استفاده از روشهای زمین آماری و قابلیت های سیستم اطلاعات مکانی در مدیریت آلودگی هوا (مطالعه موردی - شهر تبریز)

ابوالفضل رنجبر[۱]

سید علی نوری[۲]

فرشاد حکیم پور[۳]

۱-عضو هیات علمی دانشگاه تبریز – دانشجوی دکترای سیستم اطلاعات مکانی دانشگاه تهران abranjbar57@ut.ac.ir

۲-دانشجوی کارشناسی ارشد سیستم اطلاعات مکانی دانشگاه تهران seyed.ali.noori@gmail.com

۳-عضو هیات علمی پردیس دانشکده های فنی - استاد یار گروه مهندسی سیستم اطلاعات مکانی دانشگاه تهران

farshad@hakimpour.com

چکیده

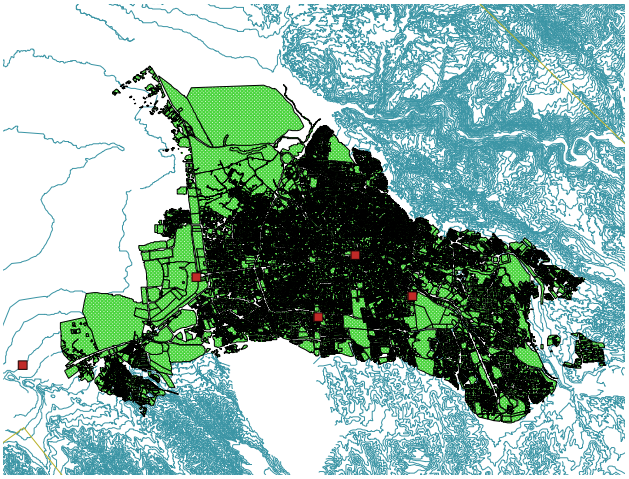
دنیای امروز دنیای اطلاعات و مدیریت بهینه آنها می‌باشد. پیشرفت‌های روز افزون در دهه‌های اخیر در زمینه‌های تکنولوژی جمع‌آوری و ذخیره اطلاعات سبب گشته که کاربران و برنامه‌ریزان با حجم بسیار زیادی از اطلاعات مواجه گردند. با توجه به اینکه اطلاعات وقتی ارزشمند هستند که به شکل صحیح و در زمان مناسب ارائه شوند. بنابراین سیستمی نیرومند و کارآمد مورد نیاز می‌باشد که بتواند داده‌های مختلف را به شکل مناسب جمع‌آوری، پردازش، ذخیره و بازیابی نماید. در این راستا سیستم اطلاعات مکانی به عنوان یک ابزار توانمند و تکنولوژی کار آمد در طراحی و ایجاد پایگاه اطلاعات آلودگی هوا به منظور جمع‌آوری، ذخیره، بازیابی و تجزیه و تحلیل اطلاعات آلودگی هوا معرفی می‌شود.

با توجه با اینکه هزینه احداث ایستگاههای سنجش هوا زیاد بوده و با توجه به وجود ۵ ایستگاه سنجش آلودگی هوا در شهر تبریز لذا نیاز به روشهای می باشد که بتوان در هر لحظه مقدار آلاینده را در هر نقطه از شهر تبریز را با توجه به ۵ ایستگاه موجود تخمین و ارائه نمود. اما با توجه با اینکه در روشهای مثل IDW که با استفاده از یکسری نقاط (انترپلاسیون محلی) و یا از همه نقاط (انترپلاسیون کلی) برای تخمین آلاینده استفاده می کند. اما در این روشها ویژگی های آماری بین نقاط را در محاسبه مقدار آلاینده نقطه درون یابی شده، در نظرگرفته نمی شود و همچنین هیچ اطلاعاتی در نقطه درون یابی شده که نشان دهنده میزان دقت محاسبه شده باشد، بدست نمی دهد. لذا پیشنهاد می شود که از روشهای زمین آماری برای درون یابی استفاده شود.

کلمات کلیدی: روشهای زمین آماری، کریجینک، سمیواریوگرام، سیستم اطلاعات مکانی، پایگاه داده، آلودگی هوا، PSI

۱- معرفی منطقه مورد مطالعه

شهر تبریز به عنوان مرکز استان آذربایجان شرقی در حال حاضر یکی از مراکز صنعتی ایران محسوب می‌گردد و مراکز صنعتی مهمی نظیر نیروگاه حرارتی، مجتمع پتروشیمی، پالایشگاه، ماشین‌سازی و تراکتورسازی و غیره را در خود جای داده است. در نتیجه یکی از پرجمعیت ترین و آلوده ترین شهرهای ایران به شمار می‌رود. شهر تبریز با ارتفاع 1400m در $46^{o}17^{'}$ طول شرقی و $38^{o}8^{'}$ عرض شمالی واقع شده است. شهر تبریز از طرف شمال به ناهمواری‌های کوههای سرخ فام عون بن علی، از طرف جنوب به پیشکوه‌های سهند، از غرب به دشت تبریز (استقرار کمربند صنایع) و از شرق به کوههای ساری داغ و بیلانکوه محصور شده است. شکل شماره ۱ توپوگرافی اطراف شهر تبریز را به همراه ایستگاههای سنجش هوا نشان می دهد. [4]



شکل ۱: توپوگرافی اطراف شهر تبریز

۲- مقدمه

ناپایداری توسعه شهری و صنعتی کشور در سنوات گذشته یکی از میراث‌های ناخوشایندی است که در ابعاد و گستره وسیعی، محیط اقتصادی، اجتماعی و از جمله محیط زیست شهری کشور بویژه شهرهای بزرگ را متأثر نموده که ابعاد این آثار در زمینه محیط زیست شهری به حدی است که حتی برنامه‌های کلان کشور نیز بطور محسوسی از این نابهنجاریها متأثر شده و سعی شده ضمن برنامه‌ریزی برای پایداری توسعه‌های آتی، نسبت به رفع غبار آلودگی بویژه آلودگی هوا از چهره کلان شهرهای کشور بعنوان یک اصل بنیادی پرداخته شود.[1]

شاخص آلودگی هوا[1] یکی از استانداردهای کیفیت هوا است که توسط آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا EPA توسعه یافته که گزارش روزانه آلودگی هوا براساس سطوح پاک، سالم، ناسالم، خیلی ناسالم و خطرناک بیان می کند

[1] Pollutant Standard Index

(جداول ۱و۲) و بطور متداول نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. PSI هر پارامتر بسته به نوع و بازه زمانی پارامتر آلاینده

$$I_P = \frac{I_{Hi} - I_{lo}}{BP_{Hi} - BP_{lo}}(C_P - BP_{lo}) + I_{lo}$$

از رابطه زیر محاسبه می‌گردد[8] :

I_{Hi} : PSI متناظر BP_{Hi} , BP_{Hi} : حد بالای غلظت آلاینده ، I_{lo} : PSI متناظر BP_{lo} ، BP_{lo} : حد پایین غلظت آلاینده

جدول ۱- شاخص آلودگی هوا

PSI	concentration				
	CO(ppm)	O3(ppb)	NO2(ppb)	SO2(ppb)	PM-10(micro gr/m3)
	8 HOURS	1 HOUR	1 HOUR	24 HOURS	24 HOURS
0	0	0	0	0	0
50	4.5	60	150	30	75
100	9	120	300	140	150
200	15	200	600	300	375
300	30	400	1200	600	625
400	40	500	1600	800	875
500	50	600	2000	1000	1000

جدول ۲- آلودگی هوا بر اساس وضعیت نوع آلاینده

PSI	وضعیت
0-50	پاک
50-100	سالم
100-200	ناسالم
200-300	بسیار ناسالم
>300	خطرناک

عمده پارامترهای آلاینده هوا که بطور عام در مطالعه و تحقیق وضعیت کیفیت هوای شهرها، ملاک عمل قرار می‌گیرد عبارتند از: ذرات معلق هوا (pm-10)، منوکسید کربن (Co)، دی اکسید گوگرد (So_2)، دی اکسید نیتروژن (No_2)و ازون (O3) که در این تحقیق به مطالعه پارامتر منوکسید کربن، در بازه زمانی نیم سال اول سال ۸۴ پرداخته شده است.

همیشه بشر در صدد بوده است که اطلاعات کافی در مورد پدیده های اطراف خود بدست آورد. از این رو دست به اختراع وسایلی زده است که او را در این هدف یاری کند. وسایل ساخت بشر دارای محدویتی هایی است که انسان را از دست یافتن به یکسری اطلاعات باز می دارد. برای حل این محدویت ها سعی کرده اند روش هایی را به وجود بیاورند که بتواند پدیده ها را به صورت ریاضی و یا به صورت آماری بهم مرتبط ساخته و آن را مدوله کنند به همین منظور علم انترپلاسیون به وجود آمده است. این علم با گذشت زمان پیشرفت های شگرفی داشته است و هم اکنون

در دو روش زمین آماری[1] و قطعی[2] بیان می شود. در مقایسه روشهای قطعی و روشهای زمین آماری می توان گفت که در روشهای قطعی

- با استفاده از یکسری نقاط (انترپلاسیون محلی) و یا از همه نقاط (انترپلاسیون کلی[3]) برای تخمین آلاینده استفاده می شود.
- در این روش ها ویژگی های آماری بین نقاط را در محاسبه آلاینده نقطه درون یابی شده، در نظرگرفته نمی شود.
- هیچ اطلاعاتی در نقطه درون یابی شده که نشان دهنده میزان دقت محاسبه شده باشد، بدست نمی دهد.[2]

در روش کریجینگ که جزء روشهای زمین آماری محسوب می شود، برای محاسبه آلاینده در یک نقطه از همه نقاط موجود استفاده می شود. به این صورت که ابتدا رابطه آماری بین نقاط، مدوله شده و توسط سمیوریوگرام نمایش داده می شود. بعد با استفاده از یک پنجره جستجو نقاط همسایه را انتخاب می کنیم و بعد وزن مربوط به هر نقطه را با توجه به فرمول کریجینگ محاسبه می شود. ارتفاع نقطه درونیابی شده برابر با حاصلضرب وزن در ارتفاع نقاط همسایه است.

که در آن Z_p: نشان دهنده ارتفاع محاسبه شده برای نقطه درونیابی شده، W_i: وزن نقطه i ام در همسایگی نقطه p ، Z_i: ارتفاع نقطه i ام در همسایگی نقطه p می باشد.

نکته قابل توجه این است که روش کریجینگ نیز مانند روش IDW می باشد با این تفاوت که در محاسبه بردار وزن، در IDW از یکسری فرمول خاص استفاده شده، که خواص آماری بین نقاط را در نظر نمی گیرد.

۳- سیستم اطلاعات مکانی[4]

سیستم اطلاعات مکانی در واقع علم و فن اطلاعات مکان مرجع است که مدیران، تصمیم گیران و متخصصان را قادر به ذخیره سازی، پردازش، بهنگام سازی و بازیافت اطلاعات مختلف در فرمت‌های متنوع متنی، گرافیکی و رقومی

---

1 Geo statistical
2 Deterministic

3 Global

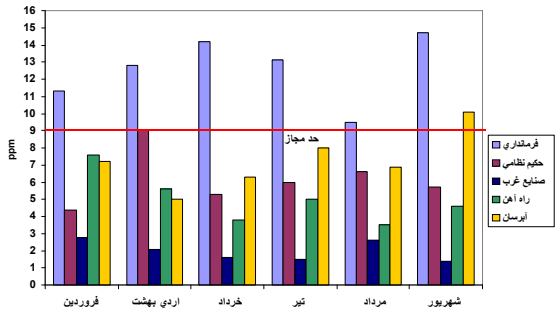
4 Geographic Information System

در مقیاسهای متناسب می‌نماید. امروزه سیستم اطلاعات مکانی به علت قابلیت تقریباً منحصر به فرد اتصال اطلاعات مکانی به اطلاعات توصیفی براحتی جای خود را در بین سایر علوم کاربردی باز کرده است و توانسته در کنار سایر برنامه‌های تخصصی ایجاد پایگاه اطلاعاتی به عنوان یک وسیله توانمند و تکنولوژی کارآمد در فرآیند تشکیل بانک اطلاعاتی بشمار آید. در حقیقت GIS نوعی فناوری است که با استفاده از آن امکان مدیریت و سازماندهی داده‌های مکانی و توصیفی روی زمین با هدف تصمیم‌گیری بهینه میسر می‌گردد.[3] به عبارت دیگر GIS یک سیستم کامپیوتری است که چهار قابلیت اساسی را در رابطه با داده‌های زمین مرجع[1] فراهم می‌آورد:

الف: ورودی داده‌ها
ب: مدیریت داده‌ها که عبارتست از ذخیره و بازیابی داده‌ها
پ: پردازش، تجزیه و تحلیل داده‌ها
ت: خروجی داده‌ها [3]

۴- نحوه اخذ و جمع‌آوری اطلاعات آلودگی هوا

داده‌های پارامترهای پنجگانه آلاینده‌های هوا از ایستگاههای Online پایش آلودگی هوا (مدل Horiba, Envirutech) واقع در آبرسان، فرمانداری، حکیم نظامی، راه‌آهن، صنایع غرب در طول نیمه اول سال ۸۴ اخذ و بعد از حذف داده‌های مشکوک و غیر قابل اعتماد از نظر آماری، با توجه به اینکه هدف استفاده از روشهای زمین آماری برای نشان دادن منو اکسید کربن در کل شهر تبریز با توجه به ایستگاههای سنجش موجود بود، لذا ماکزیمم ۸ ساعته با در طول هر ماه محاسبه و براساس شاخص آلودگی هوا (PSI)، وضعیت کیفیت هوا در طول هر ماه محاسبه شد. دادههای هر ایستگاه را بر حسب آلاینده منو اکسید کربن و با توجه به جدول شاخص آلودگی هوا مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و نتایج آن در شکل شماره ۲ ارائه شده است.



شکل ۲: نمودار تغییرات ماهانه ماکزیمم ۸ ساعته غلظت Co در ایستگاههای شهر تبریز(نیمه اول سال۸۴)

[1] Georeferenced

۵- الگوریتم کریجینگ

داده هایی که از مشاهدات بدست می آیند داری دو قسمت قطعی و آماری هستند یعنی اینکه قسمتی از داده از اطلاعاتی در مورد داده های همسایه خود می دهد (قطعی) و قسمت دیگر داده اطلاعاتی صرفا آماری هستند. در کریجینگ ابتدا این روند بین داده ها را حذف کرده و بعد بر روی قسمت آماری آن کار می کنیم. در روش های سرشکنی به روش کمترین مربعات، هر مشاهده از ترکیب خطی از مجهولات با مقداری خطا حاصل می شود و می توان این را به صورت ریاضی نمایش داد. A ماتریس ضرایب، x ماتریس مجهولات، e ماتریس خطا و Y ماتریس مشاهدات است:[5]

Y=A*X+e

برای محاسبه x از فرمول زیر استفاده می کنیم که این فرمول به روش کمترین مربعات معروف است:

$$\hat{x}_{m\times 1} = N^{-1} A^T P y$$

$$\hat{x}_{m\times 1} = (\sigma_o^2 N^{-1} A^T)(\sigma_o^{-2} P) y$$

$$\hat{x}_{m\times 1} = C\{\hat{x}, y\}_{m\times n} \left[D\{y\}\right]^{-1}_{n\times n} y_{n\times 1}$$

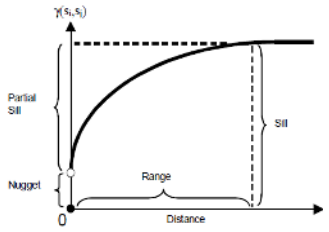
$$w_{n\times 1} = \left[D\{y\}\right]^{-1}_{n\times n} C\{y, \hat{x}\}_{n\times 1}$$

در این مقاله مقدار x همان آلودگی هوا می باشد و y همان مشاهدات از ایستگاههای محاسبه میزان آلودگی هوا می باشد. فرمول بدست آمده در بالا، مفهوم اصلی روش های Kriging می باشد که با توجه به فرمول به سه پارامتر زیر نیاز داریم:

- ماتریس نقاط مرجع
- ماتریس کوواریانس بین مجهولات و مشاهدات
- ماتریس وریانس - کوواریانس مشاهدات

ماتریس نقاط مرجع که در دسترس است. پس پارامتر اصلی محاسبه کوواریانس بین مجهولات و مشاهدات است که برای این منطور از سمیوریوگرام استفاده می شود. تابع سمیوریوگرام متناسب با فاصله است به این معنی که با کاهش فاصله مقدار سمیوریوگرام افزایش پیدا می کند پس توقع داریم در فاصله های بی نهایت کوچک (تقریباً صفر)

بین زوج نقاط، مقدار سمیوریوگرام برابر با صفر می باشد. ولی این امر به دلیل خطا در اندازه گیری و تغییرات محلی برابر امکان پذیر نیست به این مقدار Nugget می گویند.



شکل ۳: سمیوریوگرام

با توجه به شکل ۳ می بینیم که بعد از یک فاصله معین به بعد همبستگی بین داده ثابت می ماند، این مطلب به خاطر این است که بعد از یک فاصله معین هیچ همبستگی بین مقادیر وجود ندارد به این فاصله معین Range به مقدار همبستگی در این فاصله sill می گویند. مقدار sill برابر با جمع دومقدار nugget و partial sill می باشد. برای بدست آوردن تابع سمیوریوگرام باید از نقاط مرجع استفاده کنیم که تابع حاصل از اینها به سمیوریوگرام تجربی معروف است. بعد برای این تابع تجربی یک مدل را برازش می دهیم که این مدل مهمترین قسمت تعیین تابع سمیوریوگرام می باشد چونکه ماتریس های kriging از این مدل حاصل می شود.

۵-۱- رابطه بین سمیوریوگرام و کوواریانس

اگر مقدار کوواریانس بین نقاطی که در فاصله d از یکدیگر قرار دارند را با C{d} و مقدار سمیوریوگرام را با y{d} نشان دهیم خواهیم داشت:

لازم به ذکر است که این فرمول های بالا با حذف روند کلی بین نقاط و همچنین فرض تصادفی بودن داده ها نوشته شده است. رابطه بین سمیوریوگرام با کوریانس به صورت زیر می باشد.

y{d}=C{0}-C{d}

در این مقاله از دو مدل کریجینگ ساده[1] و مقدماتی[2] استفاده شده که در زیر فرمول های مربوط به هر کدام آمده است. تفاوت مدل ساده با مقدماتی در این است که ما در مقدماتی یک قید به وزنها خود اضافه می کنیم که باید جمع همه وزن ها برابر با یک شود:[8]

در کریجینگ ساده فرمول مربوط به محاسبه وزن و دقت تخمین در نقطه به صورت زیر است:

$$\hat{z}_p = w^T z_r$$
$$w_{n\times 1} = [\gamma\{z_r, z_r\}]^{-1}_{n\times n} [\gamma\{z_r, z_p\}]_{n\times 1}$$
$$D\{e_p\} = w^T \gamma\{z_r, z_p\}$$

در کریجینگ مقدماتی فرمول مربوط به محاسبه وزن و دقت تخمین در نقطه به صورت زیر است:

$$\hat{z}_p = w^T z_r$$
$$\gamma\{z_r, z_r\} w + K\lambda' = \gamma\{z_r, z_p\}$$
$$K^T w = 1$$
$$D\{e_p\} = w^T \gamma\{z_r, z_p\} + \lambda'$$

۶- پیاده سازی

۶-۱- داده ها

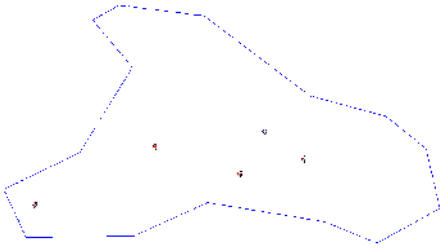
در شهر تبریز ۵ ایستگاه برای تخمین میزان آلودگی وجود دارد که در این مقاله اطلاعات مربوط به میزان منواکسید کربن در این ایستگاهها در نیمه اول سال ۸۴ مورد استفاده قرار دادیم. که اطلاعات مربوط به آن در جدول زیر آمده است.

جدول ۳: میزان منواکسید کربن (Co) در این ایستگاه ها در نیمه اول سال ۸۴

	موقعیت ایستگاه ها		میزان منواکسید کربن					
ایستگاه	X	Y	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
1	608027	4214441	7.6	5.6	3.8	5	3.5	4.6
2	601561	4211169	2.8	2.1	1.6	1.5	2.6	1.4
3	613896	4215273	11.3	12.8	14.2	13.1	9.5	14.7
4	615999	4213739	7.2	5	6.3	8	6.9	10.1
5	612525	4212945	4.4	9	5.3	6	6.6	5.7

[1] simple
[2] Ordinary

شکل زیر موقعیت ایستگاه ها (نقاط قهوه ای رنگ) و مرز شهر تبریز را نشان می دهد.



شکل ۴: پراکندگی ایستگاه های سنجش آلودگی شهر تبریز

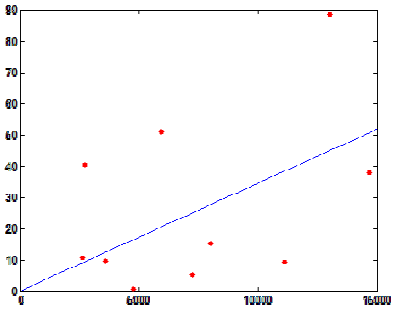
۶-۲- سمیوریوگرام تجربی و برازش یک مدل سمیوریوگرام

در تشکیل مدل سمیوریوگرام با توجه به داده، جهت ها و فاصله بین دسته ها و یا تعداد آنها را مشخص کرده و بعد زوج نقاطی که در آن فاصله قرار می گیرند را پیدا می کنیم و سپس مقدار سمیوریوگرام را برای این نقاط حساب می کنیم. این کار را برای دیگر دسته ها حساب می کنیم. در نتیجه این نقاط را بر روی یک نمودار نشان می دهیم و از به هم وصل کردن این نقاط سمیوریوگرام تجربی حاصل می شود. برای برازش یک مدل به سمیوریوگرام تجربی، مدلهای زیادی مثلا مدل خطی، کروی، نمایی، دایره ای و غیره وجود دارد. انتخاب مدل با توجه به داده ها و رابطه بین آنها می باشد. مثلاً شیب این نمودارها در فاصله های کوچک (نزدیک صفر) بیان کننده میزان تاثیر نقاط مجاور هم است و اگر بخواهیم نقاط نزدیک تاثیر بیشتری در محاسبه ارتفاع نقطه داشته باشد باید از مدلی استفاده کنیم که شیب آن در نزدیک مبدا زیاد باشد. در این مقاله از مدل خطی استفاده کردیم. اگر فاصله بین زوج نقاط را با d و سمیوریوگرام را در آن فاصله با y{d} نشان دهیم خواهیم داشت:

$$Y\{d\}=a*d+b$$

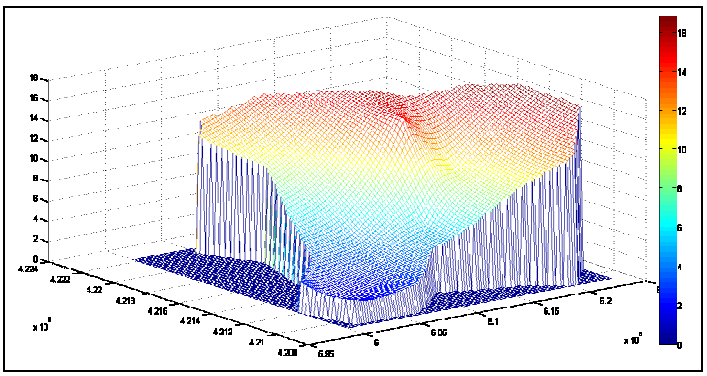
که a شیب خط و b نشان دهنده همان Nugget است. که در این روش مقدار b=0,a= 0.0034 می باشد.

سمیوریوگرام تجربی (نقاط قرمز) و برازش مدل خطی در شکل زیر نشان داده شده است.

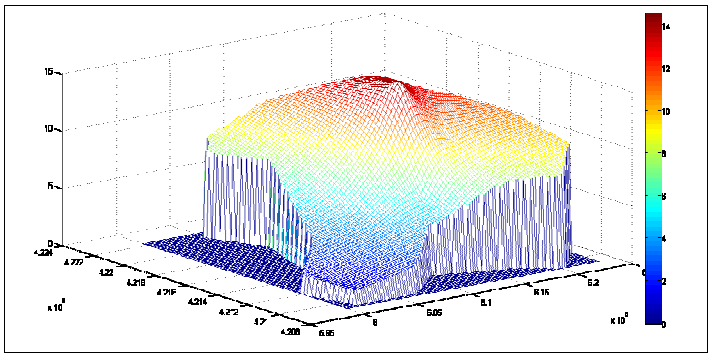


شکل ۵: سمیوریوگرام تجربی

با مدل سمیوریوگرام خطی بالا، دو مدل کریجینگ ساده و مقدماتی برای کل سطح تبریز برای گرید های 200 متری محاسبه شده و سطح آن به صورت زیر می باشد.



شکل ۶: کریجینگ ساده – سمیوریوگرام با مدل خطی- شهریورماه



شکل ۷: کریجینگ مقدماتی– سمیوریوگرام با مدل خطی- شهریور ماه

یکی از مزیت های در روش کریجینگ این است که می تواند مقدار دقت را در هر نقطه محاسبه کند. که در جدول زیر مقدار ماکزیمم و مینیم دقت در این دو سطح آمده است.

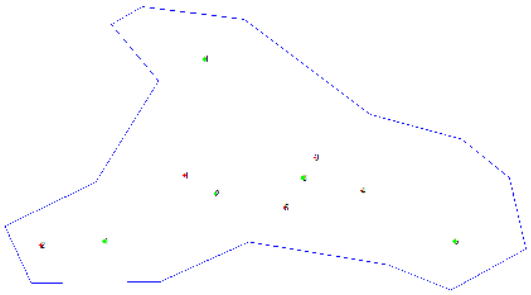
جدول ۴: مقایسه خطاها در کریجنگ ساده و مقدماتی

مدل	مینیمم خطا	ماکزیمم خطا
کرجینگ ساده	0.4652	80.1688
کرجینگ مقدماتی	0.4652	53.8763

برای چک کردن مدل و نحوه تخمین آن 5 نقطه در کل تبریز در نظر گرفته شده است که مختصات و موقعیت آن نسبت به ایستگاه های اصلی (با نقطه سبز رنگ) در شکل زیر نشان داده شده است.

جدول ۵: مختصات نقاط چک

	Coordinate	
PI	X	Y
1	604435.5	4211345
2	609412.4	4213591
3	613352.5	4214339
4	608928.6	4219906
5	620195.9	4211345



شکل ۸: موقعیت ایستگاههای اصلی و نقاط چک

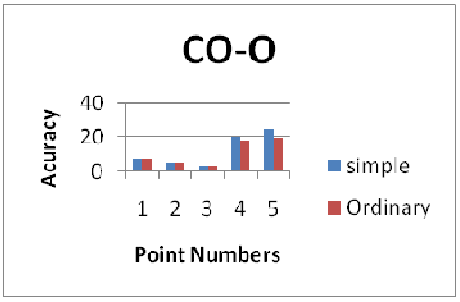
مقادیر آلودگی محاسبه شده برای این 5 نقطه و دقت تخمین آنها در 6 ماه اول سال ۸۴ در جدول زیر آمده است.

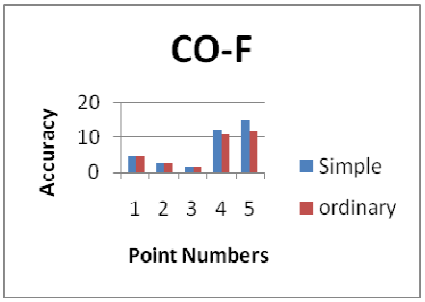
جدول ۶: مقادیر آلودگی محاسبه شده با استفاده از کریجینگ مقدماتی و ساده

	Cordinate		CO_F			
PI	X	Y	simple	ordinary	DepS	DepO
1	604435.5	4211345	3.985332	4.02486832	4.56394499	4.56351904
2	609412.4	4213591	6.470244	6.57495058	2.67857642	2.67558891
3	613352.5	4214339	8.364875	8.47263647	1.58025023	1.57708586
4	608928.6	4219906	11.74584	9.66352917	12.2702015	11.0886488
5	620195.9	4211345	9.904327	6.42523608	15.1300328	11.8317223
	Coordinad		CO_O			
PI	X	Y	simple	ordinary	DepS	DepO
1	604435.5	4211345	3.28712047	3.316533663	7.42978187	7.42908844
2	609412.4	4213591	6.81666596	6.894562039	4.36053426	4.35567081
3	613352.5	4214339	10.7294069	10.80957564	2.57253638	2.56738501
4	608928.6	4219906	9.98211022	8.432980416	19.9750261	18.0515413
5	620195.9	4211345	7.45267487	4.864420098	24.6306306	19.2612129
	Coordinate		CO_K			
PI	X	Y	simple	ordinary	DepS	DepO
1	604435.5	4211345	1.940563334	1.974851109	9.53759608	9.53670593
2	609412.4	4213591	4.459623989	4.5504296	5.59760908	5.59136588
3	613352.5	4214339	10.16834373	10.26179862	3.30235979	3.29574698
4	608928.6	4219906	10.56329538	8.757432067	25.641901	23.1727273
5	620195.9	4211345	8.658179242	5.640979316	31.6182911	24.7255803
	Coordinate		CO_T			
PI	X	Y	simple	ordinary	DepS	DepO
1	604435.5	4211345	2.431703	2.46961779	8.78017547	8.77935601
2	609412.4	4213591	5.357616	5.45802716	5.15307941	5.14733201
3	613352.5	4214339	9.944334	10.047675	3.04010551	3.03401786
4	608928.6	4219906	10.69969	8.70279813	23.6055698	21.3324836
5	620195.9	4211345	10.69302	7.35665702	29.1073497	22.762018
	Coordinate		CO_M			
PI	X	Y	simple	ordinary	DepS	DepO
1	604435.5	4211345	2.920715	2.955361	3.82299532	3.82263852
2	609412.4	4213591	4.533315	4.62506929	2.24371353	2.24121104
3	613352.5	4214339	8.073779	8.16821013	1.32369896	1.32104832
4	608928.6	4219906	7.790189	5.96546373	10.2781525	9.28842315
5	620195.9	4211345	9.767675	6.71896098	12.6736945	9.91085985
	Coordinate		CO_S			
PI	X	Y	simple	ordinary	DepS	DepO
1	604435.5	4211345	2.141741	2.18699556	12.739805	12.738616
2	609412.4	4213591	4.991545	5.11139419	7.47698348	7.46864415
3	613352.5	4214339	10.8183	10.9416432	4.41111361	4.40228058
4	608928.6	4219906	11.72167	9.33821603	34.2510645	30.9528759
5	620195.9	4211345	13.22577	9.24353504	42.2340033	33.027093

همانطور که از جداول مشخص است دقت روش کریجینگ مقدماتی دارای دقت بالاتری می باشد. نمودار دو

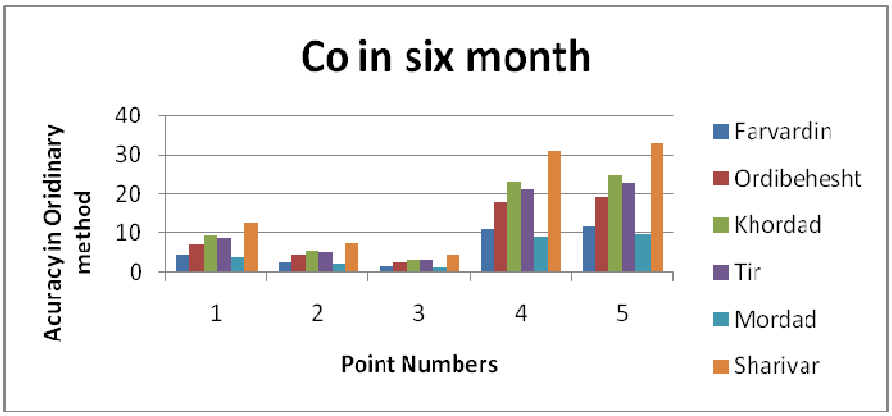
داده در ماه فروردین و شهریور (به عنوان نمونه) در زیر نشان داده شده است.





شکل ۹

همانطور که مشخص دقت کریجینگ مقدماتی و ساده در نقاط ۱،۲،۳ تقریباً یکسان است که این به دلیل تعداد نقاط می باشد ولی در نقطه ۴و۵ دقت کریجینگ مقدماتی از ساده بهتر است. ولی در کل روش کریجینیگ مقدماتی برای مدل مناسبتر می باشد. مقدار تخمینی ۵ نقطه چک در ۶ ماه اول سال در نمودار زیر نشان داده شده است.



شکل ۱۰: دقت محاسبه شده در روش کریجینگ مقدماتی

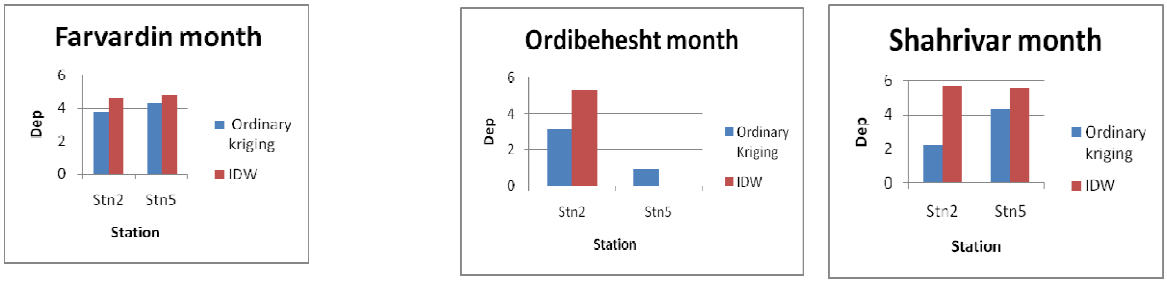
۶-۳- مقایسه روش کریجینگ مقدماتی با روش IDW

برای مقایسه در تخمین بین دو روش کریجینگ مقدماتی و IDW باید یکسری بنچ مارک وجود داشته باشد که برای این منظور ما دو آزمایش یکبار ایستگاه شماره ۲و یکبار ایستگاه شماره ۵ را از بین محاسبات خارج کرده و مقدار آن را توسط دو روش فوق در سه ماه (فروردین، اردیبهشت و شهریور) بدست آوردیم که نتایج در جدول زیر آمده است.

جدول ۷: مقادیر آلودگی محاسبه شده با استفاده از کریجینگ مقدماتی و IDW

coordinate			Co-F				
Station	X	Y	Value	ordinary	IDW(1/d^2)	Dep	
Stn2	601561	4211169	2.8	6.5542	7.4434	3.7542	4.6434
Stn5	612525	4212945	4.4	8.6959	9.2226	4.2959	4.8226
Column1	Column2	Column3	Column9	Column10	Column11	Column12	Column13
coordinate			Co-O				
Station	X	Y	value	ordinary	IDW(1/d^2)	Dep	
Stn2	601561	4211169	2.1	5.2468	7.3864	3.1468	5.2864
Stn5	612525	4212945	9	8.043	8.9939	-0.957	-0.0061
coordinate			Co-S				
Station	X	Y	value	ordinary	IDW(1/d^2)	Dep	
Stn2	601561	4211169	1.4	3.6423	7.0991	2.2423	5.6991
Stn5	612525	4212945	5.7	9.9984	11.2735	4.2984	5.5735

ایستگاه ۲ نسبت به ایستگاه های دیگر پرت قرار گرفته است و در واقع برونیابی در این نقطه صورت می گیرد ولی ایستگاه ۵ در جوار ایستگاه های دیگر است و در واقع عمل درون یابی صورت می گیرد. نتایج نشان می دهد که دقت درون یابی در ایستگاه ۲ در دو روش تقریبا نزدیک است ولی کریجینگ مقدماتی نتابج بهتری را ارائه می کند. در ایستگاه ۵ دقت کریجینگ بهتر از روش IDW می باشد. که این نتایج در نمودارهای زیر نیز نشان داده شده است.



شکل ۱۱

۷- نتیجه گیری و پیشنهادات

به طور کلی نمی توان گفت که روش کریجینگ نسبت به روش های دیگر انترپلاسیون در همه کاربردها بهتر است. چون انتخاب روش انترپلاسیون بسته به نوع داده ها دارد. ولی می توان گفت که روش کریجینگ با مدل کردن همبستگی بین داده می تواند نتایج بهتری را ایجاد کند مخصوصا در پدیده هایی مثل تخمین میزان آلودگی هوا، بارش باران و عوامل دیگر محیطی می تواند نتایج بهتری را ایجاد کند. به عنوان مثال در تخمین میزان آلودگی می تواند جهت وزش باد، وجود کارخانه، تعداد ماشین ها و غیره را به عنوان پارمترهایی در محاسبه همبستگی دادهها در

نظر گرفت. در این موضوعی که مورد مطالعه قرار دادیم روش کریجینگ جوابهای بهتری را نسبت به روش های دیگر ایجاد می کند.

با توجه با اینکه هزینه احداث ایستگاههای سنجش هوا زیاد بوده و با توجه به وجود ۵ ایستگاه سنجش آلودگی هوا در شهر تبریز لذا نیاز به روشهای می باشد که بتوان در هر لحظه مقدار آلاینده را در هر نقطه از شهر تبریز را با توجه به ۵ ایستگاه موجود تخمین و ارائه نمود. اما با توجه با اینکه در روشهای مثل IDW که با استفاده از یکسری نقاط (انترپلاسیون محلی) و یا از همه نقاط (انترپلاسیون کلی) برای تخمین آلاینده استفاده می کند. اما در این روشها ویژگی های آماری بین نقاط را در محاسبه مقدار آلاینده نقطه درون یابی شده، در نظرگرفته نمی شود و همچنین هیچ اطلاعاتی در نقطه درون یابی شده که نشان دهنده میزان دقت محاسبه شده باشد، بدست نمی دهد. لذا پیشنهاد می شود که از روشهای زمین آماری برای درون یابی استفاده شود.

در این مقاله از یک سمیوریوگرام خطی و غیر جهتی استفاده کردیم ولی این انتظار می رود که اگر جهت بادهای موثر در پخش آلودگی در فصل های مختلف سال، وجود کارخانه هایی که در جهت این بادها قرار دارند در تشکیل سمیوریوگرام در نظر گرفته شود نتایج بهتری حاصل شود. که در واقع همان تشکیل سمیوریوگرام جهتی (Anisotropy) می باشد.

مراجع

۱- اصول آلودگی هوا، بی- اس- ان راجو – ترجمه دکتر انوشیروان محسنی، محمد علی زولی، ادریس بذرافشان ناشر: معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی مازندران.

۲- حسنی پاک علی اصغر، زمین آمار (ژئواستاتیک)، ۱۳۸۹، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ سوم.

۳- کتاب سیستم اطلاعات مکانی، مدیریت سیستم اطلاعات مکانی سازمان نقشه برداری کشور، ناشر: سازمان نقشه برداری کشور.

۴- طرح کاهش آلودگی هوای شهر تبریز، کارفرما: سازمان حفاظت محیط زیست.

5- Manual of ArcGIS Geostatistical Analyst.

6- Matejicek L., "Spatial modelling of air pollution in urban areas with GIS: A case study on integrated database development", Advance in Geosciences, 4, 63-68, 2005.

7- Farrag A., "The role of Spot satellite images in mapping air pollution caused by Cement Factories", International Archives of photogrammetry and remote sensing. Vol. XXXIII, Part B7. Amsterdam 2000.

8- Peter M. Atkinson and Christopher D. Lloyd, Manual of Geographical Information System, Chapter 28 , Geostatistics and GIS pp509-524.

9- Uday Patil, Dr. Shirish Ravan and Ashok Kaushal, "GIS based air pollution surface modelling", India, 2002.