# مدلسازی و معادله یابی وقوع پدیده گردوغبار با استفاده از متغیرهای زمین آماری در گستره ایران

**جلیل هلالی[۱]، جواد بذرافشان[۲]**

۱-دانشجوی دکتری هواشناسی کشاورزی، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
jjhelali@ut.ac.ir
۲-استادیار گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران،کرج، ایران

## چکیده

گرد و غبار به عنوان یکی از پدیده‌های مضر اقلیمی، موجب خسارت به بخش‌های محیط زیست، کشاورزی و سایر بخش‌های اجتماعی می‌گردد. در این پژوهش سعی شده است پراکنش تعداد روزهای همراه با گردوغبار در گستره ایران در کلیه اقلیم‌ها در قالب معادلات آماری تک متغیره و چند متغیره مورد تحلیل قرار گرفته و مشخص شود کدام‌یک از متغیرهای زمین آماری (طول جغرافیایی، عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا) با پدیده فوق رابطه مناسب دارد. به این منظور، تعداد ۴۹ ایستگاه سینوپتیک انتخاب گردید. تحلیل مکانی تعداد روزهای همراه با گرد و غبار در هر یک از ماه‌های سال با استفاده از متغیرهای فوق مورد مدل‌سازی قرار گرفت. در بین ماه‌های سال، بیشینه فراوانی وقوع این پدیده مربوط به ماه جولای بود. در بیشتر ماه‌های سال، متغیرهای عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا توجیه کننده بهتری از توزیع گردوغبار در گستره کشور بودند. با این حال، ارائه یک معادله خاص برای کل ایران با استفاده از این روش امکان‌پذیر نبوده و باید بر اساس پراکنش جغرافیایی یا اقلیمی معادلات خاص آن منطقه یا اقلیم پیشنهاد شود. در عین حال بررسی تاثیر عوامل هواشناسی بر پدیده فوق نیز می‌تواند به عنوان چالشی در مدل‌سازی پدیده گرد و غبار مورد ارزیابی قرار گیرد.

**واژه‌های کلیدی:** ایران؛ ارتفاع از سطح دریا؛ عرض جغرافیایی؛ طول جغرافیایی؛ گردوغبار؛ مدل‌سازی.

## مقدمه

گردوغبار به عنوان یکی از مهم‌ترین پدیده‌های جوی و یکی از بلایای طبیعی شناخته شده، مورد توجه بسیاری از اندیشمندان و محققان در شاخه‌های مختلف علوم از جمله علوم جوی است. وقوع خشکسالی‌های مکرر طی سال‌های اخیر و پیامدهای احتمالی تغییرات اقلیمی در خصوص بیابانزایی، امروزه طوفان‌های گردوغبار را در کانون توجه بسیاری از محققان قرار داده است. گردوغبار در جو به عنوان یکی از آلاینده‌ها، آثار سوء و پیامدهای منفی گوناگونی دارد که از بین آن‌ها می‌توان به کاهش رشد و بازدهی محصولات کشاورزی، افزایش تصادفات جاده‌ای به علت کاهش قدرت دید، لغو پروازها و خسارات مالی ناشی از آن، افزایش سرانه هزینه درمان خانوار، افزایش مصرف آب برای شستشو، تعطیلی واحدهای صنعتی، خدماتی، آموزشی و زیان‌های مالی وارده، افزایش مصرف بنزین، آلودگی منابع آب، اختلال در سیستم‌های برق‌رسانی، افزایش فرسایش بناها و کاهش عمر مفید آن‌ها، اُفت بازدهی سیستم‌های فتوولتائیک خورشیدی به دلیل کدورت هوا و مشکلات روحی و روانی انسان‌ها در اثر کاهش قدرت دید، اشاره نمود (نوحی، ۱۳۷۳؛ حبیبی نوخندان، ۱۳۷۶، حسین زاده،

۱۳۷۶). فراوانی وقوع گردوغبار در یک منطقه علاوه بر شدت، سرعت باد و خشکی ذرات خاک به اندازه و قُطر ذرات، پوشش گیاهی و نوع آن نیز بستگی دارد. ایران در کمربند خشک و نیمه خشک کره زمین واقع شده و بخش بزرگی از مساحت آن را بیابان‌های خشک و بی آب و علف تشکیل می‌دهد. از سوی دیگر در فاصله نزدیکی از این کشور، بیابان‌های کشورهایی مثل عراق، سوریه، اردن، عربستان سعودی، کویت، عمان و امارات متحده عربی قرار دارد. همچنین فاصله زیادی از بیابان‌های گسترده شمال آفریقا ندارد. اقلیم شناسان به طور کلی، جابجایی پرفشارهای جنب حاره‌ای به سوی مناطق بیابانی و سمت و سوی بادها سطوح مختلف جوی را عامل اصلی در انتقال گردوغبار بیابان‌های همسایه به ایران می‌دانند. آن‌ها معتقد هستند که یک جریان فراباری قوی، حجم زیادی از ریزگردها را از بیابان‌های وسیع غرب و جنوب غرب آسیا روبیده و به لایه بالای تروپوسفر منتقل می‌نماید و سپس یک جریان قوی دیگر انبوهی از ریزگردها را به عرض‌های بالاتر منتقل می‌سازد. موقعی که انرژی جریان افقی در ارتفاع بالای تروپوسفر کاهش می‌یابد این ریزگردها بر سر مناطق دور و نزدیک فرو می‌ریزد (کرمی، ۱۳۸۸). در مطالعات دیگر، مکانیسم وقوع طوفان‌های گردوغبار در جنوب غرب ایران (همتی، ۱۳۷۴)، توفان‌های ۱۲۰ روزه سیستان (حسین زاده، ۱۳۷۶)، غرب ایران (ذوالفقاری و همکاران، ۱۳۸۴)، استان خراسان رضوی (لشکری و کیخسروی، ۱۳۸۷) مورد بررسی قرار گرفته است. مطالعات مربوط به گردوغبار در سایر نواحی دنیا نیز دنبال می‌شود. اکثر این مطالعات به توضیح مکانیسم پدیده گردوغبار در مقیاس سینوپتیکی پرداخته‌اند. Hamed Ali (1990) وقوع توفان خاک در شبه جزیر عربستان را از دیدگاه سینوپتیکی مورد مطالعه قرار داده است. Engelstadler (2001) بستر خشک دریاچه‌ها و صحرای بزرگ آفریقا را به عنوان یکی از کانون‌های تولید کننده اصلی گردوغبار می‌داند. طوفان‌های گردوغبار در خاورمیانه توسط Kutiel and Furman (2003) مطالعه شده است. در این مطالعه، منطقه وسیعی شامل بخش‌هایی از شمال و شمال شرق آفریقا، تمام خاورمیانه مورد بررسی واقع شده است. تقسیم بندی منطقه بر اساس ایستگاه‌های مورد بررسی نشان می‌دهد که کشورهای ایران، سودان، عراق، عربستان سعودی و تمام کشورهای حوزه خلیج فارس در دسته اول، قرار می‌گیرند که نشانگر بالاترین فراوانی وقوع طوفان‌های گردوغبار در منطقه مورد مطالعه است. مطالعه همچنین بیانگر این واقعیت است که فراوانی وقوع طوفان‌ها در این کشورها طی دوره گرم سال بیشتر است. Kutiel and Furman (2003) چهار ناحیه اصلی که بیشترین فراوانی گردوغبار خاورمیانه را مشخص نمود که عربستان سعودی، عراق و سوریه، سودان و منطقه خلیج فارس از آن جمله بودند. از دیگر مطالعات صورت گرفته در زمینه توفان‌های گردوخاک می‌توان به مطالعه Wang (2005) ویژگی‌های سینوپتیکی حاکم بر تشکیل طوفان‌های گردوغبار را در شمال شرق آسیا مورد مطالعه قرار دادند. آن‌ها معتقدند یک طوفان گردوغبار در این منطقه همیشه با یک سیستم کم فشار یا سیکلون همراه است. زمانی سیستم گردوغبار توسعه می‌یابد که یک سیستم کم فشار به این سمت می‌رسد، میزان گردغبار در قطاع گرم سیکلون به حداکثر خود می‌رسد. در مطالعه‌ای دیگر ثابت شده است که یک طوفان گردوغبار زمانی توسعه می‌یابد که یک سیستم به سمت ناحیه‌ای بیابانی حرکت نماید ( Wang، 2005). Miri et al (2009) در مطالعه توفان‌های گردوغبار منطقه سیستان خاطرنشان کردند که پس از وقوع خشکسالی‌های اواخر دهه ۷۰ و اوایل دهه ۸۰، فراوانی رخداد توفان‌ها افزایشی تا ۵ برابر داشته است. رسولی و همکاران (۱۳۹۰) بر تحلیل روند وقوع پدیده گردوغبار در غرب کشور متمرکز شده و روند آن را با استفاده از روش‌های آماری ناپارامتری مورد بررسی قرار داده‌اند. این مطالعه نشان داد غرب ایران از لحاظ تعداد روزهای گردوغبار منطقه همگنی نبوده و تعداد روزهای گرد و غباری از شمال به سمت جنوب افزایش می‌یابد. نتیجه دیگر این مطالعه بیانگر رونددار بودن تعداد روزهای گردوغبار در اکثر

ایستگاه‌ها به جز یک ایستگاه بوده است که ۳ ایستگاه روند کاهشی معنی‌دار و ۵ ایستگاه روند افزایشی معنی-داری داشته‌اند. در مطالعه دیگر در مورد فراوانی وقوع توفان‌های گردوغبار ایران نشان داده شده است که وقوع توفان‌های گردوغبار در فصل گرم بیشتر از فصل سرد سال بوده و شهر زابل بیشترین فراوانی رخداد این پدیده را در کشور داراست (Farajzadeh and Alizadeh، 2011).

هدف مطالعه کنونی مدلسازی تعداد روزهای همراه با پدیده گردوغبار با استفاده از متغیرهای طول جغرافیایی، عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا بوده است. در این نوع بررسی‌ها روند تغییرات متغیرها یا پارامترهای مورد استفاده در یک گستره جغرافیایی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

## مواد و روش‌ها

به منظور تحلیل آماری تعداد روزهای همراه با پدیده گردوغبار در گستره ایران از تعداد ۴۹ ایستگاه سینوپتیک که دوره آماری ۲۰۰۵-۱۹۵۱ را پوشش می‌دهند، استفاده گردید. در شکل ۱ موقعیت مکانی ایستگاه‌ها نشان داده شده است. به منظور تحلیل مکانی تعداد روزهای همراه با گردوغبار در کشور، روابط رگرسیونی بین پدیده گردوغبار و متغیرهای جغرافیایی (طول جغرافیایی، عرض جغرافیایی، و ارتفاع ایستگاه‌ها) مورد ارزیابی قرار گرفت. روابط رگرسیونی به صورت ماهانه، فصلی، شش ماهه و سالانه مورد بررسی قرار می‌گیرند.

**شکل ۱. موقعیت ایستگاه‌های مطالعاتی در گستره ایران.**

به این منظور متغیر مستقل در این مطالعه متغیرهای زمین آماری فوق و متغیره وابسته تعداد روزهای گردوغبار در قالب معادلات تک متغیره، دو متغیره و سه متغیره در قالب معادلات رگرسیونی می‌باشد.

رابطه تک متغیره به صورت معادله زیر خواهد بود:

$$y_i = a + bx_i \qquad i=1,2,\ldots,13 \qquad (۱)$$

رابطه دو متغیره به صورت زیر خواهد بود:

$$y_i = a + bx_i + cz_i \qquad i=1,2,\ldots,13 \qquad (۲)$$

رابطه سه متغیره به صورت زیر خواهد بود:

$$y_i = a + bx_i + cz_i + dw_i \qquad i=1,2,\ldots,13 \qquad (۳)$$

که در آن :

$y_i$ متغیر وابسته (تعداد روزهای گردوغبار بر حسب روز در ماه i ام (ژانویه تا دسامبر و سالانه)، $x_i$ ، $z_i$ و $w_i$ متغیرهای مستقل (طول جغرافیایی یا عرض جغرافیایی (بر حسب درجه) یا ارتفاع از سطح دریا (بر حسب متر)) در ماه i ام (ژانویه تا دسامبر و سالانه) و a ، b ، c و d ضرایب ثابت معادلات می‌باشند.

به منظور بررسی و ارزیابی معادلات به دست آمده از ضریب تبیین ($r^2$) استفاده گردید. در نتیجه این مطالعه، پراکنش پدیده فوق از طریق مدلسازی و معادله‌یابی رگرسیونی با متغیرهای زمین آماری مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت.

## نتایج

### بررسی معادلات بین تعداد روزهای گردوغبار با متغیرهای مکانی

#### الف. شش ماهه نخست سال

بررسی رابطه آماری بین تعداد روزهای آفتابی با متغیرهای مکانی نشان دهنده این واقعیت است که در ماه ژانویه بهترین رابطه رگرسیونی تک متغیره، رابطه رگرسیونی تعداد روزهای گردوغبار با عرض جغرافیایی بوده است طوری که ضریب تبیین بدست آمده در حدود ۴۳/۷ درصد می‌باشد. در عین حال همبستگی این پدیده با عرض جغرافیایی منفی و در حدود ۰/۲۸۳- بوده است. در وضعیت دو متغیره، رابطه دو متغیره ارتفاع از سطح دریا و عرض جغرافیایی بهترین رابطه را با بیشترین ضریب تبیین به خود اختصاص داده است (۴۵/۹ درصد). در وضعیت سه متغیره نیز تغییر چندانی در رابطه به دست آمده نسبت به وضعیت دو متغیره قابل مشاهده نبوده است. در ماه فوریه نیز در معادله تک متغیره عرض جغرافیایی بهترین برازش را با پدیده گردوغبار داشته که مقدار ضریب تبیین آن در حدود ۵۹/۴ درصد می‌باشد. این معادله در وضعیت دو متغیره تا حدودی بهبود داشته و در معادله سه متغیره چندان تفاوت بارزی قابل ملاحظه ندارد. در عین حال تأثیر متغیرهای مکانی عرض جغرافیایی و ارتفاع بر تعداد روزهای گردوغبار منفی است. در ماه مارس نیز به مشابه دو ماه قبل بهترین رابطه رگرسیونی تعداد روزهای گردوغبار با متغیرهای ارتفاع و عرض جغرافیایی به دست آمده است که مقادیر ضریب تبیین آن در معادلات تک و دو متغیره به ترتیب ۶۳/۳ و ۶۴/۲ درصد می‌باشد.

در سه ماهه دوم نیز مشاهده می‌شود که عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا در معادلات تک متغیره و دو متغیره بهرتین همبستگی را با پدیده تعداد روزهای گردوغبار داشته است. در ماه آوریل مقدار ضریب تبیین به دست آمده در معادلات یک، دو و سه متغیره به ترتیب ۵۱/۸، ۵۲/۱ و ۵۲/۱ درصد بوده است. در ماه می نیز به طور مشابه ضرایب تبیین حاصله به ترتیب ۴۰/۴، ۴۱/۶ و ۴۲/۳ درصد است. معادلات به دست آمده در ماه ژوئن نیز بیانگر این واقعیت است که تأثیر عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا نیز همبستگی بهتری با پدیده گردوغبار نشان می‌دهد (جدول ۱).

**جدول ۲. معادلات رگرسیونی تعداد روزهای گردوغبار با متغیرهای مکانی در شش ماهه اول دوره اقلیمی**

| ردیف | نوع معادله | معادله | ضریب تبیین (٪) |
|---|---|---|---|
| ۱ | تک متغیره | JAN = 10.8 - 0.283 LAT | ۴۳/۷ |
| ۲ | دو متغیره | JAN = 10.4 - 0.262 LAT - 0.000364 ELE | ۴۵/۹ |
| ۳ | سه متغیره | JAN = 8.46 - 0.245 LAT + 0.0261 LONG - 0.000368 ELE | ۴۶/۴ |
| ۴ | تک متغیره | FEB = 16.4 - 0.435 LAT | ۵۹/۴ |
| ۵ | دو متغیره | FEB = 15.9 - 0.406 LAT - 0.000508 ELE | ۶۱/۹ |
| ۶ | سه متغیره | FEB = 13.2 - 0.381 LAT + 0.0366 LONG - 0.000513 ELE | ۶۲/۴ |
| ۷ | تک متغیره | MAR = 23.6 - 0.620 LAT | ۶۳/۳ |
| ۸ | دو متغیره | MAR = 23.2 - 0.596 LAT - 0.000429 ELE | ۶۴/۲ |
| ۹ | سه متغیره | MAR = 18.9 - 0.557 LAT + 0.0578 LONG - 0.000438 ELE | ۶۴/۹ |
| ۱۰ | تک متغیره | APR = 24.4 - 0.626 LAT | ۵۱/۸ |
| ۱۱ | دو متغیره | APR = 24.2 - 0.610 LAT - 0.000281 ELE | ۵۲/۱ |
| ۱۲ | سه متغیره | APR = 24.6 - 0.614 LAT - 0.0057 LONG - 0.000280 ELE | ۵۲/۱ |
| ۱۳ | تک متغیره | MAY = 29.8 - 0.761 LAT | ۴۰/۴ |
| ۱۴ | دو متغیره | MAY = 29.1 - 0.720 LAT - 0.000747 ELE | ۴۱/۶ |
| ۱۵ | سه متغیره | MAY = 35.7 - 0.780 LAT - 0.088 LONG - 0.000734 ELE | ۴۲/۳ |
| ۱۶ | تک متغیره | JUN = 31.4 - 0.805 LAT | ۳۳/۴ |
| ۱۷ | دو متغیره | JUN = 30.1 - 0.722 LAT - 0.00151 ELE | ۳۶/۹ |
| ۱۸ | سه متغیره | JUN = 34.0 - 0.758 LAT - 0.053 LONG - 0.00150 ELE | ۳۷/۱ |

LAT عرض جغرافیایی (درجه) ، LONG طول جغرافیایی (درجه)، ELE ارتفاع از سطح دریا (متر)

## ب. شش ماهه دوم سال

در بررسی وضعیت پدیده گردوغبار با توجه به متغیرهای مکانی مشخص می‌گردد در بیشتر موارد متغیر عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا بیشترین ضریب همبستگی را با این پدیده داشته است (جدول ۲).

**جدول 2. معادلات رگرسیوني تعداد روزهاي گردوغبار با متغيرهاي مكاني در شش ماهه دوم دوره اقليمي**

| ردیف | نوع معادله | معادله | ضریب تبیین (٪) |
|---|---|---|---|
| ۱ | تک متغیره | JUL = 37.4 - 0.967 LAT | ۳۵/۷ |
| ۲ | دو متغیره | JUL = 36.1 - 0.886 LAT - 0.00147 ELE | ۳۸/۲ |
| ۳ | سه متغیره | JUL = 33.4 - 0.862 LAT + 0.035 LONG - 0.00147 ELE | ۳۸/۳ |
| ۴ | تک متغیره | AUG = 29.9 - 0.773 LAT | ۳۰/۰ |
| ۵ | دو متغیره | AUG = 28.5 - 0.691 LAT - 0.00148 ELE | ۳۳/۳ |
| ۶ | سه متغیره | AUG = 25.5 - 0.664 LAT + 0.04 LONG - 0.00149 ELE | ۳۳/۴ |
| ۷ | تک متغیره | SEP = 18.9 - 0.482 LAT | ۲۱/۸ |
| ۸ | دو متغیره | SEP = 17.9 - 0.420 LAT - 0.00113 ELE | ۲۵/۴ |
| ۹ | سه متغیره | SEP = 15.8 - 0.401 LAT + 0.027 LONG - 0.00114 ELE | ۲۵/۵ |
| ۱۰ | تک متغیره | OCT = 13.1 - 0.330 LAT | ۲۰/۵ |
| ۱۱ | دو متغیره | OCT = 12.6 - 0.298 LAT - 0.000568 ELE | ۲۲/۴ |
| ۱۲ | سه متغیره | OCT = 14.5 - 0.316 LAT - 0.0253 LONG - 0.000564 ELE | ۲۲/۵ |
| ۱۳ | تک متغیره | NOV = 9.47 - 0.245 LAT | ۳۳/۳ |
| ۱۴ | دو متغیره | NOV = 8.96 - 0.214 LAT - 0.000555 ELE | ۳۸/۴ |
| ۱۵ | سه متغیره | NOV = 10.0 - 0.224 LAT - 0.0139 LONG - 0.000553 ELE | ۳۸/۶ |
| ۱۶ | تک متغیره | DEC = 9.07 - 0.239 LAT | ۴۷/۱ |
| ۱۷ | دو متغیره | DEC = 8.71 - 0.217 LAT - 0.000398 ELE | ۵۱/۰ |
| ۱۸ | سه متغیره | DEC = 8.03 - 0.211 LAT + 0.009 LONG - 0.0004 ELE | ۵۱/۱ |

LAT عرض جغرافیایی (درجه) ، LONG طول جغرافیایی (درجه)، ELE ارتفاع از سطح دریا (متر)

ضریب تبیین به دست آمده در ماه جولای در معادله تک متغیره ۳۵/۷، در معادله دو متغیره ۳۸/۲ و در معادله سه متغیره ۳۸/۳ درصد بوده است که مشخص می‌کند تفاوت چندانی بین معادلات تک متغیره و چند متغیره وجود نداشته و بیشترین تغییرات را می‌توان با معادله تک متغیره عرض جغرافیایی توجیه نمود. در این

ماه نیز تأثیر عرض جغرافیایی بر تعداد روزهای گردوغبار منفی است. وضعیت معادلات به دست آمده در ماه آگوست نیز مشابه ماه جولای بوده و تنها می‌توان مشاهده نمود که ضریب تبیین به دست آمده در حدود ۳۳ درصد بوده است. وضعیت معادلات به دست آمده در ماه سپتامبر نیز مشابه دو ماه جولای و آگوست بوده و دارای ضریب تبیین کمتری نسبت به آن دو ماه می‌باشد. بیشترین مقادیر ضریب تبیین متعلق به ماه دسامبر بوده است که به ترتیب در معادلات یک، دو و سه متغیره به ترتیب برابر با ۴۷/۱، ۵۱ و ۵۱/۱ درصد بوده است. به طور خلاصه می‌توان بیان نموده ارائه یک معادله بخصوص برای کل ایران در هر ماه دارای دقت بالایی نبوده و مستلزم ارائه معادله خاص اقلیم یا موقعیت جغرافیایی آن منطقه می‌باشد.

**ج. مقیاس سالانه**

بررسی روابط رگرسیونی تعداد روزهای گردوغبار در مقیاس سالانه نشان می‌دهد که در بین معادلات تک متغیره، معادله تک متغیره عرض جغرافیایی بیشترین ضریب تبیین را با تعداد روزهای گردوغبار داشته است (۴۱/۷). در معادله دو متغیره نیز معادله دو متغیره عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا بیشترین همبستگی را با تعداد روزهای گردوغبار داشته است. بررسی‌ها نشان می‌دهد معادله سه متغیره از لحاظ همبستگی اختلاف بارزی با تعداد روزهای گردوغبار در حالت دو متغیره ارتفاع و عرض جغرافیایی نداشته است (جدول ۳).

**جدول ۳. معادلات رگرسیونی تعداد روزهای گرد و غبار با متغیرهای مکانی در بعد زمانی سالانه**

| ردیف | نوع معادله | معادله | ضریب تبیین (٪) |
|---|---|---|---|
| ۱ | تک متغیره | ANN = 254 - 6.56 LAT | ۴۱/۷ |
| ۲ | دو متغیره | ANN = 246 - 6.04 LAT - 0.00942 ELE | ۴۴/۳ |
| ۳ | سه متغیره | ANN = 242 - 6.00 LAT + 0.052 LONG - 0.00943 ELE | ۴۴/۳ |

LAT عرض جغرافیایی (درجه) ، LONG طول جغرافیایی (درجه)، ELE ارتفاع از سطح دریا (متر)

## بحث و نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر به مدلسازی و معادله یابی بین تعداد روزهای گردوغبار و متغیرهای زمین آماری طول جغرافیایی، عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا در گستره ایران پرداخت. بررسی رابطه رگرسیونی بین این پدیده با متغیرهای زمین آماری نشان می‌دهد افزایش تعداد متغیرهای مکانی تأثیر زیادی در بهبود ضریب تبیین به دست آمده نداشته است و می‌توان گفت در اکثر مواقع رابطه دو متغیره عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا بهترین ضریب همبستگی را نشان داده است. نتایج حاصله بیانگر این واقعیت بود که ارائه یک معادله خاص از این طریق برای کل گستره ایران دارای دقت بالایی نخواهد بود که این امر به دلیل پراکندگی جغرافیایی زیاد، اقلیم متنوع ایستگاه‌های مورد بررسی و شرایط محیطی متنوع (دوری و نزدیکی ایستگاه‌های انتخاب شده به منابع به وجود آورنده گردوغبار، منابع رطوبتی، ارتفاع) می‌باشد. لذا نتایج به دست آمده در این مطالعه بیانگر این واقعیت است که جهت مدلسازی و معادله یابی مکانی این پدیده، بررسی بر مبنای پراکنش جغرافیایی یا بررسی بر مبنای اقلیم هر منطقه نتایج بهتری در بر داشته باشد. از سوی دیگر دخیل نمودن متغیرهای اقلیمی و هواشناسی در مدلسازی این پدیده نقش اساسی داشته و قادر خواهد بود این فرایند را بهبود بخشد. لذا پیشنهاد می‌شود همبستگی بین پدیده فوق با متغیرهای اقلیمی مرتبط مورد ارزیابی قرار گیرد. این موضوع از این جهت دارای اهمیت است که روند تغییرات اقلیمی نیز بر پدیده گردوغبار تاثیرگذار هستند لذا بررسی اثر تغییر اقلیم بر این پدیده نیز که به عنوان چالشی که در حال حاضر مطرح می‌باشد ضروری بوده و پیشنهاد می‌گردد.

## منابع

- حبیبی نوخندان، م. (۱۳۷۶). اقلیم و معماری با تأکید بر معماری خاورمیانه، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۴۶، صص ۱۵۹-۱۵۲.
- حسین زاده، ر. (۱۳۷۶). بادهای ۱۲۰ روزه سیستان، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۴۶، صص ۱۲۷-۱۰۳.
- ذوالفقاری، ح.، عابدزاده، ح. (۱۳۸۴). تحلیل سینوپتیک سیستم‌های گردوغبار در غرب ایران، جغرافیا و توسعه، شماره ۶، صص ۱۸۷-۱۷۳.
- رحیم زاده، ف. (۱۳۹۰). روشهای آماری در مطالعات هواشناسی و اقلیم شناسی ، تهران، انتشارات سید باقر حسینی.
- رسولی، ع. ا.، ساری صراف، ب.، محمدی، غ. ح. (۱۳۸۹). تحلیل روند وقوع پدیده اقلیمی گردوغبار در غرب کشور در ۵۵ سال اخیر با استفاده از روش‌های آماری ناپارامتری، فصلنامه جغرافیایی طبیعی، سال سوم، شماره ۹، صص ۲۸-۱۵.
- علیجانی، ب. (۱۳۷۶). آب و هوای ایران، تهران، انتشارات دانشگاه پیام نور.
- کرمی، ف. (۱۳۸۸). همگرایی سیستمهای فشار و توفانهای گردوغبار در استان خوزستان، پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه جغرافیا، دانشگاه رازی.
- لشکری، ح.، کیخسروی، ق. (۱۳۸۷). تحلیل آماری سینوپتیکی توفانهای گردوغبار استان خراسان رضوی در فاصله زمانی ۲۰۰۵-۱۹۹۳، پژوهشهای جغرافیایی، شماره ۶۵، صص ۳۳-۱۷.
- نوحی، ا. (۱۳۷۳). هواشناسی عمومی، تهران، انتشارات علمی و فرهنگی.
- همتی، ن. (۱۳۷۴). بررسی فراوانی وقوع طوفانهای گردوخاک در نواحی مرکزی و جنوب غرب کشور، پایان نامه کارشناسی ارشد ژئوفیزیک، دانشگاه تهران.

-Ali Hamed A. (1990). Wind Regime of the Persian Golf. No.62.

-Engelstadler, S. (2001). Dust Storm Frequencies and Their Relationships to Land Surface Conditions. Jena. Germany: Freidrich Schiller University Press.

-Farajzadeh, M., Alizadeh, K. (2011). Temporal and Spatial Analysis of Dust Storms in Iran, Human Sciences Modares, Vol. 15, No. 1, PP. 65-84.

-Kutiel H. and Furman H. (2003). Dust Storms in the Middle East: Sources of Origin and their Temporal Characteristics. Indoor Built Environ, 12:419–426.

-Miri, A., Pahlavan Roya, A., Moghadamnia, A. (2009). Investigation oc occurrence of dust storm in the sistan region after periodic droughts,Iranian Journal of Rang and Desert Research,Vol.3, No.e, pp.329-342.

-Turgay, P. and Ercan K. (2006). Trend Analysis in Turkish Precipitation data, Hydrological Processes, Vol 20: pp 2011-2026.

-Wang W., (2005). A Synoptic Model on East Asian Dust Emission and Transport, Atmospheric Science and Air Quality Conferences Beijing, China, P. 13.