

## بررسی وضعیت انتشار امواج الکترومغناطیس ناشی از آنتن های (Base Transceiver Station) BTS باند ۹۰۰ مگا هرتز در شهر تهران

پروین نصیری<sup>۱</sup>، محمدرضا منظم<sup>۲</sup>، سجاد زارع<sup>۳</sup>، کمال اعظم<sup>۴</sup>، زاهد یوسفی<sup>۵</sup>، رسول همت جو<sup>۶</sup>

نویسنده مسئول: تهران، دانشگاه علوم پزشکی تهران، دانشکده بهداشت، گروه بهداشت حرفه ای [ss\\_zare87@yahoo.com](mailto:ss_zare87@yahoo.com)

پذیرش: ۹۰/۰۶/۱۹

دریافت: ۹۰/۰۳/۲۸

### چکیده

**زمینه و هدف:** همگام با پیشرفت تکنولوژی تماس با فرکانس های مختلف میدان های الکترومغناطیسی (EMF) به نحو چشمگیری در حال افزایش است. درحالی که مزایای فراوان استفاده از امواج میکروویو در زندگی روزمره غیرقابل چشم پوشی است، ولی در طی سال های اخیر اثرات مضرى که ناشی از تماس با میدان های الکتریکی و مغناطیسی این امواج که از آنتن های BTS منتشر می شود، گزارش شده است. هدف از این تحقیق بررسی وضعیت انتشار امواج میکروویو در اطراف آنتن های BTS شهر تهران است.

**روش بررسی:** در این مطالعه با توجه به موقعیت مکانی آنتن های BTS در سطح شهر، چگالی توان امواج الکترومغناطیسی در اطراف ۶۳ آنتن در دو میدان نزدیک و دور در فواصل مختلف اندازه گیری شد. اندازه گیری ها با استفاده از روش استاندارد IEEE Std C 95/1 توسط دستگاه Hi-4333 انجام شد. تجزیه و تحلیل داده ها توسط نرم افزار ۱۶ spss و با استفاده از آزمون های آنالیز واریانس یک طرفه، کولموگروف - اسمیرنوف، بونفرونی و کروسکال والیس انجام گرفت.

**یافته ها:** نتایج این مطالعه نشان می دهد که در میدان نزدیک با افزایش فاصله از پای آنتن میانگین چگالی توان امواج الکترومغناطیس افزایش می یابد. به طوری که از پای دکل تا ۱۰ متر افزایش میانگین چگالی توان امواج بطئی و از فاصله ۱۰ تا ۱۵ متر کاملاً محسوس است. ولی در میدان دور با افزایش فاصله از ۲۰ متر، میانگین چگالی توان امواج الکترومغناطیس کاهش می یابد و از فاصله ۱۰۰ متر به بعد شیب نمودار تقریباً خطی شده، میزان چگالی توان به حد زمینه رسیده به گونه ای که با افزایش فاصله کاهش محسوسی مشاهده نمی شود.

**نتیجه گیری:** تمام اندازه گیری های چگالی توان امواج الکترومغناطیس ناشی از BTS ها در حدود ۰/۰۶٪ مقادیر توصیه شده مجاز استاندارد محیطی و ۰/۰۰۰۰۰۳ درصد استاندارد شغلی است که نتایج به نتایج دیگر تحقیقات نیز نزدیک است.

**واژگان کلیدی:** آنتن BTS، چگالی توان، امواج الکترومغناطیسی، اثرات بهداشتی، میکروویو

۱- دکترای بهداشت حرفه ای، استاد دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران

۲- دکترای بهداشت حرفه ای، دانشیار دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران

۳- دانشجوی دکترای بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران

۴- دکترای آمار زیستی، استادیار دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران

۵- دانش آموخته کارشناسی ارشد شهرسازی، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه تربیت مدرس

۶- دانش آموخته کارشناسی ارشد بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران

## مقدمه

زندگی امروز بر روی کره زمین در واقع غوطه ور شدن در دریایی از میدان های الکترومغناطیسی طبیعی است. در قرن گذشته این محیط طبیعی به دلیل حضور طیف وسیع و در حال گسترش میدان های مصنوعی الکترومغناطیسی به شدت تغییر کرده است. استفاده از تکنولوژی در کشورهای پیشرفته و واردات آن به کشور های در حال توسعه باعث شده تا استفاده کنندگان آن در معرض آثار زیان بار و عوارض بهداشتی ناشی از آن قرار گیرند (۱). یکی از محصولات مهم تکنولوژی به کارگیری امواج الکترومغناطیس در بخش های مختلف صنعتی، علمی، پزشکی و لوازم خانگی است (۲).

امواج میکروویو از امواج الکترومغناطیسی هستند که محدوده فرکانسی آنها ۳۰ MHz تا ۳۰۰ GHz است (۳) و دارای طول موج ۱ mm تا ۱ m هستند (۴).

فرکانس، توان، شدت میدان الکتریکی و شدت میدان مغناطیسی از پارامترهای مهم امواج میکروویو هستند. کاربردهای امواج میکروویو عبارتند از: FM رادیو و تلویزیون (۳۰ MHz - ۳۰۰ MHz)، تلفن همراه (۱۸۰۰ MHz - ۹۰۰ MHz)، اجاق های میکروویو (۲۴۵۰ MHz)، رادارها (۳۰۰ MHz تا ۳۰ GHz) و ماهواره ها (۳۰ GHz تا ۳۰۰ GHz) (۵-۷).

همچنین کاربرد این امواج در صنایع (نساجی، پلاستیک سازی، کاغذسازی، نگه داری مواد غذایی، چوب، امواج ناوبری) و پزشکی (دیاترمی و وسایل گرم کننده توان بخشی)، اهمیت این امواج را دو چندان ساخته است (۱).

در سال های اخیر مردم نگران اثرات زیان آور بهداشتی ناشی از پرتوهای الکترومغناطیس هستند. آثار زیان بار بیولوژیکی ناشی از امواج میکروویو به اثرات حرارتی و غیر حرارتی تقسیم می شود (۸). از آثار حرارتی این امواج می توان آسیب به چشم (کاتاراکت) و دستگاه تولید مثل نام برد (۱).

از آثار غیر حرارتی امواج میکروویو نیز به اثرات زیان بخش بر روی سلول های کبدی، تغییر الگوی خواب انسان و تغییر در فعالیت نورون های سلول های مغزی و سیستم اعصاب

مرکزی، سردرد، تنش چشمی، خستگی، گیجی، بد خوابی، خواب آلودگی به هنگام روز، ناپایداری در رفتار و تمایلات، تحریک پذیری، اجتماع گریزی، احساس ترس، تنش عصبی، افسردگی ذهنی، آشفتگی حافظه، احساس کشیدگی در پوست سر و پیشانی، درد عضلانی، درد در ناحیه قلب، مشکلات تنفسی، عرق ریختن به حد افراط و همچنین مشکلات جنسی اشاره نمود (۳، ۱۰ و ۱۱).

استفاده از امواج میکروویو با فرکانس ۹۰۰ مگاهرتز در تلفن های همراه و نیز رشد روز افزون کاربران این محصول، انسان را در مواجهه بیشتر با این امواج قرار داده است (۱۲ و ۱۳). همچنین یک اختلاف اساسی بین مواجهه با تلفن های همراه و مواجهه با امواج منتشر شده از آنتن های BTS وجود دارد که هنوز مورد توجه نبوده است. زیرا مواجهه با امواج تلفن های همراه غیردایمی است و معمولاً به مدت کم است ولی مواجهه با امواج آنتن های BTS می تواند ۲۴ ساعته و برای سال ها ادامه داشته باشد. همچنین تلفن های همراه فقط برای کاربرها است ولی مواجهه با امواج این آنتن ها برای تمام آحاد جامعه است.

از آنجا که تعداد زیادی آنتن های BTS در سطح شهرها نصب شده است بسیاری از مردم به دلیل مجاورت با این آنتن ها و همچنین در معرض مواجهه با تشعشعات الکترومغناطیسی که از این ها ناشی می گردد، نگران هستند. برای این که محافظتی در برابر مواجهه بیش از حد به میدان های الکترومغناطیسی فراهم شود مقامات و مسئولین، حد بیشینه مواجهه با میدان های الکترومغناطیس را بر پایه توصیه های سازمان های بین المللی نظیر WHO، ICNIRP تعیین می کنند (۱۴).

با توجه به این که نگرانی عمومی و قابل توجهی در مورد اثرات احتمالی ناشی از امواج آنتن های BTS، بر روی سلامتی وجود دارد و همچنین قرار گرفتن این آنتن ها در محدوده های شهری، در نزدیکی مناطق مسکونی، در مناطق عمومی که افراد رفت و آمد دارند و یا در آن نواحی کار می کنند به ویژه تکنیسین های BTS، در واقع در معرض مواجهه شغلی با این

طولانی‌ترین بعد خطی آنتن  $D=1/8$  m است و طول موج امواج  $\lambda=0/33$  m، بنابراین طبق فرمول بالا شروع میدان دور در فاصله ۲۰ متر است. همچنین در این تحقیق ۸۸ نقطه نیز در میدان دور (فواصل بیشتر از ۲۰ متری) اندازه‌گیری شد که در مجموع ۳۴۰ نقطه در این تحقیق مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. از ۶۳ آنتن اندازه‌گیری شده در میدان نزدیک، تعداد ۲۲ آنتن، میدان دور آن‌ها نیز در فواصل (۲۰، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰) متر مورد بررسی قرار گرفت. تعداد کمتر حجم نمونه در میدان دور به دلیل محدودیت‌های موجود از قبیل تراکم ساختمان‌ها، وجود اتوبان و موانع در هنگام اندازه‌گیری و همچنین دامنه تغییرات کمتر چگالی توان در میدان دور است. اندازه‌گیری‌ها با استفاده از روش استاندارد IEEE Std C95/1 (۱۶) توسط دستگاه Hi-۴۳۳۳ که برای اندازه‌گیری شدت چگالی توان امواج الکترومغناطیس، مورد استفاده قرار می‌گیرد، انجام شد. شایان ذکر است، از آنجا که شرایط جوی می‌تواند در نتیجه اندازه‌گیری تاثیرگذار باشد، از لحاظ زمانی نیز تمام اندازه‌گیری‌ها بین ساعات ۹-۱۵ روز و در شرایط جوی مشابه کاملاً آفتابی انجام گرفت.

### یافته‌ها

نتایج حاصل از اندازه‌گیری‌های چگالی توان امواج الکترومغناطیس در میدان نزدیک، باند ۹۰۰ مگا هرتز آنتن‌های ماکرواپراتورهای همراه اول، ایرانسل، تالیا در زیر آرایه شده است:

در میدان نزدیک ۲۵۲ اندازه‌گیری در فواصل ۰ (پایه دکل)، ۵، ۱۰، ۱۵ متری از آنتن انجام شد که نقاط مورد بررسی در شکل ۱ آرایه گردیده است.

نتایج اندازه‌گیری چگالی توان امواج الکترومغناطیس در میدان نزدیک در جدول ۱ نشان داده شده است:

امواج قرار دارند، ایجاب می‌کند که این منابع به دلیل داشتن خطرات بهداشتی و تهدید جدی سلامتی افراد شناسایی شده و موقعیت آنها مشخص گردد اگر چه مزایای فراوان استفاده از امواج میکروویو در زندگی روزمره غیرقابل چشم‌پوشی است، ولی در طی سال‌های اخیر اثرات مضر که ناشی از تماس با میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی این امواج که از آنتن‌های BTS منتشر می‌شود، گزارش شده است. این امر تحقیقات بیشتر در این زمینه را مجاب می‌کند. بنابراین هدف از این تحقیق بررسی چگونگی انتشار امواج میکروویو در اطراف آنتن‌های BTS شهر تهران و مقایسه اندازه‌گیری‌های چگالی توان با مقادیر مجاز استاندارد محیطی و شغلی است.

### مواد و روش‌ها

در این مطالعه که از نوع توصیفی - تحلیلی است، آنتن‌های Base Transceiver Station (BTS) ماکروسول که تولیدکننده میکروویو با فرکانس ۹۰۰ مگا هرتز هستند، به عنوان منابع اصلی تابش‌کننده میکروویو در نظر گرفته شدند. محدوده مورد مطالعه این پژوهش شهر تهران است.

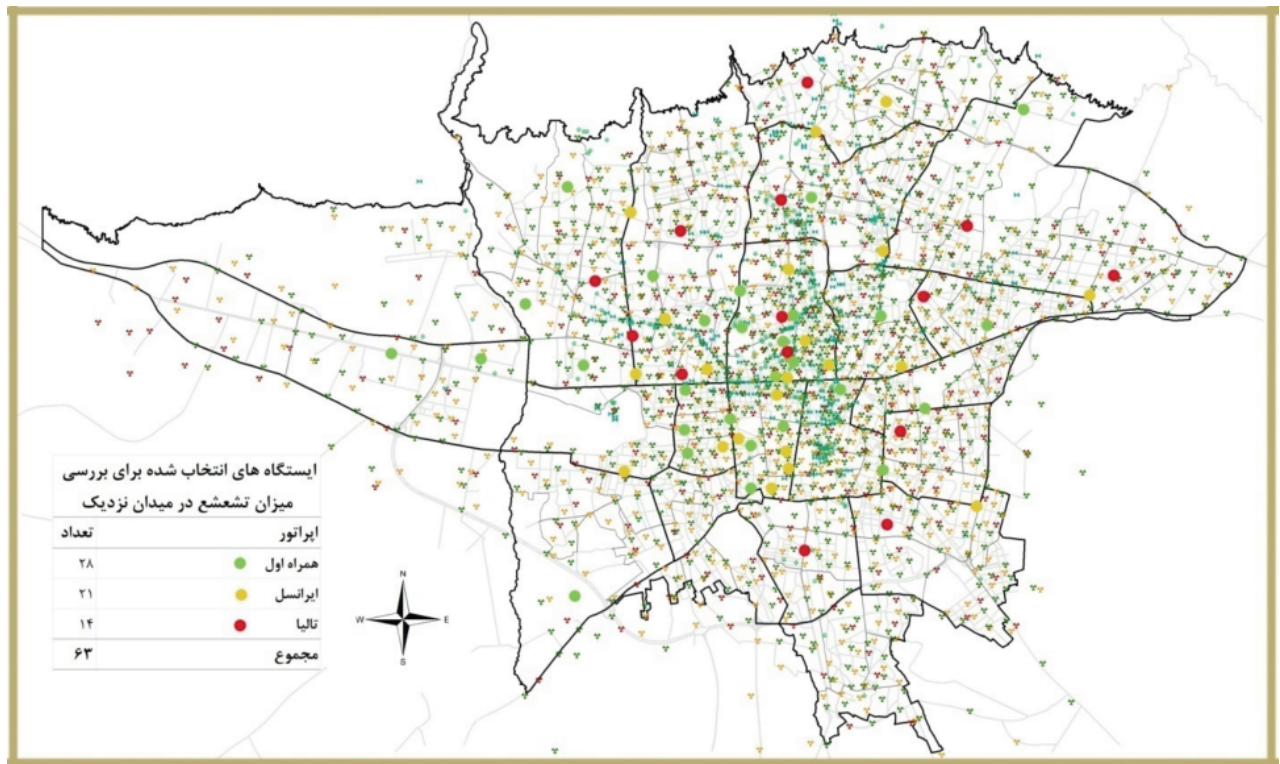
با انجام مطالعات مقدماتی و همچنین روش‌های آماری با سطح اطمینان ۹۵٪ تعداد نمونه مورد نیاز ۲۲۰ مورد برآورد گردید و جهت اطمینان بیشتر در این مطالعه تعداد ۲۵۲ نمونه برای اندازه‌گیری چگالی توان امواج الکترومغناطیس در میدان نزدیک اطراف آنتن‌ها در نظر گرفته شد. میدان نزدیک در فرکانس مورد مطالعه در محدوده کمتر از ۲۰ متر بوده که در ۴ فاصله شامل پایه دکل، ۵، ۱۰ و ۱۵ متری از آنتن اندازه‌گیری‌ها انجام گردید.

لازم به توضیح است که میدان دور آنتن به طور تقریبی از رابطه زیر به دست می‌آید که در آن  $D=$  طولانی‌ترین بعد خطی آنتن و  $\lambda=$  طول موج است (۳).

$$R_{eff} = \frac{2D^2}{\lambda}$$

جدول ۱: نتایج اندازه گیری چگالی توان امواج الکترومغناطیس در باند ۹۰۰ مگا هرتز در میدان نزدیک

فاصله متر	تعداد	میانگین (mw/m <sup>2</sup> )	انحراف معیار	خطای معیار	۹۵٪ فاصله اطمینان برای		حداقل	حداکثر
					میانگین	میانگین	(mw/m <sup>2</sup> )	(mw/m <sup>2</sup> )
					حد پایین	حد بالا		
۰	۵۷	۰/۰۰۰۳۳	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۴	۰/۰۰۰۲۴	۰/۰۰۰۴۱	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۱
۵	۶۵	۰/۰۰۳۴	۰/۰۰۱۶۶	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۲۶۲	۰/۰۰۳۴۵	۰/۰۰۱	۰/۰۰۶۴۰
۱۰	۶۴	۰/۰۲۱۹۱	۰/۰۱۱۶۰	۰/۰۰۱۴۵	۰/۰۱۹۰۱	۰/۰۲۴۸۱	۰/۰۰۶۵۰	۰/۰۴۶۸۸
۱۵	۶۶	۰/۲۲۵۱۴	۰/۱۷۶۰۶	۰/۰۲۱۶۷	۰/۱۸۱۸۶	۰/۲۶۸۴۲	۰/۰۵۲۰۰	۰/۷۲۰۰۰



شکل ۱: ایستگاه های انتخاب شده جهت بررسی میزان چگالی توان امواج الکترومغناطیس در میدان نزدیک، باند ۹۰۰ مگاهرتز از آنتن های ماکرو ایراتورهای همراه اول، ایرانسل و تالیا در شهر تهران

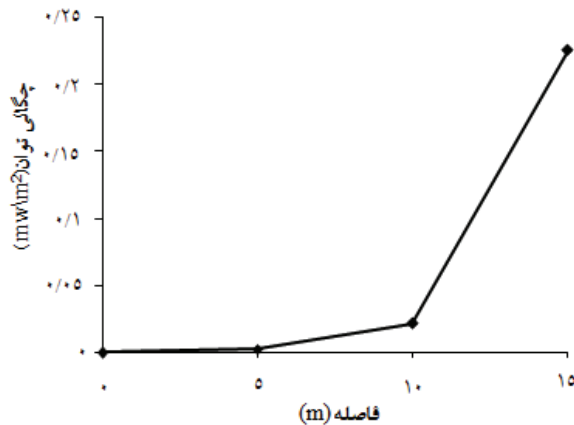
شکل ۲ نشان می دهد در میدان نزدیک با افزایش فاصله از پای آنتن میانگین چگالی توان امواج الکترومغناطیس افزایش می یابد. به طوری که از پای دکل تا ۱۰ متر افزایش میانگین چگالی توان امواج بطئی و از فاصله ۱۰ تا ۱۵ متر کاملاً محسوس است. در این تحقیق نیز از آنجا که مقادیر چگالی توان امواج الکترومغناطیس پیرو آزمون کولموگروف - اسمیرنوف

(Kolmogrov-Smirnov) از توزیع نرمال پیروی نمی کنند، پس برای آنالیز و تعیین رابطه بین داده ها، بایستی آنها را به صورت نرمال در آورد. لذا از این داده ها لگاریتم گرفته و در واقع با استفاده از تغییر متغی، داده ها مورد ارزیابی و بررسی قرار گرفت.

جهت مقایسه میانگین اندازه گیری ها در میدان نزدیک در

شکل ۲ نشان می دهد در میدان نزدیک با افزایش فاصله از پای آنتن میانگین چگالی توان امواج الکترومغناطیس افزایش می یابد. به طوری که از پای دکل تا ۱۰ متر افزایش میانگین چگالی توان امواج بطئی و از فاصله ۱۰ تا ۱۵ متر کاملاً محسوس است. در این تحقیق نیز از آنجا که مقادیر چگالی توان امواج الکترومغناطیس پیرو آزمون کولموگروف - اسمیرنوف

نتایج حاصل از اندازه گیری های چگالی توان امواج الکترومغناطیس در باند ۹۰۰ مگا هرتز ناشی از آنتن های ماکرو اپراتورهای همراه اول، ایرانسل، تالیا در میدان دور در زیر نشان داده شده است.



شکل ۲: نحوه انتشار میانگین چگالی توان امواج الکترومغناطیس در فواصل ۰ (پایه آنتن)، ۵، ۱۰، ۱۵ متری از آنتن

همان طور که قبلا نیز ذکر گردید در مجموع در میدان دور ۸۸ اندازه گیری در فواصل (۲۰، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰) متر از آنتن انجام شد. شکل ۳ محل ایستگاه های مورد بررسی جهت میدان دور را نشان می دهد.

نتایج اندازه گیری چگالی توان امواج الکترومغناطیس در میدان دور جدول ۲۱ نشان داده شده است.

شکل ۴ نشان می دهد در میدان دور با افزایش فاصله از ۲۰ متر، میانگین چگالی توان امواج الکترومغناطیس کاهش می یابد. از فاصله ۲۰ تا ۵۰ متر نمودار دارای شیب شدید و میزان میانگین چگالی توان امواج الکترومغناطیس به شدت کاهش می یابد و از فاصله ۵۰ تا ۱۰۰ متر شیب نمودار ملایم تر بوده و میزان کاهش کمتر است و از فاصله ۱۰۰ متر به بعد شیب نمودار تقریبا خطی شده، میزان چگالی توان به حد زمینه رسیده به گونه ای که با افزایش فاصله کاهش محسوسی مشاهده نمی شود.

جهت مقایسه میانگین اندازه گیری ها در میدان دور در فواصل مختلف (۲۰، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰) متر از آنالیز واریانس یک طرفه استفاده گردید و به منظور شناسایی تفاوت های میانگین دو به دو از تصحیح بونفرونی (Bonferroni) استفاده شد.

فواصل مختلف (۵، ۱۰، ۱۵) متر) از آنالیز واریانس یک طرفه استفاده گردید و به منظور شناسایی تفاوت های میانگین دو به دو از تصحیح بونفرونی (Bonferroni) استفاده شد.

با توجه به نتایج حاصل از آنالیز واریانس یک طرفه و مقایسه دو به دو میانگین لگاریتم چگالی توان امواج الکترومغناطیس، در فاصله اطمینان ۹۵٪، بین میانگین اندازه گیری های در تمام فواصل ۰ (پایه آنتن)، ۵، ۱۰، ۱۵ (متر) ارتباط معنادار آماری مشاهده می شود ( $P < 0.05$ ).

نتایج آزمون کروسکال والیس نیز نشان می دهد که بین میانگین اندازه گیری های چگالی توان امواج الکترومغناطیس در میدان نزدیک در بین تمام فواصل ۰ (پایه آنتن)، ۵، ۱۰، ۱۵ (متر) ارتباط معنادار آماری مشاهده می شود ( $P < 0.05$ ), در واقع این نتایج تاییدی بر نتایج حاصل از آزمون آنالیز واریانس است. در نهایت با استفاده از مدل رگرسیون مشخص شد که در میدان نزدیک متغیر فاصله تقریبا ۹۰٪ از واریانس چگالی توان امواج الکترومغناطیس را توجیه می کند. روابط زیر جهت پیش بینی مقادیر چگالی توان امواج الکترومغناطیس در فواصل مختلف از آنتن به دست آمد.

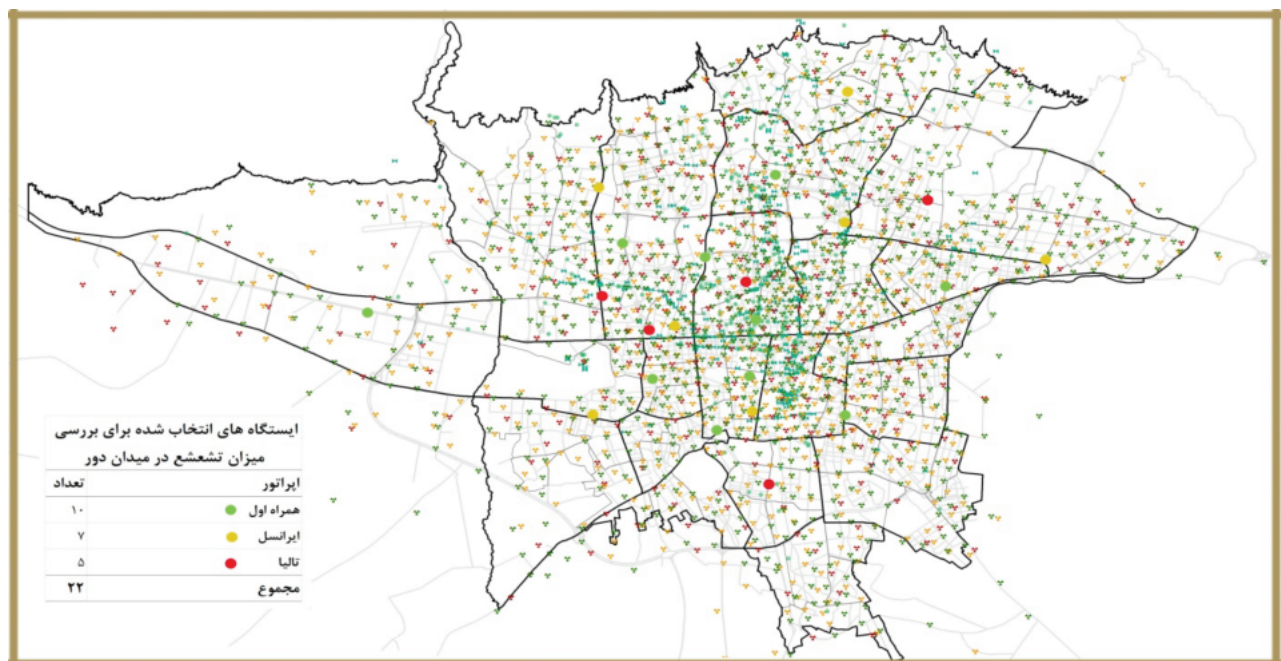
$$B = 10^{(-3/67 + 0.196X)}$$

$$X < 20$$

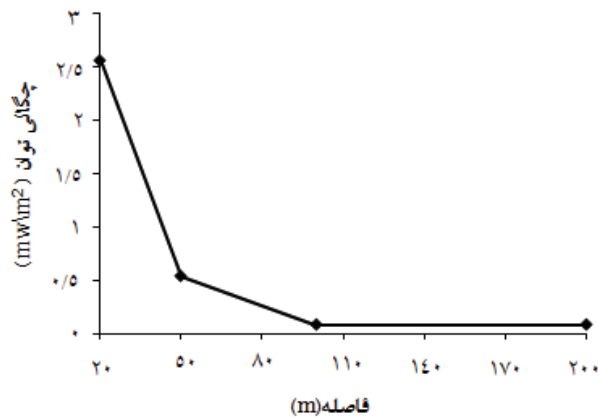
که در آن B آنتی لگاریتم چگالی شارمغناطیسی و فاصله از منبع بر حسب متر است.

جدول ۲: نتایج اندازه گیری چگالی توان امواج الکترومغناطیس در باند ۹۰۰ مگاهرتز در میدان دور

فاصله متر	تعداد	میانگین (mw/m <sup>2</sup> )	انحراف معیار	خطای معیار	۹۵٪ فاصله اطمینان برای میانگین		حداقل (mw/m <sup>2</sup> )	حداکثر (mw/m <sup>2</sup> )
					حد بالا	حد پایین		
					۲۰	۱۴		
۵۰	۲۲	۰/۵۴۳۷۰	۱/۱۴۹۱	۰/۲۴۴۹	۰/۰۵۶۷۵۲	۱/۰۳۰۶۵	۰/۰۰۰۰۷	۴/۵۵۱
۱۰۰	۲۹	۰/۰۹۶۳	۰/۲۲۰۸۷	۰/۰۴۱	۰/۱۴۸۱۷	۰/۱۷۷۸۶۴	۰/۰۰۰۰۲	۰/۹۳۲
۲۰۰	۲۳	۰/۰۹۰۶	۰/۱۴۱۰۹	۰/۰۲۹۴	۰/۰۳۲۱۲۸	۰/۱۴۹۱۴۲	۰/۰۰۰۰۳	۰/۵۸



شکل ۳: ایستگاه های انتخاب شده جهت بررسی میزان چگالی توان امواج الکترومغناطیس در باند ۹۰۰ مگاهرتز از آنتن های ماکرو اپراتور های همراه اول، ایرانسل و تالیا در میدان دور در شهر تهران



شکل ۴: نحوه انتشار میانگین چگالی توان امواج الکترومغناطیس در میدان دور در فواصل ۲۰، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ متری از آنتن

جدول ۳: مقایسه میانگین چگالی توان امواج الکترومغناطیس با میزان مواجهه مجاز استاندارد محیطی

فاصله از آنتن (متری)	میانگین چگالی توان امواج (میلی وات بر متر مربع)	مقایسه با میزان مجاز استاندارد (درصد)
۰ (پایه آنتن)	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۰۶
۵	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰۰۵
۱۰	۰/۰۲۱	۰/۰۰۰۰۴
۱۵	۰/۲۲۵۱	۰/۰۰۵
۲۰	۲/۷۳۶	۰/۰۰۶
۵۰	۰/۵۴۳۷	۰/۰۱۲
۱۰۰	۰/۰۹۶۳	۰/۰۰۲
۲۰۰	۰/۰۹۰۶	۰/۰۰۲

جدول ۳ نشان می دهد که بیشترین میزان میانگین چگالی توان امواج الکترومغناطیس در فاصله ۲۰ متر، در حدود ۰/۰۰۶ درصد میزان مواجهه مجاز استاندارد محیطی است. میزان مواجهه مجاز استاندارد شغلی چگالی امواج الکترومغناطیس از رابطه زیر به دست می آید:

$$\left(\frac{F}{40}\right) \times 1000 = \frac{mw}{m^2}$$

در این رابطه F فرکانس است.

در این تحقیق فرکانس ۹۰۰ مگا هرتز مورد بررسی قرار گرفت. در نتیجه مقدار استاندارد مواجهه شغلی  $22500 \text{ mw/m}^2$  است. در مقایسه میزان مواجهه شغلی با حدود مواجهه مجاز استاندارد، ۵۲ مورد اندازه گیری انجام شده در میدان نزدیک در فاصله ۰ (پایه آنتن)، به عنوان مواجهه شغلی مورد بررسی قرار گرفت. مقایسه میانگین چگالی توان امواج الکترومغناطیس در پایه آنتن ( $0.0003312$  میلی وات بر متر مربع) با حدود استاندارد ( $22500$  میلی وات بر متر مربع)، نشان می دهد که چگالی توان در پایه آنتن در حدود  $0.000013$  درصد استاندارد است در مورد تکنسین های نصب و راه اندازی ایستگاه های مخابراتی و کارگران و دکل بندهایی که در این زمینه مشغول به فعالیت هستند باید اذعان داشت که این افراد چندان با تشعشعات این ایستگاه ها مواجهه نمی شوند. بیشترین

با توجه به نتایج حاصل از آنالیز واریانس یک طرفه و مقایسه دو به دو میانگین لگاریتم چگالی توان امواج الکترومغناطیس، در فاصله اطمینان ۰/۹۵، بین میانگین اندازه گیری های در فاصله ۲۰ متری با میانگین اندازه گیری ها در فواصل (۵۰، ۲۰۰، ۱۰۰ متر) اختلاف معنادار آماری مشاهده شد ( $P < 0.05$ ). ولی در مقایسه بین میانگین اندازه گیری ها در دیگر فواصل (۵۰، ۲۰۰، ۱۰۰ متر) اختلاف معنادار آماری مشاهده نگردید همچنین با توجه به نتایج حاصل از آزمون کروسکال والیس بین میانگین اندازه گیری های در فاصله ۲۰ متری با میانگین اندازه گیری ها در فواصل (۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ متر) ارتباط معنادار آماری مشاهده می شود ( $P < 0.05$ ). ولی در مقایسه بین میانگین اندازه گیری ها در دیگر فواصل ارتباط معنادار آماری مشاهده نگردید. در واقع این نتایج تاییدی بر نتایج حاصل از آزمون آنالیز واریانس است.

در نهایت با استفاده از مدل رگرسیون مشخص شد که در میدان دور متغییر فاصله تقریباً ۶٪ از واریانس چگالی توان امواج الکترومغناطیس را توجیه می کند. فرمول های پیشنهادی زیر جهت پیش بینی مقادیر چگالی توان امواج الکترومغناطیس در فواصل مختلف از آنتن به دست آمد.

$$B = 1.0^{(-0.995 - 0.005X)}$$

$$20 \leq X \leq 200$$

که در آن B آنتی لگاریتم چگالی شارمغناطیسی و فاصله از منبع بر حسب متر است.

در این تحقیق نتایج اندازه گیری ها در میدان دور و نزدیک با میزان مواجهه مجاز استاندارد شغلی و محیطی نیز مقایسه شد، میزان مواجهه مجاز استاندارد محیطی چگالی توان امواج الکترو مغناطیس از رابطه زیر به دست می آید:

$$\left(\frac{F}{200}\right) \times 1000 = \frac{mw}{m^2}$$

در این رابطه F فرکانس می باشد (۱۶). در این تحقیق فرکانس ۹۰۰ مگا هرتز مورد بررسی قرار گرفت. در نتیجه مقدار استاندارد مواجهه محیطی  $4500 \text{ mw/m}^2$  است.

۱۰ (در مناطق روستایی ۵ BTS و ۵ BTS در مناطق شهری) در اتریش انجام دادند به این نتیجه رسیدند که چگالی توان امواج الکترومغناطیس از  $(mw/m^2)$  ۰/۰۰۲ تا ۴/۱ متغیر است. همچنین مقادیر به دست آمده از شدت میدان مغناطیسی ناشی از BTS ها کمتر از مقادیر توصیه شده و مجاز است (۱۵).

در این تحقیق همه اندازه گیری های چگالی توان امواج الکترومغناطیس ناشی از BTS ها کمتر از مقادیر توصیه شده و مجاز است. بیشترین چگالی توان اندازه گیری شده از میان ۳۴۰ مورد اندازه گیری در میدان نزدیک و دور در باند ۹۰۰ مگاهرتز برابر با  $13/4$  میلی وات بر متر مربع مطابق با  $0/29$  درصد میزان مواجهه مجاز استاندارد محیطی است (۱۶).

با انجام آزمون رگرسیون بین داده های به دست آمده از اندازه گیری های چگالی توان امواج الکترومغناطیس در میدان نزدیک و دور مشخص شد که در میدان نزدیک متغیر فاصله تقریباً  $90\%$  از واریانس چگالی توان امواج الکترومغناطیس را توجیه می کند ولی در میدان دور متغیر فاصله تقریباً  $6\%$  از واریانس چگالی توان امواج الکترومغناطیس را توجیه می کند. با حذف اندازه گیری های چگالی توان در فواصل  $100$  و  $200$  متر از میدان دور متغیر فاصله تقریباً  $16\%$  از واریانس چگالی توان امواج الکترومغناطیس را توجیه می کرد. همچنین با حذف اندازه گیری های چگالی توان در فواصل  $200$  متر از میدان دور متغیر فاصله تقریباً  $17\%$  از واریانس چگالی توان امواج الکترومغناطیس را توجیه می کرد.

### نتیجه گیری

بنابراین نتیجه می گیریم که در میدان نزدیک متغیر فاصله مهم ترین عامل تاثیر گذار در میزان چگالی توان امواج الکترومغناطیس است. همچنین کم بودن تاثیر متغیر فاصله در میدان دور به این دلیل است که اولاً در میدان دور، اختلاف فاصله خیلی زیاد است،  $180$  متر اختلاف فاصله مشاهده می شود، ثانیاً در میدان دور در فواصل بیش از  $100$  متر، میزان چگالی توان به حد زمینه رسیده و کاهش قابل ملاحظه ای با

زمان فعالیت این افراد بر روی این ایستگاه ها مربوط به زمانی است ایستگاه راه اندازی نشده و در نتیجه فرکانسی از آنتن های BTS منتشر نمی شود. پس از راه اندازی BTS و روشن شدن ایستگاه تعداد مراجعات بعدی و مواجهه تکنسین ها با آنتن بسیار کم شده و به چند مرتبه در طول سال محدود می شود که آن هم در برخی موارد برای تعمیر و نگه داری ایستگاه به هنگام مراجعه به آن ایستگاه را خاموش می کنند.

### بحث

در میدان نزدیک و دور  $340$  مورد اندازه گیری چگالی توان امواج الکترومغناطیس آنتن های BTS در باند  $900$  مگاهرتز انجام شد. از فاصله  $0$  (پایه آنتن) تا  $15$  متری از آنتن به عنوان میدان نزدیک و فاصله  $20$  متر و بیشتر به عنوان میدان دور در نظر گرفته شد. در میدان نزدیک  $252$  اندازه گیری در فواصل  $0$  (پایه آنتن)،  $5$ ،  $10$ ،  $15$  متری از آنتن انجام شد. نتایج نشان داد که با افزایش فاصله از پای آنتن میزان چگالی توان امواج الکترومغناطیس در میدان نزدیک افزایش می یابد. در میدان دور  $88$  اندازه گیری در فواصل  $(20, 50, 100, 200)$  متر از آنتن انجام شد. نتایج نشان داد که در میدان دور با افزایش فاصله میزان چگالی توان امواج الکترومغناطیس کاهش می یابد و در فاصله  $20$  متر بیشترین میزان چگالی توان مشاهده می شود. ولی با افزایش فاصله این مقدار کاهش یافته است و در فواصل بیش از  $100$  متر، چگالی توان تقریباً از رابطه خطی تبعیت می کند. نتایج اندازه گیری های انجام شده در چندین شهر آمریکا که مجموع جمعیت آن ها  $8300000$  نفر بوده است، نشان داده است که سطح پرتوگیری میانه ای جمعیت در برابر تابش زمینه طبیعی و مصنوعی حدود  $0/14$  میکرو وات بر سانتی متر مربع است، در حالی که  $99$  درصد جمعیت در معرض تابش هایی با چگالی قدرت کمتر از  $1$  میکرووات بر سانتی متر مربع قرار داشتند (۳). در مطالعه دیگری که هنس پیتر هاتر و همکاران در سال  $2006$  در تحقیقی که به منظور اندازه گیری چگالی توان امواج الکترومغناطیس بر روی BTS



اثرات بهداشتی ناشی از مواجهه با امواج آنتن ها نیز مطالعات بیشتری در این زمینه صورت گیرد.

افزایش فاصله مشاهده نمی شود. همچنین پیشنهاد می شود از آنجا که مقادیر اندازه گیری شده چگالی توان در این مطالعه کمتر از مقادیر استاندارد محیطی و شغلی هستند، برای بررسی

### منابع

1. Nakhli A. Occupational injuries from non ionizing radiation. Final report. Tehran: Labour and Social Security Institute; 1996 (in Persian).
2. Varyany S. Evaluation and study of microwave at the Mehrabad Airport and its effects on employee health [dissertation]. Tehran: Tarbiat Modarres University; 1992 (in Persian).
3. Cember H. Introduction to Health Physics. 2nd ed. New York: McGraw Hill Inc.; 1992.
4. Banik S, Bandyopadhyay S, Ganguly S. Bioeffect of microwave-a brief review, Bioresource Technol. 2003;2:155-59.
5. Frey AH. Biological Function as Influenced by Low-power Modulated RF Energy. Pennsylvania: IEEE Transactions on Microwave Theory and Technique; 1971.
6. Harris JY. Electronic Product Inventory Study. USA: Bureau of Radiological Health; 1970.
7. Bureau of Radiological Health. A partial inventory of microwave towers, broadcasting transmitters, and fixed radar by states and regions. Final report. USA: Bureau of Radiological Health; 1970. Report No.: PB-193 542.
8. U.S. Department of Health, Education and Welfare. Regulations, standard, and guide for microwave, ultraviolet radiation, and radiation from lasers and television receivers—an annotated bibliography. Final report. USA: U.S. Department of Health, Education and Welfare; 1969.
9. Daily L Jr, Wakim KG, Herrick JF, Parkhill EM, Benedict WL. The effects of microwave diathermy on the eye; an experimental study. Am J Ophthalmol. 1950;33(8):1241-54.
10. Marha K, Musil J, Tuha H. Electromagnetic Fields and the Lief Environment. San Francisco: San Francisco Press Inc; 1971.
11. Mahroun N, Pologea-Moraru R, Moisescu MG, Orłowski S, Leveque P, Mir LM. In vitro increase of the fluid-phase endocytosis induced by pulsed radiofrequency electromagnetic fields: importance of the electric field component. Biochim Biophys Acta. 2005;1668(1):126-37.
12. Oschman JL. The electromagnetic environment: Implications for bodywork, J.Bodywork Movement Ther. 2000;2:137-50.
13. Nakamura H, Matsuzaki I, Hatta K, Nobukuni Y, Kambayashi Y, Ogino K. Nonthermal effects of mobile-phone frequency microwaves on uteroplacental functions in pregnant rats. Reprod Toxicol. 2003 May-Jun;17(3):321-26.
14. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Guidelines for limitation exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz). Health Phys. 1998;74:494-522.
15. Hutter HP, Moshammer H, Wallner P, Kundi M. Mobile telephone base-stations: Effects on health and wellbeing. Occup Environ Med. 2006;63:307-13.
16. Institute of Electrical and Electronics Engineers. IEEE standard for safety levels with respect to human exposure to radio frequency electromagnetic fields, 3 kHz to 300 GHz. New York: Institute of Electrical and Electronics Engineers; 2005 [12 Jun 2009]. Available from: <http://ieeexplore.ieee.org/servlet/opac?punumber=9483>.

## **The Study of the Status of Electromagnetic Waves Resulting from BTS (Base Transceiver Station), 900 Megahertz Frequency in Tehran**

Nasiri P.<sup>1</sup>, Monazam M.R.<sup>1</sup>, \*Zare S.<sup>1</sup>, Azam K.<sup>1</sup>, Yousefi Z.<sup>2</sup>, Hematjo R.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Occupational Engineering, Health School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

<sup>2</sup>Department of Urban Development, Faculty of Art and Architecture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

Received; 18 June 2011 Accepted; 10 September 2011

### **ABSTRACT**

**Background and Objectives:** with the developments of technology, contact with various frequencies of electromagnetic fields ( EMF ) has significantly increased, while the abundant benefits of using microwaves in routine life cannot be neglected. During recent years there have been reports of adverse effects caused by contact with electric and magnetic fields of these waves that spread from BTS antennas. The purpose of this study is the measurement of microwaves spreading around BTS antennas in Tehran.

**Materials and Methods:** according to the location of BTS antennas in Tehran , power density of electromagnetic waves around 63 antennas in near and distant fields in different distances was measured. The measurements were performed using the standard method of IEEE Std C95.1 by Hi-4333 device .in order to analysis data we used spss 16 and descriptive and deductive statistical tests.

**Results:** results of this study show that in the near field, with increase of distance from the foot of antenna , the average power density of electromagnetic waves increase in a way that in the distance of 10 meters from the antenna foot , the increase of average power density is hardly conceivable and from 10 to 15 meters distance is perfectly noticeable. But in the distant field, with increase of distance from 20 meters, the average power density of the electromagnetic waves decreases; and from 100 meter and further, the gradient of the diagram will get almost linear and the rate of power density reaches the base limit in a way that with the increase of distance there would be no significant decrease.

**Conclusion:** All the measures of power density of electromagnetic waves caused by BTSs are about 0.06% of recommended measures of environmental standards and 0.0000013% of occupational standards. The results of this study are close to the results of other studies.

**Key words:** BTS antenna, Power Density, Electromagnetic Waves, Health Effects, Microwave

---

\*Corresponding Author: [ss\\_zare87@yahoo.com](mailto:ss_zare87@yahoo.com)  
Tel: +98 9171307840 , Fax: +98 21 88354781