Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 8:38 IRST on Sunday October 21st 2018

مقاله پژوهشی

مجله سلامت و محیط، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی
انجمن علمی بهداشت محیط ایران
دوره هفتم، شماره سوم، پاییز ۱۳۹۳، صفحات ۳۳۹ تا ۳۵۰

# مطالعه انتشار امواج مایکروویو درمحیط‌های درونی مجاور ماکروسایت‌های تلفن سیارشهر زنجان

اعظم بازرگانی[۱]، مسعود یونسیان[۲و۳]، محمد رضا منظم[۳و۴]، امیر حسین محوی[۵و۶*]

دریافت: ۹۲/۱۲/۱۴ پذیرش: ۹۳/۰۳/۱۱

## چکیده

**زمینه و هدف:** رشد صنعت ارتباطات در دهه‌های اخیر موجب دسترسی عمومی به سیستم سیار تلفنی با صرفه اقتصادی گردید که ناگزیر از ایجاد ایستگاه‌های پایه تلفن همراه در حجم وسیع برای پاسخگویی به تقاضای جامعه شد. آنتن‌ها برای تامین پوشش مناسب بر روی دکل‌های مرتفع نصب می‌گردند و منابع اختصاصی تولید امواج مایکروویو محسوب می‌شوند. پرتوگیری افراد از میادین رادیوفرکانسی موجب نگرانی در خصوص احتمال ایجاد عوارض سو آنتن‌ها ناشی از امواج مایکروویو بر سلامتی شده است. هدف مطالعه حاضر بررسی وضعیت انتشار امواج مایکروویو درشرایط مواجهه واقعی افراد در محیط‌های درونی مجاور ماکروسایت‌ها در شهر زنجان است.

**روش بررسی:** در این تحقیق چگالی توان امواج مایکروویو در اطراف ۶۴ آنتن ماکروایستگاه پایه در محیط‌های درونی شامل اماکن مسکونی و مراکزحساس، در فواصل و ارتفاع‌های متفاوت اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری به روش استاندارد۱، IEEE Std C۹۵ با دستگاه پرتابل SPECTRAN،HF-۴۰۶۰ Rev.۳ انجام شد. تحلیل داده‌ها با نرم افزارآماری SPSS ۱۸ با استفاده از آزمون‌های کولموگروف اسمیرنف، تحلیل واریانس تک متغیره، و نهایتاً مدل رگرسیون چند متغیره انجام گرفت.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد بیشترین میانگین چگالی توان مربوط به فاصله ۲۰ m برابر ۰/۰۳۷۸۷ $mW/m^2$ است. با افزایش فاصله مقدار چگالی توان امواج کاهش می‌یابد و حداقل مقدار در ۳۰۰ m آنتن با میانگین ۰/ ۰۰۱۰۸ $mW/m^2$ اندازه‌گیری شد. همچنین با افزایش ارتفاع میزان چگالی توان امواج مایکروویو افزایش یافت.

**نتیجه‌گیری:** بیشترین چگالی توان اندازه‌گیری شده در بین ۲۵۲ مورد اندازه‌گیری برابر ۷/۳۲ $mW/m$ است که در حدود ۰/۱۶۶٪ میزان مواجهه مجاز استاندارد محیطی در ایران است. با توجه به عدم بررسی اثر عواملی مانند موقعیت ساختمان‌ها، لوازم داخل منازل در این تحقیق توصیه می‌شود مطالعات بیشتری در این زمینه انجام گیرد.

**واژگان کلیدی**: آنتن ایستگاه پایه، امواج مایکروویو، چگالی توان، محیط درونی

۱- کارشناس ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
۲- استاد گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
۳- مرکز تحقیقات آلودگی هوا، پژوهشکده محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
۴- استاد گروه مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
۵- مرکز تحقیقات مواد زائد جامد، پژوهشکده محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
۶- **(نویسنده مسئول)**: استادیار گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
ahmahvi@yahoo.com

Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 8:38 IRST on Sunday October 21st 2018

**مقدمه**

رشد صنعت ارتباطات در دهه‌های اخیر موجب دسترسی عمومی به سیستم سیار تلفنی با صرفه اقتصادی گردید که ناگزیر از ایجاد ایستگاه‌های پایه تلفن همراه در حجم وسیع برای پاسخگویی به تقاضای فزاینده مشترکین شد. آنتن‌های ماکروسل بطور معمول برای تامین پوشش مناسب بر روی دکل‌هایی با ارتفاع ۲۵ m – ۲۰ نصب می‌گردند (۳-۱). در ایران نیز هر چند صنعت مخابرات سیار با تاخیر ده ساله وارد کشور شد، مشابه سایر نقاط دنیا افزایش ناگهانی تعداد ایستگاه‌های پایه تلفن همراه را در پی داشت. آنتن‌های ایستگاه پایه منابع اختصاصی تولید امواج مایکروویوها در فرکانس معین و تشعشع هدفمند در محیط هستند. مایکروویو بخشی از امواج الکترومغناطیس غیریون‌ساز هستند که در محدوده فرکانسی ۳۰۰ GHz تا ۳۰ MHz قرار دارند و طول موج آن از ۱ mm تا ۱ m ذکر شده است (۶-۴). در این تابشگرها امکان کاهش سطح تماس وجود ندارد زیرا میزان توان انتقالی، در حدود ۱۰ W برای هر کانال در آنتن‌های ماکروسل، برای عملکرد صحیح سیستم لازم است. در حال حاضر چگالی توان امواج مایکروویو به عنوان آلودگی زیست محیطی شناخته نمی‌شود. بنابراین هدف مطالعات بررسی و شناخت خطرات بالقوه و دور کردن افراد از این خطرات است (۳-۱).

اثرات سو بیولوژیکی امواج مایکروویو به آثار حرارتی و غیر حرارتی تقسیم می‌شود. میزان نفوذ پرتوهای الکترومغناطیس در بدن انسان در طول موج‌های مختلف یکسان نیست. میزان انرژی جذب شده توسط بدن انسان به بسامد موج، وضعیت نسبی بدن و منبع فرستنده موج، ابعاد بدن، شرایط محیطی نظیر دمای محیط و غیره بستگی دارد. در بسامدهای بالا (۳<GHz) انرژی مایکروویو عمدتا توسط پوست جذب می‌شود حال آنکه در بسامدهای پایین‌تر، بخش مهمی از انرژی توسط اندام‌های داخلی بدن جذب می‌گردد. ساز و کار برهمکنش تابش میکروموج‌ها با سیستم‌های زنده هنوز به درستی شناخته نشده است (۲، ۴، ۷-۱۰). در برخی پژوهش‌ها به اثرات زیان بار بیولوژیکی ناشی از مقادیر بسیار کم تشعشع اشاره شده است که بدون ایجاد هر گونه تغییر قابل توجه در دمای بدن رخ داده است که نشان‌دهنده وجود اثرات غیر حرارتی در مقادیر کمتر از حدود مجاز تعیین شده توسط کمیسیون بین المللی حفاظت در برابر تشعشع غیر یونیزان دارد(۱).

سازمان جهانی بهداشت از سال ۱۹۹۶ یک پروژه بین المللی را با نام پروژه میادین الکترومغناطیس (Electro magnetic frequency ) با مشارکت کمیسیون بین المللی حفاظت در برابر تشعشع غیر یونیزان، هفت موسسه و بیش از ۴۵ مرکز ملی، برای ارزیابی خطرات احتمالی امواج الکترومغناطیس بر سلامتی انسان آغاز نموده است. در این پروژه بین‌المللی، محققین سراسر جهان بررسی‌هایی را در محیط‌های in vitro، in vivo بر روی اثرات زیستی امواج رادیو فرکانسی انجام می‌دهند (۱۳-۱۱).

در حال حاضر سرویس مخابرات سیار حدود ۵۳ میلیون مشترک را با ضریب نفوذ ۷۲ درصد در کل کشور پوشش می‌دهد که بزرگ‌ترین شبکه ارتباطی خاورمیانه محسوب می‌شود و دارای ۳۵ هزار آنتن ایستگاه پایه فعال است (۱۴).

موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران در سال ۱۳۸۵ در استاندارد کد ۸۵۶۷ با عنوان پرتوهای غیر یونساز، حدود پرتوگیری برای پرتوگیری عموم مردم را همان استاندارد کمیسیون بین‌المللی حفاظت در برابر تشعشعات غیر یونیزان برابر با ۴۵۰۰ $mW/m^2$ به عنوان حد مجاز پرتوگیری ذکر نمود (۱۴،۵،۲). نتایج تحقیق مرکز نظام ایمنی هسته‌ای کشور، حفاظت در برابر پرتو، در سال‌های ۱۳۸۹تا ۱۳۹۰ در محیط‌های بیرونی و درونی در بیش از ۵۰ شهر نشان داد مقادیر چگالی توان اندازه‌گیری شده کمتر از حد مجاز توصیه شده برابر ۴۵۰۰ $mW/m^2$ است (۱۵). ۲۲۳ مورد اندازه‌گیری چگالی توان از سال ۱۹۹۷ تا سال ۲۰۰۰ در اتریش انجام شد. میانگین سنجش‌ها به ترتیب برابر با ۰/۱۹۱۹ $mW/m^2$ در محیط‌های درونی و ۰/۳۴۹۶ $mW/m^2$ در محیط بیرونی که کمتر از حد مجاز توصیه شده بود (۲).

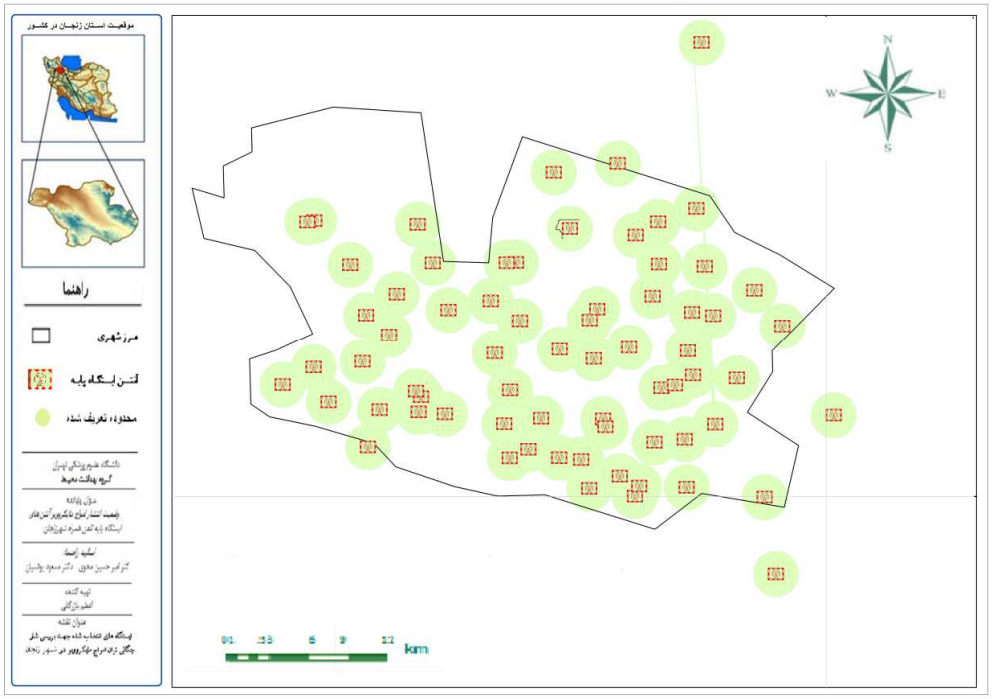
در این مطالعه وضعیت انتشار امواج مایکروویو ماکروسایت‌های تلفن همراه در محیط‌های درونی مجاور ماکروسایت‌ها و شرایط واقعی مواجهه افراد در شهر زنجان بررسی و مقادیر چگالی توان به دست آمده در ایستگاه‌های تعیین شده با مقادیر استاندارد مواجهه مجاز محیطی مقایسه گردید.

Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 8:38 IRST on Sunday October 21st 2018

**مواد و روش‌ها**

پژوهش حاضر از نوع مطالعات مقطعی است. منابع تابش امواج مایکروویو آنتن‌های ماکرو ایستگاه پایه تلفن همراه با فرکانس ۹۰۰ MHz بوده و محل جغرافیایی مطالعه شهر زنجان انتخاب شد. بعد از شناسایی موقعیت آنتن‌های ایستگاه‌های پایه در سایت مطالعه، با لحاظ اهمیت با توجه به محل استقرار مورد بررسی قرار گرفتند. چگالی توان امواج مایکروویو در محیط‌های داخلی مجاور با ایستگاه‌ها اندازه‌گیری شد.

تعداد ۶۴ آنتن ایستگاهی پایه که شامل ۸۵ ٪ از کل آنتن‌های ایستگاه پایه موجود در شهر زنجان بود مورد مطالعه قرار گرفت. ابتدا با توجه به مطالعه مقدماتی تعداد n = ۱۰ آنتن ماکروسل در باند ۹۰۰ MHz انتخاب و در اطراف هر آنتن ۴ اندازه‌گیری در فواصل (۰ پایه دکل، ۱۵ m، ۱۰، ۵ از آنتن)، با زاویه ۴۵ درجه از تیلت آنتن انجام شد که در مجموع ۴۰ نقطه به صورت پایلوت انتخاب شد (۱۸،۱۷،۱۰). انحراف معیار چگالی توان در ۴۰ نقطه بدست آمد. با در نظر گرفتن ۱۰ درصد خطای احتمالی برای نمونه‌گیری، ۲۵۲ مورد اندازه‌گیری در محیط‌های درونی در فواصل ۵۰،۱۰۰ m، ۱۰،۲۰۱۵۰،۲۰۰،۳۰۰ شامل محل‌های مسکونی (۱۷۴)، آموزشی و بهداشتی از جمله مدارس، هنرستان‌ها، مهد کودک، مراکز درمانی (۷۸) انجام گرفت (به شرح جدول شماره ۱) که تمامی اندازه‌گیری‌های چگالی توان در فاصله بیش از ۱/۵ m از پای نزدیکترین پنجره و ۲ m از سطح محل اندازه‌گیری در طبقات مختلف ساختمان‌ها با ارتفاع‌های ۱۲ m، ۹، ۶، ۳، ۰ (همکف) صورت گرفت. تعداد و موقعیت نقاط اندازه‌گیری در اکثر موارد تابع موقعیت ساختمان‌های موجود در مجاورت ایستگاه‌های پایه، فاصله و ارتفاع طبقات بوده به همین جهت تعداد نقاط اندازه‌گیری در فواصل و ارتفاع‌های مختلف یکسان نیست. ایستگاه‌های انتخاب شده و محدوده مورد بررسی چگالی توان امواج مایکروویو در محیط درونی در شکل شماره ۱ مشاهده می‌شود.




**شکل ۱ : محل و محدوده ایستگاه‌های پایه انتخاب شده جهت بررسی چگالی توان امواج مایکروویو در محیط درونی**

Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 8:38 IRST on Sunday October 21st 2018

**جدول ۱ : تعداد نمونه‌های برداشت شده در محیط‌های درونی به تفکیک مناطق مسکونی و نقاط حساس**

| | فاصله از آنتن(m) | ارتفاع از سطح زمین (m) | تعداد نمونه در مناطق مسکونی | تعداد نمونه در مناطق حساس |
|---|---|---|---|---|
| ۱ | ۱۰ | ۰ | ۹ | ۱ |
| ۲ | ۲۰ | ۰ | ۱۵ | ۶ |
| ۳ | | ۳ | ۶ | ۴ |
| ۴ | ۵۰ | ۰ | ۳٤ | ۱۴ |
| ۵ | | ۳ | ۱۰ | ۶ |
| ۶ | | ۶ | ۵ | ۴ |
| ۷ | | ۹ | ۳ | ۱ |
| ۸ | | ۱۲ | ۳ | ۱ |
| ۹ | ۱۰۰ | ۰ | ۳۳ | ۱۳ |
| ۱۰ | | ۳ | ۵ | ۲ |
| ۱۱ | | ٦ | ۱ | ۲ |
| ۱۲ | ۱۵۰ | ۰ | ۲۲ | ۱۰ |
| ۱۳ | | ۳ | ۰ | ۳ |
| ۱٤ | ۲۰۰ | ۰ | ۲۱ | ۱۰ |
| ۱۵ | ۳۰۰ | ۰ | ۷ | ۱ |

اندازه‌گیری‌ها به روش استاندارد IEEE Std C95.1 (۱۵) با استفاده از دستگاه پرتابل SPECTRAN، HF- ۴۰۶۰ Rev.۳ که برای اندازه‌گیری چگالی توان امواج مایکروویو، مورد استفاده قرار می‌گیرد، انجام شد. لازم به ذکر است کلیه اندازه‌گیری‌ها در جهت آنتن و دور از هر گونه وسیله تابش امواج مایکروویو صورت گرفت. به دلیل احتمال تاثیر شرایط جوی و تاثیرات احتمالی ناشی از ایجاد تداخل امواج مغناطیسی در نتایج نمونه‌برداری تمام سنجش‌ها در ساعات ۱۵-۹ شبانه روز و در شرایط جوی مشابه کاملا آفتابی در فصل بهار و تابستان سال ۱۳۹۱ انجام گرفت.

**یافته‌ها**

نتایج حاصل از اندازه‌گیری چگالی توان امواج مایکروویو در باند MHz ۹۰۰ آنتن‌های ایستگاه پایه در محیط‌های درونی ، اماکن مسکونی و مراکز حساس، در شهر زنجان به شرح ذیل به دست آمد. در محیط درونی ۲۵۲ سنجش در فواصل مختلف m ۰، ۳، ۶، ۹، ۱۲ و ارتفاع m ۱۰،۲۰، ۵۰،۱۰۰،۱۵۰،۲۰۰،۳۰۰ (همکف) انجام شد. در منازل ۱۷۴ مسکونی مورد اندازه‌گیری چگالی توان و در مراکز حساس ۸۷ مورد اندازه‌گیری بعمل آمد.

نقاط اندازه‌گیری چگالی توان امواج مایکروویو در محیط های درونی مجاور ایستگاه‌های پایه در شکل ۲ مشاهده می‌گردد.

نتایج بدست آمده از اندازه‌گیری‌های چگالی توان امواج مایکروویو در باند MHz ۹۰۰ از آنتن‌های ماکرو در محیط داخلی در جدول شماره ۲ آورده شده است.

طبق نمودار رسم شده برای بررسی تغییرات چگالی توان در فواصل مختلف از آنتن در محیط‌های درونی، در فاصله m ۲۰ از آنتن ایستگاه پایه بیشترین مقدار میانگین چگالی توان وجود دارد و با افزایش فاصله مقادیر به سرعت کاهش می‌یابد و در فاصله بیش از m ۲۰۰ تغییرات یکنواخت است.

همانطور که در نمودار ۴، نمایش تغییرات چگالی توان با افزایش ارتفاع، مشاهده می‌شود در این مطالعه در ارتفاع صفر از سطح زمین کمترین مقدار میانگین چگالی توان امواج

Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 8:38 IRST on Sunday October 21st 2018

**شکل ۲ : نقاط انتخاب شده جهت بررسی شارچگالی توان امواج مایکروویو در محیط‌های درونی مجاور ایستگاه های پایه**

مایکروویو در محیط‌های درونی وجود دارد و با افزایش ارتفاع مقادیر افزایش می‌یابد.

همانطور که در بالا اشاره شد در این تحقیق انتخاب نقاط نمونه برداری تابع موقعیت ساختمان‌های مجاور ایستگاه‌های پایه بود که با توجه به تعداد اندک ساختمان‌ها در میدان نزدیک آنتن‌ها تعداد سنجش انجام شده نیز کم بود، لذا آنالیز داده‌ها در پژوهش حاضر فقط در میدان دور انجام گردید.

جهت بررسی نرمال بودن توزیع چگالی توان از آزمون Kolmogorov-Smirnov استفاده شد، که نتیجه آزمون نشان می‌دهد مقادیر چگالی توان امواج مایکروویو به دست آمده از توزیع نرمال پیروی نمی‌کند. برای تعیین رابطه بین داده‌ها از داده‌ها لگاریتم گرفته و توزیع داده ها نرمال گردید که در واقع با استفاده از تغییر متغیر، داده‌ها تحلیل گردیدند. برای مقایسه میانگین اندازه‌گیری‌های انجام شده در فواصل و ارتفاع‌های مختلف از تحلیل واریانس تک متغیره استفاده گردید و جهت شناسایی تفاوت‌های میانگین دو به دو از تصحیح bonferroni استفاده شد.

با توجه به نتایج حاصل از تحلیل واریانس تک متغیره و مقایسه دو به دو میانگین چگالی توان امواج مایکـروویو (فاصله و ارتفاع)، در فاصله اطمینان ۹۵٪ بین میانگین اندازه‌گیری‌ها در فواصل ۲۰، ۵۰،۱۰۰،۱۵۰،۲۰۰،۳۰۰m با میانگین اندازه‌گیری‌ها در تمام فواصل ۲۰، ۵۰،۱۰۰،۱۵۰،۲۰۰،۳۰۰ m ارتباط معنی‌دار آماری (P-value<۰/۰۵) مشاهده شد. مقایسه دو به دو میانگین چگالی توان امواج مایکروویو در ارتفاع‌های مختلف نشان‌دهنده ارتباط معنی‌دار آماری (P-value<۰/۰۵) بین میانگین اندازه‌گیری‌ها در ارتفاع های ۰ ، ۳ ، ۶ ، ۹ ، ۱۲ m (همکف) با میانگین سنجش‌ها در کل ارتفاع‌ها در فاصله اطمینان ۹۵٪ است. با افزایش ارتفاع چگالی توان نیز افزایش یافت. جهت بررسی همبستگی میان متغیرهای مستقل و متغییر وابسته از رگرسیون خطی چند متغیره استفاده گردید. با توجه به $R^2$ به دست آمده که عدد ۰/۷۹ است. در این داده‌ها متغیر فاصله و ارتفاع تواما تقریبا ۷۹٪ از واریانس چگالی توان امواج مایکروویو در محیط‌های درونی را توجیه می‌کند.

Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 8:38 IRST on Sunday October 21st 2018

**جدول۲: نتایج اندازه‌گیری چگالی توان امواج مایکروویو در باند MHz ۹۰۰ در محیط‌های درونی به تفکیک مناطق**

| | فاصله | ارتفاع | میانگین ($mw/m^2$) | | انحراف معیار | | حداقل ($mw/m^2$) | | حداکثر ($mw/m^2$) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | m | m | مناطق مسکونی | نقاط حساس | مناطق مسکونی | نقاط حساس | مناطق مسکونی | نقاط حساس | مناطق مسکونی | نقاط حساس |
| ۱ | ۱۰ | ۰ | ۰/۰۳۰۳ | ۰/۰۱۲۵ | ۰/۰۱۰۸ | ۰/۰۱۲۵ | ۰/۰۱۵۲ | ۰/۰۱۲۵ | ۰/۰۴۵۰ | ۰/۰۱۲۵ |
| ۲ | ۲۰ | ۰ | ۰/۰۳۷۷ | ۰/۰۳٤۰ | ۰/۰۱۸۱ | ۰/۰۲۱۱ | ۰/۰۲۶۱ | ۰/۰۱۰۳ | ۰/۰۶۸۰ | ۰/۰۵۶۳ |
| ۳ | | ۳ | ۰/۰۷۰۷ | ۰/۰۷۲۳ | ۰/۰۳۵۵ | ۰/۰۵۶۱ | ۰/۰۳۱۱ | ۰/۰۲۶۱ | ۰/۱۲۵٤ | ۰/۱۵۳۹ |
| ۴ | ۵۰ | ۰ | ۰/۰۳۱۶ | ۰/۰۲۹۸ | ۰/۰۱۲۳ | ۰/۰۰۸۹ | ۰/۰۱۳۱ | ۰/۰۲۰۱ | ۰/۰۶۱۸ | ۰/۰۵۲۰ |
| ۵ | | ۳ | ۰/۱۶۲۶ | ۰/۰۸۶۱ | ۰/۰۸۲۵ | ۰/۰۶۲۵ | ۰/۰۳۶۱ | ۰/۰۲۸۵ | ۰/۲۷۳۰ | ۰/۱۷۱۲ |
| ۶ | | ۶ | ۰/۱۹٤۱ | ۰/۴۴۱۶ | ۰/۰۸۸۸ | ۰/۲۹۲۷ | ۰/۰۷۹۹ | ۰/۲۱۹۸ | ۰/۲۸۶۰ | ۰/۹۵۸۰ |
| ۷ | | ۹ | ۰/۷۵۳٤ | ۱/٤۵٤۰ | ۰/۳۹۵٤ | | ۰/٤۳۸۱ | ۱/۷۵٤۰ | ۱/۱۹۷۱ | ۱/۷۵٤۰ |
| ۸ | | ۱۲ | ٤/۳٤۸۱ | ۵/۱۴۳۰ | ۰/۵۸۳۷ | | ۳/۸۱۱۰ | ۵/۱٤۳۰ | ٤/۹۶۹۰ | ۵/۱٤۳۰ |
| ۹ | ۱۰۰ | ۰ | ۰/۰۱۶۲ | ۰/۰۰۸۰ | ۰/۰۳۱٤ | ۰/۰۰۹۷ | ۰/۰۰۲۲ | ۰/۰۰۲۱ | ۰/۱۶۲٤ | ۰/۰۳۸۷ |
| ۱۰ | | ۳ | ۱/٤۹۰۲ | ۰/۰۲۳۴ | ۳/۲۵۸۹ | ۰/۰۰۴۶ | ۰/۰۰۳٤ | ۰/۰۲۰۱ | ۷/۳۲۰ | ۰/۰۲۶۷ |
| ۱۱ | | ۶ | ۰/۰۳۶۸ | ۰/۳۸۲۹ | ۰ | ۰/۴۸۲۳ | ۰/۰۳۶۸ | ۰/۰٤۱۸ | ۰/۰۳۶۸ | ۰/۷۲٤۰ |
| ۱۲ | ۱۵۰ | ۰ | ۰/۰۰۷۸ | ۰/۰۰۵۸ | ۰/۰۰۵۳ | ۰/۰۰۳۹ | ۰/۰۰۳۷ | ۰/۰۰۰۸ | ۰/۰۲۹۰ | ۰/۰۱۳۰ |
| ۱۳ | | ۳ | ۰ | ۰/۰۱۰۶ | ۰ | ۰/۰۰۵۵ | ۰ | ۰/۰۰۴۳ | ۰ | ۰/۰۱٤۳ |
| ۱۴ | ۲۰۰ | ۰ | ۰/۰۰۳۵ | ۰/۰۰۳۳ | ۰/۰۰۱۶ | ۰/۰۰۱۸ | ۰/۰۰۰۵ | ۰/۰۰۱۷ | ۰/۰۰۷۲ | ۰/۰۰۶۸ |
| ۱۵ | ۳۰۰ | ۰ | ۰/۰۰۱۱ | ۰/۰۰۰۶ | ۰/۰۰۰۹ | ۰ | ۰/۰۰۰۳ | ۰/۰۰۰۶ | ۰/۰۰۲۸ | ۰/۰۰۰۶ |

معادله پیشنهادی حاصل از نتایج رگرسیون برای چگالی توان امواج مایکروویو MHz ۹۰۰ در محیط‌های درونی بصورت زیر است:

$$B=۱۰^{(-۳/۱۵۵-\ ۰/۰۱٤\ x\ +\ ۰/۴۱۸h)} \qquad (۱)$$

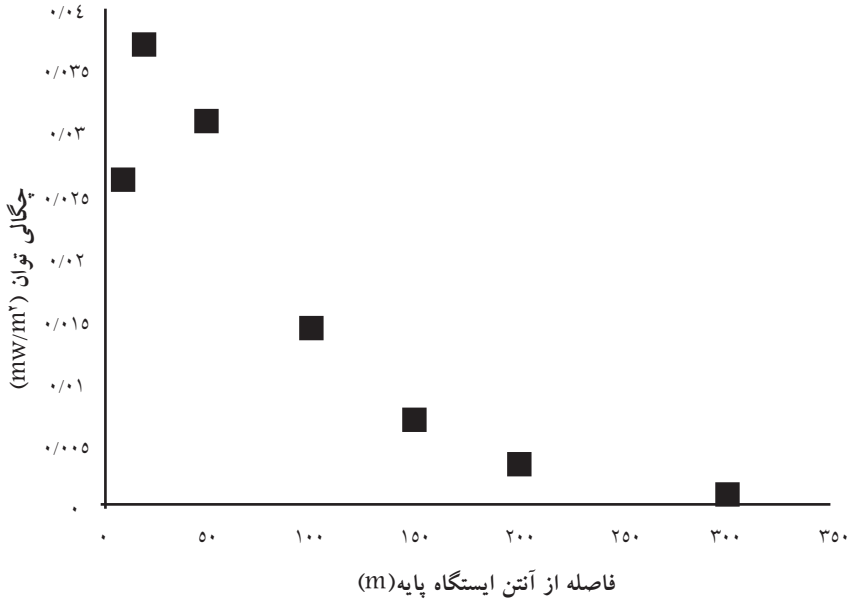
بطوری‌که $۰\le h\le ۱۲$ و $۲۰\le x\le ۳۰۰$.

در رابطه (۱)، B چگالی شار مغناطیسی و x فاصله از منبع بر حسب (m) و h ارتفاع از سطح زمین بر حسب (m) است.

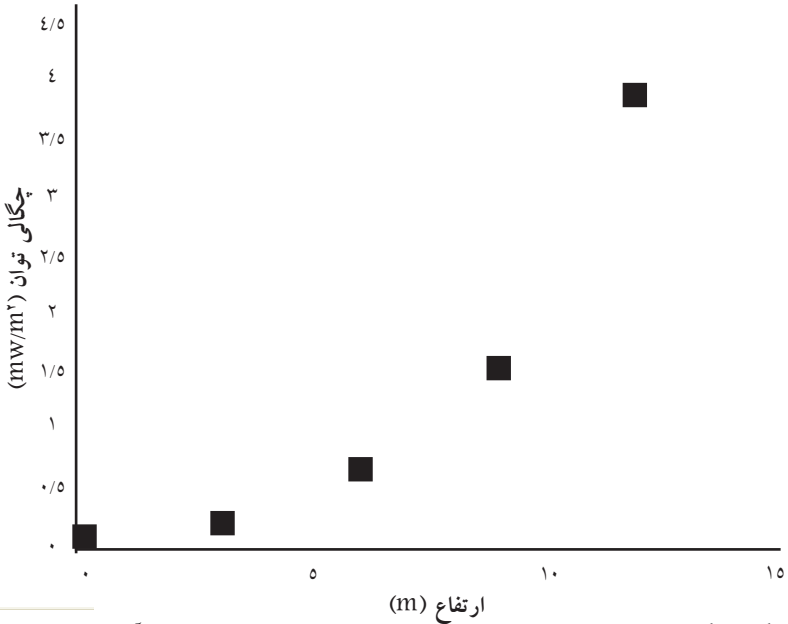
برای مقایسه نتایج به دست آمده با استاندارد مواجهه مجاز استاندارد محیطی ابتدا میزان مواجهه مجاز استاندارد محیطی چگالی توان امواج مایکروویو بر اساس استاندارد حدود عمومی ICNIRP در بازه MHz ۲۰۰۰ – ۴۰۰ از رابطه زیر محاسبه گردید.

$$\frac{f}{۲۰۰}\times ۱۰۰۰=mW/m^2$$

Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 8:38 IRST on Sunday October 21st 2018




**شکل ۳ : انتشار میانگین چگالی توان امواج مایکروویو درفواصل مختلف در طبقات همکف در محیط‌های درونی**




**شکل ۴ : انتشار میانگین چگالی توان امواج مایکروویو درارتفاع های مختلف در فاصله m ۵۰ آنتن در محیط های درونی**

که به ازای f=۹۰۰MHz مقدار مواجهه مجاز استاندارد محیطی چگالی توان امواج مایکروویو برابر $۴۵۰۰\ mW/m^۲$ بدست آمد. سپس مقادیر به دست آمده طی انجام مطالعه با استاندارد مقایسه شد.

مطابق با جدول ۳ در محیط درونی در مناطق مسکونی و نقاط حساس بیشترین مقدار میانگین چگالی توان امواج مایکروویو در فاصله m ۵۰ از آنتن ایستگاه پایه در ارتفاع m ۱۲ به ترتیب برابر ۰/۰۹۷ ٪ و ۰/۱۱۴٪ و کمترین میزان در فاصله m ۳۰۰ و ارتفاع صفر (همکف) به ترتیب برابر با $۲/۴\times۱۰^{-۵}$ ٪ و $۱/۳\times۱۰^{-۵}$ ٪ حد مجاز استاندارد محیطی است.

Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 8:38 IRST on Sunday October 21st 2018

**جدول ۳ : مقایسه میانگین چگالی توان امواج مایکروویو با حدود مجاز استاندارد عمومی در محیط های درونی**

| | فاصله از آنتن(m) | ارتفاع از سطح زمین (m) | میانگین چگالی توان ($mWm^{-2}$) | | مقایسه با استاندارد ٪ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | مناطق مسکونی | نقاط حساس | مناطق مسکونی | نقاط حساس |
| ۱ | ۱۰ | ۰ | ۰/۰۳۰۳ | ۰/۰۱۲۵ | ۰/۰۰۰۷ | ۰/۰۰۰۳ |
| ۲ | ۲۰ | ۰ | ۰/۰۳۷۷ | ۰/۰۳٤۰ | ۰/۰۰۰۸ | ۰/۰۰۰۷ |
| ۳ | | ۳ | ۰/۰۷۰۷ | ۰/۰۷۲۳ | ۰/۰۰۱۶ | ۰/۰۰۱۶ |
| ۴ | ۵۰ | ۰ | ۰/۰۳۱٦ | ۰/۰۲۹۸ | ۰/۰۰۰۷ | ۰/۰۰۰۷ |
| ۵ | | ۳ | ۰/۱٦۲۵ | ۰/۰۸٦۱ | ۰/۰۰۳۶ | ۰/۰۰۱۹ |
| ۶ | | ۶ | ۰/۱۹۴۰ | ۰/۴۴۱۶ | ۰/۰۰۴۳ | ۰/۰۰۹۸ |
| ۷ | | ۹ | ۰/۷۵۳۴ | ۱/۴۵۴۰ | ۰/۰۱۶۷ | ۰/۰۳۲۳ |
| ۸ | | ۱۲ | ۴/۳۴۸۱ | ۵/۱٤۳۰ | ۰/۰۹۶۶ | ۰/۱۱۴ |
| ۹ | ۱۰۰ | ۰ | ۰/۰۱٦۲ | ۰/۰۰۸۰ | ۰/۰۰۰۴ | ۰/۰۰۰۲ |
| ۱۰ | | ۳ | ۱/۴۹۰۲ | ۰/۰۲۳٤ | ۰/۰۳۳۱ | ۰/۰۰۰۵ |
| ۱۱ | | ۶ | ۰/۰۳۶۸ | ۰/۳۸۲۹ | ۰/۰۰۰۸ | ۰/۰۰۸۵ |
| ۱۲ | ۱۵۰ | ۰ | ۰/۰۰۷۸ | ۰/۰۰۵۸ | ۰/۰۰۰۲ | ۰/۰۰۰۱ |
| ۱۳ | | ۳ | ۰ | ۰/۰۱۰٦ | ۰ | ۰/۰۰۰۲ |
| ۱۴ | ۲۰۰ | ۰ | ۰/۰۰۳۵ | ۰/۰۰۳۳ | $۷/۸\times۱۰^{-۵}$ | $۷/۳\times۱۰^{-۵}$ |
| ۱۵ | ۳۰۰ | ۰ | ۰/۰۰۱۱ | ۰/۰۰۰۶ | $۲/۴\times ۱۰^{-۵}$ | $۱/۳\times ۱۰^{-۵}$ |

**بحث**

در این پژوهش در محیط‌های درونی مجموعا ۲۵۲ مورد سنجش چگالی توان امواج ماکروویو آنتن‌های ایستگاه پایه در باند ۹۰۰ MHz از منازل مسکونی و مراکز حساس شامل محل‌های آموزشی و بهداشتی بعمل آمد. نقاط اندازه‌گیری چگالی توان امواج ماکروویو در فواصل ۱۰،۲۰،۵۰،۱۰۰،۱۵۰،۲۰۰،۳۰۰ m از آنتن ایستگاه پایه و در ارتفاع‌های ۰،۳، ۶، ۹، ۱۲ m (همکف) در نظر گرفته شد. بیشترین مقدار میانگین چگالی توان مربوط به فاصله ۲۰ m برابر ۰/۰۳۷۸۷ $mW/m^۲$ از آنتن اندازه‌گیری شد که با افزایش فاصله مقدار چگالی توان امواج کاهش یافت و حداقل مقدار در فاصله ۳۰۰ m (۰/۰۰۱۰۸ $mW/m^۲$) از آنتن اندازه‌گیری شد. همچنین با افزایش ارتفاع میزان چگالی توان امواج مایکروویو افزایش یافت. کمترین مقدار در طبقه همکف (هم سطح زمین) برابر ۰/۰۳۰۴ $mW/m^۲$ و در ارتفاع ۱۲ m میانگین چگالی توان ۳/۸۲۱ $mW/m^۲$ بدست آمد.

اندازه‌گیری چگالی توان در ۲۲۳ نقطه از سال ۱۹۹۷ تا سال ۲۰۰۰ در اتریش انجام شده است. از ۲۲۳ مورد اندازه‌گیری

Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 8:38 IRST on Sunday October 21st 2018

انجام شده، ۱۳۷ مورد در محیط‌های درونی و ۸۶ مورد در محیط بیرونی انجام شده است. میانگین سنجش‌ها به ترتیب برابر با ۰/۱۹۱۹ $mW/m^2$ و ۰/۳۴۹۶ $mW/m^2$ بوده است که نتایج مشابه یافته‌های پژوهش حاضر و کمتر از مقادیر مجاز توصیه شده ICNIRP برابر ۴۵۰۰ $mW/m^2$ است ( ۲).

در پژوهش Stocker-meier E و Bornkessel، C در سال‌های ۲۰۰۲ – ۲۰۰۱ ، تعداد ۸۷ نقطه، اکثر نقاط در داخل ساختمان‌ها قرار داشت، در اطراف ۲۴ آنتن ایستگاه پایه در ۱۰ شهر مختلف آلمان انتخاب و شدت مؤثر میدان الکتریکی و چگالی توان اندازه‌گیری شد. گرچه میزان تابش‌گیری درست در زیر آنتن در برخی از این اندازه‌گیری‌ها بیشتر از حد مجاز بود اما کلیه مقادیر بدست آمده از مناطق دیگر کمتر از مقدار استاندارد ICNIRP است (۱۹).

در این مطالعه نیز مشابه مطالعات انجام شده قبلی نتایج به دست آمده در محیط‌های درونی، کمتر از حد مجاز محیطی در استانداردهای ایران و ۱۹۹۸ ICNIRP است. در بین ۲۵۲ مورد اندازه‌گیری حداکثر چگالی توان در فرکانس‌های منفرد ۰/۰۰۰۲۶ $mW/m^2$ و ۷/۳۲۰ $mW/m^2$ متغیر است و کلیه مقادیر برداشت شده در تمام نقاط کمتر از حد مجاز برابر استانداردهای ایران و ICNIRP (۴۵۰۰ $mW/m^2$) است.

در منازل مسکونی۱۷۴ مورد سنجش با میانگین چگالی توان ۰/۱۶۲۸ $mW/m^2$ و در مراکز حساس ۷۸ مورد سنجش با میانگین چگالی توان ۰/۱۴۰۳ $mW/m^2$ به عمل آمد که تحلیل‌های آماری با توجه به متغیرهای فاصله و ارتفاع انجام شد بیشترین مقدار اندازه‌گیری شده در محیط‌های مسکونی برابر ۷/۳۲ $mW/m^2$ و در مراکز حساس ۵/۱۴۳ $mW/m^2$ به دست آمد که به ترتیب ۰/۱۶۶ ٪ و ۰/۱۱۴۳ ٪ میزان مواجهه مجاز استاندارد محیطی در ایران است.

جهت بررسی رابطه همبستگی میان متغیرهای مستقل و متغیر وابسته از رگرسیون خطی چند متغیره استفاده گردید. $R^2$ به دست آمده برابر ۰/۷۹ است و در این مطالعه متغیر فاصله و ارتفاع تواما حدود ۷۹٪ از واریانس چگالی توان امواج مایکروویو در میدان دور ایستگاه‌های پایه در محیط‌های درونی را توجیه می‌کند.

Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 8:38 IRST on Sunday October 21st 2018

## نتیجه گیری

در تحقیق انجام شده در محیط‌های درونی مجاور آنتن‌های ایستگاه پایه متغیر، فاصله از منبع مهم‌ترین عامل تاثیر گذار در تغییرات مقدار چگالی توان است. افزایش مقادیر چگالی توان بر اثر افزایش ارتفاع در پژوهش حاضر نیز نشان‌دهنده همین مطلب است. با توجه به اینکه در این تحقیق سنجش مقادیر چگالی توان در محیط‌های درونی مجاور آنتن‌های ایستگاه پایه بدون بررسی تاثیر موانع دیگر صورت گرفته است پیشنهاد می‌گردد برای بررسی اثر عواملی مانند ارتفاع و زاویه ساختمان‌ها، نوع اسکلت و مصالح ساختمان‌ها، لوازم داخل منازل، وجود وسایل تشعشع مایکروویو مطالعات بیشتری در این زمینه انجام گیرد.

## تشکرو قدردانی

مقاله حاضر استنتاج شده از داده های پایان نامه کارشناسی ارشد مصوب دانشگاه علوم پزشکی تهران است. نویسندگان مقاله بر خود لازم می دانند بدین وسیله از حمایت های مالی دانشگاه علوم پزشکی تهران تقدیر و تشکر به عمل آورند.

Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 8:38 IRST on Sunday October 21st 2018

## منابع


1– Navarro EA, Segura J, Gomez-Perretta C, Portoles M, Maestu C, Bardasano JL. About the effects of microwave exposure from cellular phon base stations : A first approach. Proceedings of Conference of the Mobil Phone Base Station and Health; 2003 May 15-16 ; Dublin, Ireland.

2- Soleimani M, Abolghasemi M, Mohamadkhani M , Ahmadi H , Abasmoghdam D, Abdoli M.Effect of Electromagnetic Radiation in Human. Tehran: Mohammad Soleimani; 2010 (in Persian).

3- Al-Ruwais A. Electromagnetic field measurements near macrocellular base stations. Journal of King Abdulaziz University: Engineering Sciences. 2001;13(1):171-82.

4- Cember H. Introduction to Health Physics. 2nd ed. NewYork: McGrow Hill; 1992.

5- ISIRI. Non-Ionizing Radiation- exposure limits. Tehran: Institue of Standards and Industrial Research of Iran; 2006 (in Persian).

6- Banik S, Bandyopadhyay S, Ganguly S. Bioeffects of microwave—a brief review. Bioresource Technology. 2003;87(2):155-59.

7- Trošić I, Pavičić I. Disturbance of cell proliferation in response to mobile phone frequency radiation. Archives of Industrial Hygiene and Toxicology. 2009;60(1):109-15.

8- Ghyasinejad M, Katoozi M. Radiation Protection. Tehran: Dorbid; 2006 (in Persian).

9- Monazam M, Karchani M, Azrah K. Health Aspects of Ionizing Radiation. Tehran: Fanavaran;2009 (in Persian).

10- Zare S. The Study of electromagnetic waves resulting from BTS (Base Transceiver station) in Tehran and draw it on GIS [dissertation]. Tehran: Tehran University of Medical Sciences; 2010 (in Persian).

11- Repacholi MH. Health risks from the use of mobile phones. Toxicology Letters. 2001;120:323-31.

12- Pirayeshe Eslamian J. Biological effects of cellular telephone. Iranian Journal of Medical Physics. 2005;7(2):85-91(in Persian).

13- Behbahani S, Karimi Moridani M. Electromagnetic waves. MED & LAB Engineering Magezine. 2012;133:33-52 (in Persian).

14- ICTNA. Scintific Association of Cellular Telephone Radiation Safty. Tehran: Information and Communication Technology News Agency; 2010 [cited 2011 Jul 28]. Available from: http://www.ictna.ir

15- Institue of Electrical and Electronics Engineers. IEEE standard for safty levels with respect to human exposure to radio frequency electromagnetic fields, 3KHz to 300GHz. New York: Institue of electrical and electronics engineers; 2005 [cited 2011 May 11]. Available from:http://ieeexplore.ieee.org/servlet/opac?

16- Nuclear Science and Technology Center. Status of mobile phone base station emissions in Iran. Tehran: Atomic Energy Organization of Iran; 2010 [cited 2011 May 18]. Available from :http://www.aeoi.org.ir

17- Nasiri P, Monazam MR, Hasani F. The study of electromagnetic waves based on microwaves. Tehran: Information and Communication Technology News Agency; 2010 [cited 2011 Jul 28]. Available from:http://www.ictna.ir.

18- Norian AM, Hasani F. Envirnomental effects of electromagnetic waves from mobile-phone. Tehran: Department of Environment; 2008 [cited 2011 Dec 18]. Available from: http://www.doe.ir/Portal.

19- Nasiri P, Monazam MR, Zare S, Azam K, Yousefi Z, Hematjo R. The study of the status of electromagnetic waves resulting from BTS (Base Transceiver Station), 900 megahertz frequency in Tehran. Iranian Journal of Health and Environment. 2011;4(3):331-40 (in Persian).

20- Bornkessel C, Stocker-Meier E (2003) Results of a measurement programme concerning mobile phone base station emissions in North Rhine-Westphalia. Dublin, Irland: Mobile Phone Base Station and Health; 2003.

# Microwave emission in indoor sites in the vicinity of macro cellular base stations in Zanjan

Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 8:38 IRST on Sunday October 21st 2018

**A. Bazargani[1], M. Yunesian[1,2], M. R. Monazzam[2,3], A. H. Mahvi[1,4]***

[1]Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
[2]Center for Air Pollution, Institute for Environmental Research, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
[3]Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
[4]Center for Solid Waste Research, Institute for Environmental Research, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

Received; 5 March 2014 Accepted; 1 May 2014

## Abstract

**Background and objectives:** In recent decades, progress of telecommunication industry resulted in public availability to cost-effective cellular mobile; hence, boom of base stations of cellular mobile in response to vast public demands. Base stations of cellular mobile are specific source of microwave production in a certain frequency in environment. Antennas are installed on high towers to create proper coverage. General public exposure because of possible health effects resulting from radiofrequency fields has become challenging problem. The purpose of this study was to investigate microwave radiation status in actual exposure in inside buildings vicinity of macro cellular base stations in Zanjan.

**Materials and methods:** considering location of base station antenna in city, power density of microwave around 64 base stations in indoor sites such as health care places and residential areas at different distances and different heights was measured. Measurements were performed based on IEEE Std C95.1 standard method using a portable SPECTRAN, HF– 4060 Rev. 3. Analyzing of data was conducted using SPSS Ver. 18 software and statistical tests like Kolmogorov-Smirnov, univariant variance, and multi variant linear regression.

**Results:** It was found that the maximum level of power density was measured at a distance of 20 m from base station about 0.03787mW/m$^2$. With increasing distance from base station, the density of wave power decreased. Minimum measured at a distance of 300 m from tower was 0.00108mW/m$^2$. The positive variation of power density with height increase was shown.

**Conclusions:** The maximum level of power density among total of 252 measurements, in indoor sites was7.32 mW/m$^2$. This is about 0.166 % of the Permissible Exposure Limits of the standards for public exposure. We did not consider factors such as building location and interior furniture. Therefore, we suggest such factors be included in the future studies.

**Key words:** base transceiver station antenna, microwave, power density, indoor site.

***Corresponding Author**: *ahmahvi@yahoo.com*
***Tel**: *+98 912 3211827–+98 2188951400*