

شبیه سازی بدن در وضعیت های مختلف توسط امواج رادیویی

بهناز خنک خان^۱، جلیل مظلوم^۲

^۱ کارشناس ارشد مهندسی پزشکی دانشگاه دانشستان ساوه

^۲ استادیار دانشکده مهندسی برق دانشگاه علوم و فنون هوایی شهید ستاری

چکیده

هدف از انجام این پژوهش شبیه سازی بدن با استفاده از روش FDTD توسط امواج رادیویی در وضعیت های مختلف می باشد. در این پژوهش ابتدا امواج رادیویی با فرکانسهای مختلف بررسی می شود و ویژگی های آنها بررسی می شود. برای شبیه سازی مناسبترین روش عددی FDTD می باشد. نرم افزار CST مناسبترین نرم افزار در این زمینه می باشد. پس از طراحی و شبیه سازی آنتن در فرکانس مورد نظر، مدلی مناسب برای بدن انسان در نظر گرفته می شود و محاسبات روی مدل بدن انجام می شود. سپس با مشخص کردن میزان فرکانس و میزان فاصله شخص با این منابع و میزان تشعشعات مشخص شده بدون نیاز به صرف هزینه و تهیه دستگاه های اندازه گیری این اثرات بررسی می شود. امواج در هر فرکانسی که باشند برای انسانها ضرر دارند بسته به میزان تشعشع و انرژی امواج، روی انسان تاثیر می گذارند. در این مقاله قصد داریم تا تاثیرات امواج را بر روی بدن انسان بررسی نموده و خطرات احتمالی آن را مورد بررسی قرار دهیم. اطلاعات مربوط به بدن انسان از طریق سایت های معتبر علمی و بانکهای اطلاعاتی، کتب در زمینه پزشکی به دست خواهند آمد. اطلاعات شبیه سازی از طریق نمونه برداری و تحلیل به روش پله ای انجام می گردد. تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از نرم افزار صورت گرفته و بعد از مقایسه این نمودارها با نمودارها و مقادیر موجود در سازمان استاندارد مشخص می شود.

واژه های کلیدی: روش FDTD، فرکانس، امواج رادیویی، امواج مغناطیسی، تاثیرات مغناطیسی.

مقدمه:

در مراجع (کولیدسیداس^۱، ۲۰۰۹؛ دیمیبلو^۲، ۱۹۹۷)، اثرات تشعشع روی سر و چشم بررسی شده است و آثار افزایش دما مشاهده شده است. همچنین استفاده از یک مانع مانند صفحه فریتی برای مقابله و کاهش این اثرات پیشنهاد شده است. در مرجع (شاکر^۳، ۲۰۱۶) نشان داده شده است که 1K درجه یا یک درجه کلون افزایش دما باعث تأثیر مستقیم روی حافظه و رفتار افراد می شود. همچنین در جامعه ارتباطات پرتغال لیسبون^۴ گفته شده است که 1K افزایش دما در چشم باعث صدمه به آن خواهد شد. در حالت کلی افزایش هر 1K برای بدن انسان خطرناک است. مراجعی نیز به راه حلهایی برای کاهش این اثرات پرداخته اند. از جمله آنها می توان به استفاده از هادی یا صفحه فریتی بین سر انسان و مولد پرتو (تلفن همراه) اشاره کرد.^۵

بحث و بررسی:

در این قسمت ابتدا به صورت کلی، بدن را در نظر می گیریم و سپس به سه قسمت اصلی از اعضای بدن تقسیم می کنیم. اثرات بیولوژیکی امواج غیریونساز در این محدوده در بافت های حساس به افزایش دما رویت می شود. قرارگرفتن چشم در میدان های رادیویی که جذب بالایی داشته باشد؛ میتواند ریسک ابتلا به آب مروارید را افزایش داده و همچنین با افزایش دما و حرارت بدن در اثر تشعشع پرتوهای ناشی از آنتن ممکن است حالت تب گونه؛ خستگی و کوفتگی به انسان دست بدهد و یا در موارد حاد باعث تحریک سیستم عصبی شخص شود. برای محاسبه این اثرات فاکتوری به نام نرخ جذب ویژه انرژی^۶ وجود دارد که با استفاده از رابطه (۱) اندازه گیری می شود.

نکته ای که در این مورد پیشنهاد می شود استفاده از مدل با مشخصات آن به صورت پارامتری است، یعنی مقدارهای گذردهی الکتریکی (ϵ)، گذردهی مغناطیسی (μ)، هدایت الکتریکی (σ) و چگالی ماده در صورتی که با فرکانس تغییر می کنند چون پارامتری تعریف شده اند (همچنین فرکانس کاری)، به طور خودکار تغییر می کنند و شبیه سازی کامل می شود. CST از مدل سازی FDTD برای تحلیل استفاده می کند. روش دامنه محدود حوزه زمانی، FDTD، یکی از روش هایی محاسبات رایج برای مشکلات میکروویو است. FDTD برای برنامه ریزی ساده، کارآمدتر و آسان تر است برخورد با مشکلات مختلف معامله با مرزهایی که با دکارتی هماهنگ نیستند شبکه، ضعف اصلی آن است. FDTD از مرحله تئوری صریح استفاده می کند که باعث می شود کارایی بیشتری نسبت به FEM داشته باشد. این روش به ماتریس نیاز ندارد که ذخیره شود، در نتیجه باعث کاهش استفاده از حافظه می شود و می تواند مشکلات را با تعداد زیادی مجهول حل کند. برنامه CST برگرفته از Computer Simulation Technology یکی از قوی ترین برنامه ها در زمینه های شبیه سازی عددی میدان های الکترومغناطیسی، طراحی انواع آنتن ها و مدارات فرکانس بالا است.

$$SAR = \frac{P}{\rho} = \frac{\sigma E^2}{2\rho} = \frac{J^2}{2\rho\sigma} \quad (1)$$

محدوده کنار آنتن که در آن میدان القایی وجود دارد به عنوان ناحیه میدان نزدیک راکتیو در نظر گرفته می شود. در این ناحیه قسمت اعظم انرژی الکترومغناطیسی تابش نشده بلکه ذخیره می شود. در فاصله خیلی کم از آنتن میدان نزدیک راکتیو به طور قابل ملاحظه ای با افزایش فاصله کاهش می یابد. باید در نظر داشته باشیم که در میدان نزدیک تابشی، شدت میدان لزوماً با فاصله از آنتن کاهش نمی یابد و ممکن است به صورت نوسانی رفتار کند. لذا در میدان نزدیک اندازه گیری یکی از کمیت های E، H یا S برای مشخص کردن ویژگی میدان الکترومغناطیسی کافی نیست. پس از میدان

¹ Kolitsidas et al.

² Dimbylow

³ shaker

⁴ IEEE communications society Portugal Lisbon

⁵ <http://www.itu.int/en/Pages/default.aspx>

⁶ Specific Absorption Rate

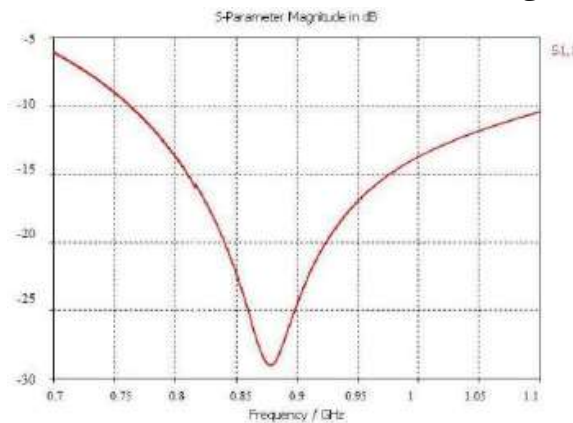
نزدیک تابشی ناحیه میدان دور قرار دارد که در آن چگالی توان با عکس مجذور فاصله تغییر می کند. ناحیه ای که در آن رابطه (۲) بین میدان های E و H و پارامتر S برقرار است:

$$S = \frac{E^2}{120\pi} = H^2 * 120\pi \quad (2)$$

امواج الکترومغناطیسی میدان دور امواج مسطح یا صفحه ای یا تخت خوانده می شود. در میدان های دور E/H مساوی مقدار ثابتی است که با پارامتر Z نشان داده می شود و مقاومت ظاهری محیط خوانده می شود. مقدار Z به جنس محیط بستگی دارد و از فرمول (۳) بدست می آید:

$$Z = \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}} \quad (3)$$

که در آن μ مساوی ضریب نفوذ مغناطیسی محیط و ϵ ضریب گذردهی الکتریکی محیط است. شبیه سازی های ارائه شده در این پایان نامه در فرکانس ۱۸۰۰ مگاهرتز انجام شده است. در ابتدا باید آنتنی با مشخصات آنتن های موجود در کشور طراحی شده که امپدانس تطبیق آن ۵۰ اهم و توان خروجی آن ۵۰ وات باشد. افت بازگشت توان (S_{11}) در این نوع آنتن ها باید کمترین مقدار باشد. پارامتر افت بازگشت مشخص می کند که چه مقدار از توان تشعشع یافته از آنتن به درون آن برمی گردد. نمودار افت بازگشت توان در آنتن مذکور به نمودار زیر است:



نمودار ۱- پارامتر S_{11}

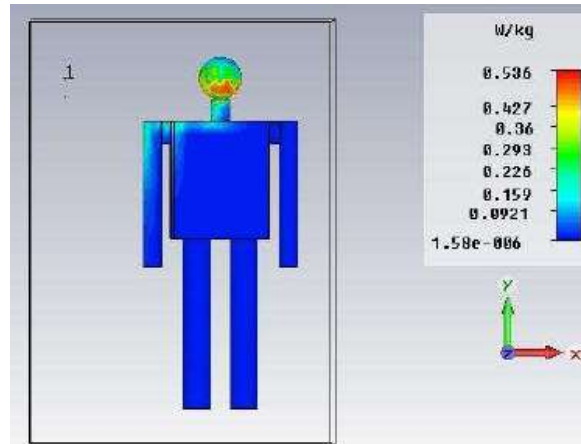
پس از شبیه سازی آنتن باید مدلی از بدن انسان در نرم افزار طراحی شود. برای رسم این مدل ابتدا باید تمامی ضرایب ویژه جذب و نفوذ در فرکانس ۱۸۰۰ مگاهرتز را برای تک تک اعضای بدن بدست آورده و سپس این مقادیر را در کتابخانه نرم افزار تعریف و ذخیره نماییم. حال پس از رسم مدل هر عضو از بدن بصورت فرضی دایره و مربع، مقادیر ضرایب را فراخوانی نموده و جایگزین می کنیم. مدل شبیه سازی شده در این پایان نامه شامل تمامی اعضای بدن از قبیل: مغز، چشم، قلب، ریه، کبد، معده، روده، نخاع و سیستم عصبی و ماهیچه می باشد. مزیت مدل شبیه سازی شده نسبت به مدل های موجود در پایان نامه دیگر آن است که با تغییر مقادیر ضرایب ویژه جذب و نفوذ، قابل تعمیم برای تمامی فرکانس ها می باشد.

از آنجا که مغز و کره چشم و قلب سه عضو حساس از بدن انسان است در این پایان نامه تنها تاثیر این سه عضو بررسی می شود. فاصله انسان تا آنتن در میدان نزدیک را برابر با λ و در میدان دور را برابر با 10λ در نظر می گیرند. مقادیر λ با توجه به فرکانس و شدت نور، طبق رابطه (۴) تعریف می شود:

$$\lambda = \frac{C}{F} = \frac{3 * 10^8}{900 * 10^6} = 0.33m = 330mm \quad (4)$$

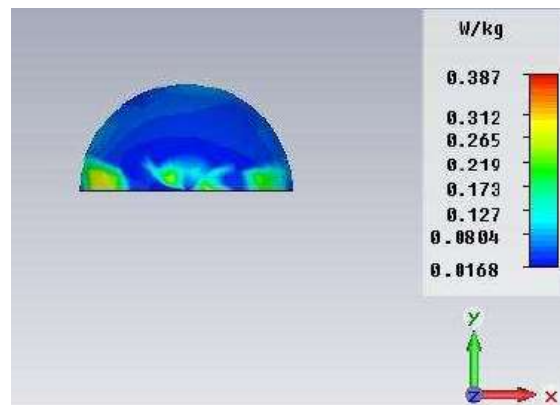
در ابتدا میزان جذب را برای پرتوکارانی که در فاصله بسیار نزدیک از آنتن کار می کنند بررسی و محاسبه می شود. شکل ۲

میزان جذب انرژی در کل بدن انسان در میدان نزدیک را نشان می دهد.

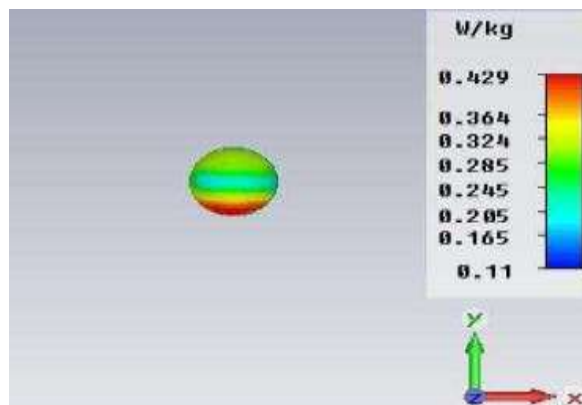


شکل ۲- میزان جذب در بدن انسان در میدان نزدیک

همانطور که گفته شد می توانیم با انتخاب هر یک از اعضای بدن، میزان جذب در همان عضو را به طور جداگانه بررسی نماییم. شکل زیر میزان جذب انرژی در مغز و کره چشم در میدان نزدیک (دو متری) نشان می دهد.

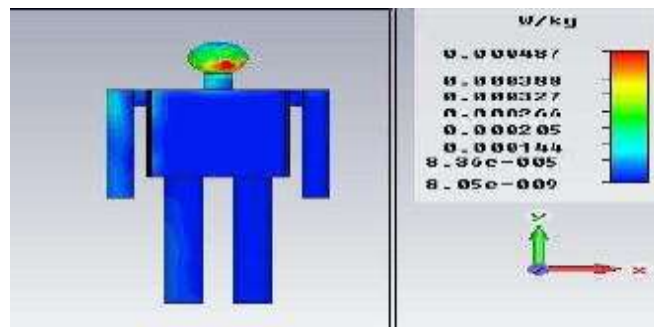


شکل ۳- میزان جذب انرژی در مغز در میدان نزدیک

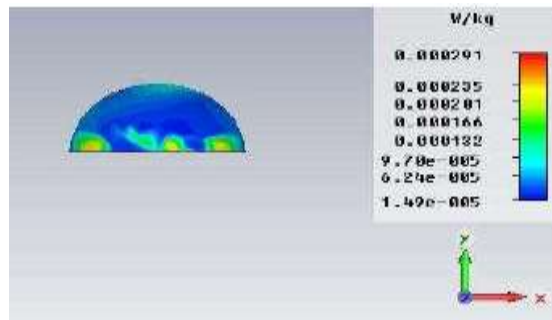


شکل ۴- میزان جذب انرژی در کره چشم در میدان نزدیک

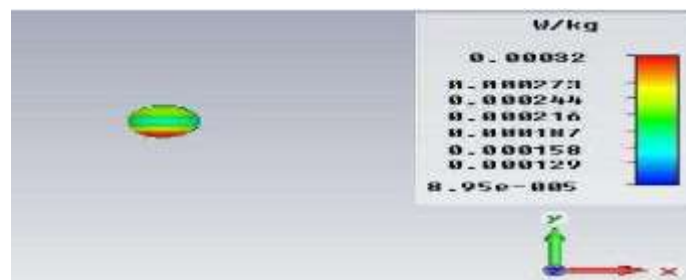
حالت بعد زمانی است که شخص در میدان دور (۲ متری) از آنتن قرار گرفته باشد. محاسبات زیر برای مردم عادی انجام شده است. در این حالت نیز بیشینه مقدار SAR در بدن ۰/۴ میلی وات در کیلوگرم می باشد.



شکل ۵- میزان جذب انرژی در بدن در میدان دور



شکل ۶- میزان جذب انرژی در مغز در میدان دور



شکل ۷- میزان جذب انرژی در چشم در میدان دور

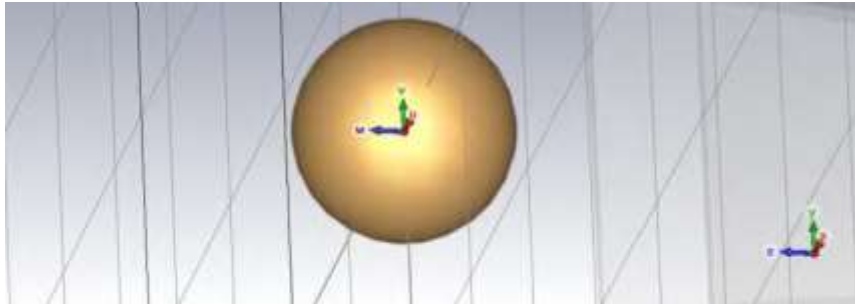
موارد اندازه گیری شده باید با حدود پرتوگیری در استاندارد ملی ایران مقایسه شوند تا صحت عملکرد کار بدست آید. در این استاندارد بیشینه حد جذب کل بدن برای پرتوکاران برابر با ۰/۴ و برای مردم عادی ۰/۰۸ وات بر کیلوگرم در نظر گرفته شده است. با توجه به شکل های فوق نیز بیشترین مقادیر شبیه سازی از این مقادیر مجاز کمتر می باشد.

جدول ۱- حد مجاز SAR برای مردم عادی و پرتوکاران

شرایط	حد مردم (W/kg)	حد شغلی (W/kg)
میانگین SAR کل بدن	۰/۰۸	۰/۴
میانگین SAR برای هر گرم از سر و گردن	۱/۶	۸
میانگین SAR برای هر ۱۰ گرم از دست و پا	۴	۲۰

در ابتدا مدل ۶ لایه سر انسان را شبیه سازی کرده و در مقابل آنتن قرار داده ایم. شبیه سازی مدل ۶ لایه شامل پوست، چربی، استخوان، سخت شامه (dura)، مایع مغزی نخاعی (csf) و مغز می باشد. ضخامت این لایه ها را به صورت زیر در

نظر گرفتیم.



شکل ۸- مدل ۶ لایه سر انسان

جدول ۲- ضخامت لایه های مدل ۶ لایه سر

ضخامت (mm)	بافت
۱	پوست
۰/۱۴	چربی
۰/۴۱	استخوان
۰/۵	سخت شامه
۰/۲	مایع مغزی نخاعی
۸۱	مغز

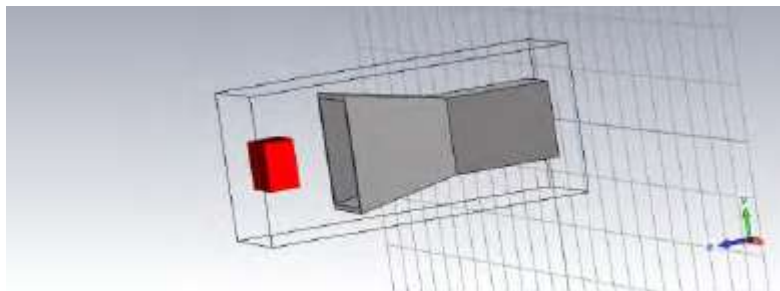
آنتن را در مقابل مدل ۶ لایه سر قرار دادیم و میزان نرخ جذب ویژه به صورت جدول ۴ به دست آمده است.

جدول ۳- تغییرات نرخ جذب ویژه برای آنتن و مدل سر

فاصله سر از آنتن	یک متر	یک و نیم متر
میزان 10g sar	۱/۵۱۹	۰/۹۱۳۴
میزان 1g sar	۱/۹۲۴	۱/۲۴۸

از جدول ۳ نتیجه می گیریم که با افزایش فاصله میزان نرخ جذب ویژه کاهش می یابد. همانطور که در شکل ۹ می بینیم؛ قلب انسان را شبیه سازی کرده و در مقابل آنتن قرار داده ایم. برای شبیه سازی قلب از ماده heart در کتابخانه CST استفاده کرده ایم و از یک مکعب با ابعاد $۱۲ \times ۹ \times ۶$ سانتی متر استفاده کردیم.

میزان نرخ جذب ویژه به صورت زیر به دست آمده است.



شکل ۹- آنتن و مدل قلب

میزان نرخ جذب ویژه به صورت جدول ۴ به دست آمده است.

جدول ۴- تغییرات نرخ جذب ویژه برای آنتن و مدل قلب

فاصله سر از آنتن	نیم متر	یک متر	یک و نیم متر
میزان 10g sar	۱/۶۶۴	۱/۲۹۹	۱/۰۹۳
میزان 1g sar	۳/۹۲۸	۲/۳۷	۲/۳۷۸

نتیجه گیری:

در این پژوهش، نتایج به دست آمده نشان می دهد که میزان انرژی جذب شده از پرتوهای رادیویی تشعشع شده از آنتن از حد استاندارد تعیین شده کمتر است اما ممکن است همین مقدار جذب نیز اثرات مخربی روی سلامت انسان داشته باشد که در دراز مدت نمایان شود. همچنین مدل های آناتومی بدن انسان دقیق مورد استفاده برای ارزیابی قرار گرفتن در معرض محاسباتی، ارائه شده است. همانگونه که در شکلها دیده می شود با افزایش فرکانس مقدار جذب انرژی نیز در بدن انسان افزایش می یابد. این اثر در بدن در فرکانس بیشتر از ۱۸۰۰ مگاهرتز در فاصله مشخص شده (۲ متر) در سر از مرز خطرناک خود نیز بیشتر است و بر قلب نیز اثری نامطلوب دارد و در مرز خطرناک است. بر چشم نیز در فرکانس ۱۸۰۰ مگاهرتز اثری نامطلوب دارد.

جدول ۵- نتایج آثار پرتو بر اعضای ذکر شده در فرکانس ۱/۸ در فاصله یک و نیم متر از منبع

بیشترین مقدار جذب انرژی بر بدن	اثر بر بدن	فرکانس	عضو بدن
W/kg ۱/۲	زیر مرز خطر	GHz ۱/۸	مغز
W/kg ۱/۵	در مرز خطر	GHz ۱/۸	چشم
W/kg ۱/۶	در مرز خطر	GHz ۱/۸	قلب
W/kg ۱/۴	در مرز خطر	GHz ۱/۸	اثر کلی
W/kg ۲	خطرناک	GHz ۱/۸	اثر کلی از کنار

منابع:

1. Dimbylow PJ (1997) FDTD calculations of the whole-body averaged SAR in an anatomically realistic voxel model of the human body from 1 MHz to 1 GHz. *Phys Med Biol* 42:479-490
2. <http://www.itu.int/en/Pages/default.aspx>
3. IEEE communications society Portugal Lisbon.IT, 22 march 2010 Introduction to antenna and near field simulation in CST Microwave studio, Jorge r Costa. Jersey gateman.
4. Kolitsidas, C. I., et al. "Angular localization of interfering sources using a butler matrix driven circular array." *Electromagnetic Compatibility-EMC Europe, 2009 International Symposium on. IEEE, 2009.*
5. R Kitchen, "RF and Microwave Radiation Safety Handbook", Second Edition, Book, Chapter 3, pp.47-85, 2001.
6. shaker, A. "simulation of the human body in different positions under radiation of radio rays," *der pharmacia latter*, 2016, 8 (1):394-414.

Simulate the Body in Different Situations by Radio Waves

Behnaz Khanak Khan¹, Jalil Mazlum²

1- Master of Medical Engineering, University of Daneshestan, Saveh

2- Assistant Professor, Faculty of Electrical Engineering, Shahid Sattari University of Science and Technology

Abstract

The purpose of this study is to simulate the body using the FDTD method by radio waves in different situations. In this study, radio waves of different frequencies are investigated first and their characteristics are investigated. For simulation, the most appropriate numerical method is FDTD. CST software is the most suitable software in this field. After designing and simulating the antenna at the desired frequency, a model is considered suitable for the human body and calculations are performed on the body model. Then, by specifying the frequency and distance of the person with these sources and the amount of radiation detected without the need to spend and to evaluate the devices for measuring these effects are examined. Waves at any frequency that are harmful to humans affect human beings, depending on the amount of radiation and the energy of the waves. In this thesis, we plan to examine the effects of waves on the human body and examine its possible risks. Information about the human body will be obtained through authoritative scientific databases and databases, medical books will be obtained. Simulation information will be done through stepwise sampling and analysis. Analysis and analysis of data using soft The software is mapped and after comparing these charts with charts and values in the standard organization.

Keyword: FDTD method, frequency, radio waves, magnetic waves, magnetic effects
