

## ارزیابی پرتوگیری مردم از آنتن‌های ایستگاه‌های تلفن همراه در کشور

دلنواز فرودین\*، فرید ناصح‌نیا، مجید زمانی و احسان رحیمیان محمدی

امور حفاظت در برابر اشعه کشور، سازمان انرژی اتمی ایران، تهران، ایران

\* تهران، سازمان انرژی اتمی ایران، مرکز نظام ایمنی هسته‌ای کشور، کد پستی: ۱۳۳۹-۱۴۱۵۵

پست الکترونیکی: dfarvadin@aeoi.org.ir

### چکیده

افزایش سریع تعداد مشترکان تلفن همراه سبب شده است که تعداد ایستگاه‌های تلفن همراه (BTS) در سطح کشور رشد روزافزونی داشته باشد. به دنبال این پدیده، نگرانی‌های مردم از تأثیر تابش‌های الکترومغناطیسی آنتن‌های BTS بر سلامتی، افزایش یافته است. این تحقیق به منظور بررسی میزان پرتوگیری مردم از آنتن‌های BTS و مقایسه آن با حدود پرتوگیری مطابق با مقررات ملی و استانداردهای بین‌المللی انجام شده است. با توجه به استفاده از سیستم GSM در ایران، شدت تابش‌های الکترومغناطیسی در فرکانس‌های رادیویی مورد استفاده، در بیش از ۱۵۰۰ محل، ۴۵۰۰ نقطه و در نزدیکی بیش از ۳۰۰ BTS نصب شده در شهرها و روستاهای مختلف کشور انجام شده است. اندازه‌گیری‌های مزبور در ساعات مختلف شبانه‌روز، برای شرایط متفاوت نصب آنتن و دکل و در نقاط با تراکم جمعیتی متفاوت صورت گرفته است. نقاط به صورت اتفاقی توسط تیم‌های اندازه‌گیری انتخاب شده و تلاش شده است که تمامی حالت‌های ممکن بررسی شود. نتایج حاکی از آن است که چگالی توان تابشی آنتن‌های BTS در نقاط اندازه‌گیری شده بسیار کمتر از حدود استاندارد پرتوگیری است و اغلب از ۰/۰۱ حد کمتر است. بدیهی است که با رعایت مقررات ملی و نظارت دائمی باید تلاش شود که این وضعیت پایدار بماند.

کلیدواژگان: تابش‌های الکترومغناطیسی، تلفن همراه، چگالی توان، استاندارد.

### ۱. مقدمه

این راستا، افزایش سریع تعداد مشترکان تلفن همراه سبب شده است که تعداد BTS در سطح کشور رشد زیادی داشته باشد، لذا اغلب افراد در معرض تشعشعات آنتن‌های این تجهیزات هستند.

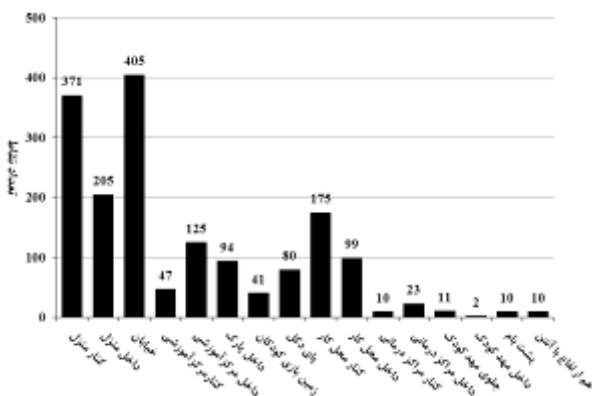
بر اساس نتایج حاصل از برخی از مطالعات انجام شده در سایر کشورها، پرتوهای رادیویی، خطر ابتلا به سرطان را افزایش می‌دهند [۱ و ۲]. همچنین خطرات دیگری هم در اثر پرتوگیری از این پرتوها گزارش شده است [۳]. در حال حاضر، اغلب مجامع علمی جهان بر این باورند که پرتوهای رادیویی تابش شده از آنتن‌های BTS خطر بروز سرطان را افزایش نمی‌دهند، اما هنوز اظهار نظر قطعی صورت نگرفته

پرتوهای رادیویی و مایکروویو، بخشی از طیف پرتوهای الکترومغناطیسی هستند که توسط فرستنده‌های رادیویی و تلویزیونی، فرهای مایکروویو خانگی و صنعتی، تلفن‌های بی‌سیم، گوشی‌های تلفن همراه و نیز آنتن‌های ایستگاه‌های تلفن همراه (BTS) تولید می‌شوند، لذا این پرتوها از حداقل چهار دهه قبل در محیط کار و زندگی افراد موجود بوده‌اند. با توسعه ارتباطات، کاربرد عمومی سیستم‌های مخابراتی و به‌خصوص تلفن همراه در جهان بسیار گسترش یافته است. در

### 1. Base stations

جدول (۱): تعداد محل‌های اندازه‌گیری شده بر اساس نوع محل

ردیف	نوع محل اندازه‌گیری	تعداد
۱	جنب منزل مسکونی	۳۷۱
۲	داخل منزل مسکونی	۲۰۵
۳	داخل خیابان و معبر	۴۰۵
۴	جنب مرکز آموزشی	۴۷
۵	داخل مرکز آموزشی	۱۲۵
۶	داخل پارک	۹۴
۷	زمین بازی کودکان	۴۱
۸	پای دکل	۸۰
۹	جنب محل کار	۱۷۵
۱۰	داخل محل کار	۱۷۵
۱۱	کنار مرکز درمانی	۹
۱۲	داخل مرکز درمانی	۲۳
۱۳	جلوی مهد کودک	۱۰
۱۴	داخل مهد کودک	۲
۱۵	پشت‌بام محل نصب آنتن	۱۰
۱۶	رو به روی آنتن	۱۰



شکل (۱): نمودار تعداد محل‌های اندازه‌گیری شده

اندازه‌گیری‌ها توسط تیم‌های آموزش‌دیده در بیشتر از ۱۵۰۰ محل، ۴۵۰۰ نقطه و در نزدیکی بیش از ۳۰۰ BTS نصب شده در شهرها و روستاهای مختلف کشور انجام شده است. اندازه‌گیری‌های مزبور در ساعات مختلف شبانه‌روز، برای شرایط متفاوت نصب آنتن و دکل و در نقاط با تراکم جمعیتی متفاوت صورت گرفته است. نقاط به صورت تصادفی توسط تیم‌های اندازه‌گیری انتخاب شده و تلاش شده است که تمامی حالات ممکن بررسی شود.

است و تحقیق در این مورد ادامه دارد [۴]. در نتیجه، نگرانی‌های مردم از تأثیر تابش‌های الکترومغناطیسی آنتن‌های BTS بر سلامتی افزایش یافته است و همه روزه عده زیادی این سؤال را مطرح می‌کنند که پرتوهای رادیویی موجود در محیط زندگی آنان چقدر خطرناک است و واقعا چه خطراتی برای آنان ایجاد می‌کند؟

عامل اصلی برنامه‌ریزی و انجام این تحقیق، نگرانی‌های مردم بوده است و اندازه‌گیری‌ها به منظور بررسی میزان پرتوگیری مردم از آنتن‌های BTS و مقایسه نتایج با حدود پرتوگیری مطابق با استاندارد [۵] و مقررات ملی [۶] و راهنماهای بین‌المللی [۷ و ۸] انجام شده است.

## ۲. روش

در ایران برای تلفن همراه از سیستم GSM<sup>۲</sup> استفاده می‌شود، و فرکانس تشعشعات الکترومغناطیسی در بازه‌های فرکانسی ۹۰۰ (۸۸۰ تا ۹۳۰) و ۱۸۰۰ (۱۵۵۰ تا ۱۸۸۰) مگاهرتز است، لذا اندازه‌گیری چگالی توان در هر نقطه با استفاده از یک دستگاه اندازه‌گیری میدان‌های الکترومغناطیسی در بازه‌های فرکانسی فوق انجام شده است.

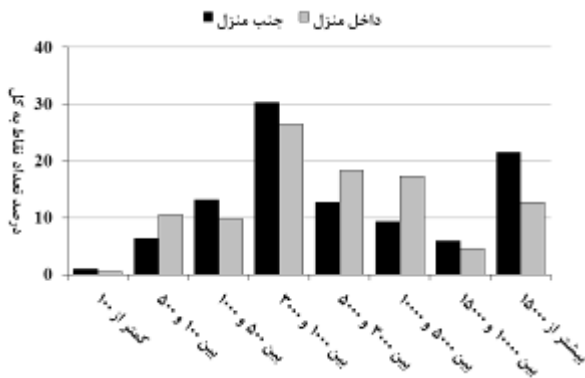
چهار اپراتور تلفن همراه در ایران با نصب انواع آنتن‌های BTS روی پشت‌بام‌ها، داخل پارک‌ها و خیابان‌ها و کوچه‌ها و ساختمان‌ها فعالیت می‌کنند. در این تحقیق، برای احتراز از برهم زدن آسایش شهروندان، و نیز با توجه به تشعشع بسیار ضعیف BTS‌هایی که در داخل ساختمان‌ها نصب می‌شوند، عموماً تشعشعات آنتن‌های نصب شده روی پشت‌بام‌ها و در فضاهای آزاد اندازه‌گیری شده است. مطابق با استاندارد ملی ایران [۵]، در هر نقطه چگالی مؤثر توان در ۶ دقیقه اندازه‌گیری شده و نقاطی که در آن‌ها اندازه‌گیری صورت گرفته است، در شعاع ۱۵۰ متری از محل نصب هر BTS انتخاب شده‌اند.

جدول و نمودار شکل (۱)، تعداد نقاط اندازه‌گیری شده را به تفکیک نوع محل اندازه‌گیری نشان می‌دهد.

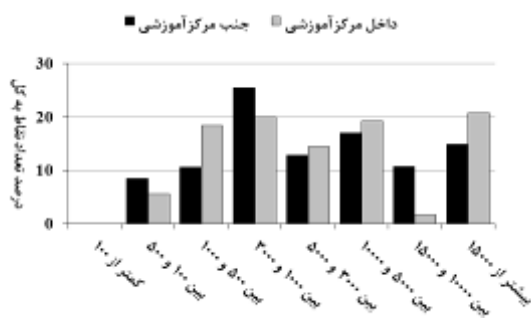
2. Global System for Mobile communication

## ۳. یافته‌ها

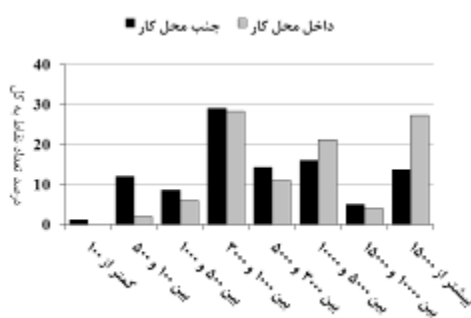
در نمودارهای شکل‌های ۳ و ۴ و ۵ به ترتیب، درصد نقطه برای مقادیرهای مختلف R در خارج و داخل منازل، مراکز آموزشی و مراکز کاری با هم مقایسه شده‌اند. نظر به اینکه تعداد مهدکودک‌ها و مراکز درمانی در شعاع ۱۵۰ متری BTS بسیار کم بوده و امکان اندازه‌گیری بیش‌تر ایجاد نشده است، نمودارهای مقایسه‌ای برای مهدکودک‌ها و مراکز درمانی رسم نشده است.



شکل (۲): مقایسه مقادیر R داخل و خارج منازل



شکل (۳): مقایسه مقادیر R داخل و خارج مراکز آموزشی



شکل (۴): مقایسه مقادیر R داخل و خارج مراکز کار

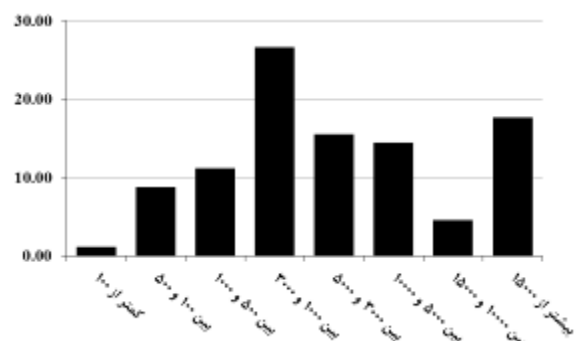
در هر نقطه، R نسبت حد پرتوگیری مردم به چگالی توان اندازه‌گیری شده است. در واقع R مشخص می‌کند که حد پرتوگیری مردم چند برابر چگالی توان اندازه‌گیری شده است. به عبارت دیگر، اگر چگالی توان در نقطه مورد نظر در عدد R ضرب شود، مقدار حد به دست می‌آید.

کمترین مقدار حد پرتوگیری مردم در بازه فرکانسی سیستم‌های GSM برابر با  $0/44$  میلی‌وات بر سانتی‌متر مربع است [۵]. این مقدار با مقدار به دست آمده از راهنمای مورد قبول توسط اغلب کشورها همخوانی دارد [۷].

در جدول و نمودار شکل (۲)، به ترتیب درصد نقاطی که در آن‌ها مقدار R مطابق با جدول است، نسبت به کل نقاط ارائه شده است.

جدول (۲): درصد تعداد نقاط اندازه‌گیری شده، بر حسب مقدار R

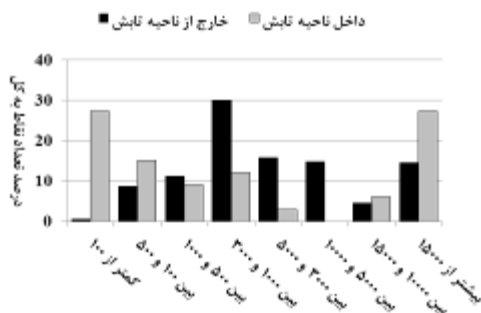
ردیف	مقدار R	درصد تعداد نقاط
۱	کم‌تر از ۱۰۰	۱/۱۷
۲	بین ۱۰۰ و ۵۰۰	۸/۷۷
۳	بین ۵۰۰ و ۱۰۰۰	۱۱/۱۷
۴	بین ۱۰۰۰ و ۳۰۰۰	۲۶/۶۵
۵	بین ۳۰۰۰ و ۵۰۰۰	۱۵/۵۰
۶	بین ۵۰۰۰ و ۱۰۰۰۰	۱۴/۵۰
۷	بین ۱۰۰۰۰ و ۱۵۰۰۰	۴/۵۶
۸	بیش‌تر از ۱۵۰۰۰	۱۷/۶۸



شکل (۱): نمودار درصد محل‌ها بر حسب مقادیر مختلف R

جدول (۴): محل‌های واقع در ناحیه تابش آنتن مورد بررسی

ردیف	مقدار R	تعداد نقاط	درصد
۱	کمتر از ۱۰۰	۹	۲۷/۳
۲	بین ۱۰۰ و ۵۰۰	۵	۱۵/۱
۳	بین ۵۰۰ و ۱۰۰۰	۳	۹/۱
۴	بین ۱۰۰۰ و ۳۰۰۰	۴	۱۲/۱
۵	بین ۳۰۰۰ و ۵۰۰۰	۱	۳
۶	بین ۵۰۰۰ و ۱۰۰۰۰	۰	۰
۷	بین ۱۰۰۰۰ و ۱۵۰۰۰	۲	۶/۱
۸	بیشتر از ۱۵۰۰۰	۹	۲۷/۳



شکل (۵): مقایسه نقاط داخل و خارج از ناحیه تابش آنتن مورد بررسی

#### ۴. نتایج

با بررسی جداول و نمودارهای ارائه شده در بند ۳، نتایج زیر حاصل می‌شود:

- با توجه به جدول (۱) و نمودار شکل (۱) تعداد مهد کودک‌ها و مراکز درمانی و آموزشی در شعاع ۱۵۰ متری BTSها در اغلب نقاط بسیار کم است.

- با توجه به جدول (۲) و نمودار شکل (۲)، در تمام اندازه‌گیری‌های انجام شده، در کمتر از ۲٪ نقاط، چگالی توان اندازه‌گیری شده از ۱٪ حد پرتوگیری مردم بیشتر است. با توجه به نمودارهای ۳، ۴ و ۵ این نقاط خارج از ساختمان‌ها و اغلب در نواحی قرار دارند که محل سکونت یا استقرار افراد نیست.

- در بیشتر از ۷۵٪ نقاط اندازه‌گیری شده، چگالی توان از ۰/۰۰۱ یا ۰/۰۱٪ حد پرتوگیری مردم کمتر است.

با توجه به مقدار کم زاویه فرود گلبیگ اصلی تابش شده توسط هر آنتن BTS (معمولاً کمتر از ۶ درجه) و همچنین کوچک بودن زاویه قائم گلبیگ، معمولاً گلبیگ در فواصل کم نسبت به آنتن به موانع برخورد نمی‌کند. اگر زاویه فرود گلبیگ تقریباً ۶ درجه فرض شود، با استفاده از فرمول (۱) می‌توان به صورت تقریبی محاسبه کرد که ناحیه اصلی تابش در فاصله افقی  $d$  از آنتن در راستای قائم چند متر به سمت پایین می‌آید.

$$\frac{h}{d} = \frac{6\pi}{180} \Rightarrow h = 0/105 \times d \quad (۱)$$

به این ترتیب، اگر در فاصله  $d$  از آنتن ارتفاع محل قرار گرفتن آنتن نسبت به محل اندازه‌گیری از  $h$  بیشتر باشد، آن نقطه در ناحیه تابش آنتن قرار ندارد.

با توجه به مطلب فوق، جدول‌های (۳) و (۴) به ترتیب، برای نقاط خارج از منطقه گلبیگ اصلی آنتن مورد بررسی و نقاط داخل ناحیه تابش آنتن مورد بررسی ارائه شده است. در این جداول، تعداد نقاطی که در آنها مقادیر  $R$  در محدوده‌های مشخص قرار دارند، ارائه شده است. در نمودار شکل (۶)، مقادیر ارائه شده در جدول‌های (۳) و (۴) مقایسه شده‌اند.

جدول (۳): محل‌های خارج از محدوده تابش آنتن مورد بررسی

ردیف	مقدار R	تعداد نقاط	درصد تعداد
۱	کمتر از ۱۰۰	۱۱	۰/۶
۲	بین ۱۰۰ و ۵۰۰	۱۴۵	۸/۶
۳	بین ۵۰۰ و ۱۰۰۰	۱۸۸	۱۱/۲
۴	بین ۱۰۰۰ و ۳۰۰۰	۵۰۲	۳۰
۵	بین ۳۰۰۰ و ۵۰۰۰	۲۶۴	۱۵/۸
۶	بین ۵۰۰۰ و ۱۰۰۰۰	۲۴۸	۱۴/۸
۷	بین ۱۰۰۰۰ و ۱۵۰۰۰	۷۶	۴/۵
۸	بیشتر از ۱۵۰۰۰	۲۴۲	۱۴/۴

استفاده در سیستم GSM مورد استفاده در کشور، در بیش از ۱۵۰۰ محل، ۴۵۰۰ نقطه و در نزدیکی بیش از ۳۰۰ BTS نصب شده در شهرها و روستاهای مختلف کشور انجام شده است. اندازه‌گیری‌های مزبور در ساعات مختلف شبانه‌روز، برای شرایط متفاوت نصب آنتن و دکل و در نقاط با تراکم جمعیتی متفاوت صورت گرفته و تلاش شده است که تمامی حالت‌های ممکن بررسی شود. نتایج حاکی از آن است که چگالی توان تابشی آنتن‌های BTS در نقاط اندازه‌گیری شده بسیار کمتر از حدود استاندارد پرتوگیری است و اغلب از ۰/۰۱ حد مطابق با استاندارد ملی و راهنمای جهانی [۷] کمتر است. برای حصول اطمینان از باقی ماندن سطح تابش‌های آنتن‌های BTS لازم است که اندازه‌گیری‌ها استمرار داشته باشد، لذا مطابق با مقررات موجود در کشور [۶]، اپراتورها باید هنگام نصب BTS‌های جدید، اندازه‌گیری صحیح و اصولی انجام دهند و نتایج را ثبت و نگهداری کنند. همچنین نظارت واحد قانونی باید مستمر باشد. نگرانی اغلب افراد به علت تأثیر نامطلوب دکل‌ها و پایه‌های آنتن بر روحیه آنان است. اغلب افراد نمی‌توانند بپذیرند که دکل تابش انجام نمی‌دهد و خطری برای افراد ندارد. لذا لازم است که اطلاع‌رسانی صحیح توسط نهادهای مطلع و مسئول صورت گیرد و از ایجاد نگرانی و تنش بین مردم ممانعت شود. بالاخره لازم است که همه نهادهای مسئول بر اساس اطلاعات علمی، واقعی و به دور از بزرگ‌نمایی و همچنین با در نظر گرفتن ریسک‌ها و استانداردها اطلاع‌رسانی نمایند و از ارائه اطلاعات ضد و نقیض خودداری کنند.

### تشکر و قدردانی

بدین وسیله از آقایان دکتر کاردان و دکتر باباخانی که امکانات لازم را برای انجام این تحقیق در اختیار کارشناسان و تیم‌های اندازه‌گیری قرار دادند، صمیمانه سپاس‌گزار می‌شود.

- بر اساس جدول‌های (۳) و (۴) و نمودار شکل (۶)، اغلب منازل مسکونی، مراکز کاری، و به طور کلی ساختمان‌های مسکونی، اداری، آموزشی، درمانی و غیره خارج از ناحیه تابش آنتن‌های BTS قرار دارند.

- یا اگر در این ناحیه هستند، در فواصل دور از آنتن قرار دارند به گونه‌ای که به علت پخش شدن انرژی تابشی در فواصل دور از آنتن در فضایی وسیع، چگالی توان کاملاً کاهش یافته است.

- داخل ساختمان‌ها به علت تضعیف میدان‌های الکترومغناطیسی توسط موانع، چگالی توان به نحو چشمگیری کمتر از مقادیر مشابه در فضای خارج از ساختمان‌هاست. این واقعیت در نمودارهای اشکال (۳)، (۴) و (۵) دیده می‌شود.

- در نمودار شکل (۶)، درصد نقاط واقع در ناحیه‌های تابش آنتن‌های مورد بررسی برای Rهای کمتر، بیشتر است، یعنی تابش در این نواحی قوی‌تر است. ضمناً برای Rهای بیش‌تر از ۱۵۰۰۰، درصد نقاط واقع در ناحیه تابش بیشتر شده است، زیرا با افزایش فاصله نسبت به آنتن ناحیه تابش وسیع‌تر می‌شود و در عین حال به علت پخش شدن انرژی در فضای بیشتر، چگالی توان کاهش می‌یابد.

- نتایج این تحقیق با نتایج تحقیقات انجام شده در سایر کشورها همخوانی دارد [۹ و ۱۰]

### ۵. بحث و نتیجه‌گیری

با افزایش سریع تعداد مشترکان تلفن همراه و رشد روزافزون تعداد ایستگاه‌های تلفن همراه (BTS) در سطح کشور، نگرانی‌های مردم از تأثیر تابش‌های الکترومغناطیسی آنتن‌های BTS بر سلامتی، افزایش یافته است.

این تحقیق به منظور بررسی میزان پرتوگیری مردم از آنتن‌های BTS و مقایسه آن با حدود پرتوگیری مطابق با مقررات ملی و استانداردهای بین‌المللی انجام شده است. شدت تابش‌های الکترومغناطیسی در فرکانس‌های رادیویی مورد

## مراجع

- [1] ICNIRP, Note from the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection Regarding the IARC Classification of RF fields, [www.icnirp.org](http://www.icnirp.org), 2011, one page.
- [2] Kelly Classic, Radiofrequency (RF) Radiation, <http://hps.org/hpspublications/articles/rfradiation.html>, 2011.
- [3] ARPANSA, Mobile Phones Scientific Background, [www.arpansa.gov.au](http://www.arpansa.gov.au), 2010.
- [4] ARPANSA, Mobile Phones and Health Effects, [www.arpansa.gov.au](http://www.arpansa.gov.au), 2010.
- [۵] سازمان انرژی اتمی ایران، مرکز نظام ایمنی هسته‌ای کشور، استاندارد پرتوهای غیریونساز - حدود پرتوگیری، سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۸۵، شماره صفحات ۳۰.
- [۶] سازمان انرژی اتمی ایران، مرکز نظام ایمنی هسته‌ای کشور، ضوابط کار با پرتوهای مایکروویو و رادیویی، ۱۳۸۶، شماره صفحات ۴۳.
- [7] ICNIRP, Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz). *Health Physics* 74 (4), 1998, PP. 494-522.
- [8] ICNIRP, Statement on the "Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz). *Health Physics* 97(3), 2009, PP. 257-259.
- [9] ICNIRP SCI Review., Mobile Phones, Brain Tumors and the Interphone Study: Where Are We Now ? *Environ Health Perspect* 119(11), 2011, PP. 1534-1538.
- [10] ARPANSA, Levels of RF Radiation from GSM Mobile Phone Base Stations, [www.arpansa.gov.au](http://www.arpansa.gov.au), 200.