

پایش سلامت شهروندان با رویکرد مکان‌یابی بهینه دکل‌های مخابراتی تلفن همراه (مورد شناسی: منطقه ۱ شهرداری شهر زنجان)

محمدتقی حیدری (استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه زنجان)

شهرام محمدی* (دانشجوی دکترای شهرسازی، گروه شهرسازی، دانشگاه هنر اصفهان)

حسین طهماسبی‌مقدم (دانشجوی دکترای جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، گروه جغرافیا، دانشگاه زنجان)

چکیده

افزایش تقاضا برای خدمات ارتباطی تلفن همراه، فزونی تعداد دکل‌های مخابراتی را به‌ویژه در نقاط شهری در طی سالیان اخیر به‌دنبال داشته‌است. از مسائل مهمی که به موازات افزایش تعداد دکل‌های مخابراتی گریبان‌گیر جوامع بوده، نگرانی‌های مرتبط با خطرات احتمالی ناشی از تشعشعات دکل‌های مذکور بر سلامتی شهروندان است. در این بین مناطق مسکونی و مراکز حساس جمعیتی بخش‌هایی از شهر به‌شمار می‌روند که شهروندان مدت زمان طولانی‌تری را در معرض تشعشعات دکل‌های مخابراتی تلفن همراه قرار می‌گیرند و به‌تبع آن نگرانی‌های مربوط به سلامت شهروندان ابعاد جدی‌تری را در مناطق مذکور به خود می‌گیرد؛ بنابراین هدف پژوهش حاضر پایش سلامت شهروندان با رویکرد مکان‌یابی بهینه دکل‌های مخابراتی تلفن همراه در منطقه ۱ شهرداری شهر زنجان است. روش پژوهش حاضر توصیفی - تحلیلی بوده و به‌لحاظ کاربری نتایج، کاربردی است. گردآوری داده‌ها و اطلاعات موردنیاز نیز از طریق مطالعات کتابخانه‌ای و بازدیدهای میدانی انجام شده و برای تجزیه و تحلیل داده‌های به‌دست آمده، سیستم اطلاعات جغرافیایی مورد استفاده قرار گرفته‌است. نتایج پژوهش نشان می‌دهد در حال حاضر، به‌دلیل وجود عدم قطعیت در پاسخ‌گویی به خطرزا بودن تأثیرات بلندمدت تشعشعات دکل‌های مخابراتی تلفن همراه بر سلامت شهروندان، راه‌حل موجود اجتناب از قرارگیری در معرض تشعشعات دکل‌ها است. براساس پژوهش حاضر از مجموعه ۲۹ دکل موجود در محدوده مورد مطالعه، ۵ دکل به‌دلیل عدم رعایت فاصله استاندارد با مناطق مسکونی و مراکز جمعیتی حساس بایستی جابه‌جا شوند.

تاریخ دریافت: ۲۵ اسفند ۱۳۹۸

تاریخ پذیرش: ۳۰ اردیبهشت ۱۳۹۹

صفحات: ۱۴۲-۱۲۷



کلید واژه‌ها:

سلامت عمومی، دکل‌های مخابراتی، مکان‌یابی، شهر زنجان.

* نویسنده مسئول: شهرام محمدی

پست الکترونیک: sh.mohamadi@au.ac.ir

مقدمه

روی سلامت افرادی که به مدت طولانی در معرض امواج مذکور قرار می‌گیرند، با لحاظ فاصله استاندارد دکل‌های مخابراتی با حوزه‌های مسکونی و مراکز حساس جمعیتی تقریباً بی‌تأثیر است (WHO, 2006; Carpenter, 2013; Staebler, 2017: 145; Durusoy and Hassoy, 2019). همین امر مسبب به وجود آمدن چالش تداخل حریم دکل‌های مخابراتی با حوزه‌های استقرار افراد به مدت طولانی و به خصوص حوزه‌های مسکونی شده است؛ بنابراین از مسائل قابل توجه مرتبط با نصب دکل‌های مخابراتی که برای گسترش خدمات بی‌سیم انجام می‌شود، مسئله مکان‌یابی دکل‌های مخابراتی از منظر سلامت عمومی شهروندان است. همچنان که در سالیان اخیر نیز مجموعه‌ای نوظهور از پژوهش‌ها با طیف وسیعی از گزارش‌ها، تحقیقات و منابع برنامه‌ریزی بر اهمیت طراحی و برنامه‌ریزی شهری برای ساخت شهرهای سالم، کارآمد، انعطاف‌پذیر و پایدار به‌عنوان شاخصه‌های اصلی جامعه ایده‌آل تأکید داشته‌اند (پرتو و همکاران، ۱۳۹۸).

ساخت فضاهای خدماتی جدید به مطالعات علمی و دقیق در مورد تعیین مکان نیاز دارد که بی‌توجهی به این مسئله علاوه بر ناکارآمدی فضاهای ساخته‌شده، موجب هدر رفتن بودجه‌های زیادی می‌شود. مکان‌یابی بهینه دکل‌های مخابراتی تلفن همراه سعی دارد تا با قانونمند کردن شاخص‌ها و عوامل تأثیرگذار، به‌ویژه در سلامت شهروندان، تصمیم‌گیران و برنامه‌ریزان را در انتخاب مناسب مکان خدمات یاری رساند. در این ارتباط پژوهش حاضر بر آن بوده است تا منطقه ۱ شهرداری شهر زنجان را به‌عنوان یکی از جدیدترین مناطق شهری شهر زنجان در جهت بررسی و تحلیل سلامت شهروندان در ارتباط با مکان‌یابی بهینه دکل‌های مخابراتی تلفن همراه مورد توجه و مطالعه قرار دهد.

امروزه تقاضا برای خدمات بی‌سیم هرچه بیشتر و هرچه بهتر، رو به تزاید است. برای پاسخ‌دهی به این تقاضا، توسعه‌گران سامانه بی‌سیم باید بتوانند به سطح پوشش سراسری و کاملی که کلیه حوزه‌های مسکونی را نیز دربرگیرند، نائل شوند. در این زمینه، شهرداری‌ها و کلاً حکومت‌های محلی با مسئولیت‌ها و چالش‌های مضاعفی در سراسر سکونت‌گاه‌ها روبه‌رو هستند که باید به آن پاسخ دهند که به الزامات و نیازهای روبه‌رشد جامعه پیشرو امروز در ابعاد مختلف پاسخگو باشد (انجمن شهرسازی آمریکا، ۱۳۹۱: ۶۳۶-۶۳۷). به‌نظر می‌رسد همان‌طور که تقاضا برای خدمات ارتباطات از دور بی‌سیم و به‌ویژه برای حوزه‌های مسکونی رو به فزونی است، شمار مکان‌هایی که برای استقرار تأسیسات مناسب باشد، رو به کاهش است؛ زیرا اگرچه تشعشعات دکل‌های مخابراتی تلفن همراه به‌عنوان تشعشعات غیر یونیزه‌کننده طبقه‌بندی شده و غیرسرطان‌زا تلقی می‌شوند (WHO, 2018). در عین حال، نگرانی مربوط به دکل‌های مخابراتی، در رابطه با اثرات بلندمدت آن‌ها به‌خاطر قرار گرفتن افراد در معرض تشعشعات فرکانس رادیویی^۱ ادامه‌دار است (Fernandez, 2019). در این مورد، سلامتی افراد در صورت عدم رعایت فاصله تعیین‌شده مناسب دکل‌های مخابراتی با حوزه‌های مسکونی و مراکز حساس جمعیتی^۲ مورد تردید بوده و ممکن است در درازمدت به خطرات ناشناخته‌ای منجر شود (Carpenter, 2013; Habash, 2018: 25). در عین حال، تشعشعات مذکور بر

1. Radio Frequency (RF)

۲. مراکز حساس جمعیتی شامل نقاط دارای تراکم جمعیتی و آسیب‌پذیر از قبیل مراکز بهداشتی و درمانی، آموزشی، توان‌بخشی، بازپروری و غیره بوده که در کشور ایران به تشخیص مرکز سلامت و محیط کار وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی مشخص می‌شوند (شورای شهر تهران، ۱۳۹۴).

اهداف و پرسش‌ها

براساس مطالب پیش‌گفته، پژوهش حاضر بر آن است تا با بررسی و تحلیل سلامت شهروندان منطقه ۱، شهرداری شهر زنجان در ارتباط با مکان‌یابی بهینه دکل‌های تلفن همراه، اهداف زیر را دنبال کرده و به پرسش‌های مطرح‌شده پاسخ گوید.

اهداف پژوهش

۱- بررسی و تحلیل وضعیت مکان‌یابی دکل‌های مخابراتی تلفن همراه در منطقه ۱ شهرداری شهر زنجان از منظر سلامتی عمومی شهروندان.

۲- تعیین مکان بهینه دکل‌های مخابراتی تلفن همراه در منطقه ۱ شهرداری شهر زنجان در راستای دستیابی به سلامت عمومی شهروندان.

پرسش‌های پژوهش

۱- وضعیت مکان‌یابی دکل‌های مخابراتی تلفن همراه در منطقه ۱ شهرداری شهر زنجان از منظر سلامتی عمومی شهروندان چگونه است؟

۲- مکان‌های بهینه پیشنهادی دکل‌های مخابراتی تلفن همراه در منطقه ۱ شهرداری شهر زنجان در راستای دستیابی به سلامت عمومی شهروندان کدام‌اند؟

مبانی نظری

دکل‌های تلفن همراه و سلامتی شهروندان

امروزه نگرانی عمومی در مورد امکان خطرات سلامتی ساکنان در معرض میادین کم‌قدرت و با فرکانس پایین مغناطیسی که به‌وسیله استفاده از لوازم و تجهیزات الکتریکی به‌وجود می‌آیند، بحث‌های قابل‌توجهی را در بین دانشمندان و مسئولان عمومی به‌وجود آورده است (Pasquino, 2017; Poljak and Cvetkovic, 2019). گوشی‌های موبایل به‌وسیله انتقال فرکانس رادیویی سطح پایین از طریق شبکه‌ای از آنتن‌های ثابت به نام

ایستگاه‌های پایه^۱ ارتباط برقرار می‌کنند. براساس مطالعات گزارش‌شده در سالیان اخیر (۱۹۹۵-۱۹۹۸)، تنها چیزی که نتیجه گرفته می‌شود این است که شواهد مبتنی بر هر گونه اثرات سلامتی بر اثر قرارگیری در معرض امواج ماکروویو سطح پایین در سطح حداقل یا بدون اثر است (Jaouettem, 2016). هرچند خطرات (حرارتی) ناشی از قرارگرفتن در معرض میادین سطح بالای تشعشعات فرکانس رادیویی ثبت‌شده است؛ اما هیچ‌گونه خطرات سلامتی شناخته‌شده با قرارگرفتن در معرض میادین تابش منابع فرکانس رادیویی همراه نشده است. در واقع اشعه مذکور برای ایجاد حرارت مؤثر بر بافت بدن دارای سطح خیلی پایینی است. مطالعات اخیر نیز که ممکن است افزایش وقوع سرطان در بین جمعیت در معرض فرکانس رادیویی را نشان دهند، بایستی بررسی‌های بیشتری را به انجام برسانند (Durusoy and Hassoy, 2019).

در حال حاضر، تلاش‌های تحقیقاتی بر روی اثرات طولانی مدت قرارگیری در معرض فرکانس رادیویی تمرکز کرده‌اند که حتی در سطوح بسیار پایین سبب افزایش حرارت قابل‌توجه نمی‌شود (Bertollini et al, 2019: 100)؛ اما قرارگیری بیش از اندازه در معرض فرکانس مذکور ممکن است خطر ابتلا به سرطان، ناباروری مردان و ناهنجاری‌های عصبی-رفتاری را افزایش دهد (Carpenter, 2013; Davis et al, 2017). همچنین برخی از پژوهشگران بر این باورند که هر چند میزان تشعشعات دکل‌های مخابراتی اندک هم باشد؛ اما به‌مرور در معرض قرارگرفتن دائم در مقابل این تشعشعات قابلیت ایجاد تأثیرات بسیار منفی بر بدن افراد را بالا می‌برد (Habash, 2018: 26). نکته قابل‌تأمل این است که میزان آسیب‌پذیری گروه‌های مختلف جمعیتی در برابر تشعشعات دکل‌های مخابراتی

1 . Base stations

مکان یابی شبکه های رادیویی علاوه بر تهیه طرح های پوشش و نقاط کور در سطوح و ارتفاعات مختلف، یکی از نیازهای اصولی و مهم در طراحی و ارزیابی شبکه یکپارچه بی سیم و تعیین کننده استراتژی کلان از نظر استقرار و گسترش صحیح و دقیق سامانه های بی سیم در مناطق است (خاتمی، ۱۳۹۱؛ به نقل از حبوبه، ۱۳۹۶). نحوه مکان یابی، طراحی و ساختن تأسیسات زیرساخت های بی سیم، معمولاً مطابق با مقررات سیاست گذاری شده در سطوح ملی و منطقه ای و محلی قاعده مند می شود (انجمن شهرسازی آمریکا، ۱۳۹۱: ۶۳۸). موضوعاتی که نوعاً تحت پوشش این گونه مقررات قرار می گیرند، عبارتند از:

- ارتفاع برج
- روشنایی و پیرایش کالبدی
- استقرار مکانی
- فرکانس و سطح برق
- نوع و اندازه سازه های تجهیزاتی وابسته (مرتبط)
- حصار کشی
- علامت (نشانه) گذاری
- منظرسازی طبیعی (گیاهی و درختی) (همان، ۱۳۹۱: ۶۳۸-۶۳۹).

در اولین گام از فرایند مکان یابی، باید موقعیت جغرافیایی ساخت گاه، متضمن تحت پوشش قرار دادن کامل شعاعی که خارج از پوشش ساخت گاه های دیگر قرار می گیرد، معلوم شود. اهداف عملیاتی تدقیق حوزه جغرافیایی تحت پوشش، معمولاً براساس تقاضای بازار برای خدمات جدید، ارتقای کیفیت و بالا بردن ظرفیت سامانه تعیین یا تدوین می شود. مکان یابی اصولاً فرایندی حذفی است؛ به عبارت دیگر، مکان یابی با شیوه حذفی به انجام می رسد؛ بدین ترتیب که بین طیف متنوعی از مکان های واجد شرایط کلی استقرار با گزینه های حذفی به مناسب ترین مکان دست یافته می شود. هنگامی که برای سطح زیرپوشش

برابر نیست؛ به طور مثال، کودکان از جمله گروه هایی هستند که بیشتر در معرض آسیب ناشی از تشعشعات دکل های مخابراتی تلفن همراه قرار دارند (BS and Kamat, 2017; Poljak and Drissi, 2018: 340).

در مجموع، بسیاری از پیامدهای قرارگیری طولانی مدت در معرض تشعشعات فرکانس رادیویی از نقص باروری تا قلبی عروقی و ناهنجاری های عصبی رفتاری آزمون شده اند؛ اما مستمترترین مدرک تا به امروز با عارضه سرطان در کودکان مرتبط است (Bertollini et al, 2019: 101). به هر حال تکنولوژی و امکانات امروزی برای دادن حکم نهایی به امکان اثرات طولانی مدت تشعشعات مذکور هنوز زود است و عمده تحقیقاتی که تاکنون در این زمینه انجام یافته اند، به بررسی اثرات کوتاه مدت قرارگیری در معرض میادین الکترومغناطیسی^۱ و فرکانس رادیویی پرداخته و نیاز به انجام مطالعات بیشتر و به خصوص الزام بررسی اثرات بلندمدت قرارگیری در معرض میادین مذکور را گوشزد می کنند (National research council, 1997: 1-2; Repacholi, 1998; Rothman, 2000; Zamanian and Hardiman, 2005; Singh et al, 2016; Durusoy and Hassoy, 2019).

اصول مکان یابی دکل های تلفن همراه

مسئله مکان یابی دکل های مخابراتی عبارت است از، پیدا کردن مکان های مناسب برای قرار دادن ایستگاه های تلفن همراه در یک منطقه به طوری که همه نقاط مدنظر تحت پوشش قرار گیرند و هم پوشانی مابین ایستگاه ها کمینه شود و از حداقل تعداد ایستگاه ها استفاده شود (مسعودی و همکاران، ۱۳۹۰). بررسی چگونگی انتشار موج در محدوده مورد مطالعه یکی از مسائل عمده در طراحی یک شبکه مخابرات است. مطالعات و فعالیت های مربوط به طراحی و

1. Electromagnetic Fields (EMF)

الزامات سلامتی شهروندان در مکان‌یابی دکل‌های تلفن همراه

علی‌رغم اینکه در کشور و در سطح جهانی استاندارد ثابتی وجود ندارد که برای مکان‌یابی دکل‌های مخابراتی فراگیر باشد، معیارهای هر کدام از دکل‌های مخابراتی با توجه به هدف، نوع استفاده و ویژگی‌های محدوده مورد مطالعه متغیر است. به هر صورت در داخل کشور سازمان تنظیم ارتباطات رادیویی، مسئول تنظیم دستورالعمل برای مکان‌یابی است (همان). تأسیس و احداث هر گونه دکل آنتن در حوزه شهری منوط به اخذ مجوز از سازمان ارتباطات رادیویی و شهرداری یا نماینده تام‌الاختیار آن است (وزارت ارتباطات و فناوری اطلاعات، ۱۳۹۱). در پی الزام ساماندهی دکل‌های مخابراتی تلفن همراه، شورای اسلامی شهر تهران به‌عنوان نخستین شهر در کشور در مصوبه‌ای با‌عنوان ضوابط نصب سایت، آنتن و دکل در شهر تهران اولویت‌های چهارگانه‌ای را در مصوبه مذکور مورد تأکید قرار داده‌است:

سلامت شهروندان، استحکام سازه‌ها
سلامت شهروندان، تأثیر امواج الکترومغناطیسی
حفظ و توسعه زیبایی محیط زندگی شهری
حفظ و توسعه مبلمان شهری.

در مصوبه مذکور، برای دستیابی به سلامت شهروندان برای انواع دکل‌های مخابراتی تعیین فاصله (حریم) از دکل‌ها به‌عنوان راه‌حلی برای سلامت شهروندان و توجه به محیط‌زیست در نظر گرفته شده‌است. رعایت حریم دکل‌های مخابراتی با توجه به نوع سایت به شرح جدول زیر تعیین شده‌است:

جست‌وجو می‌شود، معمولاً دو یا چند مکان مناسب وجود دارد. در فرایند مکان‌گزینی، شرکت‌های متقاضی تأسیس تسهیلات بی‌سیم ارتباط از دور به مکان‌هایی دست پیدا می‌کنند که با الزامات زیر به‌طور یکپارچه سازگاری و هماهنگی داشته‌باشد:

- پاسخ‌دهندگی به مقررات ملی؛
- سازگاری با الزامات محلی مکان‌یابی و تبعیت از ضوابط مربوط؛

- پذیرفتنی و مطلوب‌بودن برای جوامع محلی، با پذیرش همگانی؛

- فراهم‌ساختن بالاترین سطح کیفی خدمات ارتباطات از دور بی‌سیم؛

- رسیدن به کمترین (کمینه) شمار ساخت‌گاه‌هایی که به نیازهای بازار پاسخ‌گو باشد (همان: ۶۴۲-۶۴۳).

انتخاب مکان مناسب برای دکل‌های مخابراتی، یک تصمیم‌گیری است که به شناسایی محل بهینه و پوشش مناسب، نیاز به فرایند گسترده ارزیابی زمینی دارد. همچنین باید براساس الزامات و مقررات بین‌المللی و هدف تحقیق موردنظر در جهت کمترین آسیب‌پذیری از سوانح طبیعی باشد و درعین حال هزینه‌های اقتصادی را به حداقل برساند. چنین فرایندی داده‌های مکانی زیادی نیاز دارد و برای پردازش این داده‌ها، راه‌حل‌های جایگزین و ارزیابی‌های متعددی باید در نظر گرفته‌شود. به‌طور کلی در انتخاب محل مهم‌ترین موضوعاتی که باید در نظر گرفته‌شوند عبارت‌اند از: فاصله از سیل، دسترسی به جاده، فاصله از گسل، کاربری اراضی، فاصله از زمین، لغزش، بافت خاک، ارتفاع، دسترسی به خطوط برق، شیب، جهت شیب، عدم‌قرارگیری در حریم بعضی کاربری‌ها (حبوبه، ۱۳۹۶: ۲).

جدول ۱. مدل ارزیابی سایت، دکل، آنتن برای صدور مجوز نصب

ردیف	نوع سایت	سلامت و محیط زیست	حداکثر تعداد دکل‌های مجاز
۱	پشت‌بامی - مهاری	سلولی (موبایل): حداقل فاصله دکل تا دیوار نزدیک‌ترین ساختمان‌های مسکونی و مراکز حساس جمعیتی (مانند: مدرسه - بیمارستان): ۵۰ متر P2P: بدون محدودیت همه‌جهته: حداقل فاصله دکل تا دیوار نزدیک‌ترین ساختمان‌های مسکونی و مراکز حساس جمعیتی (مانند: مدرسه - بیمارستان): ۵۰ متر	یک مهاری (= یک خود ایستا + چند سکوی) در موارد خاص: بنا به نظر کارگروه (بسته به موقعیت، ارتفاع و سطح پشت‌بام)
۲	پشت‌بامی - خود ایستا (منوپل، Platform Pole، بیش از ۳ متر، بیش از ۳ متر)	سلولی (موبایل): حداقل فاصله دکل تا دیوار نزدیک‌ترین ساختمان‌های مسکونی و مراکز حساس جمعیتی (مانند: مدرسه - بیمارستان): ۵۰ متر P2P: بدون محدودیت همه‌جهته: حداقل فاصله دکل تا دیوار نزدیک‌ترین ساختمان‌های مسکونی و مراکز حساس جمعیتی (مانند: مدرسه - بیمارستان): ۵۰ متر	یک مهاری (= یک خود ایستا + چند سکوی) در موارد خاص: بنا به نظر کارگروه (بسته به موقعیت، ارتفاع و سطح پشت‌بام)
۳	پشت‌بامی - دیواری (Wall Mount)	سلولی (موبایل): حداقل فاصله دکل تا دیوار نزدیک‌ترین ساختمان‌های مسکونی و مراکز حساس جمعیتی (مانند: مدرسه - بیمارستان): ۵۰ متر P2P: بدون محدودیت	بدون محدودیت
۴	زمینی - مهاری (مناطق صنعتی حاشیه شهر)	سلولی (موبایل): حداقل فاصله دکل تا دیوار نزدیک‌ترین ساختمان‌های مسکونی و مراکز حساس جمعیتی (مانند: مدرسه - بیمارستان): ۵۰ متر P2P: بدون محدودیت همه‌جهته: حداقل فاصله دکل تا دیوار نزدیک‌ترین ساختمان‌های مسکونی و مراکز حساس جمعیتی (مانند: مدرسه - بیمارستان): ۵۰ متر	یک (تا شعاع ۵۰ متر)
۵	زمینی - خود ایستا (چند پایه) - Mono Pole (منوپل)	سلولی (موبایل): حداقل فاصله دکل تا دیوار نزدیک‌ترین ساختمان‌های مسکونی و مراکز حساس جمعیتی (مانند: مدرسه - بیمارستان): ۵۰ متر P2P: بدون محدودیت همه‌جهته: حداقل فاصله دکل تا دیوار نزدیک‌ترین ساختمان‌های مسکونی و مراکز حساس جمعیتی (مانند: مدرسه - بیمارستان): ۵۰ متر	یک (تا شعاع ۵۰ متر)
۶	میکروسایت	رعایت استانداردهای بهداشت الکترومغناطیسی	بدون محدودیت

(منبع: شورای اسلامی شهر تهران، ۱۳۹۴)

روش پژوهش

روش پژوهش حاضر توصیفی - تحلیلی بوده به لحاظ کاربست نتایج کاربردی است. گردآوری داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز نیز از طریق مطالعات کتابخانه‌ای و بازدیدهای میدانی انجام شده است و جهت تجزیه و تحلیل داده‌های به دست آمده سیستم اطلاعات جغرافیایی^۱ مورد استفاده قرار یافته است. بر این اساس پس از تحقیق در ادبیات مربوط به اثرات تشعشعات فرکانس رادیویی بر سلامتی عمومی شهروندان، فواصل مورد نیاز دکل‌های مخابراتی از مناطق مسکونی و مراکز جمعیتی حساس (مانند: مدرسه و بیمارستان) برای تحلیل وضعیت موجود مشخص شد و در ادامه سایر

ابعاد مکان‌گزینی بهینه دکل‌های مخابراتی در راستای دستیابی به سلامت عمومی شهروندان معین شد. در مکان‌یابی بهینه برای دکل‌های مخابراتی تلفن همراه، بهینه‌سازی به شکلی بوده است تا متناسب با موضوع پژوهش به سلامت عمومی شهروندان منجر شود. در این ارتباط از آنجایی که فاصله افقی دکل‌های مخابراتی با مراکز جمعیتی فقط یکی از ابعاد متضمن کاهش میزان تشعشعات مضر برای سلامت عمومی شهروندان است، سایر ابعادی که در کنار فاصله افقی بر کاهش میزان تشعشعات تأثیرگذار هستند، با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای به شرح جدول شماره ۲ معین شدند. بدین ترتیب با شناسایی مکان استقرار دکل‌های مخابراتی در منطقه ۱ شهرداری شهر زنجان و با لحاظ

1 . Geographical Information System(GIS)

در جهت پاسخ‌گویی به پرسش دوم پژوهش با استفاده از ابعاد موردنظر برای مکان‌گزینی بهینه دکل‌های مخابراتی در راستای سلامت شهروندان، با هم‌پوشانی تمامی ابعاد مکان‌یابی بهینه، اقدام به تعیین مکان‌های بهینه دکل‌های مخابراتی شده و مکان‌های پیشنهادی در قالب نقشه‌ای جداگانه ارائه شده‌است. وزن‌دهی به ابعاد مؤثر در کاهش میزان تشعشعات الکترومغناطیسی با استفاده از منطق فازی^۱ در سیستم اطلاعات جغرافیایی انجام یافته‌است.

ابعاد اثرگذار با اوزان مشخص در لباس پهنه‌بندی، وضعیت دکل‌های مخابراتی از لحاظ میزان خطرناک بودن یا نبودن برای سلامتی شهروندان مشخص شد. برای تعیین اوزان هر کدام از ابعاد مذکور، ۲۵ نفر از خبرگان و متخصصان با استفاده از روش مبتنی بر نمونه‌گیری غیراحتمالی از نوع گلوله‌برفی انتخاب شده‌است. مشخصات صاحب‌نظران کلیدی مشارکت‌کننده در گروه کانونی در جدول ۲ ارائه شده‌است.

جدول ۲. ویژگی پندل‌های تخصصی پژوهش

ردیف	تخصص‌ها	تعداد نمونه	سمت	جنس
۱	جامعه‌شناسی	۱	هیئت علمی	مرد
۲	روان‌شناسی	۱	هیئت علمی	مرد
۳	شهرداری	۲	کارشناس	مرد
۴	سنجش از دور	۱	دانشجوی دکتری	مرد
۵	مسکن و شهرسازی	۲	کارشناس	مرد
۶	مدیریت دولتی	۱	هیئت علمی	مرد
۷	فناوری اطلاعات	۱	هیئت علمی	مرد
۸	جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری	۳	هیئت علمی و دانشجوی دکتری	مرد
۹	عمران زمین و مسکن	۲	کارشناس	مرد
۱۰	سیاست‌گذاری علم و فناوری	۱	دانشجو	مرد
۱۱	آینده‌پژوهی	۲	هیئت علمی و دانشجو	مرد
۱۲	اقتصاد و توسعه	۲	کارشناس	مرد
۱۳	مخابرات	۲	کارشناس	مرد
۱۴	معماری و شهرسازی	۳	هیئت علمی و دانشجو	مرد
۱۵	برق‌گرایش مخابرات	۱	هیئت علمی	مرد

(منبع: پژوهشگران، ۱۳۹۸)



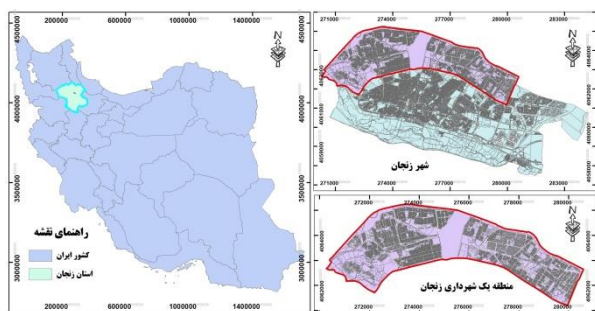
شکل ۱. کاربری اراضی منطقه یک شهر زنگنه
(منبع: طرح تفصیلی شهر زنگنه، ۱۳۹۵)

1. Fuzzy Logic

جدول ۳. شاخص‌های تحلیل وضعیت مکان‌یابی دکل‌های مخابراتی تلفن همراه در ارتباط با سلامتی شهروندان

مؤلفه	شاخص	متغیر	متغیر استاندارد (گویه)	توضیحات
سلامت عمومی شهروندان (سلامت جسمی و روحی - روانی شهروندان)	فاصله از مناطق مسکونی و مراکز حساس جمعیتی ^۱	۱- فاصله از کاربری مسکونی	حداقل فاصله دکل‌های مخابراتی تا کاربری مسکونی بایستی ۵۰ متر باشد (شورای اسلامی شهر تهران، ۱۳۹۴).	با لحاظ کردن فاصله تعیین شده از دکل‌ها، شدت میادین الکترومغناطیسی دکل‌های مخابراتی تلفن همراه کاهش یافته و در نتیجه خطرات آن نیز کاهش می‌یابد (WHO, 2006). ضمن اینکه احساس خطر شهروندان نیز همراه با رعایت حریم دکل‌های مخابراتی تلفن همراه بهبود یافته و کمتر احساس خطر می‌کنند (WHO, 2002:9-10).
		۲- فاصله از کاربری آموزشی: مدارس	حداقل فاصله دکل‌های مخابراتی تا مراکز حساس جمعیتی (کاربری آموزشی: مدارس) بایستی ۵۰ متر باشد (شورای اسلامی شهر تهران، ۱۳۹۴).	
		۳- فاصله از کاربری درمانی: بیمارستان	حداقل فاصله دکل‌های مخابراتی تا مراکز حساس جمعیتی (کاربری درمانی: بیمارستان) بایستی ۵۰ متر باشد (شورای اسلامی شهر تهران، ۱۳۹۴).	
		۴- فاصله از کاربری درمانی: خانه سالمندان	حداقل فاصله دکل‌های مخابراتی تا مراکز حساس جمعیتی (کاربری درمانی: خانه سالمندان) بایستی ۵۰ متر باشد (شورای اسلامی شهر تهران، ۱۳۹۴).	
		۵- فاصله از کاربری نظامی: آسایشگاه سربازان	حداقل فاصله دکل‌های مخابراتی تا مراکز حساس جمعیتی (کاربری نظامی: آسایشگاه سربازان) بایستی ۵۰ متر باشد (شورای اسلامی شهر تهران، ۱۳۹۴).	
		۶- فاصله از کاربری تأسیسات و تجهیزات: زندان	حداقل فاصله دکل‌های مخابراتی تا مراکز حساس جمعیتی (کاربری تأسیسات و تجهیزات: زندان) بایستی ۵۰ متر باشد (شورای اسلامی شهر تهران، ۱۳۹۴).	
		۶- فاصله دکل‌های منصوبه در پارک‌ها و فضاهای سبز تا محل بازی کودکان، مهدکودک‌ها و خانه‌های مستقر در حاشیه پارک‌ها	حداقل فاصله دکل‌های مخابراتی تا مراکز حساس جمعیتی (محل بازی کودکان، مهدکودک‌ها و خانه‌های مستقر در حاشیه پارک‌ها) بایستی ۸۰ متر باشد (شورای اسلامی شهر تهران، ۱۳۹۴).	
محدودیت‌های کاربری	محدودیت‌های کاربری	۱- خودداری از نصب دکل‌های مخابراتی در پارک‌های دارای مساحت کمتر از ۲۰۰۰ مترمربع	ممنوعیت احداث ابنیه در عرصه بوستان‌ها و فضاهای سبز شهر تهران (شورای اسلامی شهر تهران، ۱۳۹۴).	باید از توجه به سلامت به‌عنوان مقوله‌ای کاملاً زیستی و فیزیولوژیک اجتناب کرده، آن را چه در سطح فردی و چه اجتماعی در ارتباط با عوامل و متغیرهای متعددی بررسی کرد. بر این مبنا توجه به حقوق شهروندان و مسئولیت اجتماعی در قبال شهروندان در ارتباط با مکان‌یابی دکل‌های مخابراتی تلفن همراه ضروری است (بنی‌فاطمه و همکاران، ۱۳۹۳؛ قدمی و معتمد، ۱۳۹۲؛ پرتو و همکاران، ۱۳۹۸)
		۲- خودداری از نصب دکل‌های مخابراتی در پارک‌های هم‌جوار با مراکز تئاتر شهر و موزه هنرهای معاصر	ممنوعیت نصب دکل در پارک‌های هم‌جوار با مراکز تئاتر شهر و موزه هنرهای معاصر (شورای اسلامی شهر تهران، ۱۳۹۴).	
		۳- حداقل انجام نصب دکل‌ها در فضاهای باز	حداقل نصب دکل‌های مخابراتی تلفن همراه در فضاهای باز شهری (شورای اسلامی شهر تهران، ۱۳۹۴).	
محدودیت‌های موقعیت‌یابی	محدودیت‌های موقعیت‌یابی	۱- خودداری از نصب دکل‌ها در داخل یا نزدیکی میادین و فلکه‌ها	خودداری از نصب دکل‌ها در داخل و یا نزدیکی میادین و فلکه‌ها (شورای اسلامی شهر تهران، ۱۳۹۴).	
		۲- خودداری از نصب دکل‌ها در مسیر تردد شهروندان و عرض پیاده‌روها و پرهیز از ایجاد اختلال در تردد عابران پیاده	خودداری از نصب دکل‌ها در مسیر تردد شهروندان و عرض پیاده‌روها و پرهیز از ایجاد اختلال در تردد عابران پیاده (شورای اسلامی شهر تهران، ۱۳۹۴).	
		۴- فاصله دکل‌های زمینی در مناطق فاقد ساختمان با هر نوع دکل زمینی دیگر حداقل ۱۰۰ متر	با توجه به مجاز بودن نصب دکل زمینی در مناطق فاقد ساختمان رعایت حداقل فاصله دکل جدید با هر نوع دکل زمینی به میزان ۱۰۰ متر ضروری است (شورای اسلامی شهر تهران، ۱۳۹۴).	
		۷- اولویت حفظ نهال، درخت، فضای سبز و محیط زیست شهروندان بر احداث سایت، دکل و آنتن	ممنوعیت احداث ابنیه در عرصه بوستان‌ها و فضاهای سبز شهر تهران و حریم آن (شورای اسلامی شهر تهران، ۱۳۹۴).	

(منبع: مطالعات کتابخانه‌ای پژوهشگران، ۱۳۹۸)



شکل ۲. موقعیت منطقه ۱ شهرداری شهر زنجان
(منبع: پژوهشگران، ۱۳۹۸)

تجزیه و تحلیل

برای تعیین وضعیت موجود مکان‌یابی دکل‌های مخابراتی تلفن همراه در ابتدا لایه‌های اطلاعاتی مؤثر در مکان‌یابی در قالب فواصل ۵ گانه طبقه‌بندی شده و براساس درجه اهمیت نسبت به مکان‌یابی، به هر کدام از طبقات فاصله‌ای، امتیاز وزنی ۱ تا ۹ داده شد. در این راستا با توجه به محیط پژوهش و نظر نخبگان براساس امتیاز وزنی Ahp به کلاس ۱۰۰-۰ امتیاز وزنی ۹، کلاس ۲۰۰-۱۰۰ امتیاز وزنی ۷، کلاس ۳۰۰-۲۰۰ امتیاز وزنی ۵، کلاس ۴۰۰-۳۰۰ امتیاز وزنی ۳ و کلاس بیشتر از ۴۰۰ امتیاز وزنی ۱ داده شد. روش Ahp از پیچیدگی مفهومی تصمیم‌گیری به‌طور قابل توجهی می‌کاهد؛ زیرا تنها دو مؤلفه (مقایسه دودویی) در یک زمان بررسی می‌شوند. این روش شامل سه گام اصلی: الف) تولید ماتریس مقایسه دوتایی، ب) محاسبه وزن‌های معیار، ج) تخمین نسبت توافق است که برای تعیین وزن معیارها در جهت مکان‌یابی بهینه دکل‌های همراه دنبال شده و نتیجه آن در محیط نرم‌افزار ArcGIS برای تعیین مکان‌های بهینه دکل‌های تلفن همراه مورد استفاده قرار گرفته است.

معرفی مطالعه موردی

شهر زنجان به‌عنوان اولین و بزرگ‌ترین نقطه شهری استان و شهرستان زنجان، یکی از شهرهای میانی کشور است که دارای ۴۳۰۸۷۱ نفر جمعیت است. منطقه ۱ شهرداری شهر زنجان که در قسمت شمالی شهر زنجان واقع شده، ۱۸۰۶۶۹ نفر از کل جمعیت شهر زنجان را به خود اختصاص داده (ادیبان و همکاران، ۱۳۹۶: ۳۳) و دارای مساحتی بالغ بر ۱۹۷۳ هکتار است. منطقه مذکور مشتمل بر ۱۹ شهرک اقماری بوده که برخی از آن‌ها همچون شهرک اسلام‌آباد و کوی فرهنگ به‌صورت غیررسمی رشد یافته است. در واقع نبود نظارت کافی از طرف مسئولان و مدیریت شهری در اوایل انقلاب بر ساخت‌وسازهای شهر زنجان و به‌خصوص شهرک اسلام‌آباد و کوی فرهنگ و افزایش مهاجرت‌ها در اوایل انقلاب باعث تکوین اولیه و گسترش‌های بعدی این شهرک‌ها و ساخت‌وسازهای نامناسب در آن‌ها شده است. وجود مجتمع اداره‌ها و تعداد زیادی از دانشگاه‌های دولتی، بیمارستان، دانشگاه‌های علوم پزشکی، دانشگاه آزاد و بسیاری از مراکز تفریحی از دیگر شاخصه‌های منطقه ۱ شهرداری شهر زنجان است (شهرداری منطقه ۱ شهر زنجان، ۱۳۹۸).

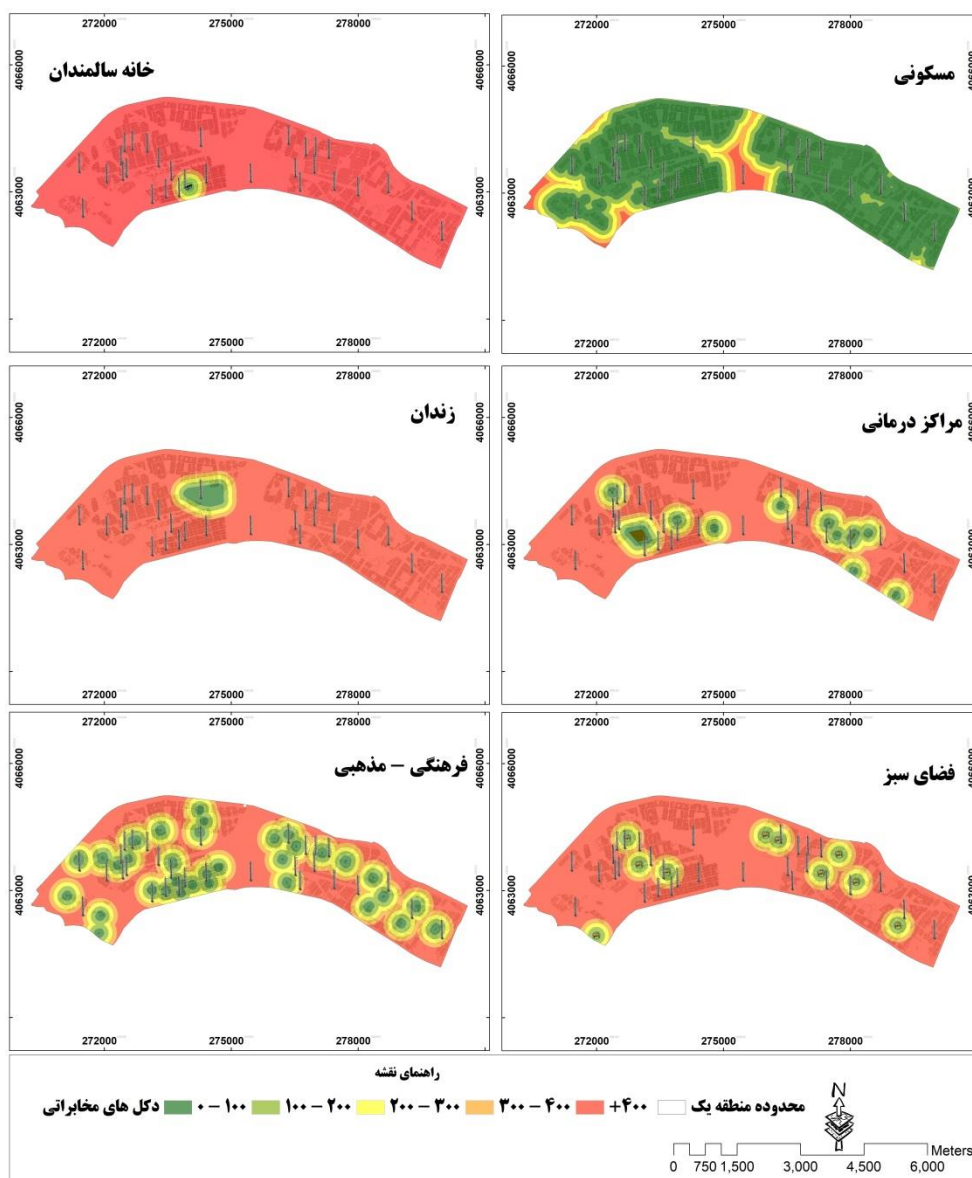
با رواج استفاده از تلفن همراه در سال‌های اخیر، منطقه ۱ شهرداری شهر زنجان جزء مناطقی است که در آن دکل‌های مخابراتی در جای‌جای منطقه و ظاهراً بدون توجه به کاربری‌های هم‌جوار رویداده‌اند که همین امر سلامتی شهروندان را مورد سؤال و البته چالش قرار داده و مبنای ضرورت انجام پژوهش حاضر شده است.

جدول ۴. تعیین امتیاز نهایی گزینه های کاربری

وزن نهایی	وزن های نرمال شده	حاصل ضرب وزن ها	C6	C5	C4	C3	C2	C1	معیارها
۰/۴۵۴۲	۴/۲۱	۴۷۲۵	۹	۷	۵	۵	۳	۱	C1
۰/۲۵۹۴	۲/۴۱	۱۷۵	۷	۵	۵	۳	۱	۰/۳۳	C2
۱/۱۲۹۹	۱/۲۱	۳	۵	۳	۳	۱	۰/۳۳	۰/۲۰	C3
۰/۰۸۲۰	۰/۷۶	۰/۲۰	۵	۳	۱	۰/۳۳	۰/۲۰	۰/۲۰	C4
۰/۰۴۸۹	۰/۴۵	۰/۰۱	۳	۱	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۲۰	۰/۱۴	C5
۰/۰۲۵۶	۰/۲۴	۰	۱	۰/۳۳	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۱۴	۰/۱۱	C6
۱	۹/۲۸	۴۹۰۳/۲۰	مجموع						

فضای سبز: C6، فرهنگی مذهبی: C5، زندان: C4، مراکز درمانی: C3، مسکونی: C2، خانه سالمندان: C1

(منبع: پژوهشگران، ۱۳۹۸)



شکل ۳. وضعیت مناطق مسکونی و مراکز حساس جمعیتی نسبت به دکل های مخابراتی تلفن همراه

(منبع: پژوهشگران، ۱۳۹۸)

استفاده از توابع عضویت برای هر معیار، اعمال وزن دهی تدریجی و پیوسته بر آن معیار است. در واقع وزن هر پیکسل منوط به مقدار عضویت آن پیکسل در مجموعه است. نقشه حاصل از ترکیب و تلفیق لایه ۶ گانه که بر روی آن‌ها وزن‌های منطقی اعمال شده است.



شکل ۴. وضعیت دکل‌های مخابراتی تلفن همراه نسبت به مناطق مسکونی و مراکز حساس جمعیتی (منبع: پژوهشگران، ۱۳۹۸)

جدول ۵. توزیع آماری میزان مطلوبیت با تلفیق شاخص‌ها

میزان مطلوبیت	امتیاز وزنی	مساحت	درصد
مطلوبیت خیلی کم	۱	۱۲۸	۰/۱۶
مطلوبیت کم	۳	۶۲۱۱	۸/۰۷
مطلوبیت متوسط	۵	۱۷۹۳۵	۲۳/۳۱
مطلوبیت زیاد	۷	۲۷۹۰۱	۳۶/۶۴
مطلوبیت خیلی زیاد	۹	۲۴۷۴۳	۳۲/۱
مجموعه		۷۶۹۱۸	۱۰۰

(منبع: پژوهشگران، ۱۳۹۸)

پهنه‌های سبزرنگ بر روی نقشه نشان‌دهنده اراضی با مطلوبیت خیلی زیاد در زمینه هر ۶ شاخص است. این محدوده که حدود ۳۲/۲۶ درصد از مساحت کل منطقه یک را دربر گرفته است، نکته‌ای حائز اهمیت است که از مجموعه ۲۹ دکل، فقط ۳ دکل در این پهنه قرار دارد و پهنه‌های سبز کم‌رنگ بر روی نقشه نشان‌دهنده اراضی با مطلوبیت زیاد که ۳۶/۶۷ درصد از منطقه

یکی از مزیت‌های فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، امکان بررسی سازگاری در قضاوت‌های انجام‌شده برای تعیین ضریب اهمیت معیارها و زیرمعیارها است؛ به عبارتی دیگر، در تشکیل ماتریس مقایسه دودویی معیارها، چقدر سازگاری در قضاوت‌ها رعایت شده است؟ وقتی که اهمیت معیارها نسبت به یکدیگر برآورد می‌شود، احتمال ناهماهنگی در قضاوت‌ها وجود دارد؛ یعنی اگر A_i از A_j مهم‌تر باشد و A_j از A_k مهم‌تر، قاعدتاً باید A_i از A_k مهم‌تر باشد؛ اما علی‌رغم همه کوشش‌ها، رجحان و احساس‌های مردم غالباً ناهماهنگ و نامتعادل هستند. پس سنجای را باید یافت که میزان ناهماهنگی داوری‌ها را نمایان سازد (زبردست، به نقل از توفیق، ۱۳۷۲). با توجه به توضیحات ارائه‌شده، چنانکه $CR \geq 0.1$ (نسبت توافق) باشد، نشان‌دهنده این است که سازگاری لازم در قضاوت‌ها رعایت شده و در صورتی که $CR > 0.1$ باشد، در آن صورت می‌بایستی در قضاوت‌ها تجدیدنظر شود. در این پژوهش $CR = 0.019$ برآورد شده است که حاکی از آن است که سازگاری لازم در قضاوت‌ها صورت گرفته است. بعد از عملیات وزن‌دهی در جدول دودویی و به دست آمدن وزن‌های هر کدام از پارامترهای ۶ گانه لایه‌های رستری سپس به مرحله تلفیق لایه‌ها می‌رسیم. با توجه به وزن‌های نهایی به دست آمده از نتیجه جدول سلسله‌مراتبی با ضریب سازگاری قابل قبول یعنی کمتر از ۰/۱ برای کلاس‌بندی از Classify و برای دادن امتیاز به لایه، از Raster Calculator استفاده می‌شود. برای تهیه نقشه نهایی، نقشه‌های طبقه‌بندی شده مجدد ضرب در اوزان به دست آمده از مدل AHP شده و باهم تلفیق می‌شوند. داده‌ها و لایه‌هایی که در مراحل قبلی تهیه شده‌اند، پس از وزن‌پذیری با روش (Ahp) در قالب مدل منطق فازی و استفاده از توابع عضویت که بیشتر به صورت کاربر مینا بودند، ترکیب و تلفیق شده‌اند. هدف از

مورد مطالعه را دربر گرفته است و از مجموعه ۲۹ دکل مخابراتی همراه اول، ۱۲ دکل در این پهنه قرار دارد. در پهنه متوسط که ۳۲/۱ درصد از کل محدوده منطقه یک را شامل می‌شود. از مجموعه ۲۹ دکل مخابراتی همراه اول، ۹ دکل در این پهنه قرار دارد و در پهنه قرمز کم‌رنگ با اراضی مطلوبیت کم که ۸/۰۷ درصد از کل محدوده مورد مطالعه را شامل می‌شود، از مجموعه ۲۹ دکل، ۴ دکل در این پهنه قرار دارند؛ در حالی که در پهنه مطلوبیت خیلی کم با ۰/۱۶ درصد از کل محدوده منطقه یک شامل بوده از مجموعه ۲۹ دکل در این منطقه، ۱ دکل در این پهنه قرار دارد.

ما تاکنون مطالعات مربوط به تأثیرات مذکور مورد غفلت واقع شده و مطالعات محدود انجام یافته نیز عمدتاً در ارتباط با مکان‌یابی دکل‌های مخابراتی با هدف پوشش سراسری شبکه ارتباطات بی‌سیم انجام شده است (به‌طور مثال: مسعودی سبحان‌زاده، ۱۳۹۰؛ مسعودی سبحان‌زاده و همکاران، ۱۳۹۰؛ حبوبه، ۱۳۹۶). در مجموع می‌توان این‌گونه بیان کرد که مطابق با نتایج تحقیقات انجام شده در ارتباط با موضوع مورد تحقیق، در حال حاضر پیشگیری قبل از درمان توصیه می‌شود؛ یا به بیانی دیگر، اجتناب از قرارگیری در معرض تأثیرات ناخواسته تا زمان دستیابی به قطعیت در مورد اثرات همه‌جانبه دکل‌های مخابراتی تلفن همراه بر سلامتی شهروندان. بر این اساس همان‌طور که در پژوهش حاضر نیز مشخص شد در حال حاضر، مکان‌یابی دکل‌های مخابراتی تلفن همراه موجود در منطقه ۱ شهرداری شهر زنجان با گرایش به نقاطی انجام یافته است که استفاده‌کنندگان بیشتری در آنجا حضور دارند و افراد بیشتری می‌توانند از خدمات بی‌سیم استفاده کنند؛ در حالی که عمده استفاده‌کنندگان از خدمات بی‌سیم در چنین مکان‌هایی (مناطق مسکونی و مراکز حساس جمعیتی)، مدت زمان قابل‌توجهی را در مکان‌های مذکور حضور دارند و به تبع آن در معرض طولانی مدت تشعشعات حاصل از دکل‌های تلفن همراه قرار خواهند داشت. نکته اساسی اینجاست که از بین دکل‌های نصب شده در محدوده مورد مطالعه که شامل ۲۹ دکل است، متأسفانه تعداد ۵ دکل در اراضی مکان‌یابی شده‌اند که از مطلوبیت کم و خیلی کم (در ارتباط با فواصل تعیین شده استاندارد در جهت کاهش تشعشعات اثرگذار بر سلامتی شهروندان) برخوردارند. در جهت پاسخ‌گویی به پرسش دوم پژوهش، بعد از اتمام مراحل روی هم‌گذاری و تلفیق شاخص‌های مؤثر در مکان‌یابی بهینه دکل‌های مخابراتی تلفن همراه،

بحث و نتیجه‌گیری و ارائه نقشه نهایی مکان‌یابی بهینه

سلامتی شهروندان از مباحث اصلی مطالعات شهری طی چند دهه اخیر در مقیاس جهانی بوده است. سلامت جسمانی شهروندان در گرو عوامل متعددی در ساختار فضایی و کالبدی شهر است که تأمین هر کدام ملاحظات مخصوص به خود را می‌طلبند. این مهم در مورد دکل‌های مخابراتی تلفن همراه ابعاد خاص‌تری را به خود می‌گیرد.

دکل‌های مخابراتی تلفن همراه با توجه به گسترش روزافزون تقاضا برای خدمات بی‌سیم، جزئی ضروری از ساختار سکونت‌گاه‌های انسانی شده و موضوع مکان‌یابی آن‌ها با توجه به الزام پوشش سراسری شبکه در ضمن امتناع از تبعات منفی تشعشعات دکل‌ها بر سلامتی شهروندان از موضوعات قابل‌تأمل در مکان‌یابی دکل‌های مذکور است. در حال حاضر اگرچه در مقیاس جهانی تحقیقات متعددی بر روی ابعاد مختلف تأثیرات منفی تشعشعات دکل‌های مخابراتی تلفن همراه متمرکز شده‌اند (به‌طور مثال: Pasquino, 2017; BS and Kamat, 2017; Davis, 2017; Habash, 2018; Fernandez, 2019; Orłowski et al, 2018; Bertollini et al, 2019; Durusoy and Hassoy,

رنگ سبز جابه‌جا یا حذف شوند؛ به عبارتی دیگر، دکل‌های با رنگ قرمز جایگزین دکل‌های سبزرنگ شوند. بدیهی است که مکان‌های پیشنهادی تنها با معیار سلامتی شهروندان مدنظر قرار یافته‌اند و البته برای تدقیق مکان دکل‌ها بایستی سایر ملاحظات مربوط به مکان‌یابی دکل‌های مخابراتی تلفن همراه نیز لحاظ شوند.

نقاط پیشنهادی جدیدی در جهت استقرار و جابه‌جایی دکل‌ها به دست آمده است. در واقع دکل‌های نیازمند جابه‌جایی، باید در پهنه‌هایی قرار گیرند که از مطلوبیت‌های متوسط به بالا برخوردار باشد تا تشعشعات اثرگذار دکل‌ها بر سلامت جسمانی شهروندان به حداقل ممکن برسد. همان‌طور که در نقشه پیشنهادی نشان داده شده است، بایستی ۵ دکل با



شکل ۵. مکان‌یابی بهینه دکل‌های مخابراتی تلفن همراه نسبت به مناطق مسکونی و مراکز حساس جمعیتی (منبع: پژوهشگران، ۱۳۹۸)

منابع:

شورای اسلامی شهر تهران. (۱۳۹۴). ضوابط نصب سایت، آنتن و دکل در شهر تهران، شناسه مصوبه: ۲۱۳۸، تاریخ دسترسی: ۱۳۹۸/۰۵/۰۴.

<http://shora.tehran.ir>

قدمی، مصطفی و معتمد، سمانه. (۱۳۹۲). بررسی کیفیت زندگی در شهرهای کوچک با تأکید بر بُعد سلامت فردی و اجتماعی (مطالعه موردی: شهر نور، استان مازندران)، نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی. دانشگاه اصفهان، سال ۲۴، پیاپی ۴۹، شماره ۱، صص ۳۳-۵۰.

<https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=203517>

مسعودی سبحان‌زاده، یوسف. (۱۳۹۰). مکان‌یابی دکل‌های مخابراتی با استفاده از ترکیب الگوریتم نیتیک و آتاماتای یادگیر، پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی کامپیوتر، دانشکده مهندسی کامپیوتر، دانشگاه پیام نور استان تهران.

مسعودی سبحان‌زاده، یوسف؛ لطفی، شهریار؛ فراهی، احمد. (۱۳۹۰). مکان‌یابی دکل‌های مخابراتی با استفاده از خودکار یادگیر، سومین کنفرانس مهندسی برق و الکترونیک ایران، دانشگاه آزاد اسلامی گناباد.

https://www.civilica.com/Paper-ICEEE03-ICEEE03_149.html

وزارت ارتباطات و فناوری اطلاعات. (۱۳۹۱). دستورالعمل هماهنگی سازمان تنظیم مقررات و ارتباطات رادیویی و شهرداری‌های کشور برای نصب دکل آنتن، سازمان تنظیم مقررات و ارتباطات رادیویی، معاونت بررسی‌های فنی و صدور پروانه.

<https://asnad.cra.ir/fa/Public/Documents?parentId=a282bc92-3d32-e711-80d8-005056875dcc>

Adey, W R (2017), Biological Effects of Electromagnetic Fields, Wiley Online Library.

doi:10.1002/jcb.2400510405

Bertollini, Roberto; Lebowitz; Savitz, Davis A; Saracci, Rodolfo (2019), Environmental Epidemiology: Exposure and Disease, CRC Press.

BS, Miah Tayaba; Kamat, Deepak (2017), Current Understanding of the Health Effects of Electromagnetic Fields, Pediatric Annals, volume 46, issue 4: 172-174.

<https://doi.org/10.3928/19382359-20170316-01>

ادیبان، سعید؛ محمدی، زهرا؛ صفرخانی، سپیده. (۱۳۹۶). آمارنامه شهر زنجان ۱۳۹۵، شهرداری شهر زنجان. معاونت برنامه‌ریزی و توسعه انسانی.

انجمن شهرسازی آمریکا. (۱۳۹۱). ساختارها (استانداردهای برنامه‌ریزی و طراحی شهری انجمن شهرسازی آمریکا) (جلد سوم)، مترجمان: مصطفی بهزادفر، فریبرز قربانی‌پور، ماه‌فرید منصوریان، رضا یوسفی، چاپ دوم، تهران: آذرخش.

بنی‌فاطمه، حسین؛ علیزاده اقدم، محمدباقر؛ شهام‌فر، جعفر؛ عبدی، بهمن (۱۳۹۳). سلامت و عوامل اجتماعی تعیین‌کننده آن: مطالعه‌ای بر روی نابرابری‌های سطوح سلامت بین شهروندان تبریز، نشریه جامعه‌شناسی کاربردی. دانشگاه اصفهان، سال ۲۵، شماره پیاپی ۵۶، صص ۷۳-۸۹.

http://jas.ui.ac.ir/article_18378.html

پرتو، شهرزاد؛ ایزدی، محمدسعید؛ کریمی مشاور، مهرداد؛ زابلی، روح‌اله. (۱۳۹۸). فضای باز عمومی حامی فعالیت فیزیکی و ارتقای سلامت شهروندان: یک مرور نظام‌مند، فصلنامه علمی پژوهشی آموزش بهداشت و ارتقای سلامت ایران. انجمن علمی آموزش بهداشت و ارتقاء سلامت ایران، دوره ۷، شماره ۲، صص ۱۲۶-۱۴۲.

http://journal.ihepsa.ir/browse.php?a_id=1063&sid=1&slc_lang=fa

توفیق، فیروز. (۱۳۷۲). ارزشیابی چندمعیاری در طرح ریزی کالبدی، نشریه آبادی. وزارت راه و شهرسازی جمهوری اسلامی ایران، شماره ۱۱، صص ۴۰-۴۳.

<https://www.sid.ir/Fa/Journal/ViewPaper.aspx?ID=126103>

حبوبه، مجتبی. (۱۳۹۶). مکان‌یابی دکل‌های مخابراتی برای پوشش شبکه رادیویی (سواحل دریایی استان مازندران)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه مازندران.

منطقه یک شهرداری زنجان. (۱۳۹۸). معرفی منطقه ۱ شهرداری زنجان، تاریخ دسترسی ۱۳۹۸/۰۶/۲۰.

<http://:zone1.zanjan.ir>

- Poljak, Dragan; Drissi, Khalil E (2018), Computational Method in Electromagnetic Compatibility: Antenna Theory Approach versus Transmission line Models, Wiley Online Library.
<https://www.wiley.com/enir/Computational+Method+in+Electromagnetic+Compatibility:+Antenna+Theory+Approach+Versus+Transmission+Line+Models-p-9781119337171>
- Repacholi. H. Michael (1998), Low-Level exposure to radiofrequency electromagnetic fields: Health effects and research needs, Wiley Online Library: Bio Electro Magnetics, volume 19, issue 1: 1-19.
[https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1521-186X\(1998\)19:1<1::AID-BEM1>3.0.CO;2-5](https://doi.org/10.1002/(SICI)1521-186X(1998)19:1<1::AID-BEM1>3.0.CO;2-5)
- Rothman. J. Kenneth (2000), Epidemiological evidence on health risks of cellular telephones, THE LANCET, volume 356, issue: 1837-1840.
 DOI:[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(00\)03244-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(00)03244-X)
- Singh, Kushpal; Nagatj, Anup; Yousef, Asif; Ganta, Shravani; Pareek, Sonia; Preeti, Vishnani (2016), Effect of electromagnetic radiations from mobile phone base stations on general health and salivary function, Journal of International Society of Preventive & Community Dentistry, volume 5, issue 1:54-59.
 doi: 10.4103/2231-0762.175413
- WHO (2002), ESTABLISHING A DIALOGUE ON RISKS FROM ELECTROMAGNETIC FIELDS, Department of protection of the human environment, Geneva, Switzerland.
<https://apps.who.int/iris/handle/10665/42543>
- WHO (2006), Research Agenda for Radio Frequency Fields, Department of protection of the human environment, Geneva, Switzerland.
https://www.who.int/peh-emf/research/rf_research_agenda_2006.pdf?ua=1
- World Health Organization. (2018). What is ionizing radiation?, Accessed 24 January 2018, Available at www.who.int/ionizing_radiation/about/what_is_ir/en/.
- Zamanian, A and Hardiman, CY (2005), Electromagnetic Radiation and Human Health: A Review of Sources and Effects, High frequency Design: 16-26.
https://www.highfrequencyelectronics.com/Jul05/HFE0705_Zamanian.pdf
- Carpenter. O. David (2013), Human disease resulting from exposure to electromagnetic fields, REVIEWS ON ENVIRONMENTAL HEALTH, volume 28. Issue4: 72-159.
<https://doi.org/10.1515/reveh-2013-0016>
- Davis, Devra; Sears, Margaret E; Miller, Anthony B; Bray, Riina (2017), Microwave/Radiofrequency Radiation and Human Health: Clinical Management in the Digital Age, Oxford University Press.
- Durusoy, Raika; Hassoy, Hur (2019), Electromagnetic Fields from Mobile Phones and Their Base Stations: Health effects, Encyclopedia of Environmental Health, 2nd Edition, Ege University Medical School, Izmir, Turkey
 DOI:10.1093/med/9780190490911.003.0010
- Fernandez, Prasana R; Ng, Kwan-Hoong; Kaur, Surinderpal (2019), Risk Communication Strategies for Possible Health Risks From Radio-Frequency Electromagnetic Fields (RF-EMF) Emission by Telecommunication Structures, The Radiation Safety Journal, volum 116, issue 6: 835-839.
 Doi: 10.1097/HP.0000000000001037
- Habash, Riadh W. Y (2018), Electromagnetic Fields and Radiation Human Bioeffects and Safety, CRC Press. Health Effects, Elsevier.
- Jauettem. R. J (2016), Health Effects of Microwave Exposures: A Review of the Recent (1995-1998) Literature, Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy, volume 33, issue 4: 263-274.
<https://doi.org/10.1080/08327823.1998.11688382>
- National research council (1997), Possible Health Effects of Exposure to Residential Electric and Magnetic Fields, national academies press.
- Orlowski, Aleksander; Pawlak, Rafal; Kalinowski; Wojcik, Augustyn (2018), Assessment of human exposure to cellular networks electromagnetic fields, Conference: 2018 Baltic URSI Symposium (URSI).
 DOI: 10.23919/URSI.2018.8406750
- Pasquino, Nicola (2017), Measurement and analysis of human exposure to electromagnetic fields in the GSM band, Measurement Journal, volume 109: 373-383.
<https://doi.org/10.1016/j.measurement.2017.06.003>
- Poljak, Dragan; Cvetkovic, Marion (2019), Human Interaction with Electromagnetic Fields, Elsevier Science & Technology.

