



## 2nd congress of mathematics & optimal control in medicine



مدل سازی سیگنال EEG، اغتشاش چشمی و آمیختگی سیگنال ها در فضای هادی حجمی سر  
کد: mem2.20127

- ۱- ناصر حافظی مطلق، ۲- علی مقیمی ۳- محمدعلی خلیلزاده،  
۱- دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد، گروه مهندسی پزشکی
- ۲- دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد، گروه مهندسی پزشکی
- ۳- دانشگاه فردوسی مشهد، گروه زیست شناسی

### چکیده:

ثبت فعالیت الکتریکی مغز (EEG) دارای استفاده های تشخیصی عمده در کاربردهای بالینی و تحقیقات پزشکی است. این ثبت توأم با اغتشاش هایی از جمله اغتشاش ناشی از فعالیت الکتریکی عضلات (سیگنال EMG) و فعالیت الکتریکی چشم (سیگنال EOG) است. اغتشاش EOG که به نام اغتشاش چشمی شناخته می شود، در سیگنال EEG ثبت شده توسط الکترودهایی که به قسمت پیشانی نزدیک ترند دامنه بیشتری دارد. اغتشاش چشمی ناشی از فعالیت الکتریکی چشم است که در اثر عبور از هادی حجمی سر، سیگنال EEG ثبت شده با استفاده از الکترودهای سطحی را آلوده می سازد. حذف این اغتشاش در بسیاری از کاربردها از جمله کاربردهای BCI و ثبت های تشخیصی EEG ضروری است و برای این منظور شیوه های گوناگونی پیشنهاد شده است. روش های حذف اغتشاش چشمی که تا کنون پیشنهاد شده اند دارای مشکلاتی از جمله عدم استفاده از مدل صحیح آمیختگی سیگنال ها در فضای هادی حجمی سر می باشند. در این تحقیق بر اساس مدل سازی سیگنال EEG، اغتشاش چشمی و آمیختگی این دو در فضای هادی حجمی سر، روش جدیدی جهت اعتبارسنجی روش های حذف اغتشاش چشمی از سیگنال EEG ارائه شده است. بر مبنای مدل ارائه شده بر اساس دو قطبی های الکتریکی معادل فعالیت الکتریکی مغز و چشم، امکان تولید سیگنال EEG خالص و سیگنال EEG آمیخته به اغتشاش چشمی وجود دارد که با استفاده از این دو سیگنال می توان روش های پردازشی حذف اغتشاش چشمی از سیگنال EEG را اعتبارسنجی کرد.

## مدل‌سازی سیگنال EEG، اغتشاش چشمی و آمیختگی سیگنال‌ها در فضای هادی حجمی سر

۱- ناصر حافظی‌مطلق، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد، گروه مهندسی پزشکی (n\_hafezi@um.ac.ir)

۲- محمدعلی خلیل‌زاده، استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد، گروه مهندسی پزشکی (mkhalilzadeh@mshdiau.ac.ir)

۳- علی مقیمی، دانشیار، دانشگاه فردوسی مشهد، گروه زیست‌شناسی (moghimi@um.ac.ir)

**چکیده** - ثبت فعالیت‌الکتریکی مغز (EEG) دارای استفاده‌های تشخیصی عمده در کاربردهای بالینی و تحقیقات پزشکی است. این ثبت توأم با اغتشاش‌هایی از جمله اغتشاش ناشی از فعالیت‌الکتریکی عضلات (سیگنال EMG) و فعالیت‌الکتریکی چشم (سیگنال EOG) است. اغتشاش EOG که به نام اغتشاش چشمی شناخته می‌شود، در سیگنال EEG ثبت شده توسط الکترودهایی که به قسمت پیشانی نزدیک‌ترند دامنه بیشتری دارد. اغتشاش چشمی ناشی از فعالیت‌الکتریکی چشم است که در اثر عبور از هادی‌حجمی سر، سیگنال EEG ثبت شده با استفاده از الکترودهای سطحی را آلوده می‌سازد. حذف این اغتشاش در بسیاری از کاربردها از جمله کاربردهای BCI و ثبت‌های تشخیصی EEG ضروری است و برای این منظور شیوه‌های گوناگونی پیشنهاد شده‌است. روش‌های حذف اغتشاش چشمی که تا کنون پیشنهاد شده‌اند دارای مشکلاتی از جمله عدم استفاده از مدل صحیح آمیختگی سیگنال‌ها در فضای هادی‌حجمی سر می‌باشند.

در این تحقیق بر اساس مدل‌سازی سیگنال EEG، اغتشاش چشمی و آمیختگی این دو در فضای هادی‌حجمی سر، روش جدیدی جهت اعتبارسنجی روش‌های حذف اغتشاش چشمی از سیگنال EEG ارائه شده است. بر مبنای مدل ارائه شده بر اساس دوقطبی‌های الکتریکی معادل فعالیت‌الکتریکی مغز و چشم، امکان تولید سیگنال EEG خالص و سیگنال EEG آمیخته به اغتشاش چشمی وجود دارد که با استفاده از این دو سیگنال می‌توان روش‌های پردازشی حذف اغتشاش چشمی از سیگنال EEG را اعتبارسنجی کرد.

**کلمات کلیدی** - اغتشاش چشمی، سیگنال EEG، فضای هادی‌حجمی سر، مدل‌سازی

### ۱- مقدمه

حذف سیگنال‌های ناخواسته‌ای که توسط میدان‌الکتریکی چشم در اثر پدیده‌هایی مانند پلک‌زدن و حرکات کره چشم ایجاد شده و به عنوان تداخل ناخواسته با سیگنال EEG ثبت شده آمیخته می‌شوند، در بسیاری از کاربردهای تشخیصی و پژوهشی ضروری است.

عدم حذف این سیگنال‌ها سبب خواهد شد ثبت سیگنال EEG به ویژه در کاربردهای تشخیصی و شناختی دارای خطاهای ناشی از اغتشاش چشمی باشد، به این مفهوم که در صورت عدم حذف این اغتشاش، سیگنال EEG به شدت با اغتشاش چشمی آمیخته شده و در صورت حذف اغتشاش با یک روش نامناسب، نتایج حاصل از پردازش‌های لازم در کاربرد مورد نظر صحیح نخواهد بود و نیاز به تکرار ثبت بوده که سبب طولانی شدن آزمون و کاهش کارایی روش‌ها و خستگی سوژه مورد ثبت و حتی ناموفق شدن روش می‌شود.

بیشترین تداخل، مربوط به الکترودهای نقاطی از ثبت است که به پیشانی و به طور واضح‌تر به حوزه میدان‌الکتریکی چشم نزدیک‌ترند. اهمیت حذف این اغتشاش به این دلیل است که تداخل مربوطه دامنه زیادی در بازه فرکانسی سیگنال EEG دارد و لذا سیگنال EEG ثبت شده کاملاً در تداخل نام‌برده غرق می‌شود. در بسیاری از کاربردها از جمله BCI و کاربردهای تشخیصی و شناختی حل این مشکل ضروری به نظر می‌رسد.

تابه حال روش های زیادی برای حل این مسأله پیشنهاد شده که مهم ترین آن ها روش هایی هستند که در مجموعه روش های EOG Correction طبقه بندی می شوند. در مجموعه روش های EOG Correction هدف اصلی تخمین اغتشاش چشمی با استفاده از روش های ریاضی و تحلیلی و کاستن آن از سیگنال EEG مطلوب در نقطه ثبت می باشد. برخی از این روش ها عبارتند از:

الف) روش های رگرسیون پیشرفته

ب) الگوریتم ICA

پ) روش فیلتر تطبیقی

ت) الگوریتم PCA

ث) استفاده از تبدیل موجک

ج) مدل سازی فعالیت الکتریکی چشم، مغز و هادی حجمی سر

روش های فوق که تابه حال به منظور حذف اغتشاش چشمی از سیگنال EEG مورد استفاده قرار گرفته اند دارای مشکلات عمده ای از جمله مشکلات زیر هستند:

الف) فرض اولیه فضای هادی حجمی سر به عنوان یک سیستم خطی: بر اساس این فرض انتشار سیگنال ها در فضای هادی حجمی سر در حکم اعمال تابع تبدیل یک سیستم خطی به سیگنال اولیه است. با توجه به این که طبق مطالعات تجربی و هم چنین تحلیل الکتروفیزیولوژیکی، نمی توان فضای هادی حجمی سر را به عنوان یک سیستم خطی فرض نمود، لذا تمام روش هایی که بر مبنای چنین فرض اولیه ای بنا شده اند دارای نقص می باشند.

ب) فرض آمیختگی خطی سیگنال ها در فضای هادی حجمی سر: بر اساس این فرض آمیختگی سیگنال ها در فضای هادی حجمی سر به صورت خطی و به شکل یک حاصل جمع ساده خواهد بود. این فرض بنا به مطالعات تجربی و تحلیل الکتروفیزیولوژیکی مردود بوده و لذا روش های مبتنی بر این فرض قابل اتکا نیستند.

پ) با توجه به این که ثبت داده EEG خالص (عاری از اغتشاش چشمی) امکان پذیر نمی باشد، لذا اعتبارسنجی روش های حذف اغتشاش چشمی ارائه شده تا کنون غیرممکن است.

راه حل پیشنهادی در این تحقیق عبارت است از ارائه یک روش اعتبارسنجی مناسب به منظور سنجش اعتبار روش های ارائه شده و مقایسه روش ها بر اساس نتایج اعتبارسنجی. اساس این روش اعتبارسنجی بر مبنای ارائه مدلی تحلیلی از فعالیت الکتریکی مغز، چشم و هادی حجمی سر صورت می گیرد. به این شکل که آمیختگی سیگنال EEG و EOG در فضای هادی حجمی سر توسط یک مدل تحلیلی واقعی تر (در مقایسه با روش های پیشین) تخمین زده می شود. در نهایت بر مبنای روش اعتبارسنجی ارائه شده و سنجش روش های پردازشی حذف اغتشاش چشمی بر مبنای این اعتبارسنجی، امکان تعیین روش بهینه حذف اغتشاش چشمی از سیگنال EEG وجود خواهد داشت.

هر چند که روش ارائه شده به منظور اعتبارسنجی، توانایی تعیین اعتبار یک روش به صورت صددرصد را دارا نیست اما با توجه به روش های پردازشی موجود می تواند به عنوان یک روش قابل قبول و معتبرتر از قبل پذیرفته شود.

## ۲- مدل سازی فعالیت الکتریکی مغز و چشم

### ۲-۱- روش کلی

روش کلی مدل سازی فعالیت الکتریکی مغز، چشم و آمیختگی این دو در فضای هادی حجمی سر در این تحقیق در شکل ۱ مشخص شده است.