



Available online: <http://ijhe.tums.ac.ir>

مقاله پژوهشی

## بررسی وضعیت انتشار عرضی امواج مایکروویو ناشی از آنتن‌های BTS در شهر مراغه

اعظم نادری<sup>۱</sup>، سیمین ناصری<sup>۲\*</sup>، امیرحسین محوی<sup>۳</sup>، محمدرضا منظم<sup>۴</sup>

- ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران
- ۲- (نویسنده مسئول): استاد گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت و مرکز تحقیقات کیفیت آب، پژوهشکده محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
- ۳- مرکز تحقیقات مواد زائد جامد، پژوهشکده محیط زیست، دکترای بهداشت محیط، استادیار دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
- ۴- دکترای بهداشت حرفه ای، استاد دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

### چکیده

### اطلاعات مقاله:

**زمینه و هدف:** با توجه به افزایش چشمگیر تعداد مشترکین تلفن همراه در سال‌های اخیر، تعداد ایستگاه‌های آنتن تلفن همراه نیز افزایش یافته است. ازدیاد آنتن‌های BTS در شهرها و روستاها و دائمی بودن مواجهه با امواج آنها از یک سو و افزایش نگرانی بسیاری از مردم در مواجهه با این امواج از سوئی دیگر تحقیقات بیشتر را در این زمینه مجاب می‌کند. بنابراین هدف از این تحقیق بررسی چگونگی انتشار امواج میکروویو در اطراف آنتن‌های BTS شهر مراغه و مقایسه اندازه‌گیری‌های چگالی توان با مقادیر مجاز استانداردهای محیطی است.

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۷/۲۶

تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۰/۲۱

**روش بررسی:** در این بررسی ابتدا فراوانی آنتن‌های BTS از طریق پایش‌های میدانی مشخص شد. سپس اندازه‌گیری‌ها توسط دستگاه کالیبره شده اسپکتروم ۴۰۶۰ و روش استاندارد IEEE Std C95.1 در میدان‌های نزدیک و دور از پایه هر آنتن انجام پذیرفت. سپس داده‌های بدست آمده پس از ورود به محیط SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در این تحقیق از آزمون‌های کولموگروف-اسمیرنوف و آزمون‌های ناپارامتریک کروسکال والیس و من ویتنی استفاده شد.

**واژگان کلیدی:** آنتن‌های BTS، چگالی توان، سنجش افقی امواج مایکروویو

**یافته‌ها:** نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که در هر دو اپراتور ایرانسل و همراه اول در میدان نزدیک با افزایش فاصله چگالی توان افزایش یافته و در میدان دور مقادیر چگالی توان کاهش می‌یابد. علاوه بر این در فاصله ۲۰m بیشترین میزان چگالی توان اندازه‌گیری شده است. تفاوت معناداری در بین این فاصله و فواصل دیگر دیده می‌شود ( $P\text{-value} \leq 0.05$ ).

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:

naserise@tums.ac.ir

**نتیجه‌گیری:** بیشترین میزان چگالی توان اندازه‌گیری شده از میان ۱۸۰۴ مورد اندازه‌گیری شده در میدان نزدیک و دور در باند ۹۰۰MHz برابر با  $4/51 \text{ mW/m}^2$  مطابق با ۰/۱ درصد میزان مواجهه مجاز استاندارد محیطی است.

## مقدمه

زندگی در همه جا تحت تاثیر دو نیروی گرانشی و الکترومغناطیسی قرار دارد. هر دو نیرو نقش بسیار مهمی را در فعالیت‌های کاربردی موجودات ایفا می‌کنند. قبل از دهه ۱۹۹۰، فرکانس رادیویی عمدتاً متشکل از چند فرستنده رادیویی و تلویزیونی بود که در مکان‌های مرتفع و نواحی دور افتاده نصب می‌شد. از سال ۱۹۹۰ به بعد با گسترش شبکه‌های مخابراتی از راه دور و بی سیم‌ها، آلودگی الکترومغناطیسی در شهرها و اطراف آن نیز افزایش یافت (۱).

تکنولوژی تلفن همراه شامل مجموعه‌ای از ایستگاه‌های مخابراتی، آنتن‌های BTS و پایانه همراه (دستگاه تلفن همراه) است. این فناوری بر اساس تابش‌های الکترومغناطیسی در دامنه فرکانسی مایکروویو (۳۰۰MHz تا ۳۰۰GHz) عمل می‌کند (۲).

بر اساس مطالعات پیشین امواج مایکروویو متناسب با شدت میدان، فرکانس، شکل موج و مدت زمان مواجهه می‌تواند منجر به ایجاد آثار زیان بار بیولوژیکی حرارتی و غیر حرارتی گردد. آسیب به چشم (کاتاراکت)، دستگاه تولید مثل (بیضه) و آسیب به DNA در زمره آثار حرارتی این امواج طبقه‌بندی می‌شوند. از آثار غیر حرارتی امواج مایکروویو تلفن سیار می‌توان به اثر سوء بر فعالیت نورون‌های سلول‌های مغزی، سلول‌های کبدی و تغییر الگوی خواب انسان، تحریک‌پذیری و گیجی (۳) و احتمال بروز سرطان‌های مختلف (شامل گلیوما عصب شنوایی، غده بزاق، پوست، خون و سرطان سینه) اشاره نمود (۴).

به موازات گسترش روز افزون تکنولوژی تلفن همراه که مولد امواج مایکروویو هستند، نگرانی‌های اجتماعی در مورد آثار جانبی ناشی از این امواج در تمام جهان رو به افزایش است (۵، ۶).

بر اساس برخی مطالعات اپیدمیولوژیکی، امواج تلفن همراه حتی با چگالی توان کمتر از حد مجاز ( $1 \text{ mW/cm}^2$ ) نیز می‌تواند موجب بروز علائمی مانند سردرد، احساس گرما در گوش، تضعیف حافظه و خستگی گردیده و ارتباط معنی‌داری بین مدت مکالمه / تعداد مکالمه در روز با بروز این علائم وجود

دارد. این آثار اهمیت ویژه‌ای دارند اما در اکثر پژوهش‌ها فرکانس مورد استفاده در گوشی تلفن همراه مورد آزمایش قرار گرفته و به امواج ناشی از آنتن‌های گیرنده/فرستنده (BTS: Base Transceiver Station) که در نقاط مختلف شهر نصب شده کمتر اهمیت داده شده است (۷). علاوه بر این یک تفاوت اساسی بین مواجهه با امواج تلفن همراه و مواجهه با امواج حاصل از آنتن‌های BTS وجود دارد. دریافت امواج توسط تلفن همراه غیردایمی و معمولاً در زمان کوتاهی صورت می‌گیرد، اما قرار گرفتن در معرض BTS می‌تواند ۲۴ ساعته باشد و سال‌ها ادامه داشته باشد. از آنجا که تعداد زیادی آنتن در شهرها نصب شده‌اند، مردم در مورد قرارگیری در معرض این امواج نگران هستند (۸). از این رو اخیراً توجه ویژه‌ای به میزان مواجهه مردم با امواج مایکروویو ناشی از آنتن‌های BTS در مناطق مختلف صورت گرفته است. سال ۲۰۰۲ Santini و همکاران بروز علائمی مانند اختلال در خواب، سردرد، تهوع، افسردگی، مشکلات بصری و تنفسی ساکنانی که در ۳۰۰m دکل‌های تلفن همراه زندگی می‌کنند را معنادار دانستند (۹). در سال ۲۰۱۱ Zare و همکاران طی مطالعه‌ای چگالی توان امواج ناشی از آنتن‌های BTS تهران را اندازه‌گیری کردند. بر اساس نتایج حاصله با افزایش فاصله از پای آنتن میزان چگالی توان امواج الکترومغناطیس در میدان نزدیک افزایش می‌یابد. و در میدان دور (۲۰m و بالاتر) با افزایش فاصله میزان چگالی توان امواج الکترومغناطیسی کاهش می‌یابد. در این مطالعه در فاصله ۲۰m بیشترین میزان چگالی توان مشاهده شد (۸). Nasserri و همکاران در سال ۲۰۱۳ مطالعه مشابهی را بر روی ۱۳ آنتن شهرستان هشتگرد انجام دادند. نتایج حاصل از این مطالعه حاکی از آن بود که با افزایش ارتفاع سنجش عمودی از سطح زمین و نزدیک شدن به آنتن، میانگین چگالی توان در هر دو نوع اپراتور همراه اول و ایرنسل نیز افزایش می‌یافت. همچنین در سنجش‌های افقی بیشترین میزان ثبت شده، در فاصله ۲۰m از پای آنتن‌ها در هر دو نوع اپراتور گزارش شد (۱۰).

## مواد و روش‌ها

در این مطالعه که از نوع توصیفی - تحلیلی است، آنتن‌های BTS ماکروسل که تولید کننده امواج مایکروویو (MW) با فرکانس ۹۰۰MHz هستند به عنوان منبع اصلی تابش کننده مایکروویو در نظر گرفته شد. محدوده مورد مطالعه این پژوهش شهر مراغه واقع در استان آذربایجان شرقی است. پس از پیمایش‌های میدانی، تعداد آنتن‌های شهر مراغه به قرار زیر بدست آمد (جدول ۱).

جدول ۱- فراوانی آنتن‌های BTS در شهر مراغه

متغیرها	ایرانسل	همراه اول
تعداد آنتن در داخل شهر	۱۳	۱۵
جنس ساختمان‌های اطراف آنتن: سنگ	۸	۶
جنس ساختمان‌های اطراف آنتن: غیر سنگ	۵	۹
آنتن‌های پشت بامی	۳	۲
آنتن‌های زمینی	۱۰	۱۳

هر آنتن دارای ۳ سل با زاویه ۱۲۰ درجه از همدیگر قرار دارند. سنجش‌های افقی در فواصل افقی ۰، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۳۰ و ۵۰ m از دکل در هر سه جهت انجام شد. برای اطمینان بیشتر از برخی از نقاطی که در آنها در هنگام اندازه‌گیری میزان چگالی توان مدام در حال تغییر بود ۲ بار اندازه گرفته شد (البته در بسیاری از موارد تنها یکبار اندازه‌گیری شد). علاوه بر در نظر گرفتن نوع ساختمان‌های اطراف آنتن (سنگ یا غیر سنگ)، بار ترافیکی مکالمه نیز در نظر گرفته شد و اندازه‌گیری‌ها یکبار در ساعات شلوغ و بار دیگر در ساعات آرام از نظر ترافیک مکالمه انجام پذیرفت. بر اساس اطلاعات گرفته شده از مخابرات شهرستان مراغه اوج ترافیک مکالمه در ساعات ۱۰ تا ۱۲ ظهر و ۷ تا ۱۰ شب است. بر اساس دستورالعمل‌های موجود در دفترچه راهنمای دستگاه اسپکترا به علت حساس بودن این دستگاه به شرایط جوی لازم بود

هدف از این مطالعه بررسی چگونگی انتشار امواج مایکروویو در اطراف آنتن‌های BTS شهر مراغه و مقایسه آن با استانداردهای محیطی سازمان بین‌المللی حفاظت در برابر تشعشعات امواج غیر یونیزان (ICNIRP:International) (Council of Non-Ionizing Radiation Protection) است. لذا امید است نتایج حاصل از این پژوهش که در شهر مراغه انجام شده است در تصمیم‌گیری مرتبط با این موضوع مورد استفاده قرار گیرد.

اندازه‌گیری‌ها توسط دستگاه کالیبره شده اسپکترا ۴۰۶۰ (Spectran4060) و روش استاندارد IEEE StdC95.1 در پایش‌های میدانی و کنترل شده انجام گرفت. با استفاده از میزان انحراف معیار و میزان حداکثر خطای مورد استفاده شده در مطالعات مشابه و همچنین با استفاده از روش‌های آماری در سطح معناداری ۹۵ درصد میزان حجم نمونه با استفاده از فرمول ذیل محاسبه گردید:

$$n = \frac{Z_{1-\alpha/2}^2 S^2}{d^2}$$

$$Z_{1-\alpha/2} = 1/96$$

$$S = 0/0003$$

$$d = 0/00004$$

$$n = 216/09$$

(علت این امر این است که اندازه‌گیری‌ها از هر آنتن به علت دارا بودن سه سل با زاویه ۱۲۰ درجه از همدیگر و ۷ فاصله (۰، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۳۰، ۵۰) و همچنین در نظر گرفتن دو بازه زمانی از نظر ترافیک مکالمه این تعداد نمونه را افزایش می‌دهد).

### یافته‌ها

نتایج حاصل از اندازه‌گیری چگالی توان امواج الکترومغناطیسی ساطع شده از آنتن‌های همراه اول و ایرانسل در جداول زیر ارائه شده است.

که اندازه‌گیری‌ها در طول روز و بدون باد و بارندگی صورت گیرد و بنابراین در این مطالعه ساعات ۱۰ تا ۱۲ ظهر به عنوان ساعات پر ترافیک در نظر گرفته شد. ساعت ۱۴ تا ۱۵ نیز به عنوان ساعات با ترافیک آرام مدنظر قرار گرفت. بنابراین تمامی اندازه‌گیری‌ها در این ساعات و در روزهای آفتابی طی ۵ ماه (از خرداد ۱۳۹۳ تا مهر ماه ۱۳۹۳) انجام شد. با توجه به فواصل اندازه‌گیری شده در هر حالت تعداد اندازه‌گیری‌ها بسیار بیشتر از ۲۱۷ نمونه بوده است (تعداد اندازه‌گیری‌ها در این مطالعه ۱۸۰۴ عدد است).

جدول ۲- انتشار امواج توسط آنتن‌های همراه اول در زمان های با بار ترافیکی آرام

فاصله	پایه آنتن	۵m	۱۰m	۱۵m	۲۰m	۳۰m	۵۰m
تعداد	۷۴	۷۱	۷۰	۷۰	۷۷	۷۵	۷۷
میانگین چگالی توان ( $mW/m^2$ )	۰/۴۲۹	۰/۳۸۶	۰/۲۲۳	۰/۲۳۴	۰/۶۰۰	۰/۲۶۴	۰/۳۱۷
انحراف معیار	۰/۵۱۶	۰/۳۰۴	۰/۱۴۱	۰/۱۴۳	۰/۵۰۶	۰/۱۲۶	۰/۱۳۷
حداقل ( $mW/m^2$ )	۰/۰۱۰	۰/۰۸۷	۰/۰۷۰	۰/۱۰۶	۰/۰۶۹	۰/۰۹۵	۰/۱۰۱
حداکثر ( $mW/m^2$ )	۲/۴۳۰	۱/۲۸۰	۰/۷۰۹	۰/۶۸۸	۲/۵۲۰	۰/۶۹۷	۰/۶۸۹

جدول ۳- انتشار امواج توسط آنتن‌های همراه اول در زمان های با بار ترافیکی شلوغ

فاصله	پای آنتن	۵m	۱۰m	۱۵m	۲۰m	۳۰m	۵۰m
تعداد	۷۲	۶۸	۶۷	۷۱	۷۲	۷۵	۷۱
میانگین چگالی توان ( $mW/m^2$ )	۰/۴۲۸	۰/۳۱۴	۰/۲۶۵	۰/۲۶۰	۱/۰۲۱	۰/۴۰۸	۰/۲۸۷
انحراف معیار	۰/۵۹۵	۰/۲۱۸	۰/۲۶۶	۰/۱۹۳	۰/۸۷۸	۰/۱۹۴	۰/۱۷۷
حداقل ( $mW/m^2$ )	۰/۰۱۳	۰/۰۵۶	۰/۰۹۹	۰/۰۸۵	۰/۲۲۶	۰/۱۲۵	۰/۰۲۹
حداکثر ( $mW/m^2$ )	۳/۲۱۰	۰/۹۴۴	۱/۱۹۰	۰/۹۸۴	۴/۱۶۰	۱/۰۵۰	۰/۷۳۰

ناپارامتریک کروسکال والیس استفاده شد. ( $P\text{-Value} \leq 0/001$ ) جهت تعیین اینکه کدام یک از فواصل با بقیه فواصل تفاوت معنادار دارد از آزمون‌های تعقیبی استفاده شد که مشخص نمود در این متغیر انتشار امواج در زمان‌های با بار ترافیکی آرام و شلوغ در فاصله ۲۰m با بقیه فواصل اختلاف معنادار دارد ( $P\text{-Value} \leq 0/001$ ).

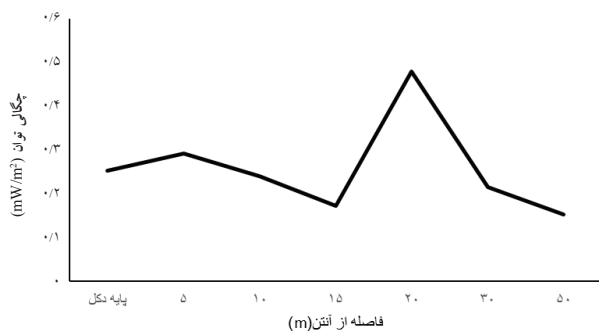
با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف برای متغیر "انتشار امواج اپراتور همراه اول در زمان‌های با بار مکالمه مختلف (آرام یا شلوغ)" مشخص شد که این متغیرها از توزیع نرمال جهت استفاده از آزمون‌های پارامتریک پیروی نمی‌کند و با استفاده از تکنیک‌های آماری نیز متغیر تبدیل به نرمال نگردید لذا جهت پاسخ به فرضیات تحقیق به ناچار از آزمون

جدول ۴- انتشار امواج توسط آنتن‌های ایرانسل در زمان‌های بار ترافیکی آرام

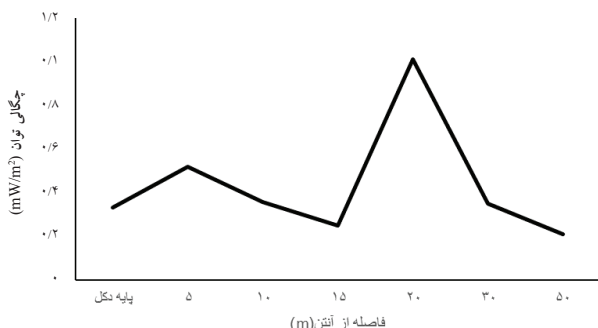
فاصله	پای آنتن	۵m	۱۰m	۱۵m	۲۰m	۳۰m	۵۰m
تعداد	۴۹	۵۹	۵۸	۶۰	۵۸	۶۰	۶۳
میانگین چگالی توان ( $mW/m^2$ )	۰/۲۵۲	۰/۲۹۱	۰/۲۴۰	۰/۱۷۱	۰/۴۷۹	۰/۲۱۴	۰/۱۵۲
انحراف معیار	۰/۲۷۸	۰/۳۳۸	۰/۲۲۳	۰/۰۹۹	۰/۲۳۷	۰/۱۹۰	۰/۱۱۵
حداقل ( $mW/m^2$ )	۰/۰۱۶	۰/۰۲۰	۰/۰۱۵	۰/۰۳۴	۰/۱۴۳	۰/۰۳۹	۰/۰۲۴
حداکثر ( $mW/m^2$ )	۱/۲۵۰	۱/۰۴۰	۰/۸۵۷	۰/۳۸۱	۰/۸۷۲	۰/۷۹۱	۰/۵۱۸

جدول ۵- انتشار امواج توسط آنتن‌های ایرانسل در زمان‌های بار ترافیکی شلوغ

فاصله	پای آنتن	۵m	۱۰m	۱۵m	۲۰m	۳۰m	۵۰m
تعداد	۴۸	۵۸	۵۴	۵۳	۵۹	۵۹	۵۶
میانگین چگالی توان ( $mW/m^2$ )	۰/۳۲۹	۰/۵۱۸	۰/۳۵۶	۰/۲۴۸	۱/۰۱۱	۰/۳۴۸	۰/۲۱۰
انحراف معیار	۰/۴۷۱	۰/۷۷۹	۰/۳۵۴	۰/۱۳۸	۰/۹۸۷	۰/۲۱۶	۰/۱۳۲
حداقل ( $mW/m^2$ )	۰/۰۳۲	۰/۰۰۸	۰/۰۱۷	۰/۰۶۴	۰/۲۵۱	۰/۱۰۹	۰/۰۱۶
حداکثر ( $mW/m^2$ )	۱/۷۵۰	۳/۵۱۰	۱/۰۵۰	۰/۶۵۲	۴/۵۱۰	۰/۹۸۸	۰/۵۷۹



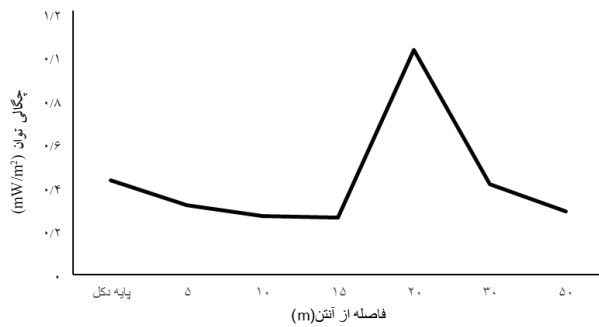
نمودار ۱- مقایسه خطی میانگین چگالی توان امواج ایرانسل در زمان‌های آرام و در فواصل مختلف



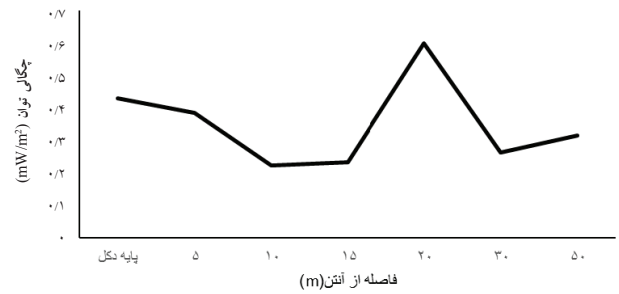
نمودار ۲- مقایسه خطی میانگین چگالی توان امواج ایرانسل در زمان‌های شلوغ و در فواصل مختلف

با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف برای متغیر "انتشار امواج اپراتور ایرانسل در زمان‌های آرام و شلوغ" مشخص شد که این متغیرها از توزیع نرمال جهت استفاده از آزمون‌های پارامتریک پیروی نمی‌کند و با استفاده از تکنیک‌های آماری نیز متغیر تبدیل به نرمال نگرددید لذا جهت پاسخ به فرضیات تحقیق به ناچار از آزمون‌های ناپارامتریک کروسکال والیس استفاده شد ( $P-Value \leq 0/001$ ).

با توجه به استفاده این آزمون مشخص شد که میزان انتشار در فواصل مختلف با هم تفاوت معنادار وجود دارد ( $P-Value \leq 0/001$ ) جهت تعیین اینکه کدام یک از فواصل با بقیه فواصل تفاوت معنادار دارد از آزمون‌های تعقیبی استفاده شد که مشخص نمود در این متغیر انتشار امواج در فاصله ۲۰m با بقیه فواصل اختلاف معنادار دارد ( $P-Value \leq 0/001$ ).



نمودار ۴- مقایسه خطی میانگین چگالی توان امواج همراه اول در زمان‌های شلوغ در فواصل مختلف



نمودار ۳- مقایسه خطی میانگین چگالی توان امواج همراه اول در زمان‌های آرام و در فواصل مختلف

در مرحله بعدی با استفاده از آزمون ناپارامتریک من ویتنی میزان ارتباط بین فاصله و انتشار را در آنتن‌های همراه اول و ایرانسِل بررسی نموده و معادله خط رگرسیون آنها را بدست آوردیم که در جدول ۶ به صورت خلاصه آورده شده است.

جدول ۶- ارتباط فاصله با میزان انتشار امواج میکروویو در آنتن‌ها (آزمون من ویتنی)

اپراتور	فاصله	بار ترافیکی	میزان ارتباط	معادله خط رگرسیون
همراه اول	زیر ۲۰m	آرام	۸/۶ درصد ارتباط مثبت	$Emission = 0.021 X + 0.316$
	بالای ۲۰m	آرام	۱۹/۶ درصد ارتباط معکوس	$Emission = 0.053 X - 0.052$
ایرانسل	زیر ۲۰m	شلوغ	۲۸/۶ درصد ارتباط مثبت	$Emission = 0.024 X + 0.212$
	بالای ۲۰m	شلوغ	۳۱ درصد ارتباط معکوس	$Emission = -0.006 X + 0.59$
	زیر ۲۰m	آرام	۱۸ درصد ارتباط مثبت	$Emission = 0.007X + 0.212$
	بالای ۲۰m	آرام	۱۹/۵ درصد ارتباط معکوس	$Emission = -0.003X + 0.307$
	زیر ۲۰m	شلوغ	۲۳/۶ درصد ارتباط مثبت	$Emission = 0.024X + 0.254$
	بالای ۲۰m	شلوغ	۳۵/۹ درصد ارتباط معکوس	$Emission = -0.007X + 0.555$

و انتشار ۸/۶ درصد ارتباط وجود دارد که این ارتباط بسیار ضعیف است. معادله خط رگرسیون در این فاصله به صورت  $Emission = 0.021 X + 0.316$  (X فاصله بر حسب m) بدست آمد.

مثبت و منفی (معکوس) بودن ارتباط به این معنی است که در ارتباط مثبت با افزایش فاصله از آن نقطه میزان انتشار (چگالی توان) امواج افزایش و در ارتباط معکوس این میزان کاهش می‌یابد. به طور مثال در آنتن‌های همراه اول با افزایش فاصله از پای آنتن تا ۲۰m، چگالی توان افزایش یافته و بین فاصله

## بحث

با توجه به آزمون‌های من ویتنی انجام شده در این مطالعه در هر دو نوع اپراتور در بارهای ترافیکی آرام و شلوغ در میدان نزدیک با افزایش فاصله از پای آنتن میزان انتشار امواج افزایش یافته و بعد از این فاصله در میدان دور این انتشار کاهش می‌یابد و در فاصله ۲۰ m بیشترین میزان چگالی توان مشاهده می‌گردد. علاوه بر این تمامی اندازه‌گیری‌ها در هر دو نوع اپراتور بسیار کمتر از حدود مجاز تعیین شده توسط ICNIRP هستند. در سال ۲۰۰۶، Hutter و همکاران با اندازه‌گیری چگالی توان امواج الکترومغناطیسی بر روی آنتن‌های BTS در اتریش دریافتند که چگالی توان امواج الکترومغناطیسی کمتر از مقادیر توصیه شده است. نتایج حاصل از این مطالعه با مطالعات مشابه نظیر مطالعات Kundi و همکاران همخوانی دارد (۱۳).

در مطالعات Zare و همکاران در سال ۲۰۱۱ (آنتن‌های BTS تهران)، Nasseri و همکاران در سال ۲۰۱۳ (آنتن‌های هشتگرد) و Mahvi و همکاران در سال ۲۰۱۴ (آنتن‌های BTS مشهد) در فاصله ۲۰ m بیشترین میزان چگالی توان اندازه‌گیری شده است و در ضمن کلیه مقادیر بدست آمده کمتر از حدود مجاز تعیین شده بدست آمده است. نتایج حاصل از این مطالعه با مطالعات ذکر شده همخوانی دارد.

علاوه بر این در مطالعات Zare و همکاران در فاصله ۰ تا ۲۰ m یک سیر صعودی را از نظر چگالی توان منتشر شده از آنتن‌ها مشاهده شده ولی در این تحقیق این افزایش منظم نیست علت این پدیده ممکن است به دلیل تعداد زیاد داده‌ها و انحراف معیار بالای آنها ذکر نمود. بدست آوردن نقاط بحرانی که در آن امواج چندین آنتن با هم برخورد کرده و شدت امواج و میزان مواجهه را به بیشترین مقدار خود می‌رساند و نیز در نظر گرفتن تعداد کاربران هر اپراتور و همچنین مقدار آهن بکار رفته در ساختمان‌های اطراف آنتن‌ها از محدودیت‌های این تحقیق است، مسیر تازه‌ای را در پاسخ به سوالات فراوان در این زمینه باز خواهد کرد. از طرف دیگر با وجود پایین بودن تمامی اندازه‌گیری‌ها از حدود مجاز مواجهه نمی‌توان به طور

در این تحقیق نتایج حاصل از اندازه‌گیری‌ها با میزان مواجهه مجاز استانداردهای شغلی و محیطی سازمان بین‌المللی حفاظت در برابر تشعشعات امواج غیر یونیزان (ICNIRP) نیز مقایسه شد.

با توجه به رهنمودهای کمیسیون بین‌المللی محافظت در برابر تشعشعات امواج غیر یونیزان (ICNIRP) میزان مواجهه مجاز استاندارد محیطی چگالی توان امواج الکترومغناطیس از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$\text{Exposure Lim (mW/m}^2\text{)} = (F/200) \times 1000$$

در این رابطه F نشان‌دهنده فرکانس است. در این تحقیق فرکانس ۹۰۰ MHz مورد بررسی قرار گرفت در نتیجه مقدار استاندارد مواجهه محیطی  $4500 \text{ mW/m}^2$  بدست می‌آید.

بیشترین میزان چگالی توان اندازه‌گیری شده از میان ۱۸۰۴ مورد اندازه‌گیری شده در میدان نزدیک و دور در باند ۹۰۰ MHz برابر با  $4/51 \text{ mW/m}^2$  مطابق با ۰/۱ درصد میزان مواجهه مجاز استاندارد محیطی است.

با توجه به رهنمودهای ICNIRP میزان مواجهه مجاز استاندارد شغلی چگالی امواج الکترومغناطیس از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$\text{Exposure Lim (mW/m}^2\text{)} = (F/40) \times 1000$$

با توجه به بررسی فرکانس ۹۰۰ MHz مقدار استاندارد مواجهه شغلی  $22500 \text{ mW/m}^2$  بدست می‌آید (۱۱، ۱۲).

در خصوص مواجهه شغلی، فاصله صفر (پایه آنتن) به عنوان مواجهه شغلی مدنظر قرار می‌گیرد. بنابراین در این مطالعه بیشترین میزان چگالی توان از میان ۲۴۳ مورد اندازه‌گیری شده در فاصله صفر (پایه آنتن) در باند ۹۰۰ MHz برابر با  $3/21 \text{ mW/m}^2$  مطابق با ۰/۱۴ درصد میزان مواجهه مجاز استاندارد شغلی بدست آمد.



حدود مجاز تعیین شده توسط ICNIRP است. از آنجایی که نوع اپراتور بر نتایج تاثیرگذار بوده لذا پیشنهاد می شود که تعداد کاربران هر اپراتور نیز در مطالعات آینده مدنظر قرار گیرد.

### تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل بخشی از پایان نامه با عنوان "بررسی وضعیت انتشار عرضی امواج مایکروویو ناشی از آنتن های BTS در شهر مراغه" در مقطع کارشناسی ارشد در سال ۱۳۹۴ است که با حمایت دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران اجرا شده است. در پایان از زحمات آقای کشمیری کارمند مخابرات شهرستان مراغه و خانم مهندس شیرینی کارشناس آزمایشگاه دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران که در این پژوهش کمک های شایانی نمودند تقدیر و تشکر می شود.

### منابع

- Balmori A. Electromagnetic pollution from phone masts. Effects on wildlife. Pathophysiology. 2009;16(2-3):191-99.
- Baharara J, Zahedifar Z. Effects of Cell Phones Radiation on Biological Factors. Journal of Cell & Tissue. 2011;2(2):85-89 (in Persian).
- Khavanin A, Zaraveshani V, Mortazavi SB, Rezaee A, Mirzaee R. comparison of antioxidant capacity changes in rabbit blood after disconnected exposure to mobile phone microwave. Journal of Sabzevar University of Medical Sciences. 2008;14(4):238-45 (in Persian).
- Kurd N, Garkaz A, Aliabadi M, Farhadian M. Study of public exposure to microwave radiation from wireless (WiFi) systems in Hamadan University of medical sciences. Journal of Ergonomics. 2014;1(3):11-17 (in Persian).
- Dhami AK. Study of electromagnetic radiation pollution in an Indian city. Environmental Monitoring and Assessment. 2012;184(11):6507-12.
- García-Díaz P, Salcedo-Sanz S, Portilla-Figueras JA, Jiménez-Fernández S. Mobile network deploy-

قطع گفت که هیچ نگرانی از بابت مواجهه با امواج مایکروویو ناشی از آنتن ها وجود ندارد زیرا همانطوری که اشاره شد در برخی مطالعات چگالی توان کم تر از حد مجاز ( $1\text{mW}/\text{m}^2$ ) نیز می تواند موجب بروز اختلالاتی در انسان شود بنابراین رسیدن به پاسخ های روشن در این زمینه مطالعات بیشتری را خواهد طلبید.

### نتیجه گیری

بنابراین نتیجه می گیریم که متغیر فاصله مهمترین عامل تاثیرگذار بر میزان انتشار چگالی توان حاصل از آنتن های BTS بوده و در بارهای ترافیکی آرام و شلوغ این میزان تغییر می کند. در این تحقیق در هر دو نوع اپراتور (همراه اول و ایرانسل) بیشترین میزان چگالی توان در فاصله ۲۰m اندازه گیری شده است. تمامی اندازه گیری ها در هر دو نوع اپراتور بسیار کمتر از

- ment under electromagnetic pollution control criterion: An evolutionary algorithm approach. Expert Systems with Applications. 2013;40(1):365-76.
- Jadidi M, Firoozabadi SMP, Rashidy-Pour A, Bolori B, Fathollahi Y. The effect of acute exposure to 950 MHz waves of GSM mobile phone system on consolidation of spatial memory in rat. Koomesh. 2005;6(4):305-10 (in Persian).
  - 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).
  - Santini R, Santini P, Danze J, Le Ruz P, Seigne M. [Investigation on the health of people living near mobile telephone relay stations: I/Incidence according to distance and sex]. Pathologie-Biologie. 2002;50(6):369-73.
  - Nasseri S, Monazzam M, Beheshti M, Zare S, Mahvi A. The vertical pattern of microwave radiation around BTS (Base Transceiver Station) anten-



- nae in Hashtgerd township. Journal of Environmental Health Science & Engineering. 2013;11:40.
11. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. ICNIRP statement on the “guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz)”. Health Physics. 2009;97(3):257-58.
  12. Grandolfo M. Worldwide standards on exposure to electromagnetic fields: an overview. The Environmentalist. 2009;29(2):109-17.
  13. Kundi M, Hutter HP. Mobile phone base stations- Effects on wellbeing and health. Pathophysiology. 2009;16(2-3):123-35.



Available online: <http://ijhe.tums.ac.ir>

Original Article



## Evaluation of transverse waves of BTS antennas in Maragheh

A Naderi<sup>1</sup>, S Nasser<sup>2\*</sup>, A.H Mahvi<sup>3</sup>, M.R Monazzam<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Department of Environmental Health, MSc Student of Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

<sup>2</sup> Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, and Center for water Quality Research (CWQR), Institute for Environmental Research (IER), Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

<sup>3</sup> Center for Solid Waste Research (CSWR), Institute for environment Research, Schools of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

<sup>4</sup> Department of Occupational Hygiene, Professor, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

### ARTICLE INFORMATION:

**Received:** 18 October 2015;

**Accepted:** 11 January 2016

**Key words:** BTS Antenna, power density, electromagnetic waves, Microwave horizontal measuring

**\*Corresponding Author:**

*naserise@tums.ac.ir*

**Mob:** +98 9149286643

### ABSTRACT

**Background and Objectives:** Due to the increasing use of mobile phone in recent years, the number of BTS antennas has also increased. Proliferation of BTS antennas in cities and villages, and perpetuation of encountering with waves from one side and increasing the anxiety of many people in encountering with their waves from the other side convinced more investigations in this field. Therefore, the purpose of this study was to investigate the propagation of microwave around the BTS antennas of Maragheh and to compare power density measurements with allowable environmental standards.

**Material and Methods:** In this research, the frequency of BTS antennas was determined through field monitoring. Then, measurements were performed using a calibrated Spectran 4060 and the standard method IEEE Std C95.1 was adopted in close and far fields from each antenna. Then, the obtained data were analyzed after entering to SPSS environment. In this study, the Kolmogorov-Smirnov test, Kruskal-Wallis, and Mann-Whitney tests were used.

**Results:** This research found that in both Irancel and Hamrah Aval operators, the power density increased with distance in close fields and decreased in far fields. Moreover, at the distance of 20 meter, the maximum value of power density was measured. Significant difference between these distances was observed ( $P\text{-value} \leq 0.05$ ).

**Conclusion:** Out of 1804 cases in far and close fields, the highest power density measured at 900 MHz band was  $4.51 \text{ mW/m}^2$ , which is in accordance with 0.1% permissible exposure.