

بسم الله الرحمن الرحيم

سیستم‌های تصویربرداری کارکردی مغز (تکلیف کامپیوتری اول)

(الف) مسأله مستقیم MEG

- فرض کنید سر را با سه کره هم مرکز و همگن مدل می‌کنیم (مغز، جمجمه، پوست سر) که شعاع $r_1 = 8cm$, $r_2 = 8.5cm$ و $r_3 = 9cm$ و رسانایی الکتریکی $\sigma_1 = \sigma_3 = \sigma$ و $\sigma_2 = \sigma/80$ دارند.
- فرض کنید 33 سنسور MEG روی سطح نیم کره بالایی پوست سر (کره به شعاع r_3) قرار دارند به نحوی که **اولین** سنسور روی محور Z قرار گرفته است و روی هر کدام از نوارهای $\varphi_i = (45^\circ).i$ ($i = 0,1,2,3, \dots, 7$) چهار سنسور در زوایای $\theta_j = (22.5^\circ).j$ ($j = 1,2,3,4$) قرار گرفته اند. (شماره هر سنسور واقع در نقطه $(r_3, \theta_j, \varphi_i)$ را $4i + j + 1$ در نظر بگیرید).
- فرض کنید 105 منبع (dipole) احتمالی جریان الکتریکی مغزی روی سطح یک کره به شعاع $r_0 = 7cm$ به صورت تصادفی قرار گرفته‌اند و مبنای شماره گذاری آن‌ها بر اساس فاصله از محوری عمودی Z می‌باشد بدینسان که دایپل شماره ۱ دایپلی است که کمترین فاصله را با محور Z دارد و دورترین دایپل نسبت به محور Z نیز دایپل شماره ۱۰۵ می‌باشد. (توجه فرمایید هیچ یک از نقاط روی سطح این کره نباید شامل بیش از یک دایپل شود).
- ۱. ماتریس MEG lead-field (G) را محاسبه کنید و ستون 75 آن را که 33 مؤلفه دارد به صورت یک منحنی در گزارش خود plot کنید. توضیح دهید که سطر i ام و ستون j ام ماتریس G هر یک بیانگر چیست؟
- ۲. فرض کنید تنها یک منبع جریان الکتریکی مغزی داشته باشیم که در نقطه $(r_0, \theta_0, \varphi_0) = (7cm, 45^\circ, 45^\circ)$ واقع شده باشد و با بردار $\vec{q}_0 = [q_x, q_y, q_z] = [0,0,1]$ مشخص شود. کمیت اندازه‌گیری شده در هر سنسور MEG (مؤلفه شعاعی چگالی شار مغناطیسی (B_r)) را محاسبه کرده و به صورت یک تصویر (یا رویه) با محورهای θ و φ رسم کنید.
- ۳. برای در نظر گرفتن عنصر زمان در شبیه سازی قسمت قبل، فرض کنید بردار منبع جریان الکتریکی در همان جهت باشد ولی اندازه آن با زمان به صورت یک موج با معادله زیر به صورت متناوب تغییر کند. اگر فرکانس نمونه برداری از سیگنال MEG را 1KHz در نظر بگیریم، سیگنال MEG ثبت شده در سنسور شماره 30 را محاسبه کرده و بر حسب زمان plot کنید.
 $w(t) = 120 \sin(8\pi t) + 45 \sin(14\pi t) + 30 \sin(20\pi t) + 15 \sin(40\pi t) + 5 \sin(80\pi t)$

(ب) مسأله مستقیم EEG

۴. فرمول محاسبه پتانسیل سطح سر در مدل کروی سه لایه را که در کلاس گفته شد در نظر بگیرید. برای یک منبع جریان الکتریکی $\vec{m} = [m_x, m_y, m_z]$ که در نقطه $[0,0,z]$ قرار دارد، رابطه بین پتانسیل الکتریکی در محل یک سنسور EEG را بر حسب \vec{m} به فرم ماتریسی- برداری بنویسید.

۵. برای بند قبل، اگر مکان منبع جریان الکتریکی در نقطه دلخواه $(r_0, \theta_0, \varphi_0)$ باشد رابطه را اصلاح کنید. استدلال کنید یا ثابت کنید که کافیت در رابطه مذکور φ را با $(\varphi - \varphi_0)$ و θ را با $(\theta - \theta_0)$ جایگزین کنیم.

اکنون با فرض این که به جای سنسورهای MEG بخش (الف) سنسورهای EEG داشته باشیم:

۶. قسمت ۱ را تکرار کنید و ماتریس EEG lead-field (L) را محاسبه کنید.

۷. قسمت ۲ را تکرار کنید.

۸. قسمت ۳ را تکرار کنید.

در این تمرین پارامترهای الکترومغناطیسی مدل کروی سه لایه‌ی سر انسان را به صورت زیر در نظر بگیرید:

$$\begin{aligned}\mu &\cong \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \left(\frac{H}{m}\right) \\ \sigma &= 0.3 (\Omega \cdot m)^{-1} \\ \varepsilon &\cong 10^5 \varepsilon_0 = 8.85 \times 10^{-7} \left(\frac{F}{m}\right)\end{aligned}$$

نحوه تحویل تکلیف: در یک فایل word پاسخ هر قسمت و نمودارهای خواسته شده را گزارش کنید. سپس فایل word مذکور، نسخه pdf آن و mfile مربوط به هر یک از قسمت‌ها را RAR کرده و تا مهلت اعلام شده روی سایت درس آپلود کنید. تحویل گزارش بدون mfile یا mfile بدون گزارش نمره ای نخواهد داشت. لطفاً تمارین را خودتان انجام دهید چون از هر دانشجو خواهیم خواست در زمانی که تعیین خواهد شد جزئیات کدش را حضوری برای مسئول حل تمرین درس توضیح دهد، نتایج را تحلیل کند و حتی تغییراتی در پارامترهای کد اعمال کند. در صورتی که دانشجویی تمارین را تحویل داده باشد ولی نتواند کد خود را توضیح دهد و یا تغییراتی روی آن اعمال کند، و یا اینکه کد و یا گزارش تحویلی به تمارین تحویلی سال های گذشته که در آرشیو موجود است شباهت غیرمنطقی داشته باشد، نمره

تمرین صفر لحاظ شده و نمره ای منفی هم کسر خواهد شد. ضمناً ممکن است در امتحان نهایی هم
سؤالی در قالب کدنویسی قسمتی از این تمرین مطرح شود.

موفق باشید

علی خادم