

## بررسی میدان‌های الکترومغناطیس با فرکانس خیلی پایین (ELF) ساطع شده از لپ‌تاپ‌های متداول

رستم گل‌محمدی<sup>۱\*</sup> - حسین ابراهیمی<sup>۲</sup> - مجید فلاحی<sup>۲</sup> - احمد سلطان زاده<sup>۲</sup> - سعید موسوی<sup>۲</sup>

golmohamadi@umsha.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۲/۲۷

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۲/۱۶

### چکیده

**مقدمه:** میدان‌های الکترومغناطیس ساطع شده از لپ‌تاپ‌ها، امواج با فرکانس بیش از حد پایین (ELF) شناخته شده‌اند. این مطالعه با هدف مطالعه شدت میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی با فرکانس خیلی پایین (ELF) ساطع شده از انواع لپ‌تاپ‌های متداول انجام شده است.

**روش کار:** شدت میدان‌های الکتریکی و شدت میدان مغناطیسی در اطراف ۴۰ لپ‌تاپ از مارک‌های متداول مورد استفاده در فواصل ۳۰، ۶۰ و ۹۰ سانتی‌متری در چهار طرف لپ‌تاپ‌ها اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری‌ها در چهار حالت روشن بودن لپ‌تاپ، حالت sleep، حالت اجرای برنامه office و اجرای فایل‌های صوتی-تصویری مطابق با استاندارد انجام شد.

**یافته‌ها:** مقادیر شدت میدان مغناطیسی برای تمام لپ‌تاپ‌ها تقریباً ثابت و در حدود ۲۸ mA/m تا ۳۲ mA/m بود. نتایج اندازه‌گیری شدت میدان الکتریکی، در فواصل ۳۰، ۶۰ و ۹۰ سانتی‌متری اطراف لپ‌تاپ‌ها و در چهار جهت لپ‌تاپ‌ها مقادیر متفاوتی را نشان داد. در لپ‌تاپ‌های نوع hp و DELL میانگین میدان الکتریکی روی صفحه کلید در چهار حالت کارکرد لپ‌تاپ اختلاف معنی‌داری وجود دارد ( $P < 0/05$ ).

**نتیجه‌گیری:** یافته‌های این مطالعه نشان داد که لپ‌تاپ‌ها میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی در محدوده فرکانس‌های خیلی کوتاه (ELF) ایجاد می‌کنند که شدت این میدانها به نوع لپ‌تاپ، حالت کارکرد لپ‌تاپ و محل اندازه‌گیری نسبت به لپ‌تاپ بستگی دارد.

**کلمات کلیدی:** شدت میدان الکتریکی، شدت میدان مغناطیسی، لپ‌تاپ، میدان الکترومغناطیسی، ELF

۱- دانشیار، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان

۲- کارشناس ارشد مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان

۳- کارشناس ارشد آمار زیستی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان

### مقدمه

فرآیند صنعتی شدن و روند افزایش قابل توجه وسایل الکتریکی باعث افزایش مواجهه عمومی و شغلی طیف گسترده ای از افراد با میدان‌های الکترومغناطیسی شده است. این میدان‌ها دارای اثرات زیانبار بالقوه ای بوده و به همین دلیل از اهمیت قابل توجهی برخوردار می باشند (London *et al.*, 1991). میدان‌های الکترومغناطیسی با فرکانس‌های مختلف و شدت‌های بالا به عنوان یک فاکتور مهم در محیط زیست مطرح بوده و به دلیل ترس از پیدایش بیماری‌های ناشناخته، تغییر ترکیب خون، تاثیر بر سیستم‌های عصبی، دگرگونی‌های ژنتیک و بروز بیماری‌هایی مانند رشد سرطانی سلول‌ها باعث نگرانی عمومی در سطح جوامع و افزایش انگیزه تحقیقاتی مراکز علمی-پژوهشی شده است (Tenforde, 1986).

با پیشرفت کامپیوتر در دنیای مدرن امروزی، آگاهی درباره پرتوهای منتشر شده از مانیتورها یا نمایشگرهای کامپیوتر، لپ‌تاپ‌ها و سایر اجزای کامپیوتری برای تمام استفاده کنندگان حایز اهمیت است. پرتوهای ساطع شده از لپ‌تاپ‌ها، پرتوهای الکترومغناطیسی با فرکانس بیش از حد پایین (ELF) شناخته شده‌اند (Akinyemi *et al.*, 2010). تحقیقات نشان داده اند که شدت امواج الکترومغناطیسی با افزایش فاصله از منبع به سرعت کاهش یافته و پرتوهای کامپیوتری تنها ممکن است بخشی از کل پرتو الکترومغناطیسی باشد که بدن با آن مواجهه دارد. مواجهه طولانی با نمایشگرها که با تجهیزات الکترونیکی احاطه شده اند و هر کدام پرتو ELF ساطع می کنند، به عنوان یک اضطراب مهم مطرح شده است (Akinyemi *et al.*, 2010). سیستم پردازش مرکزی کامپیوترها (CPU)،

فن‌ها، درایوها و سایر واحدهای برقی پرتو شدیدی را در فاصله بیش از ۵۰ سانتی‌متر تولید می کنند که خطرناک هستند. بخش مغناطیسی پرتو الکترومغناطیسی (که احتمالاً خطرناک‌تر از بخش الکتریکی است) می تواند به هر جسم یا شیئی نفوذ کند، بنابراین قرار دادن یک صفحه یا مانع بین فرد و سیستم پردازش مرکزی کامپیوتر کمک قابل توجهی در این زمینه نمی کند. عامل دیگری که به شدت می تواند باعث ایجاد خطر سلامتی در بسیاری از دفاتر اداری گردد، نمایشگر کامپیوتر است. به طور کلی نمایشگرها به شکل جعبه حاوی لوله اشعه کاتدی، دارای سطوح بالایی از پرتو در فاصله ۳۰ سانتی‌متری در مقایسه با صفحه نمایشگرهای مدرن صفحه تخت با پرتو پایین هستند (Akinyemi *et al.*, 2010). واژه Laptop به معنی قابل حمل، به کامپیوترهای باطری دار کوچکی اطلاق می شود که به اندازه کافی کوچک هستند که بر روی زانوی کاربر قرار گیرند. چنانچه از نام لپ‌تاپ پیداست در فاصله خیلی نزدیکی به کاربر قرار گرفته که باعث مواجهه فرد با شدت‌های بالای میدان‌های الکترومغناطیسی نسبت به کامپیوترهای معمولی می‌گردد (Bellieni *et al.*, 2012). برخی مطالعات نشان داده است که علائم بسیاری نظیر سرخی، خارش و احساس سوزش، خستگی، سردرد، اختلال در تمرکز، تهوع و تپش قلب در نتیجه مواجهه با امواج ELF ایجاد می شود. در بررسی مطالعات اپیدمیولوژیکی که بر روی کودکان انجام شده است، سرطان جزء بیماری‌هایی طبقه بندی شده است که در ارتباط با میدان‌های ELF می باشد. این بیماری‌ها شامل، بیماری‌های قلبی-عروقی، تخریب و اختلال در مغز و عوارض روانی و تغییرات ضربان قلب می باشد (IARC, 2002).

با توجه به آنچه بیان شد و با توجه به کمبود چنین مطالعه‌ای در ایران، این مطالعه با هدف بررسی شدت میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی با فرکانس خیلی پایین (ELF) ساطع شده از انواع لپ‌تاپ‌ها در چهار حالت کارکرد مختلف (روشن بودن لپ‌تاپ بدون اجرای برنامه، حالت sleep، حالت اجرای برنامه office و اجرای فایل‌های صوتی-تصویری) در دانشگاه علوم پزشکی همدان انجام شده است.

### روش کار

این مطالعه یک بررسی مقطعی (cross-sectional) می‌باشد که با هدف اندازه‌گیری شدت میدان‌های الکترومغناطیسی با فرکانس پایین (ELF) ناشی از لپ‌تاپ‌ها در آزمایشگاه عوامل فیزیکی دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی همدان در تابستان ۱۳۹۱ انجام شده است.

اندازه‌گیری میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی با استفاده از دستگاه HI-3604 ساخت شرکت Holaday آمریکا انجام شده است. این دستگاه دارای قابلیت اندازه‌گیری میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی به طور مجزا در مقیاس‌ها و واحدهای مختلف و همچنین دارای قابلیت ذخیره‌سازی نتایج اندازه‌گیری می‌باشد (HI-3604, 1992). لازم به ذکر است که قبل از انجام اندازه‌گیری، با هماهنگی به عمل آمده با دانشجویان تحصیلات تکمیلی دانشگاه علوم پزشکی همدان، لپ‌تاپ‌های دانشجویان بر اساس شرکت سازنده و مدل آن طبقه‌بندی شده و مشخصات لپ‌تاپ‌ها در یک فرم از پیش تهیه شده گردآوری گردید. در این مطالعه، شدت میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی با فرکانس پایین (ELF) در اطراف ۴۰

چندین بیماری مغزی از این جنبه مورد توجه و بررسی قرار گرفته‌اند و مشخص شده است که بر روی عصب و سلول‌های عضلانی تاثیر می‌گذارند. البته شواهد کمی درباره تاثیر امواج ELF بر روی سیستم عصبی یا رفتاری در مقادیر مواجهه محیطی دیده شده است (Ahlbom, 2001).

Akinyemi و همکاران (۲۰۱۰) در مطالعه‌ای با هدف ارزیابی امواج ELF ساطع شده از انواع لپ‌تاپ‌ها نشان دادند که شدت امواج  $200-4$  mA/m (0/05-05/0mG) برای انواع لپ‌تاپ متغیر بوده و بیشترین شدت امواج مربوط به لپ‌تاپ hp مدل dv6000 می‌باشد. به علاوه در این مطالعه مشخص گردید که شدت امواج بستگی به نوع لپ‌تاپ دارد. Bellieni و همکاران (۲۰۱۲) در مطالعه‌ای با عنوان مواجهه با میدان‌های الکترومغناطیسی ساطع شده از لپ‌تاپ‌ها نشان دادند که شدت امواج بین  $1400-4800$  mA/m ( $6-1/75$   $\mu$ T) بوده و این میزان شدت در محدوده استاندارد کمیسیون بین‌المللی حفاظت در برابر تشعشعات غیر یونیزان می‌باشد (Bellieni *et al.*, 2012).

قربانی شهناء و همکاران (۱۳۸۳) در مطالعه‌ای با هدف بررسی شدت میدان‌های الکترومغناطیسی مجاور رایانه‌های دانشگاه علوم پزشکی همدان و تاثیر آن بر سلامت کاربران مشاهده نمودند که شدت میدان مغناطیسی در ۹۷/۷٪ از موارد در فاصله ۳۰ cm جلو مانیتور بیشتر از ۲۰ mA/m (استاندارد Tco و MPRII) و شدت میدان الکتریکی ۲۸/۷٪ موارد در فاصله ۳۰ cm جلو مانیتور بیشتر از ۲/۵ V/m (استاندارد MPRII) بوده و نوع مانیتور و عمر مانیتور به عنوان عوامل موثر بر شدت میدان ساطع شده مشخص گردیدند (Ghorbani Shahna *et al.*, 2005).

گیری چرخانده می‌شد و میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی ساطع شده از هر جهت لپ تاپ در یک راستا اندازه گیری گردید. آنالیز داده های مطالعه با استفاده از نرم افزار آماری SPSS نسخه ۱۸ انجام شد.

### == یافته ها

اندازه‌گیری میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی بر روی ۴۰ لپ تاپ که در چهار گروه (بر مبنای شرکت سازنده لپ تاپ) طبقه بندی شده بودند، انجام گردید. مشخصات لپ تاپ های مورد سنجش در جدول ۱ نشان داده شده است.

مقادیر اندازه گیری شده میدان‌های مغناطیسی بر روی صفحه کلید و زیر لپ تاپ در چهار حالت کارکرد لپ تاپ ها در جداول شماره ۲ و ۳ نشان داده شده است. مقادیر میدان مغناطیسی برای تمام لپ تاپ ها در فواصل ۳۰، ۶۰ و ۹۰ سانتی‌متری اطراف لپ تاپ ها و در چهار جهت لپ تاپ ها تقریباً ثابت و در حدود ۲۸ mA/m تا ۳۲ mA/m بود.

نتایج مقایسه شدت میدان مغناطیسی بر روی صفحه کلید و زیر لپ تاپ در چهار حالت کارکرد لپ تاپ ها در هر گروه از لپ تاپ ها با استفاده از آزمون آماری MANOVA نشان می‌دهند که اختلاف معنی داری بین میانگین میدان مغناطیسی روی صفحه کلید و زیر لپ تاپ در حالت sleep در لپ تاپ های نوع ASUS و hp وجود دارد ( $p < 0/05$ )، اما در حالات دیگر اختلاف معنی داری بین میدان مغناطیسی روی صفحه کلید و زیر لپ تاپ مشاهده نمی‌گردد ( $p > 0/05$ ). مقایسه بردار میانگین برای متغیر

لپ تاپ، بر روی صفحه کلید، زیر صفحه کلید، سمت راست و سمت چپ (در فواصل ۳۰، ۶۰ و ۹۰ سانتی متری) اندازه گیری شد. جهت اندازه گیری میدان الکتریکی صفحه دستگاه HI-3604 به صورت افقی نسبت به لپ تاپ ها و جهت اندازه گیری میدان مغناطیسی صفحه دستگاه اندازه گیری به صورت عمودی نسبت به لپ تاپ ها قرار داشت. اندازه گیری ها در شرایط یکسان برای تمام لپ تاپ ها در آزمایشگاه عوامل فیزیکی دانشگاه علوم پزشکی همدان انجام گردید که از لحاظ میدان‌های الکترومغناطیسی با فرکانس پایین (ELF) زمینه در حد قابل قبول بود. اندازه گیری ها در چهار حالت روشن بودن لپ تاپ، بدون اجرای برنامه، حالت sleep، حالت اجرای برنامه office و اجرای فایل های صوتی-تصویری و مطابق با استاندارد اندازه گیری امواج ELF ساطع شده از پایانه های تصویری (IEEE std 1140) انجام شد (IEEE, 1994).

به منظور حذف اثر مداخله ای میدان‌های ایجاد شده توسط آداپتور لپ تاپ ها، قبل از اندازه گیری ها، یک آزمایش اولیه بر روی چند لپ تاپ در دو حالت اتصال به آداپتور و بدون آداپتور انجام گردید که اختلاف آماری معنی داری بین دو حالت مشاهده نگردید ( $P < 0/034$ ). با وجود این به منظور دقت بیشتر و انجام یک اندازه گیری با صحت بالا، اندازه گیری میدان های الکترومغناطیسی در حالی صورت گرفت که همه لپ تاپ ها متصل به آداپتور بوده و آداپتور در فاصله ۱ متری آنها قرار داشت. همچنین، به منظور حذف اثر زمینه غیر یکسان در چهار جهت لپ تاپ، خود لپ تاپ در حین اندازه

جدول ۱: مشخصات لپ‌تاپ‌های مورد آزمایش

برند لپ‌تاپ	فراوانی (%)	میانگین و انحراف معیار عمر لپ‌تاپ‌ها (سال)
DELL	۱۶ (۰/۴۰/۰)	۲/۴۳±۱/۰۹
ASUS	۱۰ (۰/۲۵/۰)	۲/۵۰±۰/۹۷
Acer	۷ (۰/۱۷/۵)	۲/۵۷±۳/۰۰
hp	۷ (۰/۱۷/۵)	۲/۴۳±۴/۰۰

جدول ۲: مقادیر میانگین و انحراف معیار شدت میدان مغناطیسی بر حسب mA/m بر روی صفحه کلید در حالت‌های مختلف کارکرد

نوع لپ‌تاپ				
حالت اندازه‌گیری	DELL	ASUS	Acer	hp
روشن بودن لپ‌تاپ	۱۲۸/۶۲±۵۷/۳۰	۷۳/۱۰±۲۹/۲۱	۱۰۸/۰۰±۵۱/۸۲	۷۹/۰۰±۲۵/۱۴
حالت Sleep	۳۴/۷۵±۳/۸۹	۳۶/۲۰±۸/۴۴	۳۶/۵۷±۵/۹۱	۳۲/۵۷±۱/۵۱
اجرای برنامه آفیس	۱۳۱/۲۵±۶۶/۷۹	۸۱/۹۰±۳۶/۵۵	۱۲۳/۴۳±۵۳/۸۲	۹۷/۱۴±۴۸/۲۱
اجرای برنامه تصویری	۱۵۸/۳۱±۶۹/۳۷	۱۲۰/۵۰±۵۶/۰۳	۱۵۷/۸۶±۶۸/۰۶	۱۲۲/۱۴±۲۷/۵۲

جدول ۳: مقادیر میانگین و انحراف معیار شدت میدان مغناطیسی بر حسب mA/m در زیر لپ‌تاپ در حالت‌های مختلف کارکرد

نوع لپ‌تاپ				
حالت اندازه‌گیری	DELL	ASUS	Acer	hp
روشن بودن لپ‌تاپ	۱۴۱/۱۸±۱۰/۱/۵۵	۷۲/۱۰±۲۳/۸۵	۱۳۸/۵۷±۷۶/۴۲	۹۹/۱۴±۴۷/۸۰
حالت Sleep	۴۵/۵۲±۵۶/۵۶	۲۸/۷۰±۳/۵۹	۳۴/۵۷±۱۰/۸۶	۳۰/۵۷±۱/۱۳
اجرای برنامه آفیس	۱۳۷/۷۵±۷۳/۶۵	۷۵/۴۰±۲۸/۹۱	۱۱۰/۵۷±۳۶/۹۸	۱۰۶/۱۴±۵۸/۴۸
اجرای برنامه تصویری	۱۸۵/۵۰±۱۳۵/۲۶	۱۱۷/۹۰±۲۴/۹۶	۱۵۲/۸۶±۶۶/۰۱	۱۲۴/۵۷±۳۵/۲۱

میدان مغناطیسی بر روی صفحه کلید و زیر لپ‌تاپ در چهار حالت کارکرد لپ‌تاپ‌ها بین چهار گروه مختلف لپ‌تاپ‌ها با استفاده از آزمون MANOVA نشان داد که میانگین این متغیرها دارای تفاوت معنی‌داری نمی‌باشند. P-value برای آزمون بزرگترین ریشه Roy برابر با ۰/۰۰۵ به دست آمد. مقایسه مقادیر میدان مغناطیسی برای لپ‌تاپ‌های مختلف (در چهار حالت مورد آزمایش و فواصل مختلف) با مقادیر استاندارد تدوین شده توسط مرکز سلامت وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی (800A/m) با استفاده از آزمون T-test نشان داد که در شرایط مختلف میانگین مقادیر به دست آمده برای انواع لپ‌تاپ‌ها کمتر از حد استاندارد می‌باشد.

جدول ۴: مقادیر میانگین و انحراف میدان الکتریکی (V/m) بر روی صفحه کلید در حالت های مختلف کارکرد لپ تاپ ها

نوع لپ تاپ				
hp	Acer	ASUS	DELL	حالت اندازه گیری
۱۸۵/۷۱±۲۴۵/۰۶	۱۰۱/۷۱±۱۰۲/۱۶	۵۰/۲۰±۳۱/۶۴	۱۶۶/۹۴±۲۳۶/۵۸	روشن بودن لپ تاپ
۱۸۰/۸۶±۲۴۶/۵۲	۳۳/۷۱±۱۱/۳۴	۴۴±۳۰/۴۴	۱۰۱/۷۵±۱۴۹/۴۴	حالت Sleep
۱۵۳/۷۱±۲۵۹/۲۸	۱۵۵±۱۶۲/۴۴	۵۱/۸±۳۶/۲۲	۱۱۰/۳۸±۱۷۵/۵۶	اجرای برنامه آفیس
۱۷۷/۱۴±۲۷۶/۰۶	۱۲۳/۱۴±۱۱۰/۰۶	۶۸/۶±۳۳/۴۵	۱۰۹/۹۴±۱۷۸/۰۸	اجرای برنامه تصویری

جدول ۵: مقادیر میانگین و انحراف میدان الکتریکی (V/m) در زیر لپ تاپ ها در حالت های مختلف کارکرد

نوع لپ تاپ				
hp	Acer	ASUS	DELL	حالت اندازه گیری
۵۹۳/۴۳±۳۸۳/۳۷	۳۴۲/۴۳±۳۷۲/۰۴	۴۵/۶±۲۳/۱۴	۳۷۱/۹۴±۳۵۴/۹۴	روشن بودن لپ تاپ
۵۱۲±۳۳۱/۵	۱۸۳/۷۱±۲۷۰/۷۴	۴۳/۵±۱۶/۰۱	۳۵۰±۳۱۸/۲۱	حالت Sleep
۵۳۸/۵۷±۳۴۴/۴۹	۲۳۰/۵۷±۱۸۱/۶۲	۸۱/۷±۶۶/۵۳	۳۷۹/۷۵±۳۳۸/۵۱	اجرای برنامه آفیس
۵۵۰/۵۷±۳۵۱/۳۱	۲۹۳/۷۱±۲۶۲/۸۷	۶۲/۳±۳۳/۳۸	۳۷۶/۸۸±۳۳۶/۱۵	اجرای برنامه تصویری

اطراف لپ تاپ ها و در چهار جهت لپ تاپ ها مقادیر متفاوت می باشد (بین ۱۰/۸۶ تا ۵۸/۱۴ ولت بر متر). نتایج آزمون t زوجی نشان می دهد که با افزایش فاصله، شدت میدانها کاسته شده و بین مقادیر در فواصل ۳۰، ۶۰ و ۹۰ سانتی متری (به استثنای حالت اجرای برنامه office) اختلاف آماری معنی دار وجود دارد ( $p < 0/001$ ). همچنین نتایج نشان می دهند که مقدار میانگین میدان الکتریکی برای تمام لپ تاپ های مورد آزمایش در جهت جلوی لپ تاپ نسبت به جهت های دیگر بیشتر بوده ولی اختلاف آماری معنی داری بین مقادیر میدان الکتریکی در جهات مختلف وجود ندارد (به استثنای حالت اجرای برنامه آفیس که در فاصله ۶۰ و ۹۰ سانتی متری بین جهت جلوی

باشد و اختلاف آماری معنی داری وجود دارد ( $p < 0/001$ ). مقایسه مقادیر میدان مغناطیسی برای لپ تاپ های مختلف در چهار حالت کارکرد (بر روی صفحه کلید و زیر صفحه کلید) با مقادیر زمینه (28 mA/m) با استفاده از آزمون T-test نشان داد که در شرایط مختلف میانگین مقادیر به دست آمده برای انواع لپ تاپ ها بزرگتر از حد زمینه بوده و این مقادیر دارای اختلاف معنی دار می باشند ( $p < 0/001$ ).

مقادیر اندازه گیری شده میدانهای الکتریکی بر روی صفحه کلید و زیر لپ تاپ در چهار حالت کارکرد لپ تاپ ها در جدول ۴ و ۵ نشان داده شده است. در زمینه میدانهای الکتریکی در فواصل ۳۰، ۶۰ و ۹۰ سانتی متری

### بحث

یافته‌های این مطالعه نشان داد که لپ‌تاپ‌ها، میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی در محدوده فرکانس‌های خیلی کوتاه (ELF) ایجاد می‌کنند که شدت آن‌ها به نوع لپ‌تاپ، حالت کارکرد لپ‌تاپ و محل اندازه‌گیری نسبت به لپ‌تاپ بستگی دارد. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهند، بیشترین میانگین میدان مغناطیسی به دست آمده در داخل گروه‌ها به ترتیب مربوط به حالت اجرای برنامه‌های صوتی-تصویری، اجرای برنامه‌های office، حالت روشن بدون اجرای برنامه خاص و حالت Sleep می‌باشد که این تفاوت میدان مغناطیسی در حالت‌های مختلف کارکرد لپ‌تاپ‌ها به علت استفاده متفاوت از CPU، حافظه و جریان الکتریکی در حالت‌های مختلف کارکرد می‌باشد از سویی در حین اجرای برنامه‌های تصویری نسبت به برنامه‌های office و بقیه حالت‌ها و همچنین در حالت اجرای برنامه‌های office نسبت به حالت روشن و Sleep استفاده از CPU، حافظه و جریان الکتریکی به نسبت بیشتر بوده و باعث افزایش میدان ایجاد شده می‌گردد.

در لپ‌تاپ‌های نوع hp و DELL میانگین مقادیر به دست آمده در زیر لپ‌تاپ‌ها نسبت به روی صفحه کلید بیشتر می‌باشد، در حالی که در لپ‌تاپ‌های نوع ASUS و Acer برعکس بوده و میانگین مقادیر به دست آمده در زیر لپ‌تاپ‌ها نسبت به روی صفحه کلید بیشتر است که این تفاوت به علت تفاوت محل قرارگیری CPU، motherboard و Power در گروه‌های مختلف لپ‌تاپ می‌باشد. مقادیر میدان مغناطیسی

لپ‌تاپ با بقیه جهات اختلاف آماری معنی‌دار وجود داشت ( $p < 0/005$ ).

نتایج مقایسه مقادیر میدان‌های الکتریکی بر روی صفحه کلید و زیر لپ‌تاپ در چهار حالت کارکرد لپ‌تاپ‌ها در هر گروه از لپ‌تاپ‌ها با استفاده از آزمون آماری MANOVA نشان می‌دهند که در لپ‌تاپ‌های hp و DELL بین میانگین میدان الکتریکی روی صفحه کلید در چهار حالت کارکرد لپ‌تاپ اختلاف معنی‌داری وجود دارد ( $p < 0/05$ )، اما در دو نوع دیگر بین میدان الکتریکی روی صفحه کلید و زیر لپ‌تاپ اختلاف معنی‌داری وجود ندارد ( $p > 0/05$ ).

مقایسه بردار میانگین برای متغیرهای میدان الکتریکی بر روی صفحه کلید و زیر لپ‌تاپ در چهار حالت مورد آزمایش (روشن، Sleep، اجرای برنامه office و اجرای برنامه‌های صوتی-تصویری) در چهار لپ‌تاپ مختلف با استفاده از آزمون MANOVA نشان داد که میانگین این متغیرها دارای تفاوت معنی‌داری بوده و P-value برای آزمون بزرگترین ریشه Roy برابر با  $< 0/001$  می‌باشد.

مقایسه مقادیر میدان الکتریکی برای لپ‌تاپ‌های مختلف (در چهار حالت مورد آزمایش و فواصل مختلف) با مقادیر استاندارد تدوین شده توسط مرکز سلامت وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی (25KV/m) با استفاده از آزمون T-test نشان داد که در انواع لپ‌تاپ‌ها و در شرایط مختلف میانگین مقادیر به دست آمده کمتر از حد استاندارد می‌باشد و دارای اختلاف آماری معنی‌داری می‌باشد ( $p < 0/001$ ).

(Akinyemi *et al.*, 2010).

به دلیل این که کاربران لپ تاپ های مورد آزمایش دانشجویان تحصیلات تکمیلی بوده و به اقتضای شغل و فعالیت خود ساعات زیادی طی شبانه روز با آن کار می کردند، بنابراین میانگین میدان مغناطیسی و الکتریکی اندازه گیری شده با حدود مجاز مواجهه تدوین شده توسط مرکز سلامت وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی (حدود مجاز مواجهه شغلی) مورد مقایسه قرار گرفت. مقادیر این حدود مجاز مواجهه نسبت به حدود مجاز مواجهه افراد معمول جامعه بزرگتر می باشد (IOEL, 2012). جهت در نظر گرفتن مواجهه غیر شغلی و افراد معمولی، مقادیر به دست آمده از مطالعه با مقادیر استاندارد سوئدی برای نمایشگرها با انتشار کم پرتو (TCO) مقایسه گردید.

در این استاندارد، حد مجاز میدان مغناطیسی ساطع شده در محدوده ELF برابر با  $200 \text{ nT}$  ( $1/6 \text{ A/m}$ ) و حد مجاز میدان الکتریکی  $10 \text{ V/m}$  ذکر شده است (Bellieni *et al.*, 2012). مقایسه نتایج با حدود ذکر شده نشان می دهد که در تمام لپ تاپ های مورد آزمایش و در تمام شرایط مورد سنجش، میدان مغناطیسی خیلی کمتر از حدود ذکر شده می باشد و لیکن در مورد میدان الکتریکی مقادیر این مطالعه در تمام شرایط و فواصل بیشتر از حد مجاز ذکر شده است که باید اثر میدان الکتریکی زمینه را نیز در نظر گرفت که با توجه به میدان الکتریکی زمینه، در فواصل  $60$  و  $90$  سانتی متری، مقادیر به دست آمده در حد مجاز مواجهه می باشند.

برای تمام لپ تاپ ها در فواصل  $30$ ،  $60$  و  $90$  سانتی متری اطراف لپ تاپ ها و در چهار جهت لپ تاپ ها تقریباً ثابت و در حدود  $28-32 \text{ mA/m}$  بود که در فاصله  $30$  سانتی متری (در اغلب موارد) بالاتر از حد زمینه بوده و در فاصله  $60$  سانتی متری (در برخی موارد) و  $90$  سانتی متری (در اکثر موارد) در حد زمینه به دست آمد.

در مورد میدان های الکتریکی ناشی از لپ تاپ ها، همان طور که نتایج نشان می دهند در لپ تاپ های نوع Acer، DELL، hp و میانگین میدان الکتریکی در حالت های مختلف کارکرد در زیر لپ تاپ ها نسبت به روی صفحه کلید بیشتر بوده، اما در لپ تاپ نوع ASUS میانگین میدان بر روی صفحه کلید بیشتر می باشد که این تفاوت به علت تفاوت مدارهای الکترونیکی و محل قرار گیری تجهیزات الکترونیکی در گروه های مختلف لپ تاپ می باشد.

در زمینه میدان های الکتریکی در حالت های مختلف کارکرد در گروه های مختلف لپ تاپ، یک الگوی افزایش یا کاهش میدان الکتریکی (مشابه میدان مغناطیسی) مشاهده نشد.

نتایج این مطالعه در زمینه میدان های مغناطیسی با مطالعه Akinyemi و همکاران در سال  $2010$  که به ارزیابی امواج ELF ساطع شده از انواع لپ تاپ ها پرداختند، همخوانی دارد. مطالعه Akinyemi و همکاران نشان داد که شدت امواج مغناطیسی بین  $4-200 \text{ mA/m}$  برای انواع لپ تاپ متغیر بوده و شدت امواج بستگی به نوع لپ تاپ دارد و با افزایش فاصله در فواصل  $10$ ،  $20$ ،  $25$ ،  $30$ ،  $40$ ،  $50$  و  $100$  شدت امواج کاهش پیدا می کند

archives of environmental & occupational health., 67(1), 31-36.

Ghorbani Shahnā F, Mohammadfam I, Ghalavand F., (2005). Assessment of The Electromagnetic Field Around the Computers in Hamadan University of Medical Sciences and Its Effects on Operators' Health in. Scientific Journal of Kurdistan University of Medical Sciences., 33(1), 13-22.(in persian).

HI-3604 ELF survey Meter User's Manual., (1992). Available at: <http://www.a-a.co.kr/manual/ETS/HI-3604.pdf>. Accessed January 2, 2012.

IEEE std 1140., (1994). IEEE Standard Procedures for the Measurement of Electric and Magnetic Fields From Video Display Term.

International Agency for Research on Cancer (IARC)., (2002). Non-Ionizing Radiation, Part 1: Static and extremely low-frequency (ELF) electric and magnetic fields. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Volume 80. Lyon: IARC Press.

Iranian Occupational Exposure Limit., (2012). Ministry of Health and Medical Education. London SJ, Thomas DC, Bowman JD, Sobel E, Cheng TC, Peters JM., (1991). Exposure

### نتیجه گیری

یافته‌های این مطالعه نشان داد که لپ‌تاپ‌ها میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی در محدوده فرکانس‌های خیلی کوتاه (ELF) ایجاد می‌کنند که شدت آن‌ها به نوع لپ‌تاپ، حالت کارکرد لپ‌تاپ و محل اندازه‌گیری نسبت به لپ‌تاپ بستگی دارد. گرچه مقادیر ساطع شده کمتر از مقادیر حد مجاز مواجهه می‌باشد ولی بهتر است تدابیر بیشتری برای استفاده طولانی مدت از این وسایل اتخاذ گردد.

### تقدیر و تشکر

نویسندگان مقاله از دانشجویان تحصیلات تکمیلی دانشگاه علوم پزشکی همدان و مسوول آزمایشگاه عوامل فیزیکی دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی همدان کمال تقدیر و تشکر را دارند.

### منابع

Ahlbom A., (2001). Neurodegenerative diseases, suicide and depressive symptoms in relation to EMF. Bioelectromagnetics., 5(1), 132-43.  
Akinyemi ML, Usikalu MR., (2010). Prudent avoidance in exposure to extremely low frequency (ELF) fields, Scientific Research and Essays., 5(16) 2295-2298.  
Bellieni CV, Pinto I, Bogi A, Zoppetti N, Andreuccetti D, Buonocore G., (2012). Exposure to Electromagnetic Fields From Laptop Use of "Laptop" Computers.

CRC Handbook of Biological Effects of Electromagnetic Fields (edited by C. Polk and E Postow). Boca Raton . Fla. CRC Pres, 197-225.

to residential and magnetic fields and risk of childhood leukemia. Am J Epidemiol., 134(9), 923-937.

Tenforde, T.S.; (1986). Tnteraction of ELF Magnetic Fields with Living Matter. In

## An investigation of Extremely Low Frequency (ELF) Electro-magnetic field emitted by common Laptops

**R. Golmohammadi<sup>1\*</sup>; H. Ebrahimi<sup>2</sup>; M. Fallahi<sup>2</sup>; A. Soltanzadeh<sup>2</sup>; S. S. Mousavi<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Associate professor, Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Hamedan University of Medical sciences, Hamedan

<sup>2</sup> MSc, Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Hamedan University of Medical sciences, Hamedan

<sup>3</sup>MSc, Department of Biological Statistics, School of Public Health, Hamedan University of Medical sciences, Hamedan

### Abstract

**Introduction:** Electromagnetic field emitted by laptops are known as extremely low frequency (ELF) Waves. The aim of this study was to investigate the intensity of electric and magnetic field with extremely low frequency emitted by common laptops.

**Material and Method:** Intensity of electric and magnetic field were measured on four sides of 40 common by used laptop at the distance of 30, 60 and 90 cm. Measurements ere done according to standard in four functional model including: non-performing turned on, sleep mode, performing office program and performing audio visual files.

**Result:** Magnetic field values for all laptops were almost constant and about 28-32 mA/m. The results of measurements related to the electric field showed different values at distances of 30, 60 and 90 cm around the laptops on four sides. Moreover, mean electric field on the keyboard at the four operating modes were statistically different for DELL and hp laptops ( $P < 0/05$ ).

**Conclusion:** The results of this study showed that laptops produce extremely low frequency (ELF) electric and magnetic fields which their intensity depends on laptop type, laptop operation mode and the location of the measurement.

**Key words:** *Intensity of electric field, Intensity of magnetic field, Laptop, Electromagnetic field, extremely low frequency (ELF)*

\* Corresponding Author Email: [golmohammadi@umsha.ac.ir](mailto:golmohammadi@umsha.ac.ir)