

## تحلیل فضایی رابطه متغیرهای محیطی با فضای سبز در شهر مشهد

مرضیه صبوری (دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران)

محمد رحیم رهنما (استاد جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران)

rahnamarahim@gmail.com

روح الله اسدی (استادیار جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران)

مصطفی امیرفخریان (استادیار جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران)

### چکیده

شهرها در اثر افزایش نرخ سریع جمعیت با مشکلات زیادی مواجه شده‌اند از جمله کمبود فضای سبز شهری و نقش آن در بهبود قابلیت کیفیت محیط‌زیست شهری. این فضاها که از آن‌ها با عنوان ریه‌های تنفسی شهرها یاد می‌کنند به‌عنوان یکی از مهم‌ترین کاربری‌های شهری در فضای شهرها شناخته می‌شوند. با توجه به اهمیت فضای سبز شهری پژوهش حاضر با هدف تحلیل فضایی رابطه متغیرهای محیطی با فضای سبز در شهر مشهد در راستای بهبود قابلیت محیط‌زیست شهری در سال ۱۳۹۹ انجام شده است. به همین جهت داده‌های ۲۳ ایستگاه پایش کنترل کیفیت هوا در شهر مشهد مورد استفاده قرار گرفته است. روش مطالعه در این پژوهش توصیفی-تحلیلی است که با استفاده از رگرسیون خطی در نرم‌افزار TerrSet به بررسی رابطه بین متغیرها پرداخته است. از این‌رو در گام اول پس از دریافت داده‌های غلظتی آلودگی هوا به‌صورت روزانه و اعمال تصحیحات لازم بر روی آن در محیط اکسل میانگین داده‌های سالانه برای هریک از ایستگاه‌ها محاسبه و با توجه به نقطه‌ای بودن داده‌ها با روش درون‌یابی در GIS نحوه توزیع و پراکنش آلاینده‌ها در قالب نقشه رستری تهیه شد در گام دوم به‌منظور بررسی رابطه هریک از آلاینده‌های آلودگی و درجه حرارت با فضای سبز موجود فرمت رستری یکسان، لایه شاخص تفاوت نرمال شده پوشش گیاهی<sup>۱</sup> و درجه حرارت سطح زمین<sup>۲</sup> مشهد برای سال ۱۳۹۹ به‌وسیله تصاویر ماهواره لندست ۸ استخراج و محاسبه گردید. سپس با استفاده از رگرسیون خطی ضریب همبستگی هر یک از آلاینده‌ها (دی‌اکسید نیتروژن، دی‌اکسید

<sup>1</sup> The normalized difference vegetation index (NDVI)

<sup>2</sup> land surface temperature (LST)

گوگرد، ذرات معلق کوچک‌تر از دو ونیم وده میکرون) و دما با فضای سبز سنجیده شد. نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد با وجود رابطه منفی به‌دست‌آمده از ضریب همبستگی میان فضای سبز و آلاینده‌های آلودگی و دما می‌توان گفت فضای سبز نقش مؤثری در کاهش آلودگی هوا در شهر مشهد داشته است.

**کلیدواژگان:** فضای سبز، آلودگی هوا، دما، کیفیت محیط زیست، شهر مشهد

## **Spatial analysis of the relationship between environmental variables and green space in Mashhad.**

### **Abstract:**

Due to the rapid increase in the population, cities have faced many problems, including the lack of urban green space and its role in improving the quality of the urban environment. These spaces, which are referred to as the breathing lungs of cities, are known as one of the most important urban land uses in the space of cities. Considering the importance of urban green space, the present study was conducted with the aim of spatial analysis of the relationship between environmental variables and green space in Mashhad city in order to improve the capability of the urban environment in 2019. For this reason, the data of 23 air quality control monitoring stations in Mashhad city have been used. The study method in this research is a descriptive analytical method that has investigated the relationship between variables by using linear regression in TerrSet software, Therefore, in the first step, after receiving air pollution concentration data on a daily basis and applying the necessary corrections to on them, the average annual data for each of the stations was calculated in the Excel environment, and according to the point-wise nature of the data, with the interpolation method in GIS, the distribution and distribution of pollutants was prepared in the form of a map. In the second step, in order to check the relationship between each of pollutants and temperature with the existing green space of the same raster format, the normalized difference index (NDVI) layer of vegetation cover and ground surface temperature (LST) of Mashhad for the year 2019 were extracted by Landsat Eight satellite images, then using linear regression the correlation coefficient of each pollutant (nitrogen dioxide, sulfur dioxide, suspended particles smaller than two and a half microns) and our green space were measured. The obtained results show that despite the negative relationship obtained from the correlation coefficient between green spaces, pollutants and temperature, it can be said that green spaces have played an effective role in reducing air pollution in Mashhad.

**Keywords:** Green space, air pollution, temperature, Quality of environment, Mashhad city

## ۱. مقدمه

در جهان امروز شهرها به عنوان مکان اصلی کار و زندگی انسان‌ها شناخته می‌شوند که هم‌روزه بر تعداد و جمعیت آن‌ها افزوده می‌شود (سلیمانی و همکاران، ۱۳۹۶: ۲۸) این گسترده‌ی روزافزون که از پیامدهای غیرقابل اجتناب عصر دانش و فناوری به شمار می‌رود (ایمانی و همکاران، ۱۳۹۵: ۶۷) ضمن توسعه فیزیکی شهرها به لحاظ اندازه و تراکم آن (سارمین و یجیت کانلار<sup>۳</sup>، ۲۰۱۲: ۱۲) مشکلاتی را نیز به دنبال داشته است که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به مشکلات زیست‌محیطی اشاره نمود. امروزه بعد زیست‌محیطی شهرها در اثر افزایش نرخ سریع جمعیت با مشکلات زیادی مواجه شده است. تبدیل شدن شهرها به سطوح نیمه‌طبیعی یا مصنوعی در اثر رشد جمعیت باعث گشته جریان انرژی، تابش خورشید و پارامترهای اتمسفری تحت تأثیر قرار گیرند و باعث افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای شده و در نهایت ظهور جزایر گرمای شهری فراوان و تغییرات شدید آب‌وهوایی را به دنبال داشته باشند (مغرب<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۲۱: ۲) حال با توجه به مسائل و مشکلات ناشی از شهرنشینی در جوامع امروزی که در ابعاد مختلف شهرها را تحت تأثیر خود قرار داده است، ایجاد یک فضای مطلوب شهری که از شدت مشکلات به وجود آمده کاسته و به کیفیت زندگی در شهرها کمک نماید تبدیل به چالش اساسی گشته است. (لیو و شین<sup>۵</sup>، ۲۰۲۱: ۱) در همین راستا و با توجه به چالش‌های مطرح شده فضاهای سبز شهری به جهت مزایا و توانایی‌های بالقوه‌شان در بهبود کیفیت‌های زیست‌محیطی، سلامت انسان‌ها به طور فزاینده‌ای در جامعه مورد توجه قرار گرفته‌اند. این فضاها که از آن‌ها با عنوان ریه‌های تنفسی شهرها یاد می‌کنند به عنوان یکی از مهم‌ترین کاربری‌های شهری در فضای شهرها شناخته می‌شوند که در ابعاد مختلف از جمله بعد زیست‌محیطی و اجتماعی شهرها را تحت تأثیر قرار می‌دهند (ایمانی و همکاران، ۱۳۹۵: ۶۵) نحوه پراکنش این کاربری و میزان آن از جمله مسائلی هست که در اثرگذاری آن بر محیط شهری نقش بسزایی ایفا می‌کند. در این میان شهر مشهد به عنوان دومین کلان‌شهر جمعیتی ایران با جمعیتی بالغ بر ۳۰۶۲۲۴۲ (آمار نامه مشهد، ۱۳۹۸: ۷۳) در حوزه زیست‌محیطی با مشکلات عدیده‌ای مواجه است که از میان آن‌ها می‌توان به مسئله آلودگی هوا و افزایش دما اشاره نمود (قنبری، ۱۳۹۶: ۷) با توجه به وضعیت زیست‌محیطی شهر مشهد در حال حاضر و افزایش جمعیت در این شهر که متأثر از مهاجرت روستائیان و مهاجرت افراد از سایر شهرها است و همچنین جایگاه مشهد به عنوان یک مکان مذهبی که هر ساله با ورود میلیونی زائران داخلی و خارجی مواجه هست می‌توان گفت توجه به مقوله فضاهای سبز شهری و نحوه توزیع و پراکنش این کاربری‌ها به منظور بررسی نقشی آن از نظر زیست‌محیطی

<sup>3</sup> Sarimin and Yigitcanlar

<sup>4</sup> Maghrab

<sup>5</sup> Liu and xiao

و اجتماعی امری ضروری است به گونه‌ای که دنیرو مودو<sup>۶</sup> (۲۰۲۱) در پژوهش خود با عنوان چگونگی اثرات پوشش گیاهی در حفاظت از افراد در برابر آلودگی هوا پس از بررسی‌های لازم به این نتایج دست یافتند که پوشش گیاهی و فضاهای سبز شهری اثرات کاهشی بر غلظت آلاینده‌های موجود در هوا داشته است. یانگ سون<sup>۷</sup> و همکاران (۲۰۲۱) در پژوهشی با عنوان بررسی سیستماتیک نقش زیرساخت سبز در ارتباط بین آلودگی هوا و سلامت پس از شناسایی غلظت مونواکسیدکربن<sup>۸</sup> موجود در هوا به این نتیجه دست یافتند که مناطق پوشیده از فضای سبز از میزان مونواکسیدکربن کمتری برخوردار بوده است و شاخص سلامت افراد در این مناطق از میانگین بالاتری برخوردار است. میو<sup>۹</sup> و همکاران (۲۰۲۱) در پژوهشی با عنوان تأثیر محیط فضای سبز بر آلاینده‌های هوا (اوزن<sup>۱۰</sup>، مونواکسیدکربن، ذرات معلق<sup>۱۱</sup>) و بروز مرگ‌ومیرهای تنفسی پس از بررسی سندرم حاد تنفسی شدید کرونا در هفده کشور به طور تصادفی به این نتیجه دست یافتند میانگین مقادیر آلاینده‌ها در کشورهایی با فضای سبز مطلوب نسبت به کشورهایی با فضای سبز نسبتاً کم از روند کاهشی برخوردار بوده است و میزان مرگ‌ومیر در این کشورها نسبت به کشورهای کمتر سبز به طور معنی‌داری کاهش یافته است. جانگ<sup>۱۲</sup> و همکاران (۲۰۲۰) در پژوهش خود با عنوان کاهش دما و آلودگی هوا توسط فضاهای سبز شهری در سنگاپور دریافتند فضاهای سبز محله شهری، خدمات اکوسیستمی مهمی برای شهرهای تاب‌آور و پایدار ارائه می‌دهند به گونه‌ای که در مناطقی با پوشش گیاهی شهری میزان آلودگی هوا و مشکلات زیست‌محیطی روند کاهشی داشته است. کومار<sup>۱۳</sup> و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهشی با عنوان پیوند بین آلودگی هوا، زیر ساخت سبز و سلامت انسان دریافتند که نحوه استقرار زیرساخت های سبز در کاهش آلودگی هوا بسیار موثر است به گونه ای که توجه به این امر می تواند نقش بسزایی در سلامت افراد به همراه داشته باشد. آرام و منصورنیا (۲۰۱۹) در پژوهش خود با عنوان اثرات خنک کنندگی فضاهای سبز شهری دریافتند نتایج پژوهش پس از بررسی های به عمل آمده به وسیله تصاویر ماهواره ای نشان دهنده آن بود که بیشترین فاصله اثر سرمایشی و شدت اثر سرمایشی برای پارک های بزرگ شهری با مساحت بیش از ده هکتار می باشد. دجیکیک<sup>۱۴</sup> و همکاران (۲۰۱۸) در پژوهش خود با عنوان بررسی اثرات فضای سبز بر کاهش دما در مناطق شهری پس از بررسی فضاهای سبز و پراکنش آن به این نتیجه دست یافتند که دمای چمن در هر زمانی از روز به طور قابل توجهی کمتر از دمای سطح

<sup>6</sup> Diener and Mudu

<sup>7</sup> Young son

<sup>8</sup> Carbon monoxide

<sup>9</sup> Meo

<sup>10</sup> Ozone

<sup>11</sup> Particles

<sup>12</sup> Jaung

<sup>13</sup> Kumar

<sup>14</sup> Djekic

سنگفرش ها است به همین جهت مناطقی که سطح آن از چمنزار پوشیده شده بودخنک تر از مناطقی که سطح آن را سنگفرش پوشانده بود شناسایی شدند. لوکا<sup>۱۵</sup>(۲۰۱۴) در پژوهش خود باعنوان تاثیر فضاهاى سبز شهری بر اقلیم و کیفیت هوا در شهرها دریافت که اثرات منفی پیش بینی شده تغییر اقلیم در مناطق شهری را میتوان با مناطق دارای پوشش گیاهی مناسب کاهش داد وعلاوه بر آن با درک سیستم های اکولوژی شهری وساختار های شهری میتوان میزان تاثیرات فضاهاى سبز شهری را افزایش داد. کیو و تان<sup>۱۶</sup>(۲۰۱۷) در پژوهشی با عنوان مطالعات تجربی بر روی اثرات فضای سبز و تبخیر و تعرق در یک ابرشهر نیمه گرمسیری در چین به این نتیجه دست یافتند که دمای هوا با افزایش فضاهاى سبز شهری به صورت خطی روند کاهشی داشته است اما این همبستگی با توجه به عوامل محیطی دیگر در طول روز نسبتاً ضعیف می باشد. لیو و شین<sup>۱۷</sup>(۲۰۱۴) در پژوهشی با عنوان تاثیر تغییرات فضای سبز بر آلودگی هوا و ریز اقلیم در منطقه تایپه هیائو چین دریافتند تغییر الگوی مناطق فضای سبز تاثیر زیادی بر آلودگی هوا والگوی ریز اقلیم دارد به گونه ای که آلودگی کمتر والگوهای بارندگی کوچکتر ودماهای سردتر با بهبود تجمع فضا و افزایش فضاهاى سبز با اندازه بزرگ تر همراه است. ماخلوف<sup>۱۸</sup>(۲۰۰۹) پس از بررسی تاثیر فضاهاى سبز شهری بر اقلیم شهری وآلودگی هوا به این نتیجه دست یافت باغ ها و پارک ها تاثیر بسزایی در دما،رطوبت و بارش داشته اند ومیتوان آن هارا مسئول بارندگی بسیار دانست علاوه بر آن در مناطقی که پارک ها احداث شده اند کمترین میزان آلودگی هوا یافت شده بود. جعفری وهمکاران(۱۳۹۷) در پژوهشی با عنوان مدل سازی رابطه فضای سبز شهری با آلودگی هوا،صوت ودما با استفاده از سنجه های سیمای سرزمین دریافتند که فضای سبز اثر کاهشی بر میزان آلودگی هوا،صوت ودما دارد به گونه ای که به ازای یک واحد افزایش در انحراف معیار فضای سبز ۰،۵۰۹ واحد در انحراف معیار دما،۰،۴۶۲ در انحراف معیار میزان آلودگی صوتی وهمچنین ۰،۸۳۱ واحد در انحراف معیار آلودگی هوا کاهش مشاهده می شود. گلچین وهمکاران(۱۳۹۶) در پژوهشی با عنوان طراحی کمر بند سبز جنوب غرب شهر زاهدان با رویکرد کاهش ریزگردها پس از محاسبه مساحت مناسب برای احداث کمر بند سبز به این نتیجه دست یافتند که در صورت افزایش سطح فضای سبز منطقه به ۱۲ برابر سطح کنونی میزان آلاینده های ورودی از سمت جنوب غرب به میزان ۸۲ درصد کاهش خواهد یافت. عباس پور و همکاران(۱۳۹۰) در پژوهشی با عنوان تاثیر بوستان های شهری بر میزان انتشار ذرات معلق pm10 با استفاده از نرم افزار Gis به این نتیجه دست یافت که که میانگین غلظت آلاینده ها در پارک لاله تهران به عنوان محدوده مورد مطالعه نسبت به محدوده های اطراف آن کمتر بوده وبا افزایش فاصله از بوستان لاله میزان غلظت آلاینده نیز افزایش یافته است. مجموعه مطالعات بررسی شده

<sup>15</sup> Luca

<sup>16</sup> Qiu and Tan

<sup>17</sup> Liu and Shen

<sup>18</sup> Makhelouf

نشان دهنده جنبه های مختلف اثرگذاری فضای سبز از نظر زیست محیطی در داخل وخارج از کشور بوده است که در اکثر پژوهش ها به یکی از مولفه ها پرداخته شده بود درحالی که در پژوهش حاضر ارتباط فضای سبز با چهار آلاینده اصلی آلودگی هوا ودرجه حرارت مورد بررسی واقع شده است هدف اصلی در پژوهش حاضر تحلیل فضایی رابطه متغیر های محیطی با فضای سبز در شهر مشهد می باشد که با توجه به هدف تعیین شده که به دنبال یافتن پاسخ به این سوال است: آیا فضای سبز شهر مشهد در کاهش آلایندهای زیست محیطی نقشی داشته است؟

## ۲. متدولوژی

تحقیق در این پژوهش از نوع تبیینی است. رابطه بین متغیرمستقل "شاخص تفاوت نرمال شده پوشش گیاهی" و متغیرهای وابسته "درجه حرارت سطح زمین"، و آلاینده های هوا (دی اکسید نیتروژن، دی اکسید گوگرد، ذرات معلق کوچکتر از دو ونیم وده میکرون) سنجیده شده است. داده های آلاینده های هوا از داده های ۲۳ ایستگاه پایش کنترل کیفیت هوا در شهر مشهد استفاده شده است. روش مطالعه در این پژوهش یک روش توصیفی تحلیلی می باشد که با استفاده از رگرسیون خطی در نرم افزار TerrSet به بررسی رابطه بین متغیرها پرداخته است. از این رو در گام اول پس از دریافت داده های غلظتی آلودگی هوا به صورت روزانه و اعمال تصحیحات لازم بر روی آن در محیط اکسل میانگین داده های سالانه برای هر یک از ایستگاه ها در سال ۱۳۹۹ محاسبه و با توجه به نقطه ای بودن داده ها با روش درون یابی در نرم افزار GIS نحوه توزیع و پراکنش آلاینده ها در قالب نقشه تهیه شد. در گام دوم به منظور بررسی رابطه هر یک از آلاینده های آلودگی و درجه حرارت با فضای سبز موجود فرمت رستری یکسان برای لایه تهیه شد. لایه شاخص تفاوت نرمال شده پوشش گیاهی، و درجه حرارت سطح زمین مشهد برای ۱۵ مردادماه سال ۱۳۹۹ از طریق وسیله تصاویر ماهواره لندست هشت از پایگاه USGS با استفاده از فرمول های مربوط NDVI, LST محاسبه شد و محدوده کلان شهر مشهد با استفاده از دستور Clip جدا شده و سپس با استفاده از رگرسیون خطی ضریب همبستگی هر یک از آلاینده ها (دی اکسید نیتروژن، دی اکسید گوگرد، ذرات معلق کوچکتر از دو ونیم و ده میکرون) LST با NDVI سنجیده شد.

برای محاسبه NDVI و LST از باندهای ۴ و ۵ و ۱۰ و ۱۱ تصاویر ماهواره لندست ۸ برای ۱۵ مردادماه ۱۳۹۹ استخراج و به شرح زیر محاسبه شد.

$$(1) \quad NDVI = (B5 - B4) / (B5 + B4)$$

تصاویر لندست ۸، B4 and B5

## (2) LST

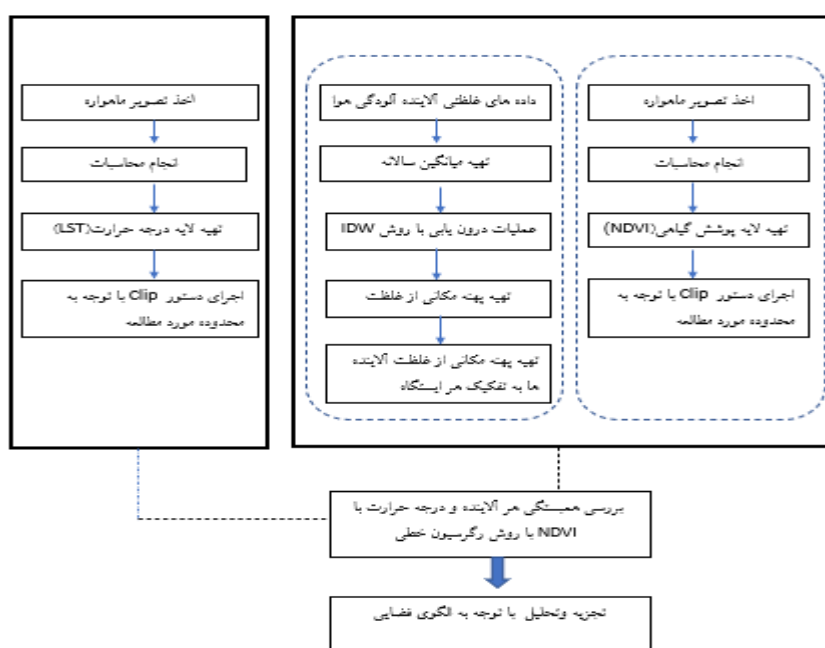
$$LST = LT + 4 (L \text{ site} - LSTM) + EOT$$

زمان محلی =  $LT$  , زمین هر چهار دقیقه یک درجه طول جغرافیایی می چرخد = 4 , زمان محلی خورشیدی =  $LST$

زمان بر حسب دقیقه =  $EOT$  , نصف النهار زمان استاندارد محلی =  $LSTM$  , طول جغرافیایی =  $L \text{ site}$

## (3) Linear Regression $Y = C + bX$

شیب خط =  $b$  , متغیر وابسته =  $X$  , ضریب ثابت =  $C$  , متغیر وابسته =  $Y$



شکل ۱: مدل فرآیندی تحقیق

## ۳. یافته‌ها

در این قسمت یافته‌ها در دو بخش سازماندهی شده‌اند در بخش اول وضعیت شهر مشهد به لحاظ سرانه و نحوه توزیع فضای سبز شهری، نحوه توزیع آلودگی هوا و درجه حرارت توضیح داده شده است و در بخش بعدی رابطه میان فضای سبز با چهار آلاینده اصلی آلودگی هوا یعنی، دی‌اکسید نیتروژن، دی‌اکسید گوگرد، ذرات معلق کوچک‌تر از ۱۰ میکرون، ذرات معلق کوچک‌تر از ۲,۵ میکرون و همچنین درجه حرارت به وسیله رگرسیون خطی مورد سنجش قرار گرفته است.

### ۱.۳. پوشش گیاهی و نحوه توزیع و پراکنش آن

جدول ۱: مساحت و سرانه فضای سبز در مشهد به تفکیک مناطق

ردیف	منطقه	مساحت منطقه (هکتار)	جمعیت منطقه	مساحت فضای سبز (مترمربع)	سرانه فضای سبز
۱	یک	۱,۴۷۹	۱۶۷۰۰۸	۶۹۸۲۰۱	۴,۳۱
۲	دو	۳,۸۴۹	۵۱۴۴۱۱	۲۰۴۷۱۹۲	۴,۴۱
۳	سه	۳۳۱۱	۴۱۷۹۵۰	۱۴۳۵۱۱۳	۴,۹۱
۴	چهار	۱۳۴۵	۲۶۱۹۳۸	۸۲۲۱۴۰	۵,۳۷
۵	پنج	۱۴۳۹	۱۷۵۸۴۴	۸۵۴۸۵۳	۴,۷۳
۶	شش	۱,۸۷۴	۲۳۲۶۰۹	۱۳۶۷۹۷۱	۵,۸۵
۷	هفت	۴,۷۴۷	۲۵۶۵۶۳	۴۱۰۲۹۹۳	۲۶,۵۹
۸	هشت	۱,۹۳۲	۸۹۲۱۶	۲۱۲۸۲۷۴	۴۸,۷۴
۹	نه	۴۴۷۶	۳۲۷۰۰۱	۷۰۲۷۶۶۳	۸۴,۱۴
۱۰	ده	۳۳۳۶	۲۹۶۸۲۳	۲۴۳۵۷۵۲	۷,۶۷
۱۱	یازده	۱,۵۳۶	۲۰۰۱۶۱	۱۹۱۰۰۹۲	۹,۳۲
۱۲	دوازده	۶,۵۰۶	۱۰۸۸۶۹	۹۹۸۲۱۶	۱۴,۱۸
۱۳	ثامن	۳۵۶	۱۳۸۴۹	۱۳۰۰۳۷	۱۲,۲۱

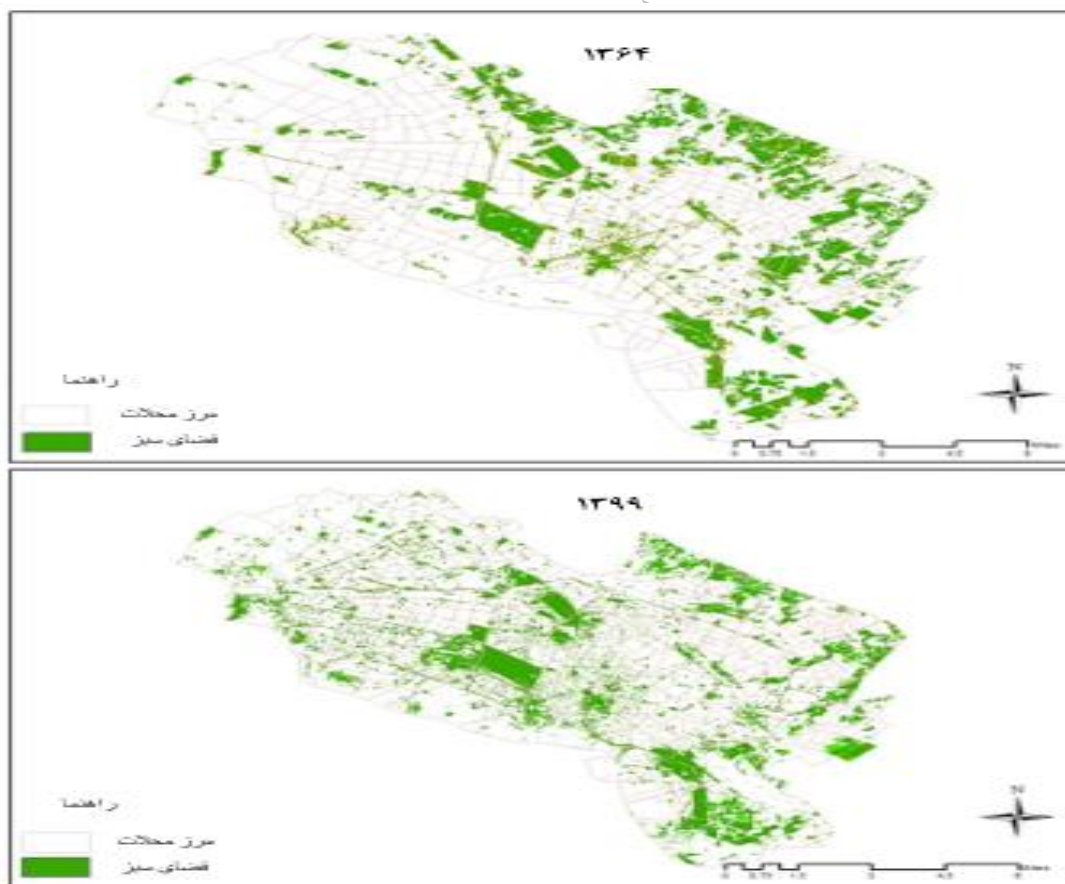
مآخذ: آمار نامه مشهد، ۱۳۹۸

قبل از آنکه به بررسی نحوه توزیع و پراکنش فضای سبز در شهر مشهد پردازیم در ابتدا لازم است به تعیین سطح و سرانه کاربری فضای سبز در ایران و شهر مشهد اشاره‌ای داشته باشیم تعیین سطح و سرانه کاربری فضای سبز در ایران تا کنون عمدتاً بر اساس استانداردهای مورداستفاده در کشورهای دیگر بوده است. تعیین سرانه فضای سبز تا حد زیادی بستگی به خصوصیات بیوکلیماتیک منطقه و شهر دارد. براین مبنا باید گفت سرانه فضای سبز در یک شهر کویری با یک شهر بزرگ مانند مشهد نمی تواند شرایطی مانند یک شهر ساحلی در استان مازندران داشته باشد. با این وجود اطلاع از استانداردهای فضای سبز می تواند به عنوان هدایتگر فعالیت‌ها و خط‌مشی‌ها به حساب آید. مفهوم سرانه فضای سبز تنها می تواند برای آن نوع از فضاهای سبز به کار رود که برای گذران اوقات فراغت، بازی و تفریح مهیا شده است. براساس مطالعات و بررسی‌های انجام شده، سرانه متعارف فضای سبز برای شهرهای ایران بین ۷ تا ۱۲ متر مربع برای هر نفر است که با شاخص تعیین شده از سوی سازمان ملل متحد (۲۰ تا ۲۵ متر مربع برای هر نفر) رقم کمتری است. با وجود این در شهرهای مختلف کشور نیز این رقم، با توجه به ویژگی‌های مختلف جغرافیایی و اقلیمی آن‌ها، با اختلافاتی همراه است که میزان آن را در طرح‌های مصوب هریک از شهرها تعیین می کنند. استاندارد فضای سبز جدا از استانداردهای فضاهای تفریحی در



دنیا برای هر فرد بین ۲۰ تا ۲۵ متر مربع است و در ایران بین ۷ تا ۱۲ و در حال حاضر در شهر مشهد ۱۷,۲۹ مترمربع می باشد که رقمی بالاتر از استاندارد تعیین شده در ایران و پایین تر از استاندارد تعیین شده در جهان می باشد. مطابق جدول شماره یک آمار به دست آمده نشان می دهد وضعیت سرانه فضای سبز در هریک از مناطق شهر مشهد نیز متفاوت است به گونه ای که مناطق یک، دو، سه، چهار، پنج و منطقه شش دارای سرانه ای پایین تر از استاندارد تعریف شده و مناطق ده و یازده در وضعیتی استاندارد و در نهایت مناطق هفت، هشت، نه، دوازده و ثامن در وضعیتی بالاتر از سطح استاندارد تعریف شده در ایران می باشند.

در شکل شماره ۲: توزیع پوشش گیاهی در کلانشهر مشهد از سال ۱۹۸۴ تا ۲۰۲۰ میلادی که از تصاویر ماهواره ای لندست ۵ و ۸ استخراج شده، مشخص شده است. همانطوری که از شکل پیداست فضای سبز شهری در کلانشهر مشهد به دلیل گسترش شهری افزایش یافته است. و در نواحی شمال و شمال شرقی فضای سبز شهری به نفع کاربریهای شهری کاهش یافته است.

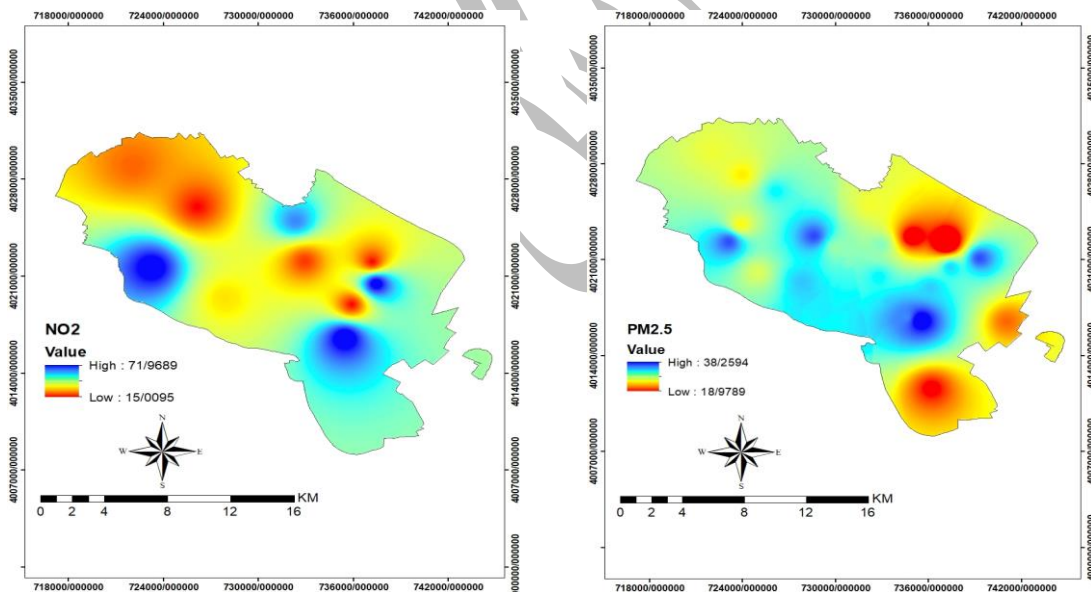


شکل ۲: نحوه پراکنش پوشش سبز در مشهد؛ مأخذ: یافته های پژوهش

## ۲.۳. بررسی شاخص‌های آلودگی هوا و دما

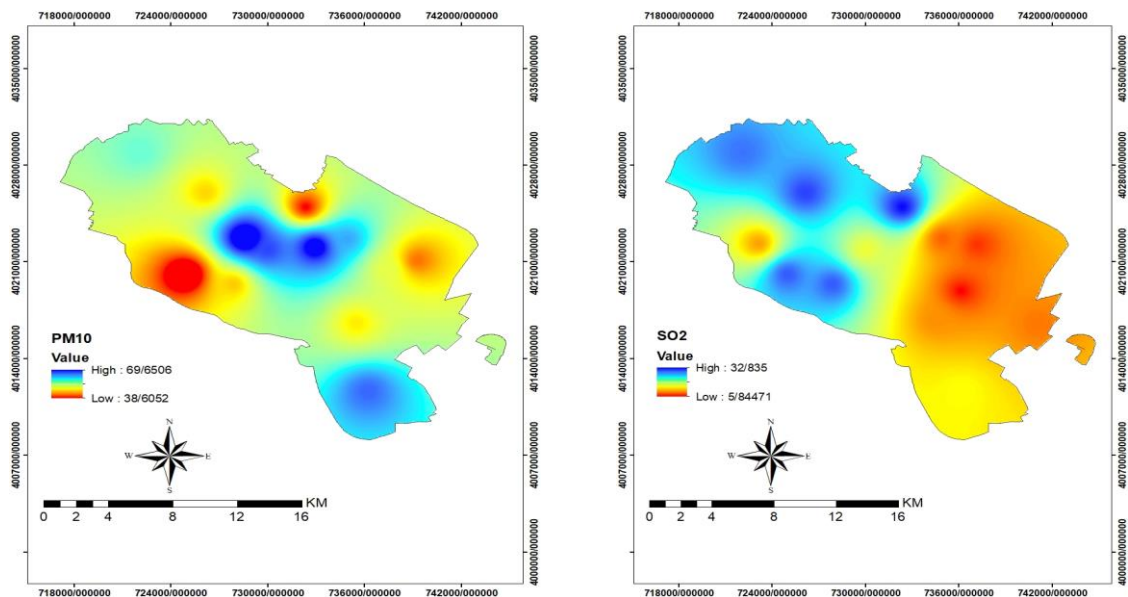
### ۱.۲.۳. درون‌یابی

روش اندازه‌گیری با برداشت مکانی داده‌ها، پدیده طبیعی را در محیط GIS شکل می‌دهند. زمانی که پدیده‌ها به صورت نقطه‌ای برداشت می‌شوند؛ روش‌های خاصی برای شکل‌دادن یا لایه ساختن از آن‌ها به کار می‌رود که درون‌یابی نام دارد. باتوجه به اینکه چهار آلاینده ( $NO_2, SO_2, PM_{2.5}, PM_{10}$ ) در این پژوهش مورد مطالعه قرار گرفته است. نتایج حاصل از درون‌یابی در هریک از ایستگاه‌های پایش آلاینده‌های زیست‌محیطی در شهر مشهد در سال ۱۳۹۹ مورد بررسی واقع شده است. باتوجه به ایستگاه‌های موجود تنها روشی که قابلیت اجرایی داشت روش IDW بود باتوجه به ویژگی نقطه‌ای بودن ایستگاه‌ها به منظور تهیه یک سطح پیوسته از روش IDW استفاده و نقشه‌های هریک تهیه گردید.



شکل ۳: نحوه پراکنش آلاینده ذرات معلق دو ونیم میکرون و دی اکسید نیتروژن در شهر مشهد

مأخذ: یافته‌های پژوهش

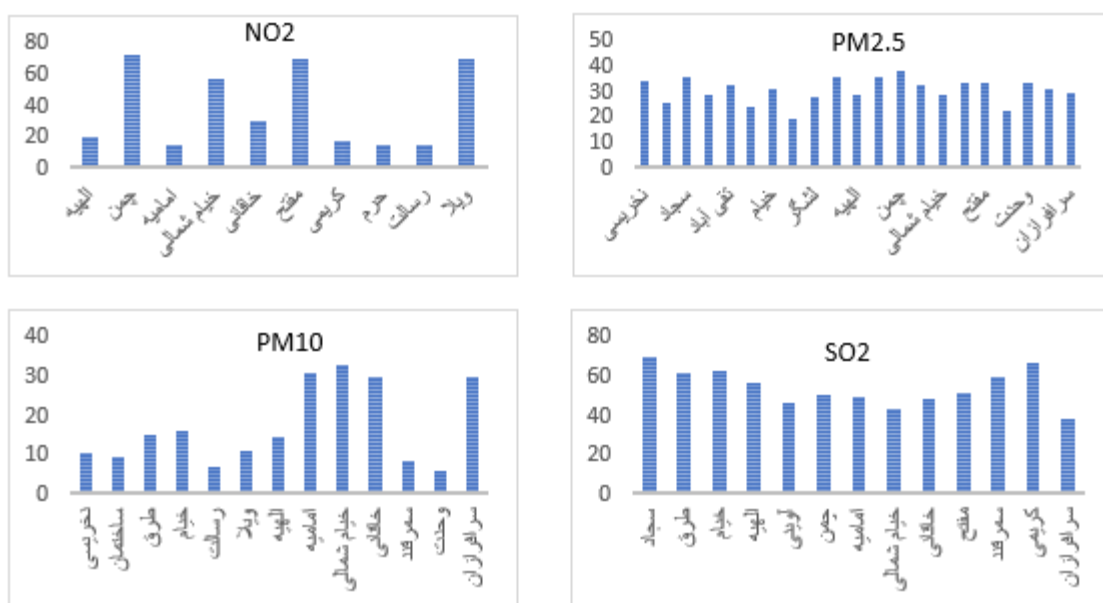


شکل ۴ : نحوه پراکنش دی اکسید گوگرد و ذرات معلق کوچکتر از ده میکرون در شهر مشهد

مأخذ: یافته های پژوهش

شکل سه و چهار به ترتیب نشان دهنده متوسط غلظت سالانه آلاینده های آلودگی هوا در ایستگاه های مختلف شهر مشهد است. همان طور که مشاهده میشود ذرات معلق کوچکتر از دو ونیم میکرون به عنوان یکی از آلاینده های مهم در میان آلاینده های آلودگی هوا شناخته می شود که میزان استاندارد این آلاینده در کشور ایران برابر با ۱۰ میکروگرم بر مترمکعب است (قنبری، ۱۳۹۶: ۱۷۶). وضعیت میانگین غلظت سالانه هریک از ایستگاه های پایش کیفیت هوا در رابطه با ذرات معلق کوچکتر از دو نیم میکرون در مشهد نشان می دهد میانگین سالیانه این نوع از آلاینده ها بیش از حد استاندارد بوده و بیشترین غلظت آن با توجه به شکل مربوط به ایستگاه های چمن، ویلا، آوینی و سجادمی باشد و کمترین میزان غلظت آن مربوط به ایستگاه های رسالت، سمرقند و طرق بوده است. در خصوص دی اکسید نیتروژن نیز می توان گفت بیشترین میزان غلظت این آلاینده مطابق شکل مربوط به ایستگاه های ، چمن، ویلا، مفتح و خیام شمالی بوده است و کمترین میزان غلظت این نوع از آلاینده ها در طی سال در ایستگاه های رسالت، حرم، امامیه والهیه می باشد. بیشترین میزان غلظت سالانه مونو اکسید کربن موجود در هوا نیز به ترتیب در ایستگاه های خیام، خیام شمالی، خاقانی و چمن، مشاهده می شود و کمترین مقدار غلظت بار آلودگی مربوط به ایستگاه های وحدت، طرق و سجادمی باشد. پراکنش متوسط سالانه غلظت دی اکسید گوگرد

نیز مبین آن است که بیشترین میزان بار آلودگی این نوع از آلاینده ها در ایستگاه های خیام شمالی، سرافرازان، امامیه و خاقانی می باشد و کمترین میزان غلظت این نوع از آلاینده ها مربوط به ایستگاه های وحدت، سمرقند و ویلا بوده است. ذرات معلق کوچکتر از ده میکرون نیز به عنوان یکی دیگر از آلاینده های مهم آلودگی هوا شناخته میشود که مطابق شکل بیشترین میزان غلظت این نوع از آلاینده ها نیز به ترتیب در ایستگاه های سجاده، کریمی، خیام و طرق بوده است و کمترین میزان آن مربوط به ایستگاه های سرافرازان، خیام شمالی، و آوینی بوده است.



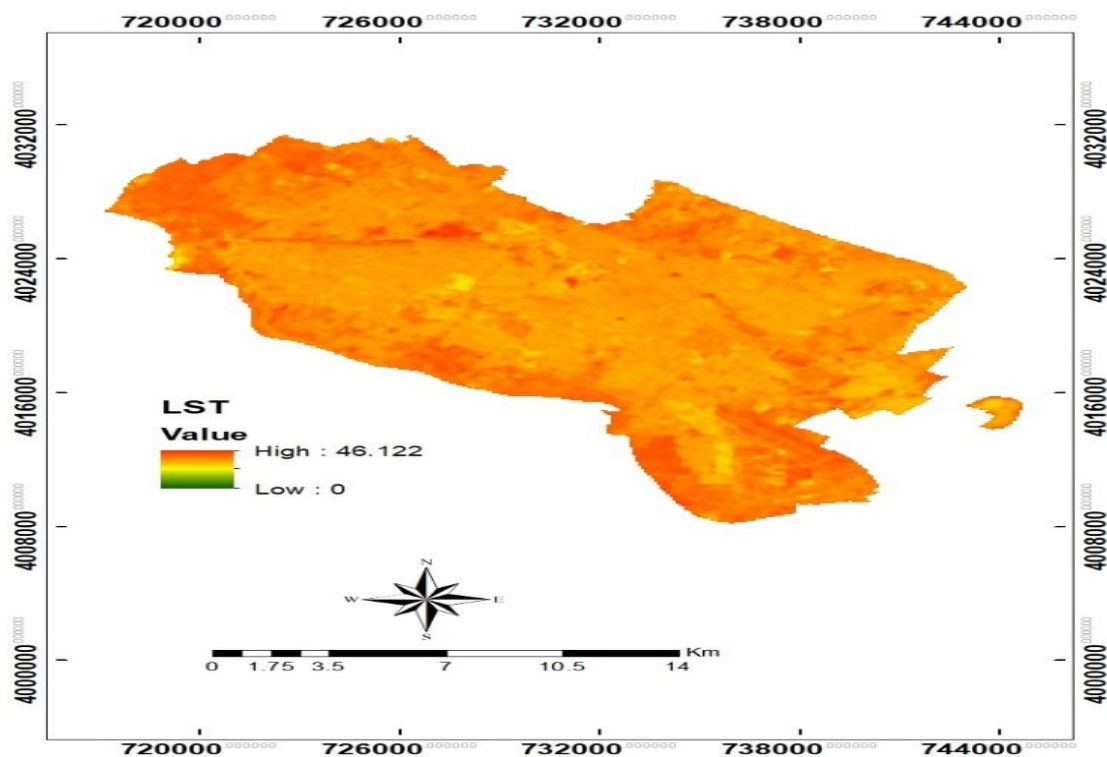
شکل ۵: میانگین غلظت سالانه آلاینده های آلودگی هوا در هر یک از ایستگاه های شهر مشهد؛

مأخذ: سازمان پایش آلاینده های زیست محیطی مشهد، ۱۳۹۹

### ۲،۲،۳. درجه حرارت و نحوه پراکنش آن

یکی دیگر از شاخص های مورد توجه در پژوهش حاضر بررسی ارتباط میان فضای سبز و درجه حرارت در مشهد است به منظور بررسی این ارتباط ابتدا نیاز بود نقشه وضعیت دما در این شهر تهیه گردد بدین منظور گرم ترین ماه سال یعنی مرداد ماه سال ۱۳۹۹ انتخاب و سپس بر اساس تصاویر ماهواره لندست هشت از سایت USGS دانلود و نقشه آن تهیه گردید، باتوجه به نقشه به دست آمده از دمای شهر می توان گفت بخش هایی که با رنگ قرمز

نمایش داده شده‌اند دارای بیشترین میزان درجه حرارت یعنی ۴۶ درجه و بخش‌هایی که به رنگ زرد پوشیده شده‌اند از درجه حرارت کمتری برخوردار هستند.



شکل ۶: میزان درجه حرارت در نقاط مختلف شهر مشهد

مأخذ: یافته‌های پژوهش

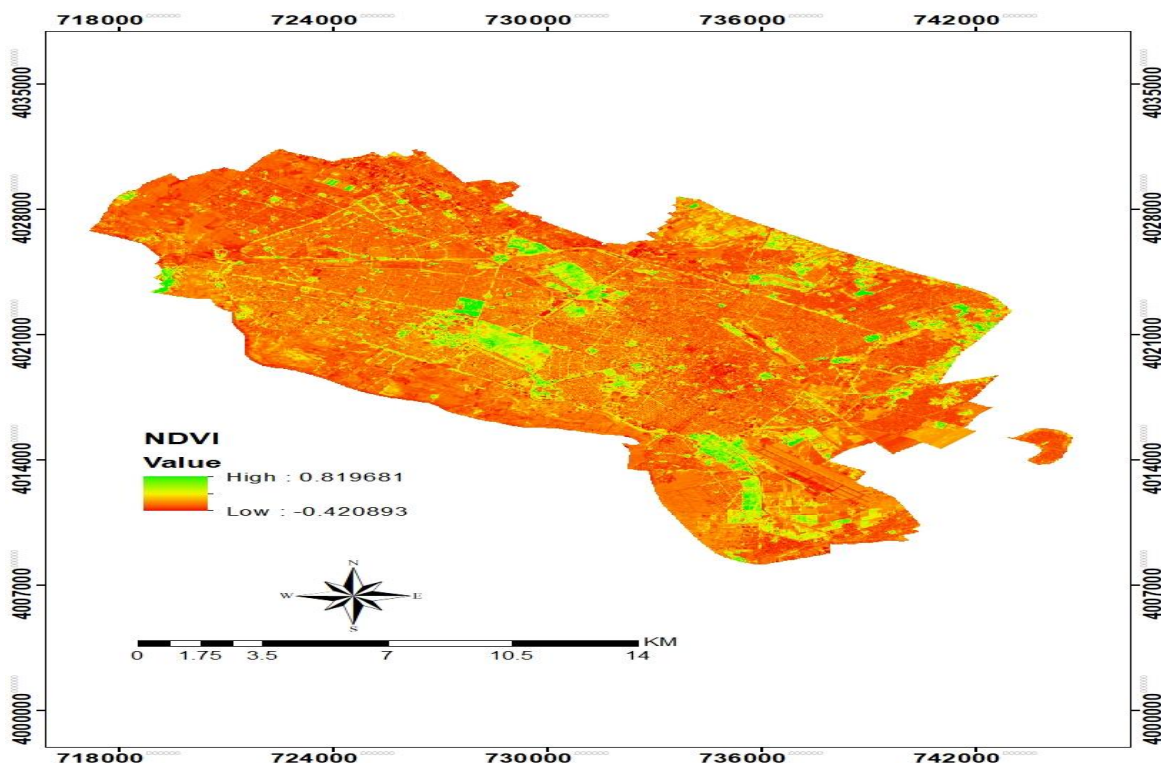
### ۳،۲،۳. تحلیل رابطه بین متغیر شاخص فضای سبز (NDVI) با آلاینده‌های آلودگی هوا و دما

در این بخش با توجه به موضوع پژوهش حاضر رابطه میان شاخص فضای سبز (NDVI) با هریک از آلاینده‌های آلودگی هوا و دما با استفاده از رگرسیون خطی در نرم‌افزار TerrSet محاسبه شده است که در ادامه به هریک به طور مجزا پرداخته خواهد شد.

شاخص تفاوت نرمال شده پوشش گیاهی (NDVI) از طریق باندهای ۴ و ۵ تصاویر ماهواره لندست و بر اساس فرمول زیر به دست آمده و نتیجه به صورت شکل شماره ۷ مشخص شده است.

$$NDVI = (B5 - B4) / (B5 + B4)$$

NDVI با تعیین نسبت باندهای قرمز و مادون قرمز نزدیک از یک تصویر سنجنش از راه دور بر اساس هر پیکسل محاسبه می شود تا به عنوان تفاوت نرمال شده بین باندهای قرمز و مادون قرمز نزدیک در یک تصویر استفاده شود.



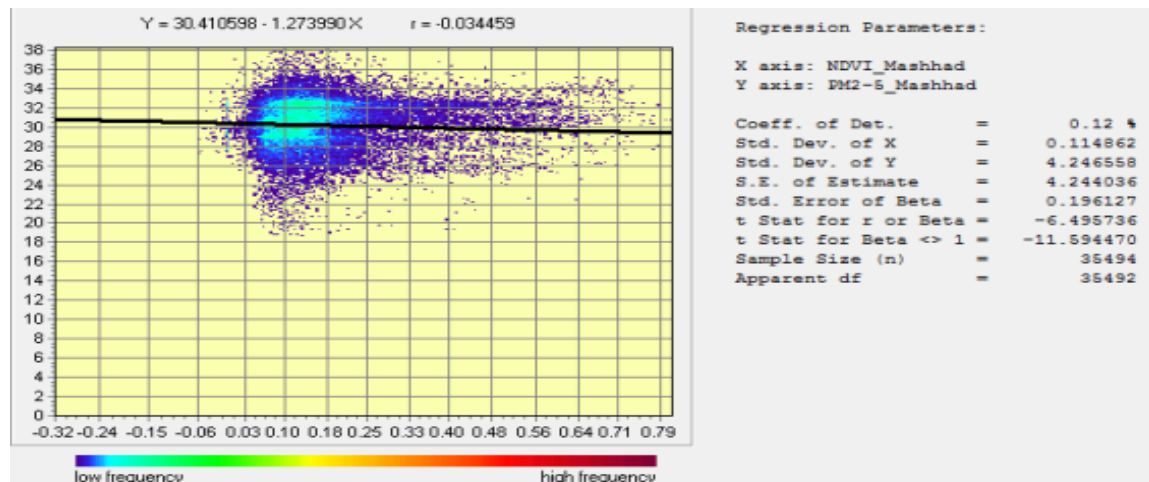
شکل ۷: (NDVI) پوشش سبز در نقاط مختلف مشهد

مأخذ: یافته های پژوهش

### ۱،۳،۲،۳. رابطه فضای سبز و آلاینده ذرات معلق کوچک تر از دو ونیم میکرون

همان طور که پیش تر نیز به این موضوع پرداخته شد آلاینده ذرات معلق کوچک تر از دو ونیم میکرون به عنوان یکی از آلاینده های مهم آلودگی هوا شناخته شده است در این بخش به بررسی ارتباط پراکنش میان فضای سبز و این گروه از آلاینده پرداخته شده است. همان طور که از شکل شماره ۸ پیداست شاخص فضای سبز به عنوان متغیر مستقل (X) و شاخص ذرات معلق کوچک تر از دو ونیم میکرون به عنوان متغیر وابسته (Y) است، ضریب همبستگی میان این دو متغیر برابر  $R=-0.034$  می باشد و نمایانگر این موضوع است که با افزایش میزان فضای سبز میزان ذرات معلق کوچک تر از دو ونیم میکرون نیز کاهش یافته است هر چند عدد به دست آمده گویای آن است

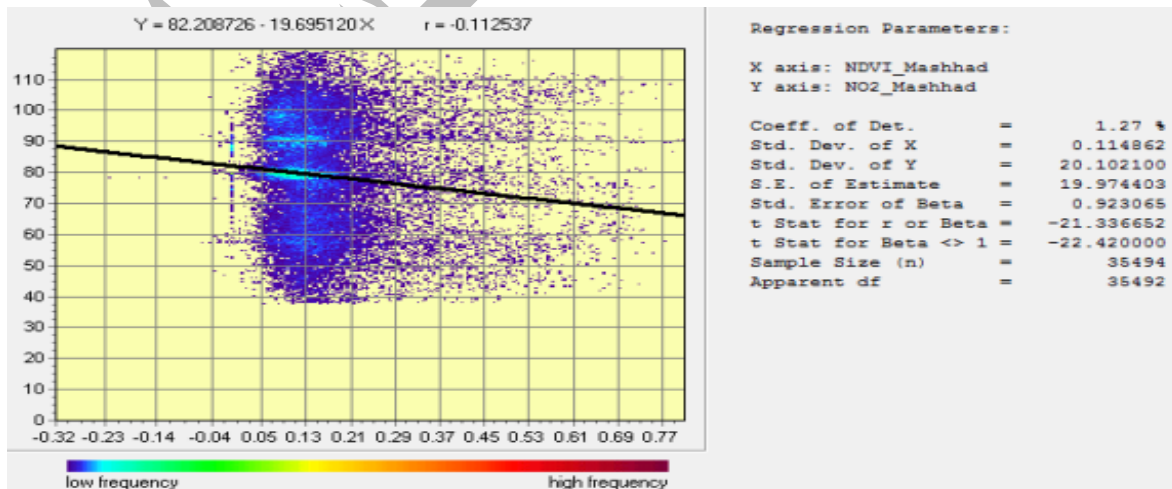
که رابطه ضعیف بوده و میزان اثرگذاری فضای سبز نیز اندک بوده است ولی باین حال رابطه منفی بین این دو متغیر وجود دارد.



شکل ۸: رابطه میان فضای سبز (NDVI) و آلاینده ذرات معلق کوچکتر از دو و نیم میکرون (PM2.5)؛ مأخذ: یافته های پژوهش

### ۲،۳،۲،۳. رابطه فضای سبز و آلاینده دی اکسید نیتروژن

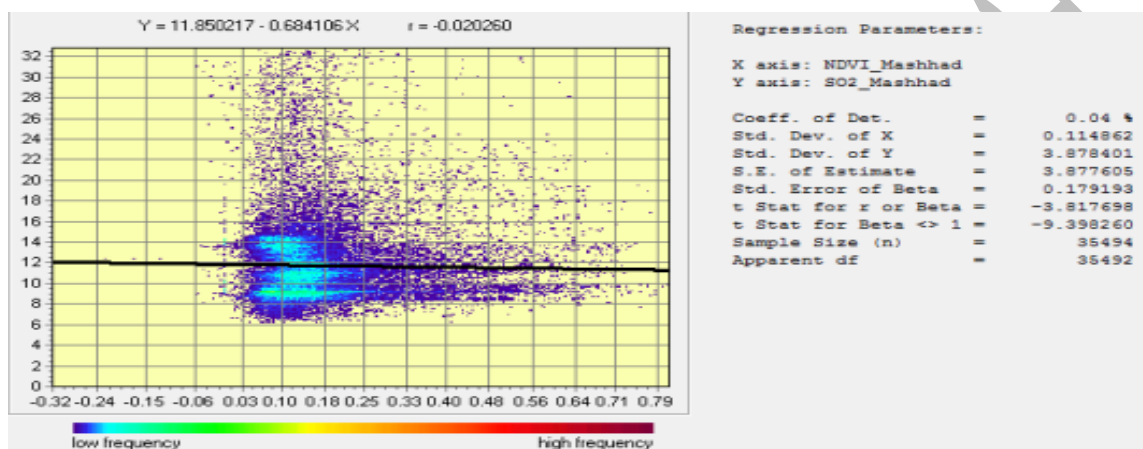
رابطه میان آلاینده دی اکسید نیتروژن با فضای سبز مشهد در شکل شماره ۹ مشخص شده است. همان طور که از نمودار پیداست شاخص فضای سبز به عنوان متغیر مستقل (X) و آلاینده دی اکسید نیتروژن به عنوان متغیر وابسته (Y) نشان داده شده است، ضریب همبستگی بین این دو متغیر برابر  $R = -0.112$  می باشد و نمایانگر این موضوع است که با افزایش میزان فضای سبز میزان دی اکسید نیتروژن موجود در هوا کاهش یافته است.



شکل ۹: رابطه بین فضای سبز (NDVI) و آلاینده دی اکسید نیتروژن (NO2)؛ مأخذ: یافته های پژوهش

### ۳,۳,۲,۳. رابطه میان فضای سبز و آلاینده دی اکسید گوگرد

رابطه میان فضای سبز و آلاینده دی اکسید گوگرد در شکل شماره ۱۰ مشخص شده است. شاخص فضای سبز به عنوان متغیر مستقل (X) و آلاینده دی اکسید گوگرد به عنوان متغیر وابسته (Y) نشان داده شده است، ضریب همبستگی بین این دو متغیر برابر  $R=-0.020$  می باشد که این رابطه منفی گویای آن است که با افزایش میزان فضای سبز میزان دی اکسید گوگرد موجود در هوا نیز کاهش یافته است. با وجود اینکه رابطه ضعیف است ولی نقش فضای سبز در کاهش بار آلودگی مشاهده می شود.

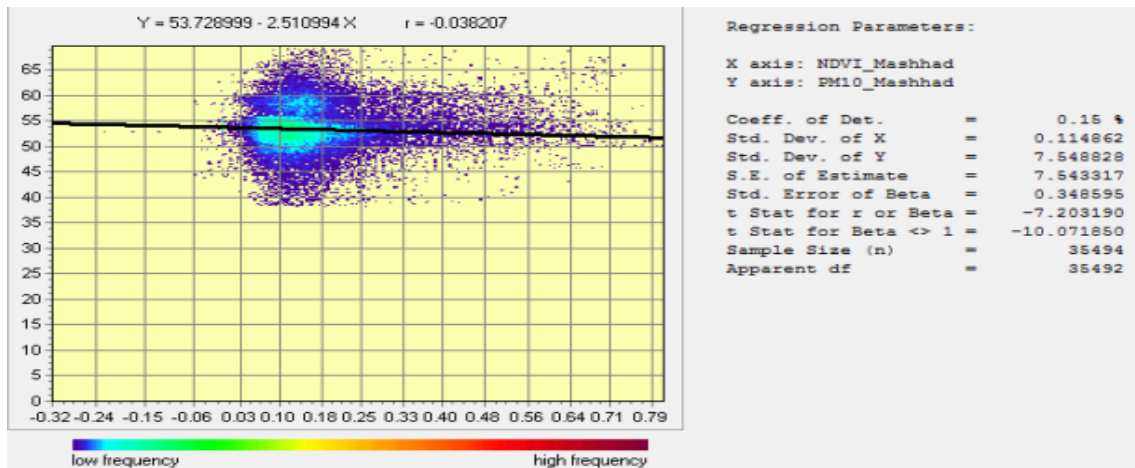


شکل ۱۰: رابطه میان فضای سبز (NDVI) و آلاینده دی اکسید گوگرد (SO2); مأخذ: یافته های پژوهش

### ۴,۳,۲,۳. رابطه میان فضای سبز و ذرات معلق کوچکتر از ده میکرون

ارتباط بین فضای سبز به عنوان متغیر مستقل (X) و ذرات معلق کوچکتر از دو ونیم میکرون به عنوان متغیر وابسته (Y) در شکل ۱۱ نشان داده شده است. ضریب همبستگی میان این دو متغیر  $R=-0.038$  می باشد. رابطه منفی به دست آمده بیانگر این موضوع است که با افزایش میزان فضای سبز، مقدار ذرات معلق کوچکتر از ده میکرون نیز کاهش یافته است. هرچند ارتباط ضعیف می باشد با این حال فضای سبز و نحوه پراکنش آن در کاهش بار آلودگی در مشهد نقش داشته است.

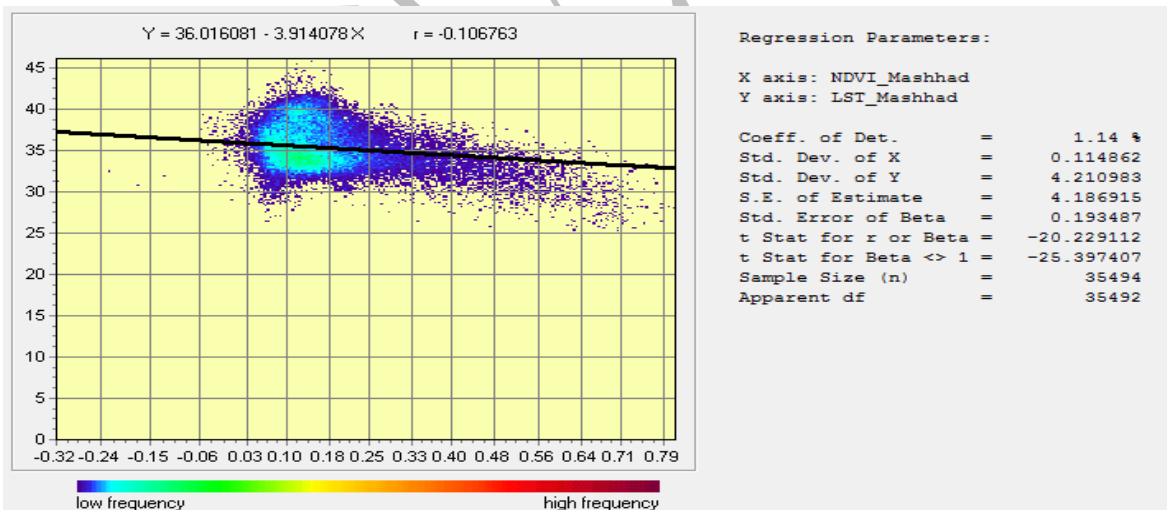




شکل ۱۱: رابطه میان فضای سبز (NDVI) و آلاینده ذرات معلق کوچکتر از ده میکرون (PM10). مأخذ: یافته های پژوهش

۵,۳,۲,۳. رابطه میان شاخص فضای سبز و درجه حرارت سطح زمین

رابطه بین شاخص فضای سبز به عنوان متغیر مستقل (X) و شاخص درجه حرارت به عنوان متغیر وابسته (Y) در شکل ۱۲ نشان داده شده است، ضریب همبستگی بین این دو متغیر برابر  $R = -0.1067$  می باشد. و نمایانگر این است که با افزایش فضای سبز درجه حرارت کاهش می یابد؛ بنابراین فضای سبز نقش مهمی در کاهش درجه حرارت شهر مشهد داشته است.



شکل ۱۲: رابطه بین فضای سبز (NDVI) و درجه حرارت (LST) در شهر مشهد؛ مأخذ: یافته های پژوهش

به‌طورکلی نتیجه رابطه بین متغیرهای مستقل آلاینده هوا و دما و فضای سبز در جدول شماره ۲ مشخص شده است و بیانگر نقش افزایش فضای سبز در کاهش آلاینده‌های محیط و درجه حرارت است.

جدول ۲: رابطه آلاینده‌های آلودگی هوا و دما با فضای سبز در مشهد

پوشش سبز					x
درجه حرارت	ذرات معلق کوچک‌تر از ده میکرون	دی‌اکسید گوگرد	ذرات معلق کوچک‌تر از دو نیم میکرون	دی‌اکسید نیترژن	y
-۰,۱۰۶۷	-۰,۰۳۸	-۰,۰۲۰	-۰,۰۳۴	-۰,۱۱۲	r

مأخذ: یافته‌های پژوهش

#### ۴. بحث

همان‌طور که پیش‌تر نیز اشاره گردید مسئله آلودگی هوا و افزایش دما به جهت افزایش جمعیت شهرها یکی از موضوعات مهمی است که شهرهای بزرگی چون شهر مشهد را تحت‌تأثیر خود قرار داده است در این راستا وجود فضاهای سبز شهری به‌عنوان یکی از زیرساخت‌های مهم در برابر آلودگی هوا و افزایش دما در شهرها بسیار مورد توجه می‌باشند. با توجه به پژوهش حاضر اگر به ارتباط میان فضای سبز با آلاینده‌های آلودگی و دما نگریسته شود می‌توان دریافت فضای سبز نقش موثری بر کاهش آلاینده‌های آلودگی هوا و کاهش میزان دما داشته است. حال با توجه به آنچه از ارتباط میان فضاهای سبز شهری با هر یک از آلاینده‌های آلودگی هوا و دما استنباط می‌شود می‌توان چنین استدلال نمود که تاثیر فضاهای سبز شهری بر کاهش میزان دما و آلودگی هوا هم راستا با پژوهش داخلی جعفری و همکاران (۱۳۹۷) بوده است آنان نیز در پژوهش خود دریافتند فضای سبز اثرکاهشی بر میزان آلودگی هوا و دما در شهر تهران داشته است و با افزایش میزان فضای سبز غلظت آلاینده‌های آلودگی یعنی دی‌اکسید نیترژن، دی‌اکسید گوگرد، ذرات معلق کوچکتر از دو نیم میکرون، ذرات معلق کوچکتر از ده میکرون و درجه حرارت کاهش یافته است. در رابطه با آلاینده ذرات معلق نیز پژوهش گلچین و همکاران (۱۳۹۶) مبین آن بود که طراحی کمربند سبز جنوب غرب شهر زاهدان با فضای سبزی که دوازده برابر فضای سبز سطح کنونی باشد باعث کاهش ۸۷ درصدی ذرات معلق خواهد بود. در بین پژوهش‌های خارجی نیز نتایج این مقاله با پژوهش میو و همکاران (۲۰۲۱) در رابطه با نقش فضای سبز بر کاهش ذرات معلق موجود در هوا هم راستا می‌باشد علاوه بر این کومار و همکاران (۲۰۱۹) در بررسی ارتباط و پیوند بین آلودگی هوا و زیر ساخت سبز

نیز به این نتیجه دست یافتند فضای سبز تاثیر مستقیمی بر کاهش آلودگی هوا و سلامت افراد داشته است. در رابطه با اثر گذاری فضای سبز بر کاهش دما نیز دیجیکیک و همکاران (۲۰۱۸) با مقایسه دمای سطوح سنگفرش شده و سطوح پوشیده شده از چمنزار و دست یافتن به اثرات کاهش دما توسط فضای سبز و همین طور کیو وتان (۲۰۱۷) با بررسی دما در شهر سنژن چین و روند کاهش آن با افزایش میزان فضای سبز، همراستا با پژوهش حاضر بوده است. لیو وشین (۲۰۱۴) نیز همانند پژوهش حاضر با در کنار هم قرار دادن آلاینده های آلودگی و دما در منطقه تایپه هیائوچین به این نتیجه دست یافته اند که با اختصاص دادن زمین بیشتر به کاربری فضای سبز میزان آلودگی و درجه حرارت کاهش یافته و منجر به بارش های کوتاه و پیوسته می گردد.

## ۵. نتیجه گیری و پیشنهادات

پژوهش حاضر با هدف تحلیل فضایی رابطه متغیرهای محیطی با فضای سبز در مشهد با توجه به نحوه توزیع و پراکنش فضای سبز انجام شده است از آنجایی که سؤال اصلی پژوهش سنجش نقش فضای سبز از نظر زیست محیطی در شهر مشهد می باشد به منظور پاسخگویی به سؤال پژوهش، پنج شاخص محیطی تعیین و مورد بررسی قرار گرفت نتایج حاصل از آزمون هریک از شاخص ها که با استفاده از نرم افزار TerrSet تحلیل شده است بیانگر آن بود که با وجود رابطه منفی به دست آمده از ضریب همبستگی میان فضای سبز و آلاینده های آلودگی می توان گفت فضای سبز نقش مؤثری در کاهش آلودگی هوا در مشهد داشته است در خصوص درجه حرارت نیز نتایج به دست آمده از رابطه میان فضای سبز و دما نشان دهنده تأثیر فضای سبز در کاهش میزان دما می باشد.

حال با توجه به بررسی های صورت گرفته در این پژوهش، و اهمیت مسئله آلودگی هوا به عنوان یکی از چالش های اساسی شهرها بخصوص کلان شهرها پیشنهاد می شود با توجه به ماهیت هر آلاینده، آلودگی هوا بررسی شود با توجه به نحوه توزیع و پراکنش آلاینده آلودگی بررسی جزئیات هر آلاینده و یافتن مواردی از قبیل اینکه هر آلاینده متأثر از چه گیاهانی می باشد حائز اهمیت است. حال با توجه به اینکه در هر شهر چه نوع آلاینده ای نقش بارزتری دارد گیاهان مؤثر در کاهش آلودگی آلاینده مورد نظر و توسعه فضای سبز شهری پیشنهاد می شود. علاوه بر این شناسایی پارامترهای دخیل مانند حمل و نقل و.. که در ایجاد و افزایش آلاینده ها مؤثر می باشند و ارتباط آن با فضای سبز فعلی و همچنین بررسی موضوع حاضر در سایر شهرها و استان ها می تواند نقش بسزایی در کاهش آلودگی هوا به همراه داشته باشد.

## منابع

ایمانی، ب؛ فیروزی مجنده؛ کانونی، ر (۱۳۹۶). پراکنش مکانی فضاهاى سبز و اولویت بندی تناسب اراضی با هدف مکان یابی بهینه پارک (مطالعه موردی: شهر اردبیل)، *فصلنامه آمایش محیط*، ۱۰(۳۷)، ۶۵-۹۷

جعفری، ش؛ علیزاده شعبانی، ا؛ معین الدینی، م؛ دانه کار، ا؛ علم بیگی، ا (۱۳۹۷). مدل سازی رابطه فضای سبز شهری با آلودگی هوا، صوت و دما با استفاده از سنجه های سیمای سرزمین *سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی*، ۹(۲)، ۵۹-۷۶

سلیمانی مهرنجانی، ت؛ رفیعان زنگانه، ا؛ خزائی نژاد، ف. (۱۳۹۶). زیست پذیری شهری: مفهوم، اصول، ابعاد و شاخص ها. *پژوهش های جغرافیایی برنامه ریزی شهری*، ۴(۱)، ۲۷-۵۰

عباس پور طهرانی فرد، مجید؛ جاوید، امیرحسین؛ سعیدی، سحر (۱۳۹۰). تاثیر بوستان های شهری بر میزان انتشار ذرات معلق pm10 با استفاده از نرم افزار *Gis فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست*، ۱۶(۱)، ۱-۱۲

قنبری، م (۱۳۹۶). زیست پذیری رهیافتی نوین در برنامه ریزی شهری (مطالعه موردی: کلانشهر مشهد) رساله دکتری جغرافیا و برنامه ریزی شهری، استاد راهنما: دکتر محمد اجزا شکوهی، دانشگاه فردوسی مشهد

گلچین، پ؛ میرحسینی، س. ا. (۱۳۹۱). سبز بام ها و نقش آن ها در فضای سبز شهری در جهت کاهش آلودگی هوا در کلان شهرها. *همایش ملی جریان و آلودگی هوا*

Aram, F., García, E. H., Solgi, E., & Mansournia, S. (2019). Urban green space cooling effect in cities. *Heliyon*, 5(4), e01339.

Đekić, J. P., Mitković, P. B., Dinić-Branković, M. M., Igić, M. Z., Đekić, P. S., & Mitković, M. P. (2018). The study of effects of greenery on temperature reduction in urban areas. *Thermal Science*, 22(Suppl. 4), 988-1000.

Diener, A., & Mudu, P. (2021). How can vegetation protect us from air pollution? A critical review on green spaces' mitigation abilities for air-borne particles from a public health perspective-with implications for urban planning. *Science of the Total Environment*, 796, 148605.

Jaung, W., Carrasco, L. R., Shaikh, S. F. E. A., Tan, P. Y., & Richards, D. R. (2020). Temperature and air pollution reductions by urban green spaces are highly valued in a tropical city-state. *Urban Forestry & Urban Greening*, 55, 126827.

Kumar, P., Druckman, A., Gallagher, J., Gatersleben, B., Allison, S., Eisenman, T. S., . & Morawska, L. (2019). The nexus between air pollution, green infrastructure and human health. *Environment international*, 133, 105181.

Liu, H. L., & Shen, Y. S. (2014). The impact of green space changes on air pollution and microclimates: A case study of the Taipei metropolitan area. *Sustainability*, 6(12), 8827-8855.

Liu, R., & Xiao, J. (2021). Factors Affecting Users' Satisfaction with Urban Parks through Online Comments Data: Evidence from Shenzhen, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(1), 253.

Maghrabi, A., Alyamani, A., & Addas, A. (2021). Exploring Pattern of Green Spaces (GSs) and Their Impact on Climatic Change Mitigation and Adaptation Strategies: Evidence from a Saudi Arabian City. *Forests*, 12(5), 629

Makhelouf, A. (2009). The effect of green spaces on urban climate and pollution.

Meo, S. A., Almutairi, F. J., Abukhalaf, A. A., & Usmani, A. M. (2021). Effect of Green Space Environment on Air Pollutants PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, CO, O<sub>3</sub>, and Incidence and Mortality of SARS-CoV-2 in Highly Green and Less-Green Countries. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(24), 13151.

Qiu, G. Y., Zou, Z., Li, X., Li, H., Guo, Q., Yan, C., & Tan, S. (2017). Experimental studies on the effects of green space and evapotranspiration on urban heat island in a subtropical megacity in China. *Habitat international*, 68, 30-42.

Sarimin, M., & Yigitcanlar, T. (2012). Towards a comprehensive and integrated knowledge-based urban development model: status quo and directions. *International Journal of Knowledge-Based Development*, 3(2), 175-192.

Son, J. Y., Choi, H. M., Fong, K. C., Heo, S., Lim, C. C., & Bell, M. L. (2021). The roles of residential greenness in the association between air pollution and health: a systematic review. *Environmental Research Letters*, 16(9), 093001.

Száráz, L. R. (2014). The impact of urban green spaces on climate and air quality in cities. *Geographical Locality Studies*, 2(1), 326-354.