

A Feasibility Study of Using Mahshahr City's Meteorological and Air Quality Data to Evaluate Air Pollution

" Feasibility of Using Meteorological and Air Quality Data"

ABSTRACT

Background and Aim: An accurate estimation of air quality and meteorological conditions is required to make the sound air pollution management decisions. Thus, the data analysis from monitoring stations is unavoidable in air pollution research. The present study uses the statistical tests to survey the homogeneity of meteorological factors and air quality station data in Mahshahr.

Materials and methods: At first, a decade's worth of meteorological station data and the data from air quality stations in Mahshahr were collected over 2016-2019. The minimum and maximum values, standard deviation, variance, skewness, and kurtosis of parameters were then calculated, and heterogeneities and improbable fluctuations in the data were examined.

Results: The results indicated that an average of 12% of data from the meteorological station in the special region were invalid, and that the data from this station had a non-normal distribution. Moreover, 98% of meteorological data collected at Mahshahr airport were valid which had a normal distribution. Statistical analysis of pollutant concentration data from air quality stations revealed that among 21 pollutants monitored across four air quality stations in the study region, only $PM_{2.5}$ in Mahshahr station, NO_2 in the mobile station, and CO , O_3 in the special region fix station yielded normal distributed data.

Conclusion: Consequently, when compared to other regional stations, the data from special zone's fixed air quality station, and Mahshahr meteorological station were the most reliable, with an average invalid data percentage of 16.4 and 0.48, respectively. Finally, it is recommended that the data should be adjusted to a more normal distribution over the desired period before using the data from other stations.

Keywords: air pollution, Air Quality station, Mahshahr City, Meteorological Station

Mahdi Aleahmad

Ph.D. Student, Department of Environmental Engineering, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.

Abdolreza KARBASSI

Professor, School of Environment, College of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran.

Amir Hossein Davami

* Assistant Professor, Department of Environmental Management-HSE, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran. (Corresponding Author):
davami.ah1352@Gmail.com

Reza Jalilzadeh Yengejeh

Assistant professor, Department of Environmental Engineering, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.

Received: 2022/02/28

Accepted: 2022/06/01

Document Type: Research article

► **Citation:** Aleahmad M, KARBASSI A, Davami AH, Jalilzadeh Yengejeh R. A feasibility study of using Mahshahr city's meteorological and air quality data to evaluate air pollution. *Journal of Research in Environmental Health*. Summer 2022; 8(2): 148-159.

امکان‌سنجی استفاده از داده‌های هواشناسی و کیفیت هوای شهرستان ماهشهر

به‌منظور ارزیابی آلودگی هوا

“امکان‌سنجی استفاده از داده‌های هواشناسی و کیفیت هوا”

چکیده

زمینه و هدف: تصمیم‌گیری صحیح در مدیریت آلودگی هوا، نیازمند داشتن برآوردی درست از وضعیت کیفیت هوا و شرایط هواشناسی است، لذا بررسی داده‌های ایستگاه‌های پایش، یک بخش اجتناب‌ناپذیر در مطالعات آلودگی هوا است. لذا در این مطالعه همگنی داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی و کیفیت هوا شهرستان ماهشهر، با استفاده از آزمون‌های آماری مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها: در ابتدا داده‌های ۱۰ سال از ایستگاه‌های هواشناسی و داده‌های ایستگاه‌های کیفیت هوای شهرستان ماهشهر طی سال‌های ۱۳۹۴ الی ۱۳۹۸ جمع‌آوری گردید. سپس میزان بیشینه و کمینه، انحراف معیار، واریانس، چولگی و کشیدگی برای تمامی پارامترها محاسبه و با استفاده از آزمون‌های آماری، ناهمگنی‌ها و نوسانات نامحتمل داده‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت.

یافته‌ها: بر اساس نتایج، به‌طور متوسط ۱۲٪ از کل داده‌ها در ایستگاه هواشناسی منطقه ویژه نامعتبر بوده و داده‌های این ایستگاه نرمال نبودند. همچنین پارامترهای هواشناسی فرودگاه ماهشهر بیش از ۹۸٪ داده معتبر داشته و توزیع داده‌ها در این ایستگاه نرمال بوده است. از بررسی آماری داده‌های غلظت آلودگی در ایستگاه‌های کیفیت هوا، می‌توان بیان نمود که از ۲۱ آلاینده مورد بررسی در ۴ ایستگاه کیفیت هوای موجود در منطقه، تنها آلاینده‌های $PM_{2.5}$ در ایستگاه ماهشهر، NO_2 در ایستگاه سیار منطقه ویژه و CO و O_3 در ایستگاه منطقه ویژه از داده‌های نرمالی برخوردار بودند.

نتیجه‌گیری: ایستگاه ثابت کیفیت هوای منطقه ویژه و ایستگاه هواشناسی شهر ماهشهر به‌ترتیب با متوسط ۱۶/۴٪ و ۴۸٪ داده نامعتبر، اعتبار بیشتری نسبت به سایر ایستگاه‌ها موجود در منطقه داشتند. پیشنهاد می‌گردد داده‌های سایر ایستگاه‌ها جهت استفاده در بازه زمانی مورد نیاز به توزیع نرمال نزدیک گردند.

کلید واژه‌ها: آلودگی هوا، ایستگاه کیفیت هوا، ایستگاه هواشناسی، شهرستان ماهشهر

مهدی آل‌احمد

دانشجوی دکتری محیط زیست، گروه مهندسی محیط‌زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

عبدالرضا کرباسی

استاد، گروه مهندسی محیط‌زیست، دانشکده محیط‌زیست، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

امیرحسین دوامی

✱ استادیار، گروه مدیریت محیط‌زیست-HSE، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران. نویسنده مسئول:

davami.ah1352@Gmail.com

رضا جلیل‌زاده ینگچه

استادیار، گروه مهندسی محیط‌زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۰۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۱۱

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

◀ **استناد:** آل‌احمد م، کرباسی ع، دوامی الف، جلیل‌زاده ینگچه ر. امکان‌سنجی استفاده از داده‌های هواشناسی و کیفیت هوای شهرستان ماهشهر به منظور ارزیابی آلودگی هوا. *فصلنامه پژوهش در بهداشت محیط*. تابستان ۱۴۰۱؛ (۲): ۱۴۸-۱۵۹.

مقدمه

انجام هرگونه مطالعه در خصوص مدیریت آلودگی هوا و انجام مدل‌سازی‌ها در هر منطقه‌ای که در آن از داده‌های هواشناسی و کیفیت هوا استفاده می‌شود، نیازمند اعتبارسنجی داده‌های مورد استفاده است. بدیهی است پیش از کسب اطمینان از صحت و کیفیت داده‌های تاریخی و سری‌های زمانی نمی‌توان اقدام به استفاده و استخراج نتایج بعدی نمود (۱) و وجود داده‌های اشتباه، اولین مخاطره در تحلیل مخاطرات طبیعی است (۲، ۳). از این رو نیاز است تا حد امکان از صحت داده‌ها اطمینان حاصل شود. جهت بررسی نرمال بودن داده‌ها روش‌های توصیفی و استنباطی متفاوتی وجود دارد. انواع روش‌های توصیفی شامل نمودار هیستوگرام، پلات پی-پی، پلات کیو-کیو، باکس پلات و نمودار ساقه و برگ است. از روش‌های استنباطی می‌توان آزمون‌های شاپیرو-ویلک و کولموگروف-اسمیرنوف در نرم‌افزار SPSS، آزمون‌های آندرسون-دارلینگ و رایان جویسر در نرم‌افزار مینی‌تب^۱ و آزمون جاکو-برا در نرم‌افزار ای‌ویوز^۲ را نام برد. در این آزمون‌ها روند تغییرات، نرمال و استاندارد بودن داده‌ها و به‌طور کلی کیفیت و سلامت داده‌ها مورد بررسی و آزمون قرار می‌گیرند. به این ترتیب، انجام آزمون‌های آماری مذکور، یک بخش جدایی‌ناپذیر در شروع تمامی مطالعات در این زمینه می‌باشند. در سال‌های اخیر محققان زیادی به ارزیابی کیفیت داده‌ها و تجزیه و تحلیل آنها پرداخته‌اند (۴-۶) و روش‌های مختلف جدیدی جهت همگن نمودن داده پیشنهاد شده است (۷). بررسی همگن بودن داده‌ها، یک امر بسیار مهم است که در این پژوهش و تحقیقات فراوان دیگر به آن پرداخته شده است. برای نمونه مارکولینی و همکاران به بررسی همگنی سری زمانی داده‌های عمق برف با استفاده از روش نرمال استاندارد در منطقه ترنتو واقع در شمال ایتالیا پرداختند که تنها ۲۰٪ از داده‌ها ناهمگن گزارش شده بود (۸). همچنین بازیگر و همکاران به منظور تحلیل همگنی داده‌های دما و بارش در ایران با رویکرد اقلیمی به بررسی داده‌های ۳۶

ایستگاه هواشناسی در کل کشور پرداختند. این مطالعه نشان داد که هر یک از آزمون‌های همگنی می‌تواند در هر اقلیمی استفاده شود و نوع اقلیم، چندان تأثیری بر آزمون‌های همگنی ندارد (۹). در سال‌های اخیر نیز پژوهش دیگری در ایستگاه سینوپتیک شهرستان خرم‌آباد به بررسی سری زمانی داده‌های دمایی با استفاده از آزمون‌های نرمال همگنی پرداخت و آمار ۳۰ ساله این ایستگاه مورد بررسی قرار گرفت که نشان داد سری‌های دمایی آن فاقد ناهمگنی معنی‌دار هستند (۱۰). رفعتی و کریمی با استفاده از آمار بارندگی ۳۳ ایستگاه همدیدی در سراسر کشور به بررسی همگنی داده‌های اقلیمی و روند تغییرات آن در کشور پرداختند. در این پژوهش داده‌های ناهمگن به مقدار زیادی روند داده‌های ماهانه را منحرف می‌نمود (۱۱). علی‌پور و ملکیان به بررسی همگنی و روند داده‌های بارش‌ها در شمال غرب کشور پرداختند. در این مطالعه داده‌های بارش به‌دست آمده از ۸ ایستگاه مورد مطالعه با آزمون‌های ناپارامتری و همگنی مورد سنجش قرار گرفت که به‌طور متوسط ۲۵/۹ آنها ناهمگن بود (۱۲). در نتیجه آزمون‌های آماری و صحت‌سنجی داده‌ها، نقش مهمی در سرنوشت تحقیق و نتیجه‌گیری نهایی دارند و در صورت استفاده از داده‌های غیرنرمال و ناهمگن، صحت نتایج به‌دست آمده از تحقیقات با خطا مواجه خواهد شد، لذا به‌منظور مدیریت صحیح آلودگی هوا، داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی و کیفیت هوا جمع‌آوری و مورد ارزیابی آماری قرار گرفته تا اعتبار ایستگاه‌های مورد استفاده جهت انجام مطالعات آلودگی هوا تعیین گردد.

روش کار

منطقه مورد مطالعه و مختصات ایستگاه‌های هواشناسی و

کیفیت هوا

بندر ماهشهر در استان خوزستان با طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۱۳ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۳۳ دقیقه قرار دارد. ارتفاع این شهر از سطح دریا ۳ متر بوده و حدود ۱۹۲۲ کیلومترمربع وسعت

1. MINITAB
2. E Views

داده‌های مربوط به غلظت آلاینده‌های هوا در ایستگاه ثابت شهر ماهشهر، داده‌های مربوط به غلظت آلاینده‌های هوا در ایستگاه ثابت شهر سریندر، داده‌های هواشناسی و داده‌های مربوط به غلظت آلاینده‌های هوا در ایستگاه ثابت منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی و داده‌های مربوط به غلظت آلاینده‌های هوا در ایستگاه سیار منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی بود.

در جدول ۱ اطلاعات مربوط به موقعیت مکانی و مالکیت ایستگاه هواشناسی و همچنین ایستگاه‌های سنجش کیفیت هوای محیطی ارائه شده است.

جدول ۱. مشخصات ایستگاه‌های پایش آلودگی هوا و هواشناسی

مالکیت	نوع ایستگاه	محل ایستگاه	مختصات	
			طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
سازمان هواشناسی کشور	همدیدی- هواشناسی	ایستگاه فرودگاه ماهشهر	۴۹/۱۵۱۳۲۳°	۳۰/۵۵۱۸۱۶°
سازمان منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی	ایستگاه ثابت هواشناسی ایستگاه ثابت آلاینده‌ها	سایت سه منطقه ویژه	۴۹/۰۸۸۷۹۳°	۳۰/۴۷۵۵۰۲°
	ایستگاه سیار آلاینده‌ها	در محدود منطقه ویژه	متغیر	متغیر
سازمان حفاظت محیط زیست	ایستگاه ثابت آلاینده‌ها	شهر ماهشهر	۴۹/۱۸۱۹۷۸°	۳۰/۵۴۶۷۹۸°
	ایستگاه ثابت آلاینده‌ها	شهر سریندر	۴۹/۰۵۹۰۷۳°	۳۰/۵۵۵۹۸۵°

روش ارزیابی داده‌های هواشناسی

رعایت این موارد، نیاز به بازبینی داده‌ها و اصلاح آنها می‌باشد. در اینجا فرض شد تمامی نکات استاندارد در ایستگاه‌های اندازه‌گیری پارامترهای هواشناسی رعایت شده و تنها به بررسی قسمت اعتبارسنجی داده‌ها پرداخته شد. مراحل اعتبارسنجی به صورت زیر بیان شده است (۱۴):

الف- مقایسه داده‌ها با مقادیر بیشینه و کمینه مجاز

ب- مقایسه با توزیع‌های آماری شناخته شده

ج- مقایسه با داده‌های زمانی و مکانی دیگر

د- مقایسه بر اساس روابط فیزیکی

مطابق پیشنهاد اول این کتابچه، از روش مرکز مطالعات علوم زمین و مواد معدنی (EMSL)^۲ استفاده می‌شود که مقادیر مجاز هر

دارد. شهرستان ماهشهر در جنوب غربی کشور و در منتهی‌الیه شمال شرقی خور موسی قرار گرفته است و مرکز آن بندر ماهشهر می‌باشد. بندر ماهشهر از شمال به اهواز، از غرب به آبادان و خرمشهر، از شرق به هندیجان و بهبهان و از جنوب به خلیج فارس ختم می‌شود. این شهر در ۱۸ کیلومتری بندر امام خمینی، ۹۵ کیلومتری آبادان و ۱۱۰ کیلومتری اهواز قرار دارد (۱۳).

داده‌های استفاده شده برای اعتبارسنجی مدل‌های هواشناسی و غلظت آلاینده‌ها در این پروژه، از ایستگاه‌های مختلفی به دست آمد که شامل: داده‌های هواشناسی ایستگاه فرودگاه ماهشهر،

جهت اندازه‌گیری داده‌های هواشناسی، دو ایستگاه در شهرستان ماهشهر موجود است که یکی مربوط به فرودگاه ماهشهر و دیگری ایستگاه ثابت منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی است.

در ایستگاه اول، داده‌ها از سال ۱۳۶۵ تاکنون موجود بوده و در ایستگاه دوم، داده‌ها از سال ۱۳۸۸ در دسترس است. از آنجایی که مهم‌ترین پارامترهای هواشناسی در پراکنش آلاینده‌های هوا دما، رطوبت، سرعت و جهت باد است، تنها به بررسی این پارامترها پرداخته شد. مطابق راهنمای منتشر شده از آژانس حفاظت محیط زیست ایالات متحده آمریکا (EPA)^۱، شرایط بسیاری برای اندازه‌گیری پارامترها ارائه شده است و استانداردهای مشخصی برای نصب و نحوه کارکرد دستگاه‌ها ذکر شده است که در صورت عدم

2. EMSL

1. Environmental Protection Agency

پارامتر را بیان می‌کند و در صورت عدم رعایت این شرایط، نیاز به بازبینی رکورد داده‌ها است.

در قسمت دوم که مقایسه با توزیع‌های آماری است، از آزمون‌های صحت‌سنجی متفاوت نظیر آزمون‌های همگنی و بررسی داده‌های پرت استفاده شد. در این آزمون‌ها روند تغییرات، نرمال و استاندارد بودن داده‌ها و به‌طور کلی کیفیت و سلامت سری زمانی داده‌های اندازه‌گیری شده، مورد بررسی و آزمون قرار می‌گیرد. سادگی و ابتدایی بودن آزمون‌های آماری صحت‌سنجی داده‌ها، هرگز از اهمیت و ضرورت آنها و تأثیر بسزایی که می‌توانند در سرنوشت پژوهش و نتیجه‌گیری نهایی کار داشته باشند، نمی‌کاهد. در اینجا برای اطمینان بیشتر از صحت داده‌ها، نرمال بودن آنها بررسی شد. بررسی سوم صحت داده‌ها، مقایسه آن با داده‌های اندازه‌گیری شده دیگر بود؛ به این صورت که در نزدیکی ایستگاه هواشناسی، در زمان‌های مختلف پارامترهای هواشناسی با دستگاه‌های دیگر که عملکرد درست آنها اثبات شده است، اندازه‌گیری شده و نتایج آن با مقادیر اندازه‌گیری شده ایستگاه هواشناسی مقایسه گردید. در بررسی چهارم که مقایسه بر اساس روابط فیزیکی است، مسائلی مانند کمتر بودن دمای نقطه شبنم از دمای هوا مطرح شد. برای مثال، در زمانی که آسمان صاف است و ابری وجود ندارد، داده‌اندازه‌گیری بارش بی‌معنی است.

روش ارزیابی داده‌های کیفیت هوا

چهار ایستگاه پایش کیفیت هوای محیطی در محدوده شهرستان ماهشهر غلظت آلاینده‌ها را اندازه‌گیری می‌کنند. در اینجا فرض گردید که تمامی موارد مربوط به استقرار ایستگاه‌ها رعایت شده است و تنها به بررسی صحت داده‌ها پرداخته شد (۱۶). در این قسمت نیاز است داده‌های پرت حذف شده که لزوماً به معنی عدم صحت داده‌ها نیست. برای مثال ممکن است یک منبع نقطه‌ای در نزدیکی ایستگاه در زمان مشخصی قرار گیرد و غلظت پایش شده بالا رود. در ادامه به دو راهنمای EPA QA/G-8 و EPA QA/G-9R اشاره شده است (۱۷، ۱۸) که دستورالعمل مربوط به راستی‌آزمایی خود داده‌ها در آنها قرار دارد که موارد زیر در آنها مطرح شده است.

الف- بررسی توزیع داده‌ها

ب- حذف داده‌های پرت

ج- حذف داده‌های کمتر از مقدار تشخیص دستگاه

د- حذف داده‌های ۸ ساعت با غلظت یکسان

روش ارزیابی توزیع نرمال

جهت بررسی نرمال بودن داده‌ها چند آزمون به کار می‌رود که یکی از آنها، چولگی^۱ و کشیدگی است. چولگی، معیاری از تقارن یا عدم تقارن تابع توزیع می‌باشد. برای یک توزیع کاملاً متقارن، چولگی صفر و برای یک توزیع نامتقارن با کشیدگی به سمت راست، مقادیر بالاتر چولگی مثبت و برای توزیع نامتقارن با کشیدگی به سمت چپ مقادیر کوچک‌تر مقدار چولگی منفی است. کشیدگی^۲ نشان‌دهنده ارتفاع یک توزیع است (۱۹)؛ به عبارت دیگر کشیدگی معیاری از بلندی منحنی در نقطه ماکزیمم است و در اینجا مقدار کشیدگی برای توزیع نرمال برابر ۲ می‌باشد. کشیدگی مثبت، یعنی قله توزیع مورد نظر از توزیع نرمال بالاتر و کشیدگی منفی، نشانه پایین‌تر بودن قله از توزیع نرمال است. برای مثال در توزیع t که پراکندگی داده‌ها بیشتر از توزیع نرمال است، ارتفاع منحنی کوتاه‌تر از منحنی نرمال است. در حالت کلی، چنانچه چولگی و کشیدگی در بازه (۲، ۲-) نباشند، داده‌ها از توزیع نرمال برخوردار نیستند. همچنین با توجه به تعداد زیاد داده‌ها، برای بررسی دقیق‌تر توزیع متغیرها می‌توان از آزمون ناپارامتریک به نام کولموگوروف-اسمیرنوف^۳ استفاده نمود. در این آزمون فرض صفر را مبنی بر نرمال بودن داده‌ها گذاشته و در صورتی که سطح معنی‌داری یا همان مقدار P که با "Sig" نشان داده می‌شود کمتر از ۰.۰۵ باشد، داده‌ها را نمی‌توان نرمال فرض نمود (۲۰) و همچنین اگر در این آزمون مقدار Z بین ۱/۹۶- تا ۱/۹۶+ نباشد، با اطمینان ۹۵٪ توزیع نرمال نیست (۲۱).

یافته‌ها

اعتبارسنجی ایستگاه‌های هواشناسی

در این تحقیق داده‌های هواشناسی فرودگاه ماهشهر از سال ۱۳۶۵

1. Skewness

2. Kurtosis

3. Kurtmogorov-Smirnov

و داده‌های ایستگاه منطقه ویژه اقتصادی از سال ۱۳۸۸ در دسترس بوده و مورد اعتبارسنجی قرار گرفته است. ابتدا بررسی تعداد پارامترهای غیر عددی انجام شده و سپس شرایط EMLS بررسی

جدول ۲. تعداد داده‌های غیرمعتبر ایستگاه‌های هواشناسی

ایستگاه هواشناسی	شرط	جهت باد	سرعت باد (متر بر ثانیه)	رطوبت (درصد)	دما (درجه سانتی‌گراد)
فرودگاه ماهشهر	غیر عدد	۱	۱	۵۲	۱
	شرایط جدول ۲	۱۱۳	۴۵۶	-	۰
	درصد داده‌های غیر معتبر	٪۰/۳۵	٪۱/۴۱	٪۰/۱۶	٪۰/۰۰۰۳
منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی	غیر عدد	۲۸۲۷	۴۳۵۲	۲۴۰۳	۲۴۰۱
	شرایط جدول ۲	۴۰۰	۲۹۶۰	-	۰
	درصد داده‌های غیر معتبر	٪۱۰/۰۲	٪۲۲/۷۰	٪۷/۴۶	٪۷/۴۵

با توجه به محاسبه انجام شده بر روی داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی که در جدول ۲ ارائه شده است، ایستگاه هواشناسی فرودگاه ماهشهر با متوسط ۴۸٪ داده نامعتبر، تعداد داده‌های نامعتبر آن ناچیز بود، اما در ایستگاه هواشناسی منطقه ویژه، داده‌های نامعتبر بیشتری مشاهده شد. در این ایستگاه نزدیک به ۲۳٪ از داده‌های سرعت باد و به‌طور متوسط ۱۲٪ از کل داده‌ها، نامعتبر بود.

جدول ۳. بررسی آماری داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی

ایستگاه هواشناسی	پارامترها	تعداد	حداقل	حداکثر	متوسط	انحراف معیار	واریانس	چولگی	کشیدگی
فرودگاه ماهشهر	دما (درجه سانتی‌گراد)	۳۲۴۰۹	۰/۰	۵۰/۲۰	۲۷/۳۵	۹/۹۳۸	۹۸/۷۶۴	-۰/۰۶۲	-۰/۷۴۸
	رطوبت (درصد)	۳۲۴۰۹	۰/۰	۱۰۰	۴۸/۵۴	۲۲/۵۱۳	۵۰۶/۸۴۰	۰/۱۹۷	-۰/۹۹۱
	سرعت باد (متر بر ثانیه)	۳۲۴۰۹	۰/۰	۲۱/۴۲	۳/۴۱	۲/۷۶۸	۷/۶۶۳	۰/۶۳۱	۰/۴۹۷
منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی	دما (درجه سانتی‌گراد)	۲۹۸۰۷	۰/۰	۴۹/۲۰	۲۸/۰۳	۹/۲۸۲	۸۶/۱۶۱	-۰/۰۸۵	-۰/۸۴۴
	رطوبت (درصد)	۲۹۸۰۷	۵/۹۲	۱۰۰	۵۱/۵۰	۲۵/۹۶۶	۶۷۴/۲۳۰	۰/۳۱۱	-۰/۹۹۸
	سرعت باد (متر بر ثانیه)	۲۹۸۰۷	۰/۰	۱۲/۰	۱/۷۲	۰/۸۷۶۱۵	۷۶۸/۰	۱/۱۴۵	۶/۱۴۸

جدول ۴. آزمون کلموگروف-اسمیرنوف برای پارامترهای ایستگاه هواشناسی منطقه ویژه

ایستگاه هواشناسی	پارامترها	کولموگروف-اسمیرنوف z	کولموگروف-اسمیرنوف Sig.
منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی	دما (درجه سانتی‌گراد)	۱۰/۵۷۱	۰/۰۰۰
	رطوبت (درصد)	۱۴/۲۳۷	۰/۰۰۰
	سرعت باد (متر بر ثانیه)	۱۳/۴۸۰	۰/۰۰۰

در جدول ۳ بررسی آماری داده‌های ایستگاه هواشناسی نشان داده شده است. میزان چولگی و کشیدگی تمامی پارامترهای هواشناسی ایستگاه فرودگاه ماهشهر در محدوده بین ۲ و ۲- قرار داشته و توزیع داده‌ها در این ایستگاه نرمال بوده است، اما با توجه به داده‌های مربوط به ایستگاه منطقه ویژه، به‌صورت دقیق نمی‌توان به توزیع داده‌ها پی برد. در اینجا برای بررسی دقیق‌تر توزیع متغیرها از آزمون ناپارامتریک به نام کولموگروف-اسمیرنوف استفاده می‌شود.

اعتبارسنجی داده‌های ایستگاه‌های سنجش کیفیت هوای محیطی

در این ایستگاه‌ها که در شهرستان ماهشهر واقع شده‌اند، غلظت آلاینده‌های معیار شامل دی‌اکسید نیتروژن^۱، ذرات معلق^۲، دی‌اکسید گوگرد^۳، مونوکسید کربن^۴ و ازن^۵ اندازه‌گیری می‌شود. اطلاعات این ایستگاه‌ها در تاریخ‌های گفته شده جمع‌آوری و داده‌های موجود مورد بررسی واقع شد. در جدول ۵، درصد داده‌های نامعتبر به همراه سایر نتایج آماری برای آلاینده‌های اندازه‌گیری شده در هر ایستگاه نشان داده شده است.

همان‌طور که در جدول ۵ نشان داده شده است، برای ایستگاه کیفیت هوای شهر ماهشهر در برخی پارامترهای اندازه‌گیری شده مقادیر منطقی گزارش نشده است، لذا در این ایستگاه با توجه به مقدار چولگی و کشیدگی به‌غیر از پارامتر $PM_{2.5}$ ، سایر پارامترهای موجود از توزیع نرمال برخوردار نبود.

ایستگاه کیفیت هوای شهر سربندر نیز همانند ایستگاه محیط‌زیست شهر ماهشهر بوده و آلاینده‌های اندازه‌گیری شده در آنها مشابه یکدیگر است. در این ایستگاه نیز در برخی از تاریخ‌ها اطلاعاتی وجود نداشته و یا خود تاریخ نیز ذکر نشده است، لذا با توجه به مقدار چولگی و کشیدگی گزارش شده در جدول ۵، هیچ یک از پارامترهای موجود نیز توزیع نرمال نداشته و مقدار گزارش شده چندان قابل قبول نیستند و نیاز به بازنگری و اصلاح دارند.

در ایستگاه دیگر که متعلق به سازمان منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی می‌باشد، پایش آلاینده‌ها در مکان‌های مختلفی توسط یک ایستگاه سیار انجام می‌شود. داده‌های این ایستگاه فارغ از مکان آن با هم بررسی شده است. با توجه به مقادیر چولگی و کشیدگی این ایستگاه، هیچ یک از آلاینده‌ها به‌جز NO_2 دارای توزیع نرمال نبوده است، لذا استفاده از داده‌های این ایستگاه نیاز به توجه و دقت نظر بیشتری دارد.

در ایستگاه ثابت کیفیت هوای منطقه ویژه با توجه به مقادیر

با توجه به نتایج آزمون کولموگروف-اسمیرنوف در جدول ۴، در ایستگاه هواشناسی منطقه ویژه مقدار Z برای پارامترهای دما، رطوبت و سرعت باد بیش از $1/96$ و مقدار Sig در این آزمون برای تمامی پارامترهای گفته شده برابر با صفر بود، لذا به‌طور کلی با توجه به نتایج، داده‌های هواشناسی در ایستگاه منطقه ویژه از توزیع نرمال برخوردار نبوده و داده‌های ایستگاه هواشناسی فرودگاه ماهشهر نسبت به داده‌های منطقه ویژه از اعتبار بیشتری برخوردار است.

در ادامه از آنجایی که پارامترهای سرعت و جهت باد، تأثیر زیادی در پخش و پراکنش آلاینده‌ها داشته، جهت بررسی میزان تفاوت اطلاعات دو ایستگاه هواشناسی فرودگاه ماهشهر و منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی، نمودار گلباد این دو ایستگاه برای سال‌های ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۷ ترسیم شد. جهت باد غالب وزیده شده در ایستگاه هواشناسی منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی از غرب به شرق بوده، درحالی‌که در ایستگاه فرودگاه ماهشهر از شمال غرب به سمت جنوب شرق نشان داده شده است.

لازم به ذکر است با توجه به نمودارهای گلباد، به میزان ۲۵ درجه اختلاف در جهت باد غالب بین دو ایستگاه هواشناسی مشاهده می‌شود، لذا استفاده از داده‌های ایستگاه هواشناسی فرودگاه ماهشهر برای یک منبع آلاینده در منطقه ویژه، چندان درست نبوده و با توجه به اندازه سرعت باد بالاتر ایستگاه فرودگاه ماهشهر، پراکنش آلاینده‌ها سریع‌تر محاسبه شده و در زمان کوتاهی غلظت ایجاد شده رقیق می‌شود. در صورتی‌که در واقعیت به دلیل اندازه سرعت باد پایین‌تر منطقه ویژه، زمان ماند آلاینده‌ها و در نتیجه غلظت تجمع یافته بیشتری در این منطقه انتظار می‌رود.

به دلیل نزدیکی دو ایستگاه هواشناسی، متوسط دما اندازه‌گیری شده در دو ایستگاه تقریباً یکسان و نزدیک به ۲۸ درجه سانتی‌گراد بود. همچنین میانگین اختلاف دما در دو ایستگاه $4/22$ درجه سانتی‌گراد بود. همان‌طور که در جدول ۳ نشان داده شده است، انحراف معیار دمای محاسبه شده در فرودگاه ماهشهر، بیشتر از ایستگاه منطقه ویژه بود، دلیل این اختلاف می‌تواند ناشی از ساحلی بودن ایستگاه منطقه ویژه باشد.

1. NO_2
2. PM
3. SO_2
4. CO
5. O_3

جدول ۵. پارامترهای آماری ایستگاه‌های سنجش کیفیت هوا

ایستگاه کیفیت هوا	تاریخ	پارامترها	تعداد	درصد داده نامعتبر	انحراف معیار	چولگی	کشیدگی
ایستگاه شهر ماهشهر	آبان ۱۳۹۶ تا اسفند ۱۳۹۸	NO	۱۷۵۲۴	% ۶۸/۴	۵۶/۱	۶/۰	۵۰/۰۵
		NO ₂	۱۷۵۲۴	% ۶۵/۹	۲۰/۹	۳/۴	۱۸۶۹۵/۰
		PM ₁₀	۱۷۵۲۴	% ۳۹/۸	۴۴/۴	۹/۶	۱۳۰/۸۳
		SO ₂	۱۷۵۲۴	% ۱۳/۱	۵۴۶/۲	۱۵/۵	۲۶۱/۴۹
		CO	۱۷۵۲۴	% ۴۳/۱	۲/۴	/۵	۲۸/۵۹
		PM _{2.5}	۱۷۵۲۴	% ۵۸/۱	۱/۴	۰/۶	- ۱/۲۴
ایستگاه شهر سربندر	آبان ۱۳۹۶ تا اسفند ۱۳۹۸	NO	۱۷۵۲۴	% ۳۷/۰	۳/۸	۴/۹	۳۷/۰۳
		NO ₂	۱۷۵۲۴	% ۴۰/۸	۸/۱	۳/۳	۱۸/۷۱
		PM ₁₀	۱۷۵۲۴	% ۳۳/۱	۸/۸	۳/۳	۲۱/۳۴
		SO ₂	۱۷۵۲۴	% ۵/۲	۶۷۷/۷	۴/۱۳	۱۸۷/۰۸
		CO	۱۷۵۲۴	% ۱۳/۶	۵/۱	۷/۴	۹۶/۶۴
		O ₃	۳۲۲۰۸	% ۳/۶	۳۶/۶	۱/۵	۰/۰۳
ایستگاه ثابت منطقه ویژه	فروردین ۱۳۹۵ تا آبان ۱۳۹۸	CO	۳۲۲۰۸	% ۴۱/۰	۱/۵	۱/۰	۰/۰۴
		SO ₂	۳۲۲۰۸	% ۵/۲	۲۰/۲	۸۳/۷	۰/۰۳
		PM ₁₀	۳۲۲۰۸	% ۲/۶	۱۶۹/۵	۲۳/۰	۰/۰۳
		NO ₂	۳۲۲۰۸	% ۲۹/۴	۱۶/۸	۹/۰	۰/۰۳
		O ₃	۷۷۲۰	% ۳۵/۴	۵۲/۸	۱/۰	۳/۸۴
		CO	۷۷۲۰	% ۶۴/۵	۱/۶	۲/۹	۱۳/۰۶
ایستگاه سیار منطقه ویژه	مرداد ۱۳۹۵ تا شهریور ۱۳۹۸	SO ₂	۷۷۲۰	% ۳۶/۰	۱۹/۹	۱۲/۸	۲۴۷/۵۱
		PM ₁₀	۷۷۲۰	% ۴۳/۲	۳۳۶/۰	۲۵/۴	۷۱۲/۴۱
		NO ₂	۷۷۲۰	% ۴۱/۵	۱۲/۸	۱/۳	۱/۹۰

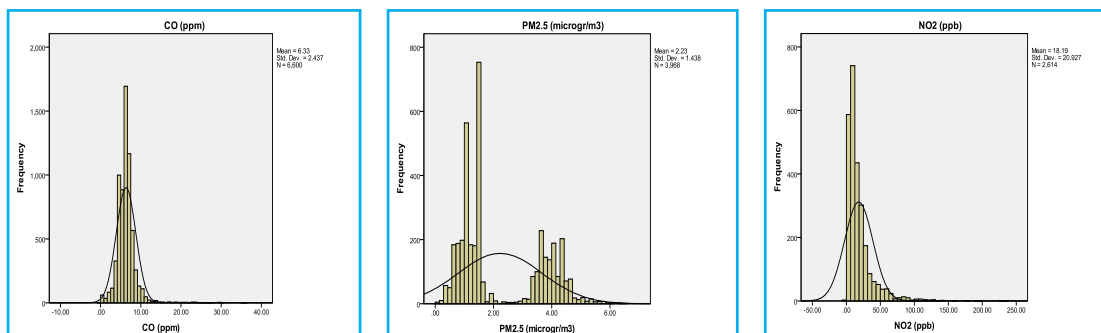
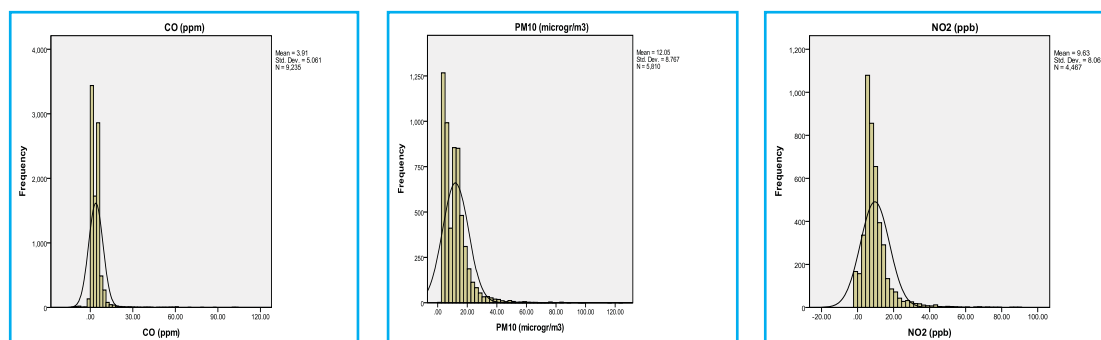
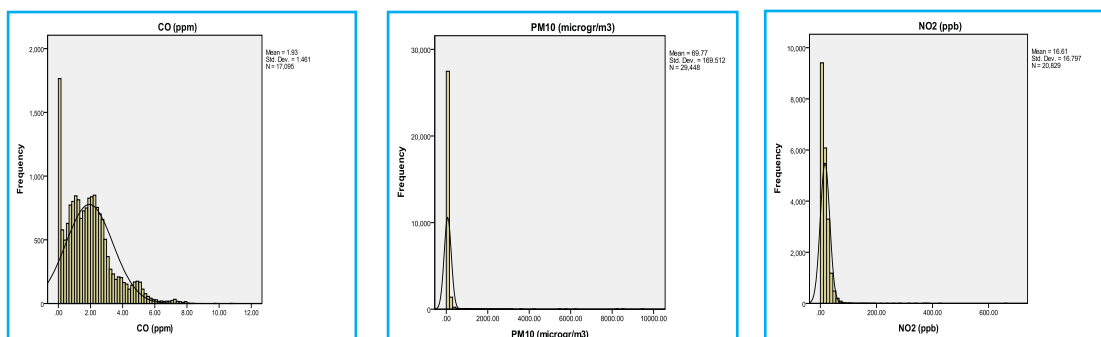
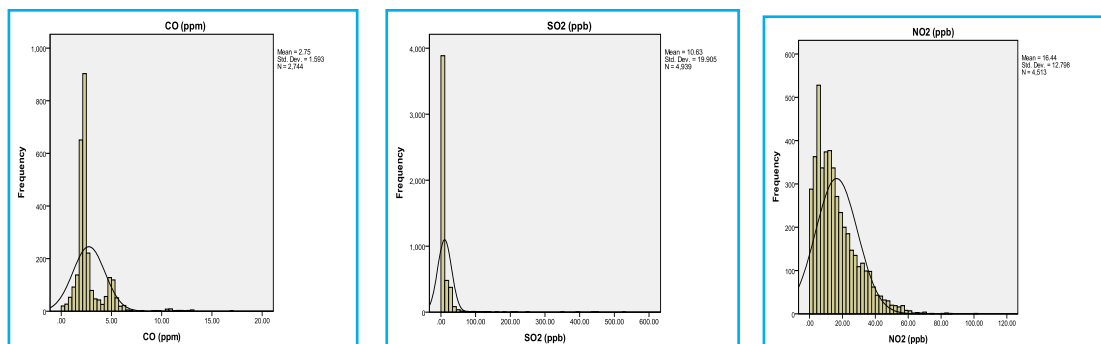
۱۶/۴٪ بود که بیانگر این است نسبت به سایر ایستگاه‌ها، از تعداد پارامتر معتبر بیشتری برخوردار است.

علاوه بر این جهت بررسی دقیق‌تر، در نمودار ۱ نمودار زنگوله‌ای برخی از آلاینده‌های جهت مشخص شدن توزیع آماری داده‌ها به تفکیک هر ایستگاه نشان داده شده است. منحنی زنگوله‌ای یک توزیع نرمال را نمایش می‌دهد؛ قله منحنی؛ نشان‌دهنده میانگین و میانه داده‌های جمع‌آوری شده است. انحراف استاندارد آن عرض نسبی منحنی زنگوله‌ای را در اطراف میانگین به تصویر می‌کشد. توزیع غیرنرمال دارای انتهای پهن‌تر از یک منحنی توزیع نرمال است.

ارائه شده در جدول ۵، به‌طور متوسط کمترین مقادیر چولگی و کشیدگی مربوط به این ایستگاه بود و آلاینده‌های مونواکسیدکربن و ازن، از توزیع نسبتاً نرمالی برخوردار بود.

لازم به ذکر است با توجه به دقت بالای آزمون کولموگروف اسمیرنوف و درصد بالای داده‌های ذخیره نشده و مقادیر پرت زیاد، نتایج این آزمون برای ایستگاه کیفیت هوا نرمال نبود، لذا تنها به بررسی چولگی و کشیدگی پرداخته شد.

جهت مقایسه بهتر داده‌های هر ایستگاه، درصد داده‌های نامعتبر برای روزهای گزارش داده شده در نمودار ۱ نشان داده شده است. از مقایسه همه ایستگاه‌ها موجود در منطقه مورد مطالعه، متوسط درصد داده‌های نامعتبر ایستگاه ثابت منطقه ویژه برابر با

الف) ایستگاه کیفیت هوای شهرستان ماهشهر، هیستوگرام آلاینده‌های CO ، $\text{PM}_{2.5}$ ، NO_2 ب) ایستگاه کیفیت هوای شهرستان سربندر، هیستوگرام آلاینده‌های CO ، PM_{10} ، NO_2 ج) ایستگاه ثابت کیفیت هوای منطقه ویژه، هیستوگرام آلاینده‌های CO ، PM_{10} ، NO_2 د) ایستگاه سیار کیفیت هوای منطقه ویژه، هیستوگرام آلاینده‌های CO ، SO_2 ، NO_2

نمودار ۱. نمونه هیستوگرام داده‌های ایستگاه‌های کیفیت هوا

با توجه به نتایج آماری داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی، ایستگاه هواشناسی فرودگاه ماهشهر با متوسط $0.48/0$ داده نامعتبر، از اعتبار بیشتری نسبت به ایستگاه منطقه ویژه برخوردار بود. بر اساس مشاهدات، به میزان ۲۵ درجه اختلاف در جهت وزش باد غالب بین دو ایستگاه هواشناسی مشاهده شد که می‌بایست این مهم همواره در نظر گرفته شود. همچنین با توجه به اندازه سرعت باد بالاتر ایستگاه فرودگاه ماهشهر، پراکنش آلاینده‌ها در شهر ماهشهر سریع‌تر بوده و به دلیل اندازه سرعت باد پایین‌تر در منطقه ویژه، زمان ماند آلاینده‌ها و در نتیجه غلظت تجمع یافته در این منطقه بیشتر است. در مطالعه تورنتون و همکاران که بر روی نتایج ایستگاه‌های هواشناسی آمریکای شمالی صورت گرفت، در 10% از ایستگاه‌های آن، بیش از 30% داده‌ها از دست رفته بود و اگر بیش از ۱۸۰ روز داده در یک سال تقویمی برای یک متغیر معین وجود نداشت، آن ایستگاه حذف و از اطلاعات آن استفاده نمی‌گردید (۲۲). همچنین در مطالعه دیگری که بر روی ۱۳۴ ایستگاه هواشناسی کشور در یک دوره ۳۰ ساله پرداخته شد، از نظر پارامتر دما تنها ۸۸ ایستگاه داده همگن و برای پارامتر بارش، ۱۵ ایستگاه داده ناهمگن داشت (۲۳). اشکالات متعددی ممکن است باعث بروز خطا در داده‌های هواشناسی گردد (۲۴)، از این رو در مطالعات مختلف قبل از استفاده از داده‌ها، به بررسی اولیه آن پرداخته می‌شود (۲۵-۲۷). همچنین با مقایسه نتایج ایستگاه‌های کیفیت هوا، از ۲۱ آلاینده مورد بررسی در ایستگاه موجود، تنها ۴ مورد دارای توزیع نرمال بود، لذا بهتر است سایر آلاینده‌ها قبل از استفاده در بازه زمانی مورد نیاز به توزیع نرمال نزدیک شوند. همچنین با مقایسه داده‌های ایستگاه‌های کیفیت هوا معلوم گردید، ایستگاه ثابت کیفیت هوای منطقه ویژه با متوسط $0.16/4$ داده نامعتبر، از اعتبار بیشتری نسبت به سایر ایستگاه‌های کیفیت هوا برخوردار است. در نتیجه همانطور که قبلاً بیان شد، می‌توان از داده‌های ایستگاه هواشناسی فرودگاه ماهشهر جهت انجام مطالعات هواشناسی و ایستگاه ثابت کیفیت هوای منطقه ویژه جهت مقایسه داده‌های آلودگی هوا در

جهت انواع مطالعات مانند انجام صحت‌سنجی در مدل‌های پیش‌بینی غلظت آلودگی هوا و سیستم‌های دورسنجی ماهوره‌ای استفاده نمود و به‌عنوان ایستگاه مرجع جهت مقایسه داده‌ها در نظر گرفته شوند (۲۸-۳۰). داده این مقاله نیز جهت مقایسه نتایج مدل‌سازی‌های انجام شده در منطقه مورد مطالعه استفاده شده است؛ به‌طوری‌که با تعیین بازه‌های زمانی مناسب و اطمینان از صحت نتایج، داده‌های به‌دست آمده از مدل‌سازی‌ها با نتایج حاصل از این دو ایستگاه مقایسه و صحت‌سنجی گردید. در مطالعه مشابه اوزگور و همکاران در ترکیه، نتایج حاصل از مدل‌سازی آلاینده PM_{10} با نتایج اندازه‌گیری شده مقایسه و اعتبار داده‌ها تأیید گردید (۳۱). همچنین در مطالعه دیگری که مازو و همکاران انجام دادند، داده‌های حاصل از مدل‌سازی آلاینده ذرات معلق در انگلستان مدل‌سازی گردید و نتایج حاصل از داده‌های هواشناسی و آلودگی با داده‌های اندازه‌گیری مقایسه شد (۳۲). دلایل متعددی مانند عدم انجام سرویس‌های دوره‌ای، کالیبراسیون و جانمایی نامناسب می‌تواند باعث بالا رفتن میزان خطا در ایستگاه‌های کیفیت هوا شود (۳۳، ۳۴)، لذا پیشنهاد می‌گردد با انجام سرویس‌های دوره‌ای منظم و بازنگری مجدد جانمایی ایستگاه‌ها، عدم قطعیت ایستگاه‌ها را کاهش داد.

نتیجه‌گیری: بر اساس نتایج به‌دست آمده، ایستگاه ثابت کیفیت هوای منطقه ویژه با متوسط $0.16/4$ داده نامعتبر و ایستگاه هواشناسی شهر ماهشهر با متوسط $0.48/0$ داده نامعتبر، از اعتبار بیشتری نسبت به سایر ایستگاه‌ها موجود در منطقه برخوردار بوده‌اند. در نتیجه استفاده از داده‌های این ایستگاه‌ها جهت انجام مطالعات آلودگی هوا دقیق‌تر بوده و می‌توان به‌عنوان یک ایستگاه مرجع در نظر گرفته شوند. همچنین پیشنهاد می‌گردد با انجام بروزرسانی و انجام سرویس‌های دوره‌ای منظم، عدم قطعیت سایر ایستگاه‌ها را کاهش داد.

ملاحظات اخلاقی: نویسندگان تمام نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این

مقاله رعایت کرده‌اند. همچنین هرگونه تضاد منافع حقیقی یا مادی که ممکن است بر نتایج یا تفسیر مقاله تأثیر بگذارد را رد می‌کنند.

تشکر و قدردانی: این مقاله بخشی از پایان‌نامه مقطع دکتری رشته مهندسی محیط زیست با کد شناسایی ۱۰۶۴۸۰۰۵۰۸۷۵۸۳۳۱۳۹۷۱۶۲۲۹۶۴۵۹ در دانشگاه آزاد واحد اهواز می‌باشد. بدین‌وسیله از همکاری‌های دانشگاه آزاد اسلامی اهواز، اداره محیط زیست شهرستان ماهشهر و سازمان منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی جهت انجام پژوهش حاضر، تشکر و قدردانی می‌گردد.

References

1. Mohammadi B, Biazar S M. Survey data validation meteorological stations Sanandaj. Proceedings of the 4th International Congress of Environmental Planning and Management. 2017 Oct. 23-24, Tehran, Iran. University of Tehran. (Persian)
2. The World Bank Sustainable Development Network Office of the Chief Economist. A cost effective solution to reduce disaster losses in developing countries Hydrometeorological Services, Early Warning, and Evacuation. France: Hallegatte; May 2012.
3. World Meteorological Organization (WMO). Climate information for disaster risk reduction, Disaster risk reduction program. Communications and public affairs office, WMO Fact Sheets; 2017.
4. Bell S, Cornford D, Bastin L. The state of automated amateur weather observations. Weather. 2013; 68(2): 36–41.
5. Muller CL, Chapman L, Johnston S, et al. Crowdsourcing for climate and atmospheric sciences: current status and future potential. International Journal of Climatology. 2015; 35(11): 3185–3203.
6. De Vos L, Droste A, Zander M, et al. Hydrometeorological monitoring using opportunistic sensing networks in the Amsterdam metropolitan area. Bulletin of the American Meteorological Society. 2020; 101(2): E167–E185.
7. Domonkos P. Homogenization of precipitation time series with ACMANT. Theoretical and Applied Climatology. 2014; 122(1-2): 303–314
8. Marcolini G, Bellin A, Chiogna G. Performance of the Standard Normal Homogeneity Test for the homogenization of mean seasonal snow depth time series. International Journal of Climatology. 2017; 37: 1267–1277.
9. Bazgeer S, Abbasi F, Asadi Oskoue E, et al. Assessing the Homogeneity of Temperature and Precipitation Data in Iran with Climatic Approach. jsaeh. 2019; 6 (1) :51-70. (Persian)
10. Baharvandi K, Khorshid Doost A, Nesaji Zavareh M. Detection of climate fluctuations using standard normal homogeneity test method (Case study: Khorramabad station). Geography and Planning. 2021; 75(1): 51-63. (Persian)
11. Rafati S, Karimi M. Assessment of homogenization of climate data and trend of temperature. Journal of the Earth and Space Physics. 2018; 44(1): 199-214. (Persian)
12. Alipoor H, Malekian A. Assessment of homogeneity and trend of precipitation thresholds based on nonparametric approaches in north-west Iran. Journal of Watershed Engineering and Management. 2019; 11(4): 917-928. (Persian)
13. Mahshahr Municipality 2021; [About Mahshahr] Available at: URL: <https://mahshahr.ir>
14. Finkelstein PL. Quality Assurance Handbook for Air Pollution Measurement Systems: Meteorological measurements. U.S. Environmental Protection Agency, Environmental Monitoring Systems Laboratory; 1976.
15. Environmental Protection Agency (EPA). Quality assurance handbook for air pollution measurement systems. EPA-600/4: Office of Research and Development; 1983; 82(60): 34-35.
16. Papp, M. Quality Assurance Handbook for Air Pollution Measurement Systems Vol2 Part1, Ambient Air Quality Monitoring Program Quality System Development: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Air Quality Planning and Standards; 1998.
17. Environmental Protection Agency (EPA). Data Quality Assessment, A Reviewer's Guide, EPA QA/G-9R: Office of Research and Development; 2006.
18. Environmental Protection Agency (EPA). Guidance on Environmental Data Verification and Data Validation, EPA QA/G8: Office of Research and Development; 2002.
19. Hasanzadeh R, Maddah M. Methods in behavioral at science (Descriptive and inferential statistics). 2th ed. Tehran; 2016.
20. Moazami A, Carlucci S, Geving S. Critical Analysis of Software Tools Aimed at Generating Future Weather Files with a view to their use in Building Performance Simulation. Energy Procedia. 2017; 132:640-645.
21. Batikian CM, Lu A, Watanabe K, et al. Temporal pattern in levels of the neonicotinoid insecticide, imidacloprid, in an urban stream. Chemosphere. 2019; 223:83-90.
22. Thornton PE, Shrestha R, Thornton M, et al. Gridded daily weather data for North America with comprehensive uncertainty quantification. Scientific Data. 2021; 8(1):190

23. Rahmdel M, Sanaeinejad SH, Javanshiri Z, et al. Exploratory analysis and in-homogeneity study of temperature and rainfall series of meteorological stations in Iran (period 1989-2018). *Journal of the Earth and Space Physics*. 2021; 47(2):387-407. (Persian)
24. Rahmdel m, Sanaei Nejad SH, javanshiri z. Investigating and documenting the problems of atmospheric data monitoring system in Iran meteorological organization with pathological approach. *Journal of Climate Research*. 2021; 1400(45): 25-42.
25. Atiah WA, Tsidu GM, Amekudzi LK. Investigating the merits of gauge and satellite rainfall data at local scales in Ghana, West Africa. *Weather and Climate Extremes*. 2020; 30: 100292.
26. Amekudzi LK, Yamba El, Preko K, et al. Variabilities in Rainfall Onset, Cessation and Length of Rainy Season for the Various Agro-Ecological Zones of Ghana. *Climate*. 2015; 3(2): 416-34.
27. Atiah WA, Amekudzi LK, Quansah E, et al. The Spatio-Temporal Variability of Rainfall over the Agro-Ecological Zones of Ghana. *Atmospheric and Climate Sciences*. 2019; Vol.09 No.03:18.
28. Araki S, Hasunuma H, Yamamoto K, et al. Estimating monthly concentrations of ambient key air pollutants in Japan during 2010–2015 for a national-scale birth cohort. *Environmental Pollution*. 2021; 284: 117483.
29. Jat R, Gurjar BR, Lowe D. Regional pollution loading in winter months over India using high resolution WRF-Chem simulation. *Atmospheric Research*. 2021; 249:105326.
30. Mentese S, Mirici NA, Elbir T, et al. A comprehensive assessment of ambient air quality in Çanakkale city: Emission inventory, air quality monitoring, source apportionment, and respiratory health indicators. *Atmospheric Pollution Research*. 2020; 11(12): 2282-2296.
31. Zeydan, Ö., & Öztürk, E. (2021). Modeling of PM10 emissions from motor vehicles at signalized intersections and cumulative model validation. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193(9), 1-17.
32. Mazzeo, A., Zhong, J., Hood, C., Smith, S., Stocker, J., Cai, X., & Bloss, W. J. (2022). Modelling the impact of national vs. local emission reduction on PM2. 5 in the West Midlands, UK using WRF-CMAQ. *Atmosphere*, 13(3), 377.
33. Environmental Protection Agency (EPA). Quality Assurance Handbook for Air Pollution Measurement Systems vol2: Ambient Air Quality Monitoring Program, EPA-454/B-17-001: Office of Research and Development; 2017.
34. Hanks E, Environmental Protection Agency (EPA). SLAMS/ NAMS/PAMS Network Review Guidance Final Report, EPA-454/R-98-003: Monitoring and Quality Assurance Group, Emissions, Monitoring, and Analysis Division; 1998.