Original Article

Paramedical Sciences and Military Health
Volume 13, Number 1, Spring 2018

Simulation of Mobile Radiations in Vicinity of Adult and Child Head

Niloofar Jafari[1], Mohammad Bagher Heydari[2]*, Masoud Asgari[3]

[1] *Electrical Engineering Department, Payam Noor University, Zanjan, Iran*
[2] *Electrical Engineering Department, Iran University of Science and Technology (IUST), Tehran, Iran*
[3] *Electrical Engineering Department, Imam Khomeini International University (IKIU), Qazvin, Iran*

Abstract

Introduction: The exposure of human brain to electromagnetic waves can show adverse effects on brain functions. Electromagnetic waves effects on adult and child head have been investigated and compared In the present study.

Methods and Materials: A simple spherical model consisted of six layers is considered to simulate the behavior of human brain. HFSS (High Frequency Structure Simulator) has been used to simulate mobile impact on human brain. MATLAB has been applied to numerically simulate the effects of mobile waves on human brain by the hybrid Finite-Element -Boundary Integral (FEM-BI) method.

Results: The results indicated that the mobile waves can penetrate deeper inside the child brain in comparison with the adult brain.

Discussion and Conclusion: HFSS (High Frequency Structure Simulator) and also hybrid Finite-Element –Boundary Integral (FEM-BI) method are fast and powerful methods to investigate the effects of electromagnetic waves on human body. The current study has studied the harmful effects of mobile waves on the child brain compared to the adult. Furthermore, this study sketched electromagnetic field distributions of skull in vicinity of mobile phone radiations. The results indicates that the penetration of mobile waves on child brain are more deeper than the adults. So reducing the children access to the mobile phones is recommended.

Keywords: Electromagnetic waves, Mobile phone, Adult head, Child head

*(Corresponding Author) Mohammad Bagher Heydari, Iran University of Science and Technology, Hengam Ave, Resalat, Tehran, Iran
E mail: mo_heydari@elec.iust.ac.ir Phone Number: 09127430599

مقاله تحقیقاتی

مجله علوم پیراپزشکی و بهداشت نظامی

سال سیزدهم، شماره یک، بهار ۱۳۹۷

شبیه‌سازی تشعشعات موبایل در مجاورت سر بزرگ‌سال و کودک

نیلوفر جعفری[۱]، محمدباقر حیدری[۲*]، مسعود عسگری[۳]

[۱] گروه مهندسی برق، دانشگاه پیام نور، واحد زنجان، زنجان، ایران

[۲] دانشکده مهندسی برق، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

[۳] گروه مهندسی برق، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی، قزوین، ایران

چکیده

مقدمه: قرار گرفتن مغز انسان در نزدیکی یک منبع تولید کننده امواج الکترومغناطیسی، می‌تواند به فعالیت طبیعی مغز لطمه زده و عملکرد عادی آن را مختل نماید. در این مقاله تأثیر امواج الکترومغناطیسی موبایل بر روی سر بزرگ‌سال و کودک، مورد بررسی و مقایسه دقیق قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه، برای مغز یک مدل ۶ لایه کروی ساده به جای مدل دقیق و پیچیده آن، در نظر گرفته شده است. برای شبیه‌سازی تأثیر امواج الکترومغناطیسی بر روی مغز انسان بزرگ‌سال و کودک، از شبیه‌ساز HFSS و برای نوشتن کد عددی مربوط به روش اجزای محدود- انتگرال مرزی، از نرم‌افزار MATLAB استفاده می‌شود.

یافته‌ها: با شبیه‌سازی و مقایسه انجام شده برای تأثیر امواج موبایل بر روی مغز انسان بزرگ‌سال و خردسال، دیده می‌شود که عمق نفوذ این امواج در کودکان، بسیار بیشتر از بزرگ‌سالان می‌باشد.

بحث و نتیجه‌گیری: استفاده از شبیه‌ساز HFSS و نیز روش عددی اجزای محدود- انتگرال مرزی، بسیار سریع و قدرتمند بوده و با استفاده از این روش‌ها می‌توان به‌طور دقیق، نحوه تأثیر امواج الکترومغناطیسی بر روی اجزای مختلف سر انسان نظیر تأثیر امواج موبایل بر مغز فرد بزرگ‌سال و خردسال را مشاهده کرد. در این مطالعه اثرات مضر امواج موبایل بر روی سر کودکان در مقایسه با بزرگسالان مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهد که امواج موبایل عمق نفوذ بیشتری در سر کودکان دارند لذا کاهش دسترسی کودکان به موبایل توصیه می‌شود.

کلمات کلیدی: امواج الکترومغناطیسی، تلفن همراه، سر بزرگ‌سال، سر کودک

مقدمه

درسال‌های اخیر، کارهای متعددی بر روی تأثیر امواج الکترومغناطیس بر روی قسمت‌های مختلف بدن انسان انجام شده است. سلول‌های بدن انسان در گستره ۱۰ تا ۱۰۰۰ هرتز با یکدیگر ارتباط دارند و اکثر موبایل‌ها نیز در گستره ۲۷۰ تا ۱۸۰۰ هرتز ارتباط برقرار می‌کنند. در نتیجه گستره امواج الکترومغناطیس موبایل با سیستم ارتباط بین سلولی انسان هم پوشانی دارد و باعث ایجاد اختلال در بدن می‌شود. برای نمونه، طبق مطالعات علمی به اثبات رسیده موجود، تشعشعات ساطع شده از امواج رادیو فرکانس حاصل از موبایل بر روی بدن انسان موجب عقیمی مردان می‌شود (۱). اثرات امواج گرمازایی حاصل از موبایل بر روی انسان مستقیماً بر دستگاه تناسلی مردان اثر گذاشته و موجب ایجاد اختلال در وضعیت فیزیولوژیکی آنان می‌شود. البته عقیمی مردان بر اثر امواج موبایل دائمی نبوده و با فاصله گرفتن از امواج رادیو فرکانسی، این مشکل رفع می‌شود.

* (نویسنده مسئول) محمدباقرحیدری، گروه مهندسی برق، دانشگاه علم و صنعت ایران، خیابان هنگام، رسالت، تهران، ایران.
شماره تماس: ۰۹۱۲۷۴۳۰۵۹۹ آدرس الکترونیک: mo_heydari@elec.iust.ac.ir

افزایش ارتعاشات الکترومغناطیسی بر کیفیت اسپرم و تخمک مؤثر بوده و چنانچه فرد در میدان‌های الکترومغناطیس قرار گیرد، موجب آسیب به DNA و ناباروری می‌شود (۱).

علاوه بر این، تشعشات ناشی از امواج رادیوفرکانسی موبایل بر چشمان نیز تأثیر گذاشته و موجب ایجاد آب مروارید می‌شود (۲). از آنجا که چشم از محافظت کافی برخوردار نیست، عدسی چشم تحت تأثیر گرمازایی امواج رادیو فرکانسی سریع‌تر آسیب می‌بیند (۲). همچنین بیماری‌های قلبی، مشکلات عصبی و بعضاً رفتاری و نیز اختلال سیستم شنوایی را از دیگر مضرات استفاده از موبایل و تأثیرات سوء امواج فرکانس بر بدن انسان می‌توان ذکر کرد (۳). با توجه به اینکه میزان رطوبت و امواج پالسی محیطی، شدت اثرگذاری امواج رادیو فرکانس را بر بدن انسان بیشتر می‌کند، افرادی که محیط‌های با رطوبت بالا قرار دارند، امواج بیشتری را دریافت می‌کنند. همچنین در قسمت‌هایی از بدن که خون رسانی بهتری صورت گیرد، اثرگذاری امواج بیشتر خواهد بود.

مطالعات اخیر حاکی از این امر است که تشعشعات ناشی از گوشی‌های تلفن همراه سبب آسیب جدی کلیه‌ها می‌گردد. محققان پس از بررسی‌های انجام شده به این نتیجه رسیده‌اند که حتی تشعشعات سطح پایین ناشی از گوشی‌های تلفن همراه، باعث تراوش هموگلوبین سلول‌های خونی به درون جریان خون می‌شود. در نتیجه طبق اظهارات محققان، انباشته شدن تدریجی هموگلوبین ممکن است منجر به ناراحتی‌های قلبی و سنگ کلیه گردد (۳).

تحقیقات انجام شده نشان می‌دهد که پرخاشگری یکی از عمده‌ترین عوارض استفاده از تلفن همراه است (۳). تحقیقات حاکی از این است که استفاده از تلفن همراه به خصوص پیام کوتاه، خطر ابتلا به پرخاشگری و عصبانیت را افزایش می‌دهد. استفاده‌کنندگان از تلفن همراه، پیش از آنکه به خواب روند، اگر حدود ۳۰دقیقه، تحت تأثیر امواج این تلفن‌ها قرار گیرند، فعالیت مغز آن‌ها دچار تغییرات زیادی می‌شود. تغییرات در فعالیت‌های مغزی سبب دیدن خواب‌های آشفته در افراد می‌شود که این امر سبب بروز بیماری آلزایمر می‌شود.

در این راستا، یکی از مواردی که دانشمندان به بررسی تأثیر این امواج بر روی آن، پرداخته‌اند، تأثیر امواج بر روی مغز انسان است (۴). تشنج‌های ناشی از تخلیه الکتریکی زیاد، ناگهانی بوده و معمولاً منحصر در یک گروه از سلول‌های مغز (نرون‌ها) هستند و قسمت‌های مختلفی از مغز می‌تواند محل چنین تخلیه‌هایی باشد. میدان‌های الکترومغناطیسی ساتع شده از تلفن‌های همراه می‌تواند باعث تحریک مغز شده و برای افرادی که دارای صرع یا دیگر اختلالات مغزی هستند، مشکل ایجاد کند. پیامدهای مخرب تلفن همراه دراز مدت است و در زمان کوتاه نمایان نمی‌شود. عمده‌ترین اثر قابل مشاهده تلفن همراه حرارت است که در فرد مکالمه کننده پس از مدتی لاله گوش قرمز می‌شود. در مکالمه‌های طولانی مدت بر افراد استرس بیشتری وارد می‌شود که در نهایت خستگی روحی را به همراه دارد (۳-۴). اثر دیگری که ممکن است تلفن‌های همراه بر افراد وارد کند و هم اکنون در حال مطالعه است، تغییرات ژنتیکی است که در صورت صحت این فرضیه، فاجعه‌ای در انتظار انسان‌ها است. تغییرات احتمالی که امواج الکترومغناطیس روی سلول‌ها ایجاد می‌کنند موجب بروز تومورهای مغزی در درازمدت خواهد شد.

برای بررسی تأثیر امواج بر مغز، کارهای متعددی در سال‌های اخیر صورت گرفته است. مثلاً در مقاله (۵).، با استفاده از روش مدل‌سازی عددی و حل تحلیلی مسئله و با فرض آنتن دوقطبی برای موبایل، به بررسی این تأثیر پرداخته است. در مقاله (۶)، مغز انسان برای تحلیل، به جای استفاده از مدل سخت و پیچیده اصلی مغز، یک محیط شش لایه با مشخصات مغناطیسی هر لایه در نظر گرفته شده است. در مقالات فوق، یک روش تحلیلی پیچیده و طاقت فرسا برای دیدن آثار سو امواج موبایل بر روی مغز، انتخاب شده است. بدیهی ست استفاده از روش‌های عددی به جای شبیه‌سازی نرم‌افزاری، ضمن وقت گیر بودن، دارای دقت بسیار کمی نسبت به شبیه‌سازی نرم‌افزاری بوده و به دلیل پیچیده بودن روابط، از جذابیت آن می‌کاهد.

مواد و روش‌ها

در این مقاله، برای شبیه‌سازی تأثیر امواج الکترومغناطیسی بر روی مغز فرد بزرگ‌سال و خردسال، از شبیه‌ساز HFSS و برای نوشتن کد عددی مربوط به روش اجزای محدود- انتگرال مرزی، از نرم‌افزار MATLAB استفاده خواهد شد.

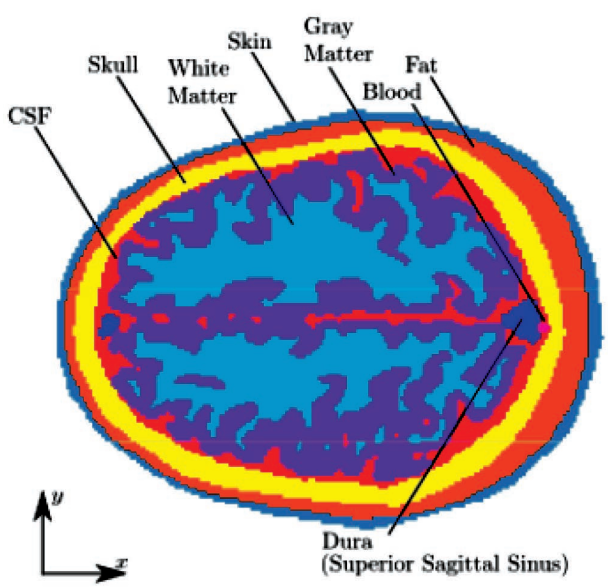
در قسمت اول این مقاله با استفاده از نرم‌افزار شبیه‌سازی HFSS، به شبیه‌سازی تأثیر امواج بر روی مغز پرداخته شده است. در این

رهیافت، مغز انسان به جای مدل دقیق و اصلی خود، یک محیط شش لایه کروی ناهمگن با مشخصات مغناطیسی مشخص، درنظر گرفته می‌شود. نتایج شبیه‌سازی حضور تلفن همراه برای قسمت‌های پوست و جمجمه سر بزرگ‌سال و نیز مقایسه میزان نفوذ میدان الکترومغناطیسی در مغز فرد بزرگ‌سال و خردسال، در این مقاله آمده است. سپس با استفاده از روش عددی ترکیبی اجزای محدود- انتگرال مرزی، با استفاده از نرم‌افزار MATLAB تأثیر امواج موبایل بر روی مغز، مطالعه می‌شود.

نتایج

بررسی تأثیر امواج الکترومغناطیسی موبایل بر روی سر بزرگ‌سال و سر کودک

مغز انسان از بافت‌های دیسپرسیو دی الکتریک تشکیل شده است. بافت‌های مغزی عبارت‌اند از: ۱) پوسته ۲) جمجمه ۳) چربی ۴) دورا ۵) مایع فقراتی مغزی ۶) ماده خاکستری ۷) ماده سفید رنگ و ۸) خون. در شکل ۱، محل هر کدام از اجزای فوق، نشان داده شده است (۵). برای بررسی میزان نفوذ امواج بر روی مغز فرد بزرگ‌سال و خردسال، می‌توان از نرم‌افزار شبیه‌سازی HFSS و روش عددی ترکیبی اجزای محدود- انتگرال مرزی، استفاده کرد که در ادامه به آن‌ها پرداخته می‌شود.



شکل ۱- اجزای تشکیل دهنده مغز انسان (۵)

شبیه‌سازی با استفاده از نرم‌افزار HFSS

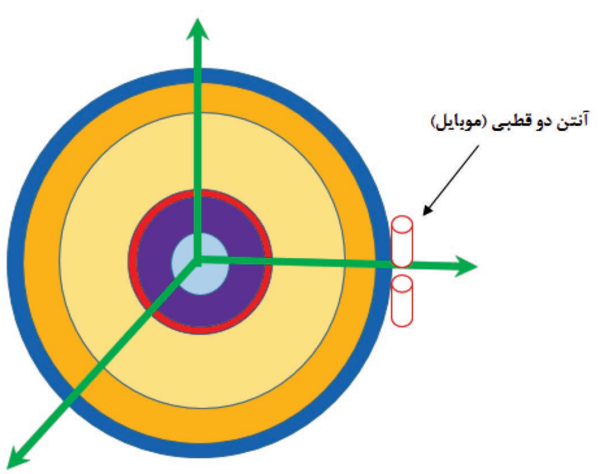
در شکل ۲، مدل ساده شده‌ای از مغز به صورت شش لایه کروی هم مرکز آمده است. بدیهی ست که از قسمت خون و دورا، بنا به ساختار نامتقارن که نمی‌توان این قسمت‌ها را به صورت دایره مدل کرد، صرف نظر می‌شود. یک آنتن دو قطبی که همان تلفن همراه می‌باشد، در کنار سر انسان قرار داده می‌شود.

برای شبیه‌سازی سر انسان، به پارامترهای الکترومغناطیسی دیسپرسیو قسمت‌های مختلف سر نیاز است که این پارامترها برای مدل ساده شده کروی، در جدول ۱ آمده است (۶).

با شبیه‌سازی ساختار شکل ۲ برای مغز بزرگ‌سال و خردسال در نرم‌افزار HFSS، می‌توان نحوه انتشار امواج ناشی از موبایل را بر روی قسمت‌های مختلف مغز مشاهده نمود. نمودار بهره آنتن دوقطبی (موبایل) در غیاب مغز در شکل ۳ مشاهده می‌شود.

همان طور که گفته شد، مغز انسان از بخش‌های مهمی مانند پوست سر، جمجمه و مغز تشکیل شده است و اینکه هر بخش دارای خاصیت دی الکتریکی مختلفی است. برای بررسی نحوه اثر امواج موبایل بر قسمت‌های مختلف مغز، مانند پوست سر و جمجمه، می‌توان اندازه شدت میدان الکتریکی و مغناطیسی را برای هر یک از قسمت‌های سر، رسم نمود. برای نمونه، تأثیر این امواج بر روی قسمت‌های پوست و جمجمه بزرگ‌سال در شکل‌های ۴ و ۵ نشان داده شده است.

برای مقایسه میزان موج نفوذ کننده موبایل در داخل سر بزرگ‌سال و خردسال، نمودار شدت میدان موج نفوذی در مغز فرد بزرگ‌سال و

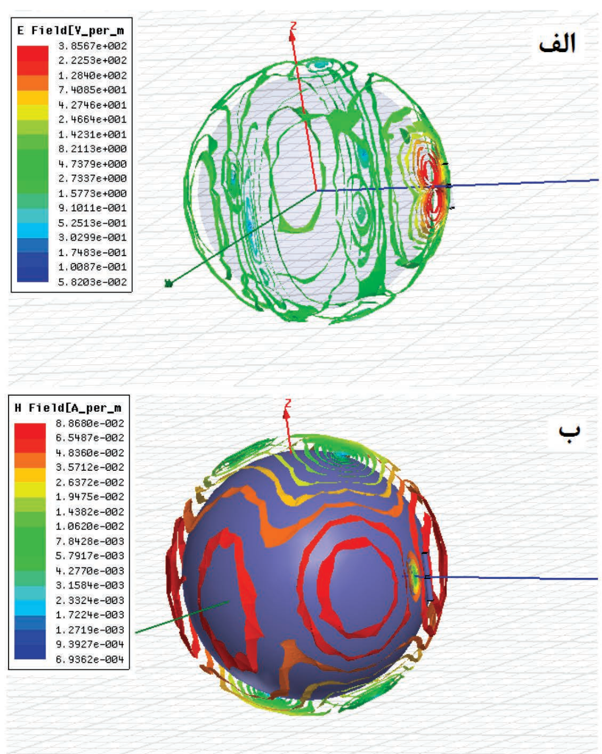


شکل ۲- مدل ساده شده ۶ لایه مغز در حضور یک آنتن دوقطبی (موبایل)

جدول ۱- پارامترهای مغز شبیه‌سازی شده در فرکانس ۱,۹ گیگاهرتز (۶)

بافت‌های مغز	شعاع بافت (cm)	ضریب نفوذپذیری ε_r	ضریب رسانایی الکتریکی σ	چگالی جرمی $\left(10^3\ {kg}/{m^3}\right)$
پوست	۹	۳۷/۲۱	۱/۲۵	۱/۰۱
چربی	۸/۹	۹/۳۸	۰/۲۶	۰/۹۲
استخوان	۸/۷۶	۱۶/۴۰	۰/۴۵	۱/۸۱
دورا	۸/۳۵	۳۷/۲۱	۱/۲۵	۱/۰۱
مایع فقراتی مغزی	۸/۳۰	۷۷/۳۰	۲/۵۵	۱/۰۱
مغز	۸/۱۰	۴۳/۲۲	۱/۲۹	۱/۰۴

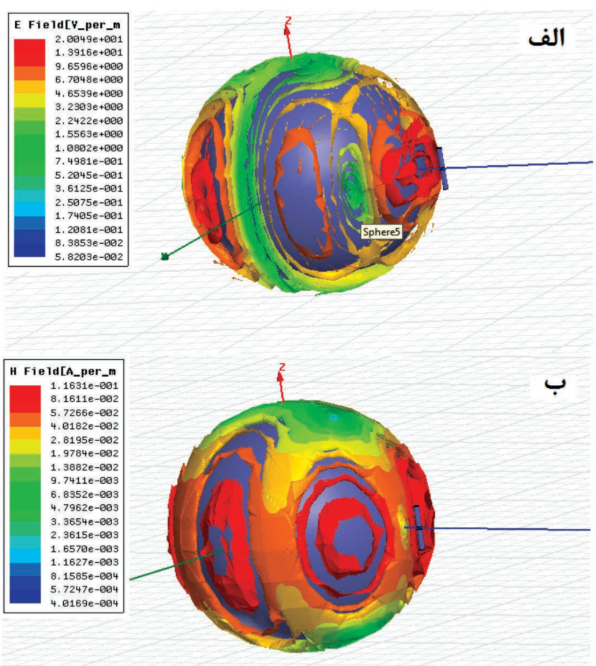
شکل ۳- بهره آنتن دوقطبی (موبایل) در غیاب مغز انسان



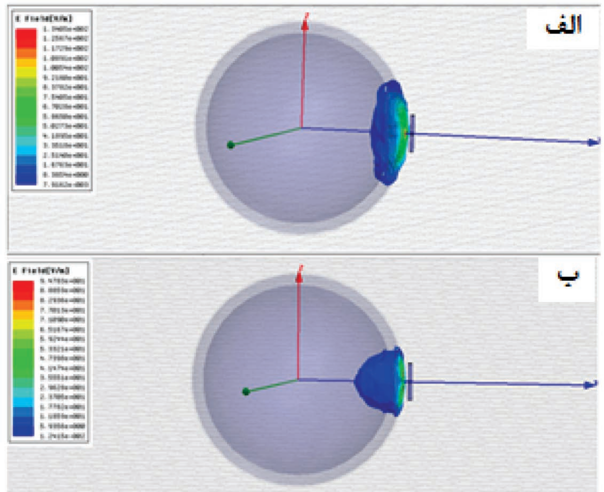
شکل ۴- الف) اندازه میدان الکتریکی ب) اندازه میدان مغناطیسی ناشی از امواج موبایل بر روی پوست سر

کودک در شکل ۶ رسم شده است. لازم به ذکر است که پارامترهای مغز خردسال در مرجع (۷) آمده است.

همانطور که در شکل ۶ دیده می‌شود، با مقایسه شدت میزان نفوذ میدان الکترومغناطیسی در سر بزرگسال و خردسال، می‌تواند دید که نفوذ امواج موبایل، در مغز خردسال بیشتر از بزرگسال است و لذا استفاده از موبایل برای کودکان، ضرر به مراتب بیشتری نسبت به بزرگسالان دارد. لذا کودکان به نسبت بزرگسالان، باید کمتر از موبایل برای مکالماتشان، استفاده کنند.



شکل ۵- الف) اندازه میدان الکتریکی ب) اندازه میدان مغناطیسی ناشی از امواج موبایل بر روی جمجمه سر



شکل ۶- اندازه میدان الکتریکی موج نفوذی ساتع شده از موبایل به داخل: الف) مغز بزرگسال ب) مغز خردسال

شبیه‌سازی عددی با استفاده از روش ترکیبی اجزای محدود-انتگرال مرزی

روش‌های تحلیل میدان پراکنده شده از مغز به طور عمده با دو روش ممان و تفاضل محدود - زمان محدود انجام می‌شود (۸-۱۴). مدل‌سازی دیسپرژن دی الکتریک در حوزه زمان با اختصاص نفوذپذیری الکتریکی مختلط برای بافت‌های مختلف مغز صورت می‌گیرد. مدل دبی و کول، مدل‌هایی هستند که در ادبیات مدل‌سازی مغز بیشتر استفاده می‌شوند (۵). جمله N ام مدل دبی (Debye) به صورت زیر تعریف می‌شود (۵):

$$\varepsilon_d(\omega)=\varepsilon_\infty+\frac{\sigma}{j\omega\varepsilon_0}+\sum_i^N\frac{\Delta\varepsilon_i}{1+j\omega\tau_i} \qquad (۱)$$

که در آن ε_0 نفوذپذیری فضای آزاد، ω فرکانس زاویه‌ای، τ_i زمان آسایش i ام و σ هدایت پذیری می‌باشد. این در حالی است که جمله N ام مدل کول (Cole) به صورت زیر است (۵):

$$\varepsilon_d(\omega)=\varepsilon_\infty+\frac{\sigma}{j\omega\varepsilon_0}+\sum_i^N\frac{\Delta\varepsilon_i}{1+(j\omega\tau_i)^{1-\alpha_i}} \qquad (۲)$$

پارامترهای این رابطه مانند مدل دبی است؛ در رابطه فوق α_i تنها تفاوت دو مدل می‌باشد که این ضریب در مدل کول، دقت بیشتری می‌دهد. البته به دلیل این ضریب، آنالیز حوزه فوریه در مدل کول به مراتب دشوار می‌شود. در حوزه کاری تصویربرداری فرکانسی که بازه فرکانسی ۰٫۱گیگاهرتز تا ۵ گیگاهرتز را تشکیل می‌دهد، مدل دبی دقیق‌تر است. مدل دبی برای هر لایه مغز، پارامترهای زیررا در نظر می‌گیرد:

۱) ε_∞ ۲) $\Delta\omega_1$ ۳) $\Delta\omega_2$ ۴) τ_1 ۵) τ_2 ۶) σ.جدول ۲ پارامترهای مختلف مدل دبی را برای بافت‌های مختلف مغز نشان می‌دهد (۵).

در این مقاله میدان پراکنده شده از مغز، با استفاده از روش عددی ترکیبی اجزای محدود-انتگرال مرزی، شبیه‌سازی می‌شود. در این روش، با شروع از معادله زیر:

$$\nabla\times\left(\frac{1}{\mu_r}\nabla\times\boldsymbol{E}\right)-k_0^2\varepsilon_r\boldsymbol{E}=-jk_0Z_0\boldsymbol{J}_{imp} \qquad (۳)$$

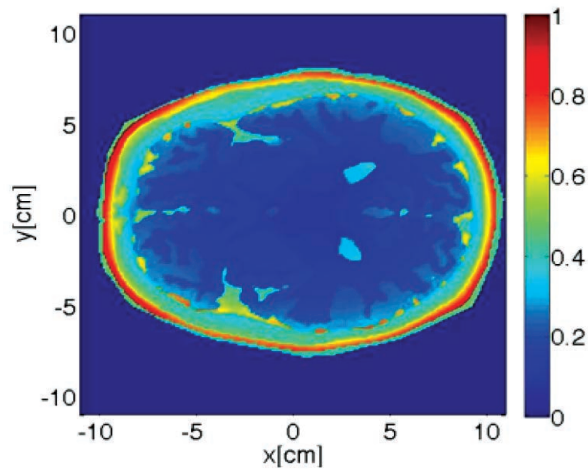
در نهایت به معادله انتگرالی (۴) می‌رسیم:

$$\iiint_{V_0}\left[\frac{1}{\mu_r}(\nabla\times\boldsymbol{W}).(\nabla\times\boldsymbol{E})-k_0^2\varepsilon_r\boldsymbol{W}.\boldsymbol{E}\right]dv+jk_0\oiint_{S_0}\hat{n}.(\boldsymbol{W}\times\boldsymbol{H})\,ds=-jk_0Z_0\iiint_{V_0}\boldsymbol{W}.\boldsymbol{J}_{imp}\,dv \qquad (۴)$$

سپس با گسسته سازی ساختار، میدان‌های درون مغز بدست می‌آید. در شکل ۷، اندازه میدان الکتریکی در مغز انسان که در معرض آنتن دوقطبی (موبایل) قرار گرفته، توسط روش عددی اجزای محدود-انتگرال مرزی، آمده است. همانطور که دیده می‌شود، روش عددی استفاده شده، به خوبی میزان نفوذ میدان الکترومغناطیسی را در داخل مغز، شبیه‌سازی می‌کند.

جدول۲- پارامترهای مختلف توصیف کننده ساختار مغز در مدل دبی (۵)

Tissue	ε_∞	$\Delta\omega_1$	$\Delta\omega_2$	τ_1	τ_2	σ
Gray Matter	۱	۴۹	۵۵	۱۰	۱/۳	۰/۵
White Matter	۸	۲۹	۲۶	۱۳	۰/۹۴	۰/۳
CSF	۱	۶۶	۱۷	۶/۹	۱/۷	۲/۲
Blood	۸	۴۷	۲۳	۱۰/۸	۱/۲	۱/۵
Dura	۲۲	۲۶	۱۴	۲۱	۰/۶۲	۰/۶۲
Skull	۴	۸	۴	۱۷	۰/۴۶	۰/۰۶۵
Fat	۳	۱/۴۲	۱/۸۷	۱۳	۰/۶۵۱	۰/۰۲۶
Skin	۲۰	۲۰	۲۳	۱۹/۶	۱/۱	۰/۴



شکل ۷- اندازه میدان الکتریکی در مغز انسان که در مجاورت یک موبایل قرار گرفته است.

بحث و نتیجه گیری

در این مقاله، ابتدا مضرات امواج الکترومغناطیسی بر روی اعضای مختلف بدن نظیر گوش، کلیه‌ها، سیستم عصبی، قلب و مغز بررسی شد. سپس با معرفی ساختارهای تشکیل دهنده مغز انسان و پارامترهای الکترومغناطیسی آن، با مدل‌سازی آن به صورت محیط چند لایه کروی، به بررسی و مقایسه تأثیر امواج موبایل بر مغز انسان خردسال و بزرگ‌سال با استفاده از نرم‌افزار شبیه‌ساز HFSS پرداخته شد.

مشاهده شد که میزان نفوذ میدان الکترومغناطیسی، در مغز خردسال بیشتر از بزرگ‌سال است و لذا استفاده از موبایل برای کودکان، ضرر به مراتب بیشتری نسبت به بزرگ‌سالان دارد. لذا کودکان باید کمتر از موبایل برای مکالمات شان، استفاده کنند. سپس ساختار اصلی و دقیق مغز با روش عددی ترکیبی اجزای محدود-انتگرال مرزی شبیه‌سازی شد و نتیجه عددی آن نمایش داده شد.

References

1- Lusekelo Kibona, Godbless Swagarya, Michael Kisangiri, Analysis of the Impact of Electromagnetic Radiations from Cell Phones on Male Sperm Infertility, International Journal of Scientific and Research Publications, November 2013, Volume 3, Issue 11.

2- Parviz Jafari Fesharaki, Maryam Rahmati, The Effect of RF Radiation on the Human Eye and its Methods of Reduction, Malek Ashtar University of Technology, 2014, Tehran, 9 pages

3- Aakanksha Aggarwal, Abhishek Gupta, Effect of electromagnetic radiations on humans: A Study, International Journal of Scientific and Research Publications, Proceeding of the 2011 IEEE Students Technolog Symposium 14-16 January.

4- A. W. Preece, G. Iwi, A. Davies-Smith, K. Wesnes, S. Butler, E. Lim and A. Varey, Effect of a 915-MHz simulated mobile phone signal on cognitive function in man, INT. J. Radition. Biol 1999, vol. 75, no. 4, pp. 447- 456.

5- David Ireland and Amin Abbosh, Modeling Human Head at Microwave Frequencies Using Optimized Debye Models and FDTD Method, IEEE, 2013, vol. 61, no. 4, pp. 2352 - 2355.

6- Hamid Khodabakhshi and Ahmad Cheldavi, Irradiation of a Six-Layered Spherical Model of Human Head in the Near Field of a Half-Wave Dipole Antenna, IEEE, 2010, Vol. 58, No. 3.

7- De Salles AA, Bulla G, Rodriguez CE, Electromagnetic absorption in the head of adults and children due to mobile phone operation close to the head, Electromag. Biol. Med, 2006, pp. 349-60.

8- H.K. Rouf, F. Costen and S.G. Garcia, 3D Crank-Nicolson finite difference time domain method for dispersive media, Electronics Letters, 2009, Vol. 45 No. 19.

9- Om P. Gandhi, Ben-Qing Gao and Jin-Yuan Chen, A Frequency-Dependent Finite-Difference Time Domain Formulation for General Dispersive Media, IEEE, 1993, Vol. 41, No. 4.

10- Rahmat-Samii, Yahya, and Kang W. Kim. Antennas and human in personal communications: applications of modern EM computational techniques. Microwaves and Radar, IEEE, MIKON 98, 12th International Conference, 1998, Vol. 4.

11- Nikos C. Skaropoulos, Melina P. Ioannidou and Dimitris P. Chrissoulidis, Induced EM Field in a Layered Eccentric Spheres Model of the Head: Plane-Wave and Localized Source Exposure, IEEE, 1996, Vol. 44, No. 10.

12- C Gabriel, S Gabriely and E Corthout, The dielectric properties of biological tissues: I. Literature survey, IOP, 1996, Phys. Med. Biol. 41, pp. 2231–2249.

13- S Gabriely, R W Lau and C Gabriel, The dielectric properties of biological tissues: II. Measurements in the frequency range 10 Hz to 20 GHz, IOP, 1996, Phys. Med. Biol. 41, pp. 2251–2269.

14- S Gabriely, R W Lau and C Gabriel, The dielectric properties of biological tissues: III. Parametric models for the dielectric spectrum of tissues, IOP, 1996, Phys. Med. Biol. 41, pp. 2271–2293.