

جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره هجدهم، تابستان ۱۳۹۵

صص ۶۴ - ۴۳

رتبه‌بندی روستاهای آسیب‌پذیر در برابر فرسایش بادی و حرکت ماسه‌های روان با استفاده از

مدل‌های *Oreste* و *Fuller triangle*

(مطالعه موردی: روستاهای منطقه شهداد در غرب دشت لوت)

سعید نگهبان^۱ - استادیار بخش جغرافیا، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

مهدی حسام - استادیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۰/۲۷ تاریخ تصویب: ۱۳۹۵/۳/۳۶

چکیده

قسمت‌های مرکزی و جنوب شرقی کشور ایران به دلیل واقع شدن در منطقه خشک و نیمه‌خشک و همچنین وجود پهنه‌های وسیع ماسه‌ای، همواره تحت تأثیر مخاطرات ناشی از فرآیندهای ماسه‌ای قرار دارد. این فرآیندها همه‌ساله خساراتی را به سکونتگاه‌های انسانی این مناطق وارد می‌کنند. این پژوهش سعی دارد به بررسی و رتبه‌بندی میزان آسیب‌پذیری روستاهای واقع در حاشیه غربی دشت لوت، در برابر ماسه‌های روان بپردازد. پژوهش از نوع توصیفی-تحلیلی مبتنی بر روش‌های میدانی، آماری و مدل‌سازی می‌باشد؛ بدین صورت که با سفر میدانی به منطقه مورد مطالعه به شناسایی بررسی روستاهای آسیب‌پذیر در برابر ماسه‌های روان پرداخته شد، در مرحله بعد تعداد ۸ پارامتر محیطی مؤثر بر مخاطرات ماسه‌های روان در منطقه مورد مطالعه شناسایی و با استفاده از منطق فازی وزن دهی شدند و سپس با استفاده از مدل *Fuller triangle* سلسله مراتبی وزن دهی شده‌اند، در مرحله بعد با استفاده از مدل *Oreste* به رتبه‌بندی میزان تأثیرپذیری روستاها با توجه به پارامترهای انتخاب شده پرداخته شد. رتبه‌بندی میزان آسیب‌پذیری روستاهای منطقه مشخص گردید. نتایج نشان می‌دهد که حدود ۲۲ روستا در منطقه وجود دارند که خسارات بسیار شدید از ماسه‌های روان را متحمل می‌شوند و در این میان، روستای هاشم‌آباد بیشترین آسیب‌پذیری را دارد و رتبه یک را به خود اختصاص داده است و روستاهای زمان‌آباد و قاضی‌آباد در رتبه‌های بعدی آسیب‌پذیری قرار دارند و این روستاها در بخش جنوب شرقی منطقه مورد مطالعه واقع شده‌اند.

کلیدواژه‌ها: دشت لوت، ماسه‌های روان، روستا، رتبه‌بندی.

۱. مقدمه

کشور ایران در طول زمان‌های مختلف تحت تأثیر بلایای طبیعی مختلفی قرار داشته و دارد به طوری که ایران جزو ۱۰ کشور بلاخیز دنیا می‌باشد و از ۳۵ بلای طبیعی تاکنون حدود ۳۰ بلا در ایران اتفاق افتاده است (نگارش و لطیفی، ۱۳۸۸). یکی از انواع بلایای طبیعی که هر ساله سبب وارد آمدن خسارات زیادی به ویژه در مناطق خشک و بیابانی دنیا می‌شود، طوفان‌های ماسه‌ای است (امیدوار، ۱۳۸۵: ۴۴). باد در حدود ۲۸ درصد از خشکی‌های جهان را فرسایش می‌دهد (نیکولاس^۱، ۲۰۰۶، ۱۸۰) و طوفان‌های ماسه‌ای و گردوخاک نه تنها در ایران، بلکه در سایر کشورهای آسیائی، آفریقائی و آمریکائی نیز موجب بروز خسارات مالی و جانی فراوانی می‌شود که از آن جمله می‌توان به طوفان سیاه شمال چین که سال ۱۹۹۳ باعث کشته شدن ۸۵ نفر و تخریب حدود ۳۷۳۰۰۰ هکتار از محصولات زراعی گردید (یولین^۲، ۲۰۰۲) و همچنین جابجائی سالانه دست کم ۱۶۱ میلیون تن خاک کانادا به ارزش ۲۴۹ میلیون دلار آمریکا (اسکویرز^۳، ۲۰۰۲) اشاره کرد.

کشور ایران در کمربند خشک و بیابانی دنیا قرار دارد و دو سوم از وسعت آن در قلمرو مناطق خشک واقع شده است (مقصودی، ۱۳۸۵: ۱۴۹). همچنین مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که ۱۴ استان کشور تحت تأثیر فرسایش بادی قرار دارند که استان کرمان یکی از رتبه دارترین استان‌ها در این زمینه می‌باشد و ماسه‌های روان هر ساله خسارات زیادی را متحمل می‌شود.

مسائل مربوط به چگونگی شکل‌گیری و تکامل عوارض ماسه‌ای در مناطق بیابانی توجه بسیاری از دانشمندان داخلی و خارجی را به خود معطوف کرده است (لیو^۴، ۱۹۶۰؛ ژو^۵، ۱۹۸۰، بگنولد^۶، ۱۹۴۱؛ لی^۷، ۱۹۹۲؛ لینگ^۸، ۱۹۹۰). طیف گسترده‌ای از اشکال عوارض ماسه‌ای که در مناطق بیابانی یافت می‌شوند، توسط ژئومورفولوژیست‌ها در طبقات متعددی تقسیم‌بندی شده‌اند. نوع این اشکال در هر منطقه‌ای به مقدار شن و ماسه و جهت غالب باد در طول سال وابسته می‌باشد (بگنولد^۶، ۱۹۴۱؛ لانکاستر^{۱۰}، ۱۹۹۵؛ پی و تسوار^{۱۱}، ۱۹۹۰؛ بروکفیلد و اهلبراناند^{۱۲}، ۱۹۸۳؛ نیکلینگ^۱، ۱۹۸۶؛ لیوینگستون و همکاران^۲، ۲۰۰۷؛ دانگ و همکاران^۳، همکاران^۳، ۲۰۰۸).

1 Nicholas

2 Youlin

3 Squires

4 Liu

5 Zhu

6 Bagnold

7 Li

8 Ling

9 Bagnold

10 Lancaster

11 Pye and Tsoar

12 Brookfield and Ahlbrandt,

ماسه‌های روان تاثیرات بسیار زیادی بر روی سکونتگاه‌ها و تأسیسات انسانی می‌گذارند که یکی از تأثیرپذیرترین بخش‌ها، حمل و نقل است. راه‌های ارتباطی که نقش زیادی در برقراری ارتباط بین روستاهای مجاور، حمل و نقل بار و مسافر دارند، گاهی به وسیله شن‌ها و ماسه‌های روان بسته می‌شوند، که یا تردد را با اشکال مواجه می‌سازند و یا بعضاً موجب اشتباه در تشخیص راننده می‌گردند (فلاح تبار، ۱۳۷۹). در مناطقی که در مسیر دالان‌های بادی قرار دارند، حرکت و تجمع ماسه‌های روان در جاده‌ها سبب انسداد مسیر می‌گردد و می‌بایست سریعاً به پاکسازی ماسه‌ها اقدام شود که خود هزینه‌های زیادی در بردارد. برخورد شدید ذرات ماسه و شن با سطح آسفالت جاده‌ها، تابلوها و علائم رانندگی، و تیرهای برق سبب تخریب آن‌ها شده و خسارات زیادی را به دنبال خواهد داشت. همچنین برخورد ذرات ماسه با وسایل نقلیه (که بیشتر از جنس کوارتز هستند) باعث از بین رفتن رنگ و همچنین مخدوش شدن شیشه ماشین‌ها می‌شود (نگارش و لطیفی، ۱۳۸۸). علاوه بر این، سالانه حجم زیادی از ماسه‌های بادی وارد کانال‌های آبیاری می‌شود، که نیاز به لایروبی دارد. در برخی از مناطق، میزان تجمع ماسه‌های بادی به گونه‌ای است که سبب انسداد کانال‌ها شده و خساراتی را به بار می‌آورد. گاهی تجمع ماسه‌های بادی در مسیر کانال‌ها سبب انحراف آب از مسیر اصلی و همچنین کاهش سرعت حرکت آب در کانال‌ها می‌گردد (زمردیان و پور کرمانی، ۱۳۶۶: ۱۵۶).

با توجه به واقع شدن دو سوم مساحت سرزمین ایران در مناطق خشک و نیمه‌خشک و فعال بودن سیستم شکل زایی بادی در این مناطق و با توجه به اینکه باد و لندفرم‌های حاصل از آن به صورت یک محدودیت جدی در توسعه جوامع انسانی این گونه مناطق مطرح می‌شوند شناسایی چگونگی شکل‌گیری و تحول این لندفرم‌ها امری اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. همه‌ساله جابجائی ماسه‌ها باعث خطراتی چون از بین رفتن زمین‌های کشاورزی، شیوع بیماری‌ها، صدمه به تأسیسات راه و ساختمان، تخریب تأسیسات و تجهیزات زیربنایی و آسیب‌های زیست‌محیطی در شهرها و روستاها می‌گردد (مقصودی و همکاران، ۱۳۹۱: ۸۵) که در این پژوهش به رتبه‌بندی روستاهای آسیب‌پذیر حاشیه غربی دشت لوت در برابر ماسه‌های روان پرداخته شده است.

۲. منطقه مورد مطالعه

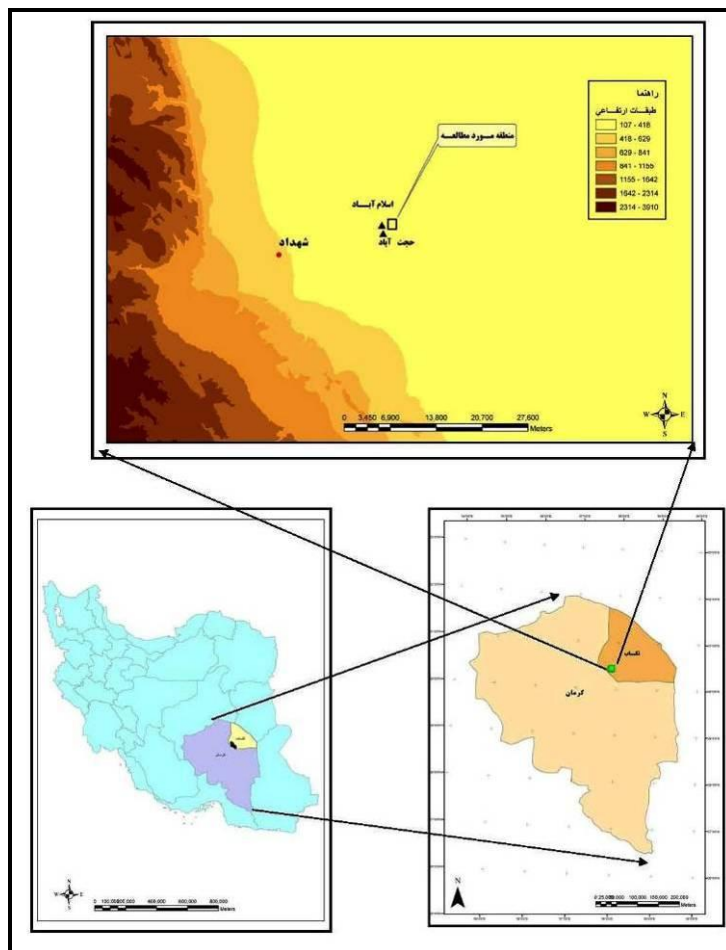
منطقه مورد مطالعه در قسمت شرق استان کرمان و در غرب دشت لوت در طول جغرافیایی (۱۵° ۵۲' ۵۷° تا ۱۵° ۵۳' ۵۷°) شرقی و عرض (۰۰° ۲۷' ۳۲° تا ۰۰° ۲۸' ۳۲°) شمالی با ارتفاع متوسط ۲۹۸ متر از سطح دریا واقع شده است. این منطقه در بخش تکاب شهرستان کرمان در ۱۵ کیلومتری شرق شهر شهداد و در مجاورت روستاهای

1 Nickling

2 Livingstone and et al

3 Dong and et al

حجت‌آباد و اسلام‌آباد قرار دارد. در قسمت شرقی محدوده مطالعه، کلوتهای دشت لوت به صورت کلوته‌هایی کوچک شروع می‌شوند (شکل شماره ۳).



شکل ۳ موقعیت منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه (دشت تکاب در شرق شهداد) در ناحیه گرم و خشک کشور ایران در مجاورت بیابان لوت که یکی از گرم‌ترین بیابان‌های دنیاست واقع شده است، متوسط بارش سالانه در ایستگاه شهداد ۳۵ میلی‌متر است که بیشتر بارش‌ها در فصل زمستان می‌بارد و در حدود ۸ الی ۹ ماه از سال بدون بارش بوده و یا بارش بسیار محدودی دارد. حداکثر میانگین دمای ماهانه در شهداد حدود ۴۰ درجه سانتی‌گراد است که در تیرماه می‌باشد، میانگین حداکثرهای دمای در منطقه حدود ۴۶ درجه سانتی‌گراد و میانگین حداقلها این منطقه ۳۴ درجه سانتی‌گراد است. سردترین ماه منطقه دی‌ماه بوده که میانگین ماهانه آن ۱۱ درجه سانتی‌گراد است.

از لحاظ ژئومورفولوژی، منطقه مورد مطالعه در پایکوه‌های حاشیه غربی دشت لوت واقع شده است. در این منطقه شکل و گسترش پایکوه‌ها در همه‌جا به یک شکل و یک اندازه نیست، گاهی پایکوه‌ها به صورت دشت آبرفتی

و با اختلاف ارتفاع کم به طور مستقیم تا پای ارتفاعات کناری لوت کشیده شده‌اند، و در مناطقی دیگر نیز پایکوه شامل ناهمواری‌های چین خورده کم ارتفاعی است که در حدفاصل دشت و کوه‌های حاشیه‌ای قرار دارند. منطقه‌ای که اطلاعات مربوط به پیکان‌های ماسه‌ای از آن برداشت گردیده است، در این پهنه جای گرفته است. مخروط افکنه‌های آبرفتی، عوارض فرآیند بادی مانند نیکاه‌ها، پیکان‌های ماسه‌ای، برهان‌ها، دشت‌سرها و همچنین پادگانه‌های آبرفتی از عوارض قابل توجه در این منطقه هستند. سازندهای زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه شامل لایه‌های کنگلومراتی، ماسه‌ای، سیلتی و لیمونی و گاهی رسی می‌باشد که امتداد آن به سمت چاله لوت، به رسوب‌های نرم لیمونی، تبخیری و تخریبی چین نخورده منتهی می‌شود.

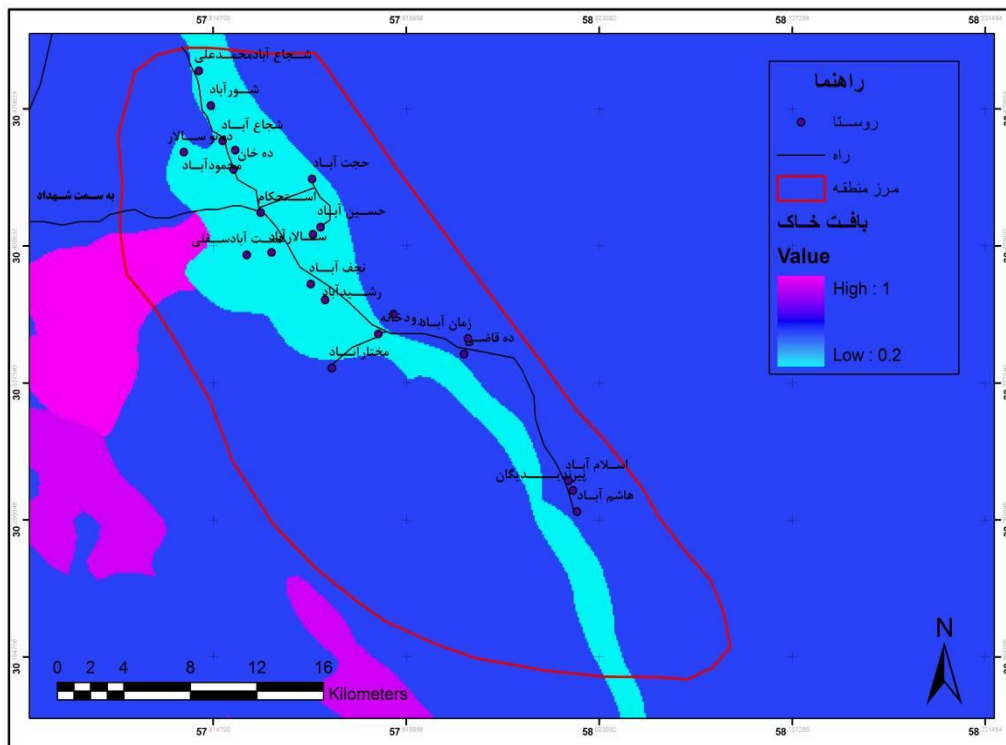
تحلیل فراوانی سرعت بادهای منطقه که از ایستگاه سینوپتیک شهداد واقع در ۱۵ کیلومتری محدوده مورد مطالعه تهیه گردیده است نشان می‌دهد که بیشترین فراوانی بادهای مربوط به بادهای شمالی و شمال غربی در منطقه است و سریع‌ترین بادهای آوریل تا سپتامبر می‌وزند.

۳. مواد و روش‌ها

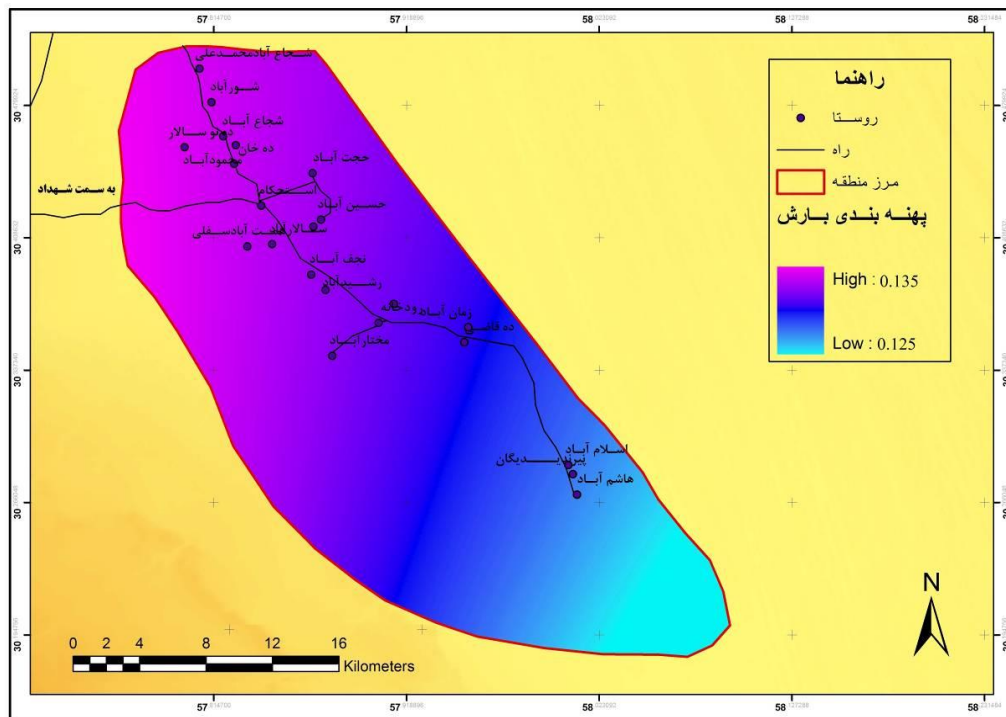
مطالعه حاضر از نوع توصیفی-تحلیلی است که به روش پیمایشی انجام گرفته است. تحقیق دارای دو قسمت اسنادی و کمی می‌باشد که در قسمت اسنادی از طریق مطالعه کتابخانه‌ای به جمع‌آوری ادبیات و پیشینه تحقیق پرداخته شد. در قسمت کمی از آمار و اطلاعات کشوری در جهت تولید نقشه‌های مربوطه استفاده شد. ابتدا محدوده مورد نظر از روی عکس‌های ماهواره‌ای مشخص شد، چگونگی انتخاب مرز منطقه مورد مطالعه بدین صورت بود که روستاهای بخش غربی دشت لوت که بیشترین آسیب‌پذیری از ماسه‌های روان داشتند را شناسایی و سپس مرز محدوده مشخص گردید. سپس بازدید میدانی از منطقه مورد مطالعه به عمل آمده و به شناسایی تپه‌های ماسه‌ای واقع در محدوده مورد مطالعه پرداخته شد، در مرحله بعد به بررسی روستاهای واقع در محدوده و چگونگی تأثیرپذیری آن‌ها از ماسه‌های بادی پرداخته شد و مناطق آسیب‌پذیر روستا که عمدتاً باغات و زمین‌های زراعی بودند مشخص گردید سپس مهم‌ترین پارامترهای تأثیرگذار بر ماسه‌های روان در منطقه مورد مطالعه شناسایی گردید و در نرم‌افزار ArcGIS فازی شده و سپس با استفاده از مدل *Fuller triangle* سلسله مراتبی وزن دهی شده‌اند، در مرحله بعد با استفاده از مدل *Oreste* به رتبه‌بندی میزان تأثیرپذیری روستاها با توجه به پارامترهای انتخاب شده پرداخته شد.

۳.۱. فازی کردن نقشه‌های پایه منطقه

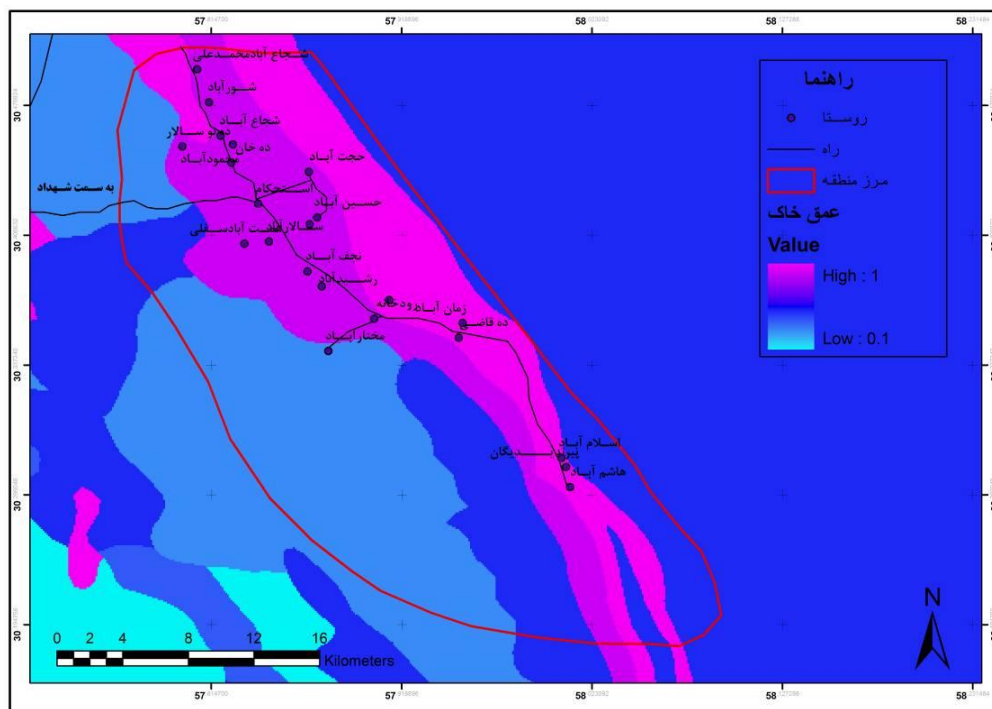
ابتدا مهم‌ترین پارامترهای مؤثر بر ماسه‌های روان در منطقه مورد مطالعه شناسایی گردید و سپس این پارامترها در منطقه پهنه‌بندی شده و با استفاده از منطق فازی، نقشه‌های فازی شده آن‌ها تهیه گردید که در زیر ارائه گردیده است.



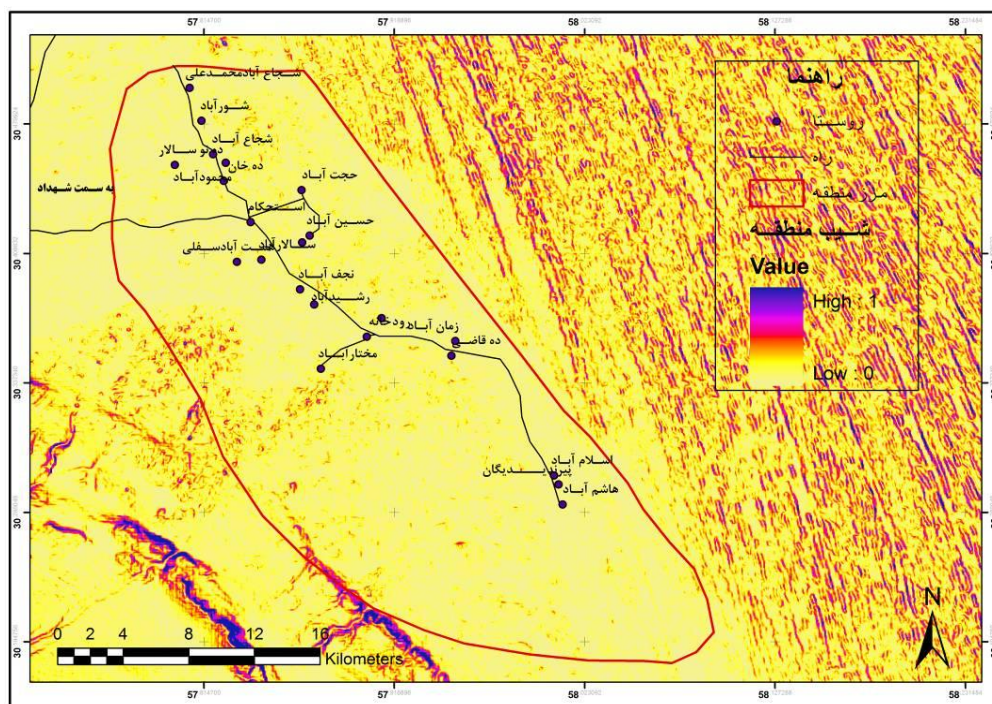
شکل ۲ نقشه فازی شده بافت خاک



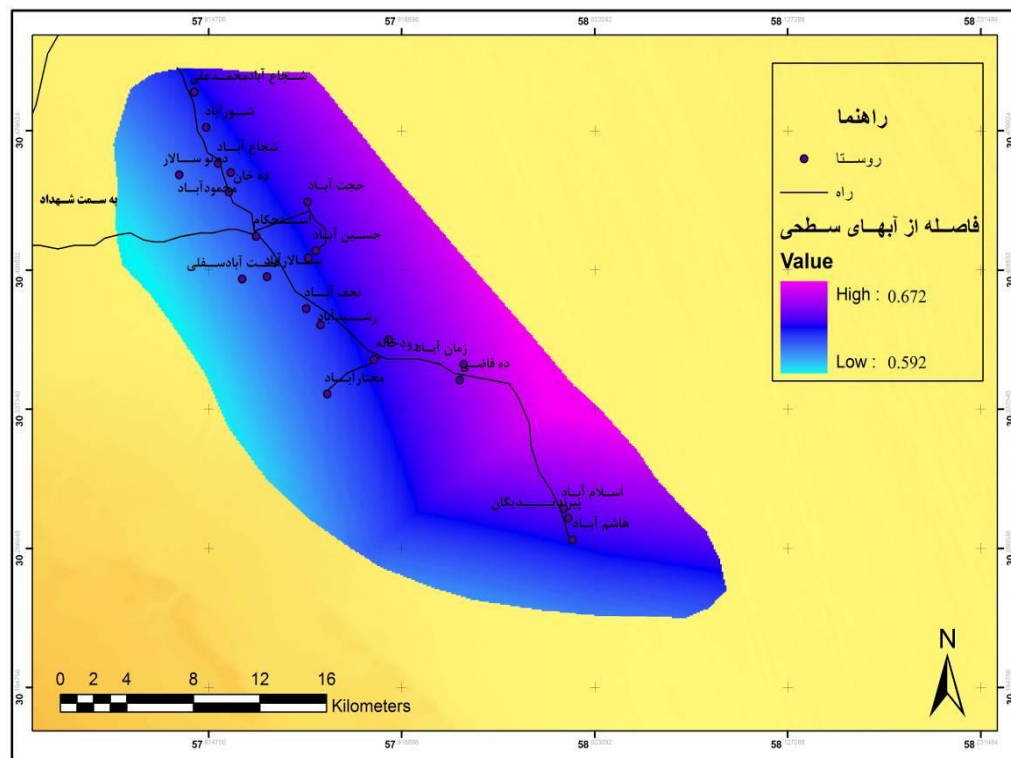
شکل ۳ نقشه فازی شده پهنه بندی بارش



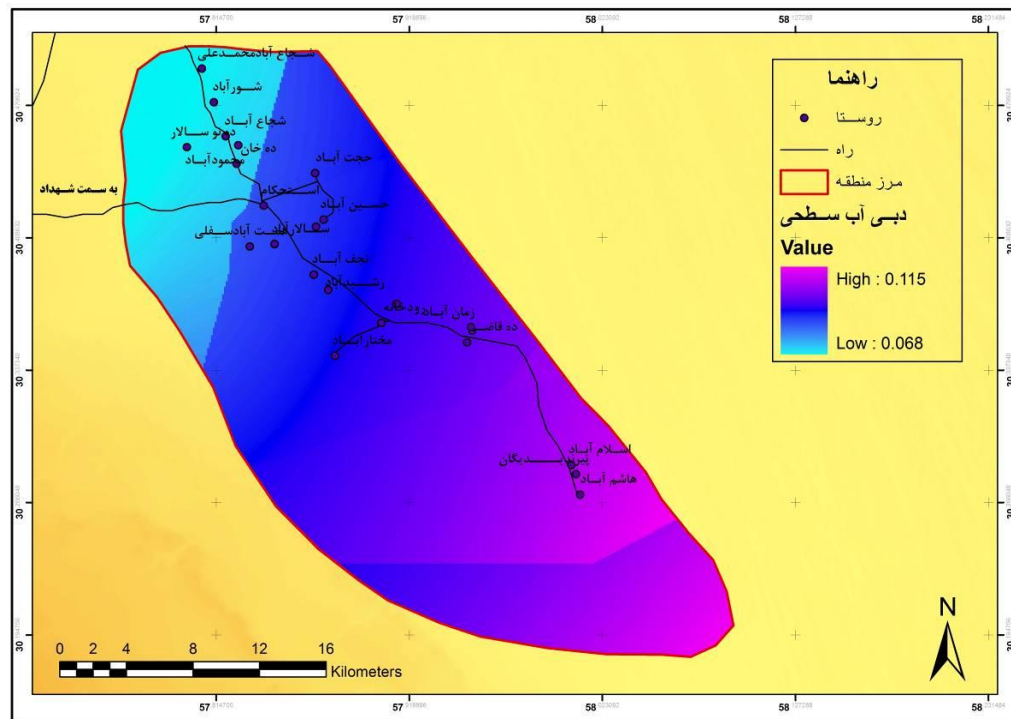
شکل ۴ نقشه فازی شده عمق خاک



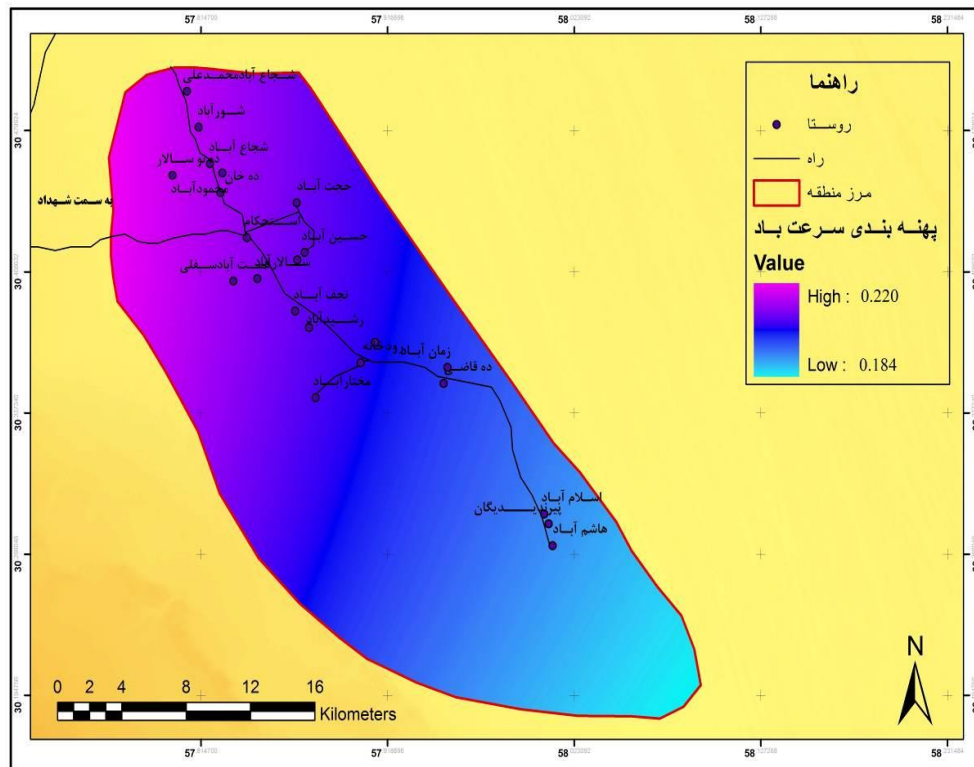
شکل ۵ نقشه فازی شده پهنه بندی شیب



شکل ۶ نقشه فازی شده فاصله از آبهای سطحی



شکل ۷ نقشه فازی شده دبی آبهای سطحی



شکل ۸ نقشه فازی شده پهنه‌بندی سرعت باد

در مرحله بعد با توجه به وزن کمی هر یک از روستاها در نقشه‌های فازی، و با استفاده از مدل به وزن‌دهی و سپس رتبه‌بندی میزان آسیب‌پذیری روستاها پرداخته شد.

وزن دهی به معیارها با استفاده از روش **Fuller Triangle** سلسله مراتبی

مثلث فولر یکی از مدل‌های وزن دهی شاخص‌ها می‌باشد (پازک^۱، باتا^۲، ۲۰۰۹؛ جابلونسکی^۳، ۲۰۰۹، کاواکا^۴، ۲۰۱۲؛ پورهینچاک^۵، ۲۰۱۲؛ رادومیر^۶، ۲۰۱۲). این روش بر جدول فولر که برای مقایسات دو به دو به کار می‌رود، استوار است. بدین ترتیب که ابتدا جدولی تهیه می‌گردد که معیارها در سطرها و ستون‌های آن قرار می‌گیرند (قدرت نما، ۱۳۷۲؛ سمیعی و رئیس، ۱۳۷۹).

$$V_i = \frac{P_i}{\sum_{i=1}^K P_i}$$

- 1 Paszek
- 2 Bařa
- 3 Jablonský
- 4 Kravka
- 5 Porhinčák
- 6 Radomir

جدول ۳ معیارها، گزینه‌ها و وزن هر یک از معیارهای مورد بررسی

روستاها	باد	فاصله سطحی	دبی سطحی	شیب	عمق	ارتفاع	بارش	بافت خاک
۱ هاشم‌آباد	۰,۲۱۱	۰,۶۱	۰,۰۰۱	۰,۹۶	۱	۰,۹۱	۰,۱۲۹	۰,۵
۲ پیرنندیگان	۰,۲۱۱	۰,۶	۰,۰۰۱	۰,۹	۱	۰,۹۱	۰,۱۲۹	۰,۵
۳ اسلام‌آباد	۰,۲۱۱	۰,۶	۰,۰۰۱	۰,۸۳	۱	۰,۹۱	۰,۱۲۹	۰,۵
۴ مختارآباد	۰,۱۹۹	۰,۶۴	۰,۰۰۰۹	۰,۹۵	۰,۳	۰,۸۸	۰,۱۳۲	۰,۵
۵ ده قاضی	۰,۲۰۵	۰,۶۱	۰,۰۰۰۹	۰,۹۶	۱	۰,۹	۰,۱۳۱	۰,۵
۶ زمان‌آباد	۰,۲۰۵	۰,۶۱	۰,۰۰۰۹	۰,۹۲	۱	۰,۹	۰,۱۳۱	۰,۵
۷ رودخانه	۰,۲۰۱	۰,۶۲	۰,۰۰۰۹	۰,۹۵	۰,۹	۰,۹	۰,۱۳۲	۰,۲
۸ محمدآباد	۰,۱۹۹	۰,۶۲	۰,۰۰۰۹	۰,۹۲	۱	۰,۸۹	۰,۱۳۲	۰,۵
۹ رشیدآباد	۰,۱۹۶	۰,۶۳	۰,۰۰۰۹	۰,۸۹	۰,۹	۰,۸۹	۰,۱۳۳	۰,۲
۱۰ نجف‌آباد	۰,۱۹۶	۰,۶۳	۰,۰۰۰۹	۰,۸۲	۰,۹	۰,۸۹	۰,۱۳۳	۰,۲
۱۱ همت‌آباد سفلی	۰,۱۹۲	۰,۶۴	۰,۰۰۰۸	۰,۹۴	۰,۹	۰,۸۸	۰,۱۳۴	۰,۲
۱۲ سالارآباد	۰,۱۹۴	۰,۶۴	۰,۰۰۰۸	۰,۸۷	۰,۹	۰,۸۸	۰,۱۳۳	۰,۲
۱۳ اکبرآباد بحری	۰,۱۹۷	۰,۶۳	۰,۰۰۰۸	۰,۹۸	۰,۹	۰,۹	۰,۱۳۳	۰,۲
۱۴ استحکام	۰,۱۹۳	۰,۶۳	۰,۰۰۰۸	۰,۹۸	۰,۹	۰,۸۹	۰,۱۳۳	۰,۲
۱۵ حجت‌آباد	۰,۱۹۶	۰,۶۲	۰,۰۰۰۸	۰,۹۵	۰,۹	۰,۹	۰,۱۳۳	۰,۲
۱۶ ده خان	۰,۱۹۲	۰,۶۳	۰,۰۰۰۷	۰,۹۲	۰,۹	۰,۸۹	۰,۱۳۴	۰,۲
۱۷ ده نو سالار	۰,۱۸۸	۰,۶۴	۰,۰۰۰۷	۰,۹۳	۰,۹	۰,۸۸	۰,۱۳۴	۰,۲
۱۸ محمودآباد	۰,۱۹۲	۰,۶۳	۰,۰۰۰۷	۰,۹۳	۰,۹	۰,۸۹	۰,۱۳۴	۰,۲
۱۹ شجاع‌آباد	۰,۱۹۲	۰,۶۳	۰,۰۰۰۷	۰,۹۳	۰,۹	۰,۸۹	۰,۱۳۴	۰,۲
۲۰ شورآباد	۰,۱۹	۰,۶۳	۰,۰۰۰۷	۰,۹۴	۰,۹	۰,۸۹	۰,۱۳۴	۰,۲
۲۱ شجاع‌آباد محمدعلی	۰,۱۸۹	۰,۶۳	۰,۰۰۰۷	۰,۸۹	۰,۹	۰,۸۹	۰,۱۳۴	۰,۲
وزن	۰,۲۲۲	۰,۰۵۶	۰,۰۲۸	۰,۰۸۳	۰,۱۳۹	۰,۱۱۱	۰,۱۹۴	۰,۱۶۷

۲.۳. رویکرد تصمیم گیری چند شاخصه ORESTE

روش ORESTE برای انجام رتبه بندی سه مرحله اساسی دارد (محامد پور و اصغری زاده، ۱۳۸۷: ۲۱۹). به منظور رتبه بندی با کمک این روش، نخست باید دو نوع ساختار رجحانی برای مجموعه شاخص ها و گزینه ها ایجاد گردد.

اگر A را یک مجموعه محدود m گزینه ای در نظر بگیریم؛ این گزینه ها توسط مجموعه C مشتمل بر k شاخص تحلیل می گردند. در این روش، اهمیت نسبی هر شاخص با اوزان آن ها مشخص نشده، بلکه با یک ساختار رجحانی بر روی مجموعه شاخص های C که تحت نام مرتبه ضعیف تعریف می شود، تعیین می شوند. این ساختار رجحانی به صورت رابطه کامل و انتقالی S بیان شده، که خود از مجموعه روابط I و P تشکیل شده است. P یا رجحان، مبین عدم هماهنگی (عدم تقارن) و I یا بی تفاوتی، معرف هماهنگی (تقارن) رجحان در بین شاخص ها می باشند. برای هر یک از شاخص های $j = 1, \dots, k$ نیز یک ساختار رجحانی بر روی مجموعه A تعریف می گردد که همانند مجموعه شاخص های C ، این ساختار رجحانی نیز انتقالی بوده و از مجموعه روابط I و P ساخته می شود. بدین ترتیب ساختار رجحانی اول بر اساس اهمیت نسبی شاخص ها نسبت به هم به وجود می آیند و ساختار رجحانی دوم نیز بر روی مجموعه گزینه ها بر حسب تک تک شاخص ها ایجاد می شوند. پس از تشکیل دو نوع ساختار رجحانی فوق باید به رتبه بندی اولیه بر اساس این ساختارها پرداخت. برای این کار از روش میانگین رتبه های بس سون^۱ استفاده می گردد. بدین صورت که ابتدا به ساختار رجحانی مراجعه نموده و طبق رتبه آن به تمام شاخص ها، اعداد 1 تا k (k شاخص) و به تمام گزینه ها اعداد 1 تا m (گزینه) تخصیص می دهیم. سپس از بیشترین و کمترین عدد اختصاص یافته که بر مبنای ساختار رجحانی دارای ارجحیت یکسان یا I هستند، میانگین می گیریم، یعنی به جای اختصاص رتبه های 1 و 2 به دو شاخص (گزینه) مذکور، به هر دو رتبه $1/5$ داده می شود؛ بنابراین با روش میانگین رتبه های بس سون، اولویت ها به رتبه ها تبدیل می شوند. رتبه به دست آمده برای شاخص ها را r_k و رتبه به دست آمده برای هر گزینه در هر شاخص را با $r_k(m)$ نمایش می دهیم (ایزابیل و همکاران^۲، ۲۰۰۲: ۳۳۳).

به منظور ایجاد ساختار رجحانی برای شاخص ها از اوزان به دست آمده در جدول ۳ استفاده می شود و از طریق روش میانگین رتبه های بس سون رتبه بندی اولیه مجموعه شاخص ها و گزینه ها محاسبه می گردد. خلاصه محاسبات انجام شده مطالعه موردی در جدول زیر آورده شده است:

1 Besson

2 Isabelle et al

جدول ۴ رتبه‌بندی گزینه‌ها برحسب هر شاخص

رتبه	روستاها	باد	فاصله سطحی	دبی سطحی	شیب	عمق	ارتفاع	بارش	بافت خاک
۱	هاشم‌آباد	۲	۱۸	۲	۳,۵	۲	۳,۵	۴	۲۰
۲	پیرنندیگان	۲	۲۰,۵	۲	۱۶	۲	۳,۵	۴	۲۰
۳	اسلام‌آباد	۲	۲۰,۵	۲	۲۰	۲	۳,۵	۴	۲۰
۴	مختارآباد	۷,۵	۲,۵	۷	۶	۱۹,۵	۲۱	۴	۱۵
۵	ده قاضی	۴,۵	۱۸	۷	۳,۵	۶	۳,۵	۴	۱۷,۵
۶	زمان‌آباد	۴,۵	۱۸	۷	۱۴	۶	۳,۵	۴	۱۷,۵
۷	رودخانه	۶	۱۵	۷	۶	۶	۱۳,۵	۱۴,۵	۱۵
۸	محمدآباد	۷,۵	۱۵	۷	۱۴	۱۳	۳,۵	۴	۱۵
۹	رشیدآباد	۱۱	۹	۷	۱۷,۵	۱۳	۱۳,۵	۱۴,۵	۱۰,۵
۱۰	نجف‌آباد	۱۱	۹	۷	۲۱	۱۳	۱۳,۵	۱۴,۵	۱۰,۵
۱۱	همت‌آباد سفلی	۱۶,۵	۲,۵	۱۳	۸,۵	۱۹,۵	۱۳,۵	۱۴,۵	۴
۱۲	سالارآباد	۱۳	۲,۵	۱۳	۱۹	۱۹,۵	۱۳,۵	۱۴,۵	۱۰,۵
۱۳	اکبرآباد بحری	۹	۹	۱۳	۱,۵	۶	۱۳,۵	۱۴,۵	۱۰,۵
۱۴	استحکام	۱۴	۹	۱۳	۱,۵	۱۳	۱۳,۵	۱۴,۵	۱۰,۵
۱۵	حجت‌آباد	۱۱	۱۵	۱۳	۶	۶	۱۳,۵	۱۴,۵	۱۰,۵
۱۶	ده خان	۱۶,۵	۹	۱۸,۵	۱۴	۱۳	۱۳,۵	۱۴,۵	۴
۱۷	ده نو سالار	۲۱	۲,۵	۱۸,۵	۱۱	۱۹,۵	۱۳,۵	۱۴,۵	۴
۱۸	محمودآباد	۱۶,۵	۹	۱۸,۵	۱۱	۱۳	۱۳,۵	۱۴,۵	۴
۱۹	شجاع‌آباد	۱۶,۵	۹	۱۸,۵	۱۱	۱۳	۱۳,۵	۱۴,۵	۴
۲۰	شورآباد	۱۹	۹	۱۸,۵	۸,۵	۱۳	۱۳,۵	۱۴,۵	۴
۲۱	شجاع‌آباد محمدعلی	۲۰	۹	۱۸,۵	۱۷,۵	۱۳	۱۳,۵	۱۴,۵	۴

۳.۳. مرحله برآورد^۱ فواصل گزینه‌ها $d(0, m_k)$

برآورد کردن در روش ORESTE بر کاربرد ماتریسی فرضی با نام ماتریس موقعیت^۲ استوار است که در هر ستون آن، گزینه‌های تصمیم از بهترین به بدترین با ملاحظه هر یک از شاخص‌ها مرتب می‌شوند. همچنین ستون‌ها نیز خود بر مبنای رتبه شاخص‌ها مرتب می‌گردند. با تصویر کردن اعضای ماتریس حاصل بر قطر اصلی آن، موقعیت‌های بهتر در سمت چپ قطر اصلی و موقعیت‌های بدتر در سمت راست آن تصویر

1 Projection

2 Position-matrix

می شوند. سپس یک مبدأ صفر در منتهی الیه سمت چپ قطر اصلی و تمامی تصاویر ایجاد شده در نظر گرفته و فواصل این تصاویر از مبدأ صفر که با $d(0, m_k)$ نشان داده شده تعیین می شوند به طوری که داریم:

$$\begin{aligned} & \text{if } a P_k b \text{ then } d(0, a_k) < d(0, b_k) \\ & \text{if } r_1(a) = r_2(b) \text{ and } 1 p 2 \text{ then } d(0, a_1) < d(0, b_2) \end{aligned}$$

عمل برآورد فواصل $d(0, m_k)$ که مفهوم آن در فوق بیان گردید برای حالت های مختلفی انجام می شود که عبارت اند از:

الف) برآورد خطی مستقیم

در این حالت به منظور انجام برآورد فاصله $d(0, m_k)$ از r_k و $r_k(m)$ برای گزینه m در شاخص k از رابطه زیر استفاده می شود:

$$d(0, m_k) = 1/2 [r_k + r_k(m)]$$

ب) برآورد خطی غیرمستقیم

در این حالت فواصل تصاویر از نقطه مبدأ به صورت رابطه زیر محاسبه می شوند:

$$d'(0, m_k) = \alpha r_k + (1 - \alpha) r_k(m)$$

ب) برآورد غیرخطی

در حالت تصویر کردن غیرخطی جهت تعیین فاصله تصاویر از مبدأ مورد نظر از رابطه زیر استفاده می گردد:

$$d''(0, m_k) = \sqrt[2]{(r_k^2 + r_k(m)^2)}$$

برای دستیابی به شرایط عمومی تر، رابطه بالا به شکل زیر تغییر می یابد:

$$d''(0, m_k) = \sqrt[R]{(r_k^R + r_k(m)^R)}$$

که در نهایت اگر اوزان نرمال شده α و به آن اضافه شود، رابطه زیر حاصل می گردد:

$$d''(\alpha, m_k) = \sqrt[R]{(\alpha \cdot r_k^R + (1 - \alpha) \cdot r_k(m)^R)}$$

در این راستا با توجه به برخی از مقادیر R ، فاصله d به صورت زیر تعریف می شود.

میانگین هندسی: $R = -1 \rightarrow d''$ میانگین حسابی موزون: $R = 1 \rightarrow d''$

میانگین مربعات: $R = 2 \rightarrow d''$ $R = -\infty \rightarrow d'' : \min(r_k, r_k(m))$

$R = +\infty \rightarrow d'' : \max(r_k, r_k(m))$

جدول ۵ برآورد فواصل برای تمام گزینه‌ها براساس تمام شاخص‌ها

	روستاها	باد	فاصله سطحی	دبی سطحی	شیب	عمق	ارتفاع	بارش	بافت خاک
۱	هاشم‌آباد	۱,۶۵	۶,۳۸	۱۴,۵۶	۵,۰۶	۳,۷۷	۴,۰۵	۳,۵۷	۱۵,۸۸
۲	پیرنندیگان	۱,۶۵	۶,۳۸	۱۶,۴۸	۱۲,۹۲	۳,۷۷	۴,۰۵	۳,۵۷	۱۵,۸۸
۳	اسلام‌آباد	۱,۶۵	۶,۳۸	۱۶,۴۸	۱۶,۰۲	۳,۷۷	۴,۰۵	۳,۵۷	۱۵,۸۸
۴	مختارآباد	۵,۹۶	۷,۵۳	۵,۶۴	۶,۰۰	۱۶,۷۱	۱۵,۵۶	۳,۵۷	۱۱,۹۱
۵	ده قاضی	۳,۵۸	۷,۵۳	۱۴,۵۶	۵,۰۶	۳,۷۷	۵,۵۵	۳,۵۷	۱۳,۹۰
۶	زمان‌آباد	۳,۵۸	۷,۵۳	۱۴,۵۶	۱۱,۴۰	۳,۷۷	۵,۵۵	۳,۵۷	۱۳,۹۰
۷	رودخانه	۴,۷۷	۷,۵۳	۱۲,۳۰	۶,۰۰	۱۰,۸۱	۵,۵۵	۱۱,۵۴	۱۱,۹۱
۸	محمدآباد	۵,۹۶	۷,۵۳	۱۲,۳۰	۱۱,۴۰	۳,۷۷	۱۰,۵۱	۳,۵۷	۱۱,۹۱
۹	رشیدآباد	۸,۷۳	۷,۵۳	۸,۱۲	۱۴,۰۷	۱۰,۸۱	۱۰,۵۱	۱۱,۵۴	۸,۳۵
۱۰	نجف‌آباد	۸,۷۳	۷,۵۳	۸,۱۲	۱۶,۸۰	۱۰,۸۱	۱۰,۵۱	۱۱,۵۴	۸,۳۵
۱۱	همت‌آباد سفلی	۱۳,۱۰	۱۱,۰۶	۵,۶۴	۷,۴۶	۱۰,۸۱	۱۵,۵۶	۱۱,۵۴	۳,۳۰
۱۲	سالارآباد	۱۰,۳۲	۱۱,۰۶	۵,۶۴	۱۵,۲۴	۱۰,۸۱	۱۵,۵۶	۱۱,۵۴	۸,۳۵
۱۳	اکبرآباد بحری	۷,۱۵	۱۱,۰۶	۸,۱۲	۴,۷۹	۱۰,۸۱	۵,۵۵	۱۱,۵۴	۸,۳۵
۱۴	استحکام	۱۱,۱۱	۱۱,۰۶	۸,۱۲	۴,۷۹	۱۰,۸۱	۱۰,۵۱	۱۱,۵۴	۸,۳۵
۱۵	حجت‌آباد	۸,۷۳	۱۱,۰۶	۱۲,۳۰	۶,۰۰	۱۰,۸۱	۵,۵۵	۱۱,۵۴	۸,۳۵
۱۶	ده خان	۱۳,۱۰	۱۵,۰۷	۸,۱۲	۱۱,۴۰	۱۰,۸۱	۱۰,۵۱	۱۱,۵۴	۳,۳۰
۱۷	ده نو سالار	۱۶,۶۷	۱۵,۰۷	۵,۶۴	۹,۱۸	۱۰,۸۱	۱۵,۵۶	۱۱,۵۴	۳,۳۰
۱۸	محمودآباد	۱۳,۱۰	۱۵,۰۷	۸,۱۲	۹,۱۸	۱۰,۸۱	۱۰,۵۱	۱۱,۵۴	۳,۳۰
۱۹	شجاع‌آباد	۱۳,۱۰	۱۵,۰۷	۸,۱۲	۹,۱۸	۱۰,۸۱	۱۰,۵۱	۱۱,۵۴	۳,۳۰
۲۰	شورآباد	۱۵,۰۸	۱۵,۰۷	۸,۱۲	۷,۴۶	۱۰,۸۱	۱۰,۵۱	۱۱,۵۴	۳,۳۰
۲۱	شجاع‌آباد محمدعلی	۱۵,۸۷	۱۵,۰۷	۸,۱۲	۱۴,۰۷	۱۰,۸۱	۱۰,۵۱	۱۱,۵۴	۳,۳۰

۳.۴. مرحله رتبه‌بندی کلی^۱ فواصل گزینه‌ها $R(m_k)$

با تعیین فاصله تصاویر تک‌تک اعضای ماتریس موقعیت از مبدأ از طریق یکی از حالت‌های فوق، رتبه‌بندی کلی فواصل انجام می‌شود. به‌طورکلی، انتخاب هر یک از حالت‌های فوق و یا مقادیر مختلف R برای تصویر کردن و تعیین فواصل تنها با هدف تأثیرگذاری بر موقعیت آن‌ها نسبت به هم بوده که در ادامه،

1 Global ranking

فواصل با کمک روش میانگین رتبه‌های بس سون رتبه‌بندی شده و بدین ترتیب مسأله دوباره به ماهیت ترتیبی آن بازگشت داده می‌شود.

نتیجه این رتبه‌بندی برابر با اختصاص رتبه به دست آمده از روش بس سون به فواصل به صورت است به نحوی که به عنوان مثال داریم:

$$R(a_i) < R(a_j) \text{ if } d(\cdot, a_i) < d(\cdot, a_j)$$

رتبه‌های به دست آمده، رتبه‌های کلی نامیده شده و همگی در محدوده زیر واقع می‌شوند:

$$1 < R(m_k) < m.k$$

جدول ۶ رتبه‌بندی کلی فواصل با روش میانگین رتبه‌های بس سون

بافت خاک	بارش	ارتفاع	عمق	شیب	دبی سطحی	فاصله سطحی	باد	روستاها	
۱۴	۱۸۲	۲۲,۵	۲۷	۳۲,۵	۴۹	۱۶۰	۲	هاشم‌آباد	۱
۱۴	۱۸۲	۲۲,۵	۲۷	۱۵۰	۴۹	۱۸۵,۵	۲	پیرنریدگان	۲
۱۴	۱۸۲	۲۲,۵	۲۷	۱۸۴	۴۹	۱۸۵,۵	۲	اسلام‌آباد	۳
۱۴	۱۴۵	۱۸۸	۱۷۷,۵	۴۶	۶۰	۴۰,۵	۴۳,۵	مختارآباد	۴
۱۴	۱۵۵,۵	۲۲,۵	۳۶	۳۲,۵	۶۰	۱۶۰	۱۸,۵	ده قاضی	۵
۱۴	۱۵۵,۵	۲۲,۵	۳۶	۱۲۸	۶۰	۱۶۰	۱۸,۵	زمان‌آباد	۶
۱۳۶,۵	۱۴۵	۱۰۸,۵	۳۶	۴۶	۶۰	۱۴۸	۲۹	رودخانه	۷
۱۴	۱۴۵	۲۲,۵	۹۷	۱۲۸	۶۰	۱۴۸	۴۳,۵	محمدآباد	۸
۱۳۶,۵	۸۲,۵	۱۰۸,۵	۹۷	۱۵۷,۵	۶۰	۷۱,۵	۸۷	رشیدآباد	۹
۱۳۶,۵	۸۲,۵	۱۰۸,۵	۹۷	۱۸۹	۶۰	۷۱,۵	۸۷	نجف‌آباد	۱۰
۱۳۶,۵	۷	۱۰۸,۵	۱۷۷,۵	۵۵,۵	۱۱۸	۴۰,۵	۱۵۲,۵	همت‌آباد سفلی	۱۱
۱۳۶,۵	۸۲,۵	۱۰۸,۵	۱۷۷,۵	۱۷۵	۱۱۸	۴۰,۵	۹۲	سالارآباد	۱۲
۱۳۶,۵	۸۲,۵	۱۰۸,۵	۳۶	۳۰,۵	۱۱۸	۷۱,۵	۵۱	اکبرآباد بحری	۱۳
۱۳۶,۵	۸۲,۵	۱۰۸,۵	۹۷	۳۰,۵	۱۱۸	۷۱,۵	۱۲۱	استحکام	۱۴
۱۳۶,۵	۸۲,۵	۱۰۸,۵	۳۶	۴۶	۱۱۸	۱۴۸	۸۷	حجت‌آباد	۱۵
۱۳۶,۵	۷	۱۰۸,۵	۹۷	۱۲۸	۱۶۴,۵	۷۱,۵	۱۵۲,۵	ده خان	۱۶
۱۳۶,۵	۷	۱۰۸,۵	۱۷۷,۵	۹۰	۱۶۴,۵	۴۰,۵	۱۸۷	ده نو سالار	۱۷
۱۳۶,۵	۷	۱۰۸,۵	۹۷	۹۰	۱۶۴,۵	۷۱,۵	۱۵۲,۵	محمودآباد	۱۸
۱۳۶,۵	۷	۱۰۸,۵	۹۷	۹۰	۱۶۴,۵	۷۱,۵	۱۵۲,۵	شجاع‌آباد	۱۹
۱۳۶,۵	۷	۱۰۸,۵	۹۷	۵۵,۵	۱۶۴,۵	۷۱,۵	۱۶۸	شورآباد	۲۰
۱۳۶,۵	۷	۱۰۸,۵	۹۷	۱۵۷,۵	۱۶۴,۵	۷۱,۵	۱۸۰	شجاع‌آباد محمدعلی	۲۱

۳.۵. مرحله تجمع^۱

پس از محاسبه و تعیین همه رتبه‌های کلی، رتبه کلی در هر کدام از شاخص‌ها برای تمام گزینه‌ها به‌طور جداگانه جمع می‌شوند؛ یعنی برای هر گزینه‌ای مانند m ، تجمع نهایی محاسبه می‌شود:

$$R(m) = \sum_{k=1}^k R(m_k)$$

بدین ترتیب یک ساختار ترتیبی افزایشی بر اساس و با در نظر گرفتن روابط زیر تعریف می‌شود:

$$\text{if } R(a) < R(b) \text{ then } a P b$$

$$\text{if } R(a) = R(b) \text{ then } a I b$$

گزینه‌ای که مربوط به آن کوچک‌تر است، مناسب‌تر بوده و رتبه بهتری بدان اختصاص داده می‌شود؛ یعنی گزینه‌ای گزینه برتر است که جمع رتبه‌های مطلق آن در همه شاخص‌ها، از سایر گزینه‌ها کمتر باشد (روبنز^۲، ۱۹۸۲، ۵۳)؛ یعنی به‌منظور تعیین گزینه برتر، نتایج حاصل از مرحله تجمع گزینه‌های تصمیم را مورد مقایسه قرار می‌دهیم. در این بخش هر چه حاصل جمع کمتر باشد، گزینه در رتبه بالاتری واقع می‌گردد. بنابراین رتبه‌بندی نهایی توسط رویکرد چند شاخصه برای گزینه‌های موجود به‌صورت زیر است:

1 Aggregation
2 Roubens

جدول ۷ رتبه بندی روستاهای آسیب پذیر در برابر حرکت ماسه های روان

رتبه	نتایج	روستاها
۱	۵۴۲	هاشم آباد
۲	۵۷۰,۵	ده قاضی
۳	۶۶۶	زمان آباد
۴	۶۸۵	پیرنندیگان
۵	۷۱۹	اسلام آباد
۶	۷۲۹,۵	محمدآباد
۷	۷۵۸,۵	اکبرآباد بحری
۸	۷۸۰,۵	رودخانه
۹	۷۸۶	مختارآباد
۱۰	۸۷۲	رشیدآباد
۱۱	۸۸۶,۵	حجت آباد
۱۲	۸۸۹,۵	استحکام
۱۳	۹۰۳,۵	نجف آباد
۱۴	۹۲۰	همت آباد سفلی
۱۵	۹۸۰	شورآباد
۱۶	۹۹۹	محمودآباد
۱۷	۹۹۹	شجاع آباد
۱۸	۱۰۳۷	ده خان
۱۹	۱۰۵۴,۵	سالارآباد
۲۰	۱۰۸۳	ده نو سالار
۲۱	۱۰۹۴	شجاع آباد محمدعلی

۴. بحث و نتایج

سالانه حجم عظیمی از ماسه های بادی، مناطق مسکونی و روستاها را مورد هجوم قرار می دهند. در برخی از روستاها که در مسیر دالان های بادی قرار دارند، مقدار حجم رسوبات به گونه ای است که سبب دفن واحدهای مسکونی می شود و روستائیان ناچار به ترک روستاها و خانه های خود می شوند (شکل های ۹ و ۱۰ و ۱۱). همه ساله دولت هزینه هنگفتی را برای جمع آوری ماسه های روان متحمل می شود. از طرف دیگر برخورد ذرات ماسه با خانه ها و دیوارها باعث فرسودگی آنها در طول زمان می شود. رتبه بندی روستاهای منطقه شرق شهداد بر اساس پارامترهای مختلف و با استفاده از مدل های ذکر شده نشان داد که تعدادی از

روستاها تأثیرپذیری بیشتری از فرآیندهای ماسه‌های روان داشته و تعدادی دیگر تأثیرپذیری کمتری را دارند. در این میان، روستاهای واقع در قسمت‌های جنوب شرقی منطقه به دلایل مختلف از جمله بادهای شدیدتر، آب‌های زیر زمینی کمتر، عمق خاک کم و ... تأثیرات بیشتری از ماسه‌های روان می‌پذیرند. روستاهای هاشم‌آباد، ده قاضی و زمان‌آباد به ترتیب در رتبه‌های اول تا سوم تأثیرپذیری قرار دارند و روستاهای واقع در شمال غربی منطقه به دلیل آب‌های سطحی بیشتر، باد کمتر و آب‌های زیر زمینی بیشتر، تأثیرپذیری کمتری از ماسه‌های روان دارند، به‌طورکلی، روستاهای شجاع‌آباد محمدعلی، ده نو سالار و سالارآباد به ترتیب کمترین میزان تأثیرپذیری را دارا هستند.



شکل ۹ تأثیرات ماسه‌های بادی بر یکی از روستاهای منطقه (روستای حجت‌آباد)



شکل ۱۰ تأثیرات ماسه‌های بادی بر یکی از روستاهای منطقه (روستای اسلام‌آباد)



شکل ۱۱ تاثیرات ماسه‌های بادی بر یکی از روستاهای منطقه (روستای استحکام)

۵. نتیجه گیری

حاکمیت فرسایش بادی، تجمع و حرکت ذرات ماسه در هر منطقه‌ای موجب وارد شدن خسارات بسیار زیادی به اراضی زراعی، باغات و کانال‌های آبیاری می‌شود و همواره کنترل آن مورد توجه مسئولین و دست‌اندرکاران بوده است. در این پژوهش به بررسی مخاطرات ناشی از ماسه‌های روان در محدوده‌ای واقع در حاشیه غربی دشت لوت از توابع شهداد استان کرمان پرداخته شد و مشخص گردید که این منطقه در طول سال‌های متمادی تحت تأثیر ماسه‌های روان قرار داشته و به اراضی کشاورزی و باغات آن خسارات بسیار زیادی وارد شده است. جهت این کار از مدل‌های مختلفی از جمله منطق فازی استفاده شد که ابتدا ۸ پارامتر منتخب که بیشترین تاثیرات را بر مخاطرات ناشی از ماسه‌های روان دارند، انتخاب و در نرم‌افزار ARC GIS فازی شده و سپس با استفاده از مدل Fuller triangle سلسله مراتبی وزن دهی شده‌اند، در مرحله بعد با استفاده از مدل Oreste به رتبه‌بندی میزان تأثیرپذیری روستاها با توجه به پارامترهای انتخاب شده پرداخته شد. نتایج پژوهش نشان داد که روستاهای واقع در قسمت‌های جنوب شرقی منطقه از جمله هاشم‌آباد، ده‌قاضی و زمان‌آباد به دلیل پایین بودن آب‌های زیر زمینی، کاهش آب‌های سطحی، بادهای فراوان و عمق کمتر خاک تأثیرپذیری بیشتری را نسبت به ماسه‌های بادی دارند بدین‌صورت که تأسیسات روستایی از قبیل جاده‌ها و منازل مسکونی و حتی زمین‌های کشاورزی این روستاها مورد هجوم ماسه‌ها روان قرار گرفته‌اند؛ اما روستاهای واقع در قسمت شمال غربی منطقه از جمله شجاع‌آباد محمدعلی، ده نو سالار و سالارآباد به دلیل مناسب بودن پارامترهای ذکر شده نسبت به دیگر نقاط منطقه، تأثیرپذیری کمتری دارند و در نتیجه هجوم

ماسه‌های روان به این روستاها کمتر بوده است. به‌طور کلی شرایط مختلف و پارامترهای متنوع محیط طبیعی تأثیر مستقیم در مورد هجوم قرار گرفتن روستاهای منطقه توسط ماسه‌های روان را دارند.

کتابنامه

- امیدوار، کمال؛ ۱۳۸۵. بررسی و تحلیل سینوپتیکی طوفان‌های ماسه در دشت یزد - اردکان. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۸۱. صص ۴۳-۵۸.
- زمردیان، محمدجعفر؛ پورکرمانی، محسن؛ ۱۳۶۶. بحثی پیرامون ژئومورفولوژی استان سیستان و بلوچستان. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. شماره ۷. صص ۱۵۴-۱۶۶.
- سمیعی، علی؛ رئیسی، ابراهیم؛ ۱۳۷۹. ارزیابی چند معیاره پروژه‌های منابع آب از دیدگاه توسعه پایدار در ایران. چهارمین کنفرانس سدسازی. صص ۱۲۵-۱۳۴.
- فلاح‌تبار، نصر...؛ ۱۳۷۹. تأثیر برخی عوامل جغرافیایی بر شبکه راه‌های کشور. پژوهش‌های جغرافیایی. شماره ۳۸. صص ۴۷-۵۵.
- قدرت نما، قهرمان؛ ۱۳۷۲. ارزیابی‌های چند معیاری در طرح‌های توسعه منابع آب. آب و توسعه. شماره ۱۱-۲۳.
- مقصودی، مهران؛ ۱۳۸۵. شناخت فرآیندهای مؤثر بر توسعه و تحول عوارض ماسه‌ای (مطالعه موردی: عوارض ماسه‌ای چاله سیرجان. نشریه پژوهش‌های جغرافیایی. شماره ۵۶. صص ۱۶۰-۱۴۹.
- مقصودی، مهران؛ نگهبان، سعید؛ باقری، سجاد؛ ۱۳۹۱. تحلیل مخاطرات ناشی از ماسه‌های روان بر سکونتگاه‌های غرب دشت لوت (مطالعه موردی: روستای حجت‌آباد - شرق شهداد). جغرافیا و مخاطرات محیطی. شماره ۱. صص ۹۶-۸۳.
- نگارش، حسین؛ لطیفی، لیلا؛ ۱۳۸۸. بررسی خسارت‌های ناشی از حرکت ماسه‌های روان در شرق زابل با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی. شماره ۶۷. صص ۷۳-۸۷.
- Bagnold R. A. (1941). The physics of blown sand and desert dune. London: Methuen & Co. Ltd. 172 - 218.
- Bat'a, R., & Obršalová, I. (2009). Sustainable environment indicators and possibilities of their aggregation by means of Petrinets. *Recent Advances in Environment, Ecosystems and Development*, 27, 147-152.
- Brookfield, T. S., Ahlbrandt, M. E. (1983). *Eolian sediments and processes*. Amsterdam: Elsevier.
- Corrigan B. M., Van Wyk, B. E., Geldenhuys, C. J., & Durand J. F. (2008). Vegetation cover changes of the Sand Forest in the KwaNibela Peninsula, St Lucia from 1937-2002. *South African Journal of Botany*, 74, 364 - 379.
- Dong, Z., Jianjun, Qu., Xunming, W., Guangqiang, Q., Wanyin, L., & Zhenhai, W. (2008). Pseudo-feathery dunes in the Kumtagh Desert. *Geomorphology*, 100, 328-334.
- Haney, A., Marlin, B., Steven, A., Emily, L., & Tom, P. (2008). Gradient analysis of an eastern sand savanna's woody vegetation and its long-term responses to restored fire processes. *Forest Ecology and Management*, 256, 1560-1571.

- Jablonský, J. (2009). Software support for multiple criteria decision making problems. *Management Information Systems*, 4(2), 29-34.
- Karavas, N., Kyriacos, G., Margarita, A., & Dimitris, D. (2005). Vegetation and sand characteristics influencing nesting activity of *Caretta caretta* on Sekania beach. *Biological Conservation*, 121, 177-188.
- Kocurek, G. (1996). Desert aeolian systems. In H.G. Reading (Ed.), *Sedimentary environments: Processes, facies and stratigraphy* (3rd ed., pp. 125-153). Oxford: Blackwell.
- Kravka, M. (2012). *Colloquium on Landscape Management*. Brno, Czech Republic: Mendel University.
- Lancaster, N. (1995). *Geomorphology of desert dunes*. London: Routledge.
- Li Houqiang, A. N. (1992). Turbulent theory for wind-accumulated landform formation. *Journal of Desert Research*, 12(3), 1-9.
- Ling, Y. (1990). Flow field characteristics and their relationship to the intensity of drifting sand activity in the Taklimakan Desert. *Journal Of Desert Research*. 8(2), 25-37.
- Liu Z., (1960). Movement of dune under the action of wind. *Acta Meteorologica Sinica*, 31(1), 84-91.
- Livingstone, I., Wiggs, G. F. S., & Corinne, M. (2007). Geomorphology of desert sand dunes: A review of recent progress. *Earth-Science Reviews*, 80, 239-257.
- Musick, H. B., & Gillette, S. M. (1996). Wind-tunnel modeling of the influence of vegetation structure on saltation threshold. *Earth Surface Processes and Landforms*, 21, 589-606.
- Nicholas, P., Webb, H., McGowan, A., Stuart R. P., & Grant H. (2006). AUSLEM (Australian land erodibility model): A tool for identifying wind erosion hazard in Australia. *Geomorphology*, 78, 179-200.
- Nickling, W. G. (1986). *Aeolian geomorphology*. London: Allen and Unwin.
- Paszek L., Gurecký, J., & Mold_ík, P. (2008). Determination of criteria weights in terms of computer software. *Advances in Electrical and Electronic Engineering*, 12(2), 154-157.
- Perzina, R., & Ramik., J. (2012). Dame - microsoft excel add-in for solving multi-criteria decision problems with scenarios. *Proceedings of 30th International Conference Mathematical Methods in Economics*, 697-702.
- Porhinčák, M., & Eštoková, A. (2012). Process of selection of building materials towards sustainable development. *Chemical Engineering Transactions*, 29, 547-552.
- Pye, K., & Tsoar, H. (1990). *Aeolian sand and sand dunes*. London: Unwin Hyman
- Squires, V. R. (2002). Dust and sand storms: An early warning of impending disaster. In Y. Youlin, & V. R. Squires (Eds.), *Global Alarm: Dust and sand storms from the world's dry lands* (pp. 15-28). Thailand: The United Nations Convention to Combat Desertification.
- Tsoar, H., & Møller, J. T. (1986). The role of vegetation in the formation of linear sand dunes. In W. G. Nickling (Ed.), *Aeolian Geomorphology* (pp. 75-95). Boston: Allen and Unwin.
- Wiggs, G. F. S., Livingstone, I., Thomas, D. S. G., & Bullard, J. E. (1996). Airflow and roughness characteristics over partially vegetated linear dunes in the southwest Kalahari Desert. *Earth Surface Processes and Landforms*, 21, 19-34.

- Wiggs, G. F. S., Thomas, D. S. G., Bullard, J. E., & Livingstone, I. (1995). Dune mobility and vegetation cover in the southwest Kalahari Desert. *Earth Surface Processes and Landforms*, 20, 515–530.
- Wolfe, S. A., & Nickling, W. G. (1993). The protective role of sparse vegetation in wind erosion. *Progress in Physical Geography*, 17, 50-68.
- Youlin, Y. (2002). Black windstorm in northwest China: A case study of the stormy sand dust storms on May 5th 1993. In Y. Youlin, & V. R. Squires (Eds.), *Global Alarm: Dust and sand storms from the world's dry lands* (pp.). Thailand: The United Nations Convention to Combat Desertification.
- Zhu, Z., Wu, Z., & Liu, S. (1980). *Desert in China*. Beijing: Science press.