

Original article

Monitoring of the Radiating Waves from the Mobile Base Transceiver Stations in Boroujerd, Lorestan Province

Sara Tohidi Rad¹
Samira Rasaneh²
Mahmood Shams³
Mansour Ghaderpoori^{4*}
Rasool Mohammadi⁵
Ali Jafari⁶
Bahram Kamarehie⁴
Arefeh Sepahvand¹

- 1- MSc student, Student Research Committee, School of Health and Nutrition, Lorestan University of Medical Sciences, Khorramabad, Iran
- 2- Social Determinants of Health Research Center, School of Medicine, Lorestan University of Medical Sciences, Khorramabad, Iran
- 3- Assistant Professor, School of Health, Department of Environmental Health, Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran
- 4- Associate Professor, Environmental Health Research Center, Lorestan University of Medical Sciences, Khorramabad, Iran.
- 5- Assistant Professor of Epidemiology, Department of Biostatistics and Epidemiology, School of Public Health and Nutrition, Lorestan University of Medical Sciences, Khorramabad, Iran
- 6- Associate Professor, School of Health, Kermanshah University of Medical Sciences

*Corresponding author: Mansour Ghaderpoori, Environmental Health Research Center, Lorestan University of Medical Sciences, Khorramabad, Iran

Email: mghaderpoori@gmail.com

Received: 14 February 2023

Accepted: 27 June 2023

ABSTRACT

Introduction and purpose: Today, with the developments of technology, the use of mobile phones has become an inevitable principle in human life, and in this field, mobile base transceiver stations (BTS) have been developed as one of the necessary infrastructures. The assessment of electromagnetic waves produced by these stations assumes critical importance in management planning for deploying these systems and maintaining environmental standards. The present study aimed to measure the ambient waves emitted by BTS towers of Irancell and Hamrah-e-Aval operators in Boroujerd in Lorestan province and compare it with available standards.

Methods: This is a descriptive-analytical study. In this research, the measurements were performed using an electromagnetic field meter (Spectran HF-4060) at the distances of 0, 5, 10, 15, 20, 25, 50, 100, 150, and 200 meters from each antenna at the same weather and time conditions. The obtained data (magnetic fields and power density) were analyzed with Mann-Whitney statistical test and compared with available standards.

Results: This research found that in both Irancell and Hamrah-e-Aval operators, the power densities calculated at specified distances were much lower than the standard limits. The comparison of disease complications based on the GHQ questionnaire in the residents around Irancell antennas and the first satellite demonstrated that in both antennas, the highest percentage of disease complications were mild or least, moderate and none, respectively, and there were no severe disease complications.

Conclusion: As evidenced by the results of this study, the level of electromagnetic waves in the studied areas in both Irancell and Hamrah Aval antennas was lower compared to the existing standards.

Keywords: BTS, Cell phones, Electromagnetic waves, Microwave radiation, Power density

► **Citation:** Tohidi Rad S, Rasaneh S, Shams M, Ghaderpoori M, Mohammadi R, Jafari A, Kamarehie B, Sepahvand A. Monitoring of the Radiating Waves from the Mobile base Transceiver Stations in Boroujerd, Lorestan Province. Journal of Health Research in Community. Summer 2023;9(2): 1-16.

مقاله پژوهشی

پایش امواج تابش شده از ایستگاه های تقویت آنتن تلفن همراه در شهر بروجرد استان لرستان

چکیده

سارا توحیدی راد^۱
سمیرا رسانه^۱
محمود شمس^۲
منصور قادرپوری^{۳*}
رسول محمدی^۴
علی جعفری^۵
بهرام کمره بی^۶
عارفه سپهوند^۱

مقدمه و هدف: امروزه استفاده از تلفن همراه به یک اصل اجتناب ناپذیر در زندگی بشر تبدیل شده و در این حوزه ایستگاه های تقویت آنتن تلفن همراه (BTS) به عنوان یکی از زیرساخت های ضروری گسترش پیدا نموده اند. سنجش میزان امواج الکترومغناطیس ناشی از این ایستگاه ها در برنامه ریزی های مدیریتی جهت استقرار این سامانه ها و حفظ استانداردهای محیطی دارای اهمیت است. هدف مطالعه حاضر اندازه گیری سطح امواج محیطی حاصل از فرستنده های مخابراتی آنتن اپراتورهای همراه اول و ایرانسل در سطح شهر بروجرد در استان لرستان و مقایسه آن با استانداردهای موجود بوده است.

روش کار: این مطالعه از نوع توصیفی-تحلیلی است. تمامی اندازه گیری ها با استفاده از دستگاه سنجش میدان های الکترومغناطیسی ۴۰-۶۰ SPECTRAN HF در فواصل ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ متر از فرستنده و در شرایط جوی و زمانی یکسان در هر جهت سکاتور انجام گرفته است. شدت میدان مغناطیسی و چگالی توان اندازه گیری شده در محیط با آزمون آماری من ویتنی آنالیز و با حدود مجاز مقایسه شده است.

یافته ها: یافته های این تحقیق نشان می دهند که تمام چگالی توان های محاسبه شده در فواصل مشخص از دکل های هر دو اپراتور ایرانسل و همراه اول در مقادیر بسیار کمتر از حدود استاندارد قرار دارند. مقایسه عوارض بیماری براساس پرسش نامه GHQ در ساکنین اطراف آنتن های ایرانسل و همراه اول نشان داد که در هر دو آنتن، بیشترین درصد عوارض بیماری به ترتیب خفیف یا کمترین، متوسط و هیچ و فاقد عوارض شدید بیماری بوده اند.

نتیجه گیری: بر اساس مطالعه حاضر، سطح امواج الکترومغناطیس در مناطق مطالعه شده در هر دو آنتن همراه اول و ایرانسل در مقایسه با استانداردهای موجود پایین تر بوده است.

کلمات کلیدی: دکل های مخابراتی BTS، تلفن همراه، چگالی توان، امواج الکترومغناطیس

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی لرستان
۲. استادیار فیزیک پزشکی، مرکز تحقیقات عوامل اجتماعی موثر بر سلامت، گروه فیزیک پزشکی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی لرستان، خرم آباد، ایران
۳. استادیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مشهد
۴. دانشیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت و تغذیه، مرکز تحقیقات بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی لرستان
۵. استادیار، گروه آمار و اپیدمیولوژی، دانشکده بهداشت و تغذیه، دانشگاه علوم پزشکی لرستان
۶. دانشیار، گروه بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه

* نویسنده مسئول: منصور قادرپوری، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت و تغذیه، مرکز تحقیقات بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی لرستان

Email: mghaderpoori@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۰۶

◀ **استناد:** توحیدی راد، سارا؛ رسانه، سمیرا؛ شمس، محمود؛ قادرپوری، منصور؛ محمدی، رسول؛ جعفری، علی؛ کمره بی، بهرام؛ سپهوند، عارفه. پایش امواج تابش شده از ایستگاه های تقویت آنتن تلفن همراه در شهر بروجرد استان لرستان. مجله تحقیقات سلامت در جامعه، تابستان ۱۴۰۲؛ ۹(۲): ۱-۱۶.

مقدمه

میدان های الکترومغناطیسی نوعی از انرژی است که بشر به صورت روزانه در معرض آن قرار دارد. این میدان ها توسط

طیف گسترده‌ای از منابع همچون خطوط انتقال نیرو، دستگاه‌های الکتریکی و شبکه‌های ارتباطی بی‌سیم ایجاد می‌شوند. این میدان‌ها یکی از مفاهیم پایه فیزیک را تشکیل داده که در بسیاری از زمینه‌های علمی و پزشکی مورد استفاده قرار می‌گیرند. این میدان‌ها شامل دو بخش الکتریکی و مغناطیسی است که به صورت هم‌زمان در فضا منتشر می‌شوند [۱،۲]. انرژی امواج الکترومغناطیس به شدت به میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی تشکیل‌دهنده آن بستگی دارد. چگالی توان، کمیتی فیزیکی از امواج الکترومغناطیس است که به مقدار انرژی موج در واحد زمان که از واحد سطح عبور می‌کند گفته می‌شود [۳،۴]. جنس، ماهیت و سرعت انتشار امواج الکترومغناطیس یکسان است ولی طیف گسترده‌ای از فرکانس‌های بسیار پایین تا فرکانس‌های بسیار بالا را شامل می‌شود.

نامگذاری، خصوصیات، کاربرد و اثرات بیولوژیکی امواج الکترومغناطیسی بستگی به فرکانس، طول موج و انرژی آنها دارد [۵،۶]. امواج میکروویو بخشی از امواج الکترومغناطیس است که محدوده فرکانسی آن ۳۰۰ مگاهرتز تا ۳۰۰ گیگاهرتز است و دارای طول موج یک میلی‌متر تا یک متر است [۷،۸]. یکی از منابع انتشار امواج الکترومغناطیس ایستگاه‌های تقویت آنتن تلفن همراه ((BTS Base Transceiver Station (BTS) است که به طور گسترده در جوامع برای سرویس‌دهی ارتباطی تلفن همراه مورد استفاده قرار می‌گیرند. تکنولوژی تلفن همراه شامل مجموعی از ایستگاه‌های مخابراتی آنتن‌های BTS و پایانه همراه (دستگاه تلفن همراه) است که بر اساس تابش‌های الکترومغناطیسی در دامنه فرکانسی میکروویو عمل می‌کند [۹]. برای دریافت امواج از شبکه‌های ارتباطی و ارسال آن به گوشی‌های تلفن همراه نیازمند نصب آنتن‌هایی است که آن‌ها را BTS می‌نامند. آنتن‌های BTS ایستگاه‌های فرستنده و گیرنده‌ای هستند که در نقاط مختلف شهری و خارج از آن نصب گردیده و به کمک شبکه‌ی سلولی پوشش شبکه ارتباطی را فراهم می‌نمایند. بسته به موقعیت جغرافیایی شهر موردنظر از لحاظ قرارگیری در دامنه کوه‌ها یا در مناطق بیابانی

و وجود نقاط کور آنتن‌دهی، تعداد و نوع تقویت‌کننده‌های آنتن تلفن همراه متغیر خواهد بود. ایستگاه‌های BTS در فضای باز و بدون هیچ‌گونه ساختمان یا مانع، حدود ۲۰ تا ۳۰ کیلومتر برد دارند. با این وجود در فضای شهر با وجود ساختمان‌های بلند و متعدد، برد مفید آنها، حدود ۲ تا ۵ کیلومتر کاهش می‌یابد [۷].

ایستگاه‌های BTS عموماً دارای سه سکتور هستند که هر کدام حدود ۱۲۰ درجه را پوشش می‌دهند که در مجموع ۳۶۰ درجه می‌شود، اما هر سکتور یا قسمت می‌تواند مستقل نیز نصب شود تا محلهای خاصی را پوشش دهد [۱۰]. آنتن‌های تلفن همراه در دامنه فرکانسی ۸۰۰ تا ۱۹۰۰ مگاهرتز فعالیت می‌کنند که در ایران بیشتر، فرکانس‌های ۹۰۰ و ۱۸۰۰ مگاهرتز فعال هستند که به صورت بالقوه می‌تواند روی نمونه‌های بیولوژیک تأثیرگذار باشد [۷]. افزایش تعداد مشترکین تلفن همراه باعث افزایش ایستگاه‌های تقویت آنتن شده است [۱۱-۱۳]. هدف از راه‌اندازی ایستگاه‌های تلفن همراه، تأمین پوشش ارتباطی تلفن همراه و همچنین تأمین نیازهای ترافیکی آن است. برد هر آنتن در مناطق صاف و کاملاً هموار حداکثر ۳۰ تا ۳۵ کیلومتر، ولی برد مفید آن ۲۰ کیلومتر است [۱۴،۱۵]. باتوجه به موقعیت جغرافیایی شهر موردنظر از لحاظ قرارگیری در دامنه کوه‌ها یا در مناطق بیابانی و وجود نقاط کور آنتن‌دهی، تعداد و نوع تقویت‌کننده‌های آنتن تلفن همراه متغیر خواهد بود. در فضای شهر با ساختمان‌های بلند و متعدد، برد مفید امواج بین ۲ تا ۵ کیلومتر در نظر گرفته می‌شود [۱۰]. در اطراف ایستگاه‌های تقویت آنتن، باتوجه به فاصله تا پای دکل، دو میدان نزدیک و دور تعریف می‌شود. در ناحیه نزدیک، میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی برهم عمود نیستند و تناسب ریاضی بین مقادیر چگالی توان تابشی و مقادیر شدت میدان الکتریکی یا مغناطیسی وجود ندارد. جهت دقیق این میدان‌ها از یک نقطه به نقطه دیگر تغییر می‌کند. نتیجه نهایی این اختلالات ایجاد شدت‌های حداقل و حداکثر امواج از نقطه‌ای به نقطه دیگر است [۷،۱۶]. براساس مطالعات، اثرات بیولوژیک ناشی از امواج میکروویو به

دو دسته حرارتی و غیرحرارتی تقسیم می شود. آسیب به چشم (کاتاراکت) دستگاه تولیدمثل (بیضه) و آسیب به DNA در زمره آثار حرارتی این امواج هستند. از آثار غیرحرارتی آن می توان به اثر سوء بر فعالیت نورونهای سلولهای مغزی، سلولهای کبدی، تغییر الگوی خواب انسان، تحریک پذیری و گیجی و احتمال بروز سرطانهای مختلف (شامل گلوپیا عصب شنوایی، غده بزاق، پوست، خون و سرطان سینه) اشاره نمود [۱۷-۱۹، ۱۲]. مایز و همکاران در سال ۱۹۹۵ نشان دادند که امواج میکروویو پیوسته تابش شده از سیستم آنتنهای ایستگاه مرکزی با فرکانس ۹۵۴ مگاهرتز به مدت یک تا دو ساعت می تواند در لنفوسیت های خونی انسان ایجاد تغییرات کروموزومی نماید [۲۰]. گاراج در سال ۱۹۹۹ در مطالعه ای نشان داد امواج میکروویو با فرکانس ۱۲۵۰-۱۳۵۰ مگاهرتز و توان ۱۰-۲۰ میکرووات بر سانتی متر می توانند در افراد شاغل در ایستگاه های رادار تغییرات میتوزی در لنفوسیت ها ایجاد کند [۲۱]. سنتیتی و همکاران (۲۰۰۲) بروز علائمی مانند اختلال در خواب، سردرد، تهوع، مشکلات بصری و تنفسی را در ساکنانی که در ۳۰۰ متری دکل های تلفن همراه زندگی می کنند، معنادار دانستند [۲۲]. مطالعه ای توسط شری در سال ۲۰۰۵ در نیوزلند انجام شد که نتایج آن نشان داد قرارگیری در میدان های الکترومغناطیسی به صورت حاد و مزمن باعث ایجاد مخاطراتی برای بهداشت باروری، آسیب ژنی، تغییر در میزان جذب کلسیم و کاهش ملاتونین خواهد شد [۲۳]. هاشمی و همکارانش در سال ۲۰۱۳، اثرات بهداشتی ناشی از زندگی در مجاورت آنتن های BTS در شهر اصفهان را بررسی کردند. در سال ۲۰۱۵، بیگدلی و همکارانش اثر امواج رادیو فرکانسی ۹۰۰ مگاهرتز را بر یادگیری و فعالیت آنزیم های گلوکاتایون ردکتاز و گلوکاتایون پراکسیداز در بافت مغز را بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد در معرض میدان تشعشع های تلفن همراه بودن، باعث ایجاد اختلالاتی در فعالیت آنتیاکسیدانی گلوکاتایون پراکسیداز و گلوکاتایون ردکتاز می شود که آنها نیز با یادگیری فرد در ارتباط است [۲۴]. ژنگ و

همکارانش در سال ۲۰۰۶ در یک مطالعه مروری، اثرات بهداشتی امواج BTS بر روی مغز و سلول های مغزی را بیان کرده اند [۲۵]. با توجه به مطالب بررسی شده، اهمیت بررسی های دوره های در مورد امواج ساطع شده از دکل های تقویت آنتن تلفن همراه بیش از پیش مشخص می شود. از آنجایی که تعداد مشترکین تلفن همراه در سال های اخیر افزایش چشمگیر پیدا کرده است، تعداد ایستگاه های تقویت آنتن تلفن همراه نیز در مناطق مسکونی به صورت امری اجتناب ناپذیر و اجباری افزایش یافته است.

استاندارد ملی ایران مطابق با استاندارد کمیسیون بین المللی حفاظت در برابر پرتوهای غیر یونیزان، آستانه مضر بودن پرتوگیری و خط قرمز استاندارد پرتوهای ناشی از آنتن های اپراتورهای موبایل برای فرکانس ۹۰۰ مگاهرتز را ۴۴۰ میکرو وات بر سانتی متر مربع (۴۴۰۰ میلی وات بر مترمربع) تعیین کرده است [۲۶]. یک تفاوت اساسی بین مواجهه با امواج تلفن همراه و مواجهه با امواج حاصل از آنتن های تقویت امواج تلفن همراه وجود دارد. دریافت امواج توسط تلفن همراه غیردائمی و معمولاً در زمان کوتاهی صورت میگیرد، اما قرار گرفتن در معرض امواج آنتن ها می تواند ۲۴ ساعته باشد و گاه سال ها ادامه دار شود. از آنجا که تعداد زیادی آنتن در شهر نصب شده اند، مردم در مورد قرارگیری در معرض این امواج و سلامت خود نگران هستند [۵]. همچنین لازم است میزان انتشار امواج ساطع شده از دکل های تقویت آنتن برای هر شهر و منطقه ای به صورت دوره های اندازه گیری شود، از این رو هدف از این مطالعه، اندازه گیری میزان آلودگی امواج میکروویو ساطع شده از دکل های تقویت آنتن اپراتورهای همراه اول و ایرانسل در سطح شهر بروجرد در استان لرستان و مقایسه آن با استانداردهای موجود است.

روش کار

منطقه مورد مطالعه

این مطالعه در شهر بروجرد به عنوان دومین شهر پرجمعیت

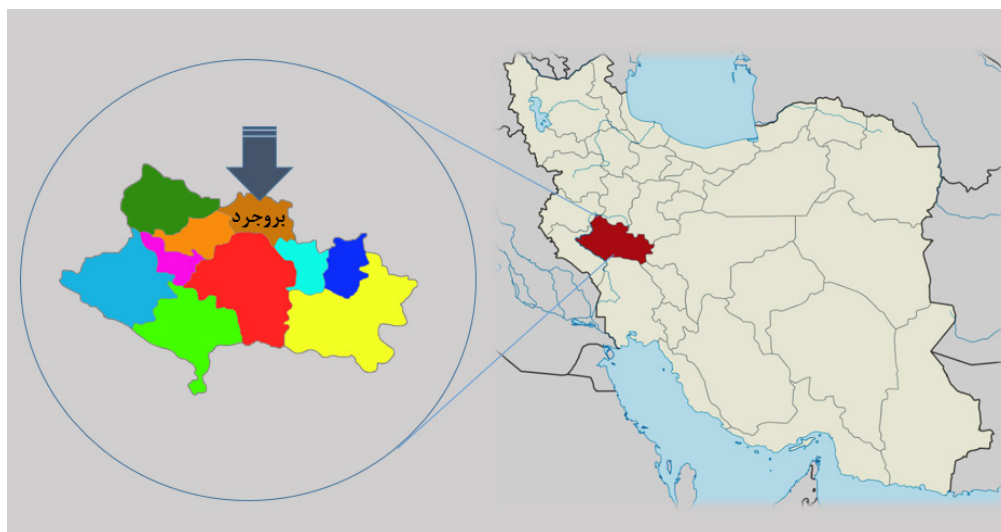
استان لرستان انجام گرفته است. موقعیت جغرافیایی این شهر در شکل شماره ۱ نشان داده شده است.

بروجرد در میان قله‌های مرتفعی از مجموعه رشته کوه‌های زاگرس قرار دارد و از سه جهت شرق، شمال و غرب به کوه ختم می‌شود. این شهر سی و هشتمین شهر پرجمعیت ایران است که جمعیت آن بر اساس سرشماری مرکز آمار ایران در سال ۱۳۹۵ خورشیدی، ۲۲۷۵۴۷ نفر گزارش شده است. با توجه به جمعیت تحت پوشش و موقعیت جغرافیایی این شهر، دکل‌های متعددی برای تقویت آنتن تلفن همراه در سطح شهر نصب گردیده که توزیع این نقاط در شکل ۲ نشان داده شده است.

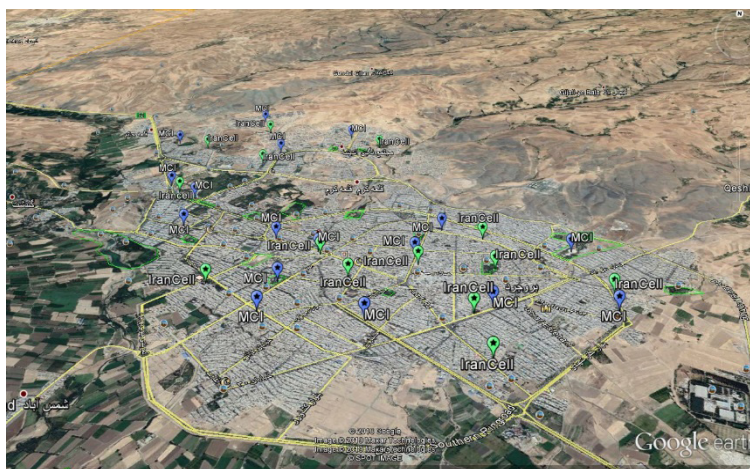
این مطالعه توصیفی-تحلیلی و مقطعی در سال ۱۳۹۹ انجام شده است. اطلاعات اولیه شامل فراوانی (تعداد) آنتن‌های تلفن همراه موجود در سطح شهر بروجرد، توزیع جغرافیایی آنها و فرکانس کاری آنها از اداره مخابرات جمع‌آوری گردید. تمامی دکل‌های موجود در سطح شهر مربوط به اپراتورهای همراه اول و ایرانسل به صورت سرشماری وارد مطالعه گردید. سنجش‌ها با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری میدان‌های الکترومغناطیسی Spectran HF۴۰-۶۰ (دستگاه اسپکتران) ساخت آلمان انجام

شد. در محدوده نزدیک، میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی و در میدان دور، چگالی توان امواج اندازه‌گیری شد [۲۷، ۲۸].

بر اساس پروتکل‌های استاندارد، تمامی اندازه‌گیری‌ها با روش IEEE StdC۹۵.۱ در ساعات ۹:۱۵ صبح در شرایط جوی آسمان صاف و آفتابی و بدون وزش باد و بارندگی طی دو ماه (اوایل شهریور تا اواخر مهرماه ۹۹) با میانگین دمای هوای ۲۶ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۱۴ درصد انجام شد [۸، ۲۹، ۳۰]. هر آنتن دارای سه سکتور با زاویه ۱۲۰ درجه نسبت به یکدیگر است که سنجش‌ها در فواصل ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ متر در هر جهت سکتور انجام شد. فواصل با استفاده از متر لیزری و از محل نصب دکل اندازه‌گیری شد. تمام سنجش‌های انجام‌شده با دستگاه اسپکتران در یک بازه زمانی یک دقیقه‌ای اندازه‌گیری و پارامترهای چگالی توان، میدان مغناطیسی و میدان الکتریکی در تمام فواصل برای اپراتورهای ایرانسل و همراه اول به صورت مجزا اندازه‌گیری و محاسبه گردید. هر اندازه‌گیری سه مرتبه انجام شد و در نهایت مقادیر میانگین برای مقایسه با استانداردها و تحلیل آماری مورد استفاده قرار گرفت. در آنتن‌های همراه اول، در میدان نزدیک (فواصل صفر، ده



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی شهر بروجرد



شکل ۲. وضعیت استقرار آنتن‌های BTS ایرانسل و همراه اول در شهر بروجرد

$\alpha=0/05$ شیوع اختلال افسردگی برابر با $41/1$ درصد، دقت 5 درصد و فرمول شماره 1 معادل 373 نفر محاسبه برآورد شد.

$$n = \frac{\left(z_{1-\frac{\alpha}{2}}\right)^2 p(1-p)}{d^2} \quad n = \frac{\left(z_{1-\frac{\alpha}{2}}\right)^2 p(1-p)}{d^2} \quad (1)$$

ارزیابی سلامت عمومی افراد ساکن اطراف آنتن‌های BTS با استفاده از پرسش‌نامه استاندارد 28 پرسشی GHQ صورت گرفت. این پرسش‌نامه توسط Goldberg و Hillier طراحی و در بسیاری از مطالعات ارزیابی سلامت عمومی استفاده شده است (A scaled version of the General Health Questionnaire). مدت زمان جمع آوری نمونه از شهریور تا آبان 1398 در نظر گرفته شده است. این پرسش‌نامه شامل چهار بخش آزمون است: (۱) نشانگان جسمانی، (۲) اضطراب، (۳) اختلال در کنش و کارکرد اجتماعی و (۴) افسردگی. هر بخش از پرسش‌نامه هفت پرسش در زمینه‌های ذکر شده دارد (۱۰). پرسش یک تا هفت: نشانه‌های جسمانی، ۸ تا ۱۴: اضطراب و بی‌خوابی، ۱۵ تا ۲۱: اختلال در کارکرد اجتماعی و ۲۲ تا ۲۸: افسردگی مربوط است. جدول ۱ نحوه امتیازبندی در این پرسش‌نامه را نشان می‌دهد. همچنین، برای ارزیابی سلامت عمومی ساکنین، معیارهای ورود و خروج (هفت مورد) در نظر گرفته شده است. این معیارها شامل موارد زیر بودند: (۱) سکونت

و بیست متری) 101 نقطه و در میدان دور (فواصل صد متری و دویست متری) 30 نقطه اندازه‌گیری شد. تعداد نقاط کمتر اندازه‌گیری در فواصل دورتر به دلیل محدودیت‌های موجود از قبیل تراکم ساختمان‌ها و موانع بود. از آنجایی که برخی از آنتن‌های همراه اول، ایرانسل و رایتل به یکدیگر نزدیک بودند و این موضوع باعث اختلال در نتایج اندازه‌گیری می‌شد، از تعدادی از نقاط صرف‌نظر گردید. همچنین در آنتن‌های ایرانسل، در میدان نزدیک 72 نقطه و در میدان دور 16 نقطه اندازه‌گیری شد. به‌منظور مقایسه سطح میدان محیطی با استاندارد، پارامترهای به‌دست آمده با حدود مجاز استاندارد که توسط مرکز نظام ایمنی پرتوها (که زیر نظر سازمان انرژی اتمی ایران منتشر شده است) مقایسه شد. برای اندازه‌گیری و تعیین مقدار چگالی توان از رابطه ۱ استفاده گردید:

$$W = P / 4\pi r^2$$

در این فرمول p توان گسیل شده و r فاصله از چشمه است.

ارزیابی سلامت عمومی ساکنین

حجم نمونه موردنظر جهت سنجش سلامت عمومی ساکنین منطقه بر اساس مطالعه Islam و همکاران بر اساس ضریب

حداقل یک سال در منطقه، (۲) مطالعه بر روی آقایان و خانم ها با دامنه سنی ۱۸ تا ۶۵ سال، (۳) نداشتن بیماری های زمینه ایی، وراثتی خاص و مشکلات روانی شناخته شده، (۴) نداشتن مودم وای فای (WiFi) (۵) اصله مناسب از خطوط برق (۶) انتخاب سکتور در جهت مناسب جهت تداخل کمتر با سایر اپراتورها (۷) اندازه گیری در ساعت ۹:۱۵ در روزهای کاملاً آفتابی. از محدودیت های اجرایی این مطالعه می توان به همکاری نکردن برخی از ساکنین در پاسخگویی به پرسش نامه، وجود موانع و خیابان در جهت سکتورهای آنتن BTS در فواصل موردنظر جهت اندازه گیری و تداخل امواج اپراتورهای نزدیک در محدوده فواصل اندازه گیری آنتن هدف اشاره نمود.

آنالیز آماری

در این تحقیق برای آنالیز توصیفی (شاخص مرکزی و شاخص پراکندگی) و تحلیلی (آزمون های آماری) از نرم افزار SPSS-۲۲ و آزمونهای تی مستقل (پارامتری) و تست من ویتنی (ناپارامتری) استفاده شد. همچنین برای ترسیم نمودارها از نرم افزار Excel۲۰۱۶ استفاده گردید.

یافته ها

در بخش نخست پیمایش، تعداد، نوع و موقعیت ایستگاه های BTS مورد ارزیابی قرار گرفت. جدول ۲ فراوانی آنتن های BTS مربوط به اپراتورهای همراه اول و ایرانسل را نشان می دهد. بر این

جدول ۱. نمرات در هر یک از بخش های پرسش نامه GHQ

مقیاس ها	نمرات	نمرات در کل پرسش نامه
هیچ یا کمترین	۰-۶	۰-۲۲
خفیف	۷-۱۱	۲۳-۴۰
متوسط	۱۲-۱۶	۴۱-۶۰
شدید	۱۷-۲۱	۶۱-۸۴

اساس در شهر بروجرد، ۱۷ ایستگاه آنتن BTS همراه اول و ۱۴ ایستگاه BTS ایرانسل وجود دارد که از این تعداد سه مورد از ایستگاه های همراه اول و دو مورد از اپراتور ایرانسل در حیاط و یا پشت بام منازل نصب شده است. طبق بررسی های انجام شده، تمام ایستگاه های موردسنجش با فرکانس ۹۰۰ مگاهرتز فعالیت دارند. تعداد نمونه های مورد مطالعه (مکان نصب آنتن ها) از نوع در دسترس بود و به عبارت دیگر، تمامی دکل های موجود مربوط به اپراتورهای همراه اول و ایرانسل در سطح شهر بروجرد که قابلیت اندازه گیری داشتند اندازه گیری شدند.

اندازه گیری چگالی توان امواج الکترومغناطیس در میدان نزدیک به علت تغییرات سریع میدان الکتریکی و مغناطیسی با اندازه گیری دستگاه، قابل سنجش نبوده و برای این محدوده، میدان مغناطیسی اندازه گیری و با مقادیر مجاز مقایسه شد. طبق محاسبات برای یک دکل با اندازه ۱/۷ متر و فرکانس ۹۰۰ مگاهرتز، شروع میدان دور از فاصله ۱۷ متری و فاصله ۲۰ متر به عنوان نقطه شروع میدان دور در نظر گرفته شد. شدت میدان مغناطیسی برای آنتن های همراه اول در میدان نزدیک در فواصل ۰، ۵، ۱۰، ۱۵ متری در ۵۰ نقطه و در میدان دور در فواصل ۲۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ متری، ۱۲۰ نقطه اندازه گیری شد. شدت میدان مغناطیسی برای آنتن های ایرانسل در میدان نزدیک، در ۴۰ نقطه و در میدان دور، در ۹۶ نقطه اندازه گیری صورت گرفت.

مقایسه میدان مغناطیسی امواج تابش شده از پای دکل تا فاصله ۲۰ متر (میدان نزدیک) برای دو اپراتور همراه اول و ایرانسل در جدول ۳ و ۴ نمایش داده شده است.

نتایج حاصل از اندازه گیری های آنتن های همراه اول در جدول

جدول ۲. فراوانی آنتن های همراه اول و ایرانسل

تغییر	همراه اول	ایرانسل
تعداد آنتن های داخل شهر	۱۷	۱۴
آنتن های پشت بامی	۳	۲
آنتن های زمینی	۱۴	۱۲

جدول ۳. نتایج اندازه گیری شدت میدان مغناطیسی در آنتن های همراه اول

D=۲۰۰	D=۱۰۰	D=۲۰	D=۱۰	D=۰	
۰/۰۰۴۸	۰/۰۰۶	۰/۰۵۳	۰/۰۱۷۶	۰/۰۳۱۱	۱
۰/۰۰۶	۰/۰۱۴	۰/۰۵۵	۰/۰۱۹۲	۰/۰۲۳	۲
۰/۰۱۴	۰/۰۰۶۵	۰/۰۶	۰/۰۱۷۸	۰/۰۰۵	۳
۰/۰۱۳	۰/۰۰۰۸	۰/۰۵۴	۰/۰۱۷	۰/۰۲۷	۴
۰/۰۱۵	۰/۰۱۳	۰/۰۵۸	۰/۰۰۷۶	۰/۰۲۹	۵
۰/۰۱۳	۰/۰۱۵	۰/۰۵	۰/۰۲۹۳	۰/۰۰۸	۶
۰/۰۱۷	۰/۰۳	۰/۰۵۹	۰/۰۵	۰/۰۰۳	۷
۰/۰۱۳	۰/۰۰۷	۰/۰۸	۰/۰۴۷۴	۰/۰۰۳۱	۸
۰/۰۱۱	۰/۰۱۴	۰/۰۴۶	۰/۰۵۲۹	۰/۰۰۴	۹
۰/۰۱۲	۰/۰۱۵	۰/۰۸	۰/۰۲۲۱	۰/۰۲	۱۰
۰/۰۰۳۶	۰/۰۳	۰/۰۵۴	۰/۰۱۸	۰/۰۲۲	۱۱
۰/۰۱	۰/۰۲۵	۰/۰۵۵	۰/۰۱۸۷	۰/۰۳۴	۱۲
۰/۰۰۹	۰/۰۱۴	۰/۰۶۹	۰/۰۲۵۸	۰/۰۲۸	۱۳
۰/۰۱۶	۰/۰۱۳	۰/۰۵۸	۰/۰۱۸۷	۰/۰۱۸	۱۴
۰/۰۱۵	۰/۰۱۵	۰/۰۴۱	۰/۰۲	۰/۰۲۶	۱۵
		۰/۰۵۲	۰/۰۳۵۲	۰/۰۱۸	۱۶
		۰/۰۵۸	۰/۰۲۴	۰/۰۲۱	۱۷
		۰/۰۸۷	۰/۰۳۱	۰/۰۲۳	۱۸
		۰/۰۷	۰/۰۴۲	۰/۰۳	۱۹
		۰/۰۵۶	۰/۰۱۹۲	۰/۰۴۳	۲۰
		۰/۰۵۳	۰/۰۲	۰/۰۲	۲۱
		۰/۰۴۲	۰/۰۳۵۲	۰/۰۳	۲۲
		۰/۰۵	۰/۰۱۸	۰/۰۲۸	۲۳
		۰/۰۵۹	۰/۰۳۹	۰/۰۲۳	۲۴
		۰/۰۶۷	۰/۰۳	۰/۰۳۱	۲۵
		۰/۰۶۶	۰/۰۴۱۹	۰/۰۳	۲۶
		۰/۰۶۹	۰/۰۲	۰/۰۰۵	۲۷
		۰/۰۶	۰/۰۲	۰/۰۱	۲۸
		۰/۰۵۷	۰/۰۴۴	۰/۰۰۲۸	۲۹
			۰/۰۲۶	۰/۰۳۱	۳۰
			۰/۰۲۸	۰/۰۳۴	۳۱
			۰/۰۳۲	۰/۰۲	۳۲
			۰/۰۳	۰/۰۲۵	۳۳
				۰/۰۲۶	۳۴
				۰/۰۳۱	۳۵
				۰/۰۳۱	۳۶
				۰/۰۳۳	۳۷
				۰/۰۲۳	۳۸
				۰/۰۳۳	۳۹

* D = فاصله

۵ ارائه شده است. در میدان نزدیک (فاصله ۱۰، ۲۰، ۳۰ متری) ۱۰۱ نقطه و در میدان دور (فاصله ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ متری) ۳۰ نقطه اندازه گیری

جدول ۴. نتایج اندازه گیری شدت میدان مغناطیسی در آنتن های ایرانسل

D=۲۰۰	D=۱۰۰	D=۲۰	D=۱۰	D=۰	
۰/۰۰۲	۰/۰۱۳	۰/۰۵	۰/۰۲۸	۰/۰۳۳	۱
۰/۰۱۴	۰/۰۱۴	۰/۰۶۷	۰/۰۳۱	۰/۰۳۸	۲
۰/۰۰۹	۰/۰۱۹	۰/۰۵۶	۰/۰۱۹۴	۰/۰۲۳	۳
۰/۰۱۳	۰/۰۱۳	۰/۰۴۵	۰/۰۳۴	۰/۰۳۳	۴
۰/۰۱۵	۰/۰۰۵	۰/۰۶۱	۰/۰۴۷	۰/۰۱۸	۵
۰/۰۱۶	۰/۰۱۴	۰/۰۵۸	۰/۰۴۴	۰/۰۳	۶
۰/۰۱۳	۰/۰۱۵	۰/۰۶۲	۰/۰۷۷	۰/۰۰۵	۷
	۰/۰۰۹	۰/۰۵۵	۰/۰۳۵	۰/۰۲۹	۸
	۰/۰۱۵	۰/۰۶۴	۰/۰۵	۰/۰۱۹	۹
		۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۳۶	۱۰
		۰/۰۲۷	۰/۰۴۷	۰/۰۳۵	۱۱
		۰/۰۴۲	۰/۰۲	۰/۰۳۷	۱۲
		۰/۰۷۹	۰/۰۳	۰/۰۴۱	۱۳
		۰/۰۶۶	۰/۰۲۳	۰/۰۳۶	۱۴
		۰/۰۵۸	۰/۰۳۱	۰/۰۱۷۸	۱۵
		۰/۰۸۱	۰/۰۲۴	۰/۰۲۴	۱۶
		۰/۰۷۸	۰/۰۳۲	۰/۰۳	۱۷
		۰/۰۳۳	۰/۰۳۸	۰/۰۳۱	۱۸
		۰/۰۷	۰/۰۳۳	۰/۰۳۵	۱۹
		۰/۰۵۷	۰/۰۳۲	۰/۰۳۲	۲۰
		۰/۰۶۲	۰/۰۲۸	۰/۰۳۴	۲۱
			۰/۰۳۸	۰/۰۳	۲۲
			۰/۰۴۲	۰/۰۲۸	۲۳
			۰/۰۴۴	۰/۰۳۴	۲۴
				۰/۰۲۵	۲۵
				۰/۰۳۵	۲۶
				۰/۰۳۱	۲۷

* D = فاصله

شد. نتایج حاصل از اندازه گیری های در آنتن های ایرانسل در جدول ۶ ارائه شده است. در میدان نزدیک (فاصله ۱۰، ۲۰، ۳۰ متری) ۹۰ نقطه و در میدان دور (فاصله ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ متری) ۱۶ نقطه اندازه گیری شد.

نتایج مربوط به مقایسه میانگین شدت میدان مغناطیسی با میزان مواجهه مجاز استاندارد محیطی در آنتن های اپراتورهای همراه اول و ایرانسل در میدان نزدیک در جدول ۷ ارائه شده است. نتایج مقایسه میانگین چگالی توان امواج الکترومغناطیسی با میزان مواجهه مجاز استاندارد محیطی در آنتن های اپراتورهای همراه اول و ایرانسل در میدان دور در جدول ۸ ارائه شده است. نتایج حاصل از

جدول ۵. نتایج اندازه گیری چگالی توان در آنتن های همراه اول

D=۲۰۰	D=۱۰۰	D=۲۰	D=۱۰	D=۰	
۰/۰۱۲۳	۰/۰۱۴	۱/۱	۰/۱۲	۰/۳۵۲	۱
۰/۰۱۴۵	۰/۰۸۲	۱/۲	۰/۱۴۲	۰/۲۰۱	۲
۰/۰۷۵۵	۰/۰۱۶۵	۱/۳۶	۰/۱۲۲	۰/۰۱	۳
۰/۰۶۵۵	۰/۰۰۰۳	۱/۱۶	۰/۱۱	۰/۲۸۴	۴
۰/۰۹۵۵	۰/۰۶۵	۱/۳	۰/۰۲۲	۰/۳۳	۵
۰/۰۷۴۴	۰/۰۹۷	۰/۹۸۵	۰/۳۲۵	۰/۰۲۵	۶
۰/۱۱۲	۰/۳۶۴	۱/۳۵	۰/۹۶۶	۰/۰۳۵	۷
۰/۷۲۵	۰/۰۲	۲/۴۵	۰/۸۵۲	۰/۳۷	۸
۰/۰۶۵	۰/۰۸۵	۰/۸۴۵	۱/۱	۰/۶۷۲	۹
۰/۰۶۴	۰/۰۸۶۹	۲/۴۸	۰/۱۸۸	۰/۱۵۵	۱۰
۰/۰۰۵	۰/۴۱۱	۱/۱۵	۰/۱۲۶	۰/۱۸۸	۱۱
۰/۰۴۶۳	۰/۲۴۵	۱/۱۶	۰/۱۳۳	۰/۴۶۲	۱۲
۰/۰۳۳	۰/۰۸۲	۱/۸۴	۰/۲۵۵	۰/۳۰۶	۱۳
۰/۰۹۸۸	۰/۰۷۳	۱/۳	۰/۱۳۳	۰/۱۳۴	۱۴
۰/۰۸۷	۰/۰۹۰۷	۰/۶۵۴	۰/۱۶۷	۰/۲۶۲	۱۵
		۱/۰۵	۰/۴۶۸	۰/۱۳۷	۱۶
		۱/۳	۰/۲۲۱	۰/۱۷۸	۱۷
		۲/۸۸	۰/۳۶۷	۰/۲۱۵	۱۸
		۱/۹	۰/۶۴۲	۰/۳۴۴	۱۹
		۱/۲۴	۰/۱۴	۰/۷۲۱	۲۰
		۱/۱	۰/۱۶۴	۰/۱۶۷	۲۱
		۰/۶۸۸	۰/۴۶۸	۰/۳۴۹	۲۲
		۰/۹۵۵	۰/۱۳۷	۰/۳۱۶	۲۳
		۱/۳۳	۰/۶۰۲	۰/۲۱۸	۲۴
		۱/۷۵	۰/۳۴۴	۰/۳۷۵	۲۵
		۱/۶۷	۰/۶۶۶	۰/۳۴۶	۲۶
		۱/۸۴	۰/۱۶۸	۰/۰۱۲	۲۷
		۱/۳۷	۰/۱۶۶	۰/۰۴۵	۲۸
		۱/۲۵	۰/۷۶۶	۰/۰۳۳	۲۹
			۰/۲۶۶	۰/۳۷۶	۳۰
			۰/۳۰۲	۰/۴۶۶	۳۱
			۰/۳۷۳	۰/۱۵۳	۳۲
			۰/۳۴۷	۰/۲۵۴	۳۳
				۰/۲۷۵	۳۴
				۰/۳۶۶	۳۵
				۰/۳۸۷	۳۶
				۰/۴۲۴	۳۷
				۰/۲۱۳	۳۸
				۰/۴۲۸	۳۹

پرسش نامه GHQ و ارزیابی ریسک سلامت با استفاده از نرم افزار SPSS مورد بررسی و آنالیز قرار گرفت. نتایج در جدول ۱۰ نشان داده شده است. طبق نتایج جدول ۹ تفاوت معناداری بین علائم

جدول ۶. نتایج اندازه گیری چگالی توان در آنتن های ایرانسل

D=۲۰۰	D=۱۰۰	D=۲۰	D=۱۰	D=۰	
۰/۰۰۲	۰/۰۶۵	۰/۹۶۱	۰/۳۰۴	۰/۴۵	۱
۰/۰۸۴۴	۰/۰۸۶۵	۱/۷	۰/۳۶۶	۰/۵۶۲	۲
۰/۰۳۲۱	۰/۱۴۵	۱/۲۴	۰/۱۴۷	۰/۲۰۲	۳
۰/۰۷۲۲	۰/۰۷۴	۰/۷۶۸	۰/۴۶۲	۰/۴۲۶	۴
۰/۰۸۶	۰/۰۱۱	۱/۴	۰/۸۸۵	۰/۱۲۶	۵
۰/۰۹۴۷	۰/۰۷۴۲	۱/۳	۰/۷۰۱	۰/۳۵۵	۶
۰/۰۶۶	۰/۰۷۸	۱/۴۶	۰/۴۶۳	۰/۰۱	۷
	۰/۰۳۳	۱/۱۳	۰/۴۶۶	۰/۳۱۶	۸
	۰/۰۹۵	۱/۵۶	۰/۹۶۴	۰/۱۴۶	۹
		۰/۹۶۶	۰/۶۲۲	۰/۵۱۴	۱۰
		۰/۲۶۶	۰/۸۲۷	۰/۴۸۷	۱۱
		۰/۶۶۵	۰/۱۵۶	۰/۵۲۱	۱۲
		۲/۳۳	۰/۳۴۶	۰/۶۴۳	۱۳
		۱/۶۶	۰/۲۰۳	۰/۵۰۲	۱۴
		۱/۲۸	۰/۳۴۶	۰/۱۲۲	۱۵
		۰/۵۳۳	۰/۰۱۵	۰/۳۰۶	۱۶
		۰/۸۴۴	۰/۱۲۲	۰/۳۵۴	۱۷
		۰/۹۲۲	۰/۲۷۶	۰/۴۲۱	۱۸
		۱/۲۲	۰/۰۹	۰/۱۲۵	۱۹
		۱/۰۸	۰/۱۰۴	۰/۲۴۶	۲۰
		۱/۹	۰/۱۶۹	۰/۱۳۲	۲۱
		۲/۵۴	۰/۲۰۹	۰/۲۱۹	۲۲
		۲/۳۷	۰/۳۶۷	۰/۳۶۴	۲۳
		۰/۴۷۷	۰/۵۵	۰/۳۷۶	۲۴
		۱/۸۵	۰/۴۳۵	۰/۴۶۷	۲۵
		۱/۲۱	۰/۳۹۹	۰/۳۹۶	۲۶
		۱/۴۴	۰/۳۰۷	۰/۴۲۱	۲۷
			۰/۵۲۴	۰/۳۴۶	۲۸
			۰/۶۶۸	۰/۳۱۱	۲۹
			۰/۷۳۳	۰/۴۳۵	۳۰
				۰/۲۵۵	۳۱
				۰/۴۶۲	۳۲
				۰/۳۷۴	۳۳
					۳۴
					۳۵

در ساکنین اطراف آنتن های ایرانسل و همراه اول در صفر و ۲۰ متر وجود ندارد. اما در ساکنان به فاصله ۲۰ تا ۱۰۰ متر این تفاوت معنادار است. همچنین تفاوت معناداری بین علائم جسمانی و علائم خواب و اضطراب در ساکنین اطراف آنتن های ایرانسل و همراه اول در ۲۰۰ متر وجود دارد.

جدول ۷: مقایسه میانگین شدت میدان مغناطیسی با میزان مواجهه مجاز استاندارد محیطی در آنتن‌های اپراتورهای همراه اول و ایرانسل در میدان نزدیک

فاصله (متر)	میانگین شدت میدان مغناطیسی ایرانسل (آمپر بر متر)	میانگین چگالی توان همراه اول (آمپر بر متر)	مقایسه با استاندارد محیطی
۰	0.29 ± 0.07	0.22 ± 0.10	۰/۱۱
۵	0.13 ± 0.01	0.11 ± 0.12	۰/۱۱
۱۰	0.36 ± 0.12	0.27 ± 0.11	۰/۱۱
۱۵	0.20 ± 0.10	0.21 ± 0.13	۰/۱۱

جدول ۸: مقایسه میانگین چگالی توان امواج الکترومغناطیسی با میزان مواجهه مجاز استاندارد محیطی در آنتنهای اپراتورهای همراه اول و ایرانسل در میدان دور

فاصله (متر)	میانگین چگالی توان ایرانسل (میلی وات بر مترمربع)	مقایسه با استاندارد محیطی (درصد) ایرانسل	میانگین چگالی توان همراه اول (میلی وات بر مترمربع)	مقایسه با استاندارد محیطی (درصد) همراه اول
۲۰	۱/۲۹	۰/۰۲	۱/۴	۰/۰۳
۲۵	۱/۲۴	۰/۰۲	۱/۳۵	۰/۰۳
۵۰	۰/۸	۰/۰۱۷	۰/۹	۰/۰۲
۱۰۰	۰/۰۷۳۵	۰/۰۰۱۶	۰/۱۱۵	۰/۰۰۲۵
۲۰۰	۰/۰۶۲	۰/۰۰۱۳	۰/۱۰۴	۰/۰۰۲۳

مقایسه عوارض بیماری بر اساس پرسش‌نامه GHQ در ساکنین اطراف آنتن‌های ایرانسل و همراه اول در جدول ۱۰ ارائه شده است. طبق نتایج جدول ۱۱، مقایسه عوارض بیماری بر اساس پرسش‌نامه GHQ در ساکنین اطراف آنتن‌های ایرانسل و همراه اول نشان می‌دهد که در هر دو آنتن بیشترین درصد عوارض بیماری به ترتیب خفیف یا کمترین، متوسط و هیچ است و فاقد عوارض شدید بیماری بوده اند.

بحث و نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر با هدف اندازه‌گیری سطح آلودگی میدان

جدول ۹: مقایسه میانگین و انحراف معیار چگالی و شدت میدان مغناطیسی توان آنتن ایرانسل و همراه اول

آنتن	تعداد	انحراف معیار	P value
همراه اول	۱۳۱	0.57314 ± 0.5032	> 0.05
ایرانسل	۱۰۶	0.55100 ± 0.5640	
همراه اول	۱۲۰	0.1940 ± 0.311	> 0.05
ایرانسل	۹۹	0.1860 ± 0.33	

های الکترومغناطیس ناشی از دکل‌های تقویت آنتن تلفن همراه در شهر بروجرد در استان لرستان انجام گرفت. میانگین شدت میدان مغناطیسی برای آنتن‌های همراه اول و ایرانسل به ترتیب برابر 0.311 و 0.333 است. برای مقایسه شدت میدان مغناطیسی در میدان‌های دور و نزدیک از آزمون من ویتنی (Mann-Witthny) استفاده گردید. طبق نتایج، مقدار شدت میدان مغناطیسی در میدان‌های دور و نزدیک تفاوت معنی‌داری ($P_{\text{value}} > 0.05$) وجود ندارد (جدول ۹). طبق نتایج میانگین چگالی توان امواج الکترومغناطیسی آنتن‌های همراه اول در فاصله ۲۰ متر بیشترین مقدار ($1/4 \pm 0.522$) و در فاصله ۲۰۰ متر کمترین مقدار (0.104 ± 0.174)، همچنین میانگین چگالی توان امواج الکترومغناطیسی آنتن‌های ایرانسل در فاصله ۲۰ متر بیشترین مقدار ($1/29 \pm 0.572$) و در فاصله ۲۰۰ متر کمترین مقدار (0.335 ± 0.62) است. بر اساس این مطالعه، تفاوت معنی‌داری بین مقادیر چگالی توان در آنتن‌های BTS اپراتورهای همراه اول و ایرانسل مشاهده نگردید (جدول ۹). اندازه‌گیری‌ها نشان داد، با افزایش فاصله از آنتن، چگالی توان امواج الکترومغناطیس در

جدول ۱۰: مقایسه علائم بیماری در ساکنین اطراف آنتن‌های ایرانسل و همراه اول در فواصل مختلف

فاصله (متر)	علائم آنتن	میانگین $\pm$ انحراف معیار	P value
	علائم جسمانی	ایرانسل همراه اول	$5/22 \pm 1/20$ $5/57 \pm 0/97$
	علائم خواب و اضطراب	ایرانسل همراه اول	$1/58 \pm 6/55$ $6/71 \pm 1/38$
	علائم کارکرد اجتماعی	ایرانسل همراه اول	$5/55 \pm 1/33$ $6/71 \pm 1/38$
	علائم افسردگی	ایرانسل همراه اول	$4/22 \pm 1/09$ $3/71 \pm 0/75$
	علائم جسمانی	ایرانسل همراه اول	$7/10 \pm 1/50$ $9/37 \pm 1/35$
	علائم خواب و اضطراب	ایرانسل همراه اول	$9/53 \pm 1/21$ $10/80 \pm 1/51$
۱۰	علائم کارکرد اجتماعی	ایرانسل همراه اول	$7/38 \pm 1/38$ $11/68 \pm 1/64$
	علائم افسردگی	ایرانسل همراه اول	$5/17 \pm 0/99$ $5/06 \pm 1/13$
	علائم جسمانی	ایرانسل همراه اول	$11/49 \pm 1/33$ $11/69 \pm 1/58$
	علائم خواب و اضطراب	ایرانسل همراه اول	$13/16 \pm 1/56$ $13/50 \pm 1/76$
	علائم کارکرد اجتماعی	ایرانسل همراه اول	$10/88 \pm 1/31$ $11/15 \pm 1/15$
	علائم افسردگی	ایرانسل همراه اول	$6/36 \pm 1/42$ $6/41 \pm 1/43$
۲۰	علائم جسمانی	ایرانسل همراه اول	$9/45 \pm 1/50$ $10/24 \pm 1/06$
	علائم خواب و اضطراب	ایرانسل همراه اول	$10/35 \pm 1/45$ $11/42 \pm 1/47$
	علائم کارکرد اجتماعی	ایرانسل همراه اول	$9/29 \pm 1/19$ $10/60 \pm 1/17$
	علائم افسردگی	ایرانسل همراه اول	$5/05 \pm 1/07$ $5/51 \pm 1/06$
	علائم جسمانی	ایرانسل همراه اول	$6/17 \pm 1/13$ $9/10 \pm 0/92$
	علائم خواب و اضطراب	ایرانسل همراه اول	$8/24 \pm 1/18$ $10/80 \pm 1/15$
۲۰۰	علائم کارکرد اجتماعی	ایرانسل همراه اول	$8/86 \pm 1/15$ $8/53 \pm 1/07$
	علائم افسردگی	ایرانسل همراه اول	$4/58 \pm 0/94$ $4/06 \pm 0/98$

میدان نزدیک افزایش و در فاصله ۲۰ متری به بیشترین میزان خود می‌رسد. همچنین از فاصله ۲۰ تا ۱۰۰ متر شیب نمودار چگالی امواج کاهش یافته و پس از فاصله ۱۰۰ متر با خطی شدن شیب نمودار، چگالی توان به حد زمینه می‌رسد. جلودار و همکاران اثر قرارگیری کوتاه مدت در معرض امواج رادیویی تولیدشده توسط BTS را روی جنبندگی و زیست پذیری اسپرم های ذخیره شده در قسمت های مختلف epididymi موردبررسی قرار دادند [۳۱]. نتایج این تحقیق نشان داد که قرارگیری کوتاه مدت در معرض امواج رادیویی BTS تأثیرات مخرب بر کیفیت اسپرم داشته که این امر در افزایش نرخ ناباروری مؤثر است [۳۲]. در مطالعه دیگری نصیری و همکاران در سال ۲۰۱۱ به بررسی وضعیت انتشار امواج الکترومغناطیس ناشی از آنتن های BTS باند ۹۰۰ مگاهرتز در شهر تهران پرداختند. محققین در این مطالعه چگالی توان امواج الکترومغناطیس را در اطراف ۶۳ آنتن BTS در دو میدان نزدیک و دور در فواصل مختلف با استفاده از روش استاندارد IEEE Std C95.1 و دستگاه Hi-4333 اندازه گیری نمودند. نتایج این مطالعه نشان داد در میدان نزدیک با افزایش

جدول ۱۱. مقایسه عوارض بیماری بر اساس پرسش نامه GHQ در ساکنین اطراف آنتن های ایرانسل و همراه اول

عوارض بیماری	تعداد	درصد
هیچ	۵	۲/۷
خفیف یا کمترین	۱۲۵	۶۹/۵
متوسط	۵۰	۲۷/۸
شدید	۰	۰
جمع	۱۸۰	۱۰۰
هیچ	۴	۲/۱
خفیف یا کمترین	۱۱۹	۶۱/۶
متوسط	۷۰	۳۶/۳
شدید	۰	۰
جمع	۱۹۳	۱۰۰

آنتن

همراه اول

فاصله از آنتن، میانگین چگالی توان امواج الکترومغناطیس افزایش و در میدان دور با افزایش فاصله از ۲۰ متر، میانگین چگالی توان امواج الکترومغناطیس کاهش و از فاصله ۱۰۰ متر چگالی توان امواج الکترومغناطیس به حد زمینه می‌رسد [۵، ۳۳]. در این تحقیق حداکثر میانگین مقادیر چگالی توان الکترومغناطیس در آنتن های همراه اول ۱/۴ میلی وات بر مترمربع ۰/۰۳ میزان مواجهه مجاز استاندارد محیطی است. حداکثر میانگین مقادیر چگالی توان الکترومغناطیس در آنتن های ایرانسل ۱/۲۹ میلی وات بر متر حدود ۰/۰۲ میزان مواجهه مجاز استاندارد محیطی است که نتایج حاصل از این مطالعه با مطالعه نصیری و همکاران (۵) همخوانی دارد. همچنین مقایسه میانگین چگالی توان امواج الکترومغناطیس در آنتن های همراه اول در پایه آنتن ($0.271 \text{ mw}/\text{M}^2$) با حدود استاندارد مواجهه شغلی ($0.225 \text{ mw}/\text{M}^2$)، نشان می دهد که چگالی توان در پایه آنتن در حدود ۰/۰۱۲ درصد استاندارد است. همچنین مقایسه میانگین چگالی توان امواج الکترومغناطیس در آنتن های ایرانسل در پایه آنتن ($0.345 \text{ mw}/\text{M}^2$) با حدود استاندارد مواجهه شغلی ($0.225 \text{ mw}/\text{M}^2$)، نشان می دهد که چگالی توان در پایه آنتن در حدود ۰/۰۱۵ درصد استاندارد است. در مطالعه ناصری و همکاران در سال ۲۰۱۳، میزان انتشار امواج میکروویو ناشی از دکل های BTS در شهر هشتگرد اندازه گیری گردید. محققین چگالی توان امواج الکترومغناطیس را روی ۱۳ آنتن BTS در فاصله عمودی ۵/۱ تا ۵/۱۶ متری از زمین اندازه گیری نمودند. این مطالعه نشان دهنده افزایش چگالی توان امواج الکترومغناطیسی با ارتفاع آنتن های BTS بود، با این وجود تمامی مقادیر به دست آمده در محدوده مجاز گزارش گردید. این مطالعه همچنین نشان داد که میزان چگالی امواج آنتن های ایرانسل بسیار بیشتر از همراه اول بوده و پیشنهاد گردید که از نصب ساختمان های بلند در مجاورت این آنتن ها خودداری شود [۵]. در مطالعه دیگری که توسط هنس و همکاران در سال

۲۰۰۶ به منظور اندازه گیری چگالی توان امواج الکترومغناطیس بر روی ایستگاه‌های BTS شهری و روستایی در اتریش انجام شد، چگالی توان امواج الکترومغناطیس از 0.002 mW/m^2 تا $4/1$ متغیر بود. در این تحقیق همه اندازه گیری‌های چگالی توان امواج الکترومغناطیس ناشی از آنتن‌های BTS کمتر از مقادیر توصیه شده و مجاز (0.5) است که این نتایج با مطالعات نادری و همکاران (0.1)، ناصری و همکاران (0.2)، نصیری و همکاران (0.2) و Hutter و همکاران (0.02 تا $1/4$) همخوانی دارد [۵، ۲۹، ۳۴]. سازمان جهانی بهداشت در ۲۰۰۲ اعلام کرد براساس مطالعاتی که تاکنون منتشر شده است امواج رادیویی تلفن همراه و ایستگاه‌های مرتبط با آنها، اثرات بهداشتی اثبات شده‌ای بر روی سلامت مردم در معرض تماس نداشته است اما چگالی توان خروجی از گوشی‌های همراه با فاصله ایستگاه فرستنده امواج متشده وابسته است [۳۵]. نتایج اندازه‌گیری‌های انجام شده در چندین شهر آمریکا که مجموع جمعیت آنها ۸۳۰۰۰۰ نفر بوده است، نشان داده است که سطح پرتوگیری میان‌های جمعیت در برابر تابش زمینه‌ی طبیعی و مصنوعی حدود 0.14 میکرو وات بر سانتی متر مربع است، درحالی‌که ۹۹ درصد جمعیت در معرض تابش‌هایی با چگالی قدرت کمتر از 1 میکرو وات بر سانتی متر مربع قرار داشتند که با نتایج این مطالعه مطابقت دارد [۷]. همچنین مقادیر به دست آمده از شدت میدان مغناطیسی ناشی از آنتن‌ها کمتر از مقادیر مجاز و توصیه شده گزارش گردید [۳۶]. نادری و همکاران وضعیت انتشار عرضی امواج میکروویو ناشی از آنتنهای BTS را در شهر مراغه در سال ۲۰۱۶ بررسی نمودند. نتایج این مطالعه نشان داد 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 ۲۰ متری بیشترین میزان چگالی توان اندازه‌گیری گردید و تفاوت معناداری بین فاصله ۲۰ متر و فواصل دیگر مشاهده شد [۳۴]. همچنین در این مطالعه، تمامی مقادیر شدت

میدان مغناطیسی و چگالی توان امواج الکترومغناطیس ناشی از آنتن‌های BTS کمتر از مقادیر توصیه شده گزارش شد. بر اساس نتایج به دست آمده اختلاف معناداری بین میانگین و انحراف معیار نمره پرسش‌نامه GHQ ساکنین اطراف آنتن‌های همراه اول و ایرانسل وجود دارد و با توجه به اینکه بیشترین مقدار میانگین و انحراف معیار در هر دو آنتن در فاصله ۲۰ متر و کمترین مقدار در ۲۰۰ متر مشاهده شده است، بنابراین بین فاصله از آنتن‌های BTS و سلامت ساکنین اطراف آن ارتباط معناداری وجود دارد که نتایج این مطالعه با مطالعه شهبازی و همکاران مطابقت دارد اما با مطالعه بختیاری و همکاران مطابقت ندارد [۱۰، ۲۶]. همچنین مقایسه بین میانگین و انحراف معیار نمره پرسش‌نامه GHQ ساکنین اطراف آنتن‌های همراه اول و ایرانسل نشان می‌دهد که اختلاف معناداری در فواصل ۲۰۰ و ۱۰۰، ۱۰ متر بین میانگین و انحراف معیار آنتن‌های ایرانسل و همراه اول وجود دارد ولی اختلاف معناداری بین میانگین و انحراف معیار آنتن‌های ایرانسل و همراه اول در فواصل صفر و ۲۰ متر وجود ندارد. مقایسه علائم بیماری در ساکنین اطراف آنتن‌های ایرانسل و همراه اول نشان می‌دهد بیشترین علائم بیماری مربوط به علائم خواب و اضطراب است که نتایج این مطالعه با مطالعه شریفی اسلام و همکاران و ویجی و همکاران مطابقت دارد اما با مطالعه بختیاری و همکاران مطابقت ندارد [۶، ۳۷، ۳۸]. مطالعاتی که توسط شریفی اسلام و همکاران در سال ۲۰۱۴ تحت عنوان آگاهی و خودگزارشی از خطرات بهداشتی امواج الکترومغناطیس از آنتن‌های تلفن همراه در داکای بنگلادش انجام شد، نشان داد که ساکنین اطراف آنتن‌ها ۴۹/۱ درصد دارای اختلالات خواب، ۴۷/۳ درصد دارای سردرد یا سرگیجه، ۴۱/۱ درصد دچار اضطراب یا افسردگی هستند که با نتایج این مطالعه مطابقت دارد [۳۷]. ویجی و همکاران مطالعه‌ای تحت عنوان مطالعه اثرات بهداشتی امواج آنتن‌های موبایل بر روی انسان در سال ۲۰۱۷ در هند انجام دادند که بیماری‌های

کوتاه مدت از جمله سردرد، افسردگی، اختلال در خواب، حالت تهوع و اختلال در حرکت و بیماری های بلند مدت از جمله آسم، سرطان، آلزایمر و تومور مغزی در افراد مورد مطالعه مشاهده گردید که با نتایج این مطالعه مطابقت دارد [۳۸]. مطالعه ای توسط شارما و همکاران تحت عنوان منبع و تأثیر تابش امواج بر سلامت انسان در سال ۲۰۱۷ در هند انجام شد که طبق نتایج این مطالعه امواج الکترومغناطیس به عنوان بزرگترین دلیل سرطان بیان شد و علائم سردرد و اختلال خواب در جمعیت ساکن در نزدیکی ایستگاه های تلفن همراه مشاهده گردید که با نتایج این مطالعه مطابقت دارد [۳۹]. مطابق نتایج اختلاف معناداری بین علائم جسمانی، علائم خواب و اضطراب و علائم کارکرد اجتماعی در ساکنین اطراف در آنتن های ایرانسل و همراه اول وجود دارد و اختلاف معناداری در مورد علائم افسردگی وجود ندارند. طبق نتایج مقایسه عوارض بیماری بر اساس پرسش نامه GHQ در ساکنین اطراف آنتن های ایرانسل و همراه اول نشان می دهد که در آنتن های ایرانسل عوارض بیماری خفیف یا کمترین ۶۹/۵ درصد، متوسط ۲۷/۸ و هیچ (فاقد علائم) ۲/۷ درصد است. در آنتن های همراه اول عوارض بیماری خفیف یا کمترین ۶۱/۶ درصد، متوسط ۳۶/۳ درصد و هیچ (فاقد علائم) ۲/۱ درصد است و فاقد عوارض شدید بیماری در ساکنین اطراف آنتن های ایرانسل و همراه اول است.

با وجود پایین بودن تمامی اندازه گیری ها از حدود مجاز مواجهه نمی توان به طور مطمئن گفت که هیچ نگرانی از بابت مواجهه با امواج مایکروویو ناشی از آنتن ها وجود ندارد زیرا در برخی مطالعات چگالی توان کمتر از حد مجاز (mw/cm^2) نیز می تواند موجب اختلالاتی در انسان شود. بنابراین رسیدن به پاسخ های روشن در این زمینه مطالعات بیشتری را می طلبد. به طور کلی اغلب مطالعات انجام شده در مورد میزان آلودگی امواج دکل های تقویت آنتن تلفن همراه در ایران و سایر کشورها نشان دهنده پایین بودن سطح پرتو در مقایسه

با استاندارد بوده است [۴۰]. با این وجود مواجهه روزانه با انواع تابش های امواج الکترومغناطیس در رنج های فرکانسی مختلف ناشی از تلفن همراه، مودم های بیسیم، تلفن های بیسیم، امواج رادیو و تلویزیون دیجیتال، امواج دکل ها و تجهیزات برق فشار قوی و غیره، ضرورت انجام مطالعات بیشتر را تبیین می نماید. همچنین مطالعات و الزامات قانونی آینده نگر با توجه به اثرات غیرحرارتی به عنوان اثرات احتمالی مستقل از دوز نیز باید مورد توجه قرار گیرد. به علاوه، با توجه به سن پایین نصب بسیاری از دکل های BTS به نظر میرسد انجام مطالعات آثار بلند مدت ناشی از امواج رادیویی در آینده به بسط اطلاعات در این حوزه کمک نماید. طبق نتایج به دست آمده، بین مقدار شدت میدان مغناطیسی و چگالی توان در آنتن های همراه اول و ایرانسل تفاوت معناداری دیده نمی شود. اما بین مقدار شدت میدان مغناطیسی و چگالی در میدان های دور و نزدیک تفاوت معنی داری وجود دارد. نتایج مشخص کرده است که متغیر فاصله مهم ترین عامل تأثیرگذار بر میزان انتشار چگالی توان حاصل از آنتن های BTS بوده و بیشترین میزان چگالی توان در فاصله ۲۰ متر در هر دو نوع اپراتور همراه اول و ایرانسل اندازه گیری شده است. همچنین کم بودن تأثیر متغیر فاصله در میدان دور به این دلیل است که در میدان دور، اختلاف فاصله خیلی زیاد است و در فواصل بیش از ۱۰۰ متر میزان چگالی توان تقریباً از رابطه خطی تبعیت می کند و چگالی توان به حد زمینه رسیده و کاهش قابل ملاحظه ای با افزایش فاصله مشاهده نمی شود. مقایسه میانگین چگالی توان امواج الکترومغناطیس در آنتن های همراه اول در پایه آنتن با حدود استاندارد مواجهه شغلی نشان می دهد که چگالی توان در پایه آنتن در حدود ۰/۰۰۱۲ درصد استاندارد است. مقایسه میانگین چگالی توان امواج الکترومغناطیس در پایه آنتن با حدود استاندارد مواجهه شغلی، نشان می دهد که چگالی توان در پایه آنتن در حدود ۰/۰۰۱۵ درصد استاندارد است.

مقاله نهایت سپاس خود را از افرادی که در انجام این تحقیق یاری رساندند ابراز می دارند.

تضاد در منافع

نویسندگان اعلام می دارند تضاد منافع در این مطالعه وجود ندارد.

این مقاله برگرفته از پایاننامه کارشناسی ارشد در دانشگاه علوم پزشکی لرستان است (کد اخلاق: IR-LUMS_REC-۱۳۹۷-۲۰۰). بدین وسیله از حمایت های مادی و معنوی دانشگاه علوم پزشکی لرستان تشکر و قدردانی می گردد. نویسندگان این

References

1. Cannuli A, Calabrò E, Caccamo MT, Magazù S. A study of monitoring high-frequency electromagnetic field pollution in urban areas. In: RAD Conference Proceedings; 2016.
2. Carta A, Trinchero D. Advanced simplified algorithm for electromagnetic field computation in the radiating near field of BTS antennas. In: 2011 IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility; 2011.
3. Jadidi M, Firoozabadi S, Rashidypour A, Bolouri B, Fath EY. The effect of acute exposure to 950MHz waves of GSM mobile phone system on consolidation of spatial memory in rat. Koomesh 2005; 6(4): 305-10 (Persian).
4. Zosangzuali M, Lalremruati M, Lalmuansangi C, Nghakliana F, Pachuau L, Bandara P, et al. Effects of radiofrequency electromagnetic radiation emitted from a mobile phone base station on the redox homeostasis in different organs of Swiss albino mice. Electromagn Biol Med 2021; 40(3): 393-407.
5. 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. IJHE 2011; 4(3): 331-40 (Persian).
6. Hardell L, Koppel T. Electromagnetic hypersensitivity close to mobile phone base stations—a case study in Stockholm, Sweden. Rev Environ Health 2022; 38(2): 219-28.
7. Cember H. Introduction to health physics. New York: McGraw Hill Inc; 1992.
8. Mahmud A, Islam MR, Noni S, Khan MM. The impact of electromagnetic pollution on human health and environment: recommendation for an effective regulatory framework in Bangladesh. Ecol Environ Conserv 2022; 22: 74-8.
9. Baharara J, Zahedifar Z. Effects of cell phones radiation on biological factors. JCT 2011; 2(2): 85-98 (Persian).
10. Bakhtiari T. Evaluation of the amount of microwaves produced Resulting from BTS antennas And its impact on the health of residents around the antennas in Qazvin, 2015. [Masters Theses]. Qazvin University of Medical Sciences; 2015.
11. Roda C, Perry S. Mobile phone infrastructure regulation in Europe: Scientific challenges and human rights protection. Environ Sci Policy 2014; 37: 204-14.
12. Zaroushani V, Mortazavi S, Khavanin A, Rezaei A, Mirzaei R. Comparison of antioxidant capacity changes in rabbit blood after disconnected exposure to mobile phone microwave. JSUMS 1970; 14(4): 238-45 (Persian).
13. Foster PM, Cattley RC, Mylchreest E. Effects of di-n-butyl phthalate (DBP) on male reproductive development in the rat: implications for human risk assessment. Food Chem Toxicol 2000; 38: 97-9.
14. Varyany S. Evaluation and study of microwave at the Mehrabad Airport and its effects on employee health. [Dissertation]. Tehran: Tarbiat Modarres University; 1992.
15. Koppel T, Ahonen M, Carlberg M, Hedendahl LK, Hardell L. Radiofrequency radiation from nearby mobile phone base stations—a case comparison of one low and one high exposure apartment. Oncol Lett 2019; 18(5): 5383-91.
16. Dharmi AK. Study of electromagnetic radiation pollution in an Indian city. Environ Monit Assess 2012; 184(11): 6507-12.

17. Meo SA, Almahmoud M, Alsultan Q, Alotaibi N, Alnajashi I, Hajjar WM. Mobile phone base station tower settings adjacent to school buildings: impact on students' cognitive health. *Am J Mens Health* 2019; 13(1): 1-6.
18. Koppel T, Ahonen M, Carlberg M, Hardell L. Very high radiofrequency radiation at Skeppsbron in Stockholm, Sweden from mobile phone base station antennas positioned close to pedestrians' heads. *Environ Res* 2022; 208: 112627.
19. 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. *Iran J Ergon* 2014; 1(3): 11-7.
20. Maes A, Collier M, Slaets D, Verschaeve L. Cytogenetic effects of microwaves from mobile communication frequencies (954 MHz). *Electro-Magnetobiol* 1995; 14(2): 91-8.
21. Garaj-Vrhovac V. Micronucleus assay and lymphocyte mitotic activity in risk assessment of occupational exposure to microwave radiation. *Chemosphere* 1999; 39(13): 2301-12.
22. Santini R, Santini P, Danze JM, Le Ruz P, Seigne M. Investigation on the health of people living near mobile telephone relay stations: I/Incidence according to distance and sex. *Pathol Biol* 2002; 50(6): 369-73.
23. Cherry NJ. Reproductive effects from EMF/EMR exposure. *Lincoln University* 2005; 17(4): 153-47.
24. Ahmadi ZA, Shahbazi-Gahrouei D, Hashmbeni B, Karbalaee M. Effects of exposure to 900-MHz mobile-telephony radiation on growth and metabolism of human-adipose-derived stem cells. *J Isfahan Med Sch* 2015; 32(316): 2269-78 (Persian).
25. Zeng Q, Chen G, Weng Y, Wang L, Chiang H, Lu D, et al. Effects of global system for mobile communications 1800 MHz radiofrequency electromagnetic fields on gene and protein expression in MCF-7 cells. *Proteomics* 2006; 6(17): 4732-8.
26. Hashemi-Beni B, Moradi A, Shahbazi-Gahrouei D, Aliakbari M. The effects of 900-MHz mobile phone radiation on survival and proliferation rate of breast cancer MCF-7 cells: An In-Vitro study. *J Isfahan Med Sch* 2017; 34(410): 1475-80.
27. Kumar P, Anand S, Ganesh EN, Prithiviraj V. Measurement of power radiation in base transceiver station using quad phone and quadcopter. *J Green Eng* 2015; 5(2): 107-28.
28. Zahid Y. Assessment of BTS Antenna Establishment Impacts on Urban Areas from the Viewpoint of Urban Planning Case Study: Tehran. *Trabiat Modares University*; 2008.
29. Naseri S, Monazzam MR, Beheshti M, Saiyedi S. Investigation of Vertical Microwave Publishing Caused by the Base Transceiver Station (BTS) Antennas in Hashtgerd City. *Journal of Environmental Health Engineering*. 2013; 1(1): 30-6.
30. Jelodar G, Talebzadeh MR, Lari MA. Effect of short-term exposure to radio frequency emitted by base transceiver station (BTS) antenna on epididymal sperms. *Comp Clin Path* 2012; 21: 1285-90.
31. Balmori A. Evidence for a health risk by RF on humans living around mobile phone base stations: From radiofrequency sickness to cancer. *Environ Res* 2022; 214(2): 113851.
32. De Giudici P, Genier JC, Martin S, Doré JF, Ducimetiere P, Evrard AS, et al. Radiofrequency exposure of people living near mobile-phone base stations in France. *Environ Res* 2021; 194: 110500.
33. Naderi A, Naseri S, Mahvi AH, Monazzam MR. Evaluation of transverse waves of BTS antennas in Maragheh. *IJHE* 2016; 8(4): 471-80 (Persian).
34. Hutter HP, Moshammer HA, Kundi MI. Mobile Telephone base-stations: Effects on health and wellbeing. In 2nd Workshop on Biological Effects of EMFs; 2002.
35. Golmohammadi R, Kamalini M, Abedi K, Karimi S, Eshaghi M. Investigating the electromagnetic fields of common cell phones and self-reported symptoms of users. *J Ergonomics* 2014; 2(1): 1-8 (Persian).
36. Thakkar J, Kurup R, Laba TL, Santo K, Thiagalingam A, Rodgers A, et al. Mobile telephone text messaging for medication adherence in chronic disease: a meta-analysis. *JAMA* 2016; 176(3): 340-9.
37. Islam S, Mohammed S. Awareness and self-reported health hazards of electromagnetic waves from mobile phone towers in Dhaka, Bangladesh: a pilot study. *Adv Public Health* 2014; 2014.
38. Vijay S, Choudhary MP. Study on health effects of mobile tower radiation on human beings. *Int Res J Eng Technol* 2017; 4(11): 1548-52.
39. Sharma AB, Lamba OS. A review: source and effect of mobile communication radiation on human health. *AWMC* 2017; 10(3): 423-35.
40. Martin S, De Giudici P, Genier JC, Cassagne E, Doré JF, Ducimetière P, et al. Health disturbances and exposure to radiofrequency electromagnetic fields from mobile-phone base stations in French urban areas. *Environ Res* 2021; 193: 110583.