

تحلیل سری زمانی روزانه آلودگی هوای اصفهان ناشی از صنعت پتروشیمی

اردشیر خسروی دهکردی^{۱*}، رضا مدرس^۲

۱- کارشناس ارشد محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۲- کارشناس ارشد بیابان‌زدایی دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

تاریخ دریافت: ۸۴/۸/۱۳ تاریخ پذیرش: ۸۵/۱۰/۱۲

چکیده

آلودگی هوا از پیامدهای فعالیت بشر، به‌ویژه در قرن بیستم است که آثار مستقیم و غیر مستقیمی بر انسان و محیط پیرامون آن دارد. محققان محیط زیست و اکولوژیست‌های انسانی مطالعات زیادی در زمینه تحلیل کمی و پیش بینی آلودگی هوا انجام داده‌اند. سری‌های زمانی یکی از روش‌های مطالعه تغییرات زمانی پدیده‌های طبیعی است. اهمیت مطالعه زمانی آلودگی هوا در تأثیر فصلی آن بر سلامتی انسان است. در این مطالعه، مجموعه زمانی غلظت روزانه SO_2 ، O_3 ، TSP ، NO ، NO_2 ، CO ، CH_4 ، NO_x و $NMVO_C$ ناشی از صنعت پتروشیمی اصفهان مورد بررسی قرار گرفت. توابع خود همبستگی سری‌های مورد مطالعه نشان دادند SO_2 و O_3 با زمان رابطه نداشته و از پدیده‌های کاملاً تصادفی‌اند. نتایج رگرسیون زمانی نیز نشان دهنده تغییرات غیر خطی آلاینده‌ها در طول زمان است که می‌تواند ناشی از آثار فصلی باشد. تابع چگالی طیفی و نمودار تجمعی مقادیر نرمال نیز غیر خطی بودن و نوسان‌های فصلی سری‌های مورد بررسی را نشان داد.

واژه‌های کلیدی: آلودگی هوا-مجموعه زمانی-دینامیک غیرخطی-نوسان‌های فصلی

سرآغاز

زیادی برخوردار است. مطالعه تابع خودهمبستگی امکان بررسی ایستایی زمانی و تغییرات زمانی پدیده‌ها در طول زمان را می‌دهد. Lange و Klemm در سال ۱۹۹۹ نوسانهای SO_2 ، NO_x و O_3 را در آلمان مورد بررسی قرار دادند. هدف آنها از این مطالعه بررسی معنی دار بودن تغییرات این آلاینده‌ها و تشخیص روند این سری‌ها بود. به همین منظور آنها از توابع خود همبستگی و خود همبستگی جزئی به عنوان تابع خطی سری زمانی استفاده کردند. مطالعه نشان داد O_3 دارای نوسانهای فصلی است که تغییرات معنی دار آن در فصل تابستان به علت افزایش نوسان NO_2 است. Chen و همکاران در سال ۱۹۹۸ و Kocak و همکاران در سال ۲۰۰۰ تغییرات سری زمانی از آن را با استفاده از توابع چگالی طیفی و اتو رگرسیون در شهرهای برلین و استانبول بررسی کردند و دریافتند تغییرات سری زمانی از آن به صورت غیرخطی است.

Romanowicz و همکاران در سال ۲۰۰۱ به منظور تحلیل مکانی-

زمانی آلاینده‌های شهر پاریس، مدل‌های سری زمانی NO ، NO_2 و O_3 را در ۱۹ ایستگاه شهر پاریس بررسی کردند و مشخص کردند تغییرات مقادیر اوج NO به طور متوسط هر ۱۱ روز یک بار ایجاد می‌شود. آنها همچنین رابطه همبستگی NO_2 و O_3 را در ۱۰ ایستگاه با مدل رگرسیونی بررسی کردند و دریافتند رابطه همبستگی آنها غیر خطی و چندجمله‌ای

کاربرد آمار در علوم مختلف در چند دهه اخیر به سرعت گسترش یافته است و امروزه تقریباً هیچ محدودیتی در استفاده از تحلیل‌های آماری در علوم مختلف وجود ندارد. یکی از مدل‌های آماری که به بررسی ارتباط زمانی پدیده‌ها مختلف می‌پردازد، سری‌های زمانی است. تحلیل ارتباط زمانی بین انواع مختلف آلودگی هوا به عنوان خطری بالقوه در مناطق شهری امکان پیش‌بینی برنامه‌ریزی کاهش خطر ناشی از تأثیر آلودگی هوا بر سلامتی در بعد زمان می‌دهد. Fletcher و Gouvvia در سال ۲۰۰۰ با استفاده از سری‌های زمانی سه ساله آلاینده‌های SO_2 ، NO_2 و O_3 در شهر سائوپائولو (برزیل) در دوره زمانی ۱۹۹۱-۱۹۹۳، همبستگی سری‌های زمانی را با مرگ کودکان کمتر از ۵ سال بررسی کردند. در این مطالعه همبستگی سری‌های زمانی SO_2 ، NO_2 و O_3 با تغییرات درجه حرارت و رطوبت و نحوه تأثیر آن بر مرگ و میر کودکان کمتر از ۵ سال را مشخص کردند.

مطالعات مشابهی در شهرهای سانتیاگو، Ostro, B., Sanchez, J. M., Aranda, et al. 1996. لندن، Maddison, D. 2004 با نتایج مشابه انجام شده است. علاوه بر مطالعه تأثیر آلودگی بر سلامت عمومی، مطالعه تغییرات آلاینده‌های در طول زمان نیز از اهمیت

متغیرها در نظر گرفته می‌شوند که دارای وابستگی زمانی بین خود هستند.

این وابستگی را معمولاً با واژه "انورگرسیون" بیان می‌کنند. کاربردی‌ترین روش در تعیین وابستگی زمانی پدیده‌ها استفاده از تابع خود همبستگی است. تابع خود همبستگی میزان همبستگی خطی را بین اجزای سری زمانی نشان می‌دهد و در واقع نمودار تغییرات ضریب خود همبستگی با زمان است که از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$r_k = \frac{C_k}{C_0} = \frac{\sum_{t=1}^{N-k} (X_t - \bar{X})(X_{t+k} - \bar{X})}{\sum_{t=1}^N (X_t - \bar{X})^2} \quad (1)$$

r_k ضریب خود همبستگی در تأخیر k و N تعداد مشاهدات هستند. اگر ضرایب خود همبستگی در همان تأخیرهای اول معنی‌دار بودن خود را از دست ندهند، فرآیند ایستا نیست. مفهوم ایستایی آن است که قوانین حاکم بر فرآیند با زمان تغییر نمی‌کنند و در تعادل آماری اند. به عبارت دیگر، در فرآیندهای ایستا، متغیر (در اینجا آلودگی هوا) در زمان‌های t_1 تا t_n و در زمان تأخیر t_1-k تا t_n-k توزیع یکسانی دارد و امید ریاضی متغیر در زمان t و $t-k$ ، یعنی تابع میانگین (μ) برای تمام زمانها ثابت است. چنین وضعیتی برای هر واریانس متغیر مورد نظر نیز برقرار است (Salas, 1993). مدل مناسب دیگری که می‌تواند تغییرات دوره ای متغیر را نشان دهد، تابع چگالی طیفی است. تحلیل سری زمانی با استفاده از تابع چگالی طیفی را "تحلیل فرکانس" نیز می‌نامند. با استفاده از این تحلیل می‌توان ویژگی‌های دوره ای متغیر مورد نظر را بررسی کرد. تابع چگالی احتمالی متغیر X_t به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$f(\lambda) = \frac{1}{2\pi} \sum_{h=-\infty}^{\infty} e^{-ih\lambda} \lambda(h) \quad -\infty < \lambda < \infty \quad (2)$$

که در آن

$e^{i\lambda} = \cos(\lambda) + i\sin(\lambda)$ (3) و $\lambda(h)$ تابع کوواریانس است (Hies, et al. 2000). معمولاً با افزایش h گام تأخیر، دقت تابع اتوکواریانس گام متناظر با آن کاهش می‌یابد. هرچه h به ∞ نزدیک‌تر شود، وزن کمتری دارند و نوسانهای آن هموارتر می‌شود.

هموارسازی تابع چگالی طیفی کمک می‌کند تا حداکثر تناوب مجموعه‌زمانی مورد مطالعه به دست آید. آگاهی از تناوب، یا فرکانس آلودگی هوا به مدیریت بحران و پیش بینی زمان بحرانی شدن آلودگی هوا در ارتباط با سلامتی جامعه کمک می‌کند.

است. Guttorp و Sampson در سال ۱۹۹۹ برای مدل‌سازی و پیش‌بینی آلاینده‌های فتوشیمیایی، Shddick, Wakefield در سال ۲۰۰۱ برای مدل‌سازی زمانی و مکانی آلاینده‌های شهر Bauer و همکاران در سال ۲۰۰۱ به منظور پیش‌بینی حداکثر غلظت ازن در اتریش از مطالعات انجام‌شده‌ای است که در آنها از تحلیل سری‌های زمانی استفاده شده است.

روش و مواد بررسی جمع آوری داده

مجتمع پتروشیمی اصفهان در زمینی به مساحت ۶۰ هکتار به منظور تولید مواد آروماتیک در جنوب غربی اصفهان در مجاورت پالایشگاه اصفهان در سال ۱۳۷۱ تاسیس شد. غلظت آلاینده‌های مختلف هوا در مجتمع پتروشیمی به کمک آنالیزهای دستگاه سیار سنجش ۲۴ ساعته اندازه‌گیری و به کمک دو برنامه Program Acquisition Manager و DOS تحت سیستم عامل DOS ذخیره می‌شود. در این مطالعه از برنامه Program Manager و دستگاه‌های

Fluorescent SO₂ Analyzer, Model 100A

API Model 200A NO_x Analyzer

API Model 300 Carbon Monoxide Analyzer

Beta Attenuation Mass Monitor Model

BAM-1020 Analyzer, O₃ Model M400,

TNMH 451 Analyzer

با دقت ۰/۰۱ استفاده شد. دستگاه‌های اندازه‌گیری در یک کانکس سیار در فاصله ۷۰۰ متری از مجتمع مستقرند. ارتفاع سنسورها از سقف کانکس ۵ متر است. مقدار مونوکسید کربن بر اساس جذب مادون قرمز در طول موج ۴/۵ میکرومتر، غلظت NO_x بر اساس شدت نور Chemiluminescent، غلظت SO₂ بر اساس برانگیخته کردن مولکول SO₂ در محفظه واکنش توسط پرتو ماورای بنفش در طول موج ۲۱۴ نانومتر، غلظت هیدروکربن بر اساس اختلاف پتانسیل ۲۰۰ ولت و جریان الکتریکی بین دو الکترود و غلظت ازن بر اساس میزان جذب ماورای بنفش با طول موج ۲۵۴ نانومتر متناسب با غلظت ازن در نمونه ازن، اندازه‌گیری می‌شوند.

تحلیل سری زمانی

سری زمانی زنجیره‌ای از داده‌های یک پدیده‌است که در فواصل زمانی مساوی اندازه‌گیری می‌شوند. در فرآیند وابسته به زمان، وقوع پدیده‌ای

مدلی که مربع ضریب همبستگی آن بالاتر باشد، برازش بهتری با مجموعه مورد مطالعه دارد.

نتایج

در این مطالعه آمار روزانه ۹ متغیر اندازه‌گیری شده در ایستگاه اندازه‌گیری پالایشگاه اصفهان در سال ۱۳۸۱ مورد استفاده قرار گرفت که تغییرات آنها در شکل شماره (۱) نشان داده شده است. برخی از آماره‌های توصیفی سری‌های اندازه‌گیری شده نیز در جدول شماره (۱) نشان داده شده‌اند. همان‌طور که در جدول می‌بینید CH_4 کمترین تغییرات و NO دارای بیشترین ضریب تغییرات هستند. این موضوع نشان می‌دهد که NO در طول سال دارای بیشترین نوسانهاست، در حالی که تغییرات CH_4 در طول سال ناچیز است.

نحوه ارتباط متغیرهای مورد مطالعه با زمان را می‌توان از طریق برازش یک تابع خطی، یا غیرخطی به مجموعه مورد نظر مطالعه کرد. توابع خطی و غیر خطی را می‌توان به صورت زیر نوشت:

(۴) مدل خطی

$$X_t = b_0 + b_1 t$$

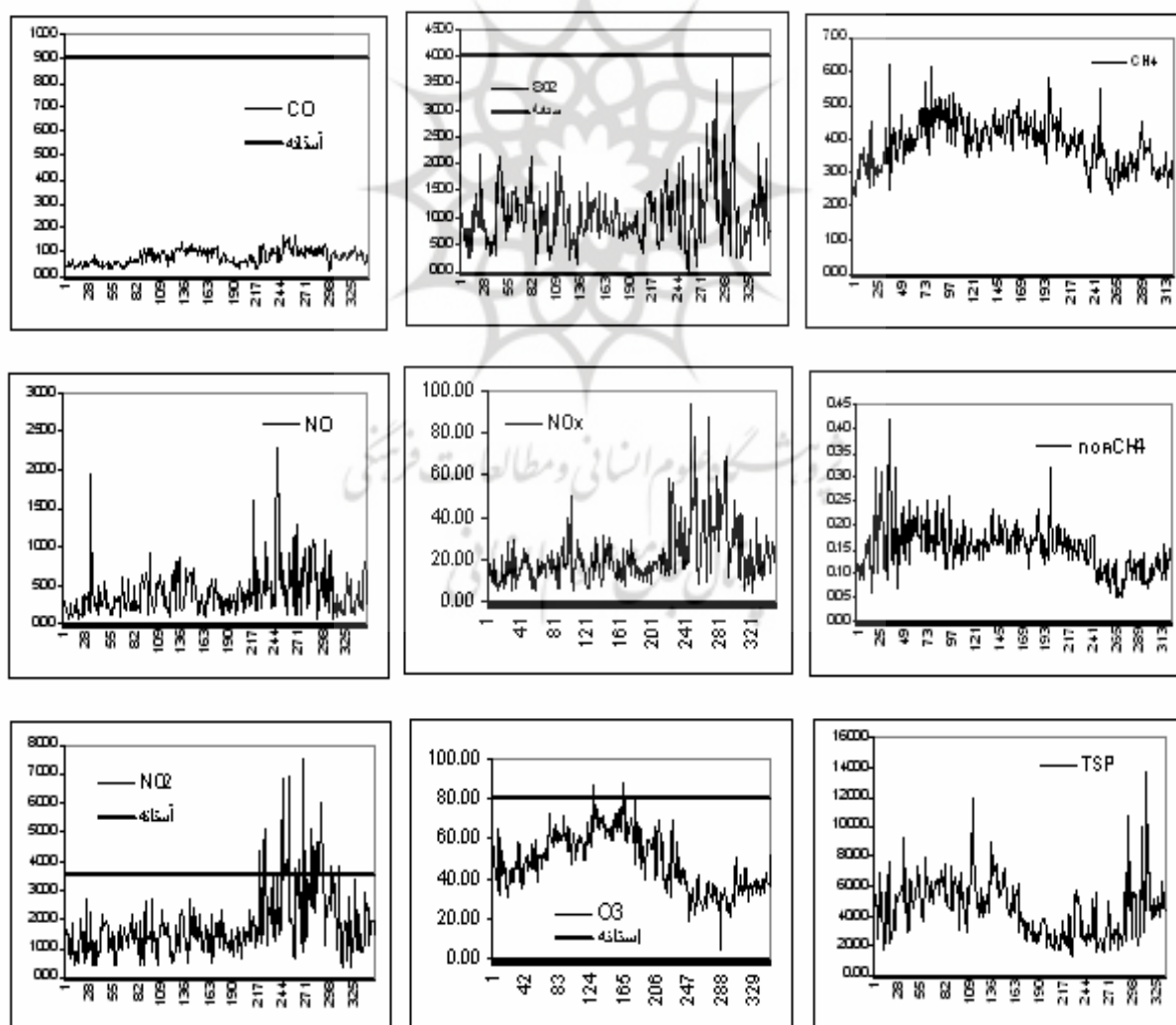
(۵) مدل درجه ۲

$$X_t = b_0 + b_1 t + b_2 t^2$$

(۶) مدل درجه ۳

$$X_t = b_0 + b_1 t + b_2 t^2 + b_3 t^3$$

در اینجا b_i مقدار مشخصه رگرسیون و t زمان است. به منظور یافتن بهترین مدل می‌توان از مربع ضریب همبستگی (R^2) استفاده کرد.



شکل شماره (۱): نمودار مجموعه‌زمانی روزانه مشاهده‌ای آلاینده‌های اندازه‌گیری شده

(محور افقی زمان و محور عمودی مقدار متغیر را نشان می‌دهد.)

جدول شماره (۱): برخی مشخصه‌های آمار توصیفی سری های اندازه گیری شده

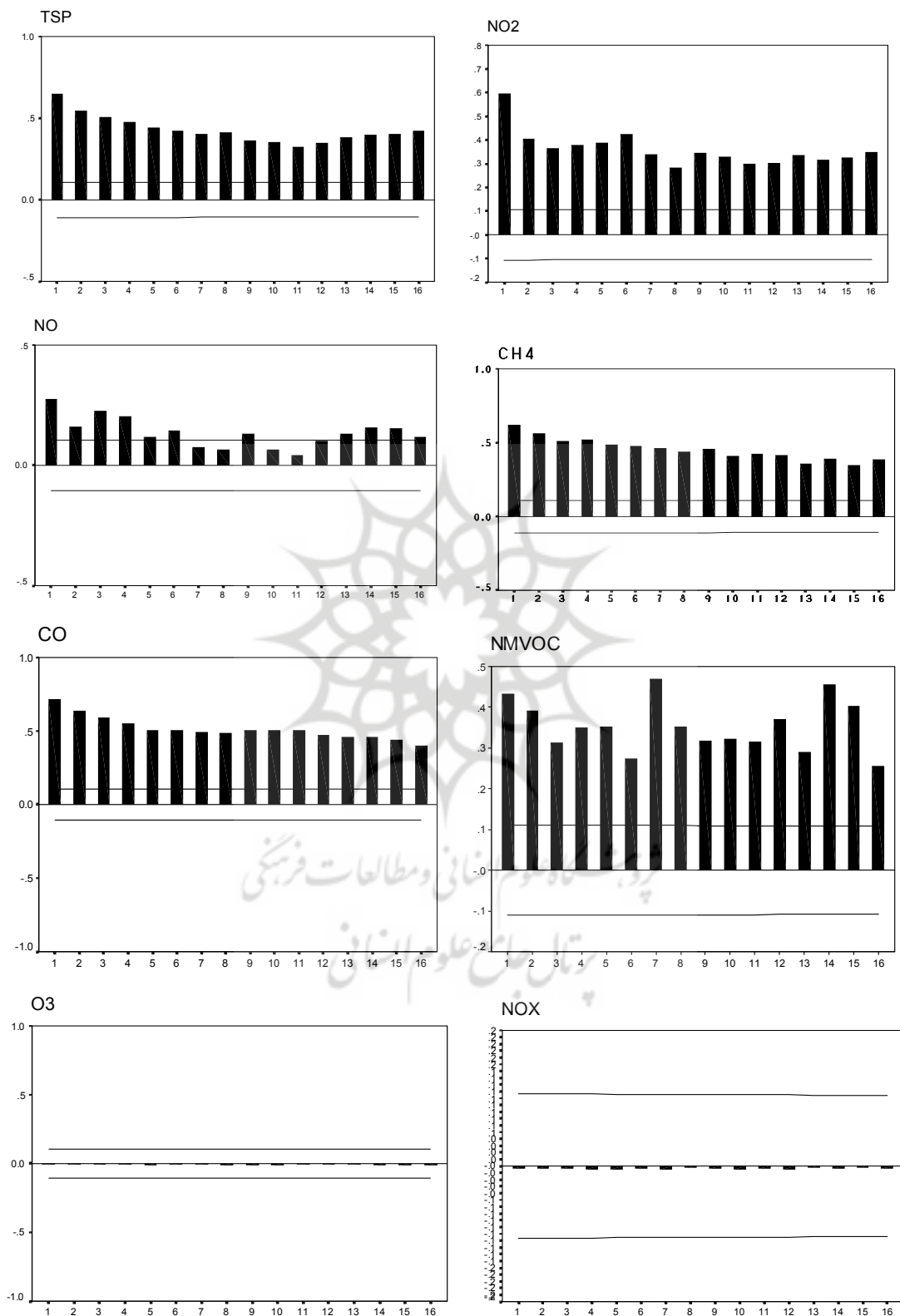
آلاینده	NO ₂	NO	CO	CH ₄	NM _{VOC}	TSP	O ₃	SO ₂	NO _x
	(Ppb)	(Ppb)	(Ppm)	(Ppm)	(Ppm)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	(Ppb)	(Ppb)	(Ppb)
تعداد مشاهدات	۳۵۱	۳۵۰	۳۴۴	۳۲۳	۳۲۳	۳۳۷	۳۵۰	۳۵۰	۳۵۰
حداکثر	۷۵/۲۹	۲۷/۵۵	۱/۷۴	۶/۲۱		۱۳۷/۴	۸۷/۴۷	۳۹/۶۹	۹۴/۹۶
میانگین	۱۷/۵۷	۳/۹۹	۰/۷۸	۳/۸۶	۰/۱۵	۴۴/۶۰	۴۸/۳۸	۱۰/۴۹	۲۱/۴۳
حداقل	۳/۱۵	۰/۶۹	۰/۲۳	۲/۳۰	۰/۰۵	۱۲/۴۴	۳/۴۶	۰/۴۱	۴/۵۳
انحراف معیار	۱۰/۷۵	۲/۸۲	۰/۲۹	۰/۷۲	۰/۰۵	۱۸/۷۳	۱۴/۰۷	۵/۵۷۹	۱۲/۸۳
ضریب تغییرات	۶۱/۱۸	۷۰/۶۸	۳۷/۱۸	۱۸/۶	۳۳/۳۳	۴۲/۰	۲۹/۱	۵۳/۱۸	۵۹/۸۷

به منظور تعیین آلاینده‌هایی که تغییرات آن با زمان ارتباط دارند، تابع خود همبستگی آنها با استفاده از نرم افزار SPSS ترسیم شد (شکل شماره ۲). در شکل سه متغیر O₃، SO₂ و NO_x مستقل از زمان هستند، زیرا که ضرایب خود همبستگی در آنها از حدود اطمینان کمتر است. سایر آلاینده ها نیز هیچ کدام ایستا نیستند و تغییرات آنها در طول سال به سمت یکنواخت شدن، یا ثابت شدن حرکت نمی‌کند.

به منظور تعیین و برازش رابطه زمانی آلاینده‌هایی که با زمان ارتباط دارند، انواع توابع خطی و غیر خطی به سری‌های مورد مشاهده برازش داده شد که (جدول شماره ۲) بهترین توابع برازش شده بر اساس R^۲ و مشخصه‌های این معادلات را در سطح ۰/۰۱ نشان می‌دهد. همان‌طور که این جدول نشان می‌دهد تغییرات آلاینده ها در طول زمان از توابع غیرخطی تبعیت می‌کنند که نشان‌دهنده ماهیت دینامیک آنها در زمان‌های متفاوت است.

جدول شماره (۲): رابطه رگرسیون زمانی برازش داده شده به آلاینده های مورد مطالعه

آلاینده	رابطه	R ²	F	B0	B1	B2	B3
NO ₂	چند جمله ای درجه ۳	۰/۲۵۴	۳۹/۳۱	۱۶/۵۳	-۰/۲۱	۰/۰۰۲	۴×10^{-۶}
NO	توانی	۰/۰۱	۳۸/۰۴	۱/۲۲	۰/۲	-	-
CO	چند جمله ای درجه ۳	۰/۲۷۵	۴۲/۹۳	۰/۳۵	۰/۰۰۵	۲×10^{-۵}	$۱/۴ \times 10^{-۸}$
CH ₄	چند جمله ای درجه ۳	۰/۴۶۷	۹۲/۹۵	۲/۶۹	۰/۰۳۵	-۰/۰۰۰۲	۳×10^{-۷}
NM _{VOC}	چند جمله ای درجه ۳	۰/۲۸۳	۴۱/۸۸	۰/۱۳۶	۰/۰۰۱	-۷×10^{-۶}	۱×10^{-۸}

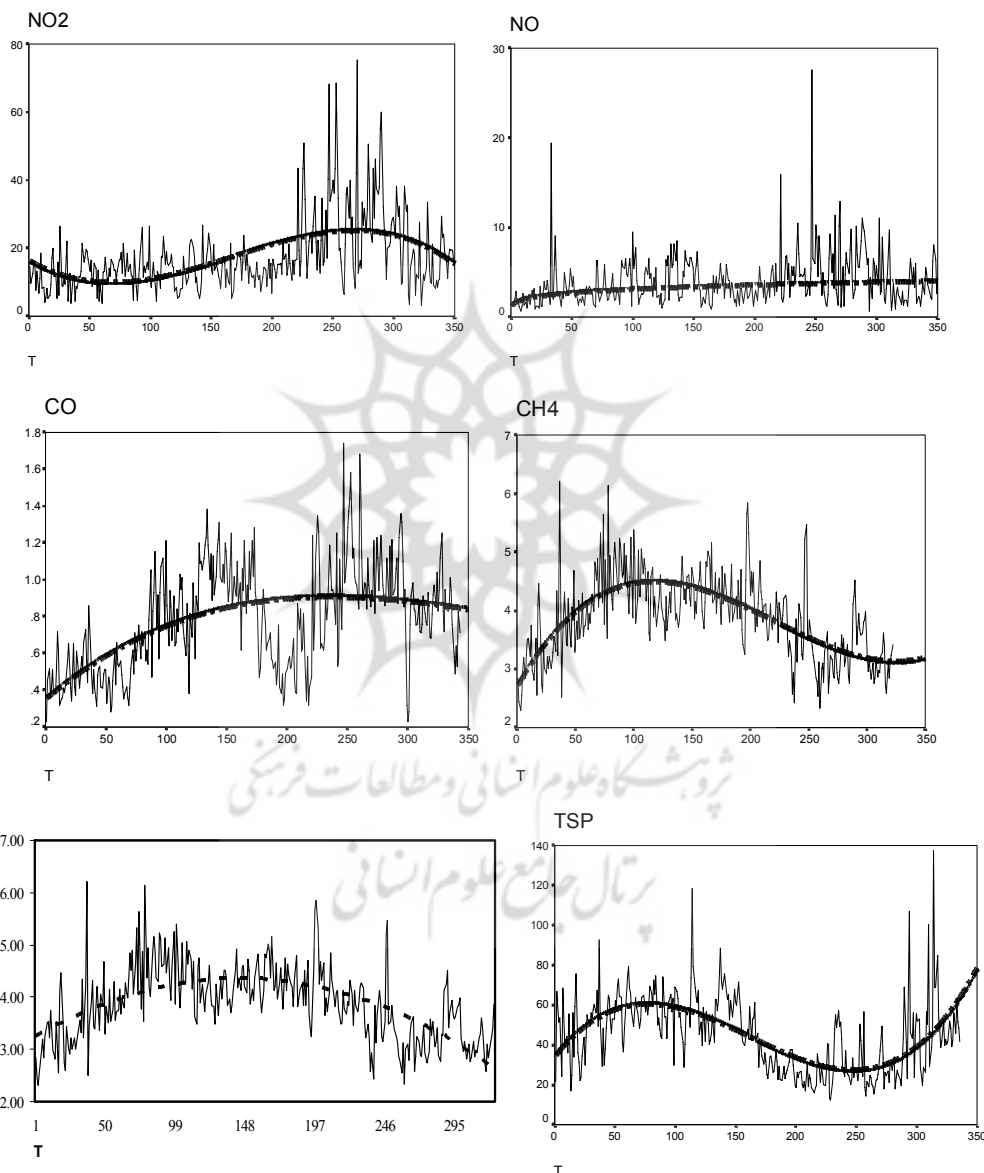


شکل شماره (۲): تابع خود همبستگی مجموعه‌زمانی روزانه مشاهده شده

(محور عمودی ضریب خود همبستگی و محور افقی تأخیر را نشان می‌دهد. خطوط موازی حدود اطمینان ۹۵ درصد را نشان می‌دهند.)

اطراف ایستگاه اندازه گیری باشد و نتایج تابع خود همبستگی نیز این را تأیید می‌کند. شکل شماره (۳) منحنی برازش داده شده به هر یک از سری‌ها را نشان می‌دهد.

به عبارت دیگر نوسانات آلاینده های هوا به طور یکنواخت در طول سال توزیع نشده‌اند. این موضوع می‌تواند ناشی از افزایش یا کاهش فعالیت منبع آلوده کننده هوا و اثر تغییرات جوی مانند باد در مقطعی از سال در کاهش یا افزایش غلظت آلاینده‌ها در



شکل شماره (۳): توابع رگرسیونی برازش داده شده به سری‌های مشاهده ای

(محور افقی زمان و محور عمود غلظت گاز سمی است)

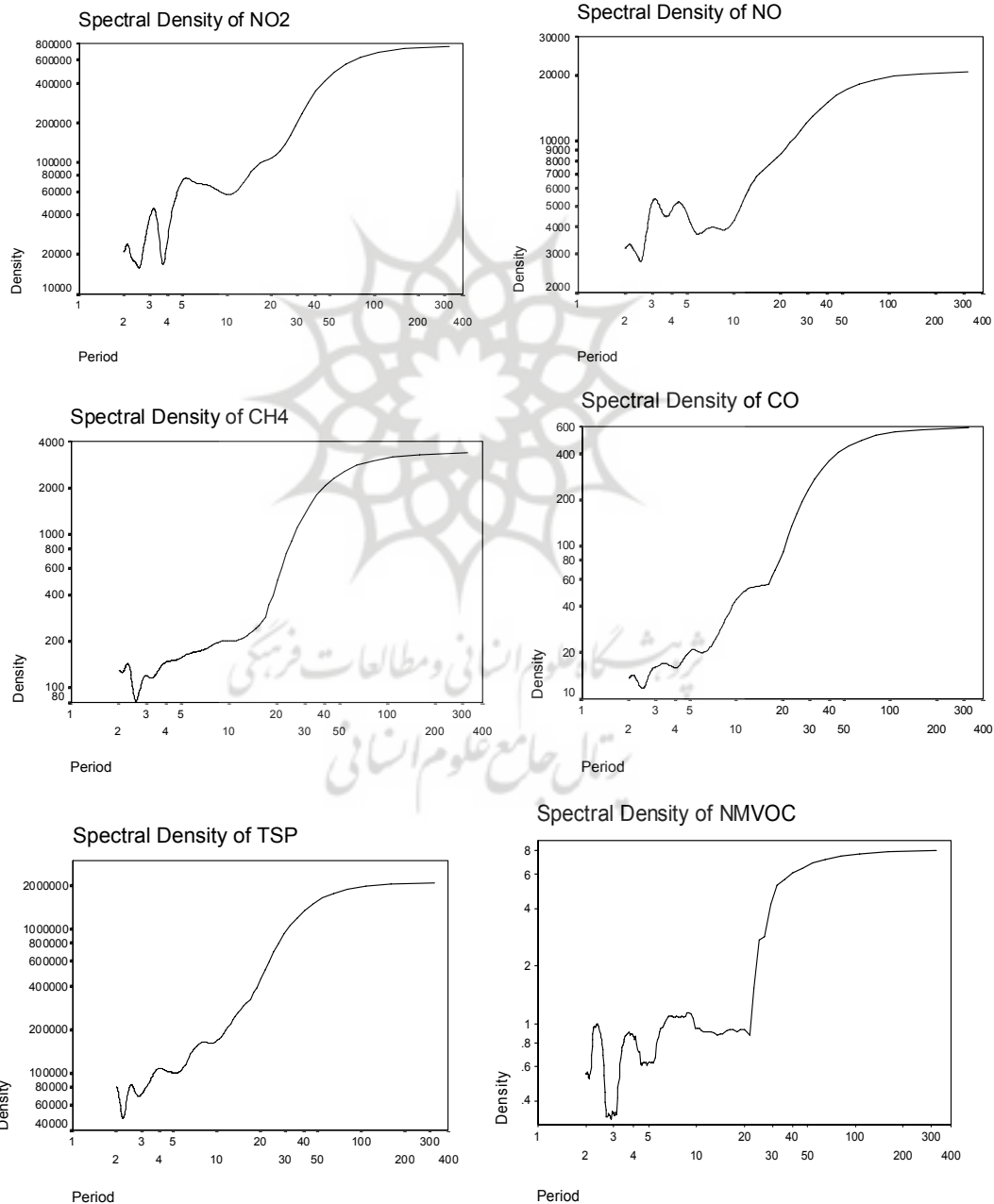
یک دوره بلند مدت ۴۰ روزه به چشم می‌خورد. دوره گردشی ۳۰-۴۰ روزه در اغلب آلاینده ها به چشم می‌خورد که نشان دهنده تغییرات فصلی سری‌های مورد مشاهده است. به عبارت دیگر تغییرات آلاینده‌های مورد مشاهده در فصول مختلف سال یعنی فصول بهار،

تاب چگالی طیفی سری‌های مورد مشاهده نیز وجود چرخه‌هایی بادوره گردشی کوتاه در سری‌های روزانه دارد (Hies, et al., 2000). شکل شماره (۴) توابع چگالی طیفی آلاینده های مورد مطالعه را نشان می‌دهد. به عنوان مثال در مورد NO_2 دوره‌های کوتاه ۲، ۳، ۶ روزه و

$$Z = \frac{X_i - \bar{X}}{\sigma} \quad (7)$$

که در آن X_i مقدار متغیر در زمان i ، \bar{X} میانگین متغیر و σ معیار است. مقدار نرمال شده Z نشاندهنده انحراف از میانگین است. مقادیر مثبت Z نشان دهنده بالا بودن مقدار متغیر نسبت به میانگین و در نتیجه خطرناک بودن آلاینده به لحاظ تولید یا تشدید بیماری‌های مرتبط با آن آلاینده است.

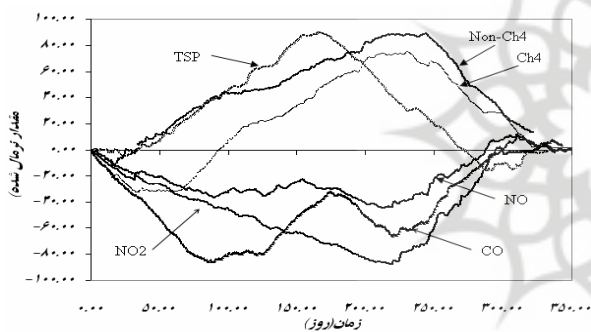
تابستان، پائیز و زمستان متفاوت از یکدیگر است که نشان دهنده تأثیر نوسانات آب و هوایی در فصول مختلف سال است. همبستگی بین آلاینده‌های مختلف نیز می‌تواند غیر خطی بودن تغییرات آنها را به دنبال داشته باشد (Salcedo, et. al, 1999). جدول شماره (۳) ضریب همبستگی بین آلاینده‌های مختلف را نشان می‌دهد. نتیجه بر هم کنش آلاینده‌ها در طول زمان را می‌توان در قالب مقادیر تجمعی نرمال شده نشان داد. مقدار نرمال از رابطه زیر بدست می‌آید:



شکل شماره (۴): توابع چگالی طیفی با گام h بالا، برازش داده شده به سری‌های مشاهده‌ای (محور افقی پریود و محور عمودی چگالی تابع طیفی را نشان می‌دهد)

جدول شماره (۳): ماتریس همبستگی بین آلاینده های مختلف (**و** معنی داری در سطح ۹۵ و ۹۹ درصد)

	SO2	NO2	NOX	NO	CO	O3	CH4	NMVO	TSP
SO2	۱								
NO2	۰/۳۰	۱							
NOX	*۰/۲۵	*۰/۹۶	۱						
NO	*۰/۱۲**	*۰/۶۵	*۰/۷۷	۱					
CO	-۰/۰۲	*۰/۴۶	*۰/۴۹	*۰/۴۵	۱				
O3	-۰/۱۷*	-۰/۴۸*	-۰/۴۵*	-۰/۲۰*	-۰/۰۴	۱			
CH4	-۰/۰۸	-۰/۱۶	-۰/۱۶**	۰/۰۳	-۰/۰۱	۰/۵۲	۱		
NONCH4	-۰/۰۶	-۰/۳۱*	-۰/۳۱*	-۰/۱۷*	-۰/۲۳*	*۰/۴۲	*۰/۴۳	۱	
TSP	۰/۰۱	-۰/۲۰*	-۰/۱۵*	۰/۰۱	-۰/۰۱	*۰/۲۸	*۰/۲۰	۰/۱۶	۱



شکل شماره (۶): نمودار تجمعی متغیر نرمال شده آلاینده های مورد مطالعه

بحث و نتیجه گیری

در این مطالعه مجموعه زمانی چند نوع آلاینده ناشی از صنعت پتروشیمی مورد تحلیل قرار گرفت. نمودار تجمعی مقادیر نرمال شده، رابطه فصلی، تغییر غلظت آلاینده های مختلف در فصول تابستان و زمستان را نشان می دهد.

همچنین تابع چگالی، وجود چرخه های کوچک چند روزه در غلظت آلاینده ها است که این نوسانها باید در آینده با دقت بیشتری ارزیابی شوند.

همچنین با توجه به ماهیت غیرخطی تغییرات آلودگی هوا، باید مدیریت آلودگی هوا به طرف استفاده از مدل های مناسب برای پیش بینی رفتار آلودگی هوا حرکت کند.

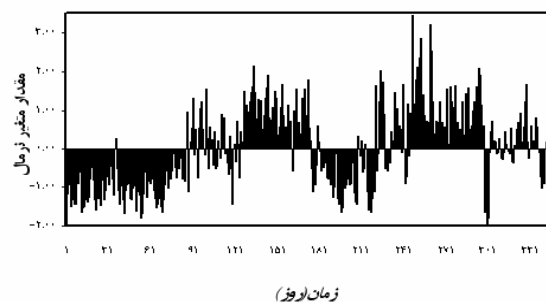
مدل های سری زمانی دارای توانایی پیش بینی، گزینه مناسب در این زمینه اند. روابط آماری و همبستگی زمانی و مکانی آلاینده های مختلف نشان می دهد بدون بررسی و مدیریت توأم آلاینده های

به عنوان مثال شکل شماره (۵) مقادیر متغیر نرمال شده را برای CO نشان می دهد همان طور که در این شکل مشاهده می شود، مقادیر بالاتر میانگین در تابستان و زمستان رخ داده است. با این حال این نمودار امکان مقایسه آلاینده های مختلف با یکدیگر و زمان را نشان نمی دهد. به منظور مقایسه تغییرات زمانی آلاینده از شاخص تجمعی نرمال شده که از تجمع زمانی مقدار Z به دست آمده، استفاده می شود (شکل شماره ۶).

در این شکل تغییرات متغیرهای CH₄، NMVOC و TSP در یک زمینه حرکت می کنند. به عبارت دیگر این متغیرها در طول سال ابتدا افزایش و سپس کاهش می یابند.

جدول مربوط به ماتریس ضریب همبستگی نیز رابطه مثبت و معنی داری بین این متغیرها را نشان می دهد. از طرف دیگر متغیرهای CO، NO و NO₂ رابطه زمانی عکس را با سه متغیر اول دارند. ضرایب همبستگی نیز این موضوع را تأیید می کنند.

با این وجود می توان گفت همبستگی بین آلاینده هایی که از نظر شیمیایی ماهیت یکسانی دارند، طبیعی به نظر می رسد.



شکل شماره (۵): نمودار مقادیر نرمال سری زمانی CO

و برنامه‌ریزان کمک می‌کند تا در زمان‌های بحرانی بتوانند راهکار مناسب را ارائه کنند.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از مسئول محترم آزمایشگاه شرکت پتروشیمی اصفهان و مساعدت سرکار خانم نصوحی در تهیه داده‌ها تشکر و قدردانی می‌شود.

مختلف، نمی‌توان به مدیریت مناسبی برای کاهش آلودگی هوا و خطرهای ناشی از آن دست یافت.

بهتر است با افزایش دستگاه‌های اندازه‌گیری آلودگی هوا و ثبت غلظت هر یک از آلاینده‌های هوا بصورت ساعتی، روزانه، ماهانه و سالانه نسبت به جمع‌آوری اطلاعات مربوط به تغییرات آنها در هر مقطع زمانی - مکانی خاص که با سلامتی جامعه و اکوسیستم در ارتباط است اقدام کرد. جمع‌آوری و تحلیل اطلاعات مربوطه به مدیران

منابع مورد استفاده

Bauer, G., Deistler, M., Scherrer, W. 2001. Time series models for short term forecasting of Ozone in the eastern part of Austria, *Environmetrics*, 12, 117-130.

Chen, J. L., Islam, S., Biswas, P. 1998. Nonlinear dynamics of hourly Ozone concentration, nonparametric short term prediction. *Atmospheric environment*, 32: 1839-1846.

Feldstein, M. 1995. Regulation for the control hydrocarbon emission from stationary sources: a critical review. *Journal of the air pollution control association*. 17:469-478.

Gouvvia, N. and Fletcher, I. 2000. Time series analysis of air pollution and mortality: effects by causes, age and socioeconomic status. *J. Epidemiology community health*, 54: 750-755.

Hies, T., et al. 2000. Spectral analysis of air pollutants. Part 1: elemental carbon time series. *Atmospheric environment*, 34: 3495-3502

Klemm, O., Lange, H. 1999. Trends of air pollution in the Fichtelgebirge Mountains, Bavaria, *Environ. Sci. & Pollut. Res.*, 6 (4), 193-199.

Kocak, K., Saylan L., Sen, O. 2000. Nonlinear time series prediction of O₃ Concentration in Istanbul, *Atmospheric Environment*, 34: 1267-1274.

Maddison, D. 2004. Air pollution and hospital admissions an ARMAX modelling approach. *Journal of environmental economics and management*, 4: 360-376.

McKee, D. J., et al. 1993. Health effects associated with ozone and nitrogen dioxide exposure. *Water, Air and Soil Pollution*, 67: 11-35.

Ostro, B., et al.1996. Air pollution and mortality; results from a study at Santiago, Chile, J. Expo. Anal. Environ. Epidemiol, 6, 97-114.

Romanowicz,R.J.,et al.2001. Methodological developments regarding extraction of anthropogenic signals from networks of monitoring stations. Impact Deliverable 14, Lancaster University, Lancaster.

Sampson, P. D., Guttorp, P.1999. Operation evaluation of air quality models, Proceedings Environmental Statistics: Analysing data for Environmental Policy, Novartis Foundation Symposium 220, 33-58, Wiley, Chichester, UK.

Salas, J. D. 1993. Analysing and modeling of hydrologic time series, In: D. R. Maidment (ED) Handbook of hydrology, Mc Graw Hill, New York, 19.1-19.72.

Salcedo, R.L.R.,et al. 1999. Time-series analysis of air pollution data. Atmospheric environment, 33: 2361-2372.

Shddick, G. Wakefield, J.2001. Modeling daily multivariate pollutant data at multiple sites, J. of Statistics, 14(2): 256-268.

