



مجله سنجش و ایمنی پرتو، جلد ۵، شماره ۱، زمستان ۱۳۹۵

مطالعه مواجهه عمومی با امواج مایکروویو انتشار یافته از سامانه‌های بدون سیم (Wireless) دانشگاه علوم پزشکی قزوین

مجتبی جعفروند*، علی صفری واریانی و محمد رحمانی

دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی قزوین، قزوین، ایران.

*قزوین، دانشگاه علوم پزشکی قزوین، دانشکده بهداشت، کدپستی: ۳۴۱۹۷-۵۹۸۱۱

پست الکترونیکی: m.jafarvand98@gmail.com

چکیده

افزایش استفاده از سامانه‌های بدون سیم در محیط‌های آموزشی و اداری، باعث نگرانی افراد شاغل در این محیط‌ها در خصوص عوارض جسمی و روانی این امواج بر سلامت شده است. لذا مطالعه حاضر با هدف ارزیابی مواجهه عمومی با شدت امواج مایکروویو انتشار یافته از سامانه‌های بدون سیم (Wireless) دانشگاه علوم پزشکی قزوین انجام شد. در این پژوهش توصیفی-تحلیلی شدت مؤثر امواج مایکروویو در ۱۵۸ ایستگاه شامل محل نقاط دسترسی آنتن‌ها، اتاق اساتید، اتاق جلسات، کلاس درس، راهروها و مجاور رایانه (لپ‌تاپ) در دانشکده‌های دانشگاه علوم پزشکی قزوین اندازه‌گیری گردید. اندازه‌گیری امواج با استفاده از دستگاه Wave Control ساخت کشور اسپانیا مطابق با روش توصیه شده IEEE C95.3 مؤسسه ملی استاندارد آمریکا صورت گرفت. چگالی توان مواجهه با امواج مایکروویو در سطح دانشگاه $0.121 \pm 0.437 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ بود که پایین‌تر از حدود مجاز بین‌المللی می‌باشد. نتایج نیز نشان داد میزان چگالی توان امواج مایکروویو بر حسب نقاط اندازه‌گیری و دانشکده‌ها اختلاف معناداری وجود دارد ($p_v < 0.05$). بیش‌ترین میانگین چگالی توان امواج معادل $0.558 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ در اطراف آنتن به‌دست آمد. در پژوهش انجام شده با این‌که چگالی توان امواج انتشار یافته از سامانه‌های بدون سیم در یک محیط آموزشی و اداری کمتر از حدود مجاز توصیه شده کشوری قرار داشت. با این حال، به‌علت عدم شواهد قطعی در مورد اثرات بهداشتی مواجهه انسان با امواج، رعایت اصول هرچه کمتر مواجهه برای کاربرد منابع پرتو رادیویی توصیه شده است.

کلیدواژه‌گان: سامانه‌های بدون سیم، مواجهه عمومی، امواج مایکروویو.

۱. مقدمه

اشاره کرد [۸، ۹]. با این وجود در سال ۲۰۱۱، گروهی از متخصصین اتحادیه بین‌المللی سرطان‌شناسی (IARC^۲) توافق نمودند که امواج رادیویی را به‌عنوان سطح "احتمالاً سرطان‌زا" برای انسان در نظر گرفت [۱۰].

امواج مایکروویو انتشار یافته از دستگاه‌های بدون سیم در محدوده فرکانسی ۲/۴ تا ۵ گیگاهرتز قرار دارند [۳]. اثرات زیان‌بار این امواج در محدوده فرکانسی ذکر شده، می‌تواند باعث اثرات زیان‌بار بر بیضه، چشم و دیگر بافت‌ها گردد، همچنین باعث تغییر در سلول‌ها و بیوشیمی خون، افزایش سرطان، تأثیر روی غدد جنسی، ملاتونین و اختلال در خواب شود [۱۱، ۱۲].

از دیگر اثرات امواج مایکروویو انتشار یافته از دستگاه‌های بدون سیم در کوتاه مدت می‌توان به آسیب روی فعالیت‌های شناختی، حافظه و یادگیری، زمان واکنش، توجه و تمرکز و تغییر فعالیت امواج مغزی اشاره کرد [۱۳، ۱۴]. لذا اگرچه ایجاد این اثرات را به‌صورت قطعی نمی‌توان تأیید کرد، با این حال احتمال بروز چنین اثراتی هنوز رد نشده است.

میزان حدود مجاز توصیه شده امواج مایکروویو در فرکانس ۲/۴ گیگاهرتز در کشورهای مختلف دارای اختلاف قابل ملاحظه‌ای می‌باشد. کمیسیون بین‌المللی حفاظت در برابر پرتوهای غیریون‌ساز حد مجاز چگالی توان امواج مایکروویو در ۶ دقیقه را 1 mW/cm^2 و برای شدت مؤثر میدان الکتریکی 61 V/m توصیه نموده است. درخصوص حدود مجاز مواجهه با امواج مایکروویو جهت سامانه بدون سیم در فرکانس ۲/۴ گیگاهرتز کشورهای آمریکا و کانادا، چگالی توان امواج معادل 1 mW/cm^2 و در کشورهای ایتالیا و چین چگالی توان امواج معادل $10 \mu\text{W/cm}^2$ با لحاظ کردن اثرات غیر حرارتی امواج ذکر شده است. با توجه به اثرات غیر حرارتی بیولوژیک امواج

در سال‌های اخیر شبکه‌های بدون سیم در اکثر سازمان‌های دولتی به‌خصوص دانشگاه‌ها و مراکز آموزشی به‌دلیل انعطاف‌پذیری، مقرون به‌صرفه بودن و استقرار سریع آن‌ها، در جهت استفاده از اینترنت گسترش چشم‌گیری داشته است [۱]. سامانه بدون سیم جهت استفاده از اینترنت و تبادل اطلاعات، تحت عنوان (Wi-Fi^۱) به تکنولوژی انتقال اطلاعات اطلاق شده که در آن امواج مایکروویو به جای سیم برای تبادل سیگنال‌های اطلاعاتی بین دو دستگاه استفاده می‌شود [۲-۴].

Wi-Fi اشاره به نوعی از فن‌آوری‌های بدون سیم دارد که به شکل محلی در فرکانس ۲/۴ تا ۵ گیگاهرتز عمل می‌کند و انتقال داده را در طیف وسیعی از ۱ الی ۵۰ مگابایت در ثانیه فراهم می‌کند [۵]. امواجی که از این سامانه انتشار می‌یابد در محدوده امواج مایکروویو قرار دارد. امواج مایکروویو بخشی از امواج الکترومغناطیس غیریون‌ساز هستند که در محدوده فرکانسی ۳۰۰ MHz تا ۳۰۰ GHz قرار دارند و طول موج آن از ۱ mm تا ۱ m ذکر شده است [۶]. قرارگیری در برابر این امواج ممکن است باعث بروز خطراتی در سیستم‌های بیولوژیکی گردد و سلامتی بافت‌ها را به مخاطره بیندازد. میدان‌های الکترومغناطیسی اثر گرمایی و غیرگرمایی ایجاد می‌کنند که در هر دو صورت می‌توانند بر سطوح سلولی و مولکولی، اثرات مخربی داشته باشند [۷]. از آثار حرارتی این امواج می‌توان به آسیب به چشم (کاتاراکت) و دستگاه تولید-مثل نام برد. از آثار غیر حرارتی امواج الکترومغناطیسی نیز به اثرات زیان‌بخش بر روی سلول‌های کبدی، تغییر در فعالیت نورون‌های سلول‌های مغزی و سیستم اعصاب مرکزی، افسردگی ذهنی، آشفتگی ذهنی، درد عضلانی، درد در ناحیه قلب، مشکلات تنفسی و همچنین عرق ریختن بیش از حد

² International Agency for Research on Cancer

¹ Wireless Fidelity

اندازه‌گیری شدت مؤثر میدان الکتریکی در محدوده فرکانسی ۱۰۰ کیلوهرتز تا ۵ گیگاهرتز مطابق با روش توصیه شده به شماره IEEE C95.3 مؤسسه ملی استاندارد آمریکا صورت گرفت [۱۵]. اندازه‌گیری امواج با نصب دستگاه بر روی سه پایه در ارتفاع ۱/۷ m (مربوط به موقعیت سر یک انسان بالغ به‌طور متوسط) و اندازه‌گیری شدت امواج در مدت زمان ۶ دقیقه در فاصله ۱ m و جهت اندازه‌گیری مواجهه افراد مجاور رایانه در فاصله ۰/۵ m در زمان اتصال به اینترنت و کاربری (دانلود) صورت پذیرفت. داده‌های به‌دست آمده با استفاده از آمار توصیفی و استنباطی توسط نرم‌افزار SPSS نسخه‌ی ۱۶ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

۳. یافته‌ها

یافته‌ها نشان دادند که بیش‌ترین میانگین چگالی توان امواج مایکروویو منتشرشده در بین دانشکده‌های مختلف دانشگاه مربوط به دانشکده پزشکی ($0/439 \mu W/cm^2$) بود. تحلیل‌های آماری داده‌ها با استفاده از آزمون مقایسه گروه‌ها در سطح اطمینان ۹۵٪ نشان داد که اختلاف معناداری بین میانگین چگالی توان امواج مایکروویو در بین دانشکده‌های مختلف وجود دارد ($p=0/003$). میزان چگالی توان امواج در سایر دانشکده‌ها در جدول ۱ ارائه شده است.

حداکثر چگالی توان مجاز امواج تا مقدار $0/017 \mu W/cm^2$ نیز توصیه شده است [۱۵].

بنابراین با توجه به جمعیت قابل ملاحظه در حال انجام فعالیت آموزشی، مواجهه با امواج مایکروویو در بخش‌های مختلف دانشگاه و همچنین خطرات ذکر شده بر سلامتی جسمی و ذهنی دانشجویان و کارمندان، هدف از مطالعه حاضر مطالعه مواجهه عمومی با شدت امواج مایکروویو انتشار یافته از سامانه‌های بدون سیم دانشگاه علوم پزشکی قزوین می‌باشد.

۲. روش بررسی

این مطالعه از نوع توصیفی-تحلیلی در سال ۱۳۹۵ اجرا گردید و با توجه به مطالعات گذشته انجام شده [۳]، حجم نمونه ۱۵۸ ایستگاه به‌دست آمد. سپس تعداد نقاط اندازه‌گیری در هر یک از دانشکده‌ها با استفاده از روش نمونه‌گیری طبقه‌ای تعیین شد. شدت امواج مایکروویو در ۱۵۸ ایستگاه شامل محل دسترسی آنتن‌ها، داخل کلاس‌ها، اتاق اساتید، اتاق جلسات، راهروها و مجاور رایانه در حین کاربری به‌صورت تصادفی در دانشکده‌های (بهداشت و پیراپزشکی، پرستاری و مامایی و دندان‌پزشکی) مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. امواج انتشار یافته از سامانه‌های Wi-Fi با استفاده از دستگاه‌سنجش امواج الکترومغناطیس (Wave Control) ساخت کشور اسپانیا با قابلیت اندازه‌گیری امواج در سه جهت (X, Y, Z) و با

جدول (۱): میزان چگالی توان امواج مایکروویو از سامانه‌های بدون سیم در سطح دانشکده‌های مختلف بر حسب $\mu W/cm^2$

دانشکده	تعداد	میانگین \pm انحراف معیار	حداقل	حداکثر	pvalue
بهداشت و پیراپزشکی	۵۱	$0/022 \pm 0/030$	۰/۰۰۳	۰/۱۰۸	۰/۰۰۳
پرستاری و مامایی	۴۱	$0/098 \pm 0/064$	۰/۰۱۱	۰/۴۶۰	
پزشکی	۳۷	$0/862 \pm 0/349$	۰/۰۰۹	۳/۶۵۱	
دندان‌پزشکی	۲۹	$0/080 \pm 0/070$	۰/۰۱۱	۰/۴۰۰	

نتایج نشان داد که بیشترین میانگین چگالی توان امواج میکروویو در اطراف آنتن ($0/558 \mu\text{W}/\text{cm}^2$) به دست آمده و همچنین تحلیل‌های آماری اختلاف معناداری در بین میانگین چگالی توان امواج، با نقاط اندازه‌گیری وجود دارد

($p=0/000$). اطلاعات مربوط به چگالی توان و شدت مؤثر میدان الکتریکی امواج در سایر نقاط اندازه‌گیری در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول (۲): میزان چگالی توان و شدت مؤثر میدان الکتریکی امواج میکروویو از سامانه‌های بدون سیم در نقاط مختلف دانشگاه بر حسب $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ و V/m .

نقاط اندازه‌گیری	تعداد	واحد اندازه‌گیری شده	میانگین \pm انحراف معیار	حداقل	حداکثر	pvalue
اطراف آنتن	۲۶	چگالی توان ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)	$0/977 \pm 0/558$	$0/036$	$3/651$	$0/000$
		میدان الکتریکی (V/m)	$0/915 \pm 1/140$	$0/369$	$3/710$	
کلاس درس	۴۲	چگالی توان ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)	$0/010 \pm 0/024$	$0/003$	$0/048$	$0/000$
		میدان الکتریکی (V/m)	$0/066 \pm 0/292$	$0/101$	$0/427$	
اتاق اساتید	۲۴	چگالی توان ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)	$0/061 \pm 0/045$	$0/009$	$0/265$	$0/000$
		میدان الکتریکی (V/m)	$0/193 \pm 0/369$	$0/185$	$1/000$	
اتاق جلسات	۱۲	چگالی توان ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)	$0/016 \pm 0/032$	$0/008$	$0/066$	$0/000$
		میدان الکتریکی (V/m)	$0/093 \pm 0/338$	$0/171$	$0/498$	
راهرو	۳۰	چگالی توان ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)	$0/024 \pm 0/032$	$0/010$	$0/131$	$0/000$
		میدان الکتریکی (V/m)	$0/107 \pm 0/335$	$0/194$	$0/702$	
کنار لپ‌تاپ	۲۴	چگالی توان ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)	$0/017 \pm 0/048$	$0/011$	$0/092$	$0/000$
		میدان الکتریکی (V/m)	$0/079 \pm 0/418$	$0/205$	$0/588$	

نتایج حاصل از اندازه‌گیری نشان داد که میانگین چگالی توان امواج میکروویو انتشار یافته از سامانه‌های بدون سیم در سطح دانشگاه $0/121 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ بود. سایر نتایج نیز در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول (۳): میزان چگالی توان و شدت مؤثر میدان الکتریکی امواج میکروویو ناشی از سامانه‌های بدون سیم در سطح دانشگاه.

کمیت اندازه‌گیری	تعداد	میانگین \pm انحراف معیار	حداقل	حداکثر
چگالی توان امواج الکترومغناطیس $\mu\text{W}/\text{cm}^2$	۱۵۸	$0/437 \pm 0/121$	$0/002$	$3/651$
شدت مؤثر میدان الکتریکی V/m	۱۵۸	$0/483 \pm 0/474$	$0/101$	$3/710$

۴. بحث و نتیجه‌گیری

دانشکده‌ها را، می‌توان به‌نوع شرکت سازنده سامانه‌های بدون سیم نسبت داد.

نتایج جدول شماره ۲ نشان داد که میانگین شدت امواج مایکروویو ناشی از سامانه‌های بدون سیم در اطراف آنتن بیش‌ترین مقدار را در بین نقاط اندازه‌گیری (چگالی توان $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ۰/۵۵۸ و میدان الکتریکی V/m ۱/۱۴۰) به خود اختصاص داد.

در مطالعه انجام شده توسط کُرد و همکاران میانگین چگالی توان امواج در فاصله یک متری آنتن $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ۰/۲۱۴ و همچنین در پژوهش انجام شده توسط مایکلاس و همکاران با عنوان بررسی مواجهه با امواج سامانه‌های بدون سیم چگالی توان میدان الکترومغناطیسی در ۸۸٪ موارد پایین‌تر از $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ۱، ۸/۱٪ موارد در فاصله $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ۳-۱ و درصد کمی در بین $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ۶-۳ ارزیابی شد که مقادیر پایین‌تر از حدود مجاز توصیه شده قرار داشت [۴]. در پژوهشی که اندرسون و همکاران انجام دادند، شدت مؤثر میدان‌های الکتریکی در فاصله یک متری آنتن، بین V/m ۰/۱۷۹ و V/m ۱/۳۰۶ [۳، ۱۷] و به‌علاوه در مطالعه ورلاک و همکاران نیز میانگین میزان مواجهه با میدان الکتریکی در اطراف آنتن‌ها در فاصله کمتر از یک متر در وضعیت غیرفعال V/m ۰/۱۲ و در حالت فعال V/m ۱/۹ تعیین شد [۱۸]. مقایسه یافته‌ها مطالعات ذکر شده با مطالعه حاضر بیانگر آن است که در تمام نقاط اندازه‌گیری شدت امواج مایکروویو منتشر شده از دستگاه‌های بدون سیم کمتر از حدود مجاز توصیه شده قرار دارد. میزان اختلاف موجود را نیز می‌توان به تکنولوژی به‌کار رفته در ساخت دستگاه بدون سیم و توان خروجی آن نسبت داد.

در زندگی امروزی انسان به‌طور ناخواسته در معرض امواج مایکروویو منتشر شده از سایر منابع مثل آنتن‌های دریافت و ارسال امواج موبایل مستقر در سطح شهر، امواج ناشی از سامانه‌های بدون سیم و تجهیزات ارتباطی و اطلاعاتی قرار

این مطالعه با هدف تعیین مواجهه عمومی با شدت مؤثر ۶ دقیقه‌ای امواج مایکروویو منتشر شده از سامانه‌های بدون سیم در محیط‌های آموزشی و مقایسه آن با حدود مجاز توصیه شده انجام شد. نتایج این پژوهش نشان داد که میانگین چگالی توان امواج مایکروویو در سطح دانشگاه کم‌تر از حدود مجاز توصیه شده قرار دارد که با مطالعه انجام شده توسط کُرد و همکاران همخوانی داشت [۳]. فن‌آوری انجام شده بر روی دستگاه‌های بدون سیم، توان خروجی آنتن و شرایط نصب سامانه در مکان موردنظر، می‌تواند از جمله عوامل تأثیرگذار بر پرتوگیری افراد در معرض مواجهه محسوب گردد.

از جمله مطالعاتی که در گذشته جهت تعیین مواجهه افراد با امواج مایکروویو انتشار یافته از شبکه‌های بدون سیم مورد استفاده Wi-Fi صورت گرفته، می‌توان به پژوهش فاستر و همکاران اشاره کرد [۱۶]. نتایج تحقیق ذکر شده نشان داد که چگالی توان امواج مورد اندازه‌گیری پایین‌تر از حدود مجاز توصیه شده توسط سازمان بین‌المللی پرتوهای غیریون‌ساز قرار دارد، که با یافته‌های مطالعه حاضر همسو می‌باشد.

مطابق یافته‌های جدول شماره ۱ بیش‌ترین میانگین چگالی توان امواج مایکروویو در بین دانشکده‌های مختلف مربوط به دانشکده پزشکی می‌باشد. با توجه به اینکه توان خروجی دستگاه‌های بدون سیم بر حسب تکنولوژی به‌کار رفته در ساخت آن به اصطلاح مارک و مدل دستگاه می‌تواند تغییر کند [۳، ۱۶]. دستگاه بدون سیم به‌کار گرفته شده در سه دانشکده (بهداشت و پیراپزشکی، پرستاری و مامایی و دندان‌پزشکی) از نوع Archer C7 ساخت شرکت Tp-Link بوده در حالی که دستگاه بدون سیم به‌کار گرفته شده در دانشکده پزشکی از نوع Hap ac ساخت شرکت MikroTik می‌باشد. لذا اختلاف در مقادیر میانگین چگالی توان بین دانشکده پزشکی با سایر

دارد که در نتیجه، میزان مواجهه با این امواج را به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌دهد [۱۹،۲۰].

با توجه به دستیابی یافته‌های قابل ملاحظه در مطالعات متعدد صورت گرفته در زمینه اثرات بهداشتی امواج مایکروویو، هنوز ابهاماتی در خصوص اثراتی مانند سرطان‌زایی پرتوهای غیریون‌ساز وجود دارد. لذا سازمان جهانی بهداشت بر ضرورت انجام مطالعات جامع‌تر در زمینه دستیابی به حدود مجاز قابل اطمینان زیاد به‌منظور برطرف کردن نگرانی‌های عموم جامعه تأکید زیادی دارد [۳،۶].

همچنان در مطالعات اشاره شده اقدامات حفاظتی در مقابل امواج غیریون‌ساز بر سه اصل زمان، فاصله و حفاظ‌گذاری است. بنابراین در خصوص اقدامات مؤثر می‌توان با کاهش زمان مواجهه و افزایش فاصله خود از سامانه‌های بدون سیم در محیط‌های آموزشی و اداری، تا حدودی در میزان مواجهه با امواج و نیز اثرات آن در امان بود [۲۱].

از جمله اثرات مهم مواجهه با امواج غیریون‌ساز احتمال ایجاد رادیکال‌های آزاد و در نتیجه باعث تولید ترکیبات اکسیده، در بافت مواجهه یافته، خواهد شد. لذا استفاده از ترکیبات آنتی‌اکسیدان در رژیم غذایی روزانه از جمله میوه و سبزیجات و همچنین آموزش افراد درباره مخاطرات مواجهه با پرتوها می‌تواند از اقدامات مدیریتی مؤثر باشد [۳،۱۵،۲۲].

نظر به میزان کمبود اطلاعات کافی در مورد میزان مواجهه افراد

با امواج مایکروویو انتشاریافته از سامانه‌های بدون سیم در محیط‌های آموزشی و سازمانی، پژوهش حاضر توانست میزان مواجهه افراد در قسمت‌های مختلف یک محیط آموزشی و اداری را با شرایط کاربری مختلف از دستگاه‌های بدون سیم، با حدود مجاز توصیه شده منعکس کند و به برخی از نگرانی‌های افراد در این زمینه پاسخ‌گو باشد.

در پژوهش انجام شده شدت امواج انتشاریافته از سامانه‌های بدون سیم در محیط آموزشی و اداری اندازه‌گیری شده، کمتر از حدود مجاز توصیه شده کشوری قرار داشت. لذا این مطلب نمایان‌گر آن است که حدود استاندارد به‌خوبی رعایت شده است و بر اساس آنچه تا امروز مورد توافق مجامع علمی جهانی است استفاده از این فناوری‌ها نگران‌کننده نیست. با این وجود توصیه می‌شود در نحوه کار با سامانه‌های بدون سیم، از اصول هر چه کمتر مواجهه، پیروی شود.

۵. تقدیر و تشکر

این مطالعه حاصل طرح دانشجویی تصویب شده در کمیته تحقیقات دانشجویی دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی قزوین می‌باشد و نویسندگان کمال قدردانی را از همکاری کارکنان و اساتید دانشگاه علوم پزشکی قزوین ابراز می‌دارند.

۶. مراجع

- [1] I. Markakis, S. Theodoros. Radiofrequency exposure in Greek indoor environments. *Health physics*. 104(3) (2013) 293–301.
- [2] A. Peyman, M. Khalid, C. Calderon, D. Addison, T. Mee, M. Maslanyj, S. Mann. Assessment of exposure to electromagnetic fields from wireless computer networks (wi-fi) in schools; results of laboratory measurements. *Health physics*. 100(6) (2011) 594–612.
- [3] N. Kurd, A. Garkaz, M. Aliabadi, M. Farhadian. Study of public exposure to microwave radiation from wireless (WiFi) systems in Hamadan University of medical sciences. *Journal of Ergonomics*. 1(3)(2014) 11–17.
- [4] S. MICLĂUȘ, P. Bechet, I. Bouleanu, R. Helbet. Radiofrequency field distribution assessment in indoor areas covered by wireless local area networks. *Advances in Electrical and Computer Engineering*. 9(1) (2009) 52–55.
- [5] R. Hruby, G. Neubauer, N. Kuster, M. Frauscher. Study on potential effects of “902-MHz GSM-type Wireless Communication Signals” on DMBA-induced mammary tumours in Sprague–Dawley rats. *Mutation Research /Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*. 649(1) (2008) 34–44.
- [6] A. Bazargani, M. Yunesian, M. Monazzam, A. Mahvi. Microwave emission in indoor sites in the vicinity of macro cellular base stations in Zanjan. *Iranian Journal of Health and Environment*. 7(3) (2014) 339–350.
- [7] A. Louei Monfared, S. Hamoun Navard. Effect of mobile phone electromagnetic radiation histomorphological and morphometrical changes of the lymphoid organs in the mice. *Urmia medical journal*. 26(2) (2015) 92–101.
- [8] P. Alaei. Introduction to Health Physics. *Medical Physics*. 35(12) (2008) 5959–5959.
- [9] N. Mahrouf, R. Pologea-Moraru, M. Moiescu, S. Orłowski, P. Levêque, L. Mir. In vitro increase of the fluid-phase endocytosis induced by pulsed radiofrequency electromagnetic fields: importance of the electric field component. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Biomembranes*. 1668(1) (2005) 126–137.
- [10] R. Baan, Y. Grosse, B. Lauby-Secretan, F. El Ghissassi, V. Bouvard, L. Benbrahim-Tallaa, N. Guha, F. Islami, L. Galichet, K. Straif. Carcinogenicity of radiofrequency electromagnetic fields. *The lancet oncology*. 12(7) (2011) 624–626.
- [11] D. Cavka, D. Peratta Andrés. Electrostatic field around human head in front of Video display unit: Field as a function of display-Face distance. USA. In *Applied Electromagnetics and Communications*. (2007).
- [12] M. Standstrom, K. Hansson Mild, B. Stenberg, S. Wall. A survey of electric and magnetic fields among VDT operators in offices. *IEEE transactions on electromagnetic compatibility*. 35(3) (1993) 394–397.
- [13] L. Hillert, T. Åkerstedt, A. Lowden, C. Wiholm, N. Kuster, S. Ebert, C. Boutry, S. Douglas Moffat, M. Berg, B. Birger Arnetz. The effects of 884 MHz GSM wireless communication signals on headache and other symptoms: an experimental provocation study. *Bioelectromagnetics*. 29(3) (2008) 185–196.
- [14] P. Bernardi, M. Cavagnaro, S. Pisa. Assessment of the potential risk for humans exposed to millimeter-wave wireless LANs: The power absorbed in the eye. *Wireless Networks*. 3(6) (1997) 511–517.
- [15] P. Avenue. IEEE Recommended Practice for Measurements and Computations of Radio Frequency Electromagnetic Fields With Respect to Human Exposure to Such Fields 100 kHz–300 GHz. New York. American national standard institute. (2008).
- [16] F. Kenneth. Radiofrequency exposure from wireless LANs utilizing Wi-Fi technology. *Health physics*. 92(3) (2007) 280–289.
- [17] J. Andersen, P.E. Mogensen, G. Pedersen. Power variations of wireless communication systems. *Bioelectromagnetics*. 31(4) (2010) 302–310.
- [18] L. Verloock, W. Joseph, G. Vermeeren, L. Martens. Procedure for assessment of general public exposure from WLAN in offices and in wireless sensor network testbed. *Health Physics*. 98(4) (2010) 628–638.
- [19] M. Islam, O. Khalifa, A. Liakot, A. Azli, M. Zulkarnain. Radiation measurement from mobile base stations at a university campus in Malaysia. *American Journal of Applied Sciences*. 3(4) (2006) 1781–1784.
- [20] M. Aliabadi, H. Hatami, M. Ardestani, M. Farhadian. Evaluation of General Exposure to Microwave Propagation in Users of Different Types of Cell Phones. *Occupational Medicine Quarterly Journal*. 7(2) (2015) 21–31.

[21] A. Cookson. Recommended Practice for Radio Frequency Safety Programs. New York. American National Standard Institute. (2006).

[22] F. Barnes, B. Greenebaum. Biological and medical aspects of electromagnetic fields. American. CRC press. (2006).