

اثرات زیستی تلفن های همراه

جلیل پیرایش اسلامیان

دانشجوی دکتری فیزیک پزشکی دانشگاه علوم پزشکی مشهد

رشد سریع و روزافزون صنعت ارتباطات و مخابرات و کاربری عمومی تلفن های همراه، بحث هایی را بر سر احتمال بروز عوارضی بر سلامت بشر بخاطر پرتوگیری از میداین رادیوفرکانس ناشی از این تلفن ها و یا ایستگاههای پایه آنها و سایر منابع نظیر رادار، امواج رادیو-تلویزیون و کاربردهای صنعتی و پزشکی برانگیخته است. نگرانی ها در این خصوص از آنجا نشأت می گیرد که فن آوریهای نو، معمولاً بدون تدارک اطلاعات زمینه لازم برای عموم مردم درباره ماهیت آنها بوده و بحث کافی در خصوص موارد شک و یقین در مجامع علمی درباره احتمال عواقب مضر بر سلامتی بشر صورت نمی گیرد. اهمیت امر تا جایی است که سازمان بهداشت جهانی (WHO) از سال ۱۹۹۶ یک پروژه بین المللی در خصوص اثرات^۱ EMF را با مشارکت کمیسیون بین المللی حفاظت در برابر تشعشع غیریونیزان (ICNIRP)، هفت موسسه و بیش از ۴۵ مرکز ملی برای ارزیابی خطرات احتمالی امواج فوق بر سلامتی آغاز نموده است. در این پروژه بین المللی، محققین سراسر جهان بررسیهایی را در محیطهای *in vivo* و *in vitro* بر روی اثرات زیستی امواج رادیوفرکانسی انجام می دهند. با اینکه مطالعات در *in vivo* چشم انداز مهمی را به مکانیسم های پایه اثرات زیستی ناشی از پرتوگیری از EMF ضعیف ارائه داده اند، مطالعات در *in vivo* بر روی حیوانات آزمایشگاهی و انسان مدارک قانع کننده تری از عواقب مضر بر سلامتی را به همراه خواهند داشت. از طرفی مطالعات اپیدمیولوژیک، اطلاعات کاملاً مستقل راجع به عوارض سوء بر سلامتی بشر فراهم می آورند. با این حال، اینگونه مطالعات از محدودیت هایی برخوردارند، بویژه در مواقعی که خطر نسبی ضعیفی مطرح باشد. بهمین خاطر مطالعات اپیدمیولوژیک برای نمایان ساختن تأثیر پرتوگیری بر سلامتی توده جمعیتی، بویژه از فن آوریهای نوین حائز اهمیت بوده است.

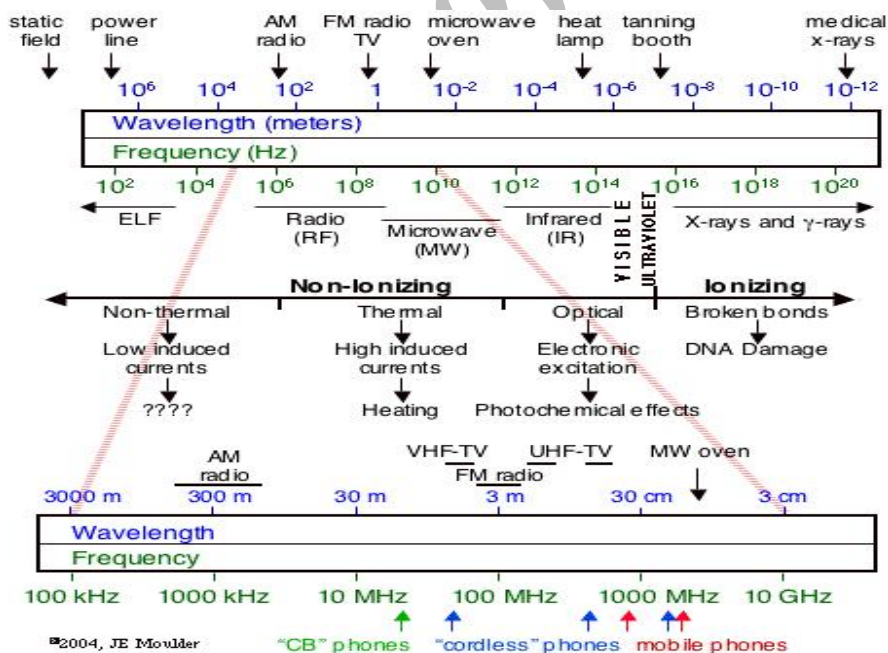
سیستم جهانی ارتباطات از طریق تلفن همراه (GSM) و سیستم دستیابی چندگانه از طریق کد (CDMA) جزو سرویسهای تلفن همراه با آنتن های ایستگاهی می شوند که از طریق انتقال امواج رادیوفرکانسی (RF) با تلفن همراه ارتباط برقرار می کنند، در عوض آنتن ایستگاهی هم به سیستم تلفنی سیمی به طریق مستقیم و یا از طریق یک کانال ارتباطی RF وصل می شود. از سیستم تلفن همراه اغلب بعنوان فن آوری تلفن سلولی یاد می شود، زیرا نواحی که تحت پوشش قرار داده می شوند به سلولهای تقسیم بندی می شوند که هر کدام از این سلولها سرویس منطقه ای خودشان را توسط یک آنتن ایستگاه مادر، ارائه می دهند. اخیراً شبکه ها بصورت هر دو سیستم GSM و CDMA دیجیتالی می باشند.

دو منبع پرتوگیری RF ناشی از سیستم های تلفن همراه وجود دارد: آنتن های ایستگاهی (شکل ۱) و تلفن همراه، پرتودهی آنتن ها پیوسته ولی ضعیف می باشد و باعث پرتوگیری تمام بدنی جمعیت می شود.



شکل ۱- آنتن ایستگاهی تلفن های همراه

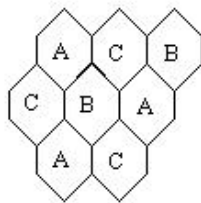
پرتوگیری از گوشی تلفن همراه به ناحیه سر شدیدتر است و فردی را که از این دستگاه استفاده می کند تحت تابش قرار میدهد. سیستم تلفن همراه در فرکانس های ۹۰۰ و ۱۸۰۰ مگاهرتز (نوع ارتباطی GSM) و ۸۰۰ مگاهرتز (برای ارتباط CDMA) در محلی از طیف الکترومغناطیسی واقع شده اند که تحت عنوان پرتو ریز موج و پرتو رادیوفرکانس شناخته می شود (شکل ۲).



شکل ۲- طیف امواج الکترومغناطیسی و محدوده کاربری امواج تلفن همراه

سیستم تلفن همراه محدودیت هایی را مثل سیستم رادیوتلوویزیون، داراست به اینصورت که عمده فرکانس های در دسترس به عده گوشی ها یا کاربران موجود در یک سلول محدود می شود. در سیستم GSM برای اینکه تعداد زیادی کاربر از این سیستم بهره مند

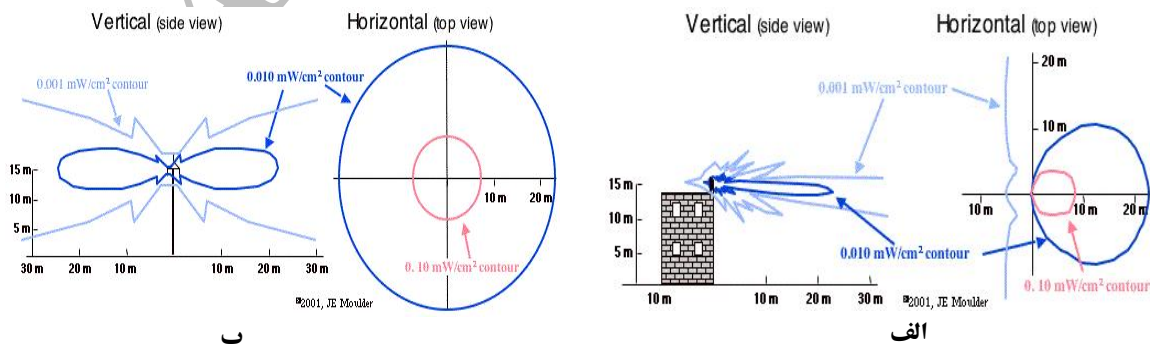
شوند، نواحی به سلولهایی تقسیم می شوند که هر کدام، سری فرکانسی خودشان را دارند. برای اطمینان از عدم تداخل با در حداقل نگه داشتن مقادیر توان، طوریکه هیچیک از سلولهای غیرهمسایه که از فرکانس های مشابهی استفاده می کنند تداخل ایجاد نکنند، سلولهای همسایه از فرکانس های متفاوتی استفاده می کنند. اندازه سلول بر مبنای تعداد کاربرانش تغییر می کند. در نواحی شهری بدلیل کثرت کاربران لازم است توان بیشتری ایجاد شود تا منطقه وسیعتری تحت پوشش قرار گیرد. به این دلیل میزان پرتوگیری در این نواحی، میتواند بالا باشد. عده فرکانس های موجود در یک سلول از ۱۲-۱ فرکانس متغیر می باشد که هر فرکانس قادر است تا ۸ کاربر را تحت پوشش قرار دهد. حداکثر توان موقعی منتقل می شود که هر ۸ نفر همزمان از فرکانس مورد نظر استفاده کنند. در شکل زیر سلولها غیرهمسایه (A) از فرکانس های مشابهی می توانند استفاده کنند. در حالیکه سلولهای A و B به خاطر مرز مشترک باید فرکانس های متفاوتی داشته باشند (شکل ۳).



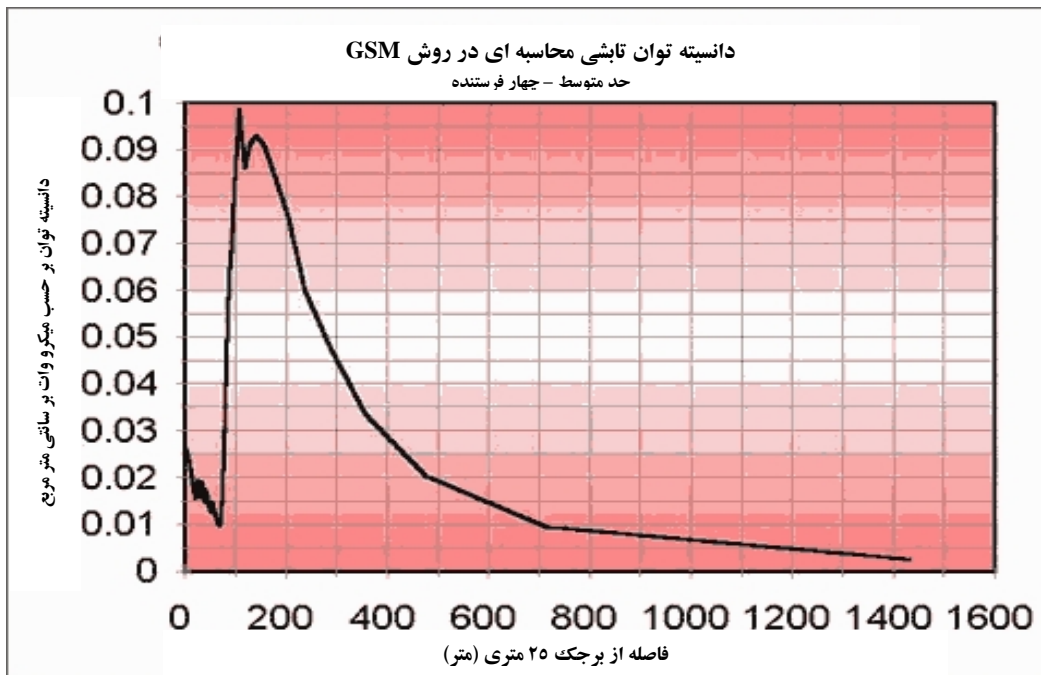
شکل ۳- سلولهای فرکانسی ایستگاهی تلفن های همراه

در سیستم CDMA، تمام سلولها از طیف مشابهی استفاده می کنند، با این تفاوت که با ارسال کد که در فواصل زمانی ثابتی تکرار می شود، از بروز تداخل جلوگیری می شود. این فواصل زمانی ارسال کد از یک ایستگاه مادر به دیگری فرق کرده و بنابراین امکان تداخل به این صورت منتفی است. برای داشتن ارتباط خوب و بهتر، مقادیر توان ارسالی در حداقل نگه داشته می شود. آنتن ها به منظور پوشش دهی بهتر و نداشتن نقطه کور باید در مکانهای مرتفع و دور از موانع فیزیکی قرار داده شوند. تشعشع ناشی از این آنتن ها به صورت افقی با اندکی واگرایی به پایین می باشد (نمودار ۱) که باعث می شود حداکثر پرتودهی در فاصله ای حدود ۱۰۰ متری اتفاق افتد. یک آنتن بطور معمول با توان حدود ۶۰ وات کار می کند (شکل ۴).

تشعشعات ناشی از ایستگاههای مادر CDMA کمتر از GSM می باشد. آنتن های بشقابی برای ایجاد خط ارتباطی با سایر آنتن ها بکار رفته و در فرکانس ریزموج با توانی در حدود ۸-۱ وات کار می کنند. موج لوب های کناری ناشی از این آنتن ها به سمت پایین جهت گرفته و در فاصله ۲۰ متری مقادیر پرتودهی در حدود ۰/۰۶۴ وات بر متر مربع دارند. میزان توان خروجی تلفن همراه نوع GSM بطور متوسط ۲۵۰ میلی وات و نوع CDMA، ۲۰۰ میلی وات می باشد.



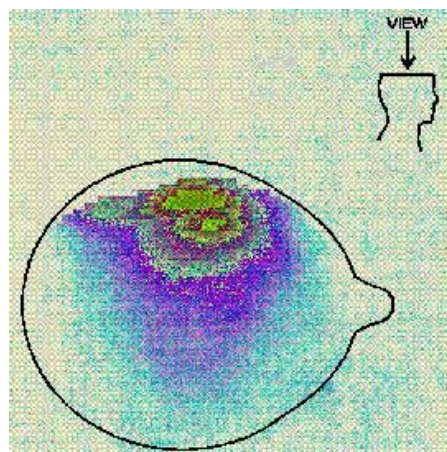
شکل ۴ - الف) میدان قوی، ب) میدان ضعیف



نمودار ۱- مقادیر دانشیه توان آنتن های ایستگاهی تلفن های همراه در فواصل مختلف

میدان RFR ناشی از تلفن همراه:

در محدوده طول موجهای ناشی از یک فرستنده RF، ناحیه ای بعنوان میدان نزدیک شناخته شده است و چون تشعشع تلفن همراه دارای طول موج ۳۰ سانتی متر در فرکانس ۹۰۰ مگاهرتز (نوع GSM) می باشد، سر کاربر در داخل این میدان واقع می شود، سر باعث بهم ریختن میدان شده و نحوه واکنش RFR با بافت را دستخوش تغییر می کند و بدین دلیل محاسبات پیچیده تر می شوند و شبیه سازی کامپیوتری با محاسبات تجربی را الزامی می سازند. شکل ۵ نمونه ای شبیه سازی شده از نحوه توزیع RF جذبی در ناحیه سر ناشی از دریافت امواج تلفن همراه از سمت گوش چپ را با حداکثر جذب (بخش مرکزی) در آهنگ جذب ویژه (SAR)، ۲-۳ وات بر کیلوگرم و با توان تابشی یک وات (۴ برابر توان خروجی تلفن GSM) نشان می دهد.



شکل ۵- طرح نمادین توزیع RF جذبی ناشی از تلفن همراه در ناحیه سر (بخش مرکزی توزیع RF جذبی، بیشترین آهنگ جذب را دارد)

فیزیک جذب امواج RFR :

تشعشع الکترومغناطیسی در طول موجهای بلندتر از محدوده اشعه ایکس، از انرژی کافی برای یونیزه کردن اتمها و مولکولها برخوردار نبوده و این طیف به عنوان ناحیه تشعشع غیر یونیزان شناخته می شود. RFR بخشی از این ناحیه طیف را در طول موجهای بزرگتر از تشعشع مادون قرمز (IR) بخود اختصاص می دهد و تاکنون بطور قطع به اثبات نرسیده است که سرطان زا باشد. میداین RF می تواند باعث تنش و ارتعاشاتی در مولکول های ماده زیستی شده و افزایش موضعی درجه حرارت باعث جابجائی یونها، ارتعاشات بارهای پیوندی (الکترونها و یونها) و چرخش و جهت دهی متفاوت مولکولهای دوقطبی نظیر مولکول آب شوند. این واکنش ها که از دیدگاه الکتروپدینامیک کلاسیک، قابل توضیح می باشند در پرتوگیری از میداین RF ضعیف قادر به ایجاد اثرات قابل مشاهده ای نمی باشند، زیرا بواسطه توزیع تصادفی حرارتی مستهلک می شوند. علاوه بر آن زمان واکنش سیستم باید بحدی سریع باشد که اجازه عمل را در طی دوره زمانی واکنش بدهد. به لزوم وجود آستانه ای همراه با فرکانس قطع (Cut-off freq) را آشکار می سازد. پرتوگیری از EMF با فرکانس های بیشتر از ۱۰۰ کیلوهرتز می تواند منجر به جذب معنی دار انرژی و افزایش حرارت موضعی شود که این اثر حرارتی بعنوان پایه در برآورد خطر سلامتی بدنبال پرتوگیری RF قرار گرفته است. معمولاً گستره فرکانسی RF را از لحاظ جذب انرژی بصورت ایجاد حرارت به چهار محدوده تقسیم می کنند: در گستره ۱۰۰ کیلوهرتز تا ۲۰ مگا هرتز در فرکانسهای پایین جذب EMF در تنه بشدت کاسته شده و جذب چشمگیری در گردن و پاها اتفاق می افتد. محدوده ۳۰۰-۲۰ مگا هرتز در کل بدن جذب نسبتاً بالایی دارد. از ۳۰۰ مگاهرتز تا چند گیگاهرتز جذب غیریکنواخت موضعی به صورت معنی داری وجود دارد. بالاتر از ۱۰ گیگا هرتز جذب بطور عمده در سطح بدن مطرح می شود.

در بافت ها، نرخ جذب ویژه (SAR) بدنبال جذب انرژی RF در واحد جرم بافت، متناسب با مربع شدت میدان الکتریکی داخلی است. نحوه توزیع SAR و مقدار متوسط آن را می توان از مقادیر آزمایشگاهی محاسبه کرده و یا تخمین زد. مقادیر SAR به فرکانس، شدت، پلاریزاسیون، ویژگی بدن تحت تابش یعنی اندازه، شکل هندسی داخلی و خارجی و ویژگیهای دی الکتریک بافتهای مختلف، اثرات پراکندگی، جذب و انعکاس مربوط به زمین یا سایر موارد بر میدان نزدیک شخص تحت تابش بستگی دارد. آهنگ جذب ویژه ۴ وات بر کیلوگرم منجر به افزایش حرارت موضعی به اندازه یک درجه سانتی گراد می شود که البته در خصوص تلفن دیجیتالی افزایش در حد کسری از درجه بوده و تغییرات در حد چشمگیری محسوب نمی شود. مطالعات In vitro نشان می دهد که میداین RF ضعیف بویژه با فرکانس های پایین، ویژگیهای عملکردی و ساختار غشاء را تغییر داده و واکنش های سلولی را برمی انگیزد. میداین فوق در فرکانس بالا تغییری در پتانسیل های غشاء نمی دهند بلکه از غشاء سلول نفوذ کرده و بر ساختمان و عملکرد سیتوپلاسم تأثیر می گذارند. در اینصورت منجر به یک عده تغییرات وسیع فیزیولوژیک در سلول های زنده می شود که تاکنون بدرستی شناسایی نشده است. گزارشاتی از عدم تأثیر میداین RF در فراوانی ناهنجاریهای کروموزومی سلول های انسان (۲۰۰۰)، IEGMP و عدم رخداد جهش در برخی از موجودات زنده شامل سلولهای لنفوئیدی موش و جلبک ارائه شده است. در مقابل شواهد و مدارک In vitro مطالعات متعدد در In vivo نشان داده است که میداین RF ممکن است بطور مستقیم بر DNA تأثیر بگذارند (Lai and Singh, ۱۹۹۵-۱۹۹۶) از طرفی در تحقیقات گسترده تری فقدان اثر کلاستوزنیک در سلولهای غیرجنسی و جنسی حیوانات تحت تابش گزارش شده است (ICNJR, ۱۹۹۸) و نیاز به بررسی های بیشتر در رابطه با اثر سینزیک احتمالی RF با جهش زها یا سرطان زهای فیزیکی و شیمیایی را در تحقیقات بعدی مطرح ساخته است (IEGMP, ۲۰۰۰). پرتوگیری

مزمّن از امواج RF در موش (2-8 W/kg) به افزایشی در پیشرفت یا بروز تومورهای خودبه خودی پوستی ناشی از مواد شیمیایی منجر شده است (Szmigielski et al., 1982). رویهم رفته می توان اذعان کرد که RF نمی تواند به تنهایی آغازگر تومور باشد و مطالعاتی هم که افزایش فراوانی بروز سرطان را متعاقب پرتوگیری RF مطرح ساخته اند، متناقض می باشند (ICNIRP, 1998). اثرات غیرحرارتی: مقادیر RFR ضعیف باعث تغییرات رفتاری جانوران یا تغییرات در عملکرد غشاء سلولها می شود که این اثرات هنوز به قطع از لحاظ داشتن عوارض سوء به اثبات نرسیده اند.

جمع بندی:

با توجه به مطالعات و مشاهدات انجام گرفته در محیط های *in vivo* و *in vitro* چنین بنظر می آید که تاکنون اتفاق نظری مبنی بر سلامتی و یا احتمال خطر پرتوگیری از امواج RF ناشی از سیستم های تلفن همراه حاصل نشده است. از طرفی بروز واکنش های بافتی متعاقب پرتوگیری از این امواج دلیل انکارناپذیری برای ایمن نبودن آنها بشمار می آید و نیاز به انجام مطالعات اپیدمیولوژیک بیشتر بر روی جمعیت انسانی، بررسی های آزمایشی بیشتر با داوطلبان و استفاده از تکنیک های نوین کشت آزمایشگاهی و بررسی کشت سلولهای بنیادین را مطرح می سازند. علاوه بر این، مطالعات دقیق دزیمتری در برآورد میزان پرتوگیری RF از منابع مختلف نیز مورد نیاز هستند و مطالعاتی از قبیل تأثیر در افزایش نرخ ابتلاء به سرطان به تعقیب طولانی مدت و سالهای متمادی نیاز دارد. این واقعیت از آنجا ناشی می شود که در بازمانده های بمباران اتمی شهرهای هیروشیما و ناکازاکی با گذشت بالغ بر 60 سال از حادثه، هنوز هم اثراتی مشاهده می شود که ناشی از پرتوگیری تشعشع یونیزان در آن زمان بوده است. در خصوص تشعشعات غیریونیزان وضع پیچیده تر است چون بازه و شدت اثر گذاری خفیف تر بوده و برای بروز اثر شاید به زمانهای بیشتری وقت نیاز باشد. اطلاعات بیشتر در خصوص اثرات امواج RF را می توان از منابع معتبر علمی و همچنین گزارشات علمی استخراج نمود. سازمان Verum بعد از سال 2004، نتایج پروژه گسترده ای را در خصوص اثرات امواج RF بر روی سلولها در سطح مولکولی با عنوان پروژه REFLEX در پایگاه جهانی اینترنت¹ منتشر کرده است و در نشت سال 2004 سازمان بهداشت جهانی (WHO) تصمیم بر آن شده است که توجه بیشتری بر اثرات بالقوه امواج محدوده RF بر اطفال معطوف شود.

اقدامات ایمنی پرتوی:

بخاطر فقدان قطعیت علمی روی اثرات RFR بر سلامتی، براساس قاعده کلی «اجتناب احتیاط آمیز راه معقول جلوگیری از پرتوگیرهای غیرضروری است». کم هزینه ترین روش می تواند به حداقل رسانیدن پرتوگیری باشد. انجام تماس های کوتاهتر، انتخاب تلفن هایی با میزان RFR پایین تر، دور گرفتن تلفن از سر هنگام استفاده و بکار بردن سیستم هندفری بعنوان راههایی برای کاهش دادن میزان پرتوگیری موثر محسوب می شوند. سازمان های بین المللی مانند WHO اتفاق نظر دارند که تحقیق علمی قادر نیست همگام با پیشرفت های سریع فناوری ارتباطات و گسترش جهانی آن به نتیجه برسد و نگرانی هایی در زمینه اثرات زیستی پرتوگیری های در محدوده RFR وجود دارد. از اینرو، نیاز است که خط مشی ها و استانداردهایی که اثرات بیولوژیک غیرحرارتی را نیز مدنظر قرار دهند، ارائه شوند.

1- www.verum-foundation.de

1. Sienkiewicz Z.J and Kowalczyk C I, A Summary of recent reports on mobile phones and health (2000-2004). National Radiological Protection Board, Chilton, Didcot, Oxon Oxl1 0RQ, 2005, pp 1-34.
2. Michael H Repacholi, Health risks from the use of mobile phones, (2001), Toxicology letters 120, pp. 323-331.
3. The mobile phone system and health effects. Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency. (7 Dec 2004). URL: <http://www.arpansa.gov.au/mph1.htm>

Archive of SID