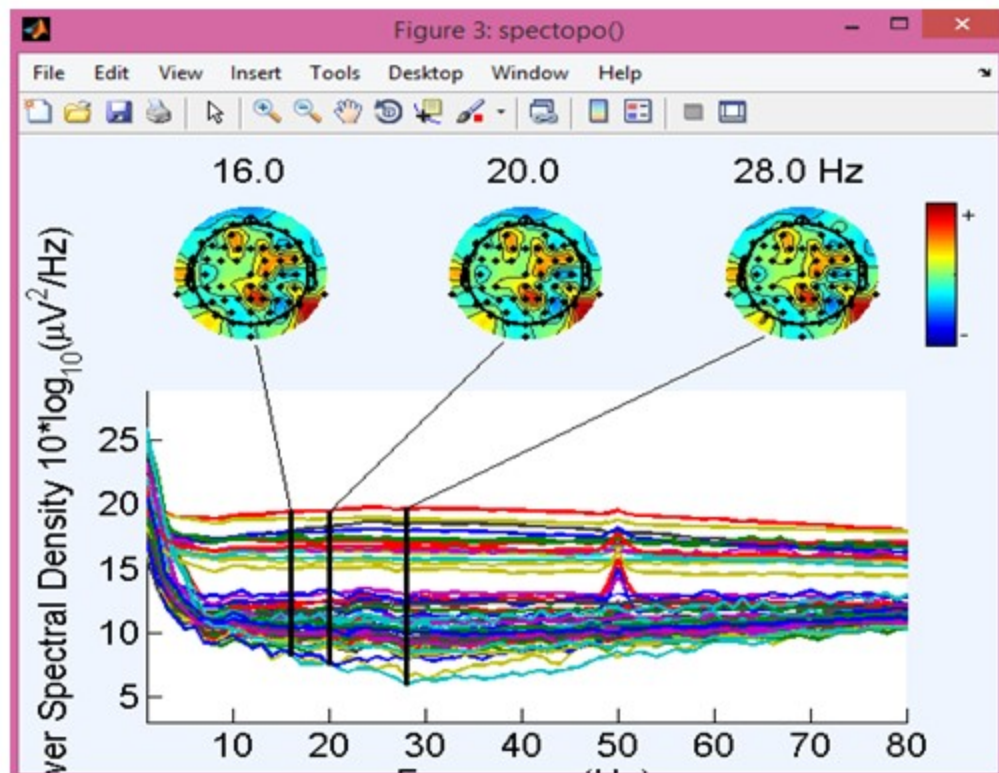


قابلیت‌های EEGLAB در تحلیل‌های نوروبیزیسی



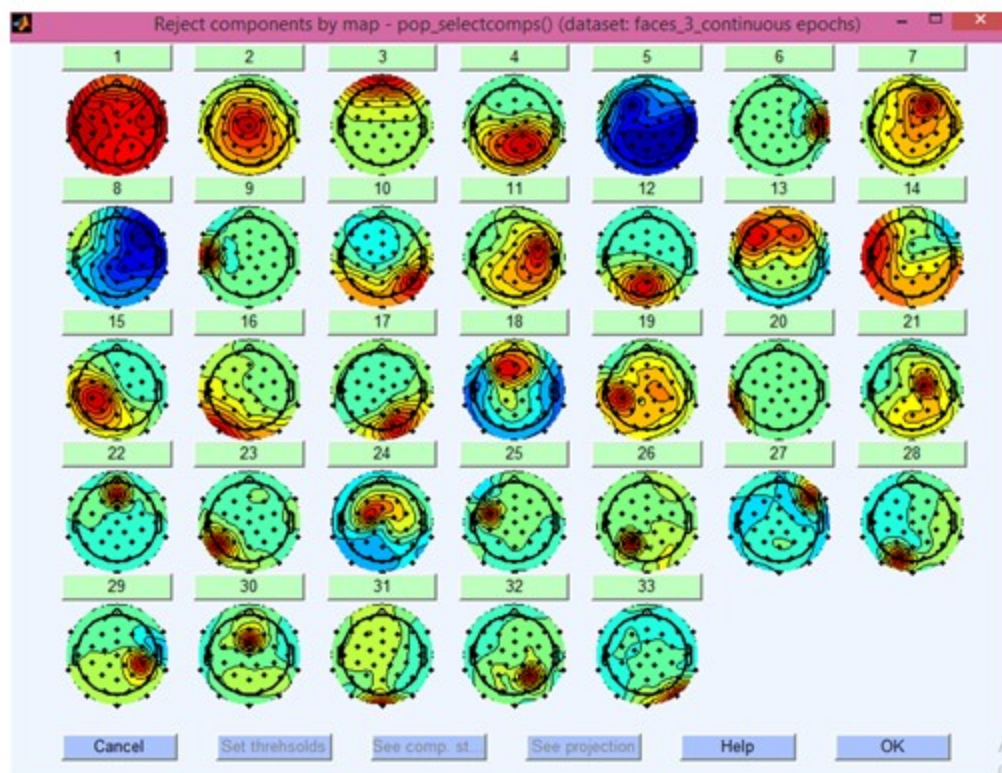
- مجسم‌سازی سیگنال
- تحلیل در حوزه زمان و فرکانس
- پیاده‌سازی گرافیکی تکنیک‌های آماری
- آنالیز مولفه مستقل
- فیلتر کردن و رفع نویز
- مدیریت کانال‌ها
- استخراج epoch‌ها
- تحلیل ERP
- و ...

قابلیت‌های EEGLAB در تحلیل‌های نوروبیزیسی



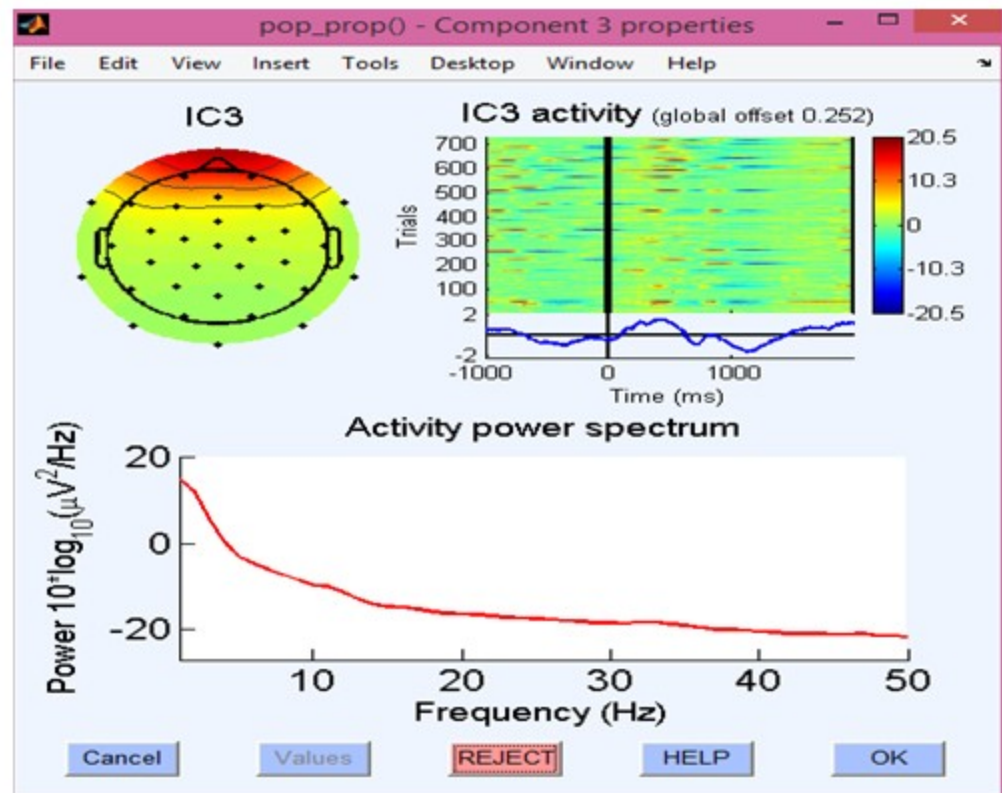
- مجسم سازی سیگنال
- تحلیل در حوزه زمان و فرکانس
- پیاده سازی گرافیکی تکنیک‌های آماری
- آنالیز مولفه مستقل
- فیلتر کردن و رفع نویز
- مدیریت کانال‌ها
- استخراج epoch‌ها
- تحلیل ERP
- و ...

قابلیت‌های EEGLAB در تحلیل‌های نوروبیزیمنسی



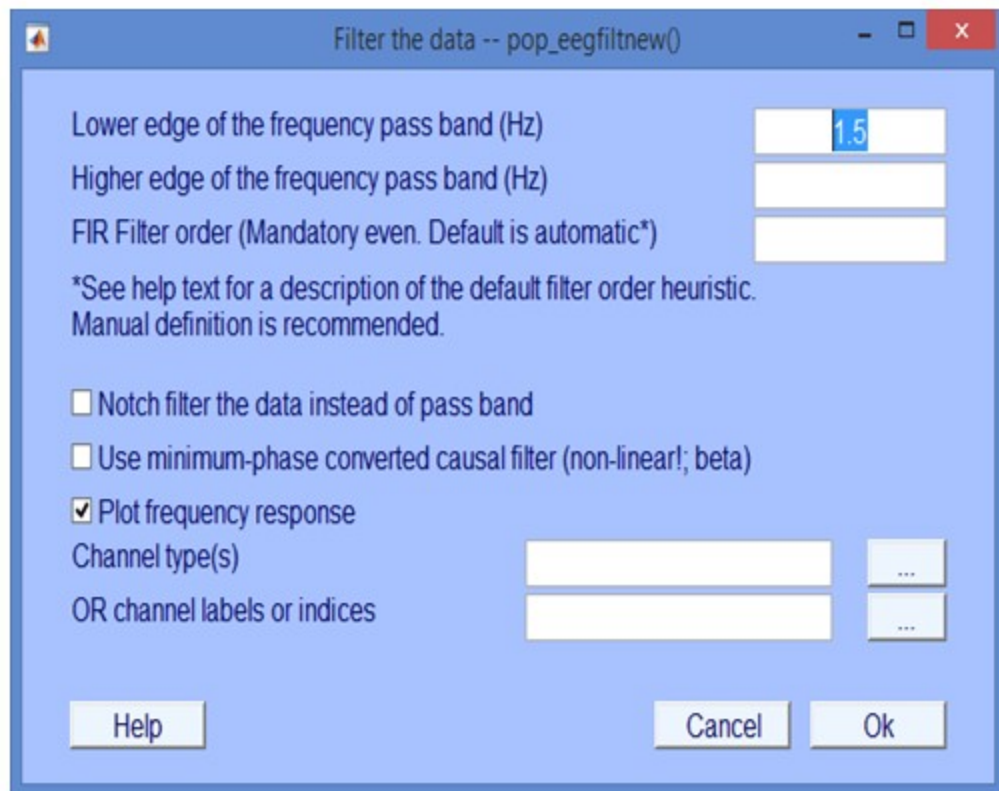
- مجسم سازی سیگنال
- تحلیل در حوزه زمان و فرکانس
- پیاده سازی گرافیکی تکنیک‌های آماری
- آنالیز مولفه مستقل
- فیلتر کردن و رفع نویز
- مدیریت کانال‌ها
- استخراج epoch‌ها
- تحلیل ERP
- و ...

قابلیت‌های EEGLAB در تحلیل‌های نوروبیزیمنسی



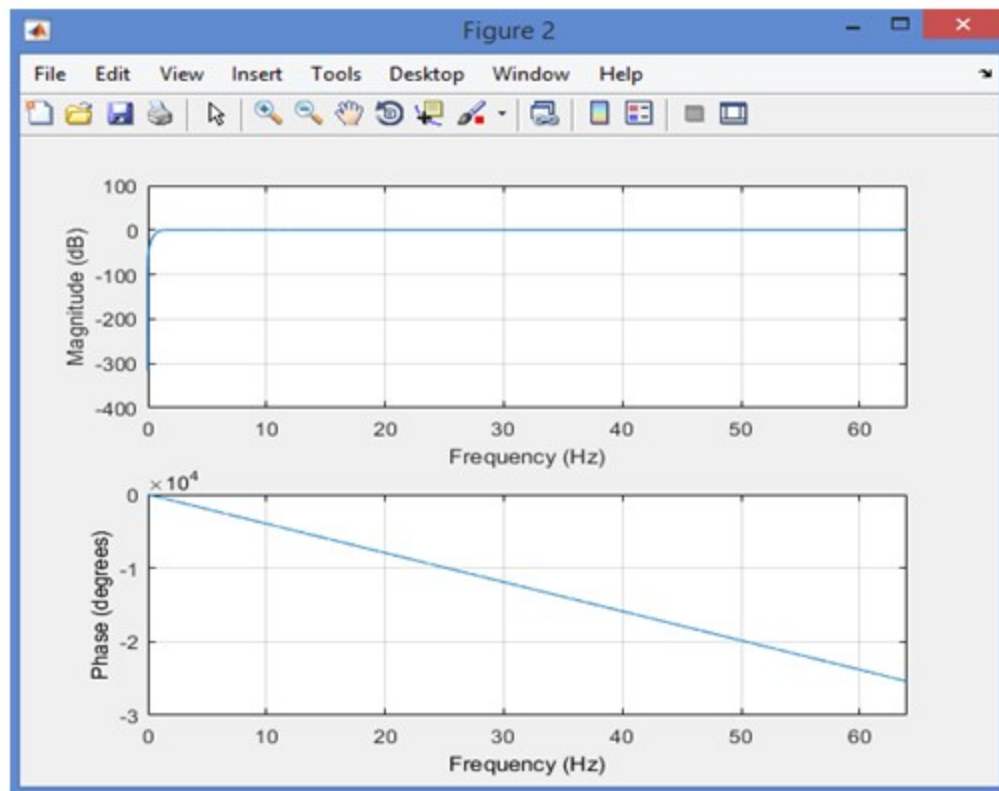
- مجسم سازی سیگنال
- تحلیل در حوزه زمان و فرکانس
- پیاده سازی گرافیکی تکنیک‌های آماری
- آنالیز مولفه مستقل
- فیلتر کردن و رفع نویز
- مدیریت کانال‌ها
- استخراج epoch‌ها
- تحلیل ERP
- و ...

قابلیت‌های EEGLAB در تحلیل‌های نوروبیزیمنسی



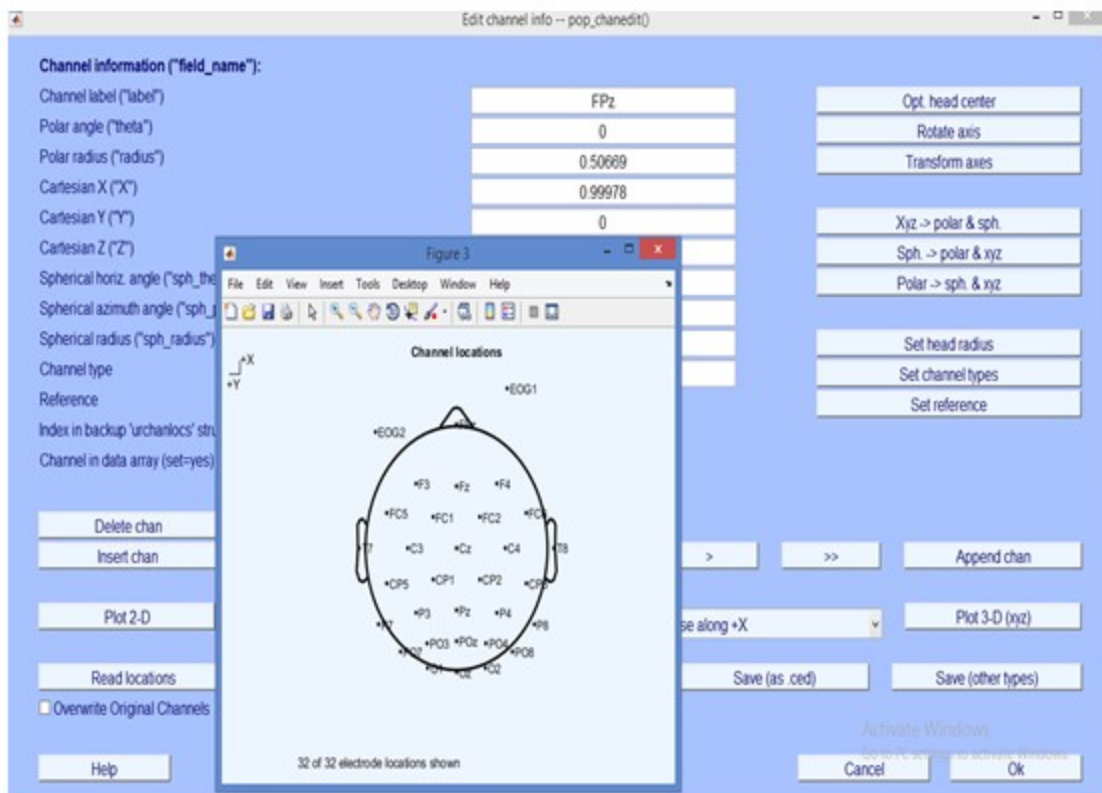
- مجسم سازی سیگنال
- تحلیل در حوزه زمان و فرکانس
- پیاده سازی گرافیکی تکنیک‌های آماری
- آنالیز مولفه مستقل
- فیلتر کردن و رفع نویز
- مدیریت کانال‌ها
- استخراج epoch ها
- تحلیل ERP
- و ...

قابلیت‌های EEGLAB در تحلیل‌های نوروبیزیمنسی



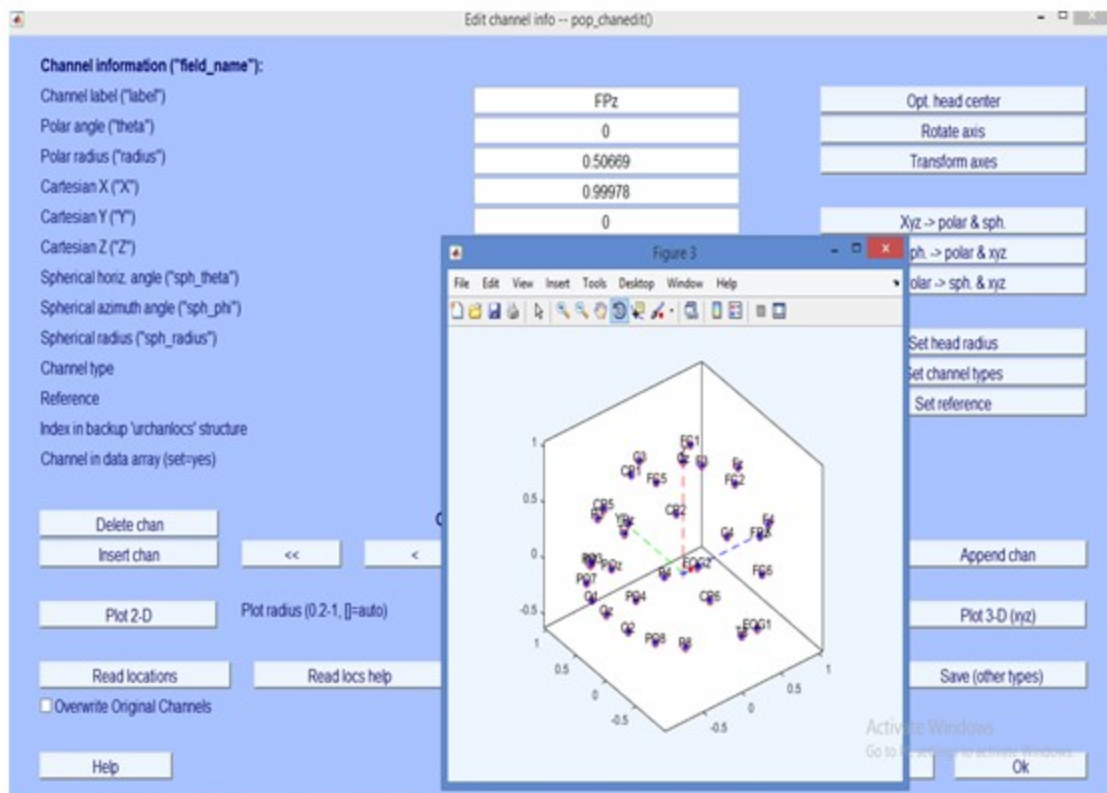
- مجسم سازی سیگنال
- تحلیل در حوزه زمان و فرکانس
- پیاده سازی گرافیکی تکنیک‌های آماری
- آنالیز مولفه مستقل
- فیلتر کردن و رفع نویز
- مدیریت کانال‌ها
- استخراج epoch‌ها
- تحلیل ERP
- و ...

قابلیت‌های EEGLAB در تحلیل‌های نوروبیزیسی



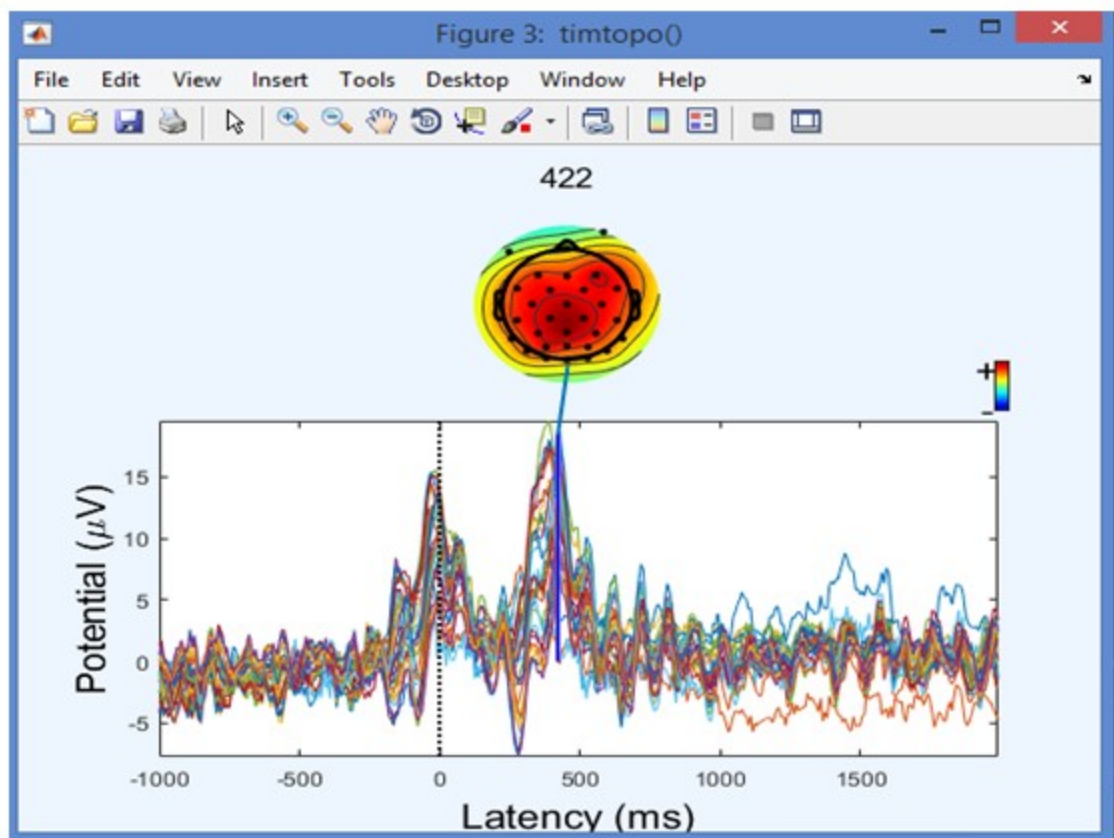
- مجسم سازی سیگنال
- تحلیل در حوزه زمان و فرکانس
- پیاده سازی گرافیکی تکنیک‌های آماری
- آنالیز مولفه مستقل
- فیلتر کردن و رفع نویز
- مدیریت کانال‌ها
- استخراج epoch‌ها
- تحلیل ERP
- و ...

قابلیت‌های EEGLAB در تحلیل‌های نوروبیزیسی



- مجسم سازی سیگنال
- تحلیل در حوزه زمان و فرکانس
- پیاده سازی گرافیکی تکنیک‌های آماری
- آنالیز مولفه مستقل
- فیلتر کردن و رفع نویز
- مدیریت کانال‌ها
- استخراج epoch‌ها
- تحلیل ERP
- و ...

قابلیت‌های EEGLAB در تحلیل‌های نوروبیزیسی



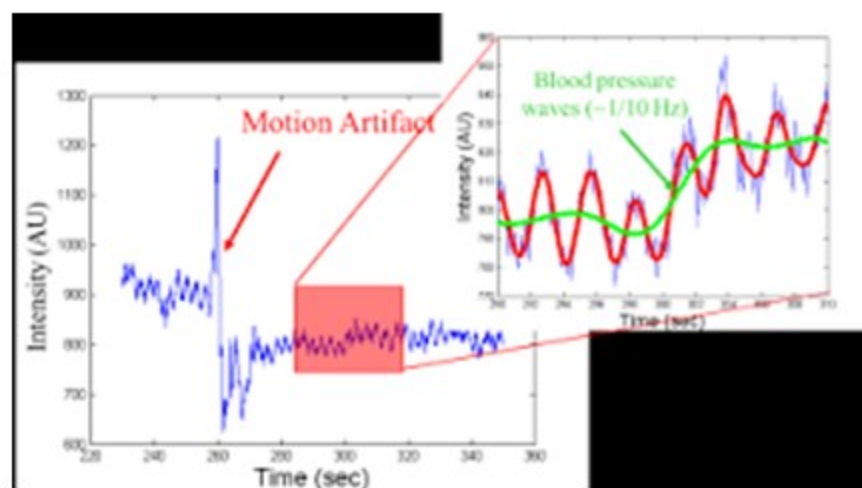
- مجسم سازی سیگنال
- تحلیل در حوزه زمان و فرکانس
- پیاده سازی گرافیکی تکنیک‌های آماری
- آنالیز مولفه مستقل
- فیلتر کردن و رفع نویز
- مدیریت کانال‌ها
- استخراج epoch‌ها
- تحلیل ERP
- و ...

مفهوم آرتیفکت در سیگنال های حیاتی

- به دلیل تزریق نشدن ابزار ثبت کننده در مغز، این روش تصویربرداری، حساسیت بالایی داشته و حرکات سر و بدن سابجکت منجر به بروز آرتیفکت های حرکتی در سیگنال میشود.
- این مساله به خصوص زمانی مشکل ساز است که حرکات سابجکت قابل کنترل نیست؛ مثلا زمانی که سابجکت ما نوزادان یا حیوانات هستند.
- آرتیفکت های ناشی از حرکت قابل توجه بدن یا اعمال فشار بر روی ابزار اندازه گیری، موسوم به آرتیفکت حرکتی هستند.

مفهوم آرتیفکت در سیگنال های حیاتی

- تغییرات ناگهانی در سیگنال که نسبت به بزرگی پاسخ همودینامیکی بزرگتر باشد. (معمولا بیشتر از ۲ برابر)
- پاسخ همودینامیکی به طور موقت یا دائم در یک سطح ثابت متفاوت ادامه می یابد.
- تاکنون هیچ روش عمومی و واحدی برای حذف آرتیفکت ها شناسایی نشده است.
- روش معمول جلوگیری از بروز آرتیفکت با چسباندن محکم الکترودها به سر و یا تشخیص وجود آرتیفکت با استفاده از شتاب سنج است.



- پژوهش های زیادی در راستای نحوه تشخیص و حذف کارای آرتیفکت ها در حال انجام است.
- تفاوت آرتیفکت با نویز:
نویز ماهیت تصادفی و غیرقابل کنترل دارد، ولی منشا آرتیفکت معمولا خود سابجکت بوده و لذا آگاهانه و قابل کنترل است.

مفهوم آرتیفکت در سیگنال های حیاتی

• انواع متداول آرتیفکت ها:

(۱) تغییر سطح (baseline shift)

شکل d

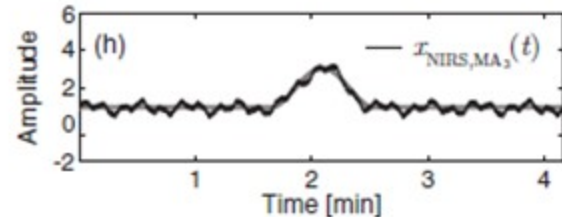
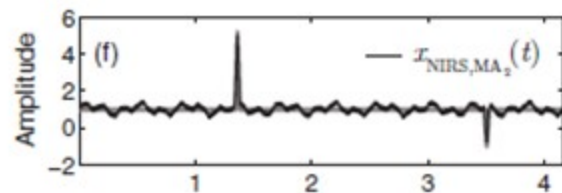
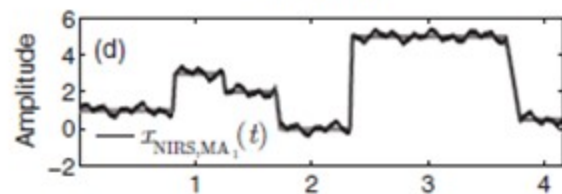
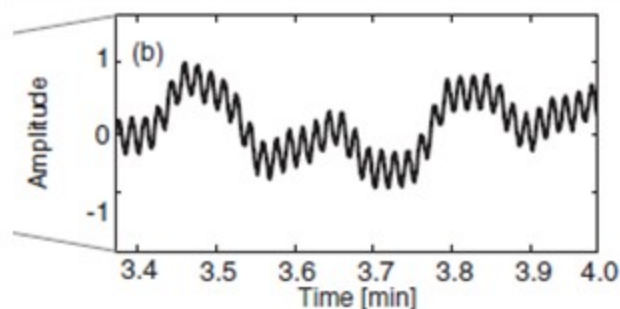
(۲) ضربه کوتاه مدت (short impulse)

شکل f

(۳) نوسان موقت با فرکانس پایین

(temporally low frequency oscillation)

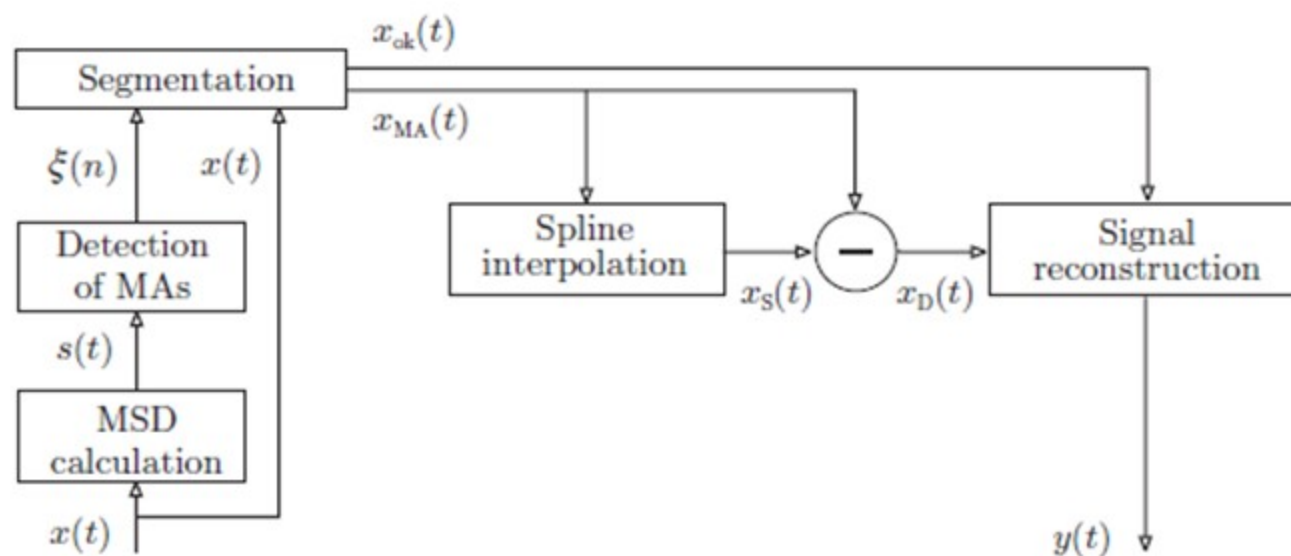
شکل h



الگوریتم MARA برای تشخیص و حذف آرتیفکت ها

Moving artifact reduction algorithm •

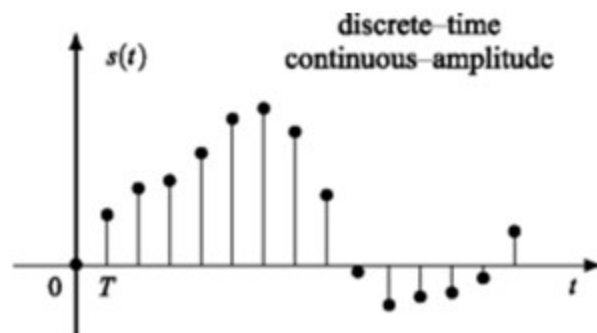
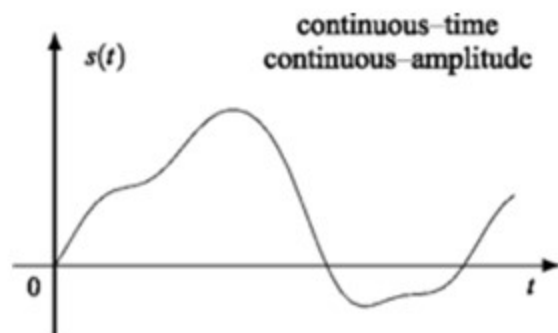
فلوچارت الگوریتم:



الگوریتم MARA برای تشخیص و حذف آرتیفکت ها

- گام اول: محاسبه انحراف معیار پویا

- نمونه برداری از سیگنال پیوسته و ذخیره به صورت یک سیگنال گسسته
- فرکانس نمونه برداری

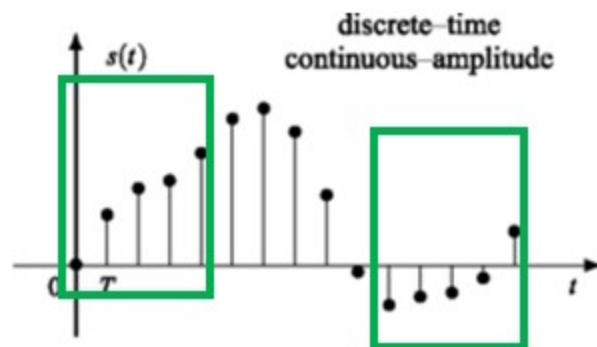
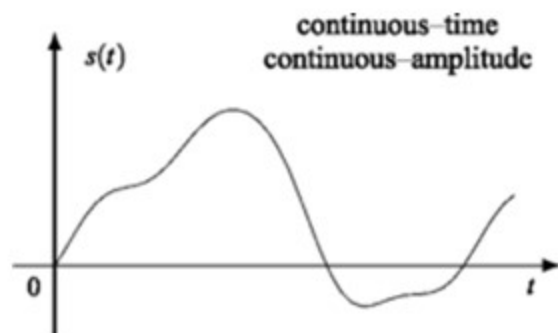


الگوریتم MARA برای تشخیص و حذف آرتیفکت ها

• گام اول: محاسبه انحراف معیار پویا

- پنجره ای به طول $W=2k+1$ در نظر میگیریم که طول آن توسط کاربر با وارد کردن پارامترهای k و W تعیین میشود.

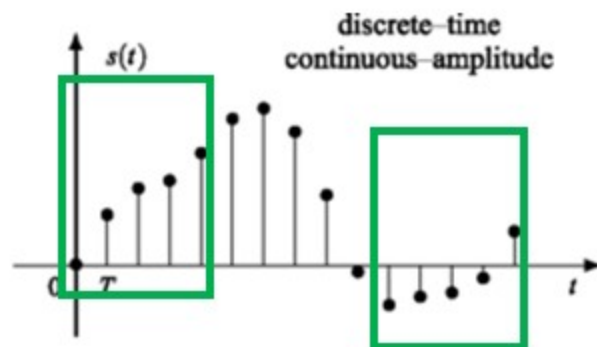
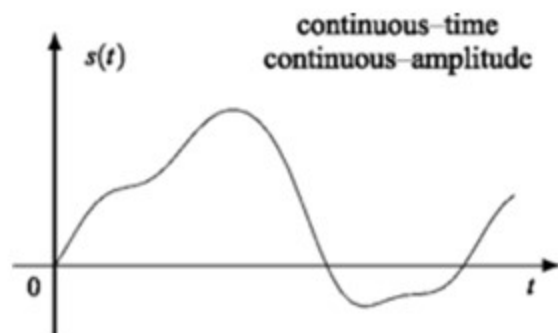
- انحراف معیار، درکی از میزان پراکندگی مقدار سیگنال را در داخل هر پنجره با محوریت یک لحظه از زمان میدهد.



الگوریتم MARA برای تشخیص و حذف آرتیفکت ها

- گام اول: محاسبه انحراف معیار پویا

$$s(t) = \frac{1}{2k+1} \left[\sum_{j=-k}^k x^2(t+j) - \frac{1}{2k+1} \left(\sum_{j=-k}^k x(t+j) \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}, \quad t = k+1, k+2, \dots, N-k$$



الگوریتم MARA برای تشخیص و حذف آرتیفکت ها

• گام دوم: تشخیص نقاط شروع و پایان نواحی دارای آرتیفکت حرکتی

- ویرایش $s(t)$:

انتخاب آستانه مثبت T توسط کاربر برای ارزیابی انحراف معیار در زمان هایی که $s(t) < T$ مقدار انحراف معیار را به صفر تغییر میدهیم.

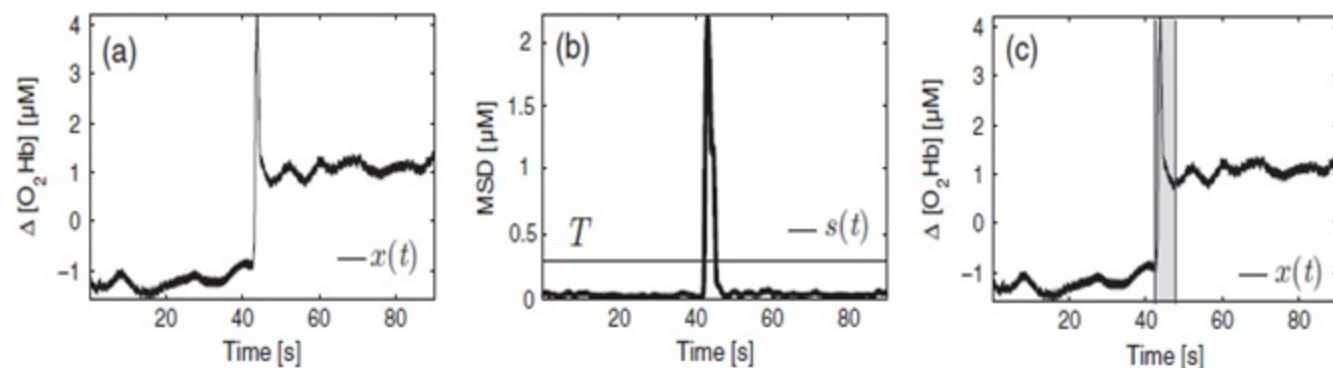
- ثبت نقاط شروع و پایان بازه هایی که سیگنال $s(t)$ مقادیر نا صفر دارد.

الگوریتم MARA برای تشخیص و حذف آرتیفکت ها

- گام سوم: تفکیک سیگنال اولیه $x(t)$ به دنباله های زمانی

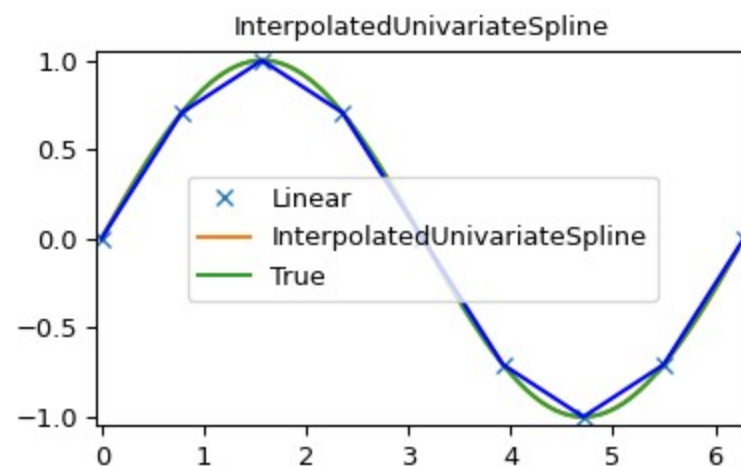
با فرض اینکه سیگنال در ابتدا آرتیفکت نداشته و موقع پایان ثبت یک آرتیفکت حرکتی به آن وارد شده است:

$$x(t) = \{x_{ok,1}(t), x_{MA,1}(t), x_{ok,2}(t), x_{MA,2}(t), \dots, x_{ok,L'}(t), x_{MA,L'}(t)\}$$



الگوریتم MARA برای تشخیص و حذف آرتیفکت ها

- گام چهارم: درونیابی اسپلاین



- درونیابی:

- پارامتر درجه آزادی p درونیابی اسپلاین توسط کاربر وارد میشود. (معمولا ۰.۰۱ برای سیگنال های fNIRS کارا است.)

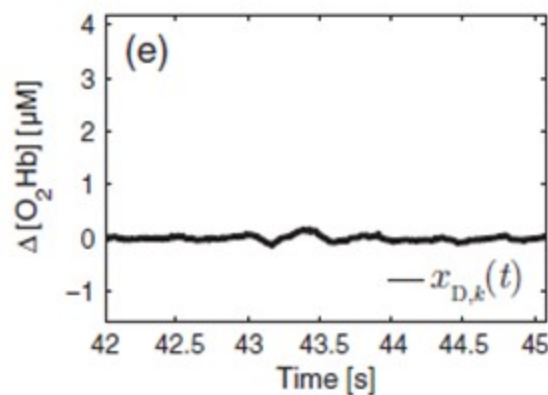
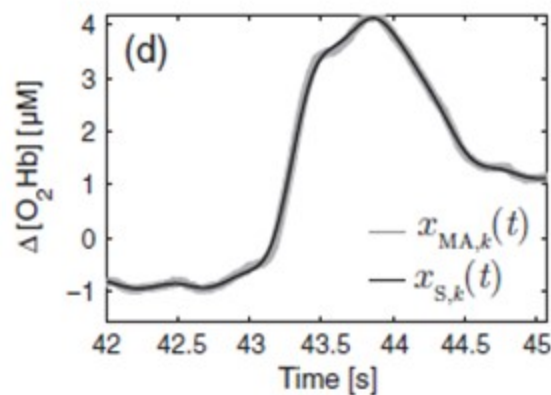
الگوریتم MARA برای تشخیص و حذف آرتیفکت ها

- گام پنجم: تفاضل اسپلاین به دست آمده از آرتیفکت

$$x_{D,k}(t) = x_{MA,k}(t) - x_{S,k}(t)$$

تفکیک زمانی به صورت زیر تغییر میکند:

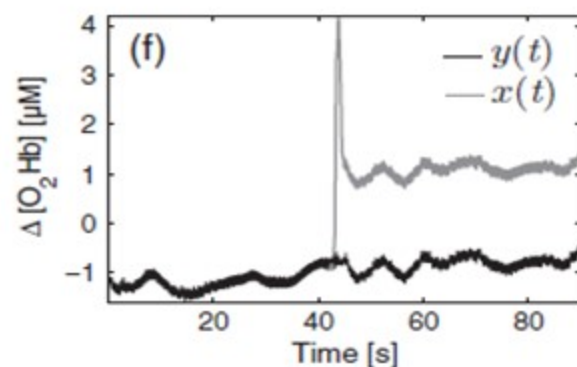
$$x'(t) = \{x_{ok,1}(t), x_{D,1}(t), x_{ok,2}(t), x_{D,2}(t), \dots, x_{ok,L}(t), x_{D,L}(t)\}.$$



الگوریتم MARA برای تشخیص و حذف آرتیفکت ها

- گام ششم: بازسازی سری های زمانی از طریق تصحیح سطح تغییر

- برای رفع ناپیوستگی سیگنال و هموار کردن سطوح تغییر، بایستی مقدار مناسب برای شیفت عمودی سری های زمانی محاسبه شود.



الگوریتم MARA برای تشخیص و حذف آرتیفکت ها

• گام ششم: بازسازی سری های زمانی از طریق تصحیح سطح تغییر

$$\alpha = \text{floor}\left(\frac{1}{3}f_s\right) \quad , \quad \beta = 2f_s$$

• $\lambda_1 = \text{length of the current segment}$

• $\lambda_2 = \text{length of the next segment}$

$$\theta_1 = \frac{\lambda_1}{10} \quad , \quad \theta_2 = \frac{\lambda_2}{10}$$

$$\vartheta_m = a - b$$

$$x_{p,m+1}^{new} = x_{p,m+1} + \vartheta_m$$

	$x_{p,m}(t_i)$ $i = 1, 2, \dots, \lambda_1,$ $\lambda_1 \leq \alpha$	$x_{p,m}(t_i)$ $i = 1, 2, \dots, \lambda_1,$ $\alpha < \lambda_1 < \beta$	$x_{p,m}(t_i)$ $i = 1, 2, \dots, \lambda_1,$ $\lambda_1 \geq \beta$
$x_{p,m+1}(t_i)$ $i = 1, 2, \dots, \lambda_2,$ $\lambda_2 \leq \alpha$	$a = \sum_{i=1}^{\lambda_1} x_{p,m}(t_i),$	$a = \sum_{i=\lambda_1-\alpha}^{\lambda_1} x_{p,m}(t_i),$	$a = \sum_{i=\lambda_1-\theta_1}^{\lambda_1} x_{p,m}(t_i),$
	$b = \sum_{i=1}^{\lambda_2} x_{p,m+1}(t_i),$	$b = \sum_{i=1}^{\lambda_2} x_{p,m+1}(t_i),$	$b = \sum_{i=1}^{\lambda_2} x_{p,m+1}(t_i),$
$x_{p,m+1}(t_i)$ $i = 1, 2, \dots, \lambda_2,$ $\alpha < \lambda_2 < \beta$	$a = \sum_{i=1}^{\lambda_1} x_{p,m}(t_i),$	$a = \sum_{i=\lambda_1-\alpha}^{\lambda_1} x_{p,m}(t_i),$	$a = \sum_{i=\lambda_1-\theta_1}^{\lambda_1} x_{p,m}(t_i),$
	$b = \sum_{i=1}^{\alpha} x_{p,m+1}(t_i),$	$b = \sum_{i=1}^{\alpha} x_{p,m+1}(t_i),$	$b = \sum_{i=1}^{\alpha} x_{p,m+1}(t_i),$
$x_{p,m+1}(t_i)$ $i = 1, 2, \dots, \lambda_2,$ $\lambda_2 \geq \beta$	$a = \sum_{i=1}^{\lambda_1} x_{p,m}(t_i),$	$a = \sum_{i=\lambda_1-\alpha}^{\lambda_1} x_{p,m}(t_i),$	$a = \sum_{i=\lambda_1-\theta_1}^{\lambda_1} x_{p,m}(t_i),$
	$b = \sum_{i=1}^{\theta_2} x_{p,m+1}(t_i),$	$b = \sum_{i=1}^{\theta_2} x_{p,m+1}(t_i),$	$b = \sum_{i=1}^{\theta_2} x_{p,m+1}(t_i),$

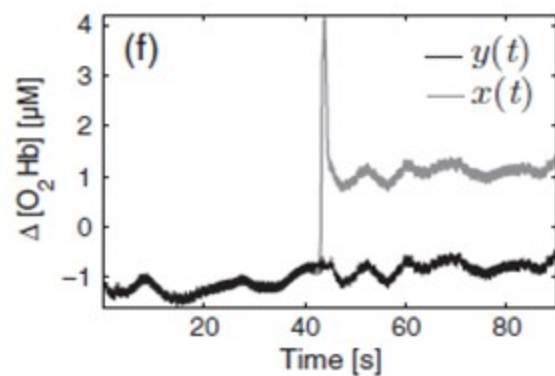


الگوریتم MARA برای تشخیص و حذف آرتیفکت ها

- گام ششم: بازسازی سری های زمانی از طریق تصحیح سطح تغییر

سری های زمانی نهایی:

$$y(t) = \{x_{OK,1}(t), x_{D,1}(t) + v_1, x_{OK,2}(t) + v_2, \dots, x_{D,L}(t) + v_{2L-1}\} \bullet$$



الگوریتم MARA برای تشخیص و حذف آرتیفکت ها

- سنجش میزان اعتبار الگوریتم MARA

- شبیه سازی سیگنال fNIRS

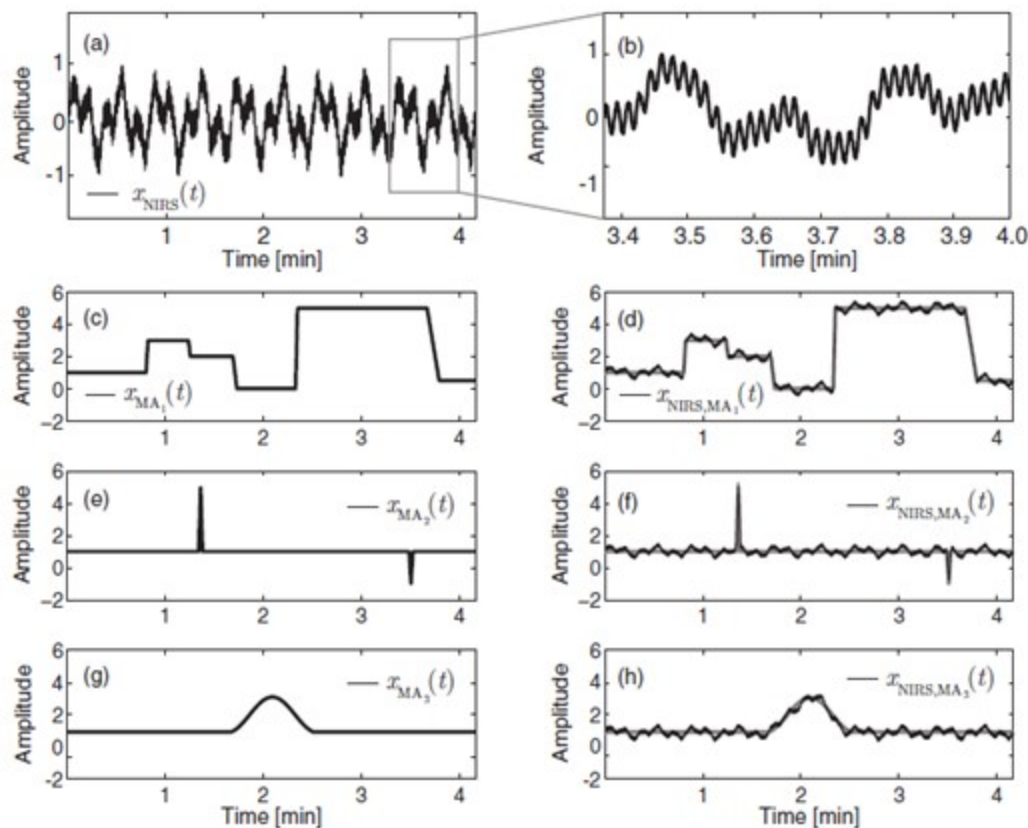
$$x_{NIRI}(t) = \sum_{i=1}^4 (\mu_i \sin(2\pi f_i t) + \gamma_i \sigma(t))$$

- $\sigma(t)$: سیگنال نویز نرمال استاندارد
- عملیات فرکانسی بسیار بالا (ضربان قلب) با میانگین فرکانسی ۱ هرتز، دامنه ۰.۶ و ضریب نویز ۰.۰۱
- عملیات فرکانسی بالا (تنفس) با میانگین فرکانسی ۰.۲۵ هرتز، دامنه نویز ۰.۲ و ضریب نویز ۰.۰۱
- عملیات فرکانسی پایین با میانگین فرکانسی ۰.۱ هرتز، دامنه نویز ۰.۹ و ضریب نویز ۰.۰۱
- عملیات فرکانسی بسیار پایین با میانگین فرکانسی ۰.۰۴ هرتز، دامنه نویز ۱ و ضریب نویز ۰.۰۵

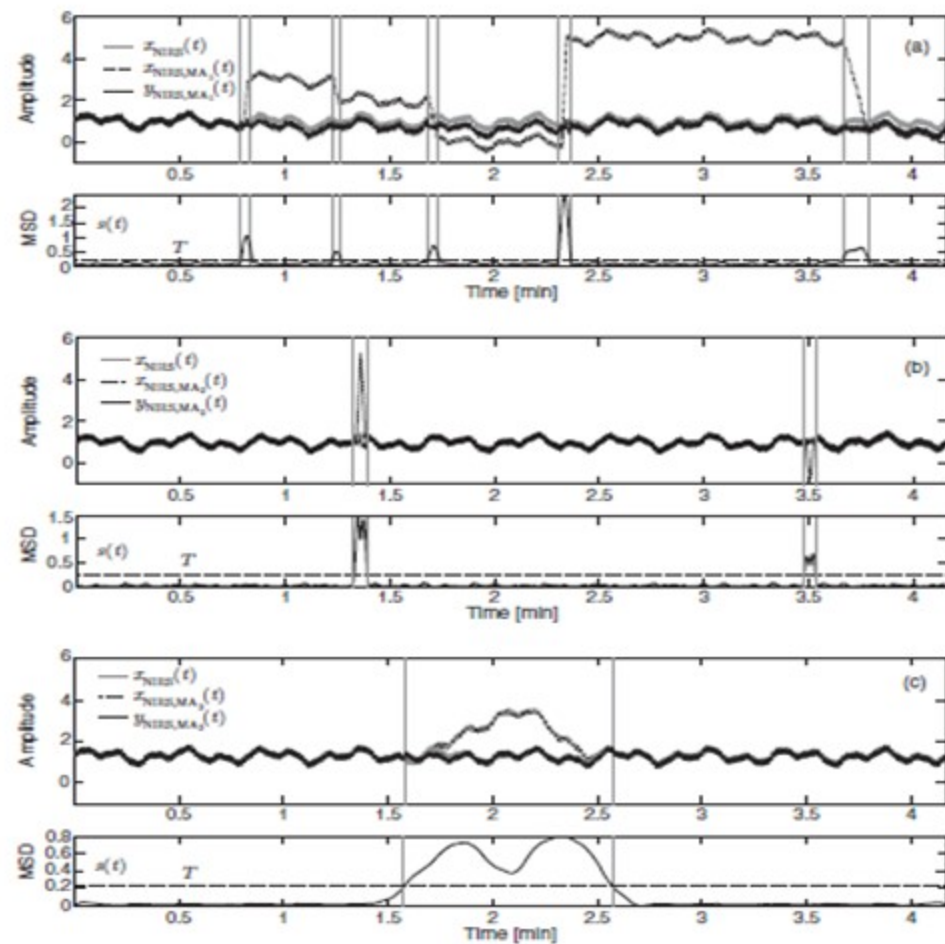
الگوریتم MARA برای تشخیص و حذف آرتیفکت ها

• سنجش میزان اعتبار الگوریتم MARA

- اضافه کردن هر سه نوع آرتیفکت:



الگوریتم MARA برای تشخیص و حذف آرتیفکت ها



• سنجش میزان اعتبار الگوریتم MARA

در مورد x_{NIRS,MA_1} : $T = 0.25$ و $W = 100$ و $p = 0.01$,

در مورد x_{NIRS,MA_2} : $T = 0.25$ و $W = 100$ و $p = 0.01$,

و در مورد x_{NIRS,MA_1} : $T = 0.22$ و $W = 1800$ و $p = 0.01$

تعیین شده است.

الگوریتم MARA برای تشخیص و حذف آرتیفکت ها

• سنجش میزان اعتبار الگوریتم MARA

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x(t_i) - y(t_i))^2},$$

$$\text{PRD} = 100\% \times \sqrt{\sum_{i=1}^N (x(t_i) - y(t_i))^2 \left(\sum_{i=1}^N x^2(t_i) \right)^{-1}},$$

$$r = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^N \left(\frac{x(t_i) - \langle x(t) \rangle}{s_x} \right) \left(\frac{y(t_i) - \langle y(t) \rangle}{s_y} \right)$$

$$s_x = \sqrt{\frac{1}{M} \sum_{i=1}^N (x(t_i) - \langle x(t) \rangle)^2}, \quad s_y = \sqrt{\frac{1}{M} \sum_{i=1}^N (y(t_i) - \langle y(t) \rangle)^2},$$

- معیارهای عددی برای ارزیابی دقیق نحوه عملکرد الگوریتم MARA:

که s_x و s_y از روابط زیر به دست می آیند:

الگوریتم MARA برای تشخیص و حذف آرتیفکت ها

- سنجش میزان اعتبار الگوریتم MARA

Signal	PRD	RMSE	r	MARA	Δ PRD	Δ RMSE	Δr
$x_{NIRI}(t)$	0%	0	1	without			
$x_{NIRI,MA_1}(t)$	236.4%	2.43	0.07	without	89.3% ↓	89.3% ↓	90.8% ↑
$y_{NIRI,MA_1}(t)$	25.4%	0.26	0.76	with			
$x_{NIRI,MA_2}(t)$	25.0%	0.26	0.67	without	95.2% ↓	96.2% ↓	33% ↑
$y_{NIRI,MA_2}(t)$	1.2%	0.01	1.00	with			
$x_{NIRI,MA_3}(t)$	54.4%	0.56	0.36	without	84.6% ↓	83.9% ↓	60.9% ↑
$y_{NIRI,MA_3}(t)$	8.4%	0.09	0.92	with			

الگوریتم MARA برای تشخیص و حذف آرتیفکت ها

- مزایای الگوریتم MARA

- اجرای خودکار بخش عمده ای از عملیات تشخیص و حذف آرتیفکت ها
- حذف کارآمد آرتیفکت ها بدون تغییر در نواحی خالی از آرتیفکت
- آزادی در انتخاب پارامترهای T و W و p که تطبیق آن را بر انواع مختلف آرتیفکت های حرکتی ممکن میسازد.
- مناسب برای آزمایش های طولانی مدت که احتمال بروز آرتیفکت های حرکتی بالا است؛ مثلاً ثبت سیگنال زمانی که سابجکت خوابیده است.
- مناسب برای رفع آرتیفکت از سایر سیگنال های حیاتی از قبیل ECG و EEG

الگوریتم MARA برای تشخیص و حذف آرتیفکت ها

- محدودیت های الگوریتم MARA

- عدم توانایی در انتخاب خودکار پارامترهای T و W و p
- صرفاً شناسایی آرتیفکت هایی که واریانس آنها از واریانس سیگنال اصلی بیشتر است.

Scholkmann F, Spichtig S, Muehlemann T, Wolf M. How to detect and reduce movement artifacts in near-infrared imaging using moving standard deviation and spline interpolation. *Physiol Meas*. 2010;31(5):649-662. doi:10.1088/0967-3334/31/5/004

- Scholkmann F, Spichtig S, Muehlemann T, Wolf M. How to detect and reduce movement artifacts in near-infrared imaging using moving standard deviation and spline interpolation. *Physiol Meas*. 2010;31(5):649-662. doi:10.1088/0967-3334/31/5/004
- Lima A, Bakker J. Near-infrared spectroscopy for monitoring peripheral tissue perfusion in critically ill patients. Espectroscopia no infravermelho próximo para a monitorização da perfusão tecidual. *Rev Bras Ter Intensiva*. 2011;23(3):341-351.



neurobusinesslab.net/



www.researchgate.net/profile/Ali_Naeini



[C-8813-2017](https://doi.org/10.1108/C-8813-2017)



<https://orcid.org/0000-0003-3119-551X>



bonyadi@iust.ac.ir , bonyadi.naeini@gmail.com



09121056721



[@Alibonyadinaeini](https://www.instagram.com/Alibonyadinaeini)



www.linkedin/in/nastaran-behrooznia



behrooznia_nastaran@ee.sharif.edu ,
nastaran.behrooznia@gmail.com

باتشکر از توجه شما