

مروری بر اثرات آلودگی امواج الکترومغناطیسی ناشی از آنتن‌های تلفن همراه بر گیاهان و حیوانات

مهیار چارکی^۱، نوراله میرغفاری^{۲*}، علی جفاری^۳

^۱ کارشناسی ارشد علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده مهندسی منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

^۲ استاد گروه محیط زیست، دانشکده مهندسی منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

^۳ کارشناسی مهندسی عمران، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی اراک، اراک، ایران

چکیده

امروزه تلفن‌های همراه به واسطه ایستگاه‌های پایه آن یکی از ضروری‌ترین وسایل مورد نیاز انسان‌ها محسوب می‌شوند. این آنتن‌های ایستگاه پایه تلفن همراه بالونی از امواج الکترومغناطیسی نامرئی را ایجاد کرده‌اند که زندگی موجودات اطراف آن به ویژه پرندگان و حشرات را تهدید می‌کنند. به جز پرندگان و حیوانات، امواج الکترومغناطیسی ساطع شده از آنتن‌های تلفن همراه می‌تواند بر محصولات و گیاهان اطراف آن تأثیر بگذارد. مقاله حاضر به بررسی مطالعات علمی منشر شده درباره اثرات امواج الکترومغناطیسی دکل‌های تلفن همراه بر گونه‌های مختلف با جمع‌آوری اطلاعات مربوطه از نشریات گوناگون می‌پردازد. با توجه به نتایج، قرارگیری در معرض امواج الکترومغناطیسی بسته به شدت، مدت زمان و طول موج امواج، کاهش تنوع در گونه‌های مختلف پرندگان و حیوانات را نشان داده است. مطالعات نشان داده‌اند که امواج الکترومغناطیس از دکل‌های مخابراتی ممکن است بر رشد و توسعه گیاهان تأثیرگذار باشند و باعث تغییرات در فعالیت فیزیولوژیکی آنها شوند. همچنین، برخی از حیوانات و پرندگان نیز ممکن است به این آلودگی حساس باشند و تحت تأثیر قرار گیرند؛ بنابراین اهمیت به گونه‌های مختلف حیات‌وحش برای حفاظت و پایداری آنها در مقابل این امواج قابل توجه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: تابش الکترومغناطیس، حیات‌وحش، سلامتی، گیاه، حیوان.

۱- مقدمه

میدان‌های الکترومغناطیسی و اشعه‌ی نامرئی ساطع شده از منابع طبیعی و ساخته شده توسط بشر از جمله آنتن‌های تلویزیون، ایستگاه‌های رادیویی و دکل‌های تلفن همراه، در همه جا حضور دارند که این روزها با گسترش تلفن‌های همراه در سراسر جهان میزان تشعشعات الکترومغناطیسی به شدت افزایش یافته است که بسیاری از کارهای زندگی روز مره ما انسانها مدیون این امواج می‌باشد. این دکل‌ها منابع قدرتمند امواج الکترومغناطیس هستند که ممکن است بر محیط زیست و جانداران زنده در اطراف آنها تأثیر منفی بگذارند (Dhami, 2020). امواج الکترومغناطیسی در مسیر خود به ماده برخورد کرده از آن عبور می‌کنند و یا جذب آن شده و گاهی انعکاس پیدا می‌کنند که در بعضی موارد سودمند و گاهی مضر خواهند بود (Burnett et al, 2005). مشکلات بهداشتی حاصل از اثرات طولانی مدت امواج الکترومغناطیس از دستگاه‌های مخابراتی در بین مردم در سراسر جهان توجه عموم را به خود جلب کرده است؛ بنابراین سازمان‌هایی مانند کمیسیون ارتباطات فدرال (FCC) سازمان بهداشت جهانی (WHO)، و کمیسیون بین‌المللی حفاظت در برابر تشعشعات غیریونیزان (ICNIRP) دستورالعمل‌های ایمنی را برای حفاظت از همه موجودات زنده توصیه کرده‌اند. طبق چندین مقاله تحقیقاتی در مورد موجودات زنده مانند، گاو، موش، انسان، گیاهان و غیره بررسی شده است. با استراتژی‌های تجربی مشخص شده که تابش طولانی مدت امواج احتمالاً می‌تواند باعث به وجود آمدن بیماری‌های گوناگون در موجود زنده شود. حتی اگر همه‌ی افراد هم به اثرات بلندمدت خطرات این امواج توجه داشته باشند اما راهی برای دور شدن از امواجی که از تلویزیون، تلفن همراه و دکل‌های مخابراتی در نزدیکی مدارس، خانه‌ها، و بیمارستان‌ها نصب شده ساطع می‌شود ندارد. با توجه به مزایای آنها توقف استفاده از این تشعشعات غیرممکن است؛ بنابراین محققان در حال تلاش هستند که خطرات سلامتی را برای همه‌ی موجودات زنده از جمله انسان، پرندگان و سایر حیوانات را کاهش دهند (Batoool et al, 2019). در دنیای پرسرعت، بسیار مهم هست که بدانیم همه نوآوری‌ها بدون هزینه به دست نمی‌آیند یکی از این پیشرفت‌ها پذیرش تشعشعات بی‌سیم به ویژه فناوری نسل پنجم می‌باشد که خطرات قابل توجهی را به همراه دارد و اغلب نادیده گرفته می‌شود. بررسی‌ها در سال ۲۰۲۲ توسط زیست شناس آلفونسو بالموری در تحقیقات محیطی، خطرات قابل توجهی برای سلامتی ناشی از تشعشعات دکل‌های مخابراتی را نشان می‌دهد. بررسی او که شامل ۳۸ مطالعه در سطح جهان بود، ۷۳٫۶٪ اثرات نامطلوبی مانند بیماری فرکانس رادیویی، سرطان، و تغییرات بیوشیمیایی را شامل می‌شود. این یافته‌ها بسیار مهم هستند، به ویژه با توجه به اینکه مطالعات روی حیوانات و درختان نزدیک این دکل‌ها، اثرات مضر مشابهی را نشان می‌دهند (Hunt & Chamberlin, 2024). مطالعات متعدد در همه فرکانس‌ها و گونه‌ها نشان می‌دهد که امواج الکترومغناطیس ساخت بشر در سطح پایین می‌تواند اثرات نامطلوب و هم افزایی بی‌شماری بر حیوانات داشته باشد، از جمله تأثیراتی در جهت‌گیری و مهاجرات، یافتن غذا، تولید مثل، جفت‌گیری، ساختن لانه و دفاع از قلمرو، بر روی پستاندارانی مانند خفاش‌ها، پرندگان، حشرات، دوزیستان، خزندگان، میکروب‌ها و بسیاری از گونه‌های گیاهی مشاهده شده است. اثرات سمی و ژنتیکی مدت‌هاست که در تحقیقات آزمایشگاهی روی مدل‌های حیوانی مشاهده شده است که می‌توان آن را به حیات وحش تعمیم داد. تلفات حیات وحش اغلب تا زمانی که به نقطه اوج نرسیده است، دیده نشده و مستند نشده است. اکنون زمان آن فرا رسیده است که امواج الکترومغناطیسی محیط را به عنوان شکل جدیدی از آلودگی بشناسیم و قوانینی را در سازمان‌های نظارتی تدوین کنیم که هوا را به عنوان "زیستگاه" تعیین می‌کنند تا بتوان این امواج را مانند سایر آلاینده‌ها تنظیم کرد (Levitt et al, 2021). اثرات افزایش امواج الکترومغناطیسی بر حیات وحش به عنوان یک مسئله مهم و نوظهور برای حفاظت از تنوع زیستی توسط جامعه جهانی حفاظت هنوز به رسمیت شناخته نشده است (Sutherland et al, 2018). همه توجه تأثیر امواج ساطع شده از ایستگاه‌های پایه بر انسان‌ها بوده است و مطالعات کمی بر روی تأثیرات آلودگی ساطع شده از این امواج بر حیات وحش انجام گرفته است. هدف از انجام این مطالعه، بررسی اثرات امواج الکترومغناطیسی بر حیات وحش و محیط زیست به منظور شناخت و توجه بیشتر به این موضوع مهم می‌باشد.

۲- اثر بر محیط زیست

۲-۱- تاثیر امواج بر گیاهان

امواج الکترومغناطیس یکی از عوامل محیطی هستند که می‌تواند بر رشد و توسعه گیاهان تاثیر بگذارند. برخی تحقیقات نشان داده که امواج با فرکانس زیاد ممکن است به عنوان یک عامل استرسی برای گیاهان عمل کند و باعث کاهش رشد و توسعه آنها شود. همچنین در برخی دیگر تحقیقات نشان داده شده است که امواج الکترومغناطیسی با فرکانس کم ممکن است بر روی رشد و توسعه گیاه تاثیر مثبت بگذارد (Tran, 2023). پژوهش‌های انجام شده اثر امواج الکترومغناطیس را بر روی تکوین دانه‌ها و جوانه زنی بذرها مثبت و منفی گزارش کرده‌اند (Salaripour et al, 2010).

امواج الکترومغناطیس خواسته یا ناخواسته ساختار گیاهان در حال رشد را تحت تاثیر قرار داده و باعث تغییر در عملکرد گیاهان می‌شوند. طبق مطالعات انجام شده امواج الکترومغناطیس سرعت جوانه زنی گیاه لیلیوم را افزایش داده اما در عین حال باعث اختلالاتی از جمله کم شدن توان زیستی و عقیم شدن دانه‌های گرده می‌شوند (Shahraki, 2017).

اثرات امواج تلفن همراه بر رشد و تغییرات مصنوعی گیاهان نشان داده که ویژگی‌های دانه‌ها با قرار گرفتن در معرض تشعشعات از مودم بی‌سیم اینگونه گزارش شده است. آزمایش با بذر آزمایشی به مدت چهار هفته انجام شده است. در نهایت این تحقیق به این نتیجه رسید که این پرتوها ممکن است باعث تغییرات زیادی در وزن و رشد گیاهان، ضخامت ساقه و غیره شود (Batool et al, 2019).

طبق مطالعات انجام شده بر مقدار مواد ضدسرطانی گیاه ذرت نتایج نشان داده است که فعالیت آنتی‌اکسیدانی برگ ذرت و مقدار زیادی از ترکیبات فنلی آن بر اثر در معرض قرار گرفتن این گیاه با امواج الکترومغناطیسی به شدت کاهش یافته و گاهی بعضی از ترکیبات فنلی کاملاً از بین رفته است (Zare, 2016).

۲-۲- اثر بر حیوانات

طبق گفته سازمان بهداشت جهانی، تشعشعات بیش از حد از آنتن‌های مخابراتی برای سلامت عمومی و محیط‌زیست مضر است. همچنین این تشعشعات بر پرندگان، حیوانات، گیاهان و محیط‌زیست تأثیر می‌گذارد. دلیل این امر بزرگتر بودن مساحت سطح پرنده در مقایسه با وزن آن نسبت به بدن انسان است که به آنها این اجازه را می‌دهد که تشعشعات بیشتری را جذب کنند. در چندین سال پیش ناپدید شدن ناگهانی زنبورها در چندین کشور گزارش شده که علت آن را افزایش آلودگی الکترومغناطیسی دانسته‌اند. این اختلال باعث فروپاشی کلونی می‌شود و زمانی اتفاق می‌افتد که زنبورها به دلیل نویز الکترومغناطیسی ارتباط بین سلولی آنها مختل می‌شود و زنبورها قادر به بازگشت به کندو نخواهند بود (Preece et al, 2007).

وجود دکل‌های تلفن همراه نصب شده در مناطقی که حیوانات زندگی می‌کنند، ممکن است در بعضی از گونه‌ها تأثیرات بلند مدت مانند مشکلات تولیدمثل، کاهش دفاع طبیعی، کاهش زیستگاه و قلمرو مفید آنها را ایجاد کند. امواج الکترومغناطیسی ساطع شده در محیط ممکن است در خفاش‌ها، موش‌ها و پرندگان مثل گنجشک‌ها باعث عدم تعادل هورمونی، اختلال در ریتم‌های خواب یا بیداری، تغییر در پاسخ سیستم عصبی، آسیب به سیستم عصبی، تغییرات ضربان قلب و فشار خون، مشکلات رشد، ضعف، خستگی، ایجاد اختلال در ساخت لانه، اختلال در باروری، تغییر در تعداد تخم‌ها و رشد جنین شود (Balmori, 2009).

طبق مطالعاتی که تا سال ۲۰۰۵ در زمینه تاثیر امواج الکترومغناطیس بر محیط‌زیست انجام شده محققین به این نتیجه رسیدند که امواج ساطع شده از این ایستگاه‌های پایه سبب شده است که پرندگان به مکان‌هایی با فاصله‌ی بیشتر از این دکل‌ها مهاجرت و آشیانه‌سازی کنند و در نزدیکی آنها قابلیت تولید مثلی پرندگان کم شده و هرچقدر شدت امواج الکترومغناطیسی بیشتر بوده جوجه‌های بیشتری از بین رفته است (Balmori, 2005).

زمانی که پرندگان مهاجر در تماس مستقیم با امواج حاصل از تلفن‌های همراه، تلویزیون، ایستگاه‌های رادیویی قرار می‌گیرند، گیج می‌شوند و از مسیر درست و توانایی‌های ناوبری مشخص خود منحرف می‌شوند. حس جهت‌یابی تعداد زیادی از پرندگان مهاجر مانند کبوتر، گنجشک، به دلیل تداخل با دکل‌های مخابراتی از بین می‌رود. سالانه گونه‌های زیادی از پرندگان به دلیل همپوشانی با اشعه‌های ساطع شده از تلفن همراه و ایستگاه‌های رادیویی در سراسر جهان در طول مهاجرت می‌میرند. بیشتر پرندگان ممکن است میدان مغناطیسی زمین را برای ناوبری بپذیرند. امواج مایکروویو ساطع شده از منابع ارتباطی می‌تواند منحرف کننده‌ی ناوبری پرندگان باشد که این یکی از عوامل اصلی حوادثی هست که در طول شب برای پرندگان رخ می‌دهد (Durgam, 2017). از سال ۱۹۹۴ کاهش ۷۵ درصدی گنجشک‌های خانگی در لندن توسط برخی محققان مشاهده شده است (Dongre & Verma, 2009).

به دلیل دخالت این دشمن نامرئی جدید، تعداد زیادی از پرندگان مانند کبوتر، گنجشک و قو در حال کم شدن هستند. همچنین در دهه‌های اخیر، جمعیت گنجشک‌های خانگی در حال کاهش بوده است. وجود جمعیت گنجشک خانگی نشان دهنده یک محیط سالم برای مردم از نظر کیفیت هوا و آب، پوشش گیاهی و سایر عوامل کیفیت محیطی است. از سوی دیگر، کاهش جمعیت این پرنده، هشدار است مبنی بر اینکه اکوسیستم شهری دستخوش برخی تغییرات محیطی است که به زودی برای سلامت انسان مضر خواهد بود. همچنین گزارش شده است که گاوهایی که در نزدیکی این دکل‌های مخابراتی چرا می‌کنند، در معرض خطر بیشتری برای مرده‌زایی، سقط جنین خود به خودی، ناهنجاری‌های هنگام تولد، مشکلات رفتاری و کاهش سلامت کلی قرار دارند و گله‌های گاو پس از دور شدن از این مکان‌ها سلامت خود را بهبود بخشیده‌اند. میدان‌های مغناطیسی می‌توانند باعث کاهش تولید شیر، تغییر در ترکیب شیر و مشکلات باروری در گاوهای شیرده شوند (Reza, 2017).

شواهد علمی نشان داده است که قرار گرفتن طولانی مدت در معرض میدان‌های الکترومغناطیسی می‌تواند بر رشد و بروز ناهنجاری‌ها در جنین پرندگان تأثیر بگذارد و خراب شدن پرها اولین نشانه استرس و بیماری در پرندگان است. مشخص شده است که پره‌ای پرندگانی که در معرض این امواج قرار می‌گیرند تغییر رنگ می‌دهند. اگرچه هرگونه، حساسیت متفاوتی نسبت به این تابش‌ها نشان می‌دهد، ولی آسیب‌پذیری به ژنتیک، وضعیت فیزیولوژیکی و مقدار و مدت زمان تحت تابش نیز بستگی دارد (De-Laet & Summers-Smith, 2007).

تأثیرات بالقوه فناوری نسل پنجم بر جمعیت پرندگان همچنان موضوع بحث علمی است، برخی از مطالعات پیامدهای منفی را بر سلامت، رفتار و تولید مثل پرندگان نشان می‌دهند، در حالی که برخی دیگر هیچ تأثیر قابل توجهی را گزارش نمی‌کنند (Shaji-George & Hovan-George, 2023).

۲-۳- تأثیر بر حشرات

حشرات از جمله گونه‌های کلیدی و مهم در اکوسیستم‌ها به شمار می‌روند (Noriega et al, 2018). از جمله خدماتی که حشرات ارائه می‌دهند شامل گرده‌افشانی محصولات، تنظیم آب و هوا، تجزیه و پراکندگی بذر و کنترل آفات می‌باشد (Schowalter, 2013).

پرندگان، قورباغه‌ها، خفاش‌ها و مارمولک‌ها از حشرات تغذیه می‌کنند (Nocera et al, 2012). تهدیدهای زیادی برای از بین رفتن حشرات وجود دارد که شامل تشدید کشاورزی، از بین رفتن زیستگاه و استفاده از آفت‌کش‌ها، گسترش گونه‌های بیگانه، تغییرات آب و هوایی و همچنین آلودگی الکترومغناطیسی می‌باشد (Powney et al, 2019). حشرات به تشعشعات الکترومغناطیسی نیز حساس هستند. در نتایج بسیاری از مطالعات گزارش شده که مگس‌ها و عنکبوت‌ها، در بین سایر بی‌مهرگان، از منطقه‌هایی که بیشترین سطح تابش را از آنتن‌های تلفن همراه داشتند ناپدید می‌شوند و این مشاهدات با بسیاری از مطالعات آزمایشگاهی که اثرات منفی تشعشعات الکترومغناطیسی را نشان می‌دهند، مطابقت دارد (Lazaro et al, 2016). در مطالعات دیگر نشان داده شده است که چگونه تغییرات در مقادیر میدان مغناطیسی بر رفتار سه

گونه مورچه حساس به این میدان‌ها تأثیرگذار است و در فعالیت‌های جستجوی آنها تغییرات قابل‌توجهی ایجاد می‌کند (Pereira et al, 2019). همچنین دیده شده حرکت مورچه‌ها با حضور امواج الکترومغناطیسی دچار تغییراتی شده است (Cammaerts & Johansson, 2014).

در مطالعاتی دیگر در زیستگاه‌های طبیعی که دکل‌های تلفن همراه در آنجا نصب شده است تشعشعات الکترومغناطیسی ساطع شده از این آنتن‌های مخابراتی تأثیراتی بر مقدار فراوانی و ترکیب چندین گونه حشرات گرده‌افشان اعمال کرده است (Lazaro et al, 2016). در مطالعات اخیر شواهدی مبنی بر اینکه تشعشعات ساطع شده از آنتن‌های مخابراتی و تلفن همراه سبب کاهش تخم‌ریزی زنبورها و تغییر رشد شفیره‌ها می‌شود گزارش شده است (Odemer & Odemer, 2019). همچنین گزارش شده است که طول موج‌های کوتاه‌تر در سیستم مخابراتی نسل پنجم قابل مقایسه با اندازه‌ی بدن حشرات است و احتمالاً جذب امواج را در بدن این حشرات کوچک بیشتر می‌کند (Thielens et al, 2018).

اثرات افزایش امواج بر حیات‌وحش، هنوز توسط جامعه جهانی حفاظت، به رسمیت شناخته نشده است؛ بنابراین، این امواج باید به طور جدی‌تر به عنوان یک محرک مهم برای کاهش حشرات در مطالعات اخیر در نظر گرفته شود، که به همراه تشدید کشاورزی، گونه‌های مهاجم، آفت‌کش‌ها و تغییرات آب و هوایی اثر می‌کند (Balmori, 2021).

با افزایش فناوری‌های مدرن بر اساس داده‌های جمع‌آوری‌شده در سال‌های ۱۹۹۷ تا ۲۰۱۷، و مطالعات برخورد حشرات با شیشه‌های جلو اتومبیل‌ها در مناطق مختلف و روستایی دانمارک، نتایج نشان داده است که تعداد حشرات در این ۲۰ سال ۸۰ درصد کاهش یافته است، و محققان بیان می‌کنند که این کاهش فراوانی حشرات عمدتاً باید کاهش یابد و این روند کاهش را علاوه بر وجود ایستگاه‌های پایه تلفن همراه به شیوه‌های کشاورزی و استفاده از آفت‌کش‌ها نسبت داده‌اند (Moller, 2019).

با این حال نمی‌توان تأثیر عوامل دیگری مانند شهرنشینی، تغییرات آب و هوا، گرم شدن کره زمین، از بین رفتن زیستگاه و وجود آلاینده‌های محیطی دیگر را به طور کامل نادیده گرفت. زندگی این موجودات کوچک اطراف ما تنوع پرندگان برای حفظ تنوع گیاهان مهم است و همه محققان باید تلاش کنند تا به دنبال فناوری جایگزین برای محیطی امن باشند (Dhami, 2020).

محققان نتیجه گرفته‌اند که محرک‌های مختلفی در از بین رفتن گونه‌ها وجود دارد که به ترتیب

- شهرنشینی و از بین رفتن زیستگاه‌ها با تبدیل کشاورزی فشرده
- آلودگی‌هایی که بیشتر توسط کودهای مصنوعی و آفت‌کش‌ها ایجاد می‌شود
- گونه‌های معرفی شده و پاتوژن‌ها
- تغییرات آب و هوایی می‌باشند (Sanchez-Bayo & Wyckhuys, 2019).

۳- روش بررسی

در این مطالعه جهت یافتن مقالات مرتبط از پایگاه‌های داده مگیران، سیویلیکا، گوگل اسکولار، Science direct و Research gate با استفاده از کلمات کلیدی تابش الکترومغناطیس، حیات‌وحش، سلامتی، گیاه و حیوان مورد جستجو قرار گرفتند و معیار انتخاب مقالات در دسترس بودن، توجه به اثرات امواج و مخاطرات ایجاد شده بر سلامت حیوانات و گیاهان و اهمیت بررسی این موضوع بود.

۴- یافته‌ها:

۴-۱- لانه‌گزینی پرندگان بر اساس مشاهدات میدانی

طبق مشاهدات میدانی محقق و اپراتورهای تلفن همراه، بر روی تعدادی از دکل‌های تلفن همراه پرندگان لانه‌گزینی و جوجه‌آوری کرده‌اند (شکل ۱ تا ۵) که این امر می‌تواند با مطالعات انجام شده منافات داشته باشد (Charaki, 2023). شدت پرتو با افزایش فاصله از آنتن به علت انتشار امواج در فضا، کاهش می‌یابد و میدان‌های خطرناک بیشتر در جلوی خود آنتن‌ها وجود

دارد و پشت آنتن‌ها اشعه‌ای ناچیز وجود خواهد داشت (Kitchen, 2015)؛ بنابراین با توجه به اینکه لانه‌گزینی‌ها عموماً در پشت آنتن‌ها صورت گرفته است تاثیر منفی بر سلامت پرندگان ایجاد نخواهد کرد و این موضوع می‌تواند ساخت لانه و جوجه‌آوری در بالای دکل‌های مخابراتی را توجیه کند.



شکل شماره ۱. لانه‌گزینی پرندگان



شکل شماره ۲. لانه‌گزینی پرندگان



شکل شماره ۳. لانه‌گزینی پرندگان



شکل شماره ۴. لانه‌گزینی پرندگان



شکل شماره ۵. لانه‌گزینی پرندگان روی دکل مخابراتی

۵- بحث و نتیجه‌گیری

از آنجایی که استفاده گسترده از تلفن‌های همراه و خدماتی که ارائه می‌دهند برای زندگی ما انسان‌ها ضروری می‌باشد اما وجود آنها می‌تواند تهدیدی برای تنوع گونه‌های مختلف و زندگی پرندگان در مناطق مختلف باشد. با این حال نمی‌توان تلفن‌های همراه و تجهیزات وابسته به آن را کاملاً از زندگی پاک کرد بنابراین بررسی دقیق میزان امواج ساطع شده از دکل‌های تلفن همراه یکی از ضروریات برای حفظ تنوع پرندگان و گیاهان مخصوصاً در مناطق حفاظت شده و دارای گونه‌های در خطر انقراض

می‌باشد. آلودگی الکترومغناطیسی از دکل‌های مخابراتی ممکن است به تغییرات در رشد و توسعه گیاهان، فعالیت فیزیولوژیکی حیوانات و پرندگان منجر شود. همچنین، برخی از گونه‌های حساس به این آلودگی ممکن است با مشکلات سلامت جدی روبرو شوند. به طور کلی نتایج تحقیقات در مورد آلودگی امواج الکترومغناطیس دکل‌های مخابراتی بر حیات وحش هنوز دارای ابهامات زیادی است و نیاز به مطالعات دقیق‌تر و بیشتر دارد تا اثرات دقیق آن بر حیات وحش مشخص شود و بتوان به طور قطعی از اثرات این امواج بر محیط زیست آگاهی پیدا کرد و راه حل‌های ممکن برای حفاظت از موجودات را ارائه داد. برای درک بهتر اثرات امواج الکترومغناطیسی بر حیات وحش نیاز به همکاری میان رشته‌ای بین متخصصان حوزه‌های مختلف مانند محیط زیست، پرند شناسی، مخابرات و مهندسی بهداشت محیط می‌باشد تا بتوان برای کاهش اثرات منفی این امواج دستورالعمل‌ها و اقدامات مدیریتی اتخاذ گردد.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل بخشی از پایان‌نامه با عنوان بررسی میزان آلودگی الکترومغناطیسی آنتن‌های BTS ایرانسل و تاثیرات آن بر سلامت افراد در شهر شاهین‌شهر در مقطع کارشناسی ارشد در سال ۱۴۰۲ و کد ۲۹۸۳۸۸۸ است که با حمایت دانشگاه صنعتی اصفهان اجرا شده است.

منابع

1. Dhami, K. K. (2020). The electromagnetic radiations and its impacts on bird diversity in India. *International Journal of Avian & Wildlife Biology*, 5(1), 5-7.
2. Burnett, S. E., Pennisi, S. V., Thomas, P. A., & Van-Iersel, M. W. (2005). Controlled drought affects morphology and anatomy of *Salvia splendens*. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 130(5), 775-781.
3. Batool, S., Bibi, A., Frezza, F., & Mangini, F. (2019). Benefits & hazards of electromagnetic waves, telecommunication, physical & biomedical: A review. *Journal of European Review for Medical & Pharmacological Sciences*, 23(7), 3121-3128.
4. Hunt, J., & Chamberlin, K. (2024). The Hidden Health Dangers of Wireless Radiation: A Closer Look at 5G. <https://www.environmentenergyleader.com>.
5. Levitt, B. B., Lai, H. C., & Manville, A. M. (2021). Effects of non-ionizing electromagnetic fields on flora and fauna, Part 2 impacts: How species interact with natural and man-made EMF. *Reviews on Environmental Health Journal*, 37(3), 81-122.
6. Sutherland, W. J., Butchart S. H. M., Connor, B., Culshaw, C., Dicks, L. V., Dinsdale, J., Doran, H., Entwistle, A. C., Fleishman, E., Gibbons, D. W., Jiang, Z., Keim, B., Roux, X. L., Lickorish, F. A., Markillie, P., Monk, K. A., Mortimer, D., Pearce-Higgins, J. W., Peck, L. S., Pretty, J., Seymour, C. L., Spalding, M. D., Tonneijck, F. H., & Gleave, R. A. (2018). A 2018 horizon scan of emerging issues for global conservation and biological diversity. *Journal of Trends in Ecology & Evolution*, 33(1), 47-58.
7. Tran, N. T., Jokic, L., Keller, J., Geier, J. U., & Kaldenhoff, R. (2023). Impacts of radiofrequency electromagnetic field (RF-EMF) on Lettuce (*Lactuca sativa*) evidence for RF-EMF interference with plant stress responses. *Journal of Plants-Basel*, 12(5), 1-18.
8. Salaripour, S., Majd, A., & Arrabiyan, S. (2010). The effect of electromagnetic field on the vegetative organs of the development of pollen grains, germination and pollen

- tube growth of soybean (*Glycine max*L). *Scientific Research Journal of Cell and Tissue*, (1)1, 42-35. (In Persian)
9. Shahraki, Sh. (2017). The effect of mobile phone electromagnetic waves on onion germination, flower formation, vitality and pollen germination of *Lilium longiflorum* & *Lilium Asiatic*. Master's degree. Khwarazmi University of Tehran,. (In Persian)
 10. Zare, H. (2016). Analysis of the effect of electromagnetic waves as environmental pollution on the amount of anti-cancer substances in corn plants using HPLC and Microplate reader techniques. *Journal of Environmental Law Quarterly*, 2(2), 9-15. (In Persian)
 11. Preece, A. W., Georgiou, A. G., Dunn, E. J., & Farrow, S. C. (2007). Health response of two communities to military antennae in Cyprus. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 64(6), 402-408.
 12. Balmori, A. (2009). Electromagnetic pollution from phone masts. Effects on wildlife. *Journal of Pathophysiology*, 16(2-3), 191-199.
 13. Balmori, A. (2005). Possible effects of electromagnetic fields from phone masts on a population of white stork (*Ciconia ciconia*). *Journal of Electromagnetic Biology and Medicine*, 24(2), 109-119.
 14. Durgam, D.K., Sao, S., & Singh, R. K. (2017). Effect of mobile tower radiation on birds in Bijarpur district, Chhattisgarh. *World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 6(9), 1221-1229.
 15. Dongre, S., & Verma, R. (2009). Effect of cell phone radiation on Gauriya Sparrows passer domesticus. *Journal of Shodh Samiksha Aur Mulyankan*, 2, 51-52.
 16. Reza, S. (2017). Addressing the electromagnetic hazard-radiation. <https://www.newagebd.net>.
 17. De-Laet, J., & Summers-Smith, J. D. (2007). The status of the urban house sparrow *Passer domesticus* in North-Western Europe: a review. *Journal Of Ornithology*, 148, 275-278.
 18. Shaji-George, A., & Hovan-George, A. S. (2023). Exploring the potential threats of 5G on bird populations: *Journal of An Ecological Analysis*, 2, 45-67.
 19. Noriega, J. A., Hortal, J., Azcárate, F. M., Berg, M. P., Bonada, N., Briones, M. J. I., Toro, I. D., Goulson, D., Ibanez, S., Landis, D. A., Moretti, M., Potts, S. G., Slade, E. M., Stout, J. C., Ulyshen, M. D., Wackers, F. L., Woodcock, B. A., & Santos, A. M. C. (2018). Research trends in ecosystem services provided by insects. *Journal of Basic and Applied Ecology*, 26, 8-23.
 20. Schowalter, T. D. *Insects and Sustainability of Ecosystem Services*. 1st Edition. Boca Raton: CRC Press Publisher; (2013). 362 p.
 21. Nocera, J. J., Blais, J. M., Beresford, D. V., Finity, L. K., Grooms, C., Kimpe, L. E., Kyser, K., Michelutti, N., Reudink, M. W., & Smol, J. P. (2012). Historical pesticide applications coincided with an altered diet of aerially foraging insectivorous chimney swifts. *Journal of Biological Sciences*, 279(1740), 3114-3120.
 22. Powney, G. D., Carvell, C., Edwards, M., Morris, R. K., Roy, H. E., Woodcock, B. A., & Isaac, N. J. (2019). Widespread losses of pollinating insects in Britain. *Journal of Nature Communications*, 10, 1-6.
 23. Lazaro, A., Chroni, A., Tscheulin, T., Devalez, J., Matsoukas, C., & Petanidou, T. (2016). Electromagnetic radiation of mobile telecommunication antennas affects the abundance and composition of wild pollinators. *Journal of Insect Conservation*, 20, 315-324.

24. Pereira, M.C., Guimaraes, I. D. C., Acosta-Avalos, D., & Antonialli Junior, W. F. (2019). Can altered magnetic field affect the foraging behaviour of ants?. *Journal of Plos One*, 14(11), 1-21.
25. Cammaerts, M. C., & Johansson, O. (2014). Ants can be used as bio-indicators to reveal biological effects of electromagnetic waves from some wireless apparatus. *Journal of Electromagnetic Biology and Medicine*, 33, 282-288.
26. Odemer, R., & Odemer, F. (2019). Effects of radiofrequency electromagnetic radiation (RFEMF) on honey bee queen development and mating success. *Journal of Science of the Total Environment*, 661, 553-562.
27. Thielens, A., Bell, D., Mortimore, D. B., Greco, M. K., Martens, L., & Joseph, W. (2018). Exposure of insects to radio-frequency electromagnetic fields from 2 to 120 GHZ. *Journal of Scientific Reports*, 8, 1-10.
28. Balmori, A. (2021). Electromagnetic radiation as an emerging driver factor for the decline of insects. *Science of The Total Environment*, 767, 1-5.
29. Moller, A. P. (2019). Parallel declines in abundance of insects and insectivorous birds in Denmark over 22 years. *Journal of Ecology and Evolution*, 9, 6581-6587.
30. Sanchez-Bayo, F., & Wyckhuys, K. A. (2019). Worldwide decline of the entomofauna: a review of its drivers. *Journal of Biological Conservation*, 232, 8-27.
31. Charaki, M. (2023). Investigating the amount of electromagnetic pollution of Irancell BTS antennas and its effects on people's health in Shahinshahr city. Master's degree. University of Technology of Esfahan. (In Persian)
32. Kitchen, R.(author) Farvadin, D., Naseh-Nia, F., Ghasemi, F., & Movafeghi, A. (translators) «RF and Microwave Radiation Safety». First edition, Tehran: Arna (2015). p.502. (in Persian)

A review of the effects of electromagnetic waves pollution caused by cell phone antennas on plants and animals

Mahyar Charaki¹, Nourollah Mirghaffari^{*2}, Ali Jaffar³

¹ Master of Science Environmental Science and Engineering, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran

² Professor of Department of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran

³ Master of Civil Engineering, Faculty of Civil Engineering, Arak Azad Islamic University, Arak, Iran

Abstract

Today, mobile phones are considered one of the most essential devices needed by humans due to their base stations. These cell phone base station antennas have created a balloon of invisible electromagnetic waves that threaten the lives of the creatures around it, especially birds and insects. Except for birds and animals, the electromagnetic waves emitted by cell phone antennas can affect the crops and plants around it. This article examines published scientific studies about the effects of electromagnetic waves from cell phone masts on different species by collecting relevant information from various publications. According to the results, exposure to electromagnetic waves, depending on the intensity, duration and wavelength of the waves, has shown a decrease in diversity in different species of birds and animals. Discussion and conclusion: Studies have shown that electromagnetic waves from telecommunication towers may affect the growth and development of plants and cause changes in their physiological activity. Also, some animals and birds may be sensitive to this pollution and be affected. Therefore, the importance of different types of wildlife for their protection and stability against these waves is significant.

Keywords: Electromagnetic radiation, Wildlife, Health, Plant, Animal
