

# ارزیابی فضایی تأثیر پارامترهای کاربری اراضی بر کیفیت هوا در مناطق شهری، (مطالعه موردی شهر تهران)

رضا طالبی فرد<sup>۱</sup>، اشکان شفیعی<sup>۲\*</sup>، افشین یگانه<sup>۱</sup>

<sup>۱</sup>- دانشجوی دکتری، دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز

<sup>۲\*</sup>- دانشجوی دکتری، دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز

\*ایمیل نویسنده مسئول: ashkan.shafiee@tabrizu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۳/۰۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۳۱

## چکیده

آلودگی هوا تأثیر جدی بر سلامت انسان دارد و نمی‌توان تأثیرات مختلف پارامترهای کاربری اراضی و ساختار کالبدی شهری را در توزیع و انتشار آلاینده‌های هوا نادیده گرفت. بدین‌منظور در این مطالعه، تأثیر پارامترهای کاربری اراضی در تغییرات مکانی آلاینده‌های شهر تهران در بازه زمانی ۱۳۹۸-۱۳۹۰ مورد بررسی قرار گرفته است. جهت نیل به هدف مذکور از تصاویر ماهواره‌ای لندست و همچنین داده‌های آلاینده‌های مرکز کنترل کیفیت هوای شهر تهران در سال‌های ۱۳۹۸ و ۱۳۹۰ استفاده گردید. جهت طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای و مشخص نمودن نوع کاربری‌ها نیز از روش شبکه عصبی مصنوعی در نرم‌افزار ENVI و همچنین جهت پهنه‌بندی غلظت آلاینده‌های هوای شهر تهران از مدل Kriging در نرم‌افزار Arc GIS استفاده گردید. یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که افزایش ساخت و ساز در غرب و شمال تهران باعث افزایش تمرکز آلاینده‌ها در این جهات از شهر شده است. در مقابل تغییر کاربری اراضی از زمین‌های بایر به فضاهای سبز شهری در شرق و جنوب‌شرقی شهر تهران، موجب کاهش غلظت آلاینده‌های هوای شهری در این مناطق گردیده است.

## کلمات کلیدی

"آلاینده‌های هوا"، "کاربری اراضی"، "ارزیابی فضایی"، "شهر تهران".

## ۱- مقدمه

اخیر نتوانسته‌اند مطابق با دستورالعمل‌های سازمان بهداشت جهانی (۲۰۱۸) در زمینه کیفیت هوا عمل کنند (Yang et al, 2019); از سوی دیگر پیش‌بینی‌های صورت گرفته توسط سازمان ملل بیانگر آن است که جمعیت ساکن در مناطق شهری جهان، طی دو دهه آینده رشد چشمگیری داشته باشد و شاهد رشد جمعیت شهری از ۵۲ درصد در سال ۲۰۱۱ به ۶۷ درصد در سال ۲۰۵۰ خواهیم بود (United Nations, 2012). در حال حاضر نیز رشد شتابان شهرنشینی منجر به تغییر الگوهای کاربری اراضی و ادغام مراکز کوچک شهری با محدوده اصلی آن‌ها شده و مناطق بزرگ شهری را تشکیل داده است. به‌دنبال این امر میزان انتشار آلاینده‌های هوا نیز به‌طور فزاینده‌ای تشدید گردیده است (Surendran et al, 2015). عوامل متعددی در ایجاد و تشدید این آلاینده‌ها دخیل می‌باشند (Mohammadi and Rahimi, 2013). آلاینده‌ها در شهرها عمدتاً از چهار منبع: انرژی، صنعت، مسکن و حمل و نقل سرچشمه می‌گیرند. در این میان همچنین نمی‌توان نقش و ارتباط تغییرات کاربری اراضی با کیفیت هوای شهری را نادیده گرفت. در واقع، موقعیت منابع آلاینده هوا و کاربری اراضی شهری از عوامل مهم تأثیرگذار بر تولید و انتشار آلاینده‌های هوای شهری به‌شمار می‌آیند. لذا با بروز این مسأله پیچیده، نیاز است که شناختی دقیق و مؤثری در این زمینه صورت گیرد (Sharifi Sadeh and Ahmadi, 2018) و محققان به‌دنبال بحث درباره راه‌های بهبود کیفیت هوا از منظر جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری باشند (Hassan et al, 2020). در ادامه به برخی از این مطالعات که توسط محققان داخلی و خارجی انجام پذیرفته است، اشاره می‌گردد.

عباس‌پور و همکاران (۱۳۹۳) در پژوهشی با عنوان تأثیر بوستان‌های شهری بر میزان انتشار ذرات معلق PM<sub>10</sub> از ۱۶ ایستگاه درون پارکی

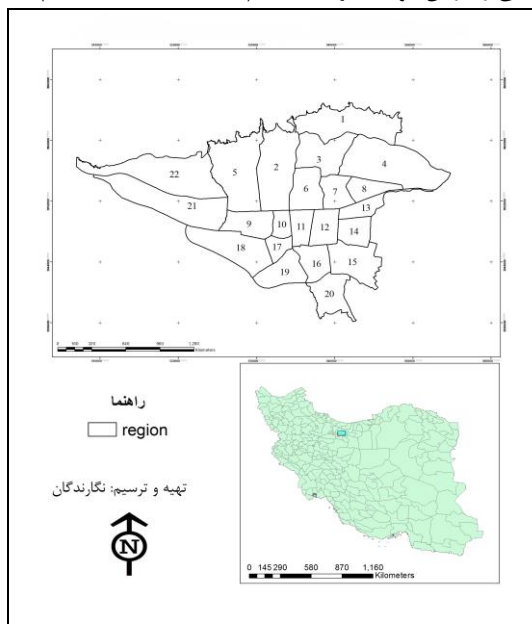
امروزه مسئله آلودگی هوا به موضوعی نگران‌کننده و تأثیرگذار بر بهداشت و سلامت عمومی جوامع شهری تبدیل شده است. چراکه قرار گرفتن طولانی مدت شهروندان در معرض آلودگی هوا می‌تواند خطر ابتلا به بیماری‌های روانی چون استرس، نوسانات خلقی، اضطراب، افسردگی، زوال عقلی، دو قطبی و اسکیزوفرنی را افزایش دهد و از نظر جسمی نیز عوارضی چون تولد زودرس نوزادان، سرطان ریه، بیماری‌های قلبی عروقی، تنفسی و مغزی را به‌همراه داشته باشد (Abdul Halim et al, 2020; Thomson, 2019; Jiang et al, 2021). برطبق گزارش سازمان جهانی بهداشت در سال ۲۰۲۰، تقریباً ۴/۲ میلیون نفر به‌دلیل مسائل بهداشتی ناشی از آلودگی هوا جان خود را از دست داده‌اند (World Health Organization, 2020) و حدود ۹۰ درصد مردم در سراسر جهان هر روزه هوای آلوده و سمی را تنفس می‌کنند (Yang et al, 2021). بنابراین آلودگی هوا، به‌ویژه در مناطق شهری به‌دلیل افزایش روزافزون جمعیت و منابع آلودگی، یک نگرانی عمده می‌باشد. به‌طور کلی آلاینده‌های هوا را می‌توان بر-اساس منشأ ترکیب شیمیایی و حالت فیزیکی‌شان طبقه‌بندی نمود. آلاینده‌ها بسته به منشأ آن‌ها به دو گروه اولیه و ثانوی تقسیم می‌گردند (Ismailnejad et al, 2015). آلاینده‌های اولیه از قبیل دی-اکسیدسولفورها (SO<sub>2</sub>)، اکسیدهای نیتروژن (NO<sub>2</sub>) و هیدروکربن‌ها (HC)، آن دسته از آلاینده‌هایی هستند که مستقیماً وارد اتمسفر شده و به‌همان شکل آزاد شده نیز در اتمسفر یافت می‌شوند. اما آلاینده‌های ثانوی نیز نظیر اوزون (O<sub>3</sub>) و پراکسی استیل نترات (PAN) شامل آن دسته از آلاینده‌ها می‌باشند که در اتمسفر توسط یک واکنش فتوشیمیایی در اثر هیدرولیز و یا اکسیداسیون تشکیل می‌گردند (Atai & Hashemi Nasab, 2011). بررسی داده‌های مربوط به آلودگی هوا نشان می‌دهد که ۹۷ درصد شهرهای جهان در سال‌های

توسط اتومبیل‌ها، این شهر را به یکی از آلوده‌ترین شهرهای جهان تبدیل نموده است. با عنایت به این مسأله، پژوهش حاضر اهدافی چون ارزیابی روند آلودگی طولانی‌مدت هوا در رابطه با تغییرات فضایی و زمانی، تعیین میزان تغییر کاربری اراضی تأثیر آن بر شدت آلودگی هوا و در نهایت بررسی چگونگی تأثیر تغییرات کاربری اراضی شهری بر شدت آلاینده‌های مختلف هوا را دنبال می‌نماید.

## ۲- روش انجام تحقیق

### • محدوده مورد مطالعه

کلان‌شهر تهران، پایتخت ۲۲۰ ساله ایران در کوهپایه‌های جنوبی رشته کوه البرز در حد فاصل طول ۵۱ درجه و ۵ دقیقه شرقی تا ۵۱ درجه و ۵۳ دقیقه شرقی، و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۳۴ دقیقه-ی شمالی تا ۳۵ درجه و ۵۹ دقیقه شمالی با حدود ۷۰۰ کیلومتر مربع مساحت گسترده شده است. این شهر از شمال به سلسله جبال البرز، از شرق به لواسانات و از غرب به کرج و از جنوب به ورامین محدود می‌شود (شکل ۱). ارتفاع شهر در بلندترین نقاط شمال به ۲۰۰۰ متر و در جنوبی ترین نقاط به ۱۰۵۰ متر از سطح دریا می‌رسد. شهر تهران با جمعیتی قریب به ۱۲ میلیون نفر (به‌همراه شهرهای اقماری خود) ۱۲ درصد جمعیت کل کشور را به‌خود اختصاص داده است. با توجه به این که شهر تهران دارای موقعیت خاص جغرافیایی است (اختلاف ارتفاع زیاد در شمال و جنوب آن) از شرایط نامناسب بافت شهری برخوردار است و وسائط نقلیه زیادی در طول شبانه‌روز در آن به فعالیت مشغولند. بادهای غربی در تمام طول سال دود کارخانجات و سایر عوامل آلاینده را به سطح شهر تهران وارد می‌سازند. در مجموع شهر تهران دارای شرایط نامساعد زیست محیطی بوده و آلودگی هوای آن در سال‌های اخیر با محتوای گازهای سمی به‌صورت خطرناک عمل می‌نماید و تغییرات بسیار چشمگیر محیطی و اقلیمی را در آن موجب گردیده است (Bahari et al, 2016).



شکل ۱- محدوده مورد مطالعه

### • نوع تحقیق و روش گردآوری داده‌ها

پژوهش حاضر از لحاظ هدف کاربردی بوده و از لحاظ شیوه گردآوری داده‌ها "توصیفی-تحلیلی" می‌باشد. جهت دستیابی به هدف نهایی پژوهش ابتدا تصاویر ماهواره‌ای لندست در بازه زمانی ۱۳۹۸-۱۳۹۰ از

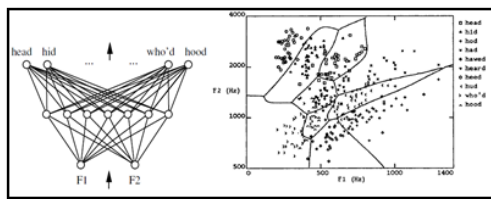
جهت محاسبه غلظت آلاینده استفاده نموده‌اند. نتایج حاصله نشان داده است که ایستگاه‌های درون پارک‌ها غلظت آلاینده‌های کمتری نسبت به ایستگاه‌های محیط اطراف دارند. همچنین با افزایش فاصله از مبدأ و با کاهش تراکم فضای سبز نسبت به آن، بر میزان انتشار و پخش ذرات معلق افزوده می‌گردد. نورپور و همکاران (۱۳۹۳) نیز در مطالعه‌ای با عنوان تعیین تغییرات مکانی و زمانی آلاینده‌های گوگرد دی اکسید، نیتروژن دی اکسید و انواع ذرات معلق در شهر تهران، با استفاده از روش‌های درون‌یابی نسبت به تولید نقشه‌های کیفیت هوای حاصل از آلاینده‌های ذرات معلق، دی اکسید گوگرد و دی اکسید نیتروژن اقدام نموده‌اند. نتایج بررسی‌ها نشان داده است که مهم‌ترین عامل تأثیرگذار بر تغییرات مکانی آلاینده‌ها، حجم ترافیک و اماکن صنعتی می‌باشد.

در پژوهشی دیگر، اسمعیل‌نژاد و همکاران (۱۳۹۴) به ارزیابی و پهنه‌بندی آلودگی هوای کلان‌شهر تبریز پرداخته‌اند. پژوهشگران در نهایت به این نتیجه دست یافته‌اند که موقعیت جغرافیایی و توپوگرافی شهر تبریز، کاربری‌های تجاری، اداری و صنعتی، سرانه پایین معابر و فضای سبز از عمده‌ترین عوامل ایجاد کننده آلودگی در نواحی مرکزی و غربی شهر به‌شمار می‌آیند. همچنین وحدت و علی‌محمدی (۱۳۹۹) در تحقیقی با عنوان بررسی تغییرپذیری ساعتی رابطه‌ی بین پارامترهای کاربری اراضی و آلاینده CO، با استفاده از مدل رگرسیون کاربری اراضی در شهر تهران دریافته‌اند که تغییرات زمانی به‌همراه تغییرات مکانی نقش مؤثری را در تشکیل مدل‌ها در طول شبانه‌روز ایفا می‌کنند. به‌طوری که مدل‌های ساعتی در بازه‌ی ۰/۵۱ تا ۰/۹۲ قرار دارند که بالاترین آن مربوط به مدل‌های ساعات شبانه و پایین‌ترین آن مربوط به ساعات ظهرگاهی است و وجود اماکن و فضاهای سبز، ورزشی و نیز درمانی در مناطق شهری، مکان‌هایی با غلظت پایین‌تر آلاینده CO به‌وجود می‌آورند. همچنین ونگ و یانگ (۲۰۰۶) در مطالعه‌ای تأثیر متغیرهای کاربری اراضی بر آلاینده‌های هوا را با استفاده از تجزیه و تحلیل بافر و همبستگی مورد بررسی قرار داده‌اند و دریافته‌اند که روند فضایی آلاینده‌های هوا با تراکم اراضی ساخته شده در شهر گوانگژو ارتباط مستقیم دارد. تحقیق انجام شده توسط زاهاری و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۱۶) در مالزی نیز نشان داده است که اراضی ساخته شده با کاربری‌های تجاری و زمین‌های صنعتی منجر به افزایش غلظت PM<sub>10</sub> می‌گردد. علاوه بر این، یافته‌های وانگ و همکاران<sup>۳</sup> (۲۰۱۸) نیز نشانگر پیشرفت قابل توجه انتشار CO<sub>2</sub> در اطراف رودخانه مروارید در چین یا تبدیل و تغییر کاربری اراضی غیرمسکونی به مناطق صنعتی، تجاری، اقامتی و ترافیکی می‌باشد. در مجموع بررسی مطالعات صورت گرفته در این زمینه نشان‌دهنده آن است که اراضی ساخته شده شهری ارتباطی مستقیم با افزایش سطوح انتشار آلاینده‌ها دارد و در نتیجه باعث آلودگی هوا می‌گردد. در چنین شرایطی به‌منظور برنامه‌ریزی و تدوین سیاست‌های مناسب جهت کاهش آلودگی هوا، مسأله کاربری اراضی مناطق شهری از اهمیت بسیاری برخوردار می‌باشد.

شهر تهران به‌عنوان پایتخت ایران نیز تحت تأثیر آلودگی هوا به‌ویژه سوخت‌های فسیلی استفاده شده در بخش حمل و نقل قرار دارد. در واقع افزایش فاصله سفرهای شهری، بالا بردن سهم وسایل نقلیه خصوصی در حمل و نقل شهری و نهایتاً افزایش سوخت مورد استفاده

1. Weng & Yang  
2. Zahari et al  
3. Wang et al

از موضوعات مهم تحقیقات اخیر، استفاده از شبکه عصبی مصنوعی در طبقه‌بندی تصویر است. چنین سیستم‌هایی به خود تعلیمی موسوم‌اند که موجب ارتباط بین طرح‌های معین داده‌های ورودی و خروجی‌های خاص می‌گردند. شبکه‌های عصبی در اجرای طبقه‌بندی سنتی تصویر و در عملیات پیچیده‌تری از قبیل آنالیز ترکیب طیفی کاربرد گسترده‌ای دارند. در این ساختار، برای آموزش شبکه، نمونه‌های آموزشی از طریق لایه‌ی ورودی وارد شبکه شده و بعد از ضرب شدن در وزن‌های ارتباط دهنده نرون‌ها، وارد لایه میانی می‌شود. در هر نرون از لایه‌ی میانی، یک تابع فعالیت، بر روی ورودی‌های اعمال شده و مقادیر محاسبه شده به لایه‌ی خروجی فرستاده می‌شوند. در این مرحله، خروج شبکه، با مقدار مطلوبی که از شبکه انتظار می‌رود مقایسه شده و مقدار خطای موجود، از روش‌های مختلف، با تغییر در وزن‌های ارتباط دهنده‌ی نرون‌ها در شبکه تعدیل می‌شود. این کار تا زمانی ادامه پیدا می‌کند که مقدار خطای شبکه به ازای تمامی نمونه‌های آموزشی به یک مقدار حداقل که برای شبکه از قبل تعیین شده برسد. بنابراین شبکه عصبی، براساس نمونه‌های آموزشی و خروجی‌های مطلوب پیکربندی می‌شود (Aplin and Tatnal, 1997). شکل (۳) نحوه طبقه‌بندی به روش شبکه عصبی را نمایش می‌دهد. در حال حاضر، علاقه به طبقه‌بندی نظارت‌شده از تصاویر سنجنش از راه دور با شبکه‌های عصبی رو به رشد می‌باشد (Paola and Schowengerdt, 1995).



شکل ۳- نحوه طبقه‌بندی شبکه عصبی مصنوعی  
منبع: (www. Esri.com)

### ۳- نتایج

#### • طبقه‌بندی تصاویر

در طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای، پیکسل‌هایی که ارزش عددی یکسان دارند در یک گروه قرار می‌گیرند. طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای به شکل نظارت شده و نظارت نشده انجام می‌گیرد. در طبقه‌بندی نظارت شده برای رده‌بندی پیکسل‌ها از نمونه‌های آموزشی استفاده می‌گردد، بدین معنی که با تعریف پیکسل‌های مشخصی از تصویر برای هر کدام از کلاس‌ها عمل طبقه‌بندی در قالب کلاس‌های در نظر گرفته شده، انجام می‌شود. بعد از پردازش‌های اولیه و با استفاده از تصاویر رنگی کاذب و تصویر حاصل از گوگل ارث و همچنین بازدیدهای میدانی، انواع پوشش‌های مختلف به شرح جدول (۱) شناسایی گردید.

جدول ۱- مشخصات پوشش اراضی مناطق مورد مطالعه

کد	کلاس پوشش اراضی	ویژگی
۱	آب	مناطق آبدار
۲	فضای سبز	چمن‌های سبز شهری، پارک‌های حاشیه‌ای، زمین‌های کشاورزی
۳	باغات	باغات حاشیه شهر، پارک‌های درختدار
۴	اراضی بایر	اراضی دارای پوشش گیاهی کمتر از ۲۰ درصد و زمین‌های برهنه
۵	ساخته شده	سایر زمین‌های ساخته شده (مسکونی، تجاری، اداری، راه و...)

منبع: (یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۸)

سایت زمین‌شناسی امریکا تهیه و در ادامه جهت طبقه‌بندی تصاویر و مشخص نمودن میزان تغییرات کاربری اراضی از الگوریتم شبکه عصبی در نرم افزار ENVI 5.3 استفاده گردیده است. در مرحله بعدی انجام پژوهش داده آلاینده‌ی ۶ ایستگاه شهر تهران (اقدسیه، گلبرگ، میدان فتح، شهرک استقلال، اتوبان محلاتی و شهر ری) که در ۵ جهت مرکز، غرب، شمال، شرق و جنوب شهر تهران گسترده شده‌اند، دریافت گردید.

#### • روش آنالیز داده‌ها

شاخص‌های آلاینده‌ی مورد استفاده در پژوهش حاضر (CO, NO2, PM10) با استفاده از مدل کریجینگ در نرم‌افزار Arc GIS سطح شهر تهران پهنه‌بندی شده است. در روش زمین آمار ارتفاع نقطه مجهول با استفاده از ترکیب خطی از نقاط مرجع (که در همسایگی آن قرار دارد) به دست می‌آید. تفاوت ماتریس وزنی که در این روش تهیه می‌گردد با ماتریس وزنی که در روش IDW استفاده می‌شود، در این است که در ماتریس وزنی IDW فقط فاصله مؤثر است اما در این ماتریس علاوه بر فاصله، روند موجود در نقاط یا همان همبستگی مکانی بین داده‌ها را نیز در نظر می‌گیریم. در واقع بر روی داده‌های موجود دو روند کلی وجود دارد:

الف- روند ثابت: این روند توسط یک مقدار ثابت و یا یک چند جمله‌ای بیان می‌شود.

ب- روند متغیر: همان باقیمانده‌ها هستند که از تفاضل داده‌های اصلی و روند ثابت به دست می‌آید و در Geo statistical بر روی این روند کار کرده و در انتها به روند ثابت اضافه می‌گردد.

طبق مطالب بالا ارتفاع هر نقطه به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$(Z) S = (\mu) s + (e) s$$

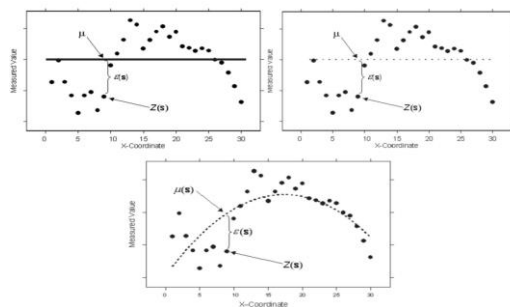
که  $\mu$  همان مقدار ثابت و  $e$  مقدار متغیر است که با توجه به موقعیت نقطه تغییر می‌کنند (www. Esri.com).

فرمول بالا فرم کلی معادلات Kriging را تشکیل می‌دهد که با توجه به مدلی که برای  $\mu$  انتخاب می‌شود به سه نوع زیر تقسیم می‌گردد:

اگر  $\mu$  ثابت و مقدار آن مشخص باشد به آن اصطلاحاً Simple kriging می‌گویند؛

اگر  $\mu$  ثابت ولی مقدار آن ثابت نباشد به آن اصطلاحاً ordinary kriging می‌گویند؛ و

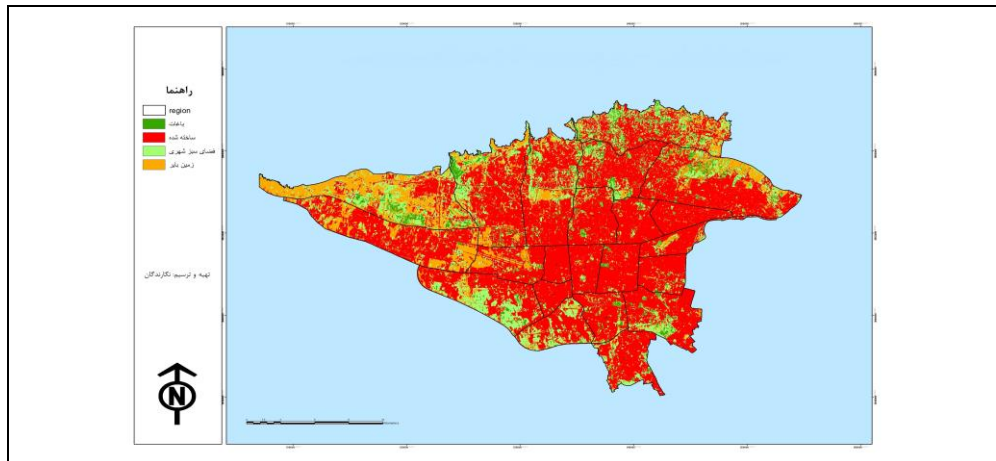
اگر  $\mu$  متغیر و توسط یک چند جمله‌ای بیان شود به آن اصطلاحاً universal kriging گفته می‌شود (Nouri, 2015). در زیر به صورت شماتیک اشکال انواع kriging آورده شده است.



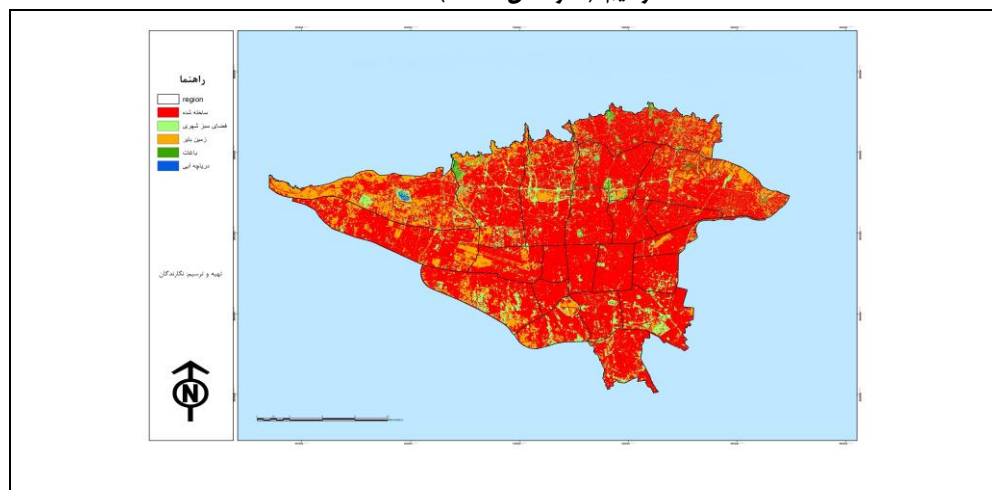
شکل ۲- نحوه عملکرد انواع kriging در نرم افزار Arc GIS، منبع: (www. Esri.com)

گردیدن تنظیم می‌شود؛ بدین صورت، پس از آن که مقدار خروجی مطلوب با خروجی واقعی شبکه مقایسه شد، شبکه به جستجوی بیشترین شیب نزولی پرداخته و در تکرارهای بعدی پارامترهای شبکه با راهنمای شیب نزولی خطا تنظیم می‌گردد و در این فرآیند تنظیم پارامترها آن قدر تکرار می‌شود تا مقدار خطای شبکه به مقدار قابل قبولی برسد. بر همین اساس تصاویر حاصل از طبقه‌بندی به روش مذکور به صورت زیر نمایان گردید (شکل ۴ و ۵).

همان طور که قبلاً نیز ذکر شد با استفاده از روش شبکه مصنوعی پرسپترون چند لایه اقدام به طبقه‌بندی تصاویر در دو بازه زمانی (۱۳۹۸ و ۱۳۹۰) شد. شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه، اولین شبکه کاربردی در تاریخ شبکه عصبی مصنوعی می‌باشد. شبکه عصبی پرسپترون پیش خور با ناظر، شامل یک لایه ورودی، حداقل یک لایه مخفی و یک لایه خروجی است. روش یادگیری در الگوریتم با ناظر، روش پس انتشار خطا می‌باشد. در این روش وزن شبکه به شیوه‌ی



شکل ۴- تصویر طبقه‌بندی شده شهر تهران سال ۱۳۹۰ با استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی ترسیم: (نگارندگان، ۱۳۹۸)



شکل ۵- تصویر طبقه‌بندی شده شهر تهران سال ۱۳۹۸ با استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی منبع: (ترسیم نگارندگان، ۱۳۹۸)

بر اساس جدول شماره (۲) نتایج ارزیابی طبقه‌بندی نقشه‌های پوشش اراضی نشان می‌دهد که دقت طبقه‌بندی به روش مذکور بالاتر از ۰/۹۰ بوده و قابل قبول می‌باشد. نتایج طبقه‌بندی تصاویر در بازه زمانی (۱۳۹۸-۱۳۹۰) حاکی از افزایش سرانه ساخت و ساز شهری و کاهش میزان فضای سبز، زمین‌های بایر، باغات شهری نسبت در سال ۱۳۹۸ نسبت به سال پایه مطالعاتی می‌باشد. بر اساس شکل (۶) در بازه زمانی ۱۳۹۰ الی ۱۳۹۸، مساحت فضاهای شهری ساخته شده حدود ۱۰ درصد افزایش یافته است در حالی مساحت کاربری‌های (فضای سبز شهری = ۰/۰۶)، (زمین بایر = ۰/۰۰۵) و (باغات = ۰/۰۴) کاهش یافته است. لذا می‌توان چنین نتیجه گرفت که با افزایش میزان ساخت و سازهای شهری، باغات و فضای سبز شهری بیشتری در معرض نابودی قرار گرفته‌اند.

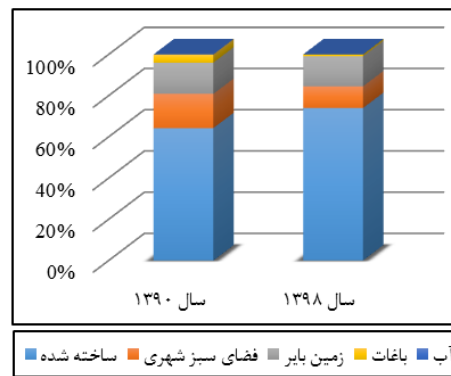
در ادامه به منظور ارزیابی صحت نقشه‌های طبقه‌بندی شده از ماتریس کل و ضریب کاپا استفاده گردید (جدول ۲).

جدول ۲- ماتریس خطای ناشی از طبقه‌بندی تصاویر با استفاده از الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی

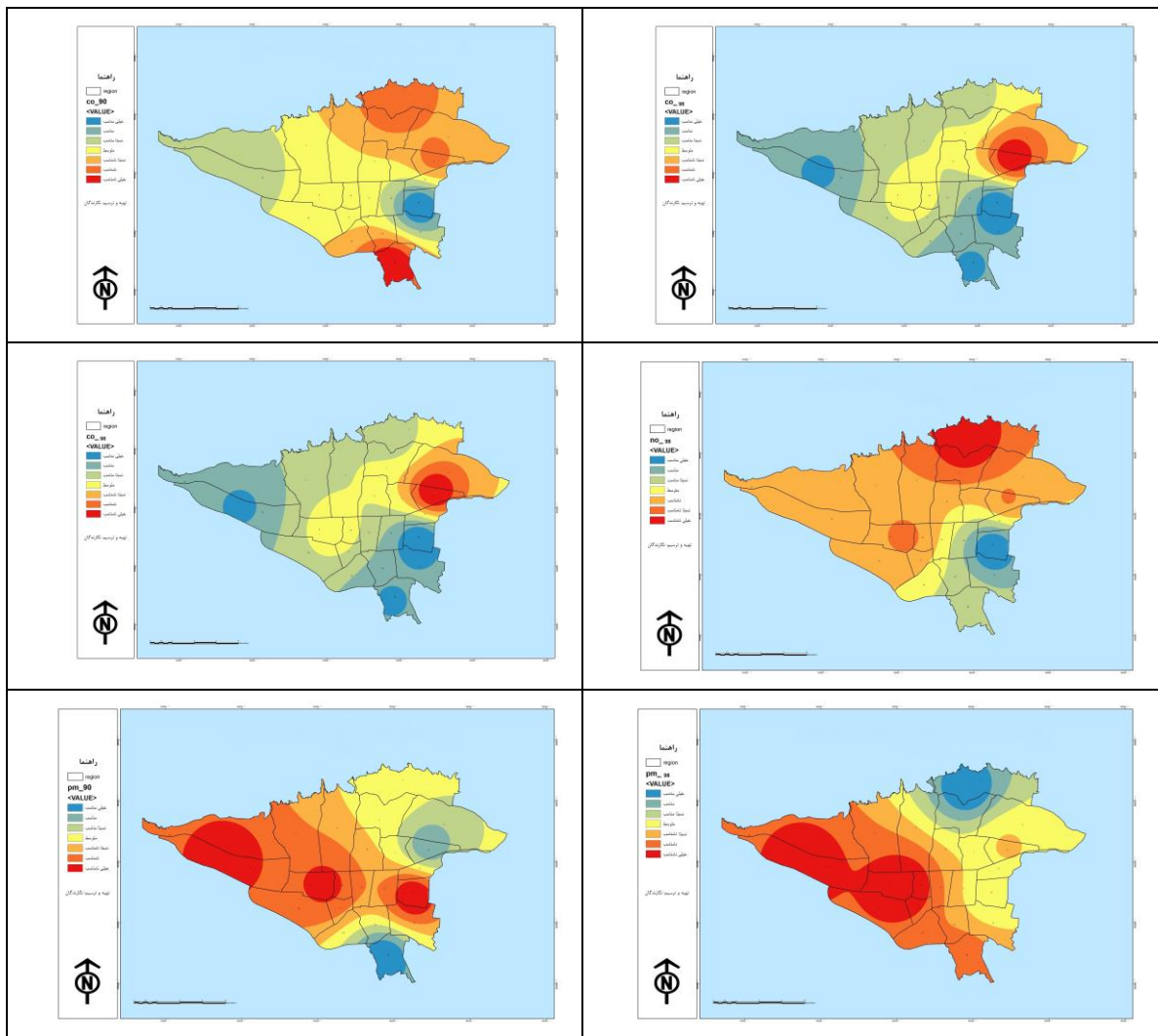
دسته	۱۳۹۰	۱۳۹۸
ساخته شده	۰/۱۰۰	۰/۱۰۰
فضای سبز	۰/۸۳	۰/۸۴
باغات	۰/۹۶	۰/۹۴
زمین بایر	۰/۱۰۰	۰/۹۶
آب	۰/۰۰	۰/۱۰۰
ضریب کلی	۹۶/۷۳	۹۵/۸
ضریب کاپا	۰/۹۵۳	۰/۹۴۲

منبع: (یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۸)

در مرحله بعدی پژوهش، با استفاده از داده‌های منتج از ایستگاه کنترل کیفیت هوای تهران، اقدام به سنجش میزان تغییرات آلاینده‌های هوای شهری در بازه‌ی زمانی ۱۳۹۸-۱۳۹۰ شد. جهت نیل به هدف مطرح شده، سه شاخص مهم و تأثیرگذار در آلودگی هوا و سلامت انسان (مونوکسید کربن  $CO$ ، دی اکسید نیتروژن  $NO_2$  و ذرات غبار کمتر از ۱۰ میلی‌متر  $PM_{10}$ ) انتخاب شدند. ایستگاه‌های مورد مطالعه جهت پایش آلاینده‌ی شامل ۶ ایستگاه (اقدسیه در شمال، شهرک استقلال در غرب، میدان فتح در مرکز، گلبرگ و اتوبان محلاتی در شرق و شهر ری در جنوب) می‌باشند. در ادامه داده‌های سه شاخص آلاینده هوای شهری در ۶ ایستگاه مورد نظر کنترل و بررسی شده و در نهایت با استفاده از مدل زمین آماری *kriging* در قالب نرم افزار *Arc Gis* پهنه‌بندی گردید (شکل ۷).



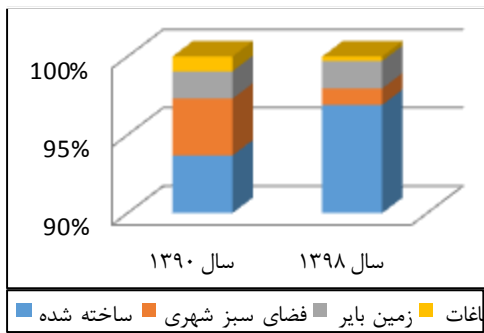
شکل ۶- نمودار درصد تغییرات کاربری اراضی شهر تهران در بازه زمانی ۹ ساله، منبع: (یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۸)



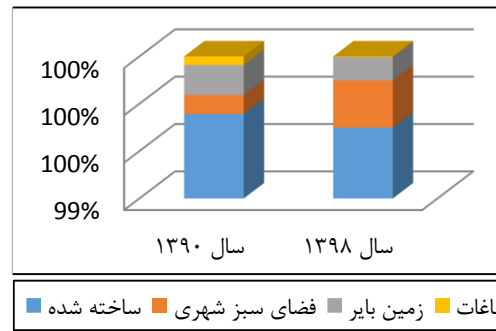
شکل ۷- (از راست به چپ) تغییرات آلاینده‌های  $CO$ ،  $NO_2$ ،  $PM_{10}$  شهر تهران در سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۸ با استفاده از روش *Kriging* ترسیم: (نگارندگان، ۱۳۹۸)

سال ۱۳۹۸ تغییر یافته است و در نهایت آلاینده ذرات معلق کمتر از ۱۰ میکرون، بیشترین غلظت را در جهت غرب شهر تهران در بازه زمانی ۱۳۹۰ و ۱۳۹۸ داشته است. در ادامه جهت مشخص نمودن میزان ارتباط غلظت آلاینده‌ها با تغییرات کاربری اراضی، درصد تغییرات کاربری اراضی در ایستگاه‌های مورد مطالعه سنجیده شده است (اشکال ۸، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲ و ۱۳).

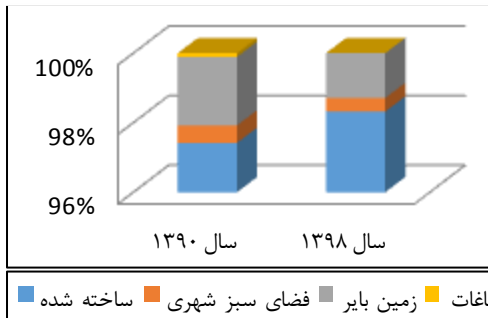
نتایج پهنه‌بندی تغییرات آلاینده‌های هوای شهری در سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۸ نشان می‌دهد که بیشترین غلظت آلاینده مونوکسید کربن در سال ۱۳۹۰ در جنوب و شمال شهر تهران بوده است که در سال ۱۳۹۸ به سمت شمال و شمال شرق شهر تهران انتقال داده شده است. آلاینده دی اکسید نیتروژن در سال ۱۳۹۰ دارای بیشترین غلظت در جهت شرق تهران بوده است که به سمت شمال شهر در



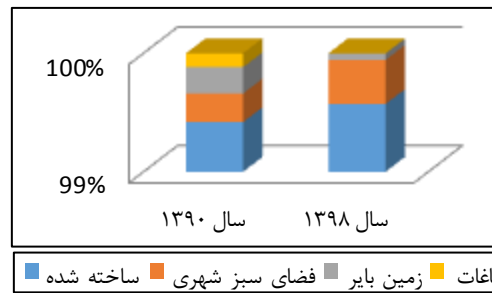
شکل ۹- درصد تغییرات کاربری اراضی (اقدسیه)



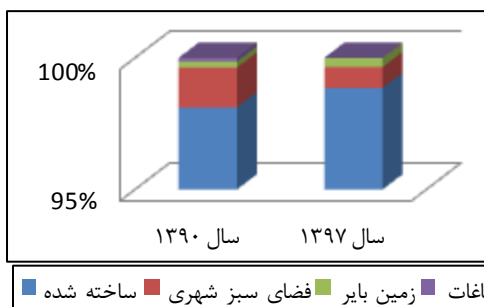
شکل ۸- درصد تغییرات کاربری اراضی (گلبرگ)



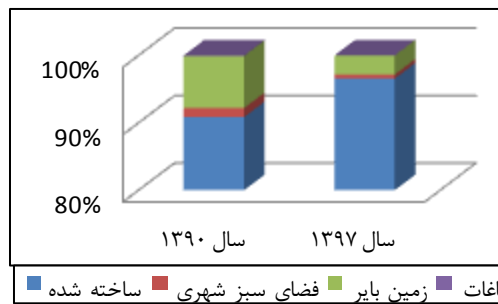
شکل ۱- نمودار درصد تغییرات کاربری اراضی (فتح)



شکل ۱۰- نمودار درصد تغییرات کاربری اراضی (محلّاتی)



شکل ۱۳- نمودار درصد تغییرات کاربری اراضی (شهر ری)



شکل ۱۲- نمودار درصد تغییرات کاربری اراضی (استقلال)

منبع: (یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۸)

کاربری‌های فضای سبز شهری و کاربری ساخته شده بوده است؛ به-طوری که از مساحت کاربری فضای سبز شهری کاسته شده و بر مساحت کاربری ساخت و ساز شهری افزوده شده است و در نهایت بیشترین تغییرات کاربری اراضی در ایستگاه شهرک استقلال (منطقه ۲۱) در دو کاربری ساخته شده و زمین‌های بایر اتفاق افتاده است؛ چنان که مساحت قابل توجهی از زمین‌های بایر به زیر ساخت‌وساز شهری رفته و بر مساحت این کاربری افزوده است.

### ۳- نتیجه گیری

کلان‌شهر تهران در یک قرن اخیر تحت تأثیر نظم نوین جهانی با شتاب بسیار رشد کرده و این رشد سریع سبب تحولات و تغییرات مهمی در شکل فضایی آن شده است. تمرکز اقتصادی، سیاسی، فرهنگی، نظامی، اداری و خدماتی در تهران زمینه اشتغال وسیعی را فراهم کرده که هم‌زمان با آن رکود نسبی فعالیت‌ها در نقاط دیگر کشور و برخورداری بیش از پیش تهران از خدمات بهتر به این توسعه شتاب خاصی بخشیده است. رشد این شهر بر توسعه‌اش یا کمیت بر کیفیت پیشی گرفته و مشکلات زیست محیطی فراوانی را

بر اساس محاسبات انجام شده تغییرات کاربری اراضی ۱۳۹۸-۱۳۹۰ در ایستگاه اقدسیه (منطقه ۱) بیشترین تغییرات در کاربری ساخت‌وساز شهری رخ داده است؛ بدین‌صورت که مساحت فضای سبز شهری کاهش یافته و بر مساحت ساخت‌وسازهای شهری اضافه گردیده است. در ایستگاه گلبرگ (منطقه ۸) نیز بیشترین تغییرات در کاربری فضای سبز شهری رخ داده است به‌طوری که از مساحت زمین‌های بایر و باغات شهری کاسته شده و بر مساحت فضای سبز شهری اضافه گردیده است. همچنین ایستگاه میدان فتح (منطقه ۹) بیشترین تغییرات کاربری اراضی را در دو کاربری ساخته شده و زمین بایر به‌خود دیده است به‌طوری که از مساحت زمین‌های بایر کاسته شده و بر مساحت ساخت‌وسازهای شهری اضافه شده است. اما در ایستگاه اتوبان محلّاتی (منطقه ۱۴) شاهد بیشترین تغییرات کاربری اراضی در کاربری زمین‌های بایر و فضای سبز شهری می-باشیم؛ بدین‌صورت که از مساحت کاربری زمین‌های بایر کاسته و بر مساحت کاربری فضای سبز شهری افزوده شده است. ایستگاه شهر ری (منطقه ۲۰) نیز شاهد بیشترین میزان تغییرات کاربری اراضی در

لحاظ آلاینده PM<sub>10</sub> منطقه ۲۱ شهر تهران در سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۸ به‌عنوان آلوده‌ترین منطقه شهری محسوب می‌شود که شاید مهم‌ترین علت این امر وجود کارخانجات و تردد بسیار زیاد وسیله‌های نقلیه عمومی در جهت غرب شهر به‌خصوص در کرج می‌باشد که منبع تولید آلاینده‌های PM<sub>10</sub> در جهت غرب شهر محسوب می‌شود. در نهایت می‌توان چنین نتیجه گرفت که روند رشد و گسترش فضایی شهر تهران در دوره‌های گذشته نه تنها کاهش نیافته بلکه پیوسته روند آن افزایشی و صعودی بوده است. بنابراین هر چند باید اقداماتی برای کاهش نرخ رشد وسعت و مساحت یک شهر و جلوگیری از گسترش افقی بی‌رویه شهر انجام داد، ولی باید این امر را هم در نظر داشت که نمی‌توان رشد فضایی شهر همانند رشد جمعیتی و سایر ابعاد شهری را متوقف کرد؛ بلکه باید با بررسی‌ها و مطالعات دقیق، رشد آتی شهر را به‌نحو شایسته‌ای مدیریت و هدایت کرد تا مسائل و مشکلاتی که در اینجا برای گسترش شهر تهران به‌وجود آمده، در سایر شهرها تکرار نشده و گریبان‌گیر سایر شهرها نشود. مهم‌ترین پیامدها و اثراتی که تغییرات کاربری شهر تهران در ابعاد مختلف زندگی شهری به‌بار آورده است عبارت‌اند از: از بین رفتن زمین‌های کشاورزی و باغ‌های اطراف شهر، از بین رفتن آلوده‌کردن منابع آبی، تغییر اقلیم محلی شهر و به‌ویژه افزایش درجه حرارت، افزایش هزینه زیرساخت‌های شهری و خدمات‌رسانی به نقاط مختلف شهر، افزایش سطح شبکه معابر، افزایش طول و هزینه‌های سفرهای شهری، تأکید بیشتر بر استفاده از وسایل حمل‌ونقل خصوصی در سفرهای شهری و افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی در بخش حمل‌ونقل و در نتیجه آلودگی هوای شهری می‌باشد. هرچند پارامترهای دیگر از قبیل ارتفاع و وجود کارخانجات نیز به‌نوبه خود تأثیر متفاوتی بر میزان آلودگی هوای شهری دارند.

به‌دنبال داشته است؛ یکی از اثرات مخرب رشد شهری شهر تهران، بالا رفتن درصد آلودگی هوای این شهر نسبت به میانگین کلان-شهری کشور می‌باشد. لذا هدف تحقیق حاضر بررسی ارتباط میان تغییرات کالبدی شهر و میزان آلودگی هوای شهری بوده است. نتایج بررسی‌ها نشان داد که در بازه زمانی ۹ ساله (۱۳۹۸-۱۳۹۰) نسبت کاربری ساخته شده (فضاهای مسکونی، تجاری، اداری، مسیره‌های حمل و نقل و ...) حدود ۱۰ درصد افزایش داشته است که این میزان به‌خصوص در جهت غربی شهر بسیار قابل توجه می‌باشد. بررسی میزان غلظت آلاینده‌ها در ۶ ایستگاه (منطقه ۱، منطقه ۸، منطقه ۹، منطقه ۱۴، منطقه ۲۰ و منطقه ۲۱) حاکی از جابه‌جایی متفاوت شاخص‌های آلاینده هوا می‌باشد. به‌بیان دقیق‌تر در سال ۱۳۹۰، شمال تهران (منطقه ۱) از لحاظ آلاینده CO، بیشترین غلظت آلودگی را دارد که این امر در سال ۱۳۹۸ نیز با توجه به افزایش میزان ساخت‌وسازهای شهر به‌خصوص در جهت شمال شرقی شهر، تشدید یافته است. از لحاظ آلاینده NO<sub>2</sub> نیز در سال ۱۳۹۰، منطقه (۱ و ۲۱) با در اختیار داشتن نسبت مساحت بالایی به فضای سبز شهری و باغات، کمترین میزان آلودگی را دارا می‌باشند، اما در سال ۱۳۹۸ به‌علت تغییر در نوع کاربری‌ها و به زیر ساخت‌وساز رفتن مساحت بالایی از زمین‌های کشاورزی، فضاهای سبز شهری در شمال و شمال غرب شهر، این روند جریان عکس به‌خود گرفته و شمال تهران را به‌عنوان آلوده‌ترین منطقه شهری از لحاظ آلاینده دی‌اکسید نیتروژن معرفی می‌کند. یکی دیگر از نکات قابل توجه جهت عکس جریان آلاینده دی‌اکسید نیتروژن در منطقه ۱۴ شهر تهران می‌باشد که در سال ۱۳۹۰ آلوده‌ترین منطقه شهری بوده است و در سال ۱۳۹۸ به‌عنوان پاک‌ترین منطقه شهری پهنه‌بندی شده است و این فرآیند ناشی از تغییر مساحت زیادی از کاربری زمین‌های بایر به سمت کاربری‌های فضای سبز شهری و باغات می‌باشد. از

#### منابع

- Abbaspour, M., Javid, A., Saeidi, S. (2014). The Impact of Urban Parks on PM10 Suspended Particles, Through Using GIS Software. *Journal of Environmental Science and Technology*, 16(1), (pp.1-12).
- Aplin, P., Atkinson, P.M., & Curran, P.J. (1997). Fine spatial resolution satellite sensors for the next decade. *International Journal of Remote Sensing Remote Sensing of Environment*, 68 (3), (pp. 206-216).
- Atai, Hooshmand., & Hashemi Nasab, S. (2011). Identification and analysis of atmospheric mid-level patterns affecting air pollution in Isfahan. *Journal of Research and Urban Planning*, 2(4), (pp.97-113).
- Bahari, R. A. Abaspour, P. Pahlavani. (2016). Zoning of Particulate Matters (PM) Pollution Using Local Statistical Models in GIS (Case Study: Tehran Metropolises). *JGST*. 5 (3), (pp. 165-174).
- Halim, N.D.A., Latif, M.T., Mohamed, A.F., Maulud, K.A., Idrus, S., Azhari, A., Othman, M., & Sofwan, N.M. (2020). Spatial Assessment of Land Use Impact on Air Quality in Mega Urban Regions, Malaysia. *Sustainable Cities and Society*, (63), 102436-. doi:10.1016/j.scs.2020.102436.
- Hassan, A. M., ELMokadem, A. A., Megahed, N. A., & Eleinen, O. M. A. (2020). Urban morphology as a passive strategy in promoting outdoor air quality. *Journal of Building Engineering*, 29, (p.101204).
- [Http://www. Esri.com/](http://www.Esri.com/)
- Ismailnejad, M., Eskandari Sani, M., & Barzaman, S. (2015). Evaluation and Zoning of Urban air Pollution in Tabriz. *Regional Planning*, 5(19), (pp.173-186).
- Jiang, Z., Cheng, H., Zhang, P., & Kang, T. (2021). Influence of urban morphological parameters on the distribution and diffusion of air pollutants: A case study in China. *Journal of Environmental Sciences*, 105, (pp.163-172).

- Mohammadi, A., Rahimi, S. (2013). Impact of urban land use pattern on Tehran air quality. *Journal of Research and Urban Planning*, 4(14), (pp.123-142).
- Metia, S., Ha, Q. P., Duc, H. N., & Scorgie, Y. (2020). Urban air pollution estimation using unscented Kalman filtered inverse modeling with scaled monitoring data. *Sustainable Cities and Society*, 54, (pp.101970).
- Noorpoor, A., Feiz, S. (2014). Determination of the Spatial and Temporal Variation of SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> and Particulate Matter Using GIS Techniques and Estimation of Concentration Modeling with LUR Method, Case Study: Tehran City. *Journal of Environmental Studies*, 40(3), (pp. 723-738).
- Nouri, S.A. (2015). *Geostatistical analysis in Arc GIS*, Idea Gostar Press, Tehran.
- Paola, J. D., & Schowengerdt, R. A. (1995). A detailed comparison of backpropagation neural network and maximum-likelihood classifiers for urban land use classification. *IEEE Transactions on Geoscience and remote sensing*, 33(4), (pp. 981-996).
- Sharifi Sadeh, M., Ahmadi Nadoushan, M. (2018). Application of a land use regression (LUR) model to the spatial modelling of air pollutants in Esfahan city. *Environmental Sciences*, 16(2), (pp.203-216).
- Surendran, D. E., Ghude, S. D., Beig, G., Emmons, L. K., Jena, C., Kumar, R., ... & Chate, D. M. (2015). Air quality simulation over South Asia using Hemispheric Transport of Air Pollution version-2 (HTAP-v2) emission inventory and Model for Ozone and Related chemical Tracers (MOZART-4). *Atmospheric Environment*, 122, (pp. 357-372).
- Thomson, E. M. (2019). Air pollution, stress, and allostatic load: Linking systemic and central nervous system impacts. *Journal of Alzheimers Disease*, 69, (pp.597-614).
- United Nations. (2012). *World urbanization prospects: The 2011 revision*. New York: Department of Economics and Social Affairs Population Divisions.
- Vahdat, A., & Alimohammadi, A. (2020). Study of Hourly Variability of Association between Land Use Parameters and CO-Pollutant Using LUR Model in Tehran, *Iranian Journal of Remote Sensing & GIS*, 12 (1), (pp. 1-18).
- Wang, Y., Zu, Y., Huang, L., Zhang, H., Wang, C., Hu, J., 2018. Associations between daily outpatient visits for respiratory diseases and ambient fine particulate matter and ozone levels in Shanghai, China. *Environ. Pollut.* 240, (pp. 754-763).
- Weng, Q., & Yang, S. (2006). Urban air pollution patterns, land use, and thermal landscape: An examination of the linkage using GIS. *Environmental Monitoring and Assessment*, 117, (pp.463-489).
- World Health Organization. (2018). WHO global ambient air quality database (Accessed 24 October 2019) <https://www.who.int/airpollution/data/cities/en/>.
- World Health Organization. (2020). Air pollution (Accessed 28 March 2020).
- Yang, J., Shi, B., Zheng, Y., Shi, Y., & Xia, G. (2019). Urban form and air Pollution disperse: Key index and mitigation strategies. *Sustainable Cities and Society*, Article 101955.
- Zahari, M. A. Z., Majid, M. R., Ho, C. S., Kurata, G., Nadhirah, N., & Irina, S. Z. (2016). Relationship between land use composition and PM<sub>10</sub> concentrations in Iskandar Malaysia. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 18, (pp. 2429-2439).



## Spatial evaluation of the effect of land use parameters on air quality in urban areas, (case study: Tehran City)

Reza Talebifard<sup>1</sup>، Ashkan Shafiee<sup>\*2</sup>، Afshin Yeganeh<sup>1</sup>

1. Ph.D. Candidate, Faculty of Planning and Environmental Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran

2\*. Ph.D. Candidate, Faculty of Planning and Environmental Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran

\*Email Address: ashkan.shafiee@tabrizu.ac.ir

### Abstract

Air pollution has a serious impact on human health and the effects of different land use parameters and physical urban structure can not be ignored in the distribution and emission of air pollutants. To this end, in this study, the effect of land use pattern on spatial changes of pollutants in Tehran in the period 2011-2020 has been investigated. To achieve this goal Landsat satellite images as well as pollution data of Tehran Air Quality Control Center in 2011 and 2020 were used. The artificial neural network method was used in ENVI software to classify satellite images and determine the type of uses and Kriging model in Arc GIS software for zoning air pollution concentration in Tehran. The findings of this study show that Increased construction in the west and north of Tehran in these parts of the city has increased the concentration of pollutants. In return Land use change from barren lands to urban green spaces in the east and southeast of Tehran has reduced the concentration of urban air pollutants in these areas.

### Introduction

Today, the issue of air pollution has become a matter of concern and affects the public health of urban communities. Because long-term exposure of citizens to air pollution can increase the risk of mental illness such as stress, mood swings, anxiety, depression, dementia, bipolar disorder and schizophrenia and physically associated with complications such as premature birth, lung cancer, cardiovascular, respiratory and brain diseases. According to the World Health Organization in 2020, approximately 4.2 million people have lost their lives due to health problems caused by air pollution and about 90% of people around the world breathe polluted and toxic air every day. Therefore, air pollution is a major concern, especially in urban areas due to increasing population and sources of pollution. A review of studies conducted in this field shows that urban land development has a direct relationship with increasing levels of pollutants and thus causes air pollution. In such circumstances, in order to plan and formulate appropriate policies to reduce air pollution, the issue of land use in urban areas is of great importance. Tehran city as the capital of Iran is affected by air pollution, especially fossil fuels used in transportation. In fact, increasing the distance of urban travel, increasing the share of private vehicles in urban transportation, and finally increasing the fuel used by cars, has made this city one of the most polluted cities in the world. Therefore, the present study pursues objectives such as evaluating the trend of long-term air pollution in relation to spatial and temporal changes, determining the extent of land use change its impact on air pollution intensity and finally investigating how urban land use changes affect the intensity of various air pollutants.

### Methodology

The present study is applied in terms of purpose and "descriptive-analytical" in terms of data collection method. In order to achieve the final goal of the research, first Landsat satellite images in the period 2011-2020 have been prepared from the US Geological Site. In order to classify the images and determine the amount of land use change, the neural network algorithm in ENVI 5.3 software has been used. In the next stage of the research, pollution data were received from 6 stations in Tehran (Aqdasiyeh, Golberg, Fat'h Square, Shahrak Esteqlal, Mahallati Highway and Shahr-e-Rey) which are spread in 5 directions: center, west, north, east and south of Tehran.

### Conclusion

The results of the studies showed that in the period of 9 years (2011-2020), the proportion of used users (residential, commercial, office spaces, transportation routes, etc.) has increased by about 10%. This amount is especially significant in the western part of the city. The study of the concentration of

pollutants in 6 stations (Zone 1, Zone 8, Zone 9, Zone 14, Zone 20 and Zone 21) indicates a different displacement of air pollutant indices. In 2011, the north of Tehran (region 1) in terms of CO pollution, has the highest concentration of pollution, which intensified in 2020 due to the increase in construction of the city, especially in the northeast direction of the city. In terms of NO<sub>2</sub> pollution in 2011, the region (1 and 21) with a high ratio of area to urban green space and gardens, have the lowest pollution, but in 2020 due to changes in the type of use Infrastructure and the construction of a large area of agricultural land, urban green spaces in the north and northwest of the city, this trend has reversed and the north of Tehran as the most polluted urban area of Introduces nitrogen dioxide in terms of pollutants. Another noteworthy point to reverse the flow of nitrogen dioxide pollutants in the 14th district of Tehran, which in 2011 was the most polluted urban area and in 2020 as the cleanest urban area is zoned And this process is due to the large area change from barren lands to urban green spaces and gardens. In terms of PM<sub>10</sub> pollution, District 21 of Tehran in 2011 and 2020 is considered as the most polluted urban area, which is perhaps the most important reason for this is the existence of factories and high traffic of public vehicles in the west of the city, especially in Karaj. Is the source of PM<sub>10</sub> pollutants in the west of the city. The trend of spatial growth and expansion of Tehran in the past periods has not only not decreased, but its trend has been increasing and increasing. Therefore, although measures should be taken to reduce the growth rate of the area of a city and prevent the uncontrolled horizontal expansion of the city, but it should also be borne in mind that the spatial growth of the city can not be stopped as population growth and other urban dimensions; Rather, it is necessary to manage and guide the future growth of the city properly through careful studies and studies so that the issues and problems that have arisen here for the expansion of Tehran are not repeated in other cities and do not affect other cities. The most important consequences and effects that land use changes in Tehran have had on various aspects of urban life are: the destruction of agricultural lands and gardens around the city, the destruction and pollution of water resources, local climate change and especially the increase of degrees Heating, increasing the cost of urban infrastructure and services to different parts of the city, increasing the level of the road network, increasing the length and cost of urban travel, increasing emphasis on the use of private transport in urban travel and increasing the consumption of fossil fuels It is the transportation sector and as a result, urban air pollution. However, other parameters such as height and the presence of factories also have different effects on the amount of urban air pollution.

**Keywords**

Air pollutants; Land use; Spatial assessment; Tehran City