تحلیل فضایی آلودگی هوای شهر تهران با استفاده از مدل های اتولجستیک، اتولجستیک مرکزی شده و روش کریگینگ نشانگر

امیر کاوسی[۱]، ریحانه سفیدکار[۲*]، حمید علوی مجد[۲]، یوسف رشیدی[۳]، معصومه ایمان زاد[۴]، حشمت اله نورمرادی[۵]

۱) گروه علوم پایه، دانشکده سلامت، ایمنی و محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی تهران

۲) گروه آمار زیستی، دانشکده پیراپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی تهران

۳) گروه مهندسی شیمی، شرکت کنترل کیفیت هوای شهر تهران

۴) دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تبریز

۵) گروه بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایلام

تاریخ دریافت: ۹۲/۳/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۲/۷/۶

چکیده

مقدمه: گسترش شهرنشینی و توسعه فعالیت های صنعتی به شدت باعث آلودگی هوای شهرها شده است که تهدیدی جدی برای سلامت افراد است. به همین علت آگاهی از کیفیت هوا در دوره های زمانی و روند تغییرات آلاینده های هوا در موقعیت های مکانی می تواند نقش مهم و موثری در مدیریت سلامت شهری و سیاستگذاری کاربری اراضی داشته باشد. هدف این مطالعه پهنه بندی غلظت آلاینده CO و تهیه نقشه احتمال رخداد آلودگی هوا برای این آلاینده، با استفاده از مدل های اتولجستیک، اتولجستیک مرکزی شده و روش کریگینگ نشانگر برای شهر تهران بوده است.

مواد و روش ها: داده های مورد بررسی در این پژوهش کاربردی شامل کلیه غلظت های ثبت شده از آلاینده CO است که به وسیله ایستگاه های سنجش آلودگی هوای شهر تهران در دی ماه ۱۳۹۰ اندازه گیری شده اند. تحلیل این داده ها از روش های کریگینگ نشانگر، مدل اتولجستیک و مدل اتولجستیک مرکزی شده صورت گرفت. جهت برازش این مدل ها از نرم افزارهای Arc Gis و R استفاده شد.

یافته های پژوهش: پیشگویی های حاصل از این روش ها نشان دادند که مناطق شمالی، شرقی و مرکزی شهر تهران از سایر نواحی شهر آلوده‌تر هستند. از بین روش های مورد استفاده در این پژوهش، مدل اتولجستیک مرکزی شده از توان پیشگویی بالاتری نسبت به روش کریگینگ نشانگر و مدل اتولجستیک برخوردار بود.

بحث و نتیجه گیری: پیشنهاد می شود که برای تحلیل داده های دودویی از مدل اتولجستیک مرکزی شده استفاده شود. زیرا در این مدل با لحاظ شدن اثر متغیرهای توضیحی، پیشگویی های دقیق تری نسبت به روش کریگینگ نشانگر ارائه شد و از طرف دیگر اریبی موجود در اندازه احتمالات محاسبه شده با روش اتولجستیک، با کمک این روش رفع می‌شود.

واژه های کلیدی: آلودگی هوا، کریگینگ معمولی، کریگینگ نشانگر، مدل اتولجستیک، مدل اتولجستیک مرکزی شده

***نویسنده مسئول: گروه آمار زیستی، دانشکده پیراپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی تهران**

Email: Reyhoonsefidkar@gmail.com

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-10-14]

مقدمه

آلودگی هوای کلان شهرها در نتیجه صنعتی شدن جوامع بدون در نظر گرفتن مخاطرات ناشی از آن است که منجر به ظهور مشکلات زیادی در حوزه سلامت و محیط زیست شده است و از این رو توجه ویژه پژوهشگران را در دنیا به خود جلب کرده است. در ایران نیز مطالعات جامعی در این خصوص بر روی شهرهایی مانند تهران، مشهد، شیراز، اصفهان، تبریز، اراک و اهواز صورت گرفته است. نتایج این مطالعات نشان می دهند که در بسیاری از این شهرها غلظت برخی آلاینده ها نظیر CO از حد مجاز بیشتر است،(۱). از جمله عوامل اثرگذار در افزایش غلظت این آلاینده در شهر تهران، وجود منابع آلودگی متحرک و ثابت و توپوگرافی خاص شهر است. با توجه به اثرات زیان بار این آلاینده بر سلامت انسان، شناسایی مناطق آلوده و برنامه ریزی صحیح برای مقابله با آن از اهمیت به سزایی برخوردار است،(۲). از آن جا که غلظت آلاینده ها تحت تاثیر فاکتورهای محیطی قرار می گیرد، توزیع مکانی آن ها و هم چنین احتمال رخداد آلودگی در هوای سطح یک شهر یکنواخت نخواهد بود،(۳). جهت تعیین مکان های پر خطر در یک ناحیه با استفاده از اطلاعات مکانی، روش های آمار فضایی نظیر کریگینگ نشانگر، مدل اتولجستیک و مدل اتولجستیک مرکزی شده را می توان به کار برد.

اولین بار بیسگ در سال ۱۹۷۴ به معرفی اتومدل ها پرداخت که قادر بودند وابستگی فضایی بین متغیرها را مدل بندی کنند. یکی از این اتومدل ها، مدل اتولجستیک بود که برای مدل بندی پاسخ های دودویی فضایی استفاده می شد،(۴). از آن زمان به بعد این مدل در شاخه های مختلفی از جمله علوم پزشکی، بوم شناسی و اپیدمیولوژی مورد توجه محققین قرار گرفت. برای مثال در سال ۱۹۹۳ آبل مدل اتولجستیک را برای تحلیل داده های ژنتیک مورد استفاده قرار داد،(۵). هم چنین در سال ۱۹۹۸ هوفر و همکاران مدل اتولجستیک را جهت بررسی توزیع گونه گیاهی خاصی در فلوریدا به‌کار بردند،(۶). در سال ۲۰۰۴ نیز شرمن و همکاران از این مدل برای تحلیل داده ه‌ای سرطان ریه استفاده کرد،(۷). اما در سال ۲۰۰۹ کاراگا و کیسر مدل های اتولجستیک مرکزی شده را معرفی کردند زیرا بر این باور بودند که اندازه احتمال رخداد پیشامد حاصل از این مدل، دچار اریبی می شود.(۸)

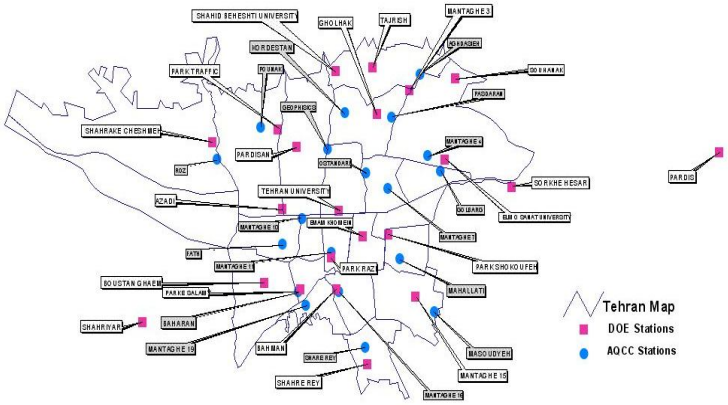
کریگینگ نشانگر روشی دیگر برای تحلیل داده های دودویی فضایی است. این روش در سال ۱۹۸۳ توسط جورنل معرفی شد. دلیل اصلی معرفی این روش این بود که کریگینگ خطی برای تحلیل داده های چوله کارایی لازم را نداشت،(۹). در سال ۲۰۰۴ لیو با استفاده از روش کریگینگ نشانگر، احتمال فراتر رفتن درصد آرسنیک از حد مجاز را در آب های زیرزمینی ناحیه ای از تایوان محاسبه و این احتمال ها را بر روی نقشه نمایش داد،(۱۰). گورتز در سال ۲۰۰۹ به بررسی مبانی نظری روش کریگینگ نشانگر پرداخته و از آن در تحلیل داده های زمین شناسی استفاده کرد،(۱۱). در سال ۲۰۱۰ مارتین با کمک انواع کریگینگ به درون یابی غلظت و احتمال فراتر رفتن مقدار غلظت تعدادی از آلاینده ها از حدود استاندارد در اسپانیا پرداخت.(۱۲)

هدف این مطالعه پهنه بندی غلظت آلاینده CO و تهیه نقشه احتمال رخداد آلودگی هوا برای این آلاینده در دوره سرد سال(که احتمال رخداد پدیده وارونگی دما زیاد است)، برای شهر تهران بوده است.

مواد و روش ها

منطقه مورد بررسی در این تحقیق شهر تهران است و داده های مورد استفاده شامل غلظت آلاینده CO است که در دی ماه سال ۱۳۹۰ توسط ایستگاه های سنجش آلودگی که در نقاط مختلف شهر تهران قرار دارند، ثبت شده اند. این ایستگاه ها تحت کنترل مرکز پایش آلودگی هوا و شرکت کنترل کیفیت هوای شهر تهران هستند. موقعیت جغرافیایی این ایستگاه ها در شکل شماره ۱ نمایش داده شده است.

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-10-14]



شکل شماره ۱. موقعیت مکانی ایستگاه های سنجش آلودگی هوای شهر تهران

روش تحلیل داده ها

الف) کریگینگ نشانگر

تکنیک های زمین آماری شاخه ای گسترده از روش های آمار فضایی را تشکیل می دهند که معمولاً به منظور انجام پیشگویی مورد استفاده قرار می گیرند. کریگینگ یک روش پیش بینی کننده در آمار فضایی به ویژه در زمین آمار است که بهترین پیش بینی کننده خطی نااریب را ارائه می دهد. در این روش مقدار یک صفت در مکانی هم چون s_0، که از آن نمونه ای استخراج نشده است، بر اساس ترکیب خطی موزونی از مشاهدات اطرافش به صورت زیر تبیین می شود:

$$\widehat{Z}(s_0) = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i Z(s_i) + k$$

که در آن ضرایب λ_i و k به نحوی تعیین می شود که $\widehat{Z}(s_0)$ نااریب و دارای کمترین میانگین توان دوم خطا باشد.

از جمله ویژگی های جالب این روش، ارائه خطای پیش بینی در تمام نقاطی است که در آن ها پیش بینی صورت گرفته است که در نتیجه امکان بررسی توزیع خطاها در فضای مورد مطالعه فراهم می شود. روش کریگینگ انواع مختلفی دارد که کریگینگ نشانگر یکی از شاخه های آن بوده که برای تحلیل داده های دودویی فضایی استفاده می شود.(۱۳)

کریگینگ نشانگر روشی ناپارامتری بوده که برای تحلیل داده های دو حالتی زمین آماری به کار برده می شود. فرض کنید $I = (I(s_1),...,I(s_n))$ برداری از داده های دودویی فضایی بوده که از اعمال تبدیل نشانگر

$$I(s_i; z) = \begin{cases} 1 & if \;\; Z(s_i) \le z \\ 0 & if \;\; Z(s_i) \le z \end{cases} \qquad i = 1,..., n$$

بر داده های فضایی $Z = (Z(s_1),...,Z(s_n))$ که در موقعیت های فضایی $\{s_1,...,s_n\}$ مشاهده شده اند، به دست آمده باشند. جهت پیشگویی $I(s_0)$، که معادل با برآورد تابع توزیع در مکان s_0 است، از روش کریگینگ نشانگر استفاده می شود که در واقع کریگینگی است که بر مشاهدات دودویی اعمال می شود:

$$\widehat{I}(s_0, z) = \widehat{F}(s_0; z|(n)) = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i(z) I(s_i, z)$$

که در آن $\lambda_i(z)$ وزن های کریگینگ نشانگر هستند که از کمینه کردن توان دوم خطای پیشگوی $E(I(s_0, z) - \hat{I}(s_0, z))^2$ با در نظر گرفتن شرط $\sum_{i=1}^{n} \lambda_i(z) = 1$ ، که تضمین کننده ناارییی پیشگوست، به دست می آیند.(۱۴)

ب) مدل اتولجستیک

مدل اتولجستیک تکنیکی برای تحلیل داده های دودویی مشبکه‌ای است. برای معرفی این مدل، فرض کنید که Z میدان تصادفی مورد نظر باشد به طوری که $Z_i \in \{0,1\}$; $i = 1,...,n$ نشان دهنده مشاهده در i – امین سلول باشد، آن گاه توزیع شرطی کامل مدل

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-10-14]

اتولجستیک به صورت زیر تعریف می شود:

$$\log\frac{p(Z_i=1)}{p(Z_i=0)}=X_i\beta+\sum_{j\neq i}\eta_{ij}Z_j$$

که در آن X_i ، i–امین سطر از ماتریس طرح، β بردار پارامترهای رگرسیونی و $\eta=\{\eta_{ij}\}$ پارامترهای همبستگی هستند به طوری که $\eta_{ij}\neq 0$ اگر و فقط اگر Z_i و Z_j همسایه باشند. هم چنین معمولاً برای ساده تر شدن تفسیر مدل، فرض $\eta_{ij}=\eta$ و $\eta>0$ را در نظر گرفته و تنها همبستگی های زوجی در مدل لحاظ می شوند.

همان طور که گفته شد مدل اتولجستیک یک مدل پرکاربرد در شاخه های مختلف علوم بود تا این که در سال ۲۰۰۹ کاراگا و کیسر نشان دادند که با توجه به همواره نامنفی بودن جمله اتوکووریت در مدل اتولجستیک، اندازه احتمال رخداد پیشامد $Z=1$ حاصل از این مدل، دچار اریبی می شود و پیشنهاد شد تا مدل اتولجستیک مرکزی شده جایگزین آن شود. این مدل، فرم اصلاح شده مدل اتولجستیک است و به صورت زیر قابل تعریف است:

$$\log\frac{p(Z_i=1)}{p(Z_i=0)}=X_i\beta+\sum_{j\neq i}\eta_{ij}(Z_j-\mu_j)$$

که در آن $\eta_{ij}=\eta 1_{\{i\sim j\}}$ و μ_j امید ریاضی Z_j با فرض برقراری شرط استقلال است :

$$\mu_j=E(Z_j|\eta=0)=\frac{\exp(X_j\beta)}{1+\exp(X_j\beta)}$$

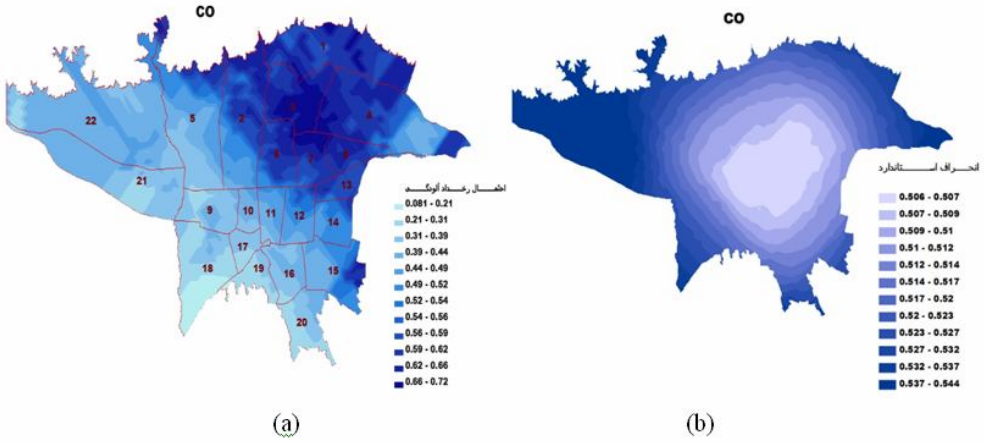
در این مقاله جهت برآورد پارامترهای مدل، روش شبه درستنمایی برگزیده شده است.(۱۵)

یافته های پژوهش

داده های مورد استفاده در این پژوهش غلظت آلاینده CO است که در دی ماه سال ۱۳۹۰ توسط ایستگاه های سنجش آلودگی شهر تهران به طور ۲۴ ساعته اندازه گیری و ثبت شده اند. از آن جا که عامل وارونگی دمایی مهم ترین عامل اقلیمی موثر بر آلودگی هوای تهران است و باعث تشدید آلودگی هوا در ماه های سرد سال می شود، در این پژوهش تمرکز بر یکی از ماه های سرد سال یعنی دی ماه است. در این ماه، میانگین ۲/۹۹، انحراف استاندارد آن ۰/۹۳، میانه ۲/۹۸، مینیمم و ماکزیمم ۱/۴۶ و ۵/۴۱ برای این آلاینده گزارش شده است.

هم چنین با توجه به این که روش های معرفی شده در این مقاله در تحلیل داده های دودویی فضایی کاربرد دارند و متغیر مورد بررسی یعنی غلظت، متغیری پیوسته است، نیاز است تا با در نظر گرفتن میانه به عنوان نقطه برش، داده ها را به مشاهدات دوحالتی تبدیل کرده به نحوی که به غلظت های بزرگ تر از میانه عدد ۱ و به غلظت های کوچک تر از آن عدد ۰ اختصاص داده شود.

پیش از انجام تحلیل ابتدا با استفاده از نرم افزار Arc Gis10 تغییرنگار تجربی در چهار جهت جغرافیایی ۰، ۴۵، ۹۰، ۱۳۵ درجه بررسی شد و همسانگردی مورد تایید قرار گرفت. پس از آن، داده ها با استفاده از روش کریگینگ نشانگر تحلیل شدند. نتیجه حاصل که شامل نقشه پیشگویی احتمال رخداد آلودگی برای این آلاینده در شهر تهران است در شکل شماره ۲ ارائه شده است:



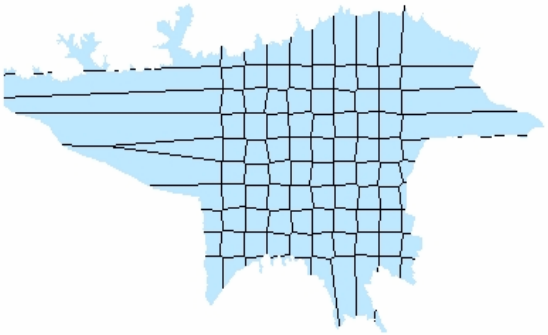
(a) (b)

شکل شماره ۲. پهنه بندی احتمال رخداد آلودگیCO (a) به همراه دقت آن (b) با کریگینگ نشانگر

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-10-14]

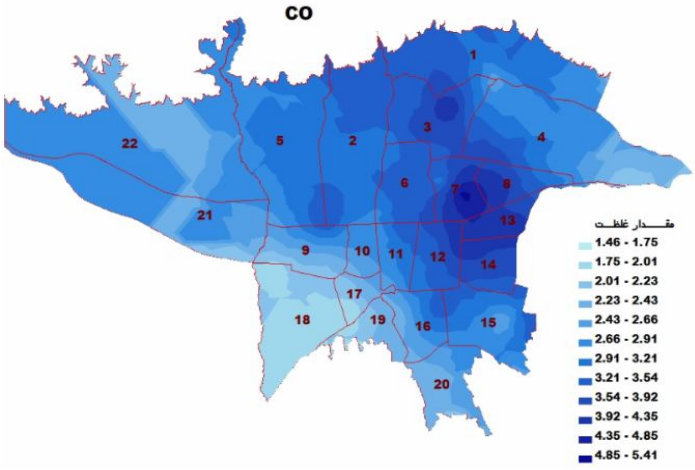
نقشه(a) در شکل شماره ۲ نشان می دهد که احتمال رخداد آلودگی از لحاظ آلاینده CO و با در نظر گرفتن میانه به عنوان نقطه برش، در شرق، شمال و شمال شرق تهران نسبت به سایر نواحی شهر بیشتر است. هم چنین نقشه (b) نشان می دهد که با توجه به بزرگ بودن انحراف استاندارد در غرب و برخی نواحی حاشیه ای شهر، پیش بینی ها در این مناطق دقت بسیار کمی دارند.

همان گونه که گفته شد کاربرد مدل های اتولجستیک و اتولجستیک مرکزی شده در تحلیل داده های دودویی مشبکه‌ای است. با توجه به این که داده های آلودگی هوا از نوع مشاهدات زمین آماری هستند جهت ایجاد شرایط برازش برای این مدل ها، می بایست داده ها به نحوی مشبکه ای شوند. بنا بر این ابتدا شهر تهران به سلول های ۲۱۰۰×۲۱۰۰ متری به صورت منظم شبکه بندی شد که البته با توجه به قابلیت برازش این مدل ها به مشبکه های مربع یا مستطیل شکل و تجمع نمونه ها در مناطق مرکزی نسبت به نواحی حاشیه ای شهر، شبکه بندی در ناحیه مرکزی تهران و روی یک سطح مربع شکل صورت گرفت که در شکل شماره ۳ نمایش داده شده است:



شکل شماره ۳. شبکه بندی نقشه شهر تهران

که با توجه به ماهیت داده‌ها، در بعضی از سلول ها نمونه ای(ایستگاه سنجش آلودگی) مشاهده نگردید. برای حل چنین مشکلی، بنا به نظر لاوسن مبنی بر در نظر گرفتن مقادیر صفت مورد بررسی در همسایگی های موقعیت های مشاهده شده جهت تبدیل داده های غیرمشبکه ای به مشبکه ای، از روش کریگینگ معمولی استفاده شد،(۱۶). پهنه بندی ارائه شده در شکل شماره ۴، امکان تخمین مقادیر غلظت آلاینده را در سلول های خالی فراهم می کند به گونه ای که پس از تخمین مقدار غلظت در تمام نقاط شهر و با در نظر گرفتن میانه مشاهدات به عنوان نقطه برش، وضعیت هر مشبکه از لحاظ آلوده بودن و یا سالم بودن مشخص شده که در واقع با این روش مقدار متغیر پاسخ در هر سلول معلوم می شود.

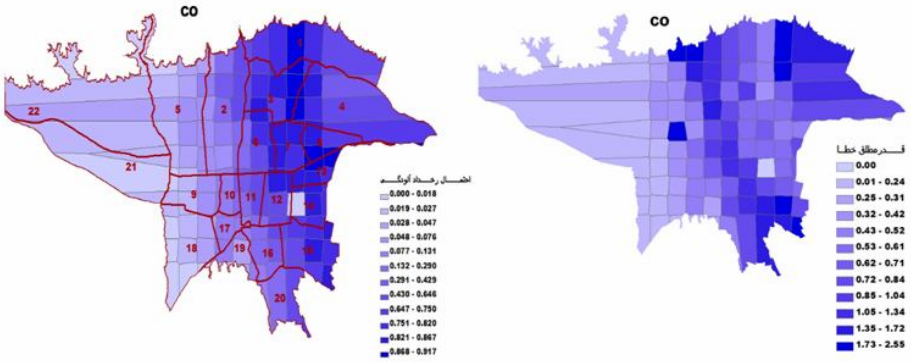


شکل شماره ٤. پهنه بندی میزان غلظت آلاینده CO با کریگینگ معمولی

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-10-14]

با توجه به این که برخلاف روش کریگینگ نشانگر، امکان اعمال اثر متغیرهای پیشگو در مدل های اتولجستیک و اتولجستیک مرکزی شده وجود دارد، مجموع طول راه های اطراف نمونه ها را می‌توان به عنوان متغیر پیشگو در نظر گرفت. با توجه به این که از هر سلول یک نمونه استخراج می شود، باید به ازای هر سلول، مقدار متغیر مستقل آن نیز محاسبه شود. نحوه محاسبه به این صورت بود که نقطه مرکز هر سلول را در نظر گرفته و به همان مرکز، بافری به شعاع ۵۰۰ متر زده شد و طول راه های موجود در درون هر بافر اندازه‌گیری شد. این محاسبات توسط نرم افزار Arc Gis صورت گرفت.

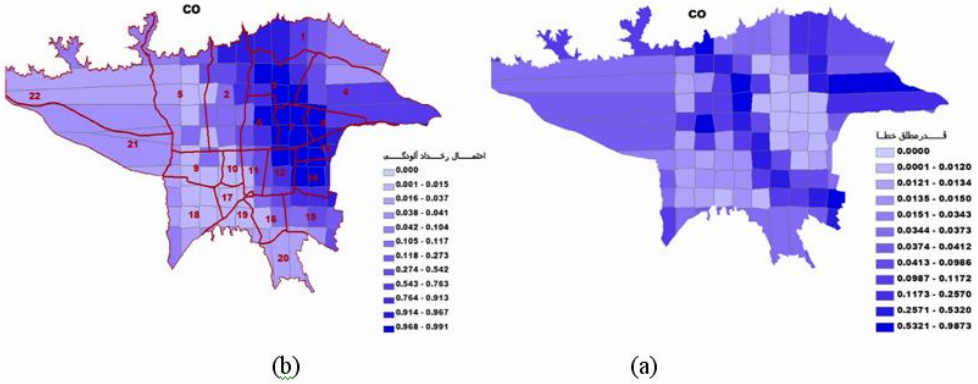
با داشتن مقدار متغیر مستقل و متغیر پاسخ برای هرسلول و با به کارگیری بسته های spdep و ngspatial از نسخه۲،۱۵،۲ نرم افزار R، مدل های اتولجستیک و اتولجستیک مرکزی شده به داده ها برازانده شد. پس از برازش این مدل ها، مقادیر برازش داده شده در هر سلول محاسبه شد. پهنه بندی این مقادیر برای آلاینده CO، در شکل های شماره ۵ و ۶ ارائه شده است:



شکل شماره ۵. پهنه بندی احتمال رخداد آلودگیCO (a) به همراه دقت آن(b) با اتولجستیک

نقشه (a) در شکل شماره ۵ نشان می دهد که احتمال رخداد آلودگی رفته رفته از غترب به شرق افزایش می یابد. هم چنین نقشه (b) نشان می دهد که دقت پیش بینی ها در یک نوار که از شمال غرب تا جنوب شرق کشیده شده، از سایر نواحی کمتر است

.



شکل شماره ٦. پهنه بندی احتمال رخداد آلودگی CO (a) به همراه دقت آن(b) با اتولجستیک مرکزی شده

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-10-14]

نقشه (a) در شکل شماره ۶ نشان می دهد که احتمال رخداد آلودگی در شرق، شمال و مرکز تهران نسبت به سایر نواحی شهر بیشتر است. هم چنین نقشه(b) نشان می دهد که دقت پیش بینی ها در یک نوار که از شمال غرب تا جنوب شرق کشیده شده، از سایر نواحی کمتر است.

برای ارزیابی توان پیشگویی های انجام شده از شاخص سطح زیر منحنی راک استفاده شد که مقدار آن برای روش کریگینگ نشانگر ۰/۵۲، مدل اتولجستیک ۰/۸۹ و برای مدل اتولجستیک مرکزی شده ۰/۹۵ به دست آمد.

بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش سه روش کریگینگ نشانگر، مدل اتولجستیک و مدل اتولجستیک مرکزی شده در پهنه بندی احتمال رخداد آلودگی در شهر تهران بررسی شد، در حالی که در اکثر پژوهش های انجام شده در ایران در زمینه آلودگی هوا، تمرکز بر پهنه بندی غلظت آلاینده ها است.

با توجه به بررسی های صورت گرفته توسط محقق، تاکنون تنها در دو مطالعه به بررسی احتمال رخداد آلودگی هوا در شهر تهران پرداخته شده است. در سال ۲۰۰۹ شاد و همکاران احتمال رخداد آلودگی هوا در شهر تهران را از لحاظ آلاینده PM_{10} با دو رویکرد کریگینگ نشانگر و کریگینگ نشانگر فازی بررسی کردند،(۱۷). هم چنین در مطالعه ای دیگر در سال ۲۰۱۳، کاوسی و همکاران به تهیه نقشه احتمال رخداد آلودگی برای دو آلاینده PM_{10} و CO با استفاده از روش کریگینگ معمولی و کریگینگ نشانگر پرداختند،(۳). در هر دو پژوهش مناطق مرکزی و شرقی به عنوان نواحی آلوده شناسایی شدند.

بررسی نقشه های پیشگویی نشان می دهد که نتایج به دست آمده از این تکنیک ها کاملاً همسو بوده و هر سه روش مناطق شمالی شرقی و مرکزی را به عنوان نواحی آلوده معرفی کردند که این نتیجه دور از انتظار نیست. زیرا که تمرکز بیشتر اماکن صنعتی تهران در غرب و جنوب شهر بوده و با توجه به وجود دیواره های کوهستانی در نواحی شمالی و شرقی، بادهایی که از سمت غرب آلودگی ها را به داخل شهر وارد می کند راهی برای خروج نداشته و این امر سبب می شود تا هوای مناطق شرقی، شمالی و مرکزی اکثر اوقات آلوده باشد.(۱۸)

با توجه به نقشه دقت ارائه شده در روش کریگینگ نشانگر در می یابیم که دقت پیشگویی های انجام شده در نواحی حاشیه ای و غربی کمتر از نواحی مرکزی است. زیرا که روش های آمار فضایی مبتنی بر همبستگی فضایی مشاهدات نسبت به یکدیگر بوده به طوری که هر چه فاصله بین نمونه ها بیشتر باشد از این همبستگی کاسته شده و دقت روش های آمار فضایی با آمار کلاسیک تفاوت چندانی نخواهد داشت. در این پژوهش نیز با توجه به این که ایستگاه های سنجش آلودگی بیشتر در مرکز شهر تهران متمرکز هستند، پیشگویی های انجام شده در مرکز نسبت به نواحی غربی و حاشیه ای از دقت بیشتری برخوردار هستند. هم چنین با توجه به این که مدل بندی صورت گرفته با روش های اتولجستیک و اتولجستیک مرکزی شده، تمامی نواحی شهر تهران را پوشش نمی دهد، اظهار نظر در مورد وضعیت و کیفیت هوای شهر در نواحی غربی و حاشیه ای شهر از روی نتایج این پژوهش، منطقی به نظر نمی رسد.

با مقایسه مقادیر شاخص AUC می توان نتیجه گرفت که توان پیشگویی مدل های اتولجستیک و اتولجستیک مرکزی شده به طور چشمگیری بالاتر از روش کریگینگ نشانگر است. به نظر می رسد که لحاظ شدن اثر متغیرهای پیشگو در این مدل ها، مسبب این برتری است. هم چنین از مقایسه مدل‌های اتولجستیک و اتولجستیک مرکزی شده در می یابیم که اریبی موجود در اندازه احتمالات محاسبه شده با روش اتولجستیک، با کمک این روش رفع شده و باعث برتری مدل اتولجستیک مرکزی شده به مدل اتولجستیک شده است.

سپاسگزاری

نویسندگان این مقاله مراتب تشکر خود را از شرکت کنترل و کیفیت هوای شهر تهران و سازمان محیط زیست که با در اختیار گذاشتن داده های مورد نیاز، صمیمانه همکاری داشته اند، ابراز می دارند. این مقاله برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد رشته آمار زیستی است.

References

1- Motesaddi ZS, Razzaghi A. Proposed revision of comprehensive plan to reduce air pollution in Tehran about carbon monoxide. J Environ Sci Technol 2007;11:51-60. (Persian)

2- Noori R, Ashrafi KH, Ajdarpour A. Comparison of ANN and PCA based multiv-

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-10-14]

ariate linear regression applied to predict the daily average concentration of CO: a case study of Tehran. J Earth Space Phys 2008;34:135-52. (Persian)
3- Kavousi A, Sefidkar R, Alavimajd H, Rashidi Y, Abolfazli KZ. Spatial analysis of CO and PM_{10} pollutants in Tehran city. J Paramed Sci 2013; 4:41-50.
4- Besag J. Spatial interaction and the statistical analysis of lattice systems. J Royal Statist Soc Series B (Methodological) 1974;36:192-236.
5- Abel L, Golmard J, Mallet A. An autologistic model for the genetic analysis of familial binary data. Am J Human Genet 1993;53:894-907.
6- Huffer F, Wu H. Markov chain Monte Carlo for autologistic regression models with application to the distribution of plant species. Biometrics 1998;54:509-24.
7- Sherman M, Apanasovich TV, Carroll RJ. On estimation in binary autologistic spatial models. J Statist Comput Simulat 2006;76:167-79.
8- Caragea P, Kaiser M. Autologistic models with interpretable parameters. J Agricul Biol Environ Statist 2009;14:281-300.
9- Journel A. Nonparametric estimation of spatial distributions. J Int Assoc Math Geol 1983;15:445-68.
10- Liu C, Jang C, Liao C. Evaluation of arsenic contamination potential using indicator kriging in the Yun-Lin aquifer (Taiwan). Sci Total Environ 2004;321:173-88.
11- Goovaerts P. AUTO-IK: a 2D indicator kriging program for the automated nonparametric modeling of local uncertainty in earth sciences. Comput Geosci 2009; 35:1255-70.
12- Martín F, Palomino I, Vivanco M. Combination of measured and modelling data in air quality assessment in Spain. Int J Environ Pollut 2012;49:36-44.
13- Kavousi A. Kriging Method In Analyse spatial data. Tarbiat Modares Univercity; 1999. (Persian)
14- Rezee TV. Spatial Logistic and Probit Regression Models for analysing Freezing Data. Tarbiat Modares University; 2008. (Persian)
15- Hughes J, Haran M, Caragea PC. Autologistic models for binary data on a lattice. Environmetrics 2011;22:857-71.
16- Lawson A. Bayesian Disease Mapping: Hierarchical Modeling in Spatial Epidemiology. 2th ed. CRC Press; 2013.
17- Shad R. Megari MS, Abkar A, Shad A. Predicting air pollution using fuzzy genetic linear membership kriging in GIS Comput Environ Urban Sys 2009; 33:472-81. (Persian)
18- Safavi Y, Alijani B. Geographical factors on air pollution in Tehran. Geograph Res 2006;38:99-112. (Persian)

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-10-14]

Spatial Analysis of Air Pollution in Tehran City by Using of Autologistic and Centered Autologistic Models and Indicator Kriging Method

Kavousi A[1], Sefidkar R[2], Alavimajd H[2], Rashidi Y[3], Imanzad M[4], Heshmatolah N[5]*

(Recived: 3June, 2013 Accepted: 28 September, 2013)

Abstract:

Introduction: Urbanization and industrial activities have heavily caused air pollution in cities that make a serious threat for people's health. So, awareness of air quality over time periods and also the trend of air pollution changes in locations may have an important role in urban health management and land use policy-making.

Materials & Methods: The data utilized in the present study included all concentrations of CO that were recorded by pollution measurement stations of Tehran city in 2011. Idicator kriging, autologistic and centered autologistic models were used to analyze these data. Arc Gis and R softwares were used to process these models.

Findings: The predictions that were made by these methods showed that eastern, northern and central parts of Tehran city were more polluted than other zones. Among the methods used in this project, centered autologistic model was more precise than indicator kriging method and autologistic model.

Discusion & Conclusion: The centered autologistic model is recommended to analyse spatial binary data. Because it provided a more precies prediction than indicator kriging method by considering the effects of explanatory variables. On the other hand, it eliminates the biases in fitted vlues of autologistic model.

Keywords: Air pollution, ordinary kriging, indicator kriging, autologistic model, centered autologistic model.

1.Dept of Basic Sciences, Faculty of Health, Safety and Environment, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
2.Dept of Biostatistics, Faculty of Allied Medical Sciences, Shahid Beheshti University of Medical Sceinces, Tehran, Iran.
3.Dept of Chemistry Engineering, Tehran Air Quality Control Agency, Tehran, Iran.
4.Faculty of Medicine, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran
5.Dept of Environmental Health, Faculty of Health, Ilam University of Medical Sceinces, Ilam, Iran.
**Corresponding author*

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-10-14]