



ستاد احیای دریاچه ارومیه



دانشگاه صنعتی شریف
مرکز تحقیقات سنجش از دور (RSRC)

ارزیابی آماری و مکانی ارتباط بین پارامترهای هواشناسی (میانگین سرعت باد و بارندگی سالیانه) و خصوصیات گردوغبار (شدت عمق اپتیکی و فراوانی وقوع آن) در حوضه دریاچه ارومیه

بهمن ۱۳۹۳

بسمه تعالی

کارگروه ملی نجات دریاچه ارومیه

دفتر برنامه‌ریزی و تلفیق ستاد احیای دریاچه ارومیه

ارزیابی آماری و مکانی ارتباط بین پارامترهای هواشناسی (میانگین

سرعت باد و بارندگی سالیانه) و خصوصیات گردوغبار (شدت عمق

اپتیکی و فراوانی وقوع آن) در حوضه دریاچه ارومیه

تهیه کننده:

مرکز تحقیقات سنجش از دور دانشگاه صنعتی شریف

نویسندگان

نیما کریمی

-

بهمن ۱۳۹۳

۱	عنوان سند	ارزیابی آماری و مکانی ارتباط بین پارامترهای هواشناسی (میانگین سرعت باد و بارندگی سالیانه) و خصوصیات گردوغبار (شدت عمق اپتیکی و فراوانی وقوع آن) در حوضه دریاچه ارومیه	
۲	بندهای شرح خدمات (عنوان قرارداد (B Nazanin 14))	عنوان فعالیت	شماره بند
		عنوان بخش قرارداد	شماره بند
۳	کد سند	OC11RN9311018	
۴	تهیه کننده	مرکز تحقیقات سنجش از دور دانشگاه صنعتی شریف	
۵	نویسندگان	نیما کریمی	
۶	تأیید کننده		
۷	تصویب کننده		
۸	محتویات سند	در این گزارش ارتباط بین پارامترهای اقلیمی نظیر بارندگی و باد با عمق اپتیکی غبار و همچنین فراوانی وقوع غبار در منطقه آذربایجان شرقی و غربی مورد بررسی قرار گرفته است. بدین منظور از داده‌های ایستگاههای سینوپتیک مستقر در دو استان و داده‌های میزان عمق اپتیکی گرد و غبار بدست آمده به وسیله سنجنده مودیس نصب شده بر روی ماهواره TERRA استفاده شده است.	
۹	کلمات کلیدی	حوضه دریاچه ارومیه- سرعت باد- بارش- میانگین عمق اپتیکی- فراوانی وقوع غبار	
۱۰	نوبت ویرایش	نهایی	
۱۱	تاریخ نشر	بهمن ۱۳۹۳	
۱۲	ضمائم	-	
۱۳	نوع تکثیر گزارش	طبقه بندی گزارش	نحوه دسترسی
	مجاز <input checked="" type="checkbox"/> غیرمجاز <input type="checkbox"/>	داخلی <input type="checkbox"/> به کارفرما (براساس قرارداد) <input checked="" type="checkbox"/>	محدود <input type="checkbox"/> نامحدود <input checked="" type="checkbox"/>

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

پیش‌گفتار

قرارگیری دریاچه ارومیه در آستانه بحرانی زیست‌محیطی در مقیاس بین‌المللی در سال‌های منتهی به سال ۱۳۹۲ شمسی و مطالبات مردم شریف منطقه، هیأت محترم وزیران را بر آن داشت که در اولین جلسه خود در دولت یازدهم، طی مصوبه شماره ۴۹۵۰۳/۱۱۱۱۴۶ مورخ ۱۳۹۲/۰۵/۲۸، تشکیل کارگروه نجات دریاچه ارومیه را به تصویب رسانند که پس از بررسی‌های گروه‌های کارشناسی، ۱۹ طرح اولویت‌دار جهت نجات دریاچه ارومیه در جلسه ۱۳۹۲/۰۷/۱۶ کارگروه نجات دریاچه ارومیه تصویب گردید.

به منظور تمرکز و تسریع در روند اقدامات مرتبط با احیای دریاچه ارومیه، پیشنهاد تشکیل «کارگروه ملی نجات دریاچه ارومیه» در جلسه مورخ ۱۳۹۲/۱۱/۰۲ هیأت محترم وزیران مطرح و به موجب اختیارات اصل ۱۳۸ قانون اساسی، طبق مصوبه شماره ۴۹۵۰۳/۱۷۰۰۹۲ مورخ ۱۳۹۲/۱۱/۱۲، مقرر گردید که ریاست کارگروه بر عهده معاون اول محترم رئیس‌جمهور باشد و جناب آقای دکتر عیسی کلانتری به عنوان دبیر کارگروه و مدیر اجرایی احیای دریاچه ارومیه تعیین گردیدند. ۷ وزیر، ۲ معاون رئیس‌جمهور و ۳ استاندار حوضه آبریز نیز به عنوان اعضای این کارگروه معرفی شدند.

در گام بعدی، ستاد احیای دریاچه ارومیه ضمن ایجاد کمیته‌های تخصصی شش‌گانه، ۲۰ کارگروه تخصصی، انجام مطالعات تطبیقی و ایجاد شوراهای منطقه‌ای، ضمن برگزاری ۹۸ جلسه متنوع کارشناسی و مدیریتی و بهره‌گیری از نظرات بیش از ۷۵۰ نفر از متخصصان داخلی و بین‌المللی در بازه زمانی ۱۳۶ روزه (از ۱۳۹۲/۱۱/۰۲ تا ۱۳۹۳/۰۳/۱۷)، اقدام به تدوین و اجرای یک نقشه راه جامع در راستای احیای دریاچه ارومیه نمود که نقشه راه مذکور در جلسه مورخ ۱۳۹۳/۰۴/۰۸ به ریاست رئیس‌جمهور محترم جناب آقای دکتر روحانی، ارائه و مورد تصویب قرار گرفت و دستور شروع عملیات اجرایی راه‌کارهای مصوب توسط ایشان صادر گردید. کارگروه ملی نجات دریاچه ارومیه نیز طی مصوبه شماره ۴۹۵۰۳/۵۷۵۴۲ مورخ ۱۳۹۳/۰۵/۲۵ به طور رسمی مسئولیت مطالعه و طراحی طرح نجات دریاچه ارومیه را به دانشگاه صنعتی شریف سپرد.

در کنار دستاوردهای میدانی متعدد حاصل از طرح ملی نجات دریاچه ارومیه از جمله قرار گرفتن دریاچه در مسیر احیای پایدار و رفع مخاطرات بهداشتی و سلامتی، نقش محوری دانشگاه‌های ملی و استانی در کلیه امور مطالعه و پایش، شاخصه‌ای کم‌نظیر در پروژه بوده که توانسته است ضمن خلق تعاملی پویا و چندسویه با دستگاه‌های اجرایی، روح اقدامات علمی-پژوهشی را در کالبد همه پروژه‌های ذیل طرح، جاری نمایند.

لذا با هدف شفاف‌سازی اقدامات مطالعاتی و پژوهشی انجام شده و نیز به منظور فراهم شدن امکان استفاده مجامع علمی در رشته‌های مختلف دانشگاهی از آب (هیدرولوژی، آب زیرزمینی، هیدرولیک و هیدرودینامیک)، محیط‌زیست، اکولوژی و لیمنولوژی گرفته تا اقتصاد و جامعه‌شناسی از دانش بومی تولید شده در این طرح ملی، کلیه مطالعات انجام شده توسط دبیرخانه کارگروه در کتابخانه مرکزی دانشگاه صنعتی شریف در دسترس پژوهشگران محترم قرار گرفته است. یقیناً تدارک مطالعه و پژوهش در این منابع بومی ارزشمند که حاصل سال‌ها تلاش مجدانه محققان تراز اول داخلی و بین‌المللی بوده، سرآغازی خواهد بود برای تداوم نهضت علمی شکل گرفته و به زودی با بروز جهشی علمی در بستر استثنایی پدید آمده، شاهد شکوفا شدن برکات این گردش آزاد اطلاعات در اقصی نقاط کشور خواهیم بود.

کلیه تعبیر، نتایج و تفاسیری که در این اثر ذکر شده‌اند، محصول تلاش‌های نویسندگان (یا نویسندگان) آن بوده و لزوماً منعکس‌کننده دیدگاه‌های دبیرخانه کارگروه ملی نجات دریاچه ارومیه نیست. لذا مسئولیت صحت کلیه اطلاعات و نتایجی که توسط این اثر در دسترس عموم قرار می‌گیرد، به عهده نویسندگان (یا نویسندگان) آن می‌باشد.

چکیده

در سال‌های اخیر با توجه به پسروی دریاچه ارومیه، پدیده غبارزایی در نواحی خشک شده آن به یک بحران منطقه-ای تبدیل شده است. به همین دلیل شناسایی کانون‌های تشکیل دهنده غبار در این منطقه و بررسی نحوه ارتباط آن‌ها با پارامترهای هواشناسی و نحوه نوسان‌های آن‌ها برای کنترل هرچه بهتر شرایط برای انجام اقدامات پیشگیرانه و هشدار به موقع طوفان‌های گرد و غبار بسیار مهم و حیاتی است. در این راستا داده‌های سرعت باد میانگین ماهانه از ۱۳ ایستگاه و در بازه زمانی ۲۰۰۰ الی ۲۰۱۰ و داده‌های مجموع بارندگی ماهانه از ۱۷ ایستگاه و دوره زمانی ۲۰۰۰ الی ۲۰۱۳ از ایستگاه‌های سینوپتیک استان‌های آذربایجان شرقی و غربی مورد استفاده قرار گرفت. از طرف دیگر نقشه‌های میانگین عمق اپتیکی و فراوانی وقوع ریزگردهای این استان‌ها در سال‌های ۲۰۰۱، ۲۰۰۵، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۳ با استفاده از محصولات ماهواره MODIS استخراج گردید. با استفاده از روش‌های مرسوم درون‌یابی (IDW)، نقشه‌های میانگین سرعت باد و مجموع بارندگی (به صورت فصلی و سالانه) در سال‌های منتخب بدست آمده و همبستگی آن‌ها با پارامترهای عمق اپتیکی گرد و غبار و میزان فراوانی وقوع بررسی گردید. نتایج حاکی از آن است که منحصراً همبستگی قابل ملاحظه و شاخصی بین باد و غبار و همچنین بین داده‌های بارندگی و غبار وجود ندارد. بیشترین همبستگی بین میانگین سرعت باد و پارامترهای غبار در حدود ۵ الی ۴۰ درصد بوده که یک همبستگی مثبت هست و همبستگی بین مجموع بارندگی سالانه و پارامترهای غبار بسیار ناچیز بوده و یک همبستگی منفی می‌باشد. همچنین بررسی مکانی این داده‌ها نشان داد که عموماً شدت غبار و فراوانی وقوع در منطقه، منطبق با پدیده‌های هواشناسی (مجموع بارندگی و میانگین سرعت باد) نمی‌باشد و دلیل این امر نیز شاید به این خاطر است که پارامترها به صورت فصلی و سالانه بررسی شده‌اند ولی همزمانی رخداد آن‌ها (غبار و پارامترهای هواشناسی) و همچنین همزمانی رخداد پارامترهای هواشناسی (میانگین سرعت باد و مجموع بارندگی)، در این بررسی بدست نیامده است، که در این صورت امکان دارد میزان عمق اپتیکی سالانه عدد بزرگی باشد و هم میزان بارندگی بالا باشد که به صورت همزمان اتفاق نیفتاده است و به این صورت بررسی متقابل این پارامترها، همبستگی مورد انتظاری را پدید نیاورد. با توجه به نکات گفته شده، باید خاطر نشان کرد که اولاً تنها دو پارامتر از تمامی پارامترهای هواشناسی مورد بررسی قرار گرفته است، این در حالی است که فاکتورهایی که در تولید غبار نقش دارند، بسیار زیاد هستند (همانند دمای هوا، مقدار رطوبت هوا، فشار هوا، دمای سطح زمین و.....)، لذا نمی‌توان تمامی تغییرات

وضعیت غباری را ناشی از میزان نوسانات بارندگی و میانگین سرعت باد دانست. دوماً عدم ارتباط بین این دو شاخص با عمق اپتیکی می‌تواند ناشی از این مسأله باشد که بیشتر غبارهای منطقه مربوط به کانون‌های خارج از منطقه و به خصوص عراق و سوریه نشأت گرفته است، بنابراین طبیعی است که ارتباطی بین پارامترهای هواشناسی و عمق اپتیکی در مناطقی که خارج از کانون‌های غبار قرار دارند، نباشد.

کلیدواژه‌ها: "سرعت باد" "مجموع بارندگی" "همبستگی" "میانگین عمق اپتیکی" "فراوانی وقوع" "ایستگاه‌های

سینوپتیک

فهرست مطالب

- ۱- مقدمه ۱
- ۲- مرور ادبیات فنی ۳
- ۳- روش کار ۱۱
- ۴- نتایج ۱۳
 - ۴-۱- تحلیل آماری ۱۳
 - ۴-۱-۱- سرعت باد و گرد و غبار ۱۳
 - ۴-۱-۲- بررسی پارامتر هواشناسی بارندگی و پارامتر غبار ۴۵
 - ۴-۲- تحلیل مکانی ۵۶
- ۵- بحث و نتیجه گیری ۶۱
- ۶- مراجع ۶۷

فهرست اشکال

- شکل ۱- میزان همبستگی بین پارامتر سرعت باد و عمق اپتیکی گرد و غبار و ضریب α در سایت ساحل شرقی دریای مدیترانه ۴
- شکل ۲- میزان نوسان نرخ بارندگی (میلیمتر بر ساعت) در شرایط هوایی صاف (خط ممتد قرمز) و آلوده (خط سبز). ۵
- شکل ۳- مقایسه بین فراوانی وقوع روزهای غباری و میزان بارندگی از ماه جولای سال ۲۰۰۳ تا ماه ژوئن سال ۲۰۰۴ در ایستگاه HOTAN ۶
- شکل ۴- سیر زمانی نوسان در شاخص غبار و میزان بارندگی در ایستگاه Bange از ماه ژانویه تا آوریل در دوره زمانی ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۰ میلادی ۶
- شکل ۵- سری زمانی از میانگین سالانه میزان تبخیر و نوسان آن در قسمت شمال غرب چین، روزهای طوفان غبار و بارندگی از سال ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۰ میلادی در حوضه ی Tarim ۷
- شکل ۶- میانگین زمانی در بازه ی ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۸ برای عمق اپتیکی غبار و نرخ بارندگی برای ماه های ژوئن، جولای و آگوست ۸
- شکل ۷- نوسان ماهانه ی میزان عمق اپتیکی گرد و غبار و بارندگی برای منطقه Madurai در سالهای ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹ ۹
- شکل ۸- نواحی مورد مطالعه در قسمت شرقی چین که شامل جزایر شرقی نیز می شود. نواحی شمال شرقی (NE)، دشت شمالی چین (NCP)، نواحی میانی چین (MC)، نواحی جنوبی چین (SC)، دریای زرد (YS)، دریای شرق (ES) و دریای جنوبی چین (SS) ۹
- شکل ۹- ارتباط بین شعاع موثر ابر (CER) و میانگین عمق اپتیکی غبار (AOD) در ۷ منطقه ی مشخص شده در شرق چین. داده های AOD و CER در هر ۳۰۰ نقطه میانگین گیری شده است. R ضریب همبستگی بین این دو پارامتر و S شیب خط برازشی را نشان می دهد. ۱۰
- شکل ۱۰- نوسان میزان عمق اپتیکی استخراج شده از سنجنده (modis) و نرخ بارندگی (میلیمتر بر ساعت) ۱۱
- شکل ۱۱- میزان pm10 در برابر رطوبت نسبی برای سرعت باد بالای ۴ متر بر ثانیه در ایستگاه Green Valley برای سال ۲۰۱۱ ۱۲

- شکل ۱۱- نوسان میانگین سرعت باد سالانه برای محدوده زمانی بین ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ در ایستگاههای الف- ارومیه
ب- سلماس ج- تبریز د- مراغه ۱۴
- شکل ۱۲- همبستگی بین داده‌های میانگین عمق اپتیکی و سرعت باد مربوط به فصل بهار در سال الف- ۲۰۰۱ ب-
۲۰۰۵ ج- ۲۰۰۹ د- ۲۰۱۳ ۱۷
- شکل ۱۳- همبستگی بین داده‌های میانگین عمق اپتیکی و سرعت باد مربوط به فصل تابستان در سال الف- ۲۰۰۱ ب-
۲۰۰۵ ج- ۲۰۰۹ د- ۲۰۱۳ ۱۹
- شکل ۱۴- همبستگی بین داده‌های میانگین عمق اپتیکی و سرعت باد مربوط به فصل پاییز در سال الف- ۲۰۰۱ ب-
۲۰۰۵ ج- ۲۰۰۹ د- ۲۰۱۳ ۲۱
- شکل ۱۵- همبستگی بین داده‌های میانگین عمق اپتیکی و سرعت باد مربوط به فصل زمستان در سال الف- ۲۰۰۱ ب-
۲۰۰۵ ج- ۲۰۰۹ د- ۲۰۱۳ ۲۲
- شکل ۱۶- همبستگی بین داده‌های میانگین عمق اپتیکی و سرعت باد سالیانه در سال الف- ۲۰۰۱ ب- ۲۰۰۵ ج-
۲۰۰۹ د- ۲۰۱۳ ۲۵
- شکل ۱۷- عدد درصد ضریب همبستگی بین میانگین سرعت باد و میانگین عمق اپتیکی ۲۷
- شکل ۱۸- مقادیر شیب خط برازشی در نمودار مربوط به میزان سرعت باد و میانگین عمق اپتیکی در چهار سال
۲۰۰۱، ۲۰۰۵، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۳ ۲۸
- شکل ۱۹- بررسی همبستگی بین تغییرات سرعت باد و تغییرات عمق اپتیکی گرد و غبار در سال الف- ۲۰۰۵ نسبت
به ۲۰۰۱ ب- ۲۰۰۹ نسبت به ۲۰۰۵ ج- ۲۰۱۳ نسبت به ۲۰۰۹ ۳۰
- شکل ۲۰- همبستگی بین داده‌های فراوانی وقوع عمق اپتیکی و سرعت باد مربوط به فصل بهار در سال الف- ۲۰۰۱ ب-
۲۰۰۵ ج- ۲۰۰۹ د- ۲۰۱۳ ۳۲
- شکل ۲۱- همبستگی بین داده‌های فراوانی وقوع عمق اپتیکی و سرعت باد مربوط به فصل تابستان در سال الف-
۲۰۰۱ ب- ۲۰۰۵ ج- ۲۰۰۹ د- ۲۰۱۳ ۳۵
- شکل ۲۲- همبستگی بین داده‌های فراوانی وقوع عمق اپتیکی و سرعت باد مربوط به فصل پاییز در سال الف- ۲۰۰۱ ب-
۲۰۰۵ ج- ۲۰۰۹ د- ۲۰۱۳ ۳۷

- شکل ۲۳- همبستگی بین داده‌های فراوانی وقوع عمق اپتیکی و سرعت باد مربوط به فصل زمستان در سال الف- ۲۰۰۱ ب- ۲۰۰۵ ج- ۲۰۰۹ د- ۲۰۱۳ ۳۹
- شکل ۲۴- همبستگی بین داده‌های فراوانی وقوع عمق اپتیکی و سرعت باد سالیانه در سال الف- ۲۰۰۱ ب- ۲۰۰۵ ج- ۲۰۰۹ د- ۲۰۱۳ ۴۲
- شکل ۲۵- تغییرات ضریب همبستگی بین پارامتر سرعت باد و فراوانی وقوع در ۴ سال به صورت فصلی و سالانه . ۴۳
- شکل ۲۶- تغییرات شیب خط برازشی در چهار سال برای همبستگی بین پارامتر سرعت باد و فراوانی وقوع در ۴ سال به صورت فصلی و سالانه ۴۳
- شکل ۲۷- بررسی همبستگی بین تغییرات سرعت باد و تغییرات فراوانی وقوع گرد و غبار در سال الف- ۲۰۰۵ نسبت به ۲۰۰۱ ب- ۲۰۰۹ نسبت به ۲۰۰۵ ج- ۲۰۱۳ نسبت به ۲۰۰۹ ۴۶
- شکل ۲۸- درصد تغییرات بارندگی ایستگاه‌های سینوپتیک استانهای آ.ش و آ.خ در ۷ سال دوم نسبت به ۷ سال اول در محدوده سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۳ میلادی ۴۷
- شکل ۲۹- میزان بارندگی مجموع سالیانه از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۳ میلادی در ۴ ایستگاه شاخص مذکور در مجاور دریاچه ارومیه ۴۸
- شکل ۳۰- همبستگی بین داده‌های میانگین عمق اپتیکی و مجموع بارندگی سالیانه در سال الف- ۲۰۰۱ ب- ۲۰۰۵ ج- ۲۰۰۹ د- ۲۰۱۳ ۵۰
- شکل ۳۱- بررسی همبستگی بین تغییرات بارندگی و تغییرات میانگین عمق اپتیکی گرد و غبار در سال الف- ۲۰۰۵ نسبت به ۲۰۰۱ ب- ۲۰۰۹ نسبت به ۲۰۰۵ ج- ۲۰۱۳ نسبت به ۲۰۰۹ ۵۳
- شکل ۳۲- همبستگی بین داده‌های فراوانی وقوع عمق اپتیکی و مجموع بارندگی سالیانه در سال الف- ۲۰۰۱ ب- ۲۰۰۵ ج- ۲۰۰۹ د- ۲۰۱۳ ۵۴
- شکل ۳۳- بررسی همبستگی بین تغییرات بارندگی و تغییرات میانگین فراوانی وقوع عمق اپتیکی گرد و غبار در سال الف- ۲۰۰۵ نسبت به ۲۰۰۱ ب- ۲۰۰۹ نسبت به ۲۰۰۵ ج- ۲۰۱۳ نسبت به ۲۰۰۹ ۵۷
- شکل ۳۴- نقشه‌های مربوط به پارامترهای غبار(میانگین عمق اپتیکی و فراوانی وقوع) و پارامترهای هواشناسی(میانگین سرعت باد و میزان بارندگی سالیانه) در سال ۲۰۰۱ میلادی ۶۳

- شکل ۳۵- نقشه‌های مربوط به پارامترهای غبار(میانگین عمق اپتیکی و فراوانی وقوع) و پارامترهای هواشناسی(میانگین سرعت باد و میزان بارندگی سالیانه) در سال ۲۰۰۵ میلادی ۶۴
- شکل ۳۶- نقشه‌های مربوط به پارامترهای غبار(میانگین عمق اپتیکی و فراوانی وقوع) و پارامترهای هواشناسی(میانگین سرعت باد و میزان بارندگی سالیانه) در سال ۲۰۰۹ میلادی ۶۵
- شکل ۳۷- نقشه‌های مربوط به پارامترهای غبار(میانگین عمق اپتیکی و فراوانی وقوع) و پارامترهای هواشناسی(میانگین سرعت باد و میزان بارندگی سالیانه) در سال ۲۰۱۳ میلادی ۶۶

فهرست جداول

- جدول ۱- ایستگاههای مورد بررسی و همچنین دوره ارزیابی برای دادههای هواشناسی سرعت باد و مجموع بارندگی در استانهای آ.ش و آ.غ ۱۲

۱- مقدمه

ذرات معلق در اتمسفر، ذراتی شامل غبارهای معدنی، سولفات‌ها و نیترات‌های حاصل از اکسیداسیون دی اکسیدسولفور و اکسیدنیتریک ناشی از سوختن سوخت‌های فسیلی، ذرات معلق آتش‌فشانی، مواد حاصل از اکسیداسیون ترکیبات آلی فرار، ذرات معلق صنعتی، دوده ناشی از آتش‌سوزی‌ها و ذراتی که حاصل از فرایند فرسایش خاک به‌واسطه وزش بادهای شدید پدید می‌آیند، می‌باشند. با گسترش روزافزون فعالیت‌های بشری، غلظت ذرات معلق تولیدشده توسط انسان رو به افزایش بوده و این غلظت از مرز طبیعی خود گذشته است. در مناطق صنعتی خصوصاً در نیمکره شمالی به‌واسطه آلودگی تولیدشده مقدار نور رسیده از خورشید به زمین و نیز چرخه آب‌وهوا در این مناطق دچار تغییرات قابل ملاحظه‌ای می‌شود. وقتی که غلظت ذرات معلق و هواویزها به اندازه کافی زیاد شود، این ذرات می‌توانند باعث به خطر افتادن سلامتی انسان‌ها و ایجاد بیماری‌های مختلف در موجودات شوند. این ریزدانه‌ها توانایی انتقال میکروب‌ها و مواد بیماری‌زا از یک منطقه به منطقه دیگر را دارند که این امر موجب شیوع بیماری‌های خاص می‌شود (اسماعیلی، ۱۳۸۵). همچنین گردوغبار موجود در هوا می‌تواند تأثیر بسزایی در وضعیت آب و هوایی و شرایط اقلیمی یک منطقه داشته باشد. با توجه به شرایط فیزیکی ذرات (شکل و سایز ریزدانه‌ها) و مواد تشکیل‌دهنده هر کدام از این ذرات، این ذرات توانایی آن را دارند که با انعکاس نور خورشید به فضا موجب خنک شدن سطح زمین شوند، و یا در حالتی دیگر با جذب نور خورشید، اتمسفر یک منطقه را گرم‌تر کنند (Washington et al. 2003). همچنین یکی دیگر از ویژگی‌های ذرات توانایی آن‌ها در تغییر عمر ابرها می‌باشد که خود این مسئله تأثیر بسزایی در میزان نزولات جوی در یک منطقه خواهد گذاشت. مناطقی که در کمربند خشک و نیمه‌خشک جهان و هم‌جوار با بیابان‌های وسیع قرار دارند، مکرراً از سیستم‌های گرد و غبار منطقه‌ای و فرامنطقه‌ای متأثر می‌گردند (رئیس‌پور و همکاران، ۱۳۸۹). اندازه‌گیری‌های متعدد از ایستگاه‌های زمینی و ماهواره‌ای نشان داده است که این گرد و غبار و ریزدانه‌ها برای مدت بسیار زیادی در طبیعت باقی می‌مانند و می‌توانند به‌وسیله باد صدها کیلومتر از مبدأ تولیدی خود دورتر شوند. به تعبیر دیگر هوایی که در یک کشور تنفس می‌شود به میزان بسیار شدیدی تحت تأثیر فعالیت‌های صنعتی کشورهای دیگر می‌باشد (<http://www.calipso.larc.nasa.gov/>). علاوه بر این، گرد و غبار منتشره در جو و محیط اطراف می‌تواند منجر به کاهش دید افقی و حتی در مواردی دید عمودی گردد که این موضوع از اهمیت ویژه‌ای در حمل‌ونقل هوایی برخوردار است (<http://www.geo.mtu.edu/>). با نظر به اهمیت گرد و غبار، برای پیش‌بینی هر چه بهتر سرنوشت نهایی این

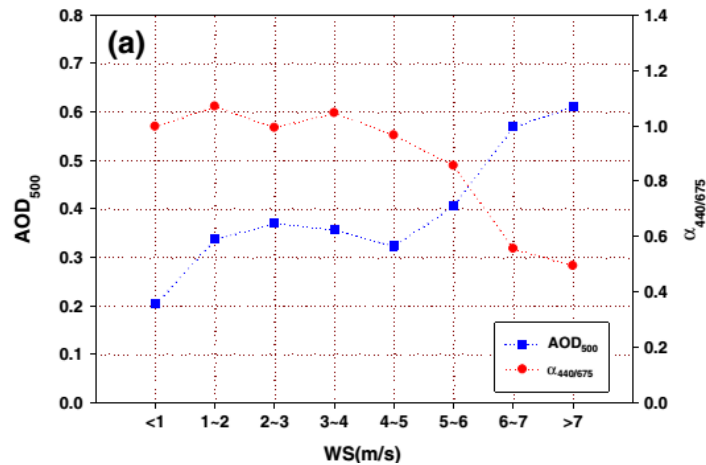
ریزدانه‌ها، که موجبات این را فراهم می‌کند که یک استراتژی مناسب برای محدود کردن آلاینده‌ها اتخاذ شود تا شرایط بحرانی آلودگی هوا ایجاد نشود، نیاز به داشتن این که کانون‌های این ذرات معلق در کجا قرار دارند و چه تغییری در الگوی آب و هوایی دارند، امری ضروری است. سرعت باد یکی دیگر از پارامترهای مؤثر در تولید و حمل ذرات گرد و غبار است. هنگامی که سرعت باد به یک حد آستانه می‌رسد (که این حد آستانه تابعی از ویژگی‌های سطح زمین است) ذرات غبار ممکن است به وسیله هر یک از سه فرآیند سوسپانسیون، جست‌وخیز و یا خزش به مسافت‌های دور حمل شوند (GILLETTE 1981). که وقوع این پدیده بستگی به سرعت باد و اندازه، شکل و غلظت ذرات گرد و غبار دارد (Zhou et al. 2002). برخی پژوهشگران بر این باورند که همبستگی زیادی بین وقوع ریزگردها و سرعت باد در مجاور سطح زمین در برخی مناطق مانند شرق آسیا وجود دارد (Kurosaki and Mikami 2003). در حالی که در برخی تحقیقات هیچگونه همبستگی قابل قبولی بین سرعت باد و فراوانی وقوع ریزگرد مشاهده نشده است (Liu et al. 2004). گرد و غبار به‌طور قابل توجهی بر حسب توزیع اندازه ذرات، چسبندگی سطحی خاک و حضور عناصر زبری یا پوشش گیاهی تغییر می‌کند. در شرایط صحرایی، رویدادهای گرد و غبار با سرعت باد مرتبط است. برای توسعه یا تعدیل طوفان‌های گرد و غبار، بارندگی یک عنصر حیاتی بشمار می‌رود، حتی مقادیر کوچکی از رطوبت خاک، به شدت فرسایش بادی را محدود می‌کند. وقوع خشکسالی - ها نقش عمده‌ای در افزایش تولید گرد و غبار بازی می‌کنند. طوفان‌های گرد و غباری وقتی بوجود می‌آیند که مجموع بارش سالانه به‌طور قابل توجهی از بارش نرمال کمتر است (J. 1984).

بنابراین ارزیابی تأثیرات پارامترهای هواشناسی (میانگین سرعت باد و مجموع بارندگی سالیانه) بر روی میزان گرد و غبار و همچنین همبستگی بین این پارامترها به اندازه شناسایی کانون‌های فعال غبار مهم می‌باشد. در این گزارش ارتباط بین پارامترهای اقلیمی نظیر بارندگی و باد با عمق اپتیکی غبار و همچنین فراوانی وقوع غبار در منطقه آذربایجان شرقی و غربی مورد بررسی قرار گرفته است. که برای این کار از داده‌های ایستگاه‌های سینوپتیک مستقر شده در دو استان و داده‌های میزان عمق اپتیکی گرد و غبار بدست آمده به‌وسیله سنجنده مودیس نصب شده بر روی ماهواره TERRA استفاده شده است.

۲-مرور ادبیات فنی

ریزگردهای معدنی معلق در جو یک نقش کلیدی در نرخ تابش اتمسفری و همچنین چرخه هیدرولوژیکی را ایفا می‌کنند (این اثرات ناشی از تغییر در تابش جوی و اثرات هسته تراکم در داخل ابر می‌باشد). آنچه بدست آمده است نشان می‌دهد که غبار و ریزگردهای معدنی با وزش خود در داخل اتمسفر باعث افزایش عمق اپتیکی گرد و غبار می‌شوند. ویژگی‌هایی که این نواحی دارند این است که اولاً به صورت عمده از نواحی خشک و نیمه‌خشک صورت می‌گیرد، در ثانی میزان بارندگی سالیانه در آن نواحی به طرز محسوسی کم می‌باشد و از طرفی می‌بایست مقدار قابل توجهی از رسوبات آبرفتی در طی مدت زمان بسیار طولانی تجمع داشته باشد تا امکان فرسایش بادی فراهم آید. این غبار عامل اصلی جابجایی‌هایی در مقیاس بین‌قاره‌ای را شامل می‌شود که از آن‌ها می‌توان به غبارهای شمال آفریقا بر روی اقیانوس اطلس، غبارهای تابستانی که از شبه‌جزیره عربستان بلند می‌شود و بر روی دریای عربی و اقیانوس هند حرکت می‌کند و همچنین غبارهای بهاری بلند شده از شرق آسیا بر روی اقیانوس آرام اشاره کرد. این غبارها سیستم جو را بهم ریخته و به صورت مستقیم با پخش و پراکنش و جذب تابش‌های طول‌موج کوتاه و بلند و به صورت نیمه مستقیم با تغییر پوشش ابری اتمسفر با مکانیزم تبخیر قطرات ابری و همچنین به صورت غیرمستقیم با تشکیل هسته تراکم ابری که باعث تغییرات مشخصات اپتیکی ابر می‌شود و متعاقباً باعث افزایش و کاهش میزان بارندگی می‌شود (Choobari et al. 2014). البته روابطی که بین پارامترهای هواشناسی و همچنین پارامترهای گرد و غبار مطرح است بیشتر به سایت مورد بررسی، شرایط اقلیمی موجود در منطقه، همزمانی پدیده‌ها، دمای سطحی زمین و محدوده زمانی ارزیابی شده بستگی دارد. در سایت ساحلی شرق دریای مدیترانه ارتباط بین پارامتر هواشناسی باد و گرد و غبار از ماه (may) سال ۲۰۱۱ تا ماه (april) سال ۲۰۱۲ مورد بررسی قرار گرفته است. برای ارزیابی تأثیرات ممکن سرعت باد در سطح زمین بر روی پارامترهای گرد و غبار، میزان میانگین عمق اپتیکی و همچنین ضریب α بدست آمده با داده‌های باد از قبل تعیین شده، مورد ارزیابی قرار داده شد. با توجه به شکل ۱، نتایج حاکی از آن است که میزان عمق اپتیکی و α به سرعت باد سطحی زیر ۵ متر بر ثانیه حساس نیستند، ولی هرچه سرعت بیشتر از این مقدار می‌شود، میزان عمق اپتیکی گرد و غبار هم بیشتر می‌شود و این افزایش همراه با کاهش پارامتر α می‌باشد که شاید حاکی از آن باشد که فرایند افزایش ذرات درشت در اتمسفر، بالاتر از یک سرعت حد

^۱ Angstrom exponent

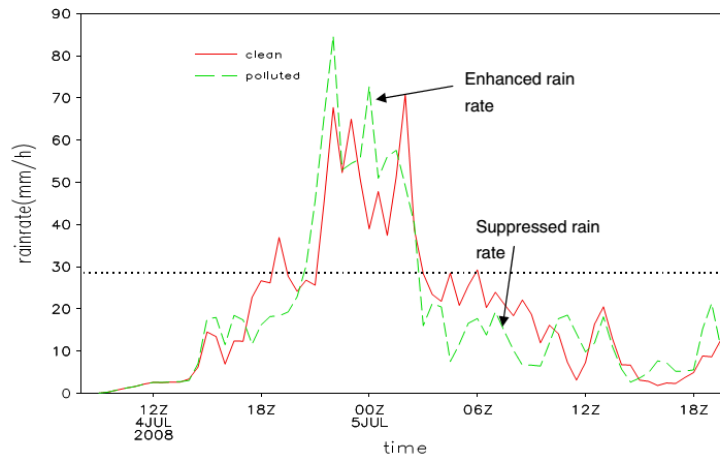


شکل ۱- میزان همبستگی بین پارامتر سرعت باد و عمق اپتیکی گرد و غبار و ضریب α در سایت ساحل شرقی دریای مدیترانه

فعال می‌شوند و طبیعتاً دلیل این مسئله، افزایش فرسایش سطحی با افزایش سرعت باد است که اگر سرعت باد به اندازه کافی بزرگ باشد، می‌تواند ذرات گرد و غبار در فضا آزاد کند (El-Metwally and Alfaro 2013).

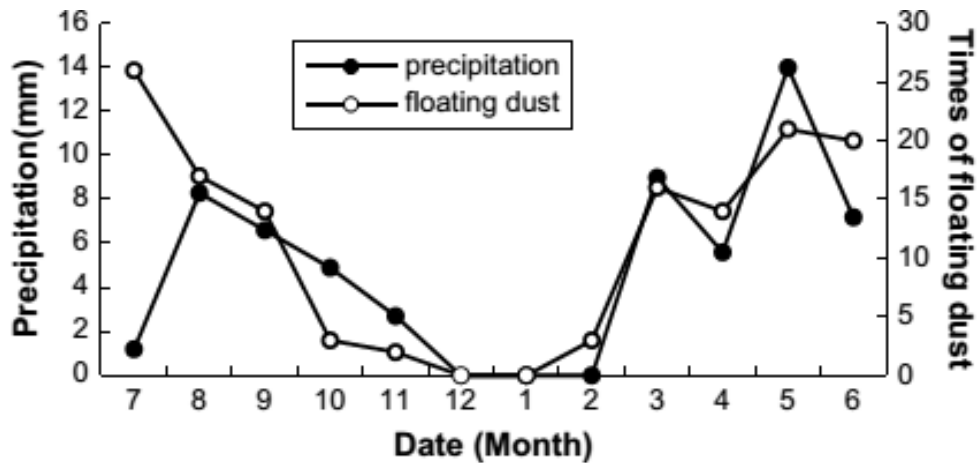
البته باید توجه داشت که بررسی در بازه زمانی بزرگ‌تر باعث می‌شود که اثرات پارامترهای هواشناسی کاملاً ترقیق شود. بر این اساس محدوده زمانی ارزیابی بسیار مهم است. مطالعاتی در یک روز منحصر به فرد و در یک منطقه شهری در شمال چین انجام گرفته که در آن اثرات ریزگردها بر روی یک بارش تابستانی همرفتی که در ۴ جولای ۲۰۰۸ اتفاق افتاده است، مورد بررسی قرار گرفت. برای مشخص کردن مقادیر غبار از سنجنده Modis بهره گرفته شد و سپس از wrf-chem برای ارزیابی میزان اثرات گرد و غبار بر روی بارندگی استفاده گردید. نتایج نشان داد که میزان عمق اپتیکی در حدود بالای ۰/۹ است که یک عدد بسیار بالایی در منطقه محسوب می‌شود. مطالعه حساسیت مبتنی بر wrf-chem نشان داد که میانگین بارندگی ناشی از ابرهای همرفتی تابستانی می‌تواند تا ۱۷ درصد با افزایش نرخ انتشار غبار به داخل اتمسفر افزایش داشته باشد که این افزایش ۱۷ درصدی مربوط به بارندگی می‌شود که نرخ بارندگی آن‌ها بالاتر از ۳۰ میلی‌متر بر ساعت است، به طوری که بارندگی‌های پایین‌تر از ۳۰ میلی‌متر بر ساعت در بیشتر نواحی کاهش داشته است که در شکل ۲ این تغییرات آورده شده است (Guo et al. 2014).

همچنین به جهت بررسی کوتاه‌مدت و بلندمدت نقش بارندگی بر روی غبار، این دو پارامتر هم به صورت ماهانه و هم به صورت سالانه در فلات Tibetan ارزیابی شد. فلات Tibetan با توجه به اینکه فعالیت‌های بشری بیشتر در آن مجموعه وارد نشده، یک سایت ایده آل برای بررسی اثرات غبار بر روی بارندگی محسوب می‌شود.

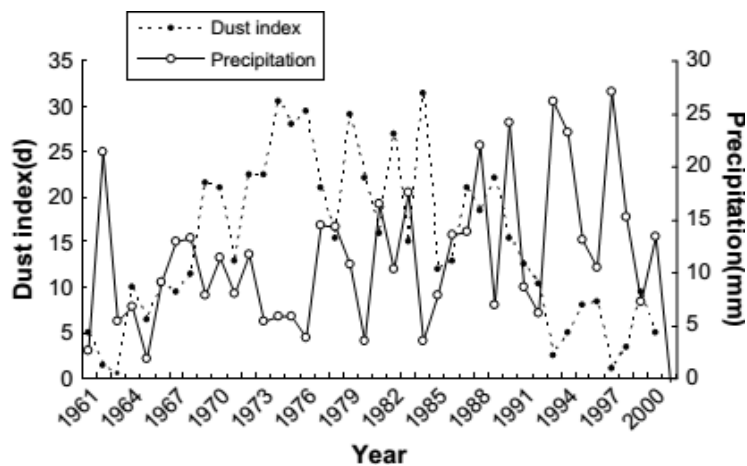


شکل ۲- میزان نوسان نرخ بارندگی (میلی متر بر ساعت) در شرایط هوایی صاف (خط ممتد قرمز) و آلوده (خط سبز).

در این مطالعه از ماهواره هواشناسی CALIPSO و داده‌های مشاهده‌ای از طوفان‌های غبار و بارندگی استفاده شده است. نتایج نشان داد که طوفان‌های غبار با فراوانی وقوع بالا رخ داده و ذرات گرد و غبار را بلند می‌کنند و تا ارتفاع ۵ تا ۹ کیلومتری بالا می‌برند و به این صورت باعث تغییراتی در چرخه هیدرولوژیکی می‌شوند. نتایج حاکی از آن است که یک رابطه قوی عکس بین گرد و غبار و میزان بارندگی در طول دو بازه زمانی ۴۰ و ۲۰۰ ساله وجود دارد (در کانون‌های غبار). همچنین نشان داده شد که نقش بارندگی در ممانعت از بلند شدن ریزگردها و ایجاد غبار بسیار کم‌رنگ است، در حالی که پدیده غبار می‌تواند نقش مهمی در کاهش بارندگی در منطقه Hinterland در فلات مورد نظر ایجاد کند. علاوه بر این طوفان‌های غبار و همچنین بارندگی می‌توانند همزمان رخ دهند و با توجه به شکل ۳ وقتی این دو پارامتر به صورت ماهیانه در نظر گرفته می‌شوند می‌تواند رابطه مثبتی بین آن‌ها وجود داشته باشد، در حالی که همان‌طور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود، اگر این دو پارامتر به صورت سالانه بررسی شود روابط بین آن‌ها معکوس می‌شود. همچنین نسبت مقدار بارندگی به نسبت دفعات وقوع غبار برابر ۲ میلی‌متر در هر وقوع می‌باشد و بیانگر این است که بلند شدن گرد و غبار با دفعات رخداد بارندگی رابطه‌ی نزدیک‌تری دارد تا میزان بارندگی و به این صورت غبار می‌تواند یک فاکتور مهم برای کاهش بارندگی مدنظر باشد. از طرفی بارندگی سالیانه کمتر از حدود ۲۰۰ میلی‌متر بوده و تبخیر سالیانه در محدوده ۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ میلی‌متر می‌باشد، بنابراین بارندگی چند میلی‌متری تا چند ده میلی‌متری ماهانه می‌تواند در همان ماه تبخیر شود و بدین صورت، بررسی اثرات کاهنده باران بر روی غبار بایستی به صورت ماهانه و نه به صورت سالانه (محدوده‌های زمانی بسیار بزرگ) بررسی شود.



شکل ۳- مقایسه بین فراوانی وقوع روزهای غباری و میزان بارندگی از ماه جولای سال ۲۰۰۳ تا ماه ژوئن سال ۲۰۰۴ در ایستگاه HOTAN

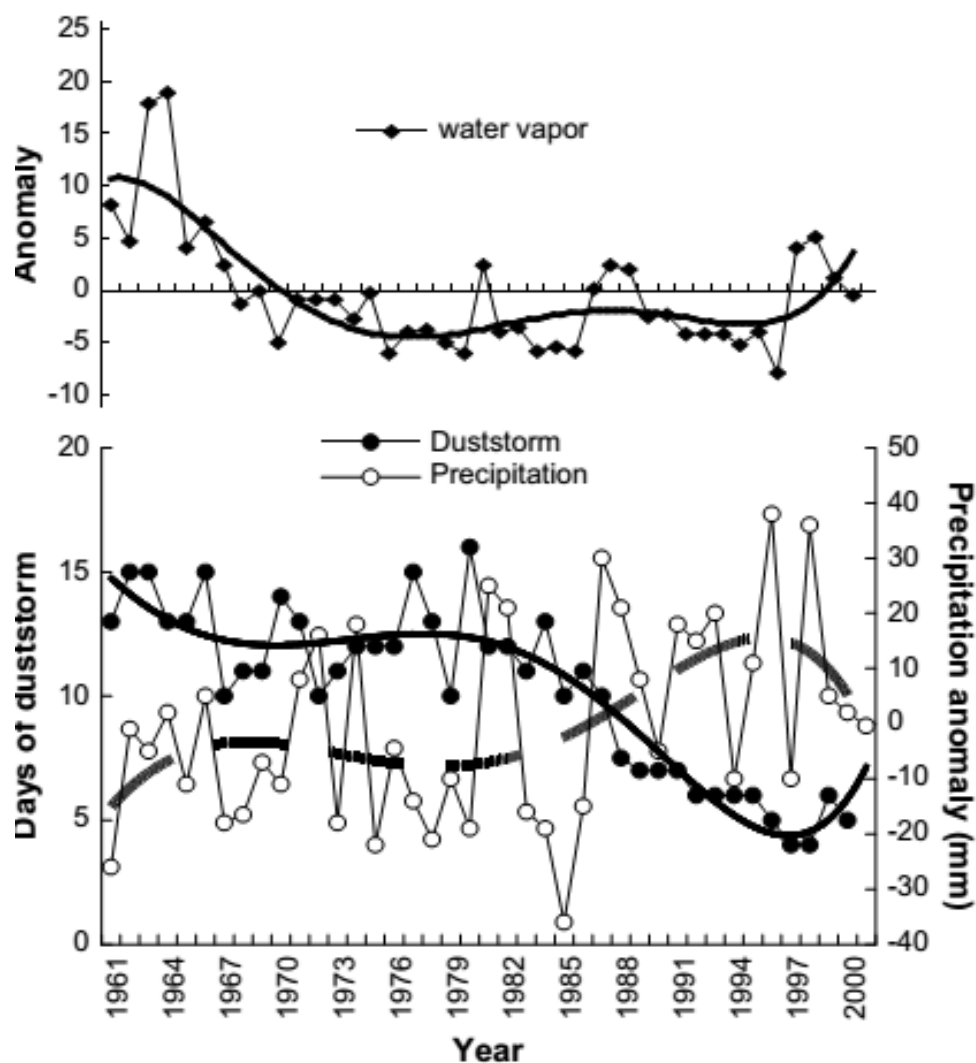


شکل ۴- سیر زمانی نوسان در شاخص غبار و میزان بارندگی در ایستگاه Bange از ماه ژانویه تا آوریل در دوره زمانی ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۰ میلادی

اما با توجه به نکته‌ای که مطرح شد و آن هم رابطه مثبت بین غبار و بارندگی ماهانه می‌باشد، با این سناریو قابل توجه نیست.

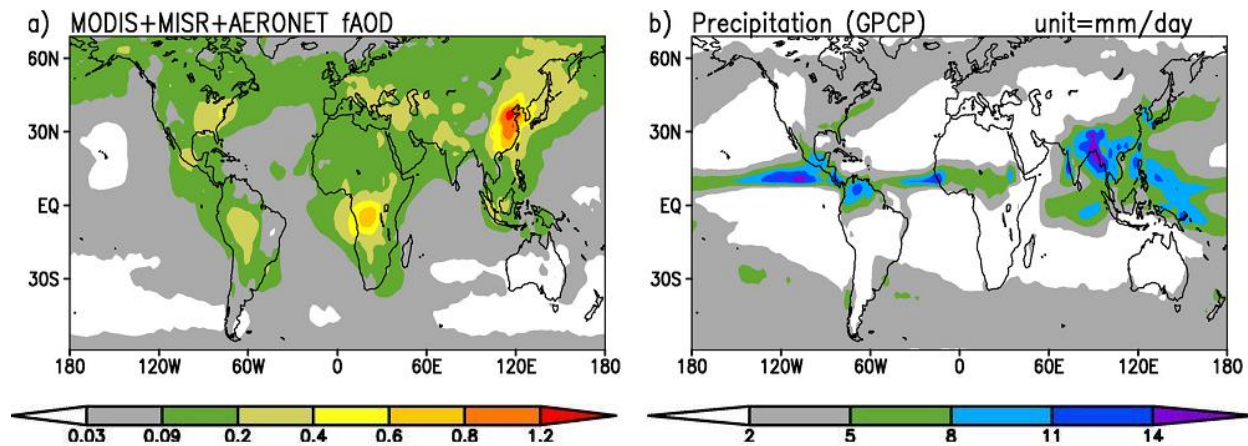
شکل ۵ میانگین سالانه تبخیر آب را بر روی شمال غرب چین نشان می‌دهد که یک برآزش تقریباً برعکس بارندگی با تبخیر رخ داده است، اگرچه نرخ تغییرات میزان روزهای غباری تقریباً مشابه نمودار تبخیر می‌باشد، اما در حالت کلی این نمودارها شاید حاکی از آن باشد که ریزگردهای غباری دارای یک نقش بسیار مهم در تبدیل میزان

بخار آب به میزان بارندگی سطحی داشته است (Han et al. 2009). البته رابطه بین پارامتر عمق اپتیکی تولیدی به وسیله ذرات ریز و بارندگی در بازه‌های فصلی و سالانه و در مقیاس جهانی مورد بررسی قرار گرفته است که با توجه به آنچه در شکل ۶ مشاهده می‌شود، این دو پارامتر رابطه معکوس با همدیگر دارند به صورتی که افزایش یک پارامتر باعث کاهش پارامتر دیگر شده است که یک ارتباط منفی است (در مناطق استوایی نظیر اندونزی، آمازون و آفریقای مرکزی که سوخت‌های فسیلی استفاده می‌شود). اما ارتباط مثبت بین بارندگی و عمق اپتیکی گرد و غبار در منطقه آمریکا و کانادا همچنان به صورت یک مجهول باقی است (Jeung et al. 2014).



شکل ۵- سری زمانی از میانگین سالانه میزان تبخیر و نوسان آن در قسمت شمال غرب چین، روزهای طوفان غبار و بارندگی

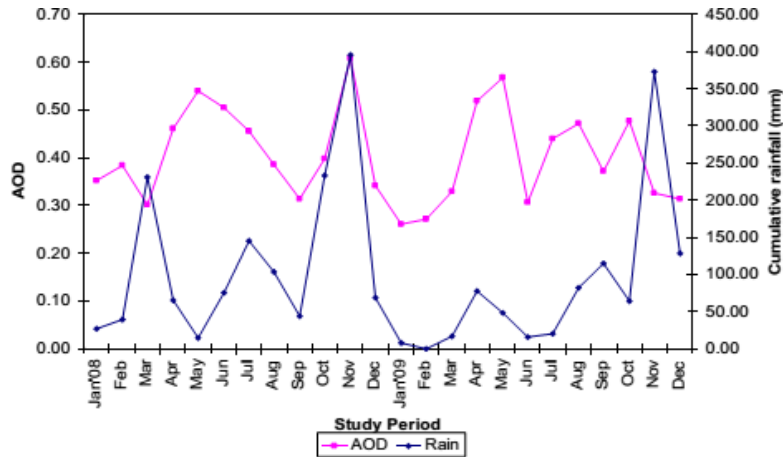
از سال ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۰ میلادی در حوضه‌ی Tarim



شکل ۶- میانگین زمانی در بازه‌ی ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۸ برای عمق اپتیکی غبار و نرخ بارندگی برای ماه‌های ژوئن، جولای و اوت

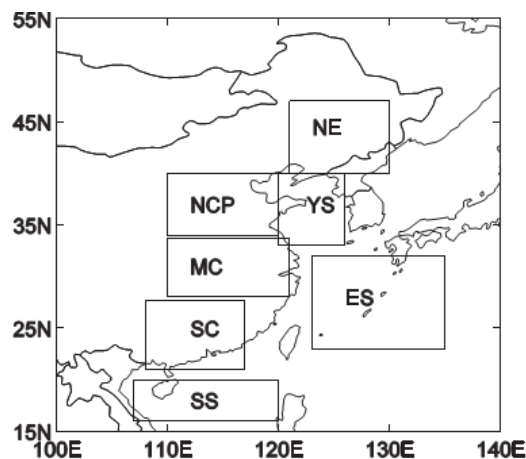
همچنین اثرات مستقیم بارندگی بر روی غبار و بالعکس در منطقه Madurai هند ارزیابی شده است. رابطه‌ی بین گرد و غبار و میزان بارندگی در سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹ بررسی شد و نتایج حاکی از آن است که در طول این دوره عمق اپتیکی غبار افزایش داشته است که می‌تواند ناشی از عوامل انسانی تولید ریزگردها صورت گرفته باشد. میزان عمق اپتیکی در فصل موسمی بسیار بالا بوده و در طول فصل زمستان کاهش پیدا کرده است. بیشترین بارندگی در دوره‌ی پس از فصل موسمی رخ داده است و رابطه قابل ملاحظه‌ای (ضریب همبستگی در حدود ۰/۹۴) بین عمق اپتیکی و باران در سال ۲۰۰۸ مشاهده شده است بطوریکه یک رابطه عکس (با ضریب همبستگی -۰/۶۴) در سال ۲۰۰۹ بدست آمده که شکل شماره ۷ تغییرات این دو پارامتر را نشان می‌دهد. در حالت کلی رابطه مشخصی بین این دو پارامتر مشاهده نشده است و پارامترهای دیگری نیز برای پیش‌بینی بهتر اثرات متقابل پیشنهاد شده است (Indira et al. 2013).

نکته قابل توجه اینکه افزایش بارندگی با افزایش میزان گرد و غبار را می‌توان ناشی از اثرات هسته تراکمی گرد و غبار دانست که چه مقدار غبار می‌تواند باعث تجمع و افزایش شعاع مؤثر ابر شده باشد که به این منظور، رابطه‌ی بین شعاع مؤثر قطرات ابر و میزان عمق اپتیکی در زیرمناطق ناحیه شرقی چین که با توجه به شکل ۸ تقسیم‌بندی شده است، بررسی شد و از سنجنده modis برای محدوده زمانی ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۲ استفاده گردید. همانند شکل ۹ یک رابطه قابل ملاحظه با ضریب همبستگی (۷۹- تا ۹۴-) بین AOD و CER بر روی منطقه‌ی دریای شرقی و دریای جنوبی

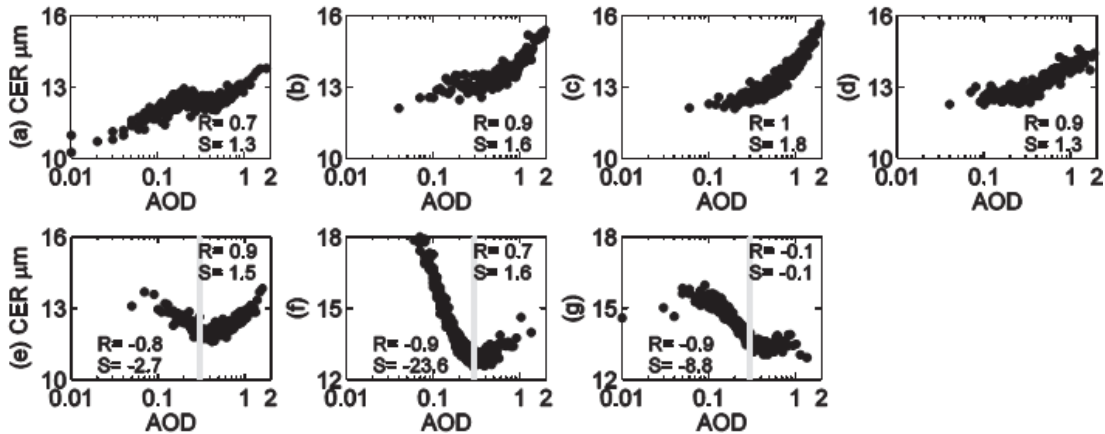


شکل ۷- نوسان ماهانه‌ی میزان عمق اپتیکی گرد و غبار و بارندگی برای منطقه Madurai در سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹

چین برای عمق اپتیکی کمتر از ۰/۳ مشاهده شد، اگرچه یک ارتباط مثبت (۰/۰۱ تا ۰/۹۱) برای اعداد عمق اپتیکی بالای ۰/۳ بدست آمده است. از طرفی، بررسی‌های انجام شده نشان داد که بادهای جنوبی، آلودگی‌هایی با سطح بالا را حمل می‌کنند که میزان بخار آب همراه آن‌ها هم مقادیر قابل ملاحظه‌ای داشته که متعاقباً باعث افزایش میزان عمق اپتیکی غبار و همچنین شعاع مؤثر قطرات ابر در دشت شمالی چین می‌شود و همچنین بادهای شمالی شامل هوای پاک و خشک بوده که از عرض جغرافیایی بالا می‌وزند که باعث کاهش پارامترهای عمق اپتیکی و میزان شعاع مؤثر قطرات ابر می‌شوند. هر دو فرایند به صورت مجموع باعث به وجود آوردن یک ارتباط مثبت بین میزان عمق اپتیکی و CER در قسمت شرقی چین می‌شود، به صورتی که تأثیرات وضعیت آب‌وهوایی برای مطالعه کنش‌های بین میزان ریزگرد و ابر بسیار مهم می‌باشد (Tang et al. 2014).

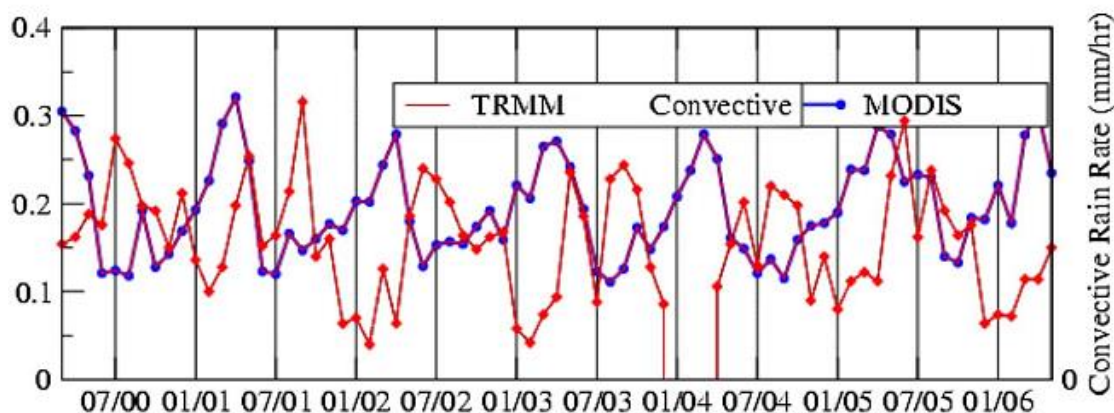


شکل ۸- نواحی مورد مطالعه در قسمت شرقی چین که شامل جزایر شرقی نیز می‌شود. نواحی شمال شرقی (NE)، دشت شمالی چین (NCP)، نواحی میانی چین (MC)، نواحی جنوبی چین (SC)، دریای زرد (YS)، دریای شرق (ES) و دریای جنوبی چین (SS)



شکل ۹- ارتباط بین شعاع مؤثر ابر (CER) و میانگین عمق اپتیکی غبار (AOD) در ۷ منطقه‌ی مشخص شده در شرق چین. داده‌های AOD و CER در هر ۳۰۰ نقطه میانگین‌گیری شده است. R ضریب همبستگی بین این دو پارامتر و S شیب خط برازشی را نشان می‌دهد.

در این خصوص یک مطالعه دیگر نیز با استفاده از اطلاعات به‌دست‌آمده از مشاهدات ماهواره‌ای مربوط به میزان بارندگی، ابرها و همچنین ریزگردها، اثرات و روابط بین آن‌ها انجام گرفته است. از داده‌های (Tropical rainfall measuring mission-TRMM) و سنجنده (MODIS) برای ماه‌های جولای در سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۵ استفاده شد تا میزان اثرگذاری ریزگردهای شهری بر روی اندازه قطرات ابر و همچنین بارندگی بررسی شود. نتایج حاکی از آن است که اثرات ریزگردها بر روی ابر بیشتر از اثرات آن‌ها بر روی بارندگی بوده است و یک ضریب همبستگی بسیار بالا بین عمق اپتیکی گرد و غبار و قطرات آبی ابرها مشاهده شد، درحالی‌که یک ارتباط بسیار ضعیف بین ریزگردها و بارندگی در طول بارندگی‌های سبک (نرخ بارندگی کمتر از ۲/۵ میلی‌متر در روز) و بیشتر برای ابرهای گرم بارانی قابل‌مشاهده است. از طرفی ریزگردها تأثیرات زیادی بر روی ابرها در ناحیه اقیانوسی می‌گذارند در مقایسه با ناحیه خشکی. بر روی اقیانوس‌ها و در مقیاس ماهیانه، رابطه ریزگرد- ابر کاملاً واضح است به صورتی که وقتی شعاع مؤثر ابرها کاهش پیدا می‌کند، میزان عمق اپتیکی یک نرخ افزایشی را تجربه می‌کند. اگرچه بر روی خشکی، شعاع مؤثر ابر یک رابطه مشخصی با میزان ریزگردها و عمق اپتیکی گرد و غبار ندارد که شاید به این دلیل باشد که ریزگردها تنها عامل دخیل در فیزیک ابرها نیستند و فرآیندهای دینامیکی که به فاکتورهای پوشش زمینی و کاربری اراضی شهری وابسته‌اند می‌توانند یک نقش مؤثر در شکل‌گیری ابرها و نحوه بارندگی داشته باشند. شکل شماره ۱۰ نوسانات این دو پارامتر را نسبت به هم نشان می‌دهد که همان‌طور که ذکر شد، ارتباط قابل قبولی بین این دو پارامتر در سیستم جوی مشاهده نمی‌شود (Jin and Shepherd 2008).

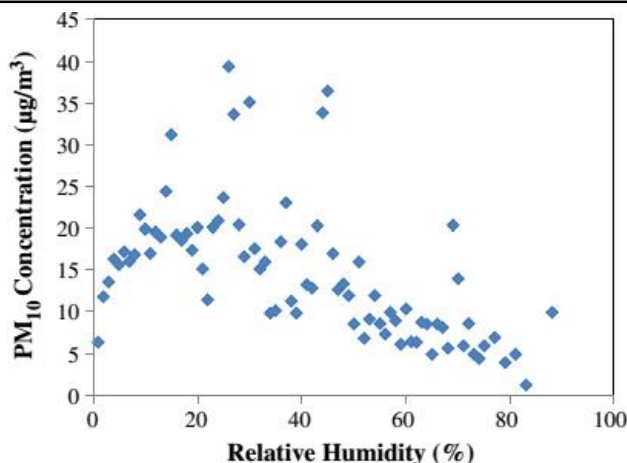


شکل ۱۰- نوسان میزان عمق اپتیکی استخراج شده از سنجنده (modis) و نرخ بارندگی (میلی متر بر ساعت)

همچنین با توجه به نکات مذکور که ریزگردها بر روی تشکیل هسته تراکم و اندازه ابرها مؤثر هستند، از طرفی دیگر میزان رطوبت نسبی نیز با توجه به تغییرات ریزگردها قابل بررسی است که به همین منظور رابطه‌ی بین رطوبت نسبی و سرعت باد در برابر میزان ریزگردهای بلند شده در سال ۲۰۱۳ مورد مطالعه قرار گرفت. مشاهدات غلظت غبار جوی در Green Valley آریزونا (آمریکا) و Juarez (مکزیک) نشان داد که غلظت PM10 به صورت مستقیم با سرعت باد و رطوبت نسبی، جداگانه ارتباط ندارد. اما با توجه به شکل ۱۱، با انتخاب داده‌های با سرعت باد بالا (بزرگ‌تر از ۴ متر بر ثانیه در ارتفاع ۱۰ متری) یک رابطه بین غلظت غبار و رطوبت نسبی به وجود می‌آید به صورتی که غلظت غبار با رطوبت نسبی افزایش پیدا می‌کند تا به حد بیشینه ۲۵ درصد می‌رسد و متعاقباً پس از آن با افزایش رطوبت نسبی، کاهش پیدا می‌کند. مدل‌های پیش‌بینی غبار می‌توانند با استفاده از سرعت باد و رطوبت نسبی محیط که به عنوان اصلی‌ترین عوامل تولید و جابجایی غبار محسوب می‌شوند، بهینه‌تر گردند (Csavina et al. 2014).

۳- روش کار

در این گزارش که به صورت توصیفی-تحلیلی انجام شد، داده‌های مورد نیاز هواشناسی (میانگین سرعت باد و مجموع بارندگی) از ایستگاه‌های سینوپتیک موجود در استان‌های آذربایجان شرقی و آذربایجان غربی با توجه به جدول ۱ به دست آمد. داده‌های به دست آمده از هر ایستگاه برای هر ماه، به داده‌های میانگین فصلی و سالانه برای سرعت باد و داده‌های مجموع فصلی و سالانه برای مقدار بارندگی تبدیل شد.



شکل ۱۱- میزان pm10 در برابر رطوبت نسبی برای سرعت باد بالای ۴ متر بر ثانیه در ایستگاه Green Valley برای سال ۲۰۱۱

به وسیله درون‌یابی (IDW) برای هر پیکسل موجود در ناحیه‌ی مورد مطالعه یک مقدار سرعت باد و یک مقدار مجموع بارندگی اختصاص داده شد و سپس با توجه به اینکه مقادیر میانگین عمق اپتیکی و فراوانی وقوع فصلی و سالیانه در دسترس بود، برای هر پیکسل ۴ مقدار (متوسط سرعت باد، مجموع بارندگی، شدت عمق اپتیکی گرد و غبار، فراوانی وقوع) اختصاص داده شد. سپس میزان همبستگی برای داده‌ها محاسبه گردید و همچنین اختلافات سالیانه نیز در چهار سال مورد بررسی قرار گرفت و در نهایت نقشه‌های این چهار پارامتر در چهار سال مذکور به دست آمد تا به صورت مکانی نیز این داده‌ها بررسی و ارزیابی شوند.

جدول ۱- ایستگاه‌های مورد بررسی و همچنین دوره ارزیابی برای داده‌های هواشناسی سرعت باد و مجموع بارندگی در استان‌های آ.ش و آ.خ

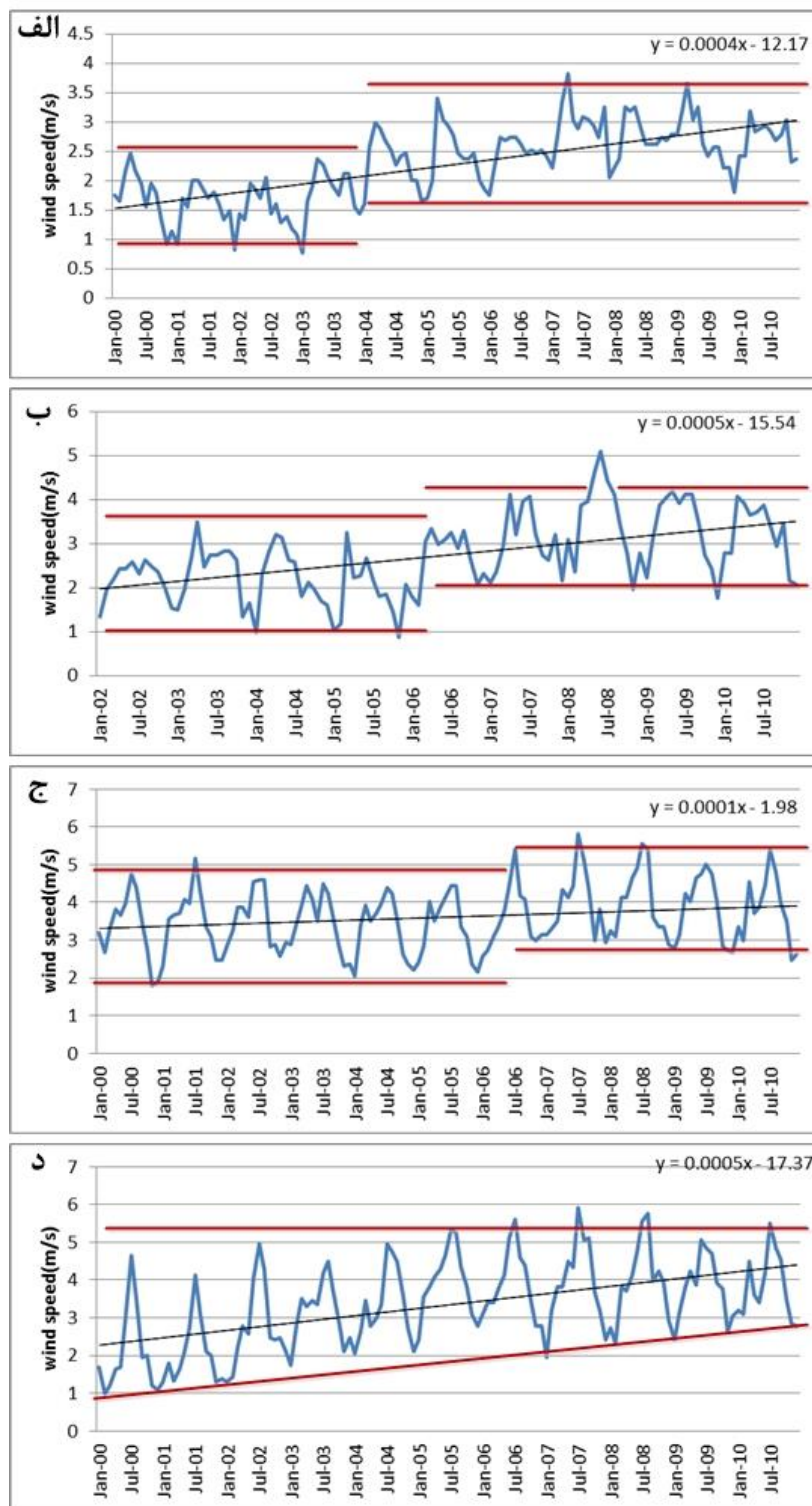
دوره بررسی شده	ایستگاه‌های مورد بررسی به تفکیک استان		داده‌های هواشناسی
	آ-خ	آ-ش	
از ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ در ایستگاه‌های شاخص ۲۰۰۱-۲۰۰۵-۲۰۰۹-۲۰۱۳ در کل ایستگاه‌ها	تکاب . ماکو . ارومیه . خوی . سردشت . سلماس	تبریز . سراب . کلپیر . اهر . میانه . مراغه . جلفا	میانگین سرعت باد
از سال ۲۰۰۰ تا سال ۲۰۱۳	تکاب . ماکو . ارومیه . خوی . سردشت . سلماس . پیرانشهر . مهاباد	تبریز . سراب . کلپیر . اهر . میانه . مراغه . جلفا . بناب . مرند	مجموع بارندگی

۴- نتایج

۴-۱- تحلیل آماری

۴-۱-۱- سرعت باد و گرد و غبار

چهار ایستگاه بر اساس مجاورت آنها در قسمت شرق و غرب دریاچه ارومیه برای بررسی سرعت باد آنها به صورت سری زمانی انتخاب شده است. این ایستگاه‌ها عبارت است از ایستگاه سینوپتیک شهرستان ارومیه و شهرستان سلماس از قسمت غرب دریاچه و ایستگاه‌های تبریز و مراغه از قسمت شرق دریاچه ارومیه می‌باشد. شکل ۱۱ تغییرات سرعت باد در یک سری زمانی ۱۰ ساله را نشان می‌دهد که مربوط به ایستگاه‌های اطراف دریاچه ارومیه می‌باشد. در این شکل (۱۱-الف) سرعت باد اخذ شده برای ایستگاه سینوپتیک شهرستان ارومیه نشان داده شده است که با توجه به آن از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ میلادی، نرخ تغییرات سرعت باد یک نرخ افزایشی بوده است. در این ایستگاه تا اوایل سال ۲۰۰۴ میلادی، محدوده تغییرات باد از سرعت از حدود ۱ تا ۲/۵ متر بر ثانیه بوده است که بعد از آن محدوده تغییرات سرعت باد به صورت پله‌ای جهش داشته است و تا اواخر سال ۲۰۱۰ میلادی، این تغییرات از ۱/۵ متر تا ۳/۵ متر بر ثانیه بوده است. نکته قابل توجه دیگر این است که میانگین سرعت باد از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۵ میلادی برابر ۱/۹ متر بر ثانیه است و میانگین سرعت باد از سال ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۰ برابر مقدار ۲/۷۲ متر بر ثانیه است که نشان‌دهنده این قضیه است که میانگین سرعت باد دوره پنج‌ساله دوم نسبت به دوره‌ی شش‌ساله اول در حدود ۴۲/۷ درصد افزایش داشته است. شکل (۱۱-ب) مربوط به سرعت باد در ایستگاه سینوپتیک شهرستان سلماس می‌باشد. در این ایستگاه نیز نرخ کلی تغییرات سرعت باد به صورت افزایشی بوده است ولی همانند ایستگاه قبلی محدوده تغییرات سرعت باد تا نیمه اول سال ۲۰۰۶ میلادی از ۱ متر بر ثانیه تا ۳/۵ متر بر ثانیه بوده است که از نیمه دوم سال ۲۰۰۶ تا انتهای سال ۲۰۱۰، محدوده تغییرات از ۲ متر بر ثانیه تا حدود ۴ متر بر ثانیه بوده است. میانگین سرعت باد در این ایستگاه از سال ۲۰۰۲ تا سال ۲۰۰۶ میلادی برابر ۲/۲۸ متر بر ثانیه است و این عدد برای سال ۲۰۰۷ تا سال ۲۰۱۰ میلادی برابر حدود ۳/۲۹ متر بر ثانیه است که در این ایستگاه نیز میانگین سرعت باد در دوره‌ی ۴ ساله دوم نسبت به دوره‌ی ۵ ساله اول افزایش ۴۴ درصدی را تجربه کرده است. شکل (۱۱-ج) پارامتر میانگین سرعت باد برای ایستگاه تبریز را نشان می‌دهد.



شکل ۱۱- نوسان میانگین سرعت باد سالانه برای محدوده زمانی بین ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ در ایستگاه‌های الف- ارومیه ب- سلماس ج- تبریز

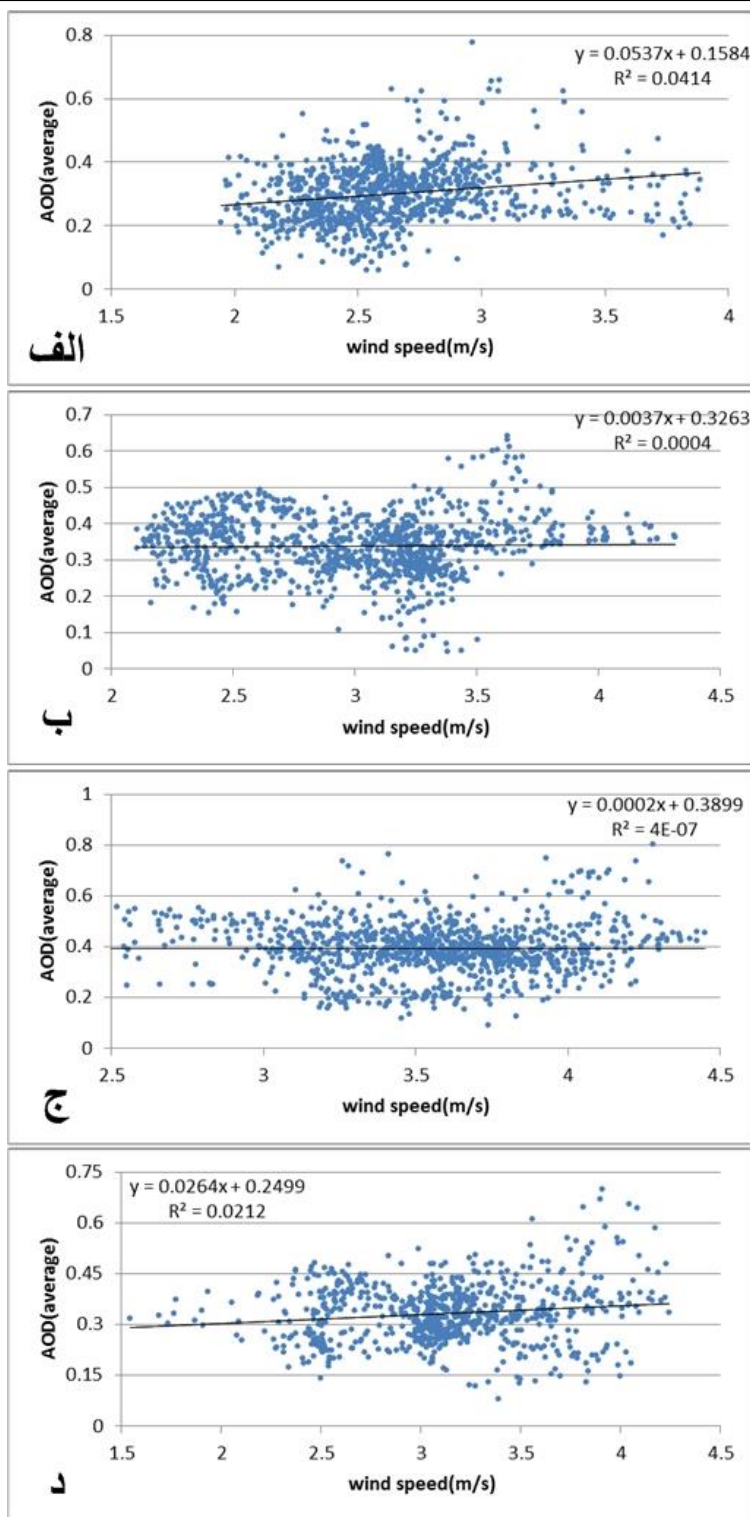
د- مراغه

همانند دو ایستگاه قبل نرخ تغییرات سرعت باد یک نرخ مثبت می‌باشد ولی نسبت به دو ایستگاه قبلی شیب‌خط برازشی خیلی کمتر است که نشان می‌دهد تغییرات در سرعت باد شهرستان تبریز بسیار کمتر بوده است. در محدوده زمانی بین سال ۲۰۰۰ تا نیمه اول سال ۲۰۰۶، محدوده تغییرات سرعت باد از ۲ متر بر ثانیه تا ۵ متر بر ثانیه بوده است ولی از نیمه دوم سال ۲۰۰۶ تا اواخر سال ۲۰۱۰، محدوده این تغییرات از ۳ متر بر ثانیه تا حدود ۵/۵ متر بر ثانیه بوده است. میانگین سرعت باد در محدوده زمانی بین سال ۲۰۰۰ تا سال ۲۰۰۵، در حدود ۳/۴۲ متر بر ثانیه است و از سال ۲۰۰۶ تا سال ۲۰۱۰ برابر ۳/۸۳ متر بر ثانیه است که تغییرات این دو دوره در حدود ۱۱/۹ درصد به صورت افزایشی بوده است. شکل (۱۱-د) مربوط به ایستگاه سینوپتیک شهرستان مراغه می‌باشد. شیب‌خط برازشی برای این ایستگاه برابر شیب‌خط برازش شده برای ایستگاه سلماس است و بیشترین نرخ افزایشی است. در این ایستگاه برخلاف ایستگاه‌های پیشین، حد بالایی تغییرات سرعت باد در طول ۱۰ سال موردبررسی برابر حدود پنج متر بر ثانیه است و حد پایینی این پارامتر موازی خط برازشی اصلی است. پس می‌توان نتیجه گرفت که محدوده تغییرات سرعت باد کمتر شده است ولی بیشترین مقدار سرعت باد در طول این سری زمانی تقریباً ثابت باقی مانده است که در کل می‌توان نتیجه گرفت که میزان سرعت باد در سال‌های اخیر افزایش داشته است. در این ایستگاه نیز دو دوره ابتدایی و انتهایی برای بررسی میزان افزایش و کاهش پارامتر سرعت باد موردبررسی قرار گرفته است. میانگین سرعت باد از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۵ میلادی برابر ۲/۸۸ متر بر ثانیه و از سال ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۰ این مقدار برابر ۳/۸۷ متر بر ثانیه است که درصد افزایش در این دو دوره برابر ۳۴/۲۵ می‌باشد.

• بررسی پارامتر عمق اپتیکی غبار در برابر پارامتر سرعت باد

شکل ۱۲ میزان متوسط عمق اپتیکی گرد و غبار را به صورت عددی بین صفر تا یک در مقابل سرعت متوسط باد در فصل بهار برای ناحیه مورد مطالعه نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود در سال ۲۰۰۱ (۱۲-الف)، اکثر نواحی دارای سرعت باد بین ۲ تا ۳ متر بر ثانیه می‌باشند. شیب‌خط برازشی برابر ۰/۰۵۳ به دست آمده و مقدار ضریب همبستگی برابر ۲۰ درصد می‌باشد. تقریباً نواحی که سرعت باد بین ۲ تا ۳ متر بر ثانیه دارند با یک نرخ افزایشی، میانگین عمق اپتیکی آن‌ها افزایش پیدا کرده است. به طوری که میانگین عمق اپتیکی از حدود ۰/۲ شروع شده و تا ۰/۳ ادامه پیدا کرده است. بیشترین میانگین عمق اپتیکی برابر ۰/۸ می‌باشد که در سرعت باد برابر ۳ متر بر ثانیه مشاهده می‌شود، از طرف دیگر بیشترین سرعت باد که حدود ۴ متر بر ثانیه است در عمق اپتیکی حدود ۰/۳ رخ داده است. شیب کم خط برازش شده در این نمودار و همچنین پایین آمدن عمق اپتیکی با افزایش باد از سرعت ۳ متر بر

ثانیه به بعد، باعث می‌شود که تحلیل نرخ افزایشی میانگین عمق اپتیکی با افزایش سرعت باد، به صورت قطعی نتیجه‌گیری نشود. در سال ۲۰۰۵ (۱۲-ب)، دو بخش متمرکز از نقاط مشاهده می‌شود. بخش اول دارای میانگین عمق اپتیکی بین ۰/۲ تا ۰/۴ می‌باشد که سرعت باد متناظر با این نواحی کمی کمتر از ۲/۵ متر بر ثانیه می‌باشد. بخش دوم از نقاط دارای سرعت باد حدود ۳/۲۵ متر بر ثانیه است که میانگین عمق اپتیکی آن‌ها برابر ۰/۳ مشاهده می‌شود. در این فصل از سال ۲۰۰۵ نیز بیشترین سرعت باد برابر حدود ۴/۲۵ متر بر ثانیه است که در میانگین عمق اپتیکی حدود ۰/۳۵ رخ داده است که عدد نسبتاً متوسطی برای پارامتر گرد و غبار محسوب می‌شود. بیشترین میانگین عمق اپتیکی در حدود ۰/۶۵ است که سرعت باد متناظر با آن کمی بیشتر از ۳/۵ متر بر ثانیه می‌باشد. در سال ۲۰۰۹ (۱۲-ج)، شیب خط برازش داده شده تقریباً برابر صفر است و ضریب همبستگی بین پارامترهای موردنظر نیز برابر صفر به دست آمده است. بیشترین میانگین عمق اپتیکی در حدود ۰/۶۵ است که سرعت باد متناظر با آن کمی بیشتر از ۳/۵ متر بر ثانیه می‌باشد. با توجه به سال ۲۰۰۹ (۱۲-ج)، کلیه نقاط در طول خط برازش داده شده قرار گرفته‌اند و تراکم نقاط در سرعت باد بین ۳ تا ۴ متر بر ثانیه به حداکثر مقدار خود رسیده که میانگین عمق اپتیکی آن‌ها نیز در حدود ۰/۴ می‌باشد. با در نظر گرفتن اینکه میانگین عمق اپتیکی اکثر نواحی موردبررسی در حدود ۰/۴ است، تأثیر سرعت باد در تغییر میانگین عمق اپتیکی مشهود نیست. بیشترین سرعت باد در حدود ۴/۵ متر بر ثانیه است که دارای میانگین عمق اپتیکی ۰/۴۵ می‌باشد و همچنین بیشترین میانگین عمق اپتیکی برابر حدود ۰/۷۵ است که در سرعت باد کمی کمتر از ۳/۵ متر بر ثانیه رخ داده است. در کل اگر در این فصل از سال تغییرات کلی در شکل‌ها مدنظر قرار داده شود، این نتیجه به دست می‌آید که به صورت کلی شیب خط برازشی از ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۹ کاهش داشته است و نهایتاً به مقدار صفر رسیده است، یعنی نرخ افزایشی میانگین عمق اپتیکی در برابر افزایش باد، کاهش پیدا کرده است. همچنین ضریب همبستگی نیز کاملاً نزول کرده است تا به مقدار تقریبی صفر رسیده است. در سال ۲۰۰۱، عمده‌ی نواحی دارای سرعت باد بین ۲ تا ۳ متر بر ثانیه بوده و میانگین عمق اپتیکی آن‌ها برابر ۰/۳ به دست آمده است که در سال ۲۰۰۵، محدوده سرعت باد در بین ۲ تا ۳/۵ متر بر ثانیه بوده و میانگین عمق اپتیکی برابر حدود ۰/۳۵ می‌باشد، همچنین در سال ۲۰۰۹، تمرکز نقاط بیشتر بین سرعت باد ۳ تا ۴ متر بر ثانیه بوده که میانگین عمق اپتیکی حدود ۰/۴ را تجربه کرده‌اند. در سال ۲۰۱۳ (۱۲-د) نیز محدوده تغییرات سرعت باد در بین ۲/۵ تا ۴ متر بر ثانیه بوده است و میانگین عمق اپتیکی آن در حدود ۰/۳ است.

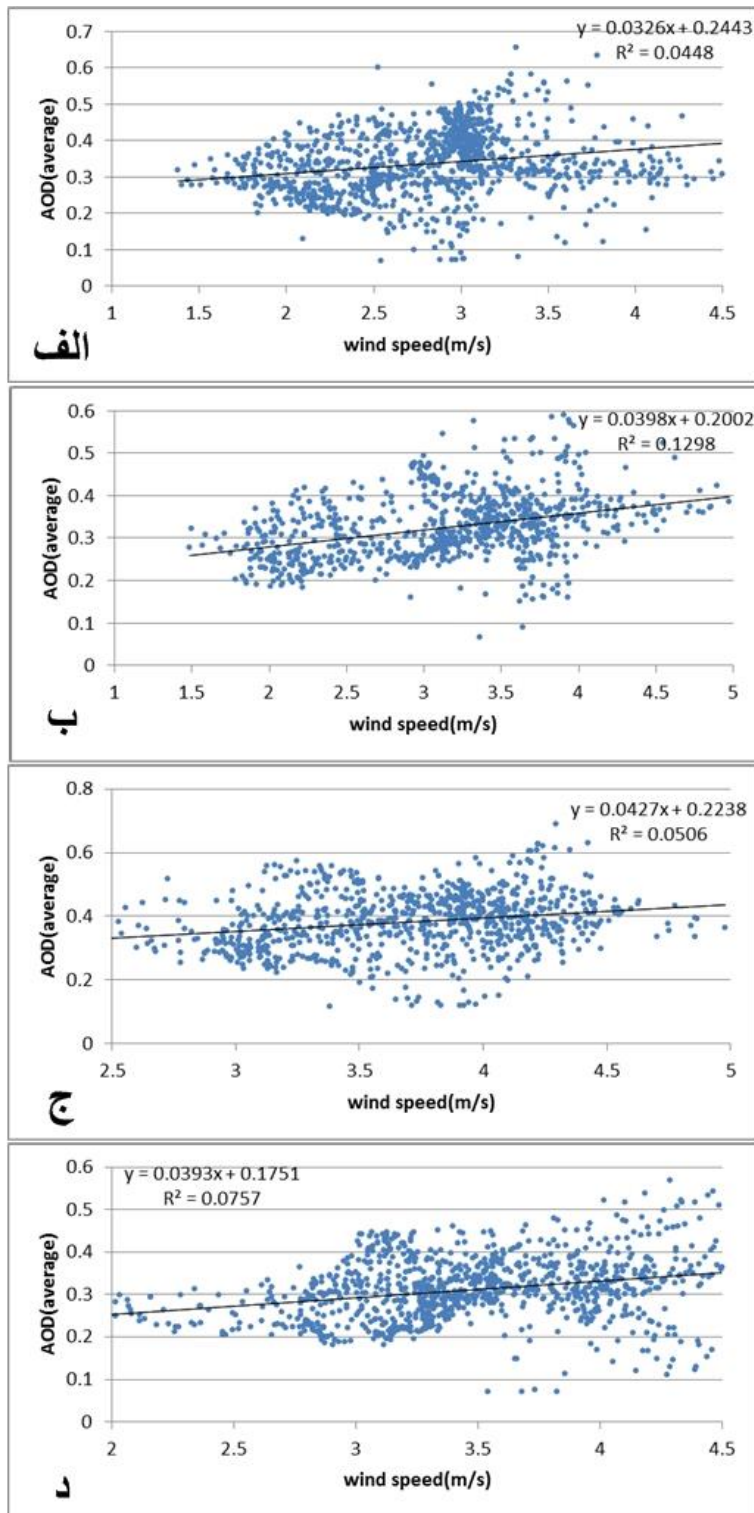


شکل ۱۲- همبستگی بین داده‌های میانگین عمق اپتیکی و سرعت باد مربوط به فصل بهار در سال الف- ۲۰۰۱ ب- ۲۰۰۵ ج- ۲۰۰۹ د-

۲۰۱۳

با توجه به اعداد گفته شده، در سه سال اول، سال به سال، عمدتاً میانگین سرعت باد برای نقاط افزایش پیدا کرده است و از طرفی میانگین عمق اپتیکی غبار نیز به ازای هر چهار سال حدود ۰/۰۵ افزایش داشته است. شیب خطوط برازش داده شده در نقاط مورد بررسی تقریباً برابر صفر و یا مقادیر ناچیزی می شود و عدد ضریب همبستگی نیز به صورت تقریبی برابر صفر به دست آمده است که برای بررسی بیشتر، به تفصیل توضیح داده خواهد شد.

یکی از مهم ترین فصل ها از نظر شدت وقوع گرد و غبار فصل تابستان می باشد. در این فصل نیز با توجه به شکل ۱۳، در سال ۲۰۰۱ (۱۳-الف)، میزان شیب خط برازش داده شده برابر ۰/۰۳ است و میزان ضریب همبستگی برابر ۲۱ درصد می باشد که نسبت به فصل بهار عدد نسبتاً بالایی بوده است. در کل نقاط موجود در سال ۲۰۰۱ را می توان به دو بخش تقسیم بندی کرد. بخش اول مجموع نواحی را شامل می شود که در امتداد خط برازش داده شده ادامه پیدا کرده اند و سرعت باد این مجموع نقاط در محدوده ۱/۵ تا ۴/۵ متر بر ثانیه بوده است و میانگین عمق اپتیکی این مجموعه نواحی در حدود ۰/۳۵ به دست آمده است. بخش دوم نقاط شامل یک قسمتی از نواحی می شود که سرعت باد این نقاط متمرکز، ۳ متر بر ثانیه بوده و میانگین عمق اپتیکی آن ها در حدود ۰/۴ به صورت یک توده متمرکز در شکل قابل تشخیص است. محدوده تغییرات سرعت باد از ۱/۵ تا ۴/۵ متر بر ثانیه بوده و محدوده عمق اپتیکی نواحی از ۰/۱ تا ۰/۵ تغییر کرده است و بیشترین مقدار عمق اپتیکی که در حدود ۰/۵۵ است که در سرعت باد کمی کمتر از ۳/۵ متر بر ثانیه رخ داده است. در سال ۲۰۰۵ (۱۳-ب)، شیب خط برازشی در حدود ۲۲ درصد نسبت به سال ۲۰۰۱، افزایش داشته است و همچنین ضریب همبستگی نسبت به سال ۲۰۰۱ و نسبت به فصل پیش افزایش قابل ملاحظه ای مشاهده می شود و به مقدار ۳۶ درصد رسیده است. افزایش میانگین عمق اپتیکی با افزایش سرعت باد، هر چند با شیب کم، با توجه به شکل کاملاً محسوس است و کل نقاط در امتداد خط برازشی ادامه پیدا کرده اند. بیشترین سرعت باد برابر ۵ متر بر ثانیه بوده که نسبت به سال ۲۰۰۱ در حدود ۱۱ درصد افزایش پیدا کرده است. محدوده تغییرات میانگین عمق اپتیکی نیز در از حدود ۰/۲ تا ۰/۵ تغییر کرده است. در سال ۲۰۰۹ (۱۳-ج)، شیب خط افزایش پیدا کرده است و به مقدار ۰/۴۳ رسیده است. ضریب همبستگی با کاهش ۳۷/۵ درصدی به مقدار ۲۲/۵ درصد تقلیل پیدا کرده است. محدوده نقاط موجود در این شکل نشان می دهد که پارامتر باد عمدتاً از ۳ تا ۴/۵ متر بر ثانیه تغییر پیدا کرده است و میانگین عمق اپتیکی از ۰/۲ تا ۰/۶ در حال نوسان است. در سال ۲۰۱۳ (۱۳-د)، شیب خط برازشی تقریباً برابر با مقدار متناظر در سال ۲۰۰۹ بوده و ضریب همبستگی تقریباً برابر ۲۷/۴ درصد بوده است و محدوده تغییرات میانگین عمق اپتیکی از ۰/۲ تا ۰/۴۵ بوده است.

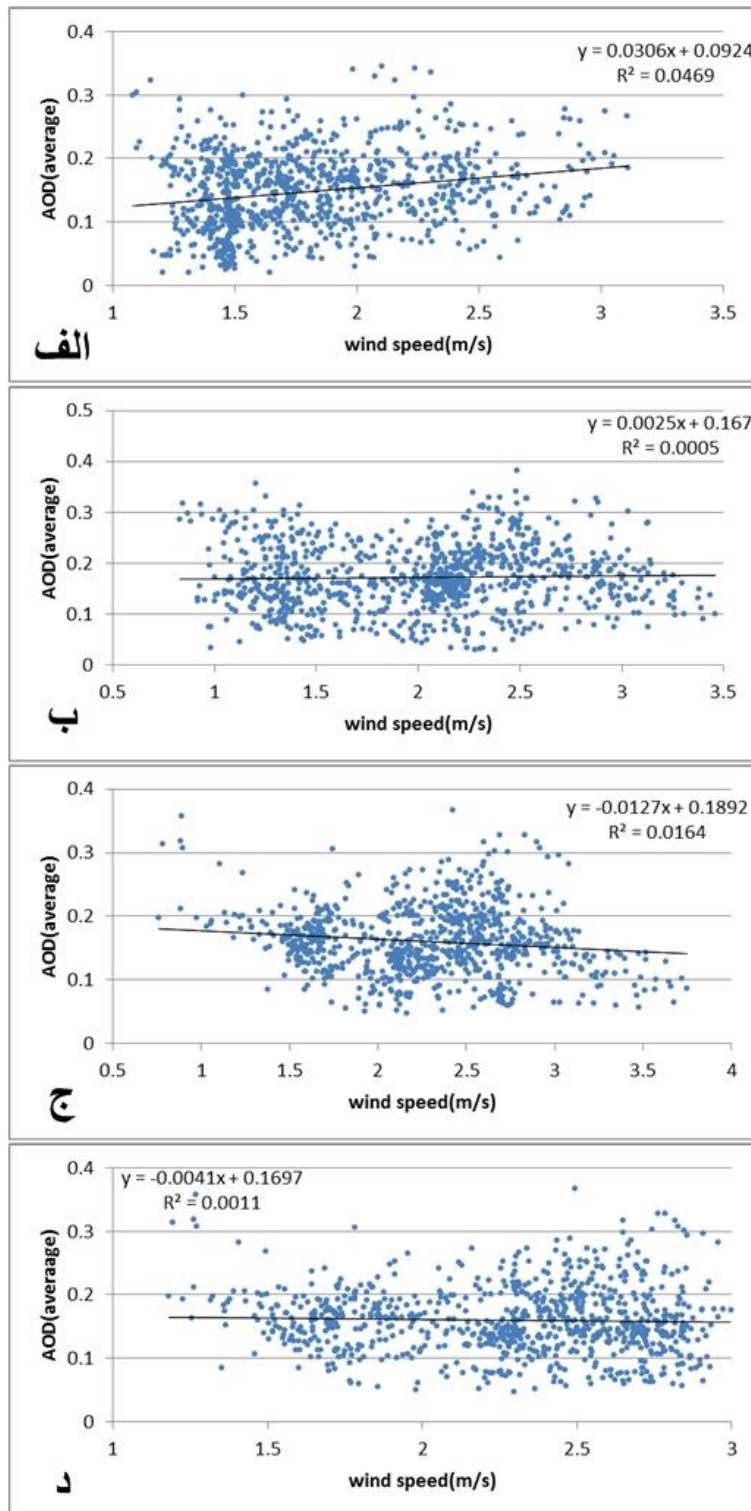


شکل ۱۳- همبستگی بین داده‌های میانگین عمق اپتیکی و سرعت باد مربوط به فصل تابستان در سال الف- ۲۰۰۱ ب- ۲۰۰۵ ج- ۲۰۰۹

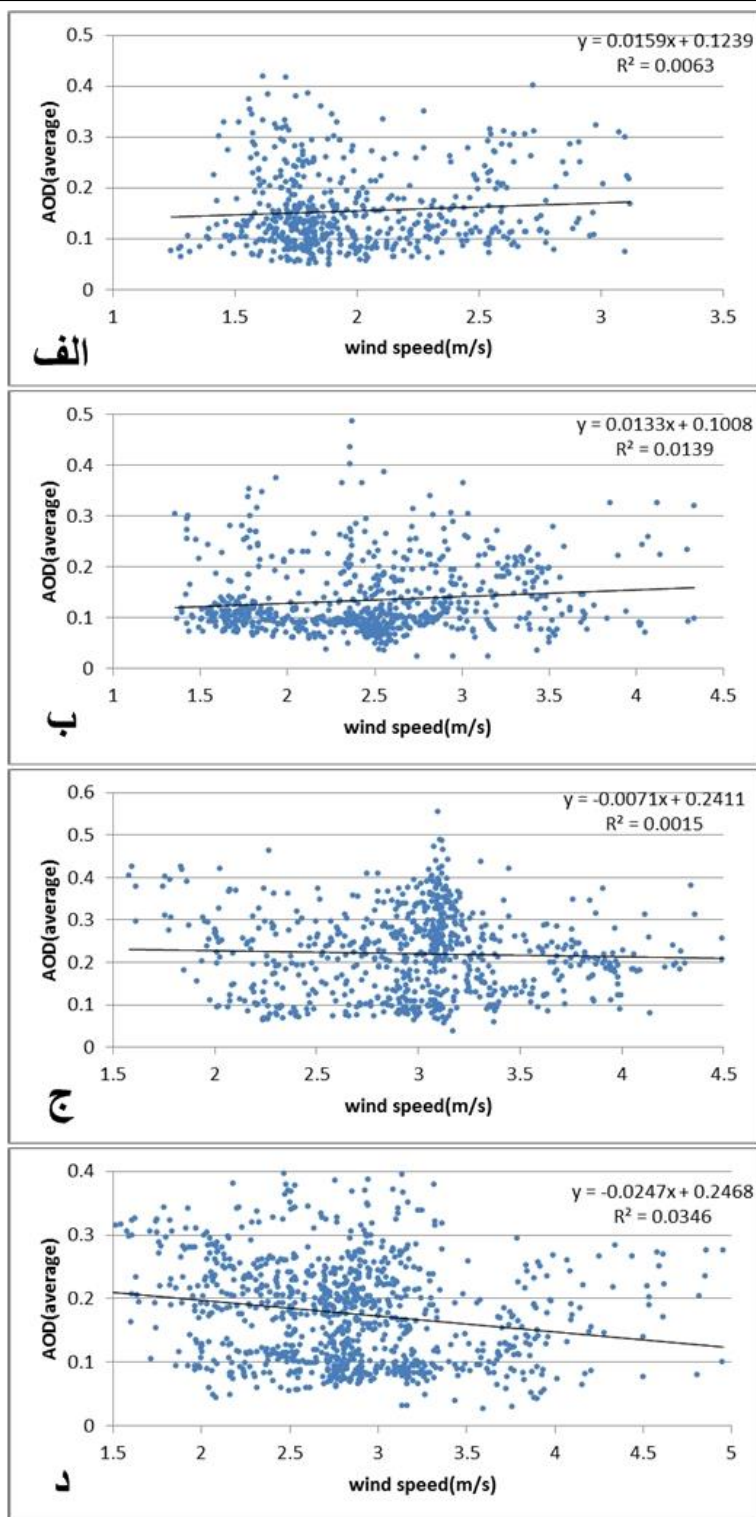
د- ۲۰۱۳

گسترده‌گی نقاط در طول خطوط برازشی در این فصل از سال به صورتی است که کانون‌های مشخصی در شکل قابل مشاهده نیست و نقاط در تمامی سال‌ها در طول خطوط برازشی گسترش داشته‌اند. شکل ۱۴ مربوط به فصل پاییز می‌شود. در سال ۲۰۰۱ (۱۴-الف)، میزان شیب خط برازش داده شده برابر ۰/۰۳ است که نشان‌دهنده آن است که نرخ افزایش میانگین عمق اپتیکی در مقابل سرعت باد بسیار پایین است ولی مقدار آن عدد مثبتی می‌باشد. میزان ضریب همبستگی برابر حدود ۲۱/۶ درصد است و بیشترین مقدار در بین سه سال، محسوب می‌شود. محدوده تغییرات نقاط موجود در سال ۲۰۰۱، از سرعت باد حدود ۱ تا ۳ متر بر ثانیه است و همچنین از محدوده ۰/۰۲ تا ۰/۳ میزان میانگین عمق اپتیکی تغییر می‌کند. در این سال نقاط متمرکز کاملاً ستونی در سرعت باد حدود ۱/۵ متر بر ثانیه مشاهده می‌شود که میانگین عمق اپتیکی آن‌ها از ۰/۰۲ تا ۰/۲۵ امتداد پیدا کرده است. در سال ۲۰۰۵ (۱۴-ب)، میزان شیب خط برازشی تقریباً به صفر رسیده است و ضریب همبستگی با کاهش ۹۰ درصدی تقریباً در حدود ۲/۲ درصد می‌باشد. میزان محدوده تغییرات سرعت باد در حدود ۲۵ درصد افزایش داشته است و پارامتر عمق اپتیکی از ۰/۰۵ تا ۰/۳۵ تغییر کرده است. مجموعه‌ای از نقاط متمرکز در سرعت باد کمی بیشتر ۲/۵ متر بر ثانیه دیده می‌شود که دارای میانگین عمق اپتیکی حدود ۰/۱۵ می‌باشند و بیشترین میزان عمق اپتیکی در سرعت باد حدود ۲/۵ متر بر ثانیه رخ داده است و مقدار آن برابر حدود ۰/۴ به دست آمده است. در سال ۲۰۰۹ (۱۴-ج)، شیب خط برازشی منفی است و این نشان می‌دهد که در کل با افزایش سرعت باد، میانگین عمق اپتیکی کاهش پیدا می‌کند. میزان ضریب همبستگی نیز برابر ۱۲/۸ درصد به دست آمده است. در این سال نیز بیشترین میزان عمق اپتیکی که برابر مقدار تقریبی ۰/۳ است در حوالی سرعت باد ۲/۵ متر بر ثانیه مشاهده شده است. در سال ۲۰۱۳ (۱۴-د)، شیب خط برازشی در حدود صفر بوده و میزان ضریب همبستگی نیز مقدار بسیار ناچیزی می‌شود، که حاکی از آن است که با افزایش سرعت باد میزان میانگین عمق اپتیکی نوسان چندانی نداشته است و محدوده تغییرات آن بین ۰/۱ تا ۰/۲ است، در حالی که میانگین سرعت از حدود ۱/۵ تا ۳ متر بر ثانیه تغییر کرده است.

در شکل ۱۵ نیز آخرین فصل، مربوط به فصل زمستان برای چهار سال ۲۰۰۹، ۲۰۰۵، ۲۰۰۱ و ۲۰۱۳ آورده شده است. ولی قبل از بررسی نواحی مربوط به این فصل، باید به این نکته توجه کرد که فصول پاییز و زمستان از جمله فصولی هستند که میزان عمق اپتیکی گرد و غبار در سطح دو استان مورد بررسی کاملاً پایین است و به تبع آن میزان فراوانی وقوع نیز به صورتی که مشاهده شد، کاهش پیدا کرده است و به این صورت میانگین عمق اپتیکی پایین در مقابل سرعت باد موجود در منطقه حساسیت پایینی دارد و شاید به نحوی که مورد انتظار است این دو پارامتر



شکل ۱۴- همبستگی بین داده‌های میانگین عمق اپتیکی و سرعت باد مربوط به فصل پاییز در سال الف- ۲۰۰۱ ب- ۲۰۰۵ ج- ۲۰۰۹ د-



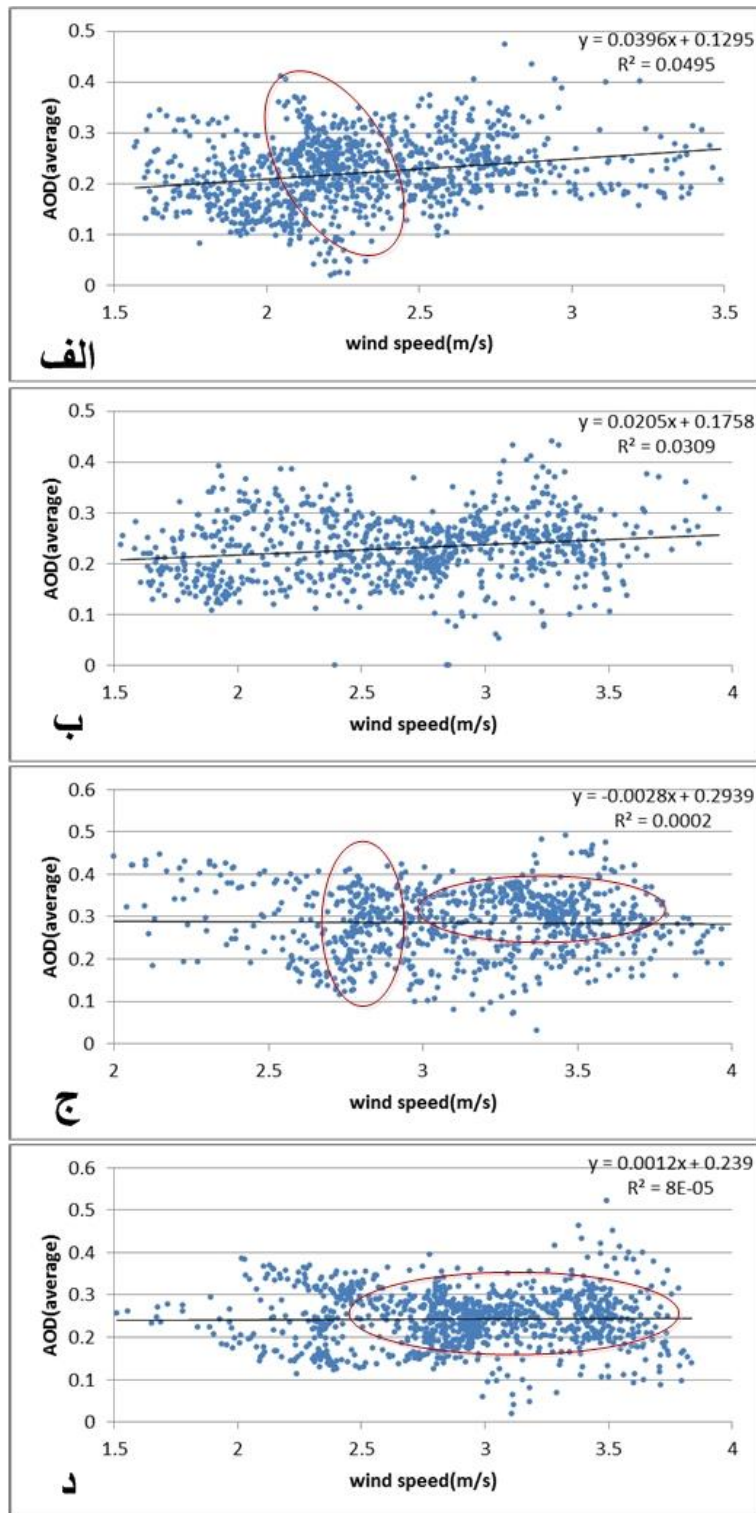
شکل ۱۵- همبستگی بین داده‌های میانگین عمق اپتیکی و سرعت باد مربوط به فصل زمستان در سال الف- ۲۰۰۱ ب- ۲۰۰۵ ج- ۲۰۰۹

د- ۲۰۱۳

در مقابل هم رابطه‌ی خوبی نداشته باشند. همان‌طور که در شکل مربوط به سال ۲۰۰۱ (الف-۱۵) دیده می‌شود، شیب‌خط برازشی کم و همچنین ضریب پراکنش بسیار پایین در این فصل، نشان‌دهنده‌ی آن است که افزایش میانگین عمق اپتیکی با نرخ افزایشی میزان متوسط سرعت باد همراهی نمی‌کند، همچنین اکثر نواحی دارای میانگین عمق اپتیکی کمتر از ۰/۱۵ می‌باشند که کانون این طیف از نقاط دارای سرعت باد ۱/۷۵ متر بر ثانیه است. گستردگی نقاط در طول خط برازش داده‌شده از سرعت باد ۱/۵ متر بر ثانیه شروع شده و تا سرعت باد ۳ متر بر ثانیه ادامه پیدا کرده است. بیشینه سرعت باد در حدود ۳ متر بر ثانیه است که در میانگین عمق اپتیکی حدود ۰/۲ رخ داده است و نشان‌دهنده این قضیه می‌تواند باشد که میانگین عمق اپتیکی نیز همانند فراوانی وقوع پارامتری هست که بیشترین مقدار آن لزوماً در سرعت باد بالا مشاهده نمی‌شود. همچنین بیشترین مقدار پارامتر عمق اپتیکی در سرعت بادی کمی کمتر از ۲ متر بر ثانیه مشاهده می‌شود. در سال ۲۰۰۵ (ب-۱۵)، شیب‌خط برازشی حدود ۱۶ درصد افت داشته است و نرخ افزایش عمق اپتیکی با افزایش سرعت باد کمتر شده است. نکته دیگر این که میزان ضریب همبستگی از حدود ۸ درصد به حدود ۱۲ درصد در سال ۲۰۰۵ رسیده است. با توجه به شکل، طیفی از نقاط به‌صورت کاملاً متراکم مماس با خط برازش شده و در طول آن با میانگین عمق اپتیکی ۰/۱ و از سرعت ۱/۵ تا ۳ متر بر ثانیه ادامه داشته است و این مسئله حاکی از آن است که این طیف از نواحی بدون در نظر گرفتن سرعت باد، میانگین عمق اپتیکی حدود ۰/۱ داشته‌اند که عدد قابل ملاحظه‌ای نیست و همچنین این پدیده در سال ۲۰۰۱ نیز اتفاق افتاده است به صورتی که طیف وسیعی از نقاط ذکر شده زیر خط برازشی قرار گرفته‌اند که سرعت باد میانگین فصلی آن‌ها بین ۱/۵ تا ۳ متر بر ثانیه متغیر است ولی همه این نقاط دارای میانگین عمق اپتیکی حدود ۰/۱ هستند، البته نکته مهم دیگر در داده‌های به‌دست آمده برای میانگین عمق اپتیکی در فصل زمستان، پایین بودن مقدار این پارامتر است و این مسئله باعث می‌شود تا حساسیت این پارامتر در مقابل پارامتر باد کاملاً نامحسوس شود، چراکه اکثر نواحی در فصل زمستان دارای میانگین عمق اپتیکی بسیار پایین می‌باشند. در سال ۲۰۰۹ (ج-۱۵) همان‌طور که مشاهده می‌شود، شیب‌خط برازشی تقریباً برابر صفر است که حاکی از این است که به‌صورت کلی با افزایش سرعت باد، تغییرات محسوسی در میانگین عمق اپتیکی به دست نمی‌آید. ضریب همبستگی برابر ۳/۷۸ درصد می‌باشد که مقدار بسیار ناچیزی است. پراکندگی نقاط بیشتر از دو سال قبل بوده ولی باین حال، نقاطی به‌صورت متمرکز در سرعت باد حدود ۳ متر بر ثانیه دیده می‌شود که میانگین عمق اپتیکی آن‌ها از ۰/۰۵ شروع شده است و تا ۰/۵۰ ادامه داشته است، همچنین بیشترین مقدار عمق اپتیکی که برابر حدود ۰/۵۰ است در سرعت باد حدود ۳ متر بر ثانیه رخ

داده است. از طرف دیگر بیشینه مقدار سرعت باد برابر حدود $4/5$ متر بر ثانیه می باشد که میانگین عمق اپتیکی متناظر با این نقطه حدود $0/2$ ثبت شده است که عدد قابل ملاحظه ای نیست. در سال 2013 (شکل د)، شیب خط برازشی تقریباً برابر صفر بوده و ضریب همبستگی بین داده ها برابر $18/6$ درصد است. دو طیف از نقاط با توجه به شکل وجود دارد. گروه اول شامل نواحی می شود که سرعت باد آن ها بین 2 تا 4 متر بر ثانیه تغییر می کند و میانگین عمق اپتیکی این دسته از نقاط در حدود $0/1$ می باشد که با افزایش سرعت باد نیز تغییراتی در آن حاصل نمی شود و زیر خط برازشی قرار گرفته اند. گروه دوم نواحی را شامل می شوند که سرعت باد میانگین آن ها در محدوده بین 2 تا 3 متر بر ثانیه قرار گرفته است و میانگین عمق اپتیکی آن ها نیز در محدوده $0/2$ تا $0/3$ تغییر می کند. در این سال نیز بیشینه مقدار دو پارامتر متناظر با هم نیستند به صورتی که بیشترین میزان سرعت میانگین باد در حدود 5 متر بر ثانیه است که میانگین عمق اپتیکی آن در حدود $0/3$ می باشد، همچنین بیشترین مقدار میانگین عمق اپتیکی در حدود $0/4$ است که در سرعت های باد $2/5$ و 3 متر بر ثانیه رخ داده است. برای ارزیابی بهتر تغییرات این دو پارامتر نسبت به هم، نمودار تغییرات سالیانه نیز رسم شد تا علیرغم بررسی تغییرات فصلی، تغییرات کلی آن ها نیز مورد ارزیابی قرار بگیرد.

در شکل 16 نمودار سالیانه چهار سال مدنظر آورده شده است. همان طور که ملاحظه می شود شیب خط برازشی سال 2001 (16 -الف)، در حدود $0/04$ بوده و ضریب همبستگی آن برابر $22/2$ درصد می باشد. محدوده تغییرات سرعت باد از $1/5$ تا $3/5$ متر بر ثانیه بوده و محدوده تغییرات عمق اپتیکی از حدود $0/1$ تا $0/4$ به دست آمده است. با توجه به شکل در سال 2001 ، یک توده از نقاط در این سال مشاهده می شود که محدوده سرعت باد آن ها بین 2 تا $2/5$ متر بر ثانیه تغییر می کند و میانگین عمق اپتیکی آن ها در حدود $0/25$ می باشد. بیشترین میزان میانگین عمق اپتیکی که برابر حدود $0/4$ بوده و در سرعت باد تقریبی $2/75$ متر بر ثانیه رخ داده است و همچنین بیشترین مقدار باد دارای عمق اپتیکی حدود $0/25$ است که عدد قابل ملاحظه ای نیست. در سال 2005 (16 -ب)، شیب خط برازشی در حدود 50 درصد کاهش پیدا کرده است و به عدد $0/02$ رسیده است. ضریب همبستگی در حدود $18/16$ درصد به دست آمده که تغییرات قابل ملاحظه ای با سال پیش نداشته است. گستردگی نقاط به گونه ای است که تمرکز قابل توجهی در شکل قابل مشاهده نمی باشد. میزان سرعت باد در محدوده $1/5$ تا 4 متر بر ثانیه تغییر کرده است و میزان عمق اپتیکی نیز همانند سال 2001 ، در محدوده $0/1$ تا $0/4$ قرار گرفته است.



شکل ۱۶- همبستگی بین داده‌های میانگین عمق اپتیکی و سرعت باد سالیانه در سال الف- ۲۰۰۱ ب- ۲۰۰۵ ج- ۲۰۰۹ د- ۲۰۱۳

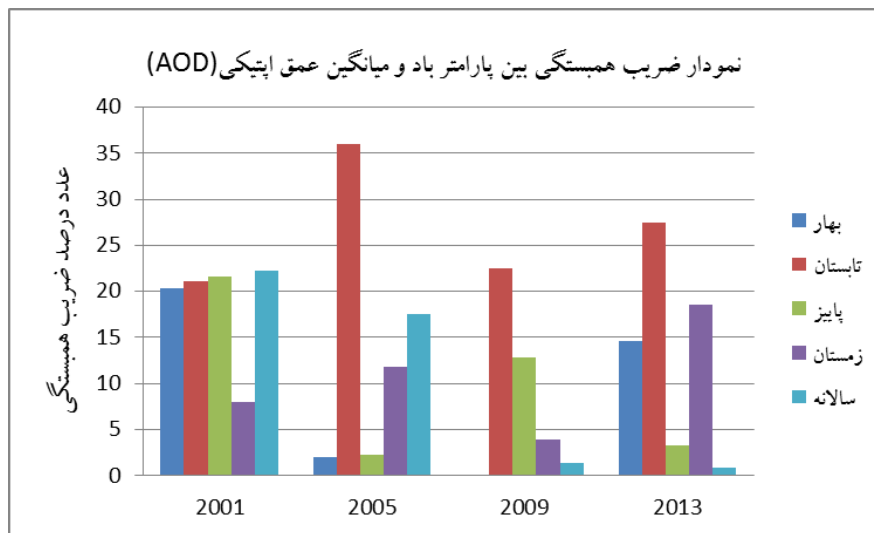
بیشترین میزان میانگین عمق اپتیکی در این سال در حدود $0/4$ است که در سرعت تقریبی $3/25$ متر بر ثانیه رخ داده است و بیشترین سرعت باد در حدود 4 متر بر ثانیه است که عمق اپتیکی آن در حدود $0/3$ به دست آمده است. در سال 2009 (۱۶-ج)، شیب خط برازشی تقریباً برابر صفر است و به صورت کلی هیچ گونه نرخ افزایشی یا کاهشیهی در میانگین عمق اپتیکی با افزایش سرعت باد مشاهده نشده است، از طرفی میزان ضریب همبستگی به مقدار $1/4$ درصد رسیده است که مقدار بسیار ناچیزی است. محدوده تغییرات سرعت باد از حدود 2 تا 4 متر بر ثانیه ادامه داشته است و محدوده تغییرات میانگین عمق اپتیکی از حدود $0/1$ تا $0/5$ تغییر کرده است. دو بخش متراکم از نقاط در شکل دیده می شود که در بخش اول، نقاط با سرعت باد ثابت در حدود $2/75$ متر بر ثانیه دارای میانگین عمق اپتیکی متغیر از $0/1$ تا $0/4$ می باشند و بخشی دوم از نقاط دارای میانگین عمق اپتیکی تقریبی $0/35$ بوده و سرعت باد آن ها بین 3 تا 4 متر بر ثانیه تغییر می کند. با وجود این دو بخش از نقاط، می توان به این نتیجه رسید که با ثابت بودن سرعت باد امکان تغییر پارامتر عمق اپتیکی وجود دارد و همچنین در میانگین عمق اپتیکی تقریباً ثابت، میزان سرعت باد در یک بازه نوسان داشته باشد و در نتیجه میزان مشخصی از عمق اپتیکی و یا طیف معین، منحصرأ دارای یک مقدار مشخصی از سرعت باد نمی باشد. در این شکل نیز بیشترین سرعت باد مربوط به نقطه ای با میانگین عمق اپتیکی حدود $0/25$ می شود و بیشترین میزان پارامتر عمق اپتیکی در سرعت باد تقریبی $3/5$ متر بر ثانیه رخ می دهد. در سال 2013 (۱۶-د)، شیب خط برازشی و همچنین میزان ضریب همبستگی، تقریباً برابر صفر هستند. توده مشخصی از نقاط در این سال نیز مشاهده می شود که میزان میانگین سرعت باد در محدوده بین $2/5$ تا $3/75$ متر بر ثانیه تغییر می کند و عدد پارامتر میانگین عمق اپتیکی غبار در محدوده $0/2$ تا $0/3$ متغیر است و نوسان این نقاط به گونه ای است که یک نرخ کاهشیهی یا افزایشیهی در پارامتر عمق اپتیکی، با افزایش میانگین سرعت باد، دیده نمی شود و صرفأ در یک محدوده نوسان می کنند.

برای ارزیابی کلی وضعیت همبستگی و همچنین شیب خط برازشی، مقادیر این پارامترها در شکل 17 و 18 با داده های مربوط به سرعت باد و میانگین عمق اپتیکی به دست آمد. همان طور که در شکل 17 دیده می شود، بیشترین مقدار ضریب همبستگی مربوط به فصل تابستان در سال 2005 با درصد ضریب همبستگی کمی بیشتر از 35 درصد می باشد که مقدار شیب خط برازش شده در این فصل از سال 2005 برابر حدود $0/04$ است، بنابراین همبستگی یک همبستگی مثبت است. دومین فصل از لحاظ بیشینه درصد ضریب همبستگی، فصل تابستان سال 2013 می باشد که درصد ضریب همبستگی آن در محدوده 25 تا 30 درصد بوده که شیب خط برازشی آن همانند

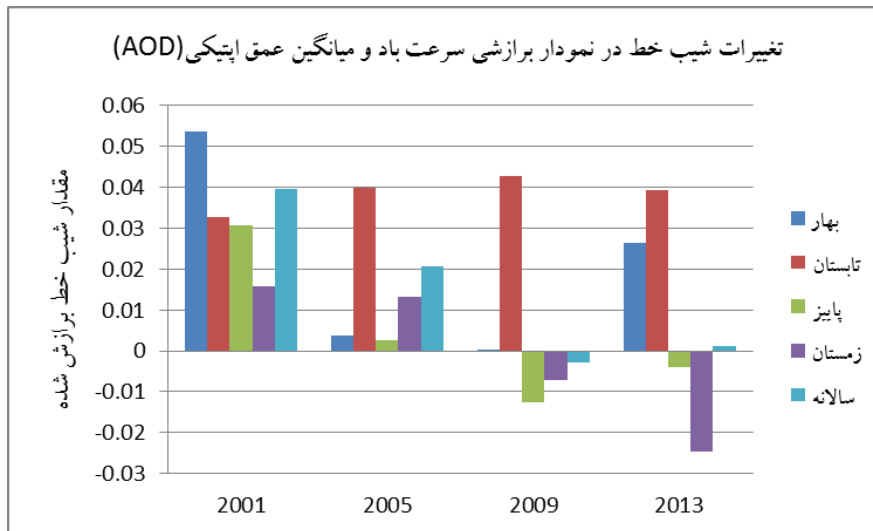
فصل قبل است. سومین فصل از نظر بیشینه مقدار ضریب همبستگی فصل تابستان سال ۲۰۰۹ با درصد ضریب همبستگی بین ۲۰ تا ۲۵ است که شیب خط برازشی کماکان برابر (۰/۰۴+) بوده و همبستگی مثبت بین پارامترهای موردنظر برقرار است. کمترین درصد ضریب همبستگی مربوط به فصل پاییز در دو سال ۲۰۰۵ و ۲۰۱۳ می‌شود، با این تفاوت که همبستگی در سال ۲۰۰۵ یک همبستگی مثبت و در سال ۲۰۱۳ یک همبستگی منفی است. بیشترین همبستگی منفی بین این دو پارامتر در زمستان سال ۲۰۱۳ با درصد ضریب همبستگی ۱۵ تا ۲۰ و شیب خط بین (۰/۰۲-) تا (۰/۰۳-) مشاهده می‌شود. نکته قابل توجه دیگر اینکه فصول پاییز و زمستان در دو سال اول دارای یک همبستگی مثبت می‌باشند، اما در دو سال دوم همبستگی، یک همبستگی منفی می‌باشد. همچنین میزان این ضریب در فصل بهار سال ۲۰۰۹ و در بررسی سالانه در سال ۲۰۱۳ برابر با صفر است، به عبارتی هیچ گونه ارتباطی بین این دو پارامتر به صورت کلی مشاهده نشده است. همچنین ملاحظه می‌گردد که فصل گرم سال (تابستان) در هر چهار سال ضریب همبستگی بالایی داشته و با توجه به شیب خط برازشی، این همبستگی مثبت بوده است، هر چند که میزان نرخ افزایشی عمق اپتیکی با افزایش سرعت باد در این فصل بسیار کم است، اما نسبت به فصول دیگر عدد قابل ملاحظه‌ای بوده و در سه سال پایانی میزان شیب خط برازشی بالاتر از همه‌ی فصول در آن سال مشخص می‌باشد.

• بررسی همبستگی بین تغییرات سرعت باد و تغییرات عمق اپتیکی گرد و غبار

نرخ نوسان پارامترهای مذکور به جهت اینکه تغییرات آن‌ها نیز می‌تواند همبستگی داشته باشد، در شکل ۱۹ آورده شده است.



شکل ۱۷- عدد درصد ضریب همبستگی بین میانگین سرعت باد و میانگین عمق اپتیکی



شکل ۱۸- مقادیر شیب خط برازشی در نمودار مربوط به میزان سرعت باد و میانگین عمق اپتیکی در چهار سال ۲۰۰۱، ۲۰۰۵، ۲۰۰۹ و

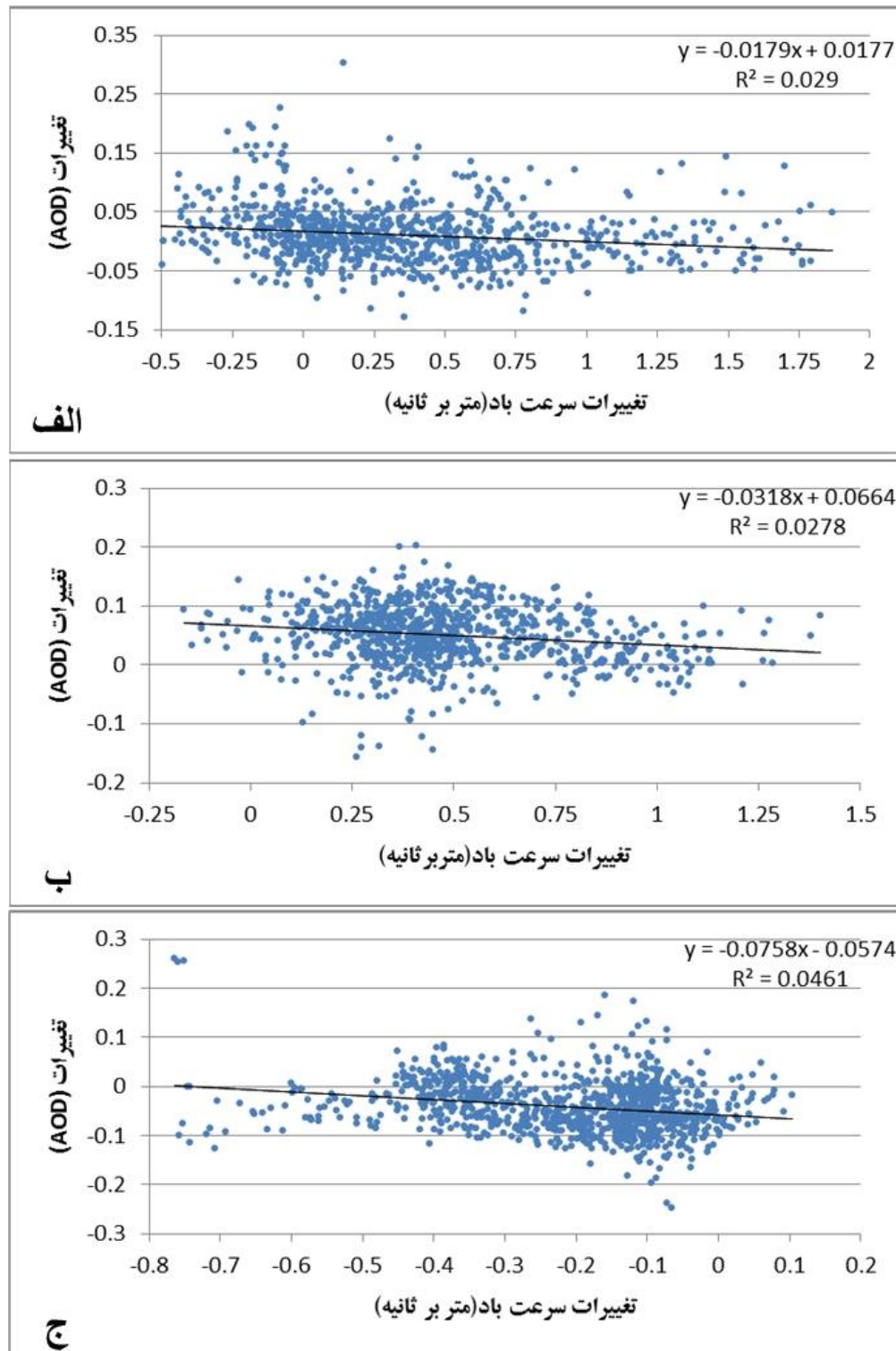
۲۰۱۳

همان‌طور که ملاحظه می‌شود شیب خط برازش شده در بررسی تغییرات سال ۲۰۰۵ نسبت به سال ۲۰۰۱ (۱۹-الف) برای مجموع نقاط تقریباً برابر صفر بوده و ضریب همبستگی بین تغییرات این دو پارامتر در این دو سال برابر ۱۷/۳۲ درصد می‌شود و به این صورت یک همبستگی منفی در این سال وجود دارد که با افزایش سرعت باد میزان میانگین عمق اپتیکی کاهش پیدا کرده است. نوسان میانگین عمق اپتیکی بین (۰/۱۵-) تا (۰/۰۵+) می‌باشد که عددی بسیار ناچیز است و شاید یک نوسان طبیعی و فارغ از میزان نوسان بارندگی در منطقه مورد مطالعه باشد. تغییرات میزان عمق اپتیکی تقریباً برابر صفر بوده و این در حالی است که تغییرات سرعت باد بین (۰/۵-) تا (۱/۷۵+) متر بر ثانیه بوده است. بیشترین تغییرات میزان عمق اپتیکی در حدود (۰/۱۵+) ثبت شده است که میزان تغییرات سرعت باد آن عددی منحصر به فرد نبوده و در محدوده تغییرات (۰/۲۵-) تا (۲+) متغیر است. بررسی این دو پارامتر در سال ۲۰۰۹ نسبت به سال ۲۰۰۵ (۱۹-ب) نیز صورت گرفته است. همانند دو سال پیش، شیب خط برازشی منفی و ضریب همبستگی نیز برابر ۱۶/۶۷ درصد می‌شود که تقریباً برابر مقدار قبلی است. با توجه به شکل، تغییرات سرعت باد از ۰ تا حدود ۱ متر بر ثانیه بوده و محدوده تغییرات میزان عمق اپتیکی از ۰ تا ۰/۲ است. تفاوتی که تغییرات نسبی این دو سال با دو سال قبلی دارند این است که هم میزان تغییرات سرعت باد مثبت شده است و هم میزان تغییرات عمق اپتیکی، بالای صفر است. بنابراین هم میزان عمق اپتیکی غبار و هم مقدار میانگین سرعت باد در سال ۲۰۰۹ نسبت به مقدار مشابه آن در سال ۲۰۰۵ افزایش داشته است، هرچند که مقدار آن بسیار ناچیز باشد. بیشترین تغییرات میزان

عمق اپتیکی غبار برابر حدود $(+0/15)$ است و مربوط به نواحی می‌شود که تغییرات سرعت باد آن‌ها بین $(+0/25)$ تا $(+0/5)$ متر بر ثانیه بوده است. شکل (۱۹-ج) مربوط به بررسی این دو پارامتر در سال ۲۰۱۳ نسبت به سال ۲۰۰۹ می‌باشد. شیب خط برازشی بسیار ناچیز بوده و مقدار آن منفی است و ضریب همبستگی بین داده‌ها برابر $21/5$ درصد است. برخلاف دو سال پیش، تغییرات سرعت باد زیر صفر است و محدوده تغییرات برابر $(-0/6)$ تا (0) می‌باشد و محدوده تغییرات عمق اپتیکی بین $(-0/1)$ تا $(+0/1)$ است که تراکم نقاط در نوسان بین $(-0/1)$ تا (0) بیشتر است. سال ۲۰۰۹ از نظر میانگین سرعت باد و پارامتر عمق اپتیکی گرد و غبار، عمدتاً دارای مقادیر بالاتری نسبت به سال ۲۰۰۵ ارزیابی شد که کمتر شدن این پارامترها در سال ۲۰۱۳ نسبت به سال ۲۰۰۹، باعث شد که یک وضعیت متعادل‌تری در ناحیه حاکم باشد و نرخ افزایش پارامترهای مذکور ادامه نداشته باشد. همچنین بیشترین تغییرات عمق اپتیکی غبار در حدود $(+0/2)$ است و مربوط به ناحیه‌ای است که سرعت باد آن نسبت به سال ۲۰۰۹، در حدود $0/2$ نزول کرده است.

• رابطه بین فراوانی وقوع و سرعت باد

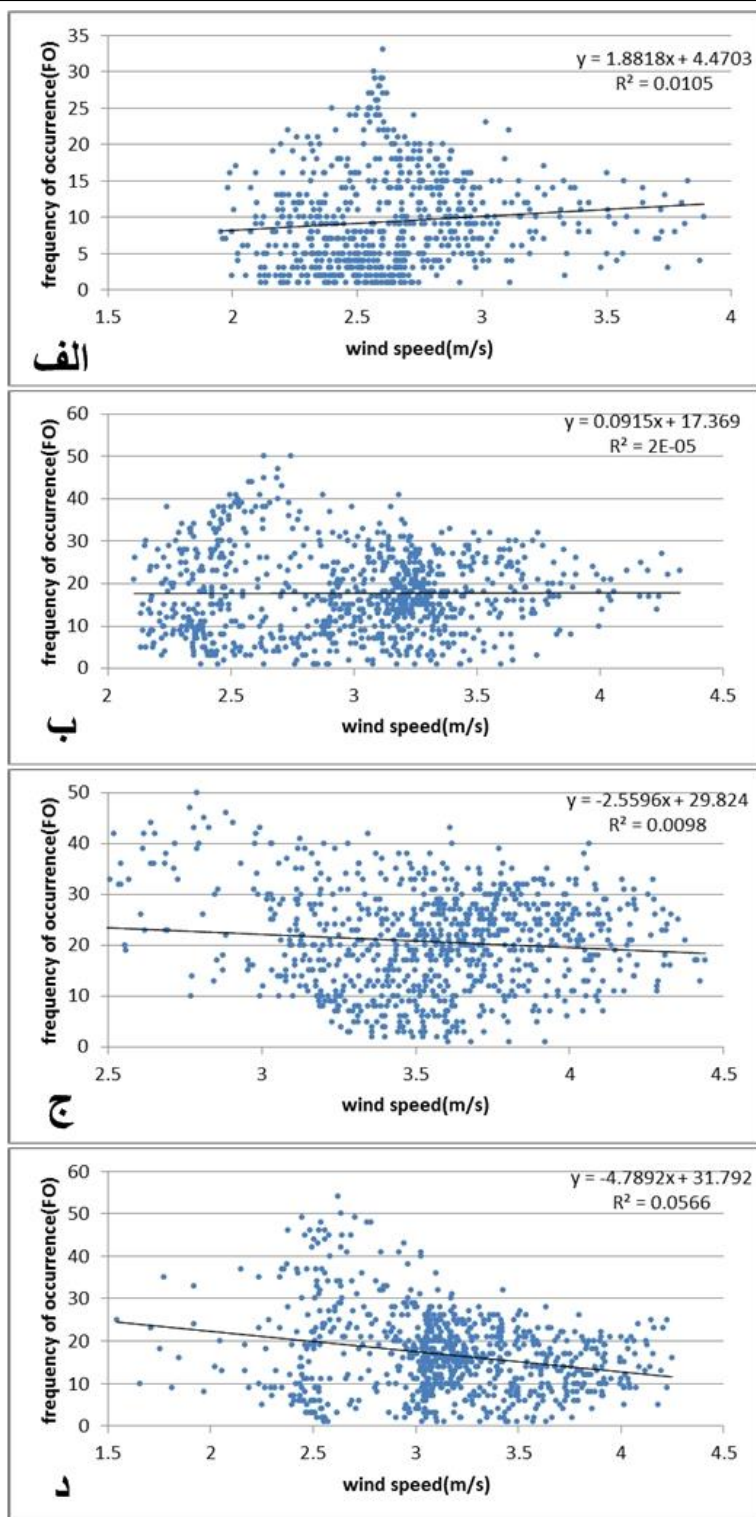
یکی دیگر از پارامترهای مهم در بررسی پدیده گرد و غبار، میزان فراوانی وقوع آن است و به دلیل این که این پارامتر در طول یک زمان مشخص به دست می‌آید و تابع بررسی وضعیت منطقه به صورت بلندمدت است، می‌تواند پارامتر خوبی برای بررسی در برابر سرعت متوسط باد باشد. شکل ۲۰ رابطه بین فراوانی وقوع و سرعت باد را در فصل بهار برای سال ۲۰۰۵، ۲۰۰۱، ۲۰۰۹، و ۲۰۱۳ نشان داده است. همان‌طور که در سال ۲۰۰۱ (۲۰-الف) مشاهده می‌شود، غالب نواحی دارای سرعت باد میانگین بین $2/5$ تا 3 را می‌باشند و بیشترین فراوانی رخداد در سرعتی کمی بیشتر از $2/5$ متر بر ثانیه به دست آمده است. با توجه به میزان پراکندگی زیاد نقاط و ناچیز بودن ضریب همبستگی، رابطه‌ی مناسب بین این دو پارامتر در این سال مشاهده نمی‌شود ولی در هر حال شیب مثبت خط برازشی نشان‌دهنده آن است که به‌طور کل با افزایش سرعت باد، افزایش فراوانی وقوع رخ داده است. هرچند مقدار آن کاملاً محسوس نباشد. در سال ۲۰۰۵ (۲۰-ب) تقریباً کاهش صددرصدی در شیب خط برازشی مشاهده می‌شود ولی کماکان شیب خط مثبت می‌باشد، یعنی با افزایش باد توالی رخداد نیز افزایش داشته است و همچنین مقدار ضریب همبستگی تقریباً برابر صفر است. همچنین بیشینه مقدار فراوانی وقوع در سرعت باد کمی بیشتر از $2/5$ متر بر ثانیه به دست آمده است و نقاط به دو صورت مجزا از هم متمرکز شده‌اند.



شکل ۱۹- بررسی همبستگی بین تغییرات سرعت باد و تغییرات عمق اپتیکی گرد و غبار در سال الف- ۲۰۰۵ نسبت به ۲۰۰۱ ب- ۲۰۰۹ نسبت به ۲۰۰۵ ج- ۲۰۱۳ نسبت به ۲۰۰۹

طیفی از نقاط دارای سرعت باد حدود $2/5$ متر بر ثانیه هستند که ماکزیمم فراوانی وقوع نیز در این طیف قرار گرفته است. توده دیگری از نقاط دارای سرعت باد حدود $3/25$ متر بر ثانیه‌اند و متوسط فراوانی وقوع آن‌ها تقریباً برابر 20 روز در فصل می‌شود. در سال 2009 (20 -ج)، میزان شیب خط برازش شده برابر مقدار ($2/55$ -) است که عموماً با افزایش سرعت باد، مقدار فراوانی وقوع کاهش پیدا کرده است. مقدار ضریب پراکنش نیز همانند سال‌های پیش تقریباً برابر مقدار صفر می‌شود. نقاط غالباً حول نقطه متمرکزی با سرعت باد کمی بیشتر از $3/5$ متر بر ثانیه و توالی رخداد 20 روز در فصل پخش و پراکنده شده‌اند. در سال 2013 (20 -د)، میزان شیب خط کماکان مقداری منفی می‌باشد که اندازه آن نسبت به سال 2009 ، تقریباً دو برابر شده است و ضریب همبستگی مقداری بسیار ناچیز دارد و توده نقاطی با سرعت باد تقریبی 3 متر بر ثانیه که فراوانی وقوع آن‌ها در محدوده 0 تا 30 قرار دارد که مشابه نتایج قبلی، شاید به این دلیل است که علاوه بر باد، پارامترهای دیگری نیز در شکل‌گیری و نحوه پخش و پراکنش غبار در ناحیه اثرگذارند که باعث می‌شود ارتباط صرف بین این دو پارامتر نامحسوس‌تر باشد. نکته قابل توجه در این نمودارها جابجایی نقاط در طول محور سرعت باد در سه سال اولیه است، یعنی با توجه به نمودارها، در سال 2001 توده‌های نقاط موجود دارای سرعت حدود $2/5$ متر بر ثانیه بودند و فراوانی وقوع آن‌ها تقریباً به عدد 10 می‌رسید که در سال 2005 سرعت باد غالب توده‌ی نقاط به عدد 3 و فراوانی رخداد حدود 20 رسیده است که در سال 2009 نیز می‌توان این افزایش را کاملاً درک کرد که سرعت باد غالب توده‌ی نقاط به عدد کمی بیشتر از $3/5$ متر بر ثانیه رسیده است و فراوانی رخداد آن‌ها کمی بیشتر از 20 شده است و این می‌تواند حاکی از آن باشد که در طی سه سال اولیه، میزان سرعت باد متوسط افزایش داشته است و هم‌اینکه به صورت عمده میزان فراوانی وقوع متوسط بالا رفته است.

شکل 21 رابطه‌ی بین سرعت باد و فراوانی وقوع در چهار سال موردنظر و در فصل تابستان را نشان می‌دهد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود در سال 2001 (21 -الف)، شیب خط برازش شده مثبت بوده و برابر مقدار $1/92$ می‌باشد و مقدار ضریب پراکنش نیز تقریباً برابر صفر به دست آمده است. در این سال و در این فصل، عمده نواحی که دارای سرعت باد بین $1/5$ تا 3 متر بر ثانیه می‌باشد، دارای فراوانی وقوع زیر 10 روز در فصل بوده‌اند. نقطه‌ی قابل توجه دیگر این است که یک طیف وسیع دیگر از نقاط دارای سرعت باد 3 متر بر ثانیه و فراوانی وقوع صفر تا حدود 60 روز در فصل می‌باشند. بنابراین دو طیف متفاوت از نقاط قابل ملاحظه است.



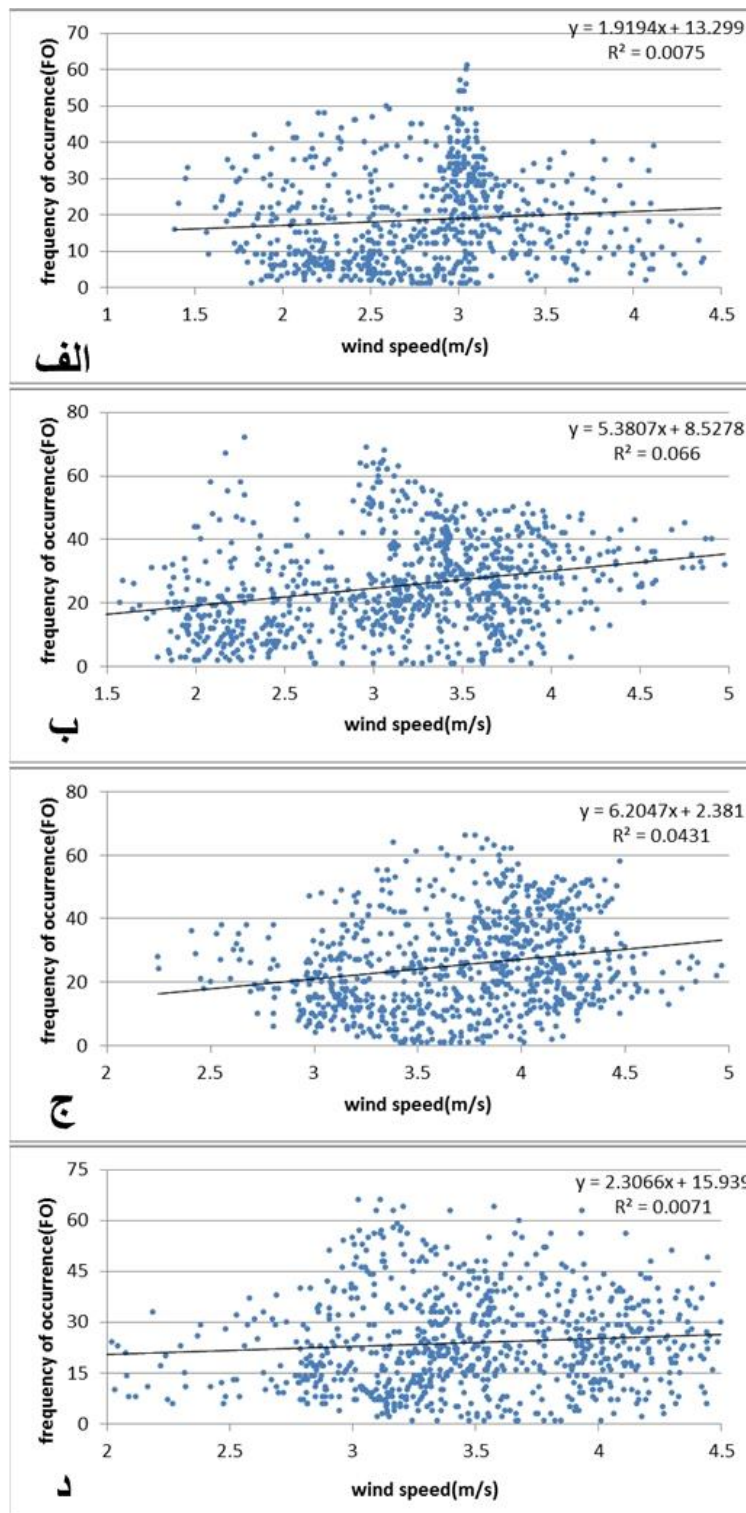
شکل ۲۰- همبستگی بین داده‌های فراوانی وقوع عمق اپتیکی و سرعت باد مربوط به فصل بهار در سال الف- ۲۰۰۱ ب- ۲۰۰۵ ج-

۲۰۰۹ د- ۲۰۱۳

یک طیف از نقاط با فراوانی وقوع زیر ۱۰ روز که سرعت باد بین ۱/۵ تا ۳ را دارا هستند و طیف دیگر که دارای سرعت باد ثابت ۳ متر بر ثانیه بوده و فراوانی وقوع آن‌ها بین صفر تا ۶۰ روز در فصل به دست آمده است. در فصل تابستان سال ۲۰۰۵ (ب-۲۱) نیز شیب خط برازش داده شده مثبت بوده و افزایش ۱/۸ برابری را نشان می‌دهد. میزان ضریب همبستگی از مقدار ۰/۰۸۶۶ به مقدار ۰/۲۵۷ رسیده است و افزایش ۲/۵۸ برابری داشته است. با توجه به مقادیر کم این پارامترها، نتیجه‌گیری کاملاً صحیح امکان‌پذیر نیست، ولی به صورت کلی افزایش شیب بین این دو فصل در دو سال، نشان می‌دهد که نرخ افزایش فراوانی وقوع با افزایش سرعت باد، افزایش یافته است و از طرفی دیگر، میزان ضریب پراکنش افزایش یافته حاکی از آن است که این دو پارامتر نسبت به سال ۲۰۰۱، رابطه‌ی بهتری داشته‌اند، هرچند مقدار آن بسیار کم باشد. در سال ۲۰۰۵ نیز عمده نواحی دارای سرعت باد بین ۳ تا ۴ متر بر ثانیه و فراوانی وقوع ۱۰ تا ۴۰ روز در فصل هستند. بیشینه فراوانی وقوع در سرعت باد کمی بیش از ۲ متر بر ثانیه و همچنین سرعت باد کمی بیش از ۳ متر بر ثانیه تجربه شده است. در سال ۲۰۰۹ (ج-۲۱) نیز شیب خط برازش شده برای داده‌ها برابر ۶/۲ بوده که نسبت به سال ۲۰۰۵، افزایش ۱۵ درصدی داشته است و به این صورت بیشترین نرخ افزایش فراوانی وقوع با باد در این سال مشاهده شده است. ضریب پراکنش نیز در این سال برابر ۰/۲۰۷ به دست آمده که نسبت به سال ۲۰۰۵ تغییر قبل ملاحظه‌ای نداشته است. عمده نواحی که در این سال سرعت باد بین ۳ تا کمی کمتر از ۴ متر بر ثانیه را داشته‌اند، فراوانی وقوع آن‌ها زیر خط برازش شده قرار می‌گیرد و طیفی از نواحی قابل توجهی وجود دارد که هرچه در این محدوده باد افزایش پیدا کرده است، مقدار فراوانی وقوع کاهش داشته است تا اینکه به مقدار صفر رسیده است. در سال ۲۰۱۳ (د-۲۱)، پراکنش نقاط به صورتی است که تمرکز خاصی در نمودار مشاهده نمی‌شود. میزان شیب خط کاهش پیدا کرده است و ضریب همبستگی تقریباً برابر صفر است و محدوده تغییرات سرعت باد نیز تقریباً از ۲/۵ تا ۴/۵ متر بر ثانیه بوده و فراوانی وقوع بین صفر تا در حدود ۲ ماه در فصل می‌رسد. با مقایسه این فصل در چهار سال، این نتیجه حاصل می‌گردد که عمده نواحی در سال ۲۰۰۱ دارای سرعت باد بین ۲ تا کمی بیشتر از ۳ متر بر ثانیه بوده است و فراوانی وقوع بین ۰ تا ۵۰ روز در فصل به دست آمده است. در سال ۲۰۰۵، سرعت باد بین ۲ تا ۴ متر بر ثانیه تغییر کرده است و بیشترین فراوانی وقوع به ۷۰ روز در فصل که متناظر با سرعت باد ۳ متر بر ثانیه می‌باشد، رخ داده است. در سال ۲۰۰۹، مقادیر سرعت باد بین ۳ تا ۴/۵ متر بر ثانیه تغییر کرده است و بیشترین فراوانی وقوع حدود ۶۰ روز در فصل است که در سرعت باد ۴ متر بر ثانیه رخ داده است. نکته‌ی قابل توجه دیگر برای این سال در این است که نقاط در بین محدوده ۳ تا ۴/۵ متر بر ثانیه کاملاً متراکم‌اند و

همانند دو سال پیش در طول نمودار باد گستردگی ندارند. در سال ۲۰۱۳ همان طور که ذکر شد، محدوده تغییرات سرعت باد تقریباً از ۲/۵ تا ۴/۵ متر بر ثانیه بوده است و فراوانی وقوع تا دو ماه در فصل رسیده که بیشترین فراوانی وقوع در سرعت باد تقریباً برابر ۳ متر بر ثانیه رخ داده است. با توجه به اینکه فصل تابستان از فصول گرم سال است که میزان عمق اپتیکی غبار اعداد بالایی را به خود اختصاص می دهد و به تبع آن می توان فراوانی رخداد بالایی را در طول فصل برای نواحی مشخص که پیش تر به صورت کانون شناسایی شده اند، مشاهده نمود پس انتظار می رود که اگر بحث فرسایشی و حمل ذرات توسط باد مطرح باشد و این پارامتر مقدار متوسط بالایی را نشان دهد، متعاقباً بلند شدن ریزگرد را نتیجه می دهد که در پی آن مقدار فراوانی وقوع نیز بالا می رود، اما این اتفاق در منطقه موردنظر و در فصل تابستان مشاهده نمی شود، به بیانی دیگر نقش باد در حمل و بلند کردن ذرات در منطقه محسوس نبوده و کانون های شناسایی شده وابستگی کمتری به سرعت باد متوسط فصلی موجود در منطقه دارند.

شکل ۲۲ نمودار تغییرات فراوانی وقوع در مقابل باد را برای فصل پاییز در چهار سال مذکور است. همان طور که مشاهده می شود در سال ۲۰۰۱ (۲۲-الف)، شیب خط برازشی برابر مقدار (۰/۷-) می باشد، این مقدار به عدد ۰/۲- در سال ۲۰۰۵ (۲۲-ب) تقلیل پیدا کرده است و افزایش شیب منفی ناگهانی در سال ۲۰۰۹ (۲۲-ج) در این فصل مشاهده می شود که مقدار آن به عدد (۱/۵-) رسیده است و دلیل این رخداد در سال ۲۰۰۹ می تواند ناشی از آن باشد که برخی از نقاط در این سال دارای فراوانی وقوع کمتر از ۵ روز در فصل هستند که میانگین سرعت آنها بین عدد ۳ تا ۳/۵ متر بر ثانیه تغییر می کند که این مقدار برای پارامتر سرعت متوسط باد مقدار قابل توجهی بوده و به این دلیل شیب منفی در این فصل و در این سال پدیدار شده است. نکته دیگر در بررسی این نمودارها در این است که بیشینه مقدار فراوانی وقوع در سرعت باد کمی بیشتر از یک متر بر ثانیه در این سه سال تجربه شده است که نشان دهنده این قضیه است که لزوماً فراوانی وقوع بیشتر در سرعت های بالا پدید نمی آیند و در کمترین سرعت ممکن از باد نیز رخداد بیشترین فراوانی وقوع امکان پذیر خواهد بود. میزان ضریب پراکنش نیز از مقدار ۱۲/۳۳ در صد در سال ۲۰۰۱ به مقدار ۵/۳۸ درصد در سال ۲۰۰۵ رسیده است و کاهش ۵۶ درصدی داشته است و در سال ۲۰۰۹ نیز این ضریب به مقدار ۲۲/۸۷ درصد رسیده است که به نسبت سال ۲۰۰۵ در حدود ۳ برابر افزایش داشته است. در سال ۲۰۰۱ داده ها نسبت به هم دیگر نظم به خصوصی را نداشته اند ولی در سال ۲۰۰۵ تقریباً قسمت عظیمی از داده ها دارای سرعت باد بین ۲ تا ۳ متر بر ثانیه را دارا بودند که فراوانی وقوع این دسته از نواحی نیز در حدود ۱ تا ۸ روز در فصل بوده است.

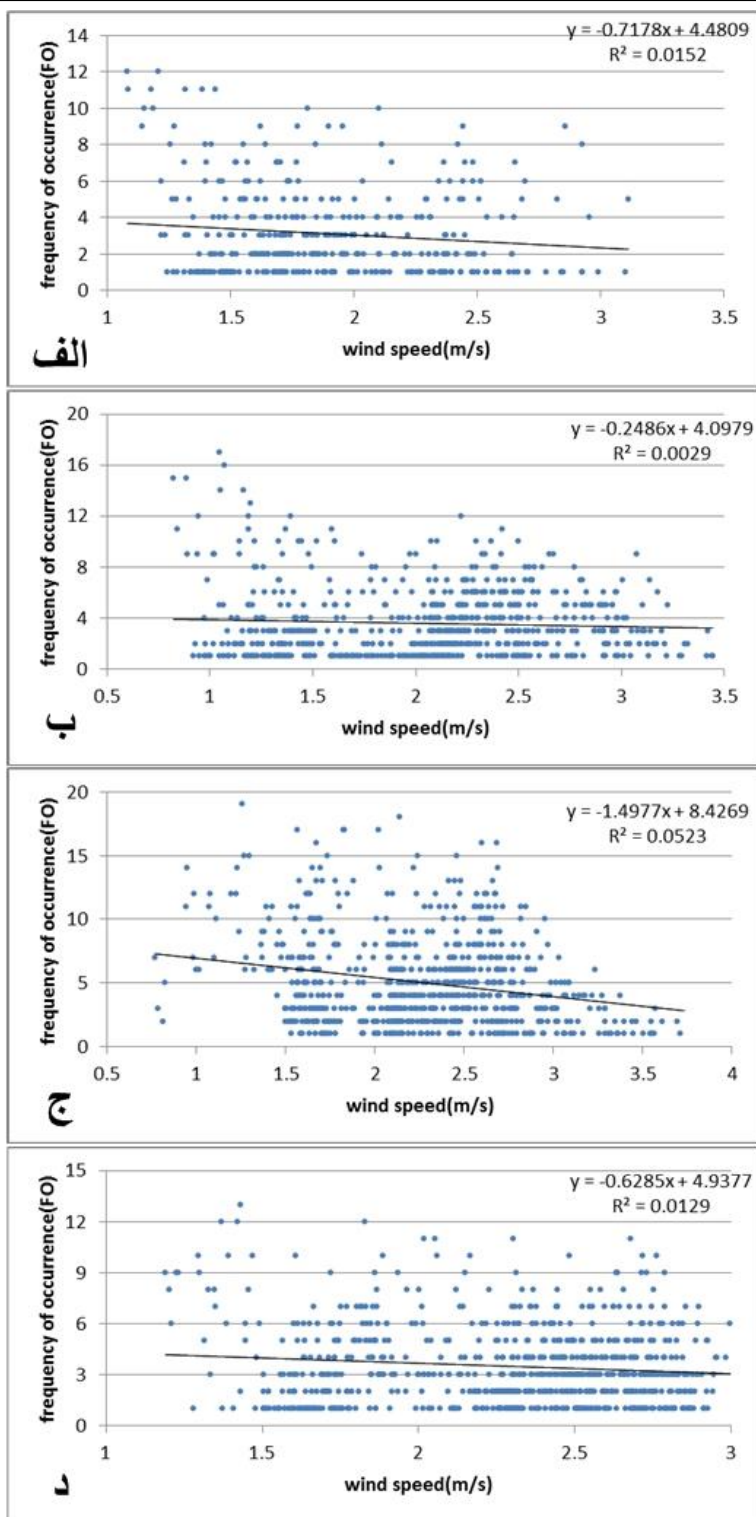


شکل ۲۱- همبستگی بین داده‌های فراوانی وقوع عمق اپتیکی و سرعت باد مربوط به فصل تابستان در سال الف- ۲۰۰۱ ب- ۲۰۰۵ ج-

۲۰۰۹ د- ۲۰۱۳

بیشترین مقدار فراوانی وقوع نیز که ۸ روز می‌باشد در سرعت باد حدود ۲/۵ متر بر ثانیه رخ داده است. همین روند تقریباً در سال ۲۰۰۹ نیز تکرار شده است به این صورت که توده‌ای از نقاط متمرکز در سرعت باد ۲ تا ۳ متر بر ثانیه مشاهده می‌شود که در این حالت نیز بیشینه فراوانی وقوع که حدود ۱۰ روز در فصل می‌باشد در سرعت باد کمی بیشتر از ۲/۵ متر بر ثانیه مشاهده شده است. در سال ۲۰۱۳ (۲۲-د) محدوده تغییرات سرعت باد تقریباً از ۱/۵ تا ۳ متر بر ثانیه بوده و بیشترین فراوانی وقوع در حدود ۱۲ روز در فصل می‌باشد. شیب خط برازشی برابر (۰/۶۳-) بوده و ضریب همبستگی برابر ۱۱/۳۶ است. با توجه به نمودارهای این فصل از سال و فصل بهار، ملاحظه می‌شود که در یک فراوانی وقوع مشخص، سرعت باد در یک محدوده قرار گرفته است و یک طیف مشخص و محدودی را شامل نمی‌شود، به عنوان مثال در همین فصل و در سال ۲۰۱۳ برای فراوانی وقوع عدد ۱، سرعت باد در محدوده ۱/۵ تا ۳ متر بر ثانیه بوده است و سرعت باد برای فراوانی وقوع عدد ۳ نیز در همان محدوده قرار می‌گیرد که به نظر می‌رسد ناشی از کم بودن میزان فراوانی وقوع در این دو فصل باشد چرا که پایین بودن فراوانی وقوع در ناحیه موردنظر امکان بلند شدن غبار را به حداقل می‌رساند و در حقیقت اگر ناحیه موردنظر نیز جزء کانون‌های غبار باشد به دلیل قرارگیری در فصول ذکر شده، پتانسیل غبارزایی آن به حداقل رسیده و به تبع آن در محدوده گسترده تغییرات سرعت باد، فراوانی وقوع عدد ثابتی را نشان می‌دهد. بنابراین با توجه به کم بودن فراوانی وقوع نواحی در فصل پاییز، رابطه بین این پارامتر با پارامتر باد نمی‌تواند ایده بهتری برای بررسی وضعیت غباری و رابطه آن با باد به دست دهد.

آخرین فصل از سال (زمستان) نیز از نظر همبستگی بین پارامترهای مذکور مطابق شکل ۲۳ بررسی شد. در سال ۲۰۰۱ (۲۳-الف) شیب خط برازش داده شده بین این دو پارامتر بزرگ‌تر از صفر است و با افزایش سرعت باد، فراوانی وقوع نیز افزایش می‌یابد، ولی این رابطه بسیار ضعیف است. پارامتر ضریب همبستگی در این سال برابر ۴/۳ درصد می‌باشد که رابطه بسیار ضعیفی است و از طرفی با توجه به شکل، برای هر مقدار از فراوانی وقوع، عدد سرعت باد تقریباً بین ۱/۵ تا ۳ تغییر کرده است که نشان می‌دهد فارغ از مقدار فراوانی وقوع، سرعت باد می‌تواند در محدوده تعیین شده نوسان داشته باشد. در سال ۲۰۰۵ (۲۳-ب)، شیب خط برازشی کاهش دو برابری داشته است و در حدود (۰/۳-) بوده است. از طرف دیگر ضریب همبستگی برابر ۱۲/۱۶ درصد می‌باشد، با این تفاوت که با افزایش سرعت باد، میزان فراوانی وقوع کاهش پیدا کرده است

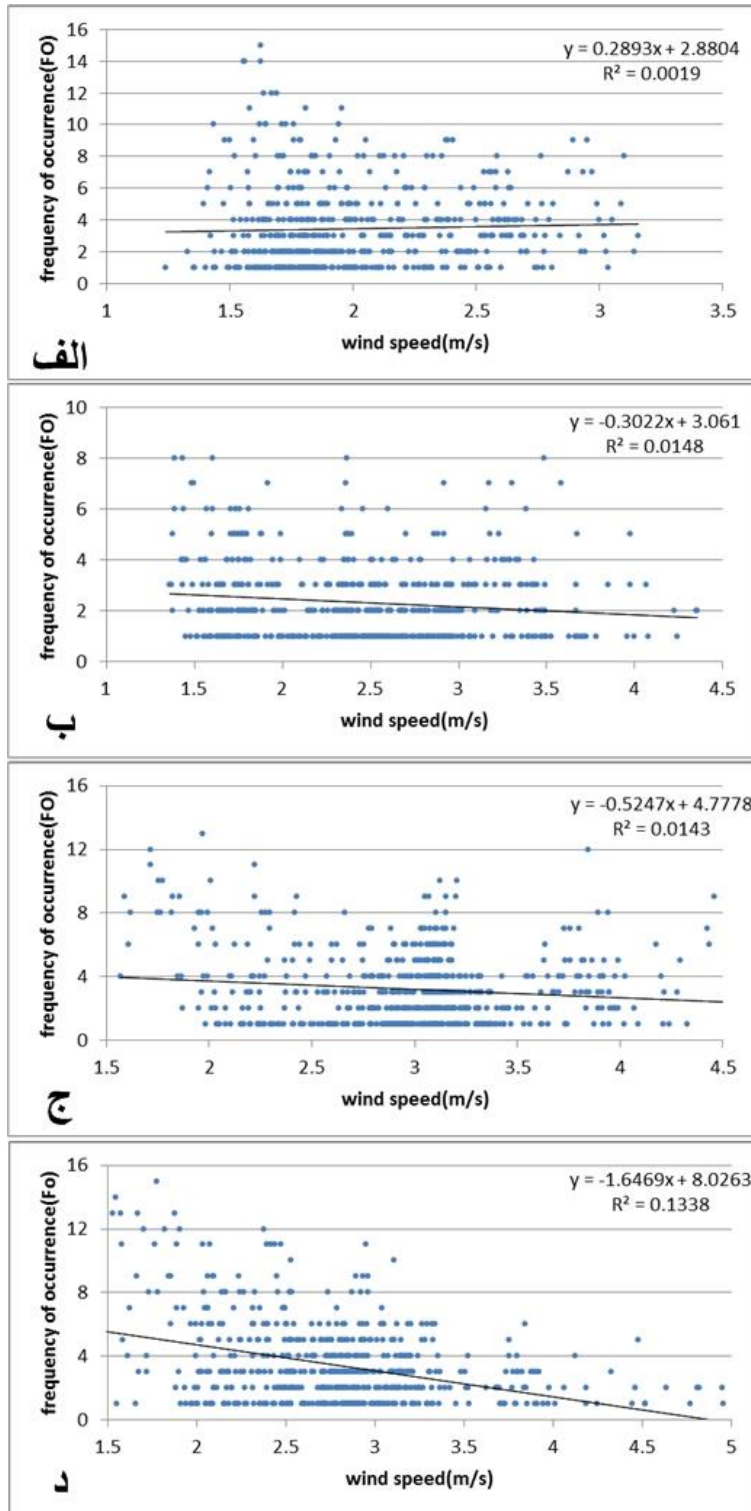


شکل ۲۲- همبستگی بین داده‌های فراوانی وقوع عمق اپتیکی و سرعت باد مربوط به فصل پاییز در سال الف- ۲۰۰۱ ب- ۲۰۰۵ ج-

۲۰۰۹ د- ۲۰۱۳

. در این سال نیز با توجه به شکل، اعداد فراوانی وقوع پایین تر، محدوده سرعت باد پیوسته‌ای را از $1/5$ تا 4 متر بر ثانیه را در بر می‌گیرند که هرچه فراوانی وقوع بالاتر می‌رود، پیوستگی محدوده نوسان سرعت باد کمتر می‌شود. ولی کماکان برای فراوانی وقوع مشخص و منحصر به فرد ثبت شده، سرعت باد بسیار متغیر است. در سال $2009(23)$ - (ج) نیز همانند سال 2005 ، شیب خط برازش داده شده منفی است و نسبت به سال 2005 کاهش $73/6$ درصدی داشته است و این بدان معنی است که هر چه سرعت باد افزایش داشته است، فراوانی وقوع با نرخ بیشتری کاهش می‌یابد. ضریب همبستگی بین داده‌ها نیز تقریباً برابر با این ضریب در سال 2005 می‌باشد. همچنین نمودار مربوط به این سال، حاکی از آن است که در فراوانی وقوع پایین تر محدوده تغییرات سرعت باد بین $2/5$ تا $3/5$ متر بر ثانیه ثبت شده است که با افزایش فراوانی وقوع تا حدود عدد تقریبی 10 روز در فصل، محدوده نوسان سرعت باد کاهش داشته است که سرعت باد تقریباً برابر 3 متر بر ثانیه شده است. سال $2013(23-d)$ نسبت به سال‌های پیش، هم شیب خط برازشی و هم ضریب همبستگی از لحاظ مقداری افزایش قابل ملاحظه‌ای داشته است، به صورتی که مقدار شیب خط برازشی به عددی منفی است و از نظر بزرگی در حدود سه برابر شیب در سال 2009 می‌باشد که حاکی از آن است که با افزایش سرعت باد، فراوانی وقوع گرد و غبار در حدود 3 برابر مقدار مشابه در سال 2009 کاهش داشته است و همچنین میزان همبستگی به $36/57$ درصد رسیده است، از طرف دیگر در این سال، فراوانی وقوع بین محدوده 1 تا 6 روز در فصل، سرعت باد بین 2 تا $3/5$ متر بر ثانیه به دست آمده است و فراوانی وقوع بالاتر از این اعداد تقریباً سرعت باد بین $1/5$ تا 2 متر بر ثانیه داشته است که نشان می‌دهد فراوانی وقوع بالا صرفاً متناسب با سرعت متوسط بالا در ناحیه مورد نظر نیست. همچنین با توجه به اینکه فراوانی وقوع برای روزهای غباری با عمق اپتیکی بالاتر از $0/3$ تعریف شده است و فصل زمستان دارای میانگین عمق اپتیکی پایین تری نسبت به فصول گرم سال است، بنابراین پایین بودن تعداد نقاط مورد نظر، باعث می‌شود تا رفتار این دو پارامتر نسبت به هم در این فصل، بیشتر قابل استناد نباشد.

در نهایت برای بررسی بهتر وضعیت این چهار سال از نظر فراوانی وقوع و باد، این دو پارامتر به صورت سالیانه مورد بررسی قرار گرفته‌اند. شکل 24 نمودار فراوانی وقوع سالانه در مقابل سرعت باد میانگین سالانه را نشان می‌دهد. همان‌طور که ملاحظه می‌گردد شیب خط برازش داده شده برای سال $2001(24-f)$ برابر عدد $12/6$ می‌باشد و ضریب پراکنش نیز در این سال به $19/6$ درصد رسیده است.



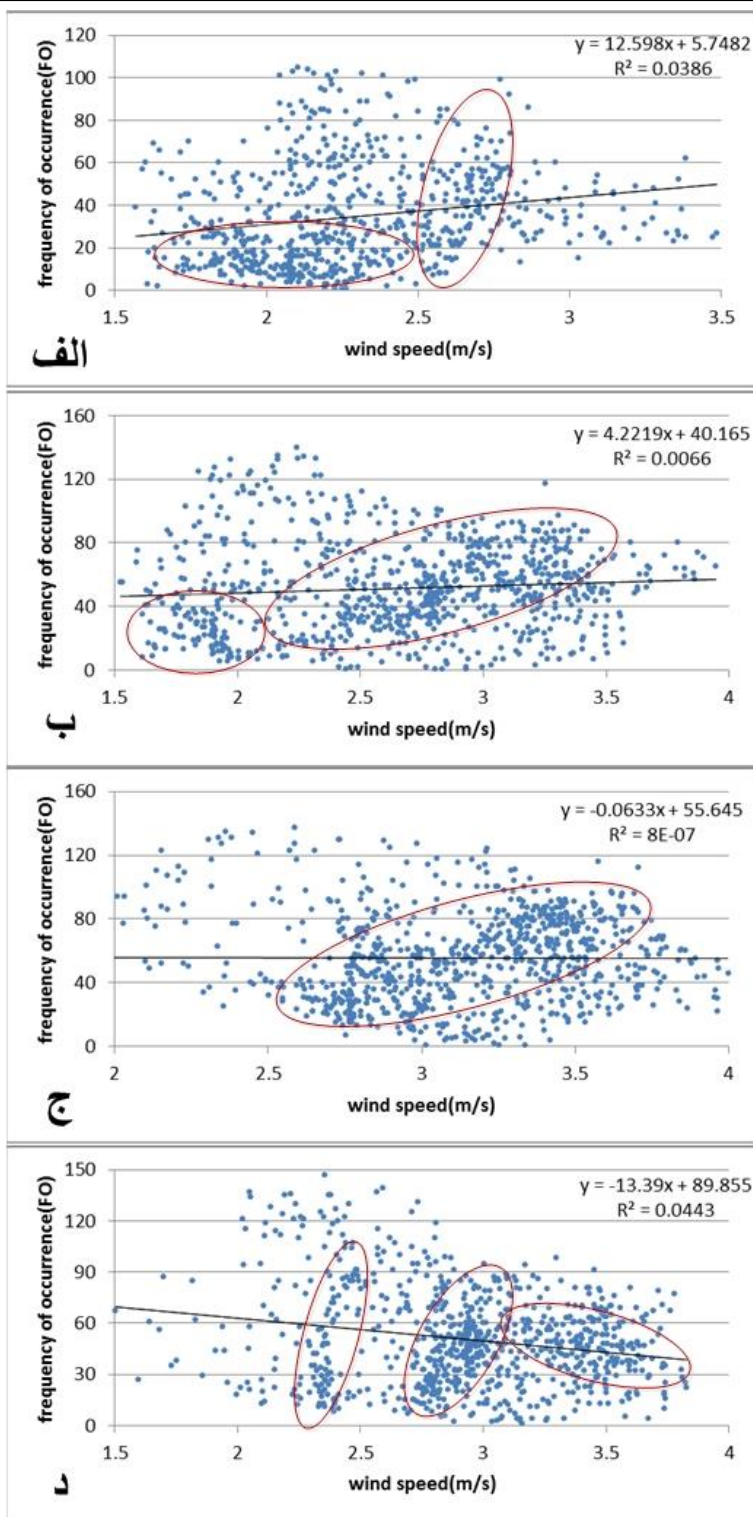
شکل ۲۳- همبستگی بین داده‌های فراوانی وقوع عمق اپتیکی و سرعت باد مربوط به فصل زمستان در سال الف- ۲۰۰۱ ب- ۲۰۰۵ ج-

۲۰۰۹ د- ۲۰۱۳

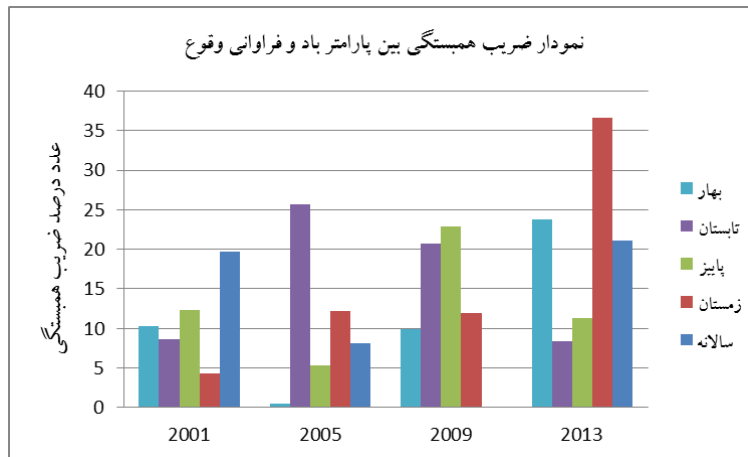
بیشترین مقدار فراوانی وقوع در سرعت بادی کمی بیشتر از ۲ متر بر ثانیه رخ داده است. توده‌ای از نقاط در این سال در سرعت باد بین ۱/۵ تا ۲/۵ متر بر ثانیه مشاهده می‌شود که زیر خط برازشی قرار گرفته‌اند و فراوانی وقوع آن‌ها در حدود یک ماه در این سال می‌باشد. توده‌ی دیگری از نقاط در سرعت باد بین ۲/۵ تا ۲/۷۵ متر بر ثانیه قرار گرفته‌اند و فراوانی وقوع متوسط آن‌ها به ۴۰ روز در سال می‌رسد. نکته قابل توجه دیگر این است که بیشترین سرعت باد برابر حدود ۳/۵ متر بر ثانیه است که فراوانی وقوع آن حدود ۲۰ روز در سال می‌باشد و مشاهده می‌شود میانگین سرعت باد بالا باعث افزایش توالی رخداد روزهای غباری در سال نمی‌شود. در سال ۲۰۰۵ (۲۴-ب) شیب خط تقریباً به ۳۰ درصد مقدار مشابه در سال ۲۰۰۱ رسیده است و به این صورت نرخ افزایش فراوانی وقوع در برابر افزایش سرعت باد کاهش محسوسی داشته است، همچنین ضریب پراکنش به ۸/۱۲ درصد رسیده است و در حقیقت میزان تغییرات سرعت باد نسبت به تغییرات فراوانی وقوع مستقل تر شده است و ارتباط بین این دو پارامتر کاهش پیدا کرده است. در این سال نیز بیشترین فراوانی وقوع که حدود ۱۴۰ روز در سال می‌باشد در سرعت بادی حدود ۲/۲۵ متر بر ثانیه رخ داده است. در این شکل نیز دو توده نقاط به صورت متراکم به وجود آمده است. توده اول مجموعه نواحی را شامل می‌شود که سرعت باد بین ۱/۵ تا ۲ متر بر ثانیه را داشته‌اند و فراوانی رخداد آن‌ها در سرعت باد ۱/۵ متر بر ثانیه به عدد ۴۰ روز در سال می‌رسد، ولی هر چه به سمت سرعت باد ۲ متر بر ثانیه نزدیک تر شده است، فراوانی وقوع با نرخ بیشتری شروع به کاهش کرده و در نهایت در سرعت باد ۲ متر بر ثانیه به کمتر از ۱۰ روز در سال رسیده است. توده‌ی دیگری از نقاط دارای سرعت باد ۲ تا ۳/۵ متر بر ثانیه می‌باشند و فراوانی وقوع آن‌ها نیز در طی این افزایش، با یک شیب ثابت افزایش پیدا کرده است به طوری که فراوانی وقوع از حدود ۱۰ روز در سال با سرعت باد ۲ متر بر ثانیه به حدود ۸۰ روز در سال با سرعت ۳/۵ متر بر ثانیه رسیده است. بیشترین سرعت باد برابر ۴ متر بر ثانیه است که فراوانی وقوع آن به حدود دو ماه در سال می‌رسد. در سال ۲۰۰۹ (۲۴-ج)، شیب خط برازشی به شدت کاهش پیدا کرده است و به عدد صفر رسیده است. به عبارتی عموماً با افزایش باد، فراوانی وقوع تغییر محسوسی نداشته است. میزان ضریب پراکنش نیز تقریباً برابر صفر به دست آمده است. نکته‌ی قابل توجه در این شکل وجود طیفی از نقاط است که دارای سرعت باد بین ۲/۷۵ تا ۳/۷۵ می‌باشند و فراوانی وقوع آن‌ها نیز با افزایش سرعت باد افزایش پیدا کرده است و از ۲۰ روز در سال برای سرعت باد ۲/۷۵ به ۸۰ روز در سال در سرعت باد ۳/۷۵ متر بر ثانیه رسیده است. در حالت کلی طیف‌هایی از نقاط وجود دارند که بررسی آن‌ها برای رابطه بین سرعت باد و فراوانی وقوع غبار بسیار مهم‌تر از بررسی رابطه کلی شیب خط برازشی و میزان ضریب پراکنش می‌باشد، چراکه در

این نمودارها نواحی وجود دارند که خارج از طیف‌های کلی مورد بررسی قرار گرفته، می‌باشند و پراکندگی آن‌ها به صورتی است که روابط کلی طیف‌های مورد نظر را نیز به هم می‌زنند. در این سال نیز بیشینه سرعت باد برابر ۴ متر بر ثانیه است که فراوانی وقوع آن‌ها برابر حدود ۴۰ روز در سال می‌باشد که میزان قابل توجهی از نظر رخداد غبار در سال نیست. در سال ۲۰۱۳ (۲۴-د)، شیب خط برازشی برابر (۱۳/۳۹-) و ضریب همبستگی برابر (۲۱/۰۵) به دست آمده است، به عبارتی همبستگی داده‌ها بسیار بیشتر از زمانی است که در سه سال گذشته شیب خط مثبت بوده است. همانند سه سال پیش، کانون‌هایی از نقاط متمرکز با توجه به شکل مشخص شده‌اند. کانون اول مربوط به نقاطی می‌شود که سرعت باد آن‌ها بین ۲/۲۵ تا ۲/۵ متر بر ثانیه در حال تغییر است و محدوده فراوانی وقوع آن‌ها بین ۱۰ تا ۱۰۰ روز در سال متغیر است. نقاط متمرکز دیگری وجود دارد که میزان سرعت باد آن‌ها بین ۲/۷۵ تا ۳ متر بر ثانیه تغییر کرده است و فراوانی وقوع آن‌ها بین ۰ تا سه ماه در سال تغییر کرده است و شیب این طیف از نقاط نسبت به طیف اول کمتر شده است به صورتی که با افزایش باد، فراوانی وقوع با نرخ کمی افزایش داشته است. کانون دیگری از نقاط وجود دارد که محدوده سرعت باد آن‌ها از حدود ۳ تا ۳/۷۵ متر بر ثانیه تغییر کرده است و فراوانی وقوع آن‌ها بین ۱ تا ۲ ماه در سال متغیر است با این تفاوت که با افزایش سرعت باد، کاهش فراوانی وقوع مشاهده می‌شود که نرخ کاهش آن تقریباً برابر با شیب خط برازشی می‌باشد.

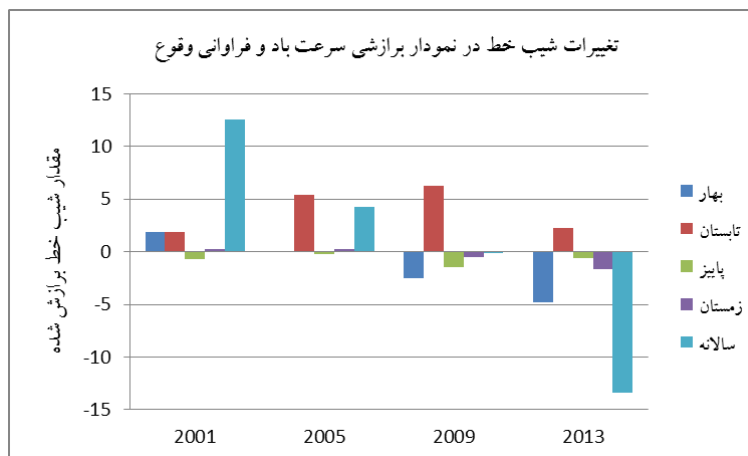
برای ارزیابی بهتر و مقایسه کلی میزان تغییرات سرعت باد و فراوانی وقوع نسبت به هم و دید کلی از ارتباط بین این دو پارامتر، تغییرات ضریب همبستگی به صورت نمودار میله‌ای شکل ۲۵ و تغییرات شیب خط برازشی به صورت نمودار میله‌ای شکل ۲۶ آورده شده است. با توجه به شکل ۲۵ بیشترین مقدار ضریب همبستگی در حدود ۳۶ درصد است که مربوط به زمستان سال ۲۰۱۳ می‌شود که اگر شیب خط برازشی در زمستان این سال با توجه به شکل ۲۶ بررسی شود، یک عدد منفی بین ۰ تا ۵ را نشان می‌دهد، به عبارتی دیگر بیشترین همبستگی دو پارامتر سرعت باد و فراوانی وقوع یک همبستگی منفی می‌باشد که به تبع افزایش میانگین سرعت باد، فراوانی وقوع کاهش پیدا می‌کند، هرچند که نرخ کاهش آن هم کم باشد. پس از این فصل بیشینه مقدار ضریب همبستگی مربوط به تابستان سال ۲۰۰۵ با مقدار حدود ۲۵ درصد است که شکل ۲۶ عدد شیب خط را بین محدوده‌ی ۵ تا ۱۰ نشان می‌دهد که شیب قابل توجهی بوده است، بنابراین اولین فصلی است که ضریب همبستگی بالا و همبستگی مثبت بین این دو پارامتر را نشان می‌دهد، همین فصل خواهد بود. سومین فصل از نظر بیشینه مقدار ضریب همبستگی، فصل بهار در سال ۲۰۱۳ است که عدد شیب خط مربوط به این فصل در شکل ۲۶ در محدوده بین ۰ تا (۵-) تغییر کرده است، بنابراین همانند



شکل ۲۴- همبستگی بین داده‌های فراوانی وقوع عمق اپتیکی و سرعت باد سالیانه در سال الف- ۲۰۰۱ ب- ۲۰۰۵ ج- ۲۰۰۹ د- ۲۰۱۳



شکل ۲۵- تغییرات ضریب همبستگی بین پارامتر سرعت باد و فراوانی وقوع در ۴ سال به صورت فصلی و سالانه



شکل ۲۶- تغییرات شیب خط برازشی در چهار سال برای همبستگی بین پارامتر سرعت باد و فراوانی وقوع در ۴ سال به صورت فصلی و سالانه

فصل زمستان سال ۲۰۱۳، بیشترین همبستگی در این سال زمانی اتفاق افتاده است که افزایش سرعت باد همراه با کاهش پارامتر فراوانی وقوع می‌باشد. همچنین در این سال مقدار شیب خط برازشی به در تمامی فصول به غیر از فصل تابستان، یک مقدار منفی را نشان می‌دهد و ضریب همبستگی در فصل تابستان در این سال کمترین مقدار را به خود اختصاص داده است. مقدار شیب خط برازشی در سال ۲۰۰۹ نیز همانند سال ۲۰۱۳ می‌باشد با این تفاوت که فصل تابستان سال ۲۰۰۹ پس از فصل پاییز، بیشترین مقدار ضریب همبستگی در حدود ۲۰ درصد را دارا می‌باشد. از نظر بررسی همبستگی مثبت در فصل گرم سال (فصل تابستان)، سال ۲۰۰۵ با ضریب همبستگی ۲۵ درصد و با شیب خط برازشی حدود ۵ و سال ۲۰۰۹ با ضریب همبستگی ۲۰ درصدی و شیب خط برازشی کمی بیشتر از ۵،

بیشترین همبستگی با نرخ افزایشی قابل ملاحظه‌ای را نشان می‌دهند. با بررسی کلی دو نمودار ۲۵ و ۲۶ این نتیجه به دست می‌آید که با گذشت زمان، عموماً در بیشتر فصول سال، همبستگی مثبت تبدیل به همبستگی منفی بین این دو پارامتر شده است، به صورتی که در سال ۲۰۰۱ شیب خط برازشی در فصول بهار، تابستان، زمستان و همچنین در بررسی‌های سالیانه مثبت است که در سال ۲۰۰۵ این پارامتر در فصل بهار هم منفی شده است و در سال ۲۰۰۹ شیب خط برازشی فقط در فصل تابستان عددی مثبت را نشان می‌دهد که شیب آن در حدود عدد ۶ است که در سال ۲۰۱۳، این شیب نیز کاهش پیدا کرده است و در محدوده بین ۰ تا ۵ قرار گرفته است. یک نکته مهم در ارزیابی این دو پارامتر در این است که اگرچه بررسی‌ها به صورت فصلی و سالانه انجام شده است ولی همچنان که گفته شد پارامتر فراوانی وقوع زمانی مطرح است که عدد عمق اپتیکی گردوغبار از یک حدی فراتر رود و سپس رخداد این غبار به صورت فراوانی وقوع ثبت گردد، پس فراوانی وقوع پارامتری است که سنجش آن در فصل گرم سال نتایج بسیار بهتری نسبت به فصول دیگر خواهد داشت، به بیانی دیگر باید در نظر داشته باشیم که در فصول دیگر از سال، وضعیت غباری بحرانی خیلی مطرح نمی‌باشد و پارامتر عمق اپتیکی غبار عدد پایین بوده که ثبات این وضعیت در طول این فصول کاملاً حفظ می‌شود. بنابراین بررسی پارامترهای هواشناسی همانند باد که نوسانات بسیار بالایی برای آن ثبت شده است، در مقابل فراوانی وقوع گرد و غبار در این فصول از سال شاید نتیجه مدنظر را به دست ندهد که می‌تواند توجه این قضیه نیز باشد که مقدار شیب خط برازشی در فصل تابستان همه‌ی سال‌ها با توجه به شکل ۲۶ عددی مثبت است.

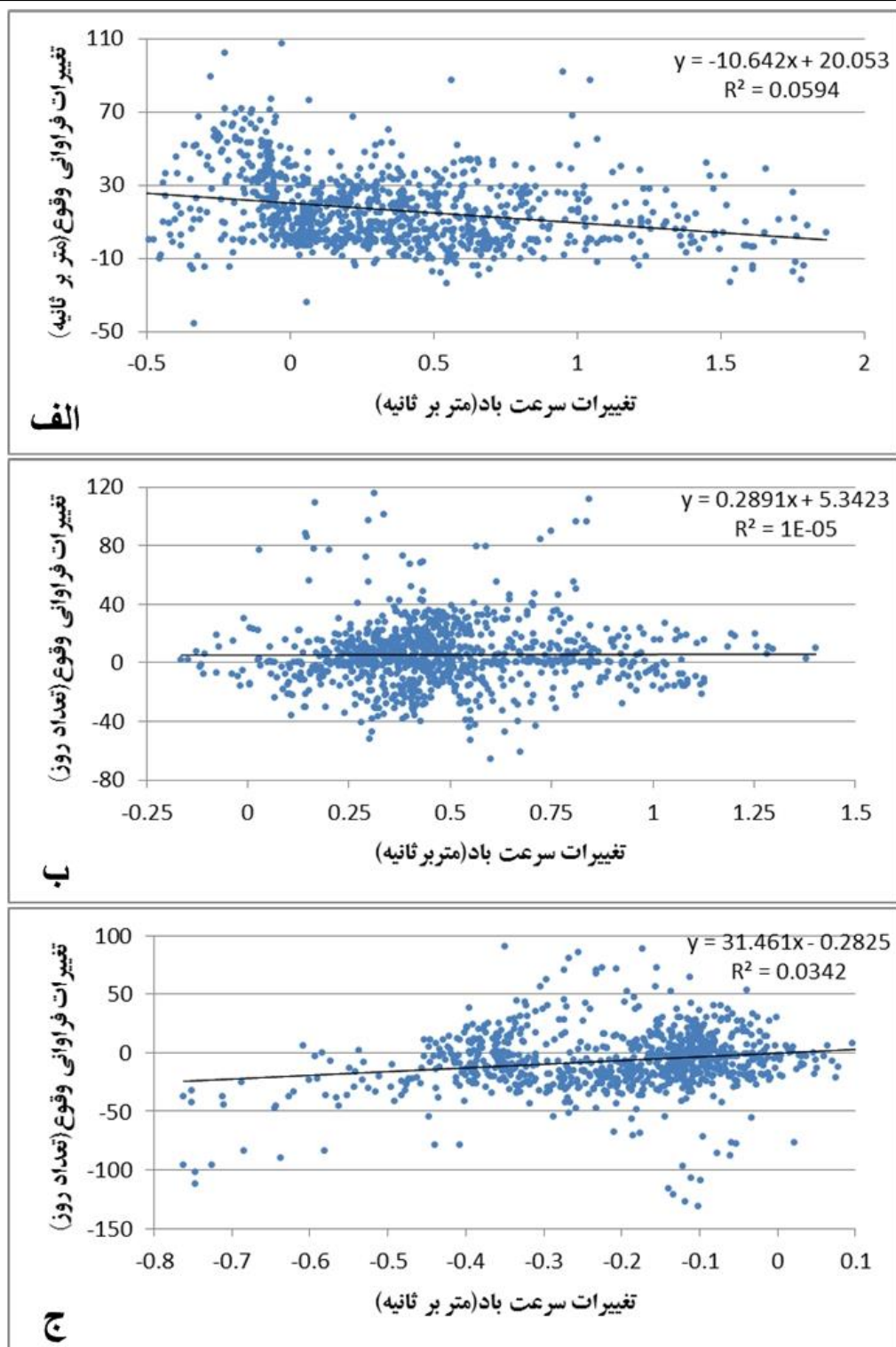
• بررسی همبستگی بین تغییرات سرعت باد و تغییرات فراوانی وقوع گرد و غبار

در نهایت تغییرات پارامتر سرعت باد نیز در برابر تغییرات فراوانی وقوع به صورت سال به سال در شکل ۲۷ آورده شده است. شکل (۲۷-الف) تغییرات فراوانی وقوع گرد و غبار در مقابل تغییرات پارامتر باد را در سال ۲۰۰۵ نسبت به سال ۲۰۰۱ نشان می‌دهد. شیب خط برازش شده منفی و ضریب همبستگی حدود ۲۴/۳۷ درصد نشان می‌دهد که در این دو سال هرچه فراوانی وقوع در یک ناحیه کاهش داشته است، سرعت باد در آن افزایش پیدا کرده است. محدوده تغییرات فراوانی وقوع از (-۱۰) روز در سال تا (+۷۰) روز در سال بوده است و همچنین نوسان سرعت باد نیز در محدوده (-۰/۵) تا (+۲) متر بر ثانیه بوده است و به این صورت تغییرات اکثراً مثبت بوده و یک نرخ افزایشی در دو پارامتر در این دو سال ملاحظه می‌شود. بیشترین تغییرات فراوانی وقوع در حدود ۱۱۰ روز در سال است و مربوط به ناحیه‌ای می‌شود که سرعت باد آن تقریباً تغییری بین این دو سال نداشته است و از طرفی بیشترین مقدار

تغییر در پارامتر سرعت باد در حدود ۲ متر بر ثانیه ثبت شده که فراوانی وقوع این ناحیه نیز تغییر قابل ملاحظه‌ای نداشته است. شکل (۲۷-ب) تغییرات این دو پارامتر را در سال ۲۰۰۹ نسبت به سال ۲۰۰۵ نشان می‌دهد. شیب خط برازش داده‌شده عددی مثبت بوده، ولی مقدار آن ناچیز است و ضریب همبستگی نیز تقریباً برابر صفر می‌باشد. نوسان در تغییرات فراوانی وقوع عموماً در محدوده بین (-۴۰) تا (+۴۰) بوده و تغییرات سرعت باد در محدوده (۰) تا (+۱/۲۵) متر بر ثانیه بوده است و حاکی از آن است که در عموم نواحی سرعت باد افزایش داشته است. در کل تغییرات و پراکنش داده‌های فراوانی وقوع به صورتی است که در طول خط برازش داده‌شده امتداد پیدا کرده است و با افزایش سرعت باد، محدوده نوسان در فراوانی وقوع تغییر زیادی نداشته است. شکل (۲۷-ج) تغییرات مذکور در سال ۲۰۱۳ نسبت به سال ۲۰۰۹ را نشان می‌دهد. شیب خط برازشی مثبت و عدد قابل ملاحظه‌ای است و ضریب همبستگی برابر ۱۸/۵ درصد به دست آمده است. عموم تغییرات در پارامتر فراوانی وقوع در محدوده (-۵۰) تا (+۵۰) بوده و برخلاف سال‌های پیش، سرعت باد کاهش داشته و تغییرات آن عمدتاً در بازه (-۰/۵) تا (۰) به دست آمده است. علیرغم همبستگی مثبت در این دو سال و به عبارتی افزایش در فراوانی وقوع با افزایش در تغییرات سرعت باد، باید به این نکته توجه کنیم که عموم نقاط دارای تغییرات سرعت باد منفی هستند و تفاوت آن‌ها در کمتر یا بیشتر بودن نرخ کاهشی سال ۲۰۱۳ نسبت به سال ۲۰۰۹ است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که کاهش سرعت باد باعث فراوانی وقوع شده است ولی رابطه‌ی قابل ملاحظه‌ای بین افزایش سرعت باد با افزایش فراوانی وقوع مشاهده نمی‌شود.

۴-۱-۲- بررسی پارامتر هواشناسی بارندگی و پارامتر غبار

ابتدا به جهت بررسی میزان نوسانات خود بارندگی در منطقه مورد مطالعه، همه‌ی ایستگاه سینوپتیک اطراف دریاچه را انتخاب کرده و میزان بارندگی در طول سال‌های موردنظر در آن‌ها ارزیابی شد. با توجه به این که بازه زمانی موردبررسی از سال ۲۰۰۰ تا سال ۲۰۱۳ را شامل می‌شود، بنابراین درصد افزایش یا کاهش میزان بارندگی در ۷ سال دوم نسبت به ۷ سال اول همانند نمودار شکل ۲۸ به دست آمد. که با توجه به آن بیشترین تغییرات مثبت مربوط به ایستگاه کلیبر با درصد تغییرات حدود ۲۰ درصد است که در شمال استان آذربایجان شرقی قرار گرفته است. بیشترین تغییرات منفی مربوط به ایستگاه سردشت با درصد تغییرات حدود (-۲۰) درصد می‌باشد که در جنوب استان آذربایجان غربی قرار گرفته است.

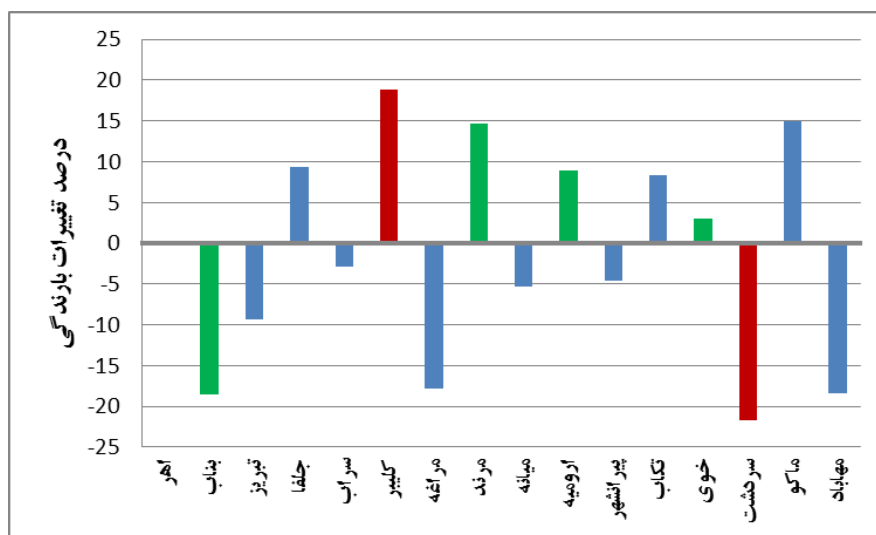


شکل ۲۷- بررسی همبستگی بین تغییرات سرعت باد و تغییرات فراوانی وقوع گرد و غبار در سال الف- ۲۰۰۵ نسبت به ۲۰۰۱

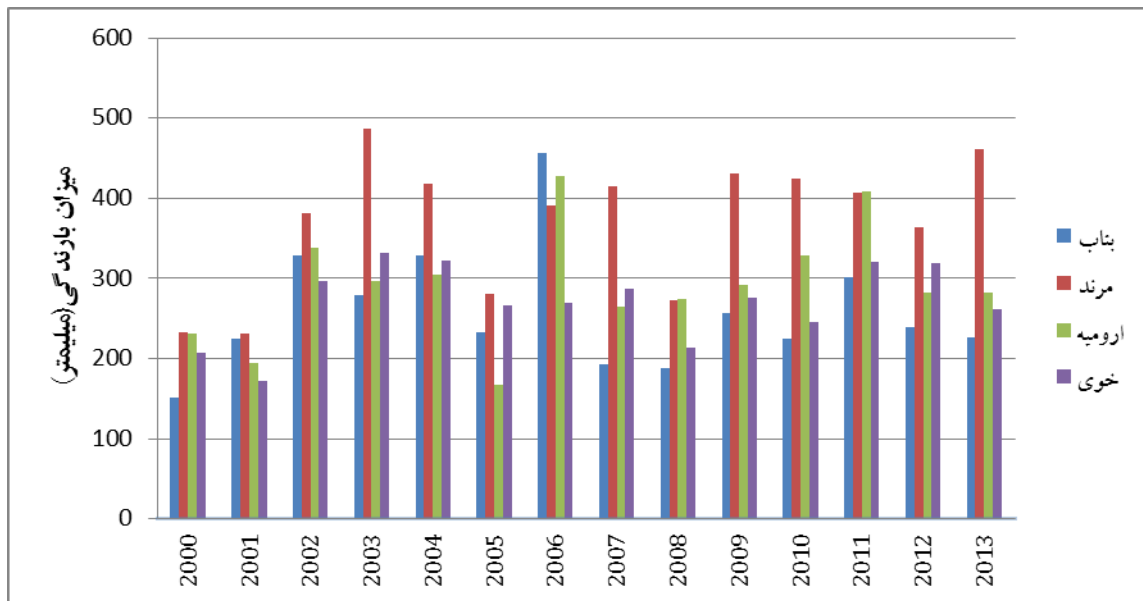
ب- ۲۰۰۹ نسبت به ۲۰۰۵ ج- ۲۰۱۳ نسبت به ۲۰۰۹

با توجه به موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های سینوپتیک، چهار ایستگاه بناب، مرنند، ارومیه و خوی در اطراف دریاچه انتخاب شدند، و همان‌طور که مشاهده می‌شود درصد تغییرات میزان بارندگی به جز ایستگاه بناب که بارندگی در آن به میزان حدود ۱۸ درصد کاهش داشته است. در ایستگاه‌های دیگر میزان تغییرات افزایشی بوده است که ایستگاه مرنند بیشترین درصد افزایش در بین ایستگاه‌های اطراف دریاچه ارومیه را داشته و مقدار افزایش آن در حدود ۱۵ درصد می‌باشد، بارندگی در ایستگاه‌های اطراف دریاچه ارومیه در شکل ۲۹ آورده شده است تا وضعیت بارندگی بیشتر مورد ارزیابی قرار گیرد.

همان‌طور که در شکل ۲۹ نشان داده شده است، بیشترین میزان بارندگی در طول ۱۴ سال مورد بررسی، ایستگاه مرنند با حدود ۵۰۰ میلی‌متر بارندگی در سال ۲۰۰۳ و در حدود ۴۵۰ میلی‌متر در سال ۲۰۱۳ می‌باشد. ایستگاه مرنند در هر سال بیشترین بارندگی را نسبت به ایستگاه‌های دیگر داشته است به جز سال ۲۰۰۶ که ایستگاه بناب برخلاف روند خود بیشترین بارش در این سال را ثبت نموده است. پس از ایستگاه مرنند، ایستگاه ارومیه در ۶ سال اخیر با متوسط بارندگی حدود ۳۰۰ میلی‌متر، بیشترین مقدار بارندگی را به خود اختصاص داده است. کمترین بارندگی مربوط به ایستگاه بناب مربوط به ایستگاه بناب با حدود ۱۵۰ میلی‌متر بارندگی در سال ۲۰۰۰ می‌باشد و در ۷ سال اخیر میزان بارندگی مجموع سالیانه این ایستگاه که در شرق دریاچه ارومیه قرار دارد از ۳۰۰ میلی‌متر فراتر نرفته است.



شکل ۲۸- درصد تغییرات بارندگی ایستگاه‌های سینوپتیک استان‌های آ.ش و آ.خ در ۷ سال دوم نسبت به ۷ سال اول در محدوده سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۳ میلادی



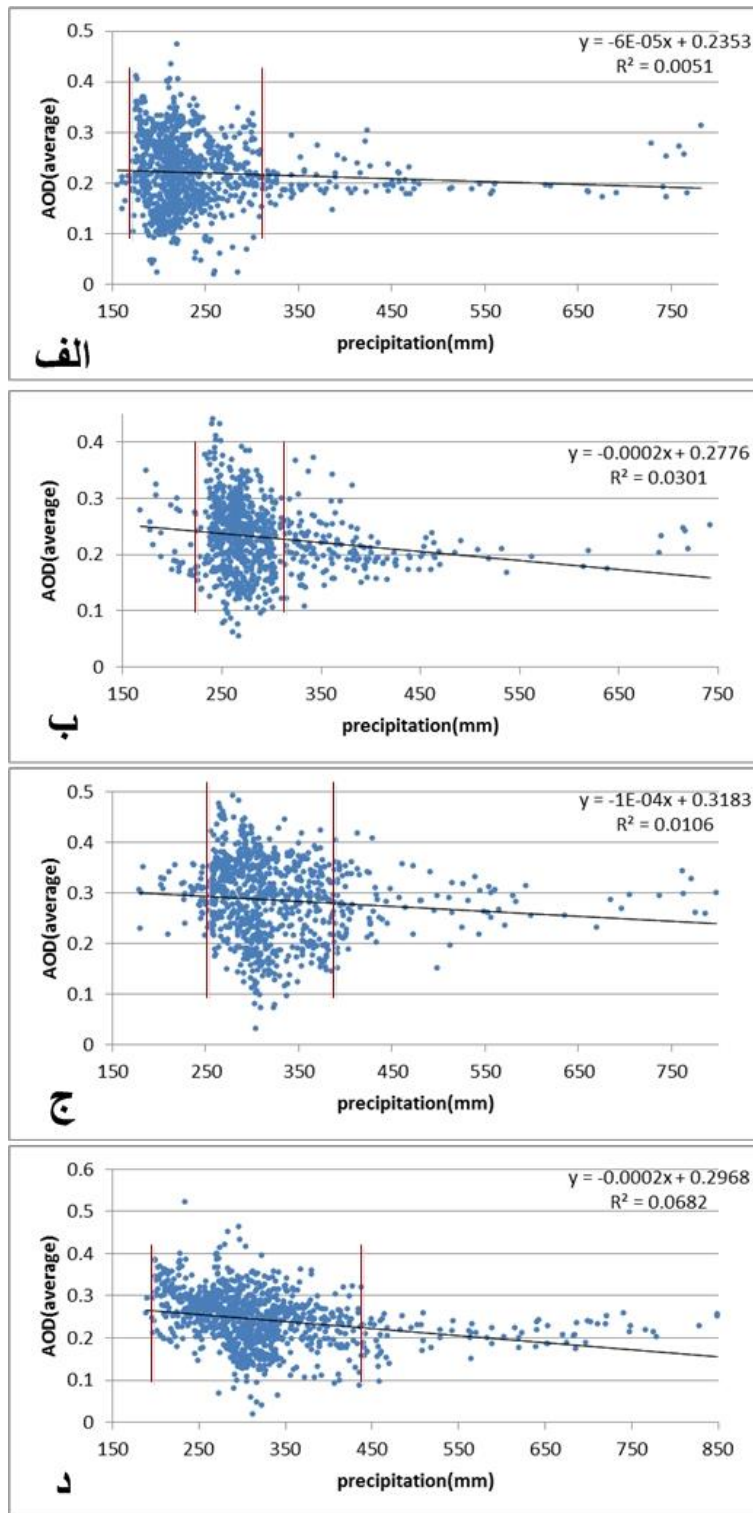
شکل ۲۹- میزان بارندگی مجموع سالیانه از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۳ میلادی در ۴ ایستگاه شاخص مذکور در مجاور دریاچه ارومیه

با بررسی بارندگی در ایستگاه ارومیه و بناب این نتیجه حاصل می‌شود که میزان بارندگی از سال ۲۰۰۷ تا سال ۲۰۱۱ عموماً یک نرخ افزایشی را داشته است و در ۲ سال اخیر میزان بارندگی این ایستگاه‌ها کاهش یافته است. به جز ایستگاه مرند که از سال ۲۰۰۲ تا سال ۲۰۱۳ میزان بارندگی در آن در حدود ۴۰۰ میلی‌متر می‌باشد، یکی از سال‌هایی که میزان بارندگی تمامی ایستگاه‌ها به جز ایستگاه خوی در حدود ۴۰۰ میلی‌متر می‌باشد، سال ۲۰۰۶ است که به‌عنوان یکی از سال‌های پر بارندگی در این ۱۴ سال مدنظر قرار گرفته است.

• بررسی همبستگی بین میزان بارندگی و عمق اپتیکی گرد و غبار

همان‌طور که همبستگی پارامتر سرعت متوسط باد با پارامتر عمق اپتیکی گرد و غبار و همچنین فراوانی وقوع آن مورد بررسی قرار گرفت، مجموع بارندگی فصلی و سالیانه و همچنین نوسانات آن نیز در مقابل پارامتر عمق اپتیکی و فراوانی وقوع مورد ارزیابی قرار گرفت. در شکل ۳۰ رابطه بین میزان بارندگی سالیانه با میزان متوسط عمق اپتیکی غبار مقایسه شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود در سال ۲۰۰۱ (۳۰-الف)، شیب خط برازشی تقریباً برابر صفر می‌باشد، اما در هر حال یک همبستگی منفی با ضریب همبستگی بسیار ناچیز وجود دارد. همچنین با توجه به شکل عمده بارندگی‌ها بین ۱۷۰ تا ۳۰۰ میلی‌متر در سال بوده است، البته ندرتاً میزان بارندگی مقادیر بالایی را نیز تجربه کرده است و تا مجموع بارندگی سالیانه تا ۷۵۰ میلی‌متر در نواحی که تقریباً در جنوب استان آذربایجان غربی

قرار گرفته است، می‌رسد. بیشترین میزان عمق اپتیکی غبار در حدود ۰/۵ است که مجموع بارندگی سالیانه آن در حدود ۲۰۰ میلی‌متر می‌باشد. از طرفی همان‌طور که گفته شد، بیشترین بارندگی‌ها نیز که در حدود ۷۵۰ میلی‌متر می‌باشد دارای عمق اپتیکی حدود ۰/۳ هستند. عمده تغییرات میزان عمق اپتیکی نیز در محدوده بین ۰/۱ تا ۰/۴ بوده است. در سال ۲۰۰۵ (۳۰-ب) نیز شیب‌خط برازشی تقریباً برابر صفر است و ضریب همبستگی نیز مقدار بسیار ناچیزی دارد. محدوده بارندگی کمی کمتر شده است به صورتی که حد پایین بارندگی از حدود ۱۷۰ میلی‌متر در سال ۲۰۰۱ به حدود ۲۲۰ میلی‌متر در سال ۲۰۰۵ افزایش پیدا کرده است اما حد بالایی آن همانند سال ۲۰۰۱ در حدود ۳۰۰ میلی‌متر باقیمانده است. البته چندین نقطه پربارش همانند سال ۲۰۰۱ کماکان دارای بارندگی سالیانه بالای ۷۵۰ میلی‌متر می‌باشند. محدوده تغییرات میزان عمق اپتیکی تفاوتی با سال ۲۰۰۱ ندارد و این پارامتر از مقدار ۰/۱ تا ۰/۴ نوسان داشته است. البته با توجه به تراکم نقاطی که در نمودارها دیده می‌شود، میزان بارندگی با خطوط قرمز مرزبندی شده است، که باید توجه داشت که نقاطی هم خارج از این مرز وجود دارند که در دو سال مذکور، مجموع بارندگی سالیانه آن‌ها تا حدود ۵۰۰ میلی‌متر ادامه داشته و میزان متوسط عمق اپتیکی آن‌ها در حدود ۰/۲ مشاهده می‌شود. پراکندگی نقاط به صورتی است که در یک عمق اپتیکی ثابت، میزان بارندگی در یک محدوده نوسان دارد و همچنین برای یک میزان بارندگی مشخص در محدوده ذکر شده، میزان عمق اپتیکی بسیار متغیر بوده است که نشان می‌دهد، رابطه‌ی مناسبی بین میزان بارندگی و میزان عمق اپتیکی غبار وجود نداشته است. در سال ۲۰۰۹ (۳۰-ج) نیز شیب‌خط و ضریب همبستگی تقریباً برابر صفر است، اما کماکان یک رابطه منفی بین این دو پارامتر برقرار است. بارندگی‌ها نسبت به دو سال قبل، افزایش یافته است و محدوده تغییرات آن عموماً بین ۲۵۰ تا ۴۰۰ میلی‌متر می‌باشد. محدوده نوسان میزان عمق اپتیکی گرد و غبار از ۰/۱ تا ۰/۵ بوده است. محدوده نوسان بارش‌ها به صورتی است که فارغ از عدد عمق اپتیکی، بارندگی در حدود ۳۰۰ میلی‌متر در حال نوسان است و حاکی از آن است که در کل، شرایط اقلیمی حاکم در منطقه تعیین‌کننده پارامترهای هواشناسی بوده و تأثیر چندانی لااقل به صورت مستقیم بر روی پارامتر غبار نداشته است، مگر برخی شرایط فصلی و حدود آستانه‌های مختلف برای ارزیابی مناسب اعمال شود. در سال ۲۰۱۳ (۳۰-د) نیز شیب‌خط و ضریب همبستگی بسیار ناچیز است اما در کل نسبت به سال‌های دیگر اندازه شیب‌خط بیشتر بوده و عدد آن منفی است و از طرفی میزان ضریب همبستگی آن نیز نسبت به سال‌های پیش بهتر شده و در حدود ۲۶ درصد است.



شکل ۳۰- همبستگی بین داده‌های میانگین عمق اپتیکی و مجموع بارندگی سالانه در سال الف- ۲۰۰۱ ب- ۲۰۰۵ ج- ۲۰۰۹ د- ۲۰۱۳

نوسان میزان بارندگی نسبت به سال ۲۰۰۹ بیشتر بوده و محدوده آن از ۲۵۰ تا ۴۵۰ میلی‌متر متغیر بوده است که میانگین عمق اپتیکی این محدوده به صورت تقریبی برابر ۰/۲۵ است و از طرفی میانگین عمق اپتیکی همانند دو سال اول از ۰/۱ تا ۰/۴ تغییر کرده است و بیشترین میزان عمق اپتیکی (۰/۴) دارای عدد بارندگی ۲۵۰ میلی‌متر بوده است.

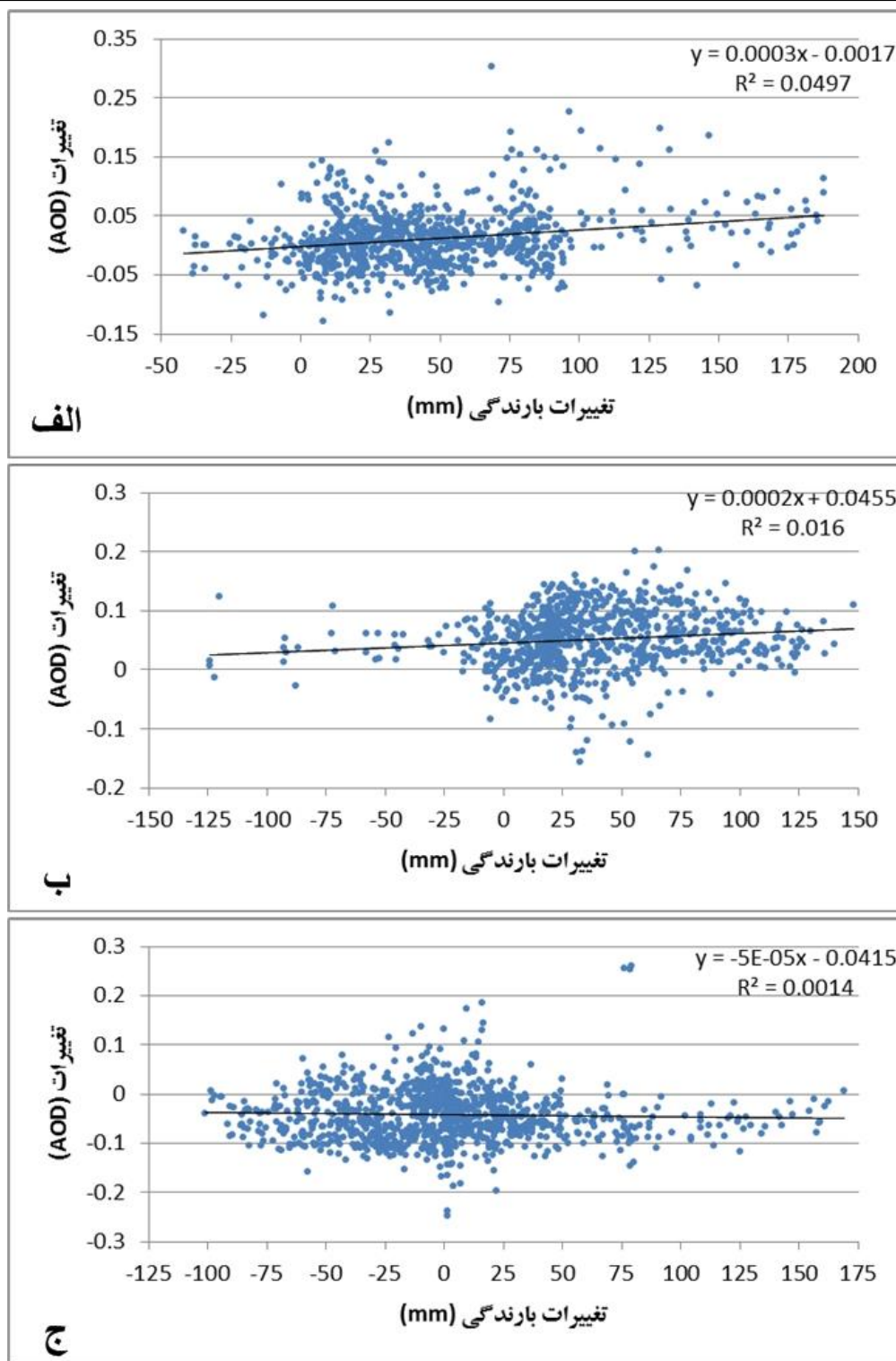
• بررسی همبستگی بین تغییرات بارندگی و تغییرات عمق اپتیکی گرد و غبار

تغییرات سال به سال بارندگی در برابر میانگین عمق اپتیکی در شکل ۳۱ آورده شده است. که شکل (۳۱-الف) مربوط به نوسانات مذکور در سال ۲۰۰۵ نسبت به سال ۲۰۰۱ می‌باشد. اگر تغییرات نقاط متراکم در نمودار که بیشتر نواحی در این نقاط قرار دارند، در نظر گرفته شود، میزان عمق اپتیکی از حدود (۰/۰۵-) تا (۰/۰۵+) تغییر کرده و بارندگی در نقاط از (۵۰-) میلی‌متر تا (۱۰۰+) میلی‌متر تغییر کرده است و نشان می‌دهد میزان افزایش بارندگی تقریباً دو برابر میزان کاهش بارندگی در ناحیه مورد مطالعه بوده و میزان کاهش عمق اپتیکی برابر میزان افزایش آن است. خط برازشی دارای شیب تقریبی صفر بوده، اما مقدار آن مثبت است و ضریب همبستگی برابر حدود ۲۲ درصد به دست آمده است و نشان می‌دهد که عموماً با افزایش بارندگی از سال ۲۰۰۱ تا سال ۲۰۰۵، عمق اپتیکی گرد و غبار نیز افزایش پیدا کرده است. تراکم نقاطی که تغییرات بارندگی در آن‌ها بیشتر از صفر است بسیار بیشتر از نقاطی است که تغییرات بارندگی در آن‌ها کمتر از صفر بوده است، پس عمده نواحی شاهد افزایش بارندگی بوده‌اند که در بهترین حالت در حدود ۱۰۰ میلی‌متر افزایش بارندگی داشته‌اند. شکل (۳۱-ب) نسبت تغییرات سال ۲۰۰۹ به سال ۲۰۰۵ می‌باشد. محدوده تغییرات بارندگی بین ۰ تا ۱۲۵ میلی‌متر بوده و محدوده تغییرات میزان عمق اپتیکی گرد و غبار از (۰/۰۵-) تا (۰/۱۵+) است و نتیجه این که در سال ۲۰۰۹ نسبت به سال ۲۰۰۵، تقریباً در همه نواحی بارندگی زیاد شده است و بیشترین افزایش، افزایش ۱۲۵ میلی‌متری سالیانه در آن است، از طرفی میزان افزایش عدد عمق اپتیکی حدود ۳ برابر میزان کاهش آن است و همچنین با توجه به شکل، عمده نقاط تغییرات مثبتی داشته‌اند. بنابراین این سال نیز در بیشتر نواحی هم بارندگی و هم عمق اپتیکی بیشتر شده است. همچنین در این شکل نیز همانند شکل قبلی، خط برازشی نشان می‌دهد که با افزایش میزان بارندگی، عمق اپتیکی نقاط نیز افزایش یافته است. شکل (ج) تغییرات سال ۲۰۱۳ نسبت به سال ۲۰۰۹، برای بارندگی و میزان عمق اپتیکی غبار را نشان می‌دهد و همان‌طور که مشخص است تغییرات بارندگی در برابر تغییرات میانگین عمق اپتیکی دارای شیب خط تقریبی صفر بوده و همچنین ضریب همبستگی نیز برابر صفر است. یک نوع تعادل در میزان تغییرات دیده می‌شود، به-

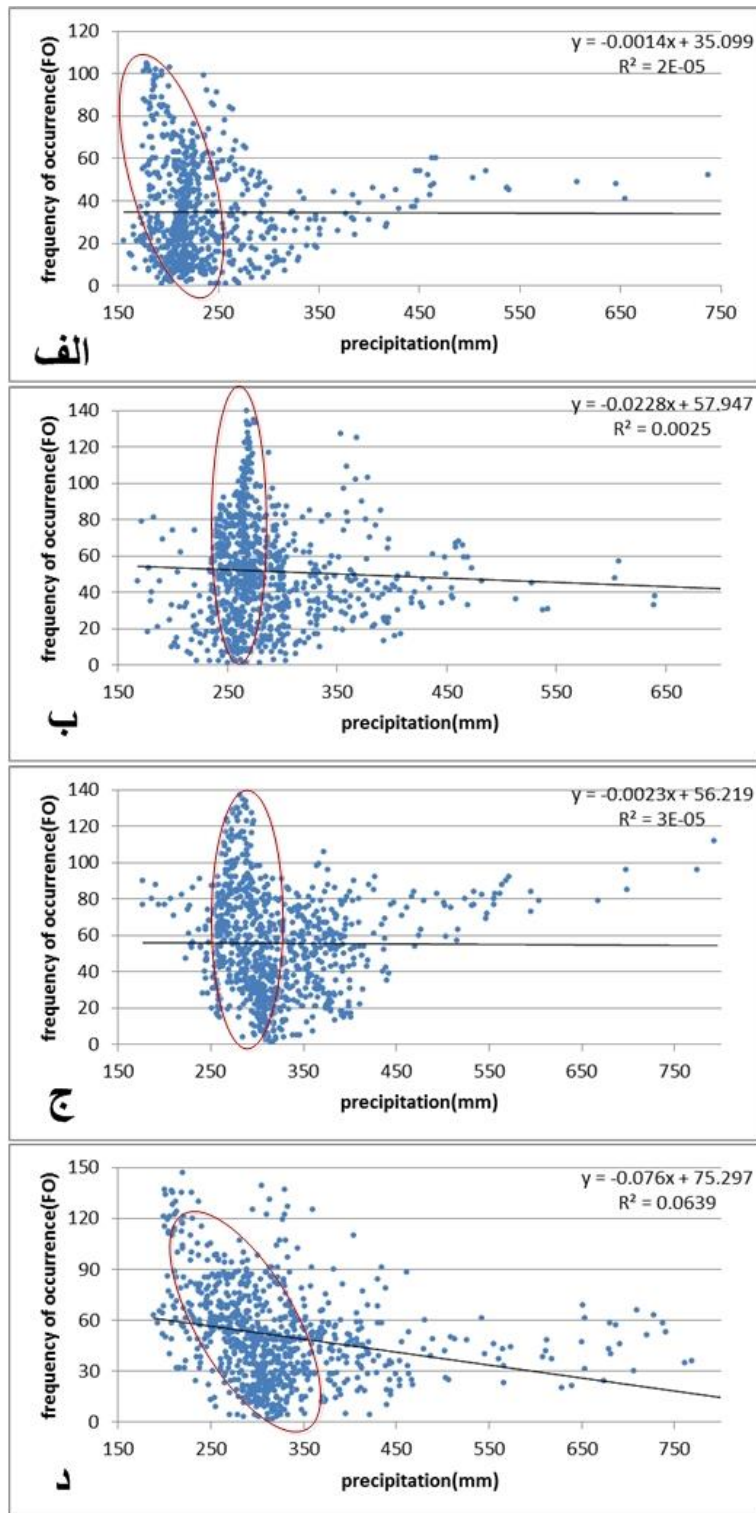
صورتی که تغییرات بارندگی از (-۱۰۰) تا (+۱۰۰) بوده و تغییرات میانگین عمق اپتیکی از (-۰/۲) تا (+۰/۲) می باشد. عمده نواحی دارای تغییرات صفر بارندگی و تغییرات صفر برای میزان عمق اپتیکی می باشند به بیانی دیگر سال ۲۰۱۳ نسبت به سال ۲۰۰۹ تغییرات چندانی نداشته است و نواحی حول یک محدوده نوسان بارش و نوسان غبار را تجربه کرده اند. البته ندرتاً برخی نقاط هم وجود دارد که بارندگی آن ها در حدود ۱۷۵ میلی متر بوده است، اما تغییرات میزان عمق اپتیکی آن ها تقریباً برابر صفر بوده است. همچنین بیشترین تغییر میزان عمق اپتیکی در حدود ۰/۲ است که میزان افزایش بارندگی ۲۵ میلی متری در آن رخ داده است.

• بررسی همبستگی بین میزان بارندگی و فراوانی وقوع گرد و غبار

همان طور که میزان مجموع بارندگی سالیانه با میانگین عمق اپتیکی غبار بررسی شد. برای درک بهتر پارامتر بارندگی را با فراوانی رخداد غبار بررسی کرده و نتایج به صورت شکل ۳۲ به دست آمد. در سال ۲۰۰۱ (۳۲-الف)، شیب خط برازشی تقریباً برابر صفر بوده و ضریب همبستگی نیز صفر است، به بیانی هیچ گونه هماهنگی در نرخ افزایشی و یا کاهش می این دو پارامتر نسبت به هم وجود ندارد. عمده ی بارندگی در محدوده ۱۵۰ تا ۲۵۰ میلی متری است و بیشترین فراوانی وقوع برابر ۱۰۰ روز در سال است که بارندگی آن در حدود ۱۷۵ میلی متر در سال می باشد. نقاطی به صورت ستونی در محدوده مرزبندی شده وجود دارد که بارندگی آن ها در حدود ۲۰۰ میلی متر در سال بوده و فراوانی وقوع آن ها از صفر تا حدود ۷۰ روز در سال متغیر است، از طرفی برای فراوانی وقوع ۴۰ روز در سال، نقاط پراکنده ی بسیاری به دست آمده است که محدوده تغییرات بارندگی آن ها از ۱۵۰ میلی متر تا ۷۵۰ میلی - متر در سال نوسان داشته است، بنابراین عدد فراوانی وقوع سالانه به صورت منحصر به فرد دارای یک بارندگی مشخصی نمی باشد و می تواند هر عددی را به خود اختصاص دهد. در سال ۲۰۰۵ (۳۲-ب) کماکان شیب خط تقریباً برابر صفر بوده و میزان ضریب همبستگی این دو پارامتر نیز مقدار ناچیزی است. عمده نقاط دارای بارندگی سالیانه در محدوده بین ۲۲۰ تا ۳۰۰ میلی متر در نوسان است. یک توده متمرکز از نقاط دارای بارندگی حدود ۲۵۰ تا ۲۷۰ میلی متر ملاحظه می شود که میزان فراوانی وقوع آن ها از صفر به ۱۴۰ (بیشترین مقدار فراوانی وقوع در سال) روز در سال می رسد. همانند آنچه در تحلیل بارندگی در برابر میزان عمق اپتیکی مطرح شد، نواحی هم وجود دارند که میزان بارندگی آن ها بالاتر از ۶۰۰ میلی متر در سال بوده و فراوانی وقوع آن ها در محدوده ۱ الی ۲ ماه در سال ثبت شده است.



شکل ۳۱- بررسی همبستگی بین تغییرات بارندگی و تغییرات میانگین عمق اَبَتیکی گرد و غبار در سال الف- ۲۰۰۵ نسبت به ۲۰۰۱ ب- ۲۰۰۹ نسبت به ۲۰۰۵ ج- ۲۰۱۳ نسبت به ۲۰۰۹



شکل ۳۲- همبستگی بین داده‌های فراوانی وقوع عمق اَبَتیکی و مجموع بارندگی سالیانه در سال الف- ۲۰۰۱ ب- ۲۰۰۵ ج- ۲۰۰۹ د-

نوسان بالای فراوانی وقوع در یک عدد بارندگی شاید به این جهت است که مقدار بارندگی به صورت یک پارامتر مستقل تر عمل کرده است و یا همزمانی روزهای غباری و بارندگی در یک ناحیه کم بوده است و از طرفی می تواند این مسئله را نیز توجیه کند که با وجود مجموع بارندگی قابل قبول در یک ناحیه، میزان غبار نیز مقدار قابل توجهی داشته است. شکل (۳۲-ج) مربوط به سال ۲۰۰۹ می شود. محدوده تغییرات بارندگی عموماً بین ۲۵۰ تا ۴۵۰ میلی متر است، ولی تمرکز نقاط در محدوده بارندگی بین ۲۵۰ تا ۳۵۰ میلی متر در سال بیشتر است. در این سال نیز میزان شیب خط و ضریب همبستگی مقادیر بسیار ناچیزی هستند و بیشترین فراوانی وقوع نیز مربوط به همین محدوده با فراوانی وقوع حدود ۱۴۰ روز در سال به دست آمده است. البته نکته قابل توجهی که در قسمت مرزبندی شده وجود دارد این است که بیشتر نقاطی که بالای خط برازشی قرار دارند، بارندگی آن‌ها در حدود ۲۵۰ میلی متر بوده و میزان فراوانی وقوع آن‌ها از دو ماه به ۱۴۰ روز در سال رسیده است، از طرفی میزان بارندگی نقاطی که در زیر خط برازش شده قرار دارند در حدود ۳۰۰ میلی متر بوده و فراوانی وقوع آن‌ها از صفر تا دو ماه در سال است. در سال ۲۰۱۳ (۳۲-د)، شیب خط برازشی مقدار ناچیزی بوده ولی به نسبت سال‌های پیش مقدار آن بیشتر شده و نشان دهنده یک شیب منفی است. همچنین میزان ضریب همبستگی نیز نسبت به سال‌های پیش قابل ملاحظه بوده و در حدود ۲۵/۳ درصد است، پس نشان می دهد که افزایش بارندگی برخلاف سال‌های پیش، همراه با کاهش فراوانی وقوع بوده است، اگرچه مقدار آن کم باشد. محدوده تغییرات بارندگی همان‌طور که پیش تر به آن اشاره شده است از حدود ۲۵۰ تا ۴۵۰ میلی متر ثبت شده است. بیشترین تراکم نقاط به وسیله محدوده مرزبندی شده نمایش داده شده است که بارندگی این مجموعه از نقاط بین ۲۵۰ تا ۳۵۰ میلی متر بوده و میزان فراوانی وقوع آن از ۱۲۰ در بارندگی ۲۵۰ میلی متری به ۱۰ روز در سال در بارندگی حدود ۳۵۰ میلی متری، رسیده است. این توده از نقاط نشان می دهد که در این سال برخلاف سال‌های قبل تر، افزایش بارندگی در عمده نواحی با کاهش فراوانی وقوع غبار همراه است که شیب این نرخ کاهش نیز از شیب کلی خط برازش داده شده بیشتر است. همچنین بیشترین فراوانی وقوع نیز تقریباً در کمترین میزان بارندگی که در حدود ۲۰۰ میلی متر در سال است، رخ داده است.

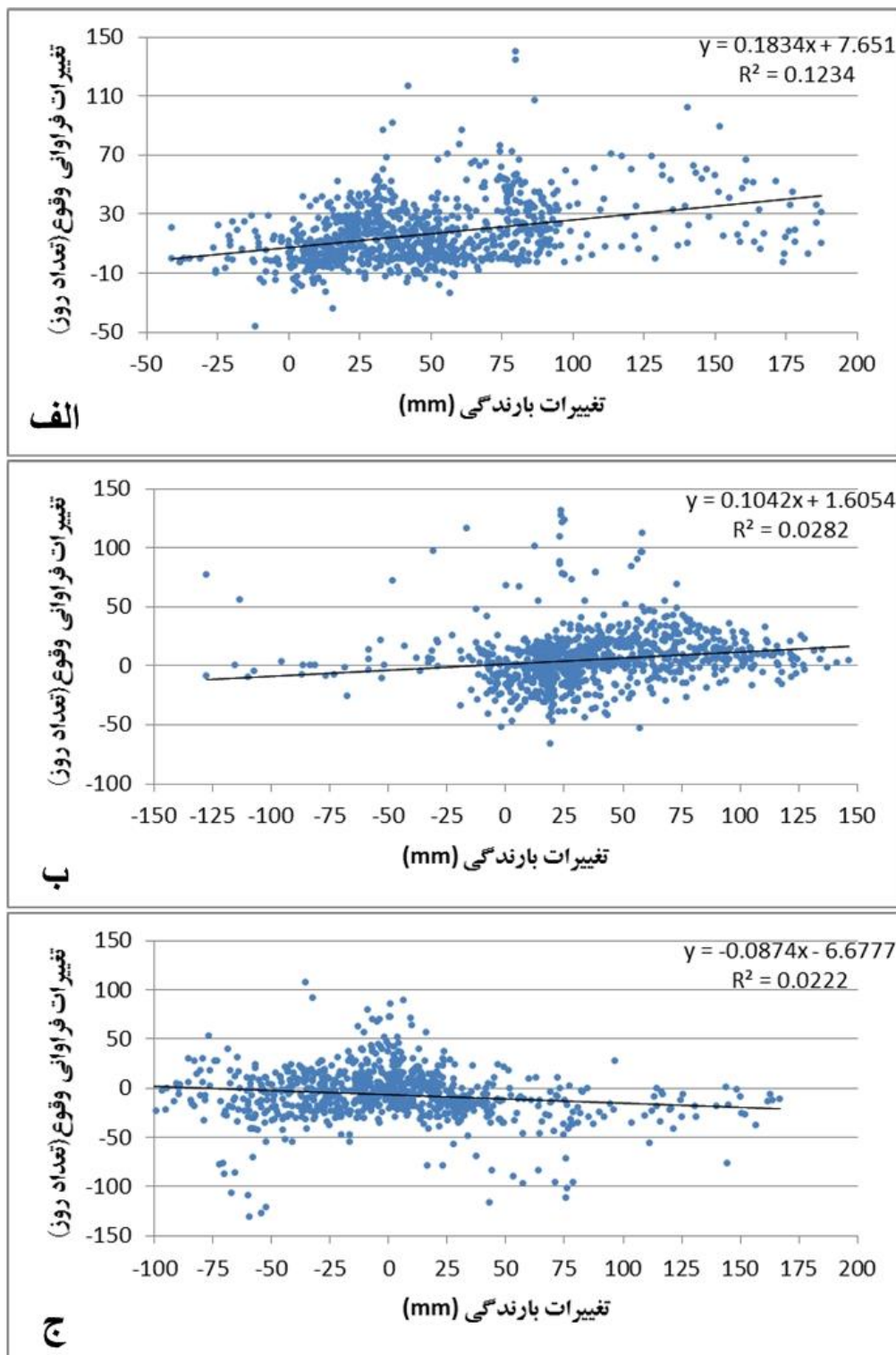
• بررسی همبستگی بین تغییرات بارندگی و تغییرات فراوانی وقوع گرد و غبار

داده‌های مربوط به تغییرات بارندگی و تغییرات فراوانی وقوع نیز استخراج شده و نمودار آن به صورت شکل ۳۳ استخراج شد. شکل (۳۳-الف) مربوط به تغییرات بارندگی (میلی متر) به تغییرات فراوانی وقوع در سال ۲۰۰۵ نسبت

به سال ۲۰۰۱ است. شیب خط برازش شده در این نمودار مثبت بوده و ضریب همبستگی برابر ۳۴ درصد است که بیانگر این است که عموماً هر نقطه‌ای که شاهد افزایش بارندگی بوده است، فراوانی وقوع آن نواحی نیز در این دو سال افزایش یافته است. محدوده کلی تغییرات بارندگی اکثر نقاط بین (۲۵-) تا (۱۰۰+) میلی‌متر است و میزان تغییرات فراوانی وقوع از (۱۰-) تا حدود (۷۰+) روز در سال است و همچنین بیشترین نرخ تغییرات فراوانی وقوع در حدود ۱۱۰ روز در سال است که با توجه به شکل این تغییر فراوانی در نواحی که میزان بارندگی در آن‌ها در حدود ۲۵ و همچنین ۷۵ میلی‌متر افزایش داشته است، اتفاق افتاده است. شکل (۳۳-ب) نسبت تغییرات سال ۲۰۰۹ نسبت به سال ۲۰۰۵ را نشان می‌دهد. در این سال‌ها نیز عموم بارندگی‌ها همان‌طور که پیش‌تر در بررسی تغییرات بارندگی و میزان عمق اپتیکی بررسی شد، مثبت است. شیب خط برازشی نیز مثبت بوده و ضریب همبستگی بین داده‌ها به ۱۶/۸ درصد کاهش یافته است. بیشتر نقاط مماس به خط برازشی هستند و حاکی از این است که افزایش فراوانی وقوع با افزایش بارندگی همراه شده است و همچنین محدوده فراوانی وقوع بین (۵۰-) تا (۵۰+) است که بیشترین نوسانات بین ۰ تا ۵۰ رخ داده است. شکل (۳۳-ج) مربوط به تغییرات نسبی این دو پارامتر مذکور در سال ۲۰۱۳ نسبت به سال ۲۰۰۹ است. برخلاف این که سال ۲۰۰۵ نسبت به سال ۲۰۰۱ بارندگی بیشتری داشته است و سال ۲۰۰۹ نسبت به سال ۲۰۰۵ دارای تغییرات مثبت در بارندگی سالیانه است، تغییرات سال ۲۰۱۳ نسبت به سال ۲۰۰۹ عمدتاً مثبت نیست و محدوده نوسان تغییر در بارندگی بین (۱۰۰-) تا (۵۰+) تغییر کرده است. شیب خط برازشی منفی است و ضریب همبستگی به ۱۴/۹ درصد رسیده است، بنابراین در این دو سال، افزایش بارندگی همراه با کاهش فراوانی وقوع بوده است و همچنین محدوده تغییرات فراوانی وقوع بین (۵۰-) تا (۵۰+) روز در سال می‌باشد و بیشترین تغییرات فراوانی وقوع در نقاطی به دست آمده است که تغییرات چندانی در بارندگی آن‌ها مشاهده نشده است.

۴-۲- تحلیل مکانی

برای بررسی مکانی نحوه تغییرات در میزان پارامترهای گرد و غبار و هواشناسی (سرعت باد و مجموع بارندگی)، نقشه‌های میزان عمق اپتیکی، فراوانی وقوع، میزان بارندگی و میانگین سرعت باد و همچنین تغییرات سال‌به‌سال آن‌ها به صورت سالانه مورد بررسی قرار گرفت.



شکل ۳۳- بررسی همبستگی بین تغییرات بارندگی و تغییرات میانگین فراوانی وقوع عمق آبتیکی گرد و غبار در سال الف- ۲۰۰۵ نسبت به ۲۰۰۱ ب- ۲۰۰۹ نسبت به ۲۰۰۵ ج- ۲۰۱۳ نسبت به ۲۰۰۹

• بررسی پارامترهای غبار در برابر پارامترهای هواشناسی

شکل ۳۴ نقشه مذکور در سال ۲۰۰۱ می‌باشد. همان‌طور که دیده می‌شود میزان میانگین عمق اپتیکی در شمال، دو نقطه متمرکز شرقی و غربی دریاچه ارومیه، نواحی جنوب‌شرقی و شمال‌شرقی استان آذربایجان شرقی (شهرستان میانه و سراب)، جنوب‌غربی استان آذربایجان غربی (شهرستان سردشت و پیرانشهر) و قسمت‌هایی از شمال استان آذربایجان غربی (شهرستان ماکو) دارای میانگین عمق اپتیکی بالایی بوده‌اند که به تبع آن فراوانی وقوع بالایی نیز در این مناطق مشاهده شده است. اگر پارامترهای هواشناسی این نواحی مورد بررسی قرار گیرد، مشاهده می‌شود که تنها نقطه‌ی شرقی دریاچه ارومیه بوده است که دارای بیشترین مقدار میانگین سرعت باد سالیانه (در حدود ۳/۵ متر بر ثانیه) و کمترین مقدار مجموع بارندگی سالیانه (در محدوده ۵۸۰ تا ۷۸۰ میلی‌متر) را به خود اختصاص داده است. نکته قابل توجه دیگر اینکه نواحی شمال‌شرقی استان آذربایجان شرقی از جمله نواحی پربارش بوده است که مجموع بارندگی آن در حدود ۲۸۰ تا ۳۸۰ میلی‌متر در سال بوده و از طرفی میزان میانگین سرعت باد آن تقریباً در حدود ۱/۵ متر بر ثانیه بوده است. به عبارتی نواحی بحرانی غبار در منطقه‌ای رخ داده است که میزان بارش قابل ملاحظه بوده است و کمترین مقدار سرعت باد سالیانه را به خود اختصاص داده است. نواحی نیز در غرب دریاچه ارومیه مشاهده می‌شود که تقریباً در مرکز بین دو استان واقع شده و شامل شهرستان هریس و نواحی شمالی شهرستان تبریز می‌شود که سرعت باد میانگین بالا (در حدود ۳/۵ متر بر ثانیه) بوده و میزان بارندگی نیز در کمترین (در حدود ۱۵۵ تا ۲۲۵) مقدار را داشته است که با بررسی نقشه میانگین عمق اپتیکی، مقادیر میانگین عمق اپتیکی در حدود ۰/۳ تا ۰/۵ است، از طرفی مقادیر فراوانی وقوع این نواحی کمتر از دو ماه در سال است، به عبارتی کمتر بودن میزان بارندگی و همراهی آن با بیشترین مقدار سرعت باد، میزان عمق اپتیکی گرد و غبار را بالا برده است اما این میزان طوری نبوده که توالی رخداد بالایی را در طول سال پدید آورد. بنابراین نتیجه می‌شود که میزان شدت گرد و غبار در حدود کمی کمتر از ۰/۳ متمرکز شده است.

شکل ۳۵ برای سال ۲۰۰۵ می‌باشد. در این سال نیز کانون‌های غبار همانند سال پیش در قسمت شرقی استان آذربایجان شرقی (شهرستان میانه و کلیبر)، شمال دریاچه ارومیه، نقاط متمرکز از شرق و غرب دریاچه ارومیه، نواحی از شمال شرقی استان آذربایجان غربی (شهرستان ماکو) و نواحی از جنوب غربی این استان (شهرستان سردشت) دارای عمق اپتیکی قابل ملاحظه‌ای نسبت به سایر نواحی هستند به صورتی که تقریباً شدت عمق اپتیکی در همه‌ی آن‌ها بالای ۰/۲۵ در سال مشاهده می‌شود که در بین آن‌ها فراوانی وقوع قسمت‌های شرقی استان آذربایجان شرقی عدد

قابل ملاحظه‌ای (در حدود ۴ ماه در سال) می‌باشد. کانون‌های شرقی استان آذربایجان شرقی که هم دارای شدت عمق اپتیکی و هم توالی رخداد بالای غبار را تجربه کرده‌اند، از نظر میانگین سرعت باد، کمترین مقدار (در حدود ۱/۵ تا ۲ متر بر ثانیه) و میزان بارندگی آن‌ها نیز در حدود ۱۶۵ تا ۲۶۵ میلی‌متر بوده است که عدد متوسطی در بارندگی محسوب می‌شود و به عبارتی بحرانی‌ترین نواحی غبار در نواحی رخ داده است که سرعت باد کمینه و میزان بارندگی متوسطی را در سال داشته است. سمت شرق دریاچه ارومیه تا قسمت‌هایی از شمال شهرستان تبریز دارای شدت عمق اپتیکی حدود ۰/۴۵ می‌باشند و فراوانی وقوع این ناحیه (شمال شهرستان تبریز) در حدود ۲ ماه در سال است که با توجه به نقشه‌های باد و بارندگی، بیشترین سرعت باد (۳ تا ۴ متر بر ثانیه) و کمترین میزان بارندگی (۱۶۵ تا ۲۶۵ میلی‌متر) را تجربه کرده است و به نظر می‌رسد که پارامترهای هواشناسی (باد و بارندگی) بستر را برای تشدید وضعیت غباری مهیا کرده‌اند، ولی در هر صورت به‌طور قطع نمی‌توان گفت که بیشتر یا کمتر بودن پارامترهای هواشناسی (سرعت باد و بارندگی) چگونه بر روی تغییرات و شدت گرد و غبار اثرگذار بوده است. شهرستان سردشت نیز که از نواحی با فراوانی وقوع قابل ملاحظه است، دارای سرعت باد بالا (از ۳ تا ۴ متر بر ثانیه) و میزان بارندگی بالا (در حدود ۵۷۰ تا ۷۴۰ میلی‌متر) بوده است که نشان می‌دهد بارندگی محسوس حاکی از پایین آمدن فراوانی وقوع نمی‌شود، بنابراین توجهی که برای این مسئله مطرح شده این است که غبار با بارندگی همزمان اتفاق نیفتاده است و سرعت باد بالا و همچنین تبخیر در منطقه طوری است که این مناطق، پتانسیل غبارزایی را حفظ کرده است. به هر صورت کانون‌های غبار در نواحی قرار گرفتند که هم بالاترین سرعت باد را داشته و هم کمینه مقدار را داشته است و میزان بارندگی نیز، هنجار وقوع غبار را کنترل نکرده است و نواحی خشک و پربارش همان‌طور که پیش‌تر ذکر شد، پتانسیل غبارزایی را حفظ کرده‌اند.

شکل ۳۶ مربوط به بررسی پارامترهای سال ۲۰۰۹ می‌باشد. در این سال نیز نواحی با شدت غبار بالا همانند دو سال پیش مشاهده می‌شود. نکته قابل توجه در این است که میزان میانگین عمق اپتیکی در سطح گسترده‌تری شدت یافته است به صورتی که به‌جز یک ناحیه مرزی سمت راست دریاچه که عدد عمق اپتیکی و فراوانی وقوع تقریباً برابر صفر است، تمامی نواحی اطراف دریاچه دارای میزان عمق اپتیکی بالاتر از ۰/۳ بوده است. شدت غبار نواحی شرقی استان آذربایجان شرقی افزایش پیدا کرده است و گستردگی این نواحی با شدت بالای غبار تا جنوب استان آذربایجان غربی (شهرستان سردشت) کشیده شده است. اگر ناحیه جنوب شرقی استان آذربایجان شرقی (شهرستان میانه) به‌صورت یک ناحیه بحرانی غبار در نظر گرفته شود، نقشه باد نشان می‌دهد که میزان این پارامتر در این ناحیه

در حدود ۱/۹ متر بر ثانیه (کمترین مقدار) بوده است، بنابراین مستقل از سرعت باد، شدت غبار بالا بوده و به نظر می‌رسد که دلایل فرسایش بادی که باعث انتشار غبار می‌شوند در این ناحیه مطرح نمی‌باشد. نکته قابل توجه دیگر این - که نواحی غرب و شرق دریاچه ارومیه دارای مجموع بارندگی سالیانه یکسان (در حدود ۲۸۰ تا ۳۴۰ میلی‌متر در سال) بوده است، با این تفاوت که میانگین سالیانه سرعت باد در سمت شرق دریاچه در حدود ۳ تا ۴ متر بر ثانیه بوده و در سمت غرب دریاچه در حدود ۲ تا ۲/۵ متر بر ثانیه بوده است. بنابراین اگر پوشش گیاهی و بافت خاکی در این ناحیه به صورتی بود که امکان فرسایش بادی و غبارزایی وجود داشت، متعاقباً میزان غبار سمت شرق دریاچه از سمت غرب آن بیشتر می‌شد که برعکس این پدیده اتفاق افتاده است. توجیهی که برای این پدیده می‌توان داشت این است که فعالیت‌های صنعتی (عوامل انسانی) که پیش‌تر برای نواحی غرب دریاچه مطرح بوده است (استحصال نمک + فعالیت‌های صنعتی تولیدکننده غبار + کشاورزی) بر فرسایش بادی و اثرات پارامترهای هواشناسی (عوامل طبیعی) برتری داشته است. از طرف دیگر، یک نقش تقلیل‌کننده و مانع در برابر انتقال غبار به سمت شرق دریاچه را داشته است به صورتی که مرز شرقی دریاچه یک منطقه کاملاً بدون غبار با فراوانی وقوع تقریباً برابر صفر به دست آمده است.

شکل ۳۷ مربوط به سال ۲۰۱۳ می‌شود. در این سال نیز، همانند سال‌های بررسی‌شده، میزان عمق اپتیکی میانگین سالانه در نواحی اطراف دریاچه ارومیه بالا (در حدود ۰/۳ تا ۰/۵) بوده است. نواحی شرقی استان آذربایجان شرقی که یکی از کانون‌های بحرانی غبار می‌باشد، گسترش یافته و از جنوب تا میاندوآب و از شمال تا شهرستان ماکو پیشروی داشته است. با بررسی فراوانی وقوع، کماکان ناحیه جنوب شرقی استان آذربایجان شرقی (شهرستان میانه) بیشترین مقدار را داشته و در حدود ۵ ماه در سال، غبار با عمق اپتیکی بالای ۰/۳ در این ناحیه پدید آمده است. نکته قابل توجه دیگر این که نواحی موجود در قسمت شمال شرقی دریاچه نسبت به سال‌های پیش، به شدت افزایش فراوانی وقوع داشته است، به صورتی که همانند شهرستان میانه از نواحی بحرانی غبار محسوب می‌شود که البته با توجه به نقشه بارندگی، میزان این پارامتر در حدود ۳۵۰ تا ۵۰۰ میلی‌متر است که عدد بالاتری نسبت به نواحی اطراف می‌باشد، بنابراین به نظر می‌رسد این نواحی نیز جزء نواحی باشد که عوامل انسانی در تولید غبار بیشتر از عوامل طبیعی است و دلیل آن شاید افزایش برداشت نمک و تأسیس کارگاه‌های صنعتی استحصال نمک در سال‌های اخیر در این مناطق باشد. البته تمامی نواحی بحرانی غبار مذکور در سال‌های پیش، در این سال نیز به عنوان نواحی غباری مطرح می‌باشند. بیشترین میانگین سرعت باد سالیانه در نواحی شمال شرق استان آذربایجان شرقی تا

جنوب غرب استان آذربایجان غربی بوده است که با توجه به نقشه فراوانی وقوع غبار، این نواحی کمترین توالی رخداد (در محدوده ۰ تا ۲ ماه در سال) داشته است. همچنین نقشه بارندگی نشان می‌دهد که نواحی جنوب و جنوب شرقی استان آذربایجان شرقی، کمترین بارندگی را داشته است که شاید این امر باعث تشدید وضعیت غباری و استمرار آن باشد ولی از طرفی نواحی نیز در جنوب غربی استان آذربایجان غربی (شهرستان سردشت) وجود دارد که علیرغم بیشترین مقدار بارندگی، همچنان کانون‌هایی از غبار در این منطقه دیده می‌شود.

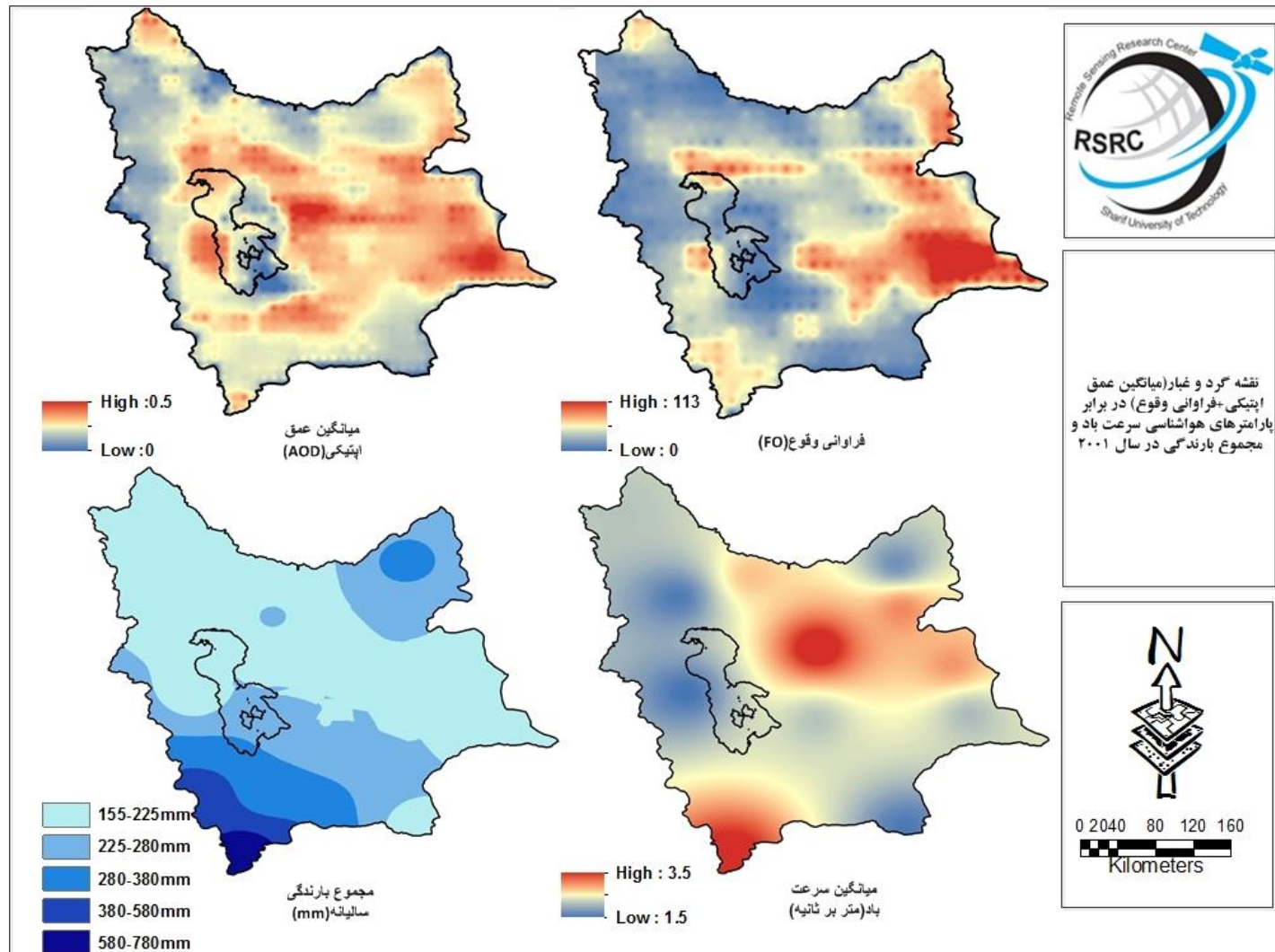
۵- بحث و نتیجه گیری

نتایج حاکی از آن است که منحصراً همبستگی قابل ملاحظه و شاخصی بین باد و غبار و همچنین بین داده‌های بارندگی و غبار وجود ندارد. در بررسی فصلی، فصول پاییز و زمستان از جمله فصولی هستند که میزان عمق اپتیکی گرد و غبار در سطح دو استان مورد بررسی کاملاً پایین است و به تبع آن میزان فراوانی وقوع نیز به صورتی که مشاهده شد، کاهش پیدا کرده است و به این صورت میانگین عمق اپتیکی پایین در مقابل سرعت باد موجود در منطقه حساسیت پایینی دارد و شاید به نحوی که مورد انتظار است این دو پارامتر در مقابل هم رابطه‌ی خوبی نداشته باشند. همچنین فصل گرم سال (تابستان) در هر چهار سال ضریب همبستگی بالایی داشته و با توجه به شیب خط برازشی، این همبستگی مثبت بوده است، هرچند که میزان نرخ افزایش عمق اپتیکی با افزایش سرعت باد در این فصل بسیار کم است، اما نسبت به فصول دیگر عدد قابل ملاحظه‌ای بوده و در سه سال پایانی میزان شیب خط برازشی بالاتر از همه‌ی فصول در آن سال مشخص می‌باشد. از طرفی با توجه به این که فصل تابستان از فصول گرم سال است که میزان عمق اپتیکی غبار اعداد بالایی را به خود اختصاص می‌دهد و به تبع آن می‌توان فراوانی رخداد بالایی را در طول فصل برای نواحی مشخص که پیش‌تر به صورت کانون شناسایی شده‌اند، مشاهده نمود. پس انتظار می‌رود که اگر بحث فرسایشی و حمل ذرات توسط باد مطرح باشد و این پارامتر مقدار متوسط بالایی را نشان دهد، متعاقباً بلند شدن ریزگرد را نتیجه می‌دهد که در پی آن مقدار فراوانی وقوع نیز بالا می‌رود، اما این اتفاق در منطقه مورد نظر و در فصل تابستان مشاهده نمی‌شود، به بیانی دیگر نقش باد در حمل و بلند کردن ذرات در منطقه محسوس نبوده و کانون‌های شناسایی شده وابستگی کمتری به سرعت باد متوسط فصلی موجود در منطقه دارند.

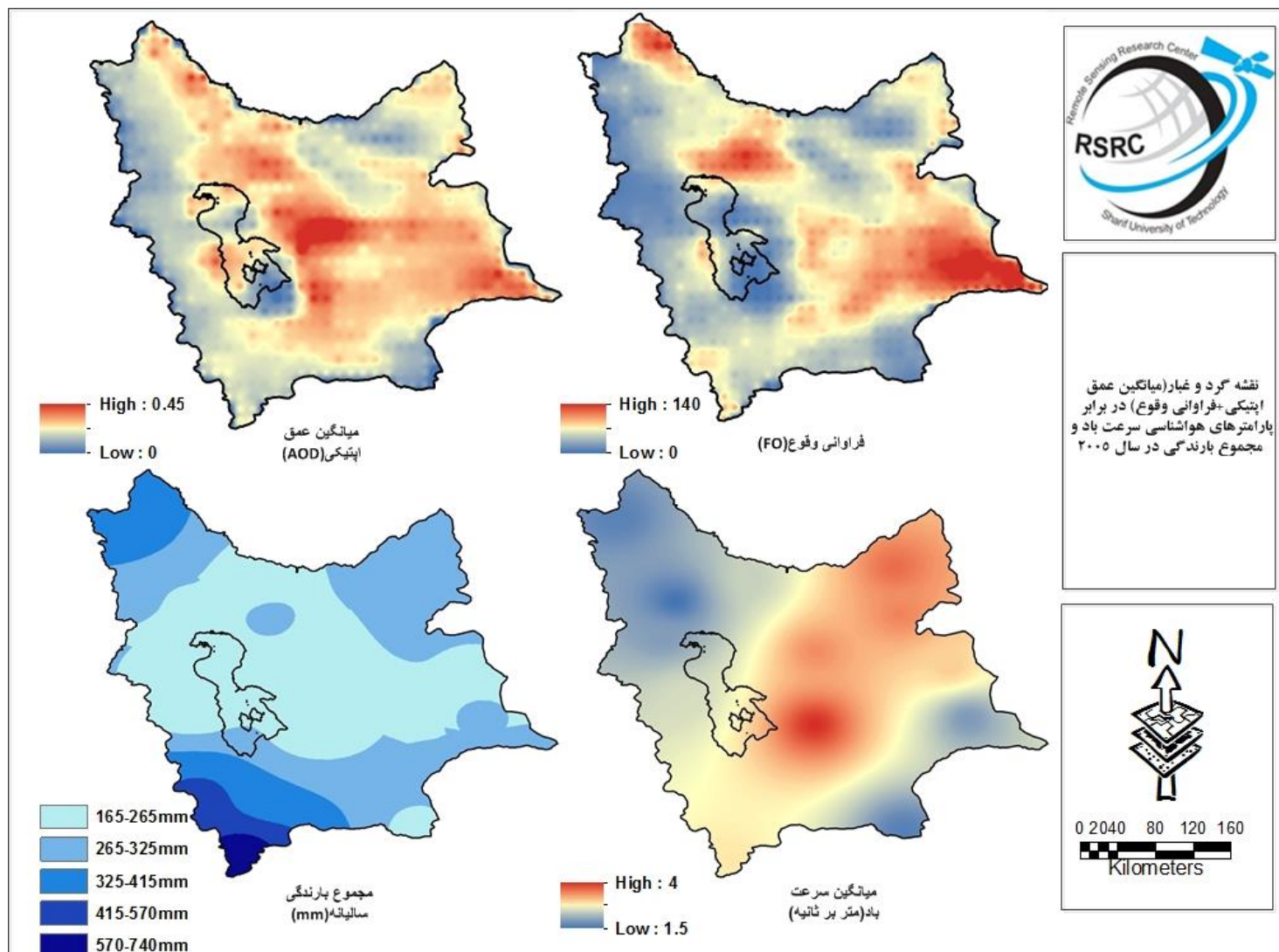
محدوده نوسان بارش‌ها عمدتاً به صورتی است که فارغ از عدد عمق اپتیکی، بارندگی در یک محدوده در حال نوسان است. برعکس این قضیه نیز رخ می‌دهد به این صورت که نوسان بالای فراوانی وقوع در یک عدد

بارندگی دیده می‌شود و شاید به این جهت است که مقدار بارندگی به صورت یک پارامتر مستقل تر عمل کرده است و یا همزمانی روزهای غباری و بارندگی در یک ناحیه کم بوده است. از طرفی می‌تواند این مسئله را نیز توجیه کند که با وجود مجموع بارندگی قابل قبول در یک ناحیه، میزان غبار نیز مقدار قابل توجهی داشته است و نشان می‌دهد که در کل، شرایط اقلیمی حاکم در منطقه تعیین کننده پارامترهای هواشناسی بوده و تأثیر چندانی لااقل به صورت مستقیم بر روی پارامتر غبار نداشته است، مگر برخی شرایط فصلی و حدود آستانه‌های مختلف برای ارزیابی مناسب اعمال شود.

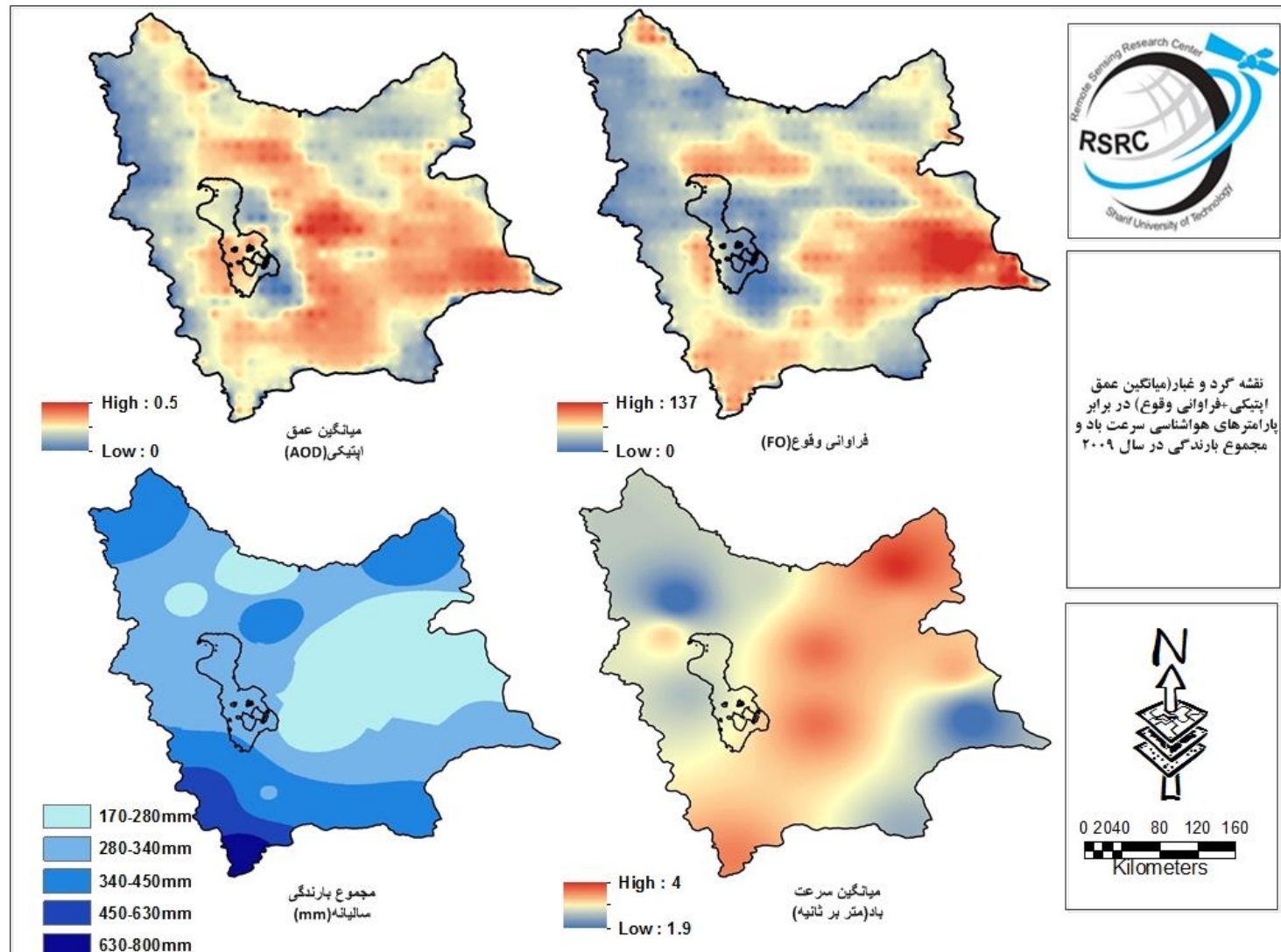
در کل می‌توان نتیجه گرفت که شدت غبار به صورت کاملاً منطبق با پدیده‌های هواشناسی (بارندگی و سرعت باد) عمل نمی‌کند و دلیل این امر شاید به این خاطر است که پارامترها به صورت فصلی و سالانه میانگین گیری شده‌اند ولی همزمانی رخداد آن‌ها (غبار و پارامترهای هواشناسی) و همچنین همزمانی رخداد پارامترهای هواشناسی (میانگین سرعت باد و مجموع بارندگی)، در این بررسی به دست نیامده است. با توجه به نکات گفته شده، باید خاطر نشان کرد که اولاً تنها دو پارامتر از تمامی پارامترهای هواشناسی مورد بررسی قرار گرفته است، این در حالی است که فاکتورهایی که در تولید غبار نقش دارند، بسیار زیاد هستند (همانند دمای هوا، مقدار رطوبت هوا، فشار هوا، دمای سطح زمین و.....)، لذا نمی‌توان تمامی تغییرات وضعیت غباری را ناشی از میزان نوسانات بارندگی و میانگین سرعت باد دانست. دوماً عدم ارتباط بین این دو شاخص با عمق اپتیکی می‌تواند ناشی از این مسئله باشد که بیشتر غبارهای منطقه مربوط به کانون‌های خارج از منطقه و به خصوص عراق و سوریه نشأت گرفته است، بنابراین طبیعی است که ارتباطی بین پارامترهای هواشناسی و عمق اپتیکی در مناطقی که خارج از کانون‌های غبار قرار دارند، نباشد.



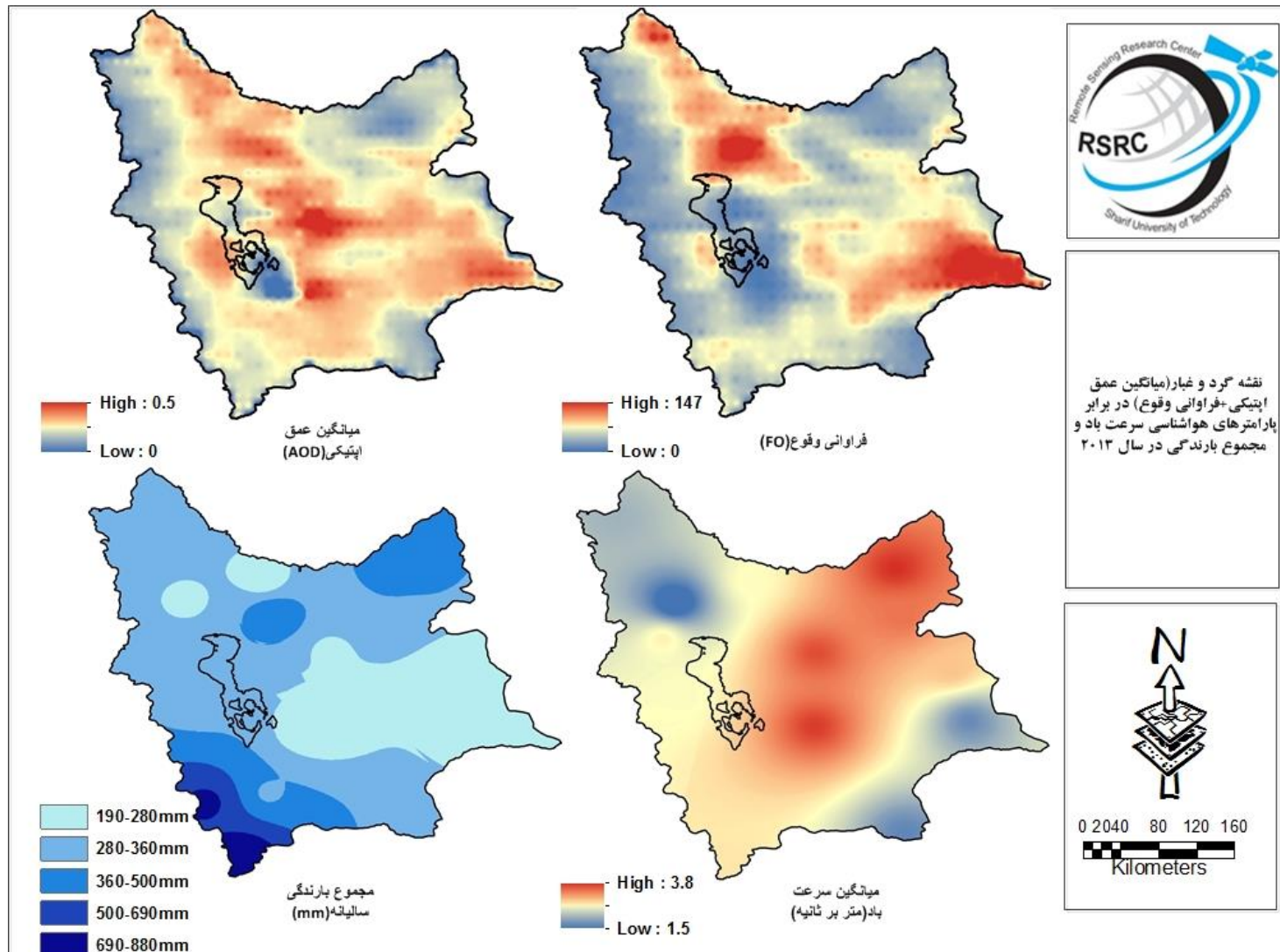
شکل ۳۴- نقشه‌های مربوط به پارامترهای غبار (میانگین عمق اپتیکی و فراوانی وقوع) و پارامترهای هواشناسی (میانگین سرعت باد و میزان بارندگی سالیانه) در سال ۲۰۰۱ میلادی



شکل ۳۵- نقشه‌های مربوط به پارامترهای غبار (میانگین عمق اپتیکی و فراوانی وقوع) و پارامترهای هواشناسی (میانگین سرعت باد و میزان بارندگی سالانه) در سال ۲۰۰۵ میلادی



شکل ۳۶- نقشه‌های مربوط به پارامترهای غبار (میانگین عمق اپتیکی و فراوانی وقوع) و پارامترهای هواشناسی (میانگین سرعت باد و میزان بارندگی سالانه) در سال ۲۰۰۹ میلادی



شکل ۳۷- نقشه های مربوط به پارامترهای غبار (میانگین عمق اپتیکی و فراوانی وقوع) و پارامترهای هواشناسی (میانگین سرعت باد و میزان بارندگی سالیانه) در سال ۲۰۱۳ میلادی

۶-مراجع

اسماعیلی، ا. (۱۳۸۵). پهنه‌بندی مقدماتی مراکز اصلی تولید غبار کشور با استفاده از فن سنجش ازدور. پایان‌نامه کارشناسی ارشد گرایش محیط‌زیست، آذر ۸۵

رئیس‌پور، ک.، طاووسی، ت.، خسروی، م. (۱۳۸۹). بررسی علل شکل‌گیری گرد و غبارهای عربی و گسترش آن بر ایران، چهارمین کنفرانس بین‌المللی جغرافیدانان جهان اسلام

Choobari, O.A., Zawar-Reza, P., & Sturman, A. (2014). The global distribution of mineral dust and its impacts on the climate system: A review. *Atmospheric Research*, 138, 152-165

Csavina, J., Field, J., Félix, O., Corral-Avitia, A.Y., Sáez, A.E., & Betterton, E.A. (2014). Effect of wind speed and relative humidity on atmospheric dust concentrations in semi-arid climates. *Science of the Total Environment*, 487, 82-90

El-Metwally, M., & Alfaro, S.C. (2013). Correlation between meteorological conditions and aerosol characteristics at an East-Mediterranean coastal site. *Atmospheric Research*, 132-133, 76-90

GILLETTE, D.A. (1981). Production of dust that may be carried great distances. *Geological Society of America Special Papers*, 186, 11-26

Guo, X., Fu, D., Guo, X., & Zhang, C. (2014). A case study of aerosol impacts on summer convective clouds and precipitation over northern China. *Atmospheric Research*, 142, 142-157

Han, Y., Fang, X., Zhao, T., Bai, H., Kang, S., & Song, L. (2009). Suppression of precipitation by dust particles originated in the Tibetan Plateau. *Atmospheric Environment*, 43, 568-574

(<http://www.geo.mtu.edu/department/classes/ge404/gcmayber/intro.html>)

Indira, G., Bhaskar, B.V., & Muthuchelian, K. (2013). The Impact of Aerosol Optical Depth Impacts on Rainfall in Two Different Monsoon Periods over Madurai, India. *Aerosol and Air Quality Research*, 13, 1608-1618

J., M.N. (1984). Dust storms in Australia: frequency, distribution and seasonality, 447, 15

Jeoung, H., Chung, C.E., Noije, T.V., & Takemura, T. (2014). Relationship between fine-mode AOD and precipitation on seasonal and interannual time scales. 2014

Jin, M., & Shepherd, J.M. (2008). Aerosol relationships to warm season clouds and rainfall at monthly scales over east China: Urban land versus ocean. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres (1984-2012)*, 113

Kurosaki, Y., & Mikami, M. (2003). Recent frequent dust events and their relation to surface wind in East Asia. *Geophysical Research Letters*, 30, 1736

Liu, X., Yin, Z.-Y., Zhang, X., & Yang, X. (2004). Analyses of the spring dust storm frequency of northern China in relation to antecedent and concurrent wind, precipitation, vegetation, and soil moisture conditions. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 109, D16210

Tang, J., Wang, P., Mickley, L.J., Xia, X., Liao, H., Yue, X., Sun, L., & Xia, J. (2014). Positive relationship between liquid cloud droplet effective radius and aerosol optical depth over Eastern China from satellite data. *Atmospheric Environment*, 84, 244-253

Washington, R., Todd, M., Middleton, N.J., & Goudie, A.S. (2003). Dust-Storm Source Areas Determined by the Total Ozone Monitoring Spectrometer and Surface Observations. *Annals of the Association of American Geographers*, 93, 297-313

Zhou, X., Xu, X., Yan, P., Weng, Y., & Wang, J. (2002). Dynamic characteristics of spring sandstorms in 2000. *Science in China Series D: Earth Sciences*, 45, 921-930



**Sharif University of Technology
Remote Sensing Research Center**

**Evaluation of temporal and spatial correlation
between meteorological parameters(average wind
speed and precipitation) and dust
parameters(aerosol optical thickness(aod) and
frequency of occurrence(fo))**

By
Nima Karimi
Nehmat Karimi

february 2015