

پژوهش‌های جغرافیایی - شماره ۴۹، پائیز ۱۳۸۳

صص ۹۳-۱۱۳

## فرآیندهای بادی و تغییرات اشکال سطحی در دشت لوت\*

دکتر ابراهیم مقیمی\*\* - استادیار دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

پذیرش مقاله: ۸۲/۴/۲

### چکیده

مقاله حاضر به این سؤال که: اشکال سطحی دشت لوت چه تغییراتی را با توجه به فرآیندهای بادی پنجاه سال گذشته داشته است، پاسخ می‌دهد. دشت لوت در شرق ایران بزرگترین دشت "بیابانی شدید" ایران است. اشکال سطحی دشت لوت ناشی از تحقق پنج وضعیت اتمسفری، عدم وجود پوشش گیاهی، حمله مستقیم یا مایل باد به سطح زمین، فقدان رطوبت کافی در مواد رسوبی سطح زمین و سست بودن مواد سطحی است. تغییر هر یک از وضعیت‌های فوق منجر به تغییر اشکال سطحی لوت خواهد شد. وضعیت کنونی اقلیمی لوت نسبت به وضعیت گذشته آن و با توجه به داده‌های بادی موجود (عنصر باد) بسیار متفاوت است و چنین مشاهده می‌شود که نسبت به گذشته اقلیمی با خشکی کمتری روبرو است. بنابراین اشکال سطحی در حال حاضر در ارتباط با فرآیندهای بادی تغییرات بسیار کمی دارند. طی بررسی انجام شده، جمع روزانه‌ای که طی پنجاه سال گذشته هوای لوت توأم با گرد و خاک بوده ۷۵۰۰ روز بدست آمده است. این رقم نشان دهنده فراوانی بادهای طوفانی است؛ ولی این بادهای نسبت به بادهای گذشته اقلیمی از سرعت چندانی برخوردار نیستند. اشکال عمده بادی شامل پهنه‌های صاف و هموار (ورقه‌ای شکل)<sup>۱</sup>، رشته‌های عمودی<sup>۲</sup>، گنبدی<sup>۳</sup>، برخان<sup>۴</sup>، شبه برخان<sup>۵</sup>، تپه‌های عرضی<sup>۶</sup>، انفجاری (گالدریایی شکل)<sup>۷</sup>، پارابولیک<sup>۸</sup>، خطی یا طولی<sup>۹</sup> و ستاره‌ای<sup>۱۰</sup> است.

**واژگان کلیدی:** لوت، فرآیندهای بادی، سرعت باد، بزرگی دانه‌ها، مواد سطحی، جهت باد غالب، ماسه‌های بادی، کلوت‌ها، برخان.

\*- این مقاله مستخرج از طرح پژوهشی شماره ۳۱۳/۳/۱۱۰۱ مورخ ۸/۱۱/۸۲ معاونت پژوهشی دانشگاه تهران می‌باشد.

\*\* - E- mail: moghimi\_ir@yahoo.com

- 1- Sheet
- 2- Stringer
- 3- Dome
- 4- Bourchan
- 5- Barchanoid
- 6- Transverse
- 7- Blowout
- 8- Parabolic
- 9- Linear
- 10- Star

در این مقاله دشت لوت با استفاده از عکس‌های هوایی ماهواره‌ای، نقشه‌های توپوگرافی، داده‌های بادنگاری و کتابخانه‌ای و به روش تحلیلی با هدف شناسایی تغییرات طی پنجاه سال گذشته، مورد بررسی قرار گرفته است. در دشت لوت چهار حوضه وسیع پوشیده از تپه‌های ماسه‌ای مشاهده می‌شود. بخش اول، پوشیده از برخان‌های کوچک و بزرگ است که حدود انتهایی کلوت را دربر گرفته است. بخش دوم، در شرق کلوت‌ها قرار دارد و روندی تقریباً شرقی-غربی دارد. بخش سوم، در شرق کلوت‌ها روند جنوب‌غربی-شمال‌شرقی دارد. و بخش چهارم، در شمال بخش سوم واقع شده و روندی تقریباً شمالی-جنوبی دارد. بخش دوم تا چهارم، صفحات پوشیده از تپه‌های عظیم ماسه‌ای در شرق دشت لوت است که عظیم‌ترین و وسیع‌ترین رشته‌های ماسه‌ای ایران را تشکیل می‌دهند و ممکن است فرایندهای بادی تغییراتی داشته باشند.

#### تحقق فرآیندهای بادی در دشت لوت

دشت لوت در شرق ایران بزرگترین دشت "بیابانی شدید" ایران است (کردوانی ۱۳۵۶). مهم‌ترین اشکال سطحی آن ناشی از اثرات بادی است (احمدی ۱۳۷۹) که در دو وضعیت پهنه‌های ماسه‌ای و یاردانگ‌ها قابل بحث و بررسی می‌باشد.

فرآیندهای بادی برای انجام دادن عملیات خود به شرایط خاصی به شرح زیر نیاز دارند:

شرط اول- ضرورت وجود آتمسفر؛ زیرا بدون آن، واکنش‌های بادی انجام نمی‌پذیرد (بریان ۱۹۹۵، صص ۳۶۵-۳۴۱).

شرط دوم- عدم وجود پوشش گیاهی است (کردوانی ۱۳۸۱).

شرط سوم- آن است که باد به طور مستقیم یا مایل به سطح زمین حمله کند. بادهایی که در جهت افق جریان دارند و پیکان عمودی و مایل ندارند، اثر شکل‌زایی بسیار کمی در سطح زمین داشته و بادهایی که رودباد آنها بالاتر از سطح زمین جریان دارد، اثر شکل‌زایی در سطح زمین ندارند (چورلی ۱۹۸۴).

شرط چهارم- فقدان رطوبت در مواد رسوبی سطح زمین است (رفاهی ۱۳۷۵). مواد رسوبی دارای رطوبت، از چسبندگی لازم برخوردار و مقاومت کافی در مقابل سایش باد دارند.

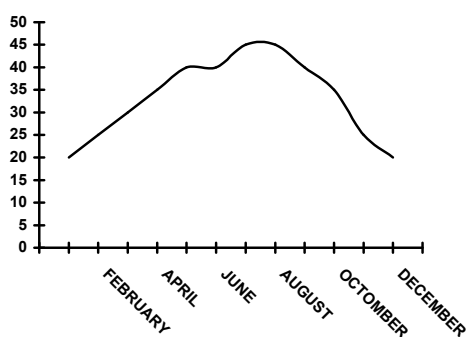
شرط پنجم- سست بودن مواد سطحی است؛ به عبارتی مواد سطحی سختی لازم را برای مقاومت در برابر باد نداشته باشد (معمد ۱۳۷۱).

اشکال بادی دشت لوت از تحقق پنج وضعیت فوق ایجاد شده‌اند. بنابر این، تغییر اشکال به تغییر شرایط فوق ارتباط دارد و به عبارت دیگر، تغییر هر یک از وضعیت فوق منجر به تغییر اشکال در دشت لوت خواهد شد.

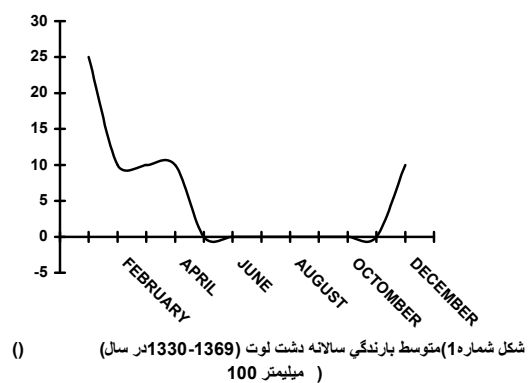
سؤال اساسی مقاله آن است که: آیا شرایط فوق در دشت لوت تغییراتی داشته؟ و اگر داشته، چه تغییراتی را در اشکال سطحی بوجود آورده است؟ برای پاسخ به این پرسش بهتر است تا سؤال شود، در اشکال سطحی دشت لوت چه تغییراتی ایجاد شده است که ناشی از تغییر فرایندهای بادی است.

#### وضعیت کنونی اقلیمی

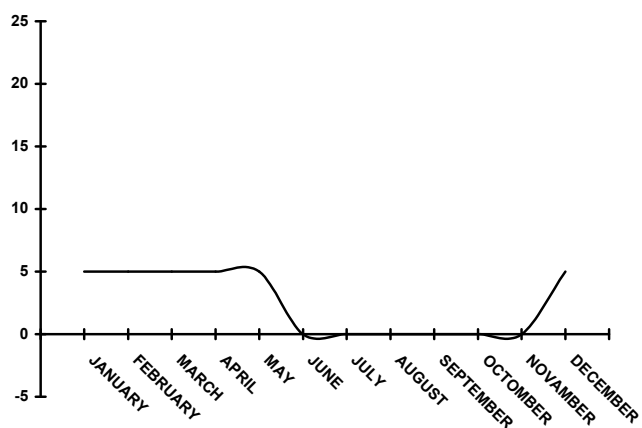
ارتفاع متوسط دشت لوت قریب ۵۰۰ متر است. حدود ۲۵ درصد از دشت لوت کاملاً خشک و فاقد زندگی گیاهی بوده و حدود ۳۵ درصد از آن با ماسه متحرک پوشیده شده است. همه این ماسه‌های متحرک در فضاهای سطحی بزرگ‌تر از ۲۰ کیلومتر مربع قرار گرفته و بزرگ‌ترین فضاهای ماسه‌ای در دشت لوت بیش از ۸۰۰ هزار کیلومتر مربع (۳۰/۱۳۰ کیلومتر طول و ۶۰/۲ کیلومتر عرض) وسعت دارد. این بیابان ماسه‌ای تحت تأثیر سلول‌های پرفشار بالای جنب حاره است و بین عرض‌های ۱۰ و ۳۳ درجه، دور از تأثیرات دریا قرار دارد. این نواحی در زمستان فشار آتmosphری بالایی را تحمل می‌کنند و هوای آنها خیلی سرد است. مناطق امروزی ماسه‌های دشت لوت عموماً در قلمرو خط همبارش کمتر از ۵۰ میلی‌متر قرار دارد. متوسط بارندگی سالانه دشت لوت کمتر از ۱۰۰ میلی‌متر است (شکل شماره ۱). در مناطق مرطوب‌تر لوت، تپه‌های قدیمی ماسه‌ای دارای پوشش گیاهی تثبیت شده‌اند و تغییرات اقلیمی این مناطق از خشک به خشکی کمتر را مشخص می‌کند. متوسط حداکثر درجه حرارت روزانه (طی یک دوره سی ساله) بین ۲۰ تا ۴۵ درجه سانتی‌گراد تغییر می‌کند (شکل شماره ۲)، متوسط تعداد روزهای ابری ۳۰ روز است (شکل شماره ۳). حدود ۳۰۰ روز درجه حرارت بیش از ۲۵ درجه سانتی‌گراد است (شکل شماره ۴). حدود ۲۵۰ روز از سال هوای دشت لوت آفتابی است (شکل شماره ۵). حدود ۲۰ روز هوا همراه با رعد و برق است (شکل شماره ۶). طی پنجاه سال، حدود ۷۵۰۰ روز هوا همراه با طوفان و گرد و خاک بوده و بیشترین هوای طوفانی همراه با گرد و خاک در تیر و مرداد قابل مشاهده است (شکل شماره ۷). حدود ۲۴۰ روز از سال درجه حرارت بیش از ۳۰ درجه سانتی‌گراد است (شکل شماره ۸). حدود ۸۰ روز درجه حرارت بیش از ۴۰ درجه سانتی‌گراد است (شکل شماره ۹). ۵۰ روز در سال دما بیش از ۴۵ درجه سانتی‌گراد است (شکل شماره ۱۰). طی سال، ۵ روز میانگین درجه حرارت حداقل کمتر از صفر است (شکل شماره ۱۱). حدود ۶۰ روز درجه حرارت حداقل کمتر از ۵ درجه سانتی‌گراد است (شکل شماره ۱۲). فشار متوسط جو تبدیل شده به سطح دریا از ۱۰۱۰ تا ۱۰۲۵ میلی‌بار تغییر می‌کند (شکل شماره ۱۴). آیا وضعیت فوق قادر است تا اشکال ماسه‌ای عظیم لوت را تغییر دهد؟ ماسه‌های بادی دشت لوت در حال حاضر از کانال‌های جریانی ناپایدار مثل رود شور، جریان‌های موقت و رسوب‌های رودخانه‌ای قدیمی و تپه‌های قدیمی‌تر و یا از هوازدگی ماسه سنگ‌ها و دیگر سنگ‌های محتوی دانه‌های سیلیسی به‌خصوص پایکوه‌های رشته کوه کرمان تغذیه می‌شوند.



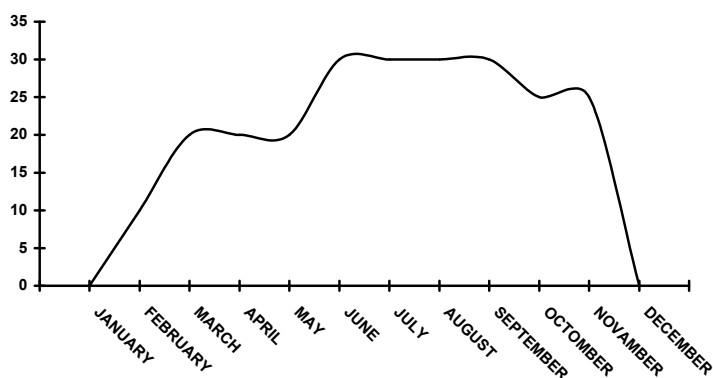
شکل شماره 2) متوسط حداکثر درجه حرارت روزانه (1339-1360)



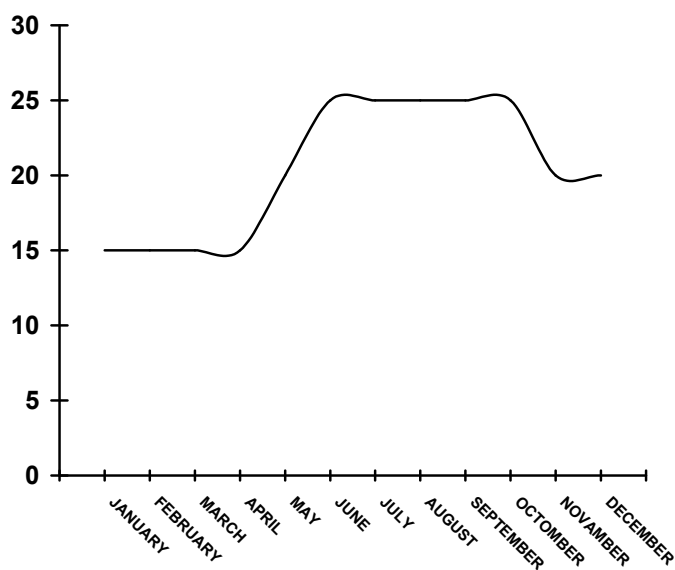
شکل شماره 1) متوسط بارندگی سالانه دشت لوت (1330-1369 در سال) ( میلیمتر 100 )



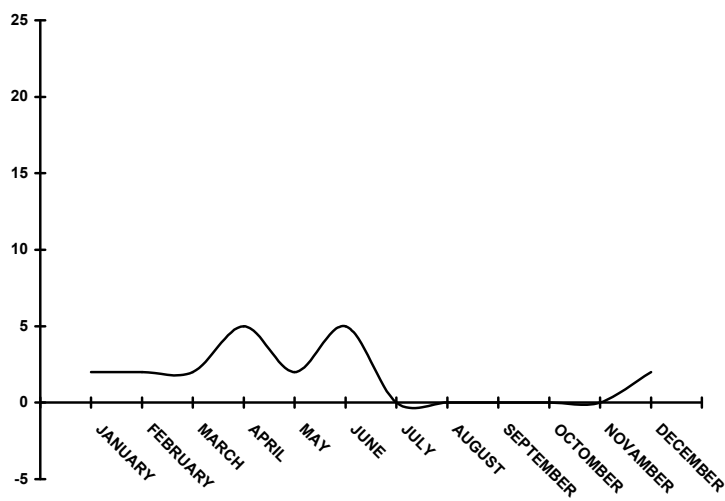
شکل شماره 3) متوسط تعداد روزهای ابری (1330-1379) (در طی سال= 30 روز)



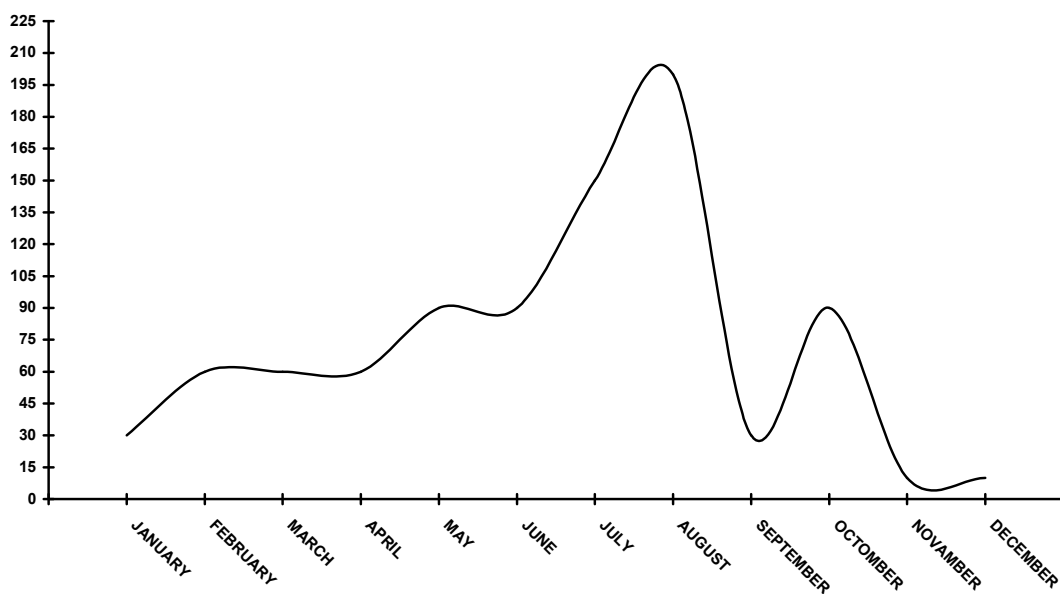
شکل شماره 4 ) تعداد روزهایی که درجه حرارت بیش از 25 درجه است (1330-1379) (در طی سال = 300 روز)



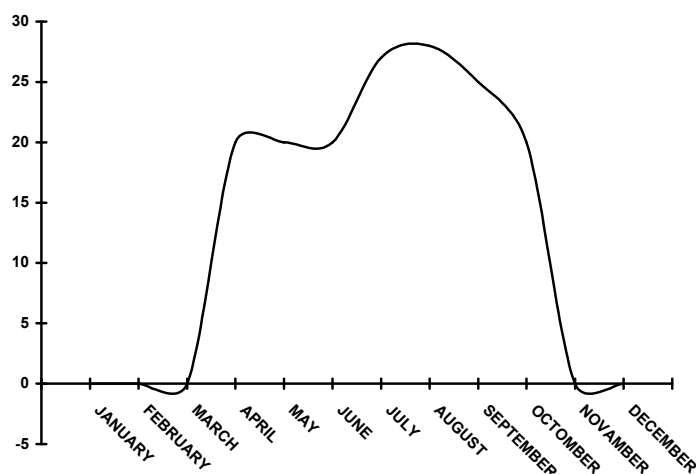
شکل شماره 5 ( متوسط تعداد روزهای آفتابی (1330-1379) (در طی سال= 250 روز)



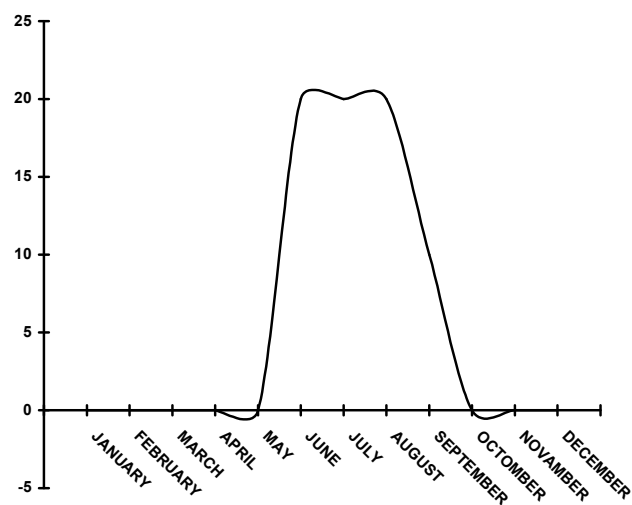
شکل شماره 6 ( جمع روزهایی که همراه با رعد و برق بوده (1330-1339) (در مدت 10 سال= 20)



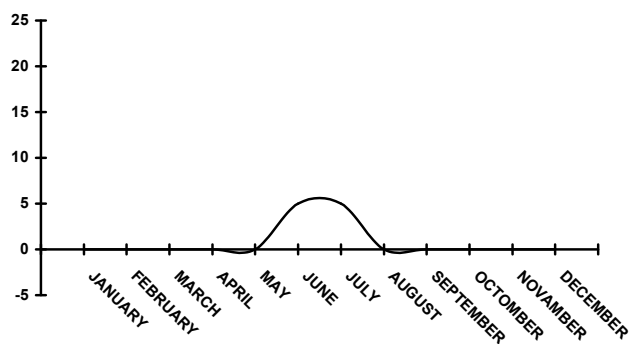
شکل شماره 7 ( جمع روزهایی که همراه با طوفان و گرد و خاک بوده (1379-1330) (در مدت 50 سال=7500 روز)



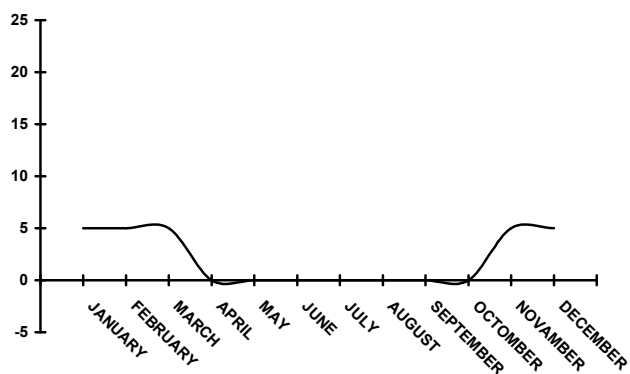
شکل شماره 8 ( تعداد روزهایی که حد اکثر درجه حرارت بیش از 30 درجه سانتیگراد است(1369-1330) (در مدت 50 سال=240 روز)

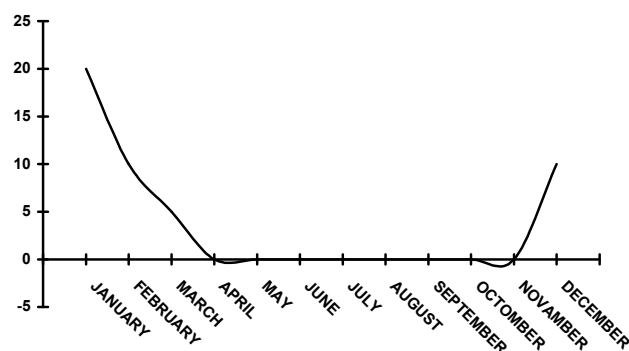


شکل شماره ۹ ( تعداد روزهایی که حداکثر درجه حرارت بیشتر از ۴۰ درجه است (۱۳۳۰-۱۳۶۹) (در مدت سال=۸۰ روز)

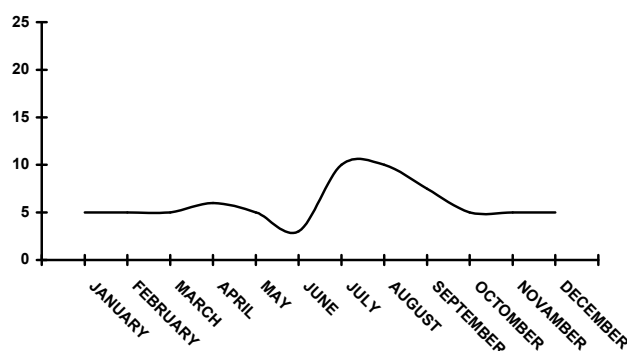


شکل شماره ۱۰ ( تعداد روزهایی که حداکثر درجه حرارت بیش از ۴۵ درجه است (۱۳۳۰-۱۳۶۹) (در مدت سال=۵۰ روز)



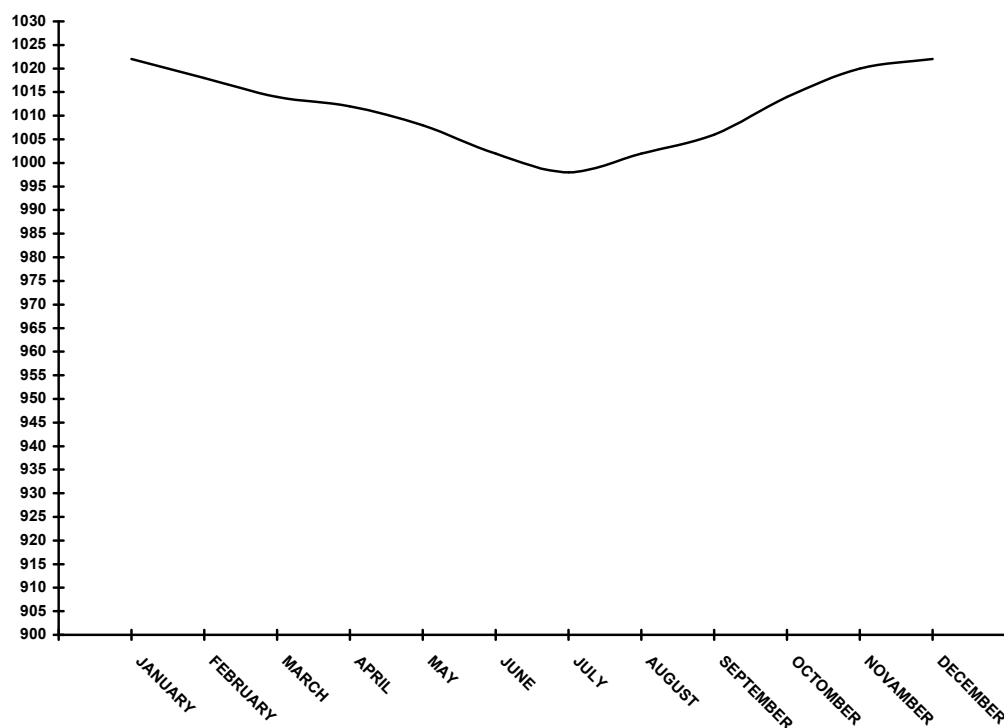


شکل شماره 12 ( تعداد روزهایی که حداقل درجه حرارت کمتر از 5 درجه سانتیگراد است(1330-1369) (در مدت سال=60 روز)



شکل شماره 13 ( رطوبت نسبی هوا، متوسط رطوبت هوا بر حسب گرم در یک کیلوگرم هوای خشک(1379)- (1330) (در طی سال=7/5)





شکل شماره ۱۴ ( فشار متوسط جو تبدیل شده، به سطح دریا )

### اشکال سطحی

قبل از بحث در مورد اشکال سطحی دشت لوت، لازم است تا فرسایش بادی و حمل و نقل رسوب‌های ناشی از آن را در لوت مورد مطالعه قرار دهیم. از مهم‌ترین تحقیقات منتشر شده در این زمینه فعالیت‌هایی است که به وسیله کلینسلی (۱۳۸۱)، درش (۱۳۶۵)، معتمد (۱۳۵۳)، احمدی (۱۳۷۹)، مستوفی (۱۳۶۸)، محمودی (۱۳۶۸) به انجام رسیده است. آنها در مدت اقامت خود در لوت تلاش‌هایی بعمل آوردند و با امکانات محدود، مناطق سست ماسه‌ای را پیمودند. این دانشمندان حرکت ماسه‌ها و مهاجرت تپه‌های ماسه‌ای لوت را مطالعه نمودند.

به لحاظ تجربی، موادی که نزدیک زمین بر اثر فعالیت باد حرکت می‌کنند، از نظر اندازه محدود بوده و به طور تقریبی قطر آنها بین ۰/۱ تا ۱ میلی‌متر (یعنی ماسه خیلی ریز تا درشت) است (چورلی ۱۹۸۴). برای حرکت دادن اندازه‌های بزرگتر، به بادهای نیرومند با سرعت زیادتر نیاز است (کلینسلی ۲۰۰۲). مواد کوچک‌تر تقریباً کمتر از ۰/۱ میلی‌متر یا از رس چسبناکی که حرکت دادن آنها مشکل است و یا از سیلت کوارتزی که عموماً به آسانی در مسافت‌های طولانی حمل می‌شود، تشکیل و در ارتفاعات بلندتر نیز به صورت خاک لس ظاهر می‌شوند (معتمد ۱۳۷۱). وضعیت حرکت مواد جهشی، خزش و یا معلق می‌تواند باشد.

در حال حاضر، در دشت لوت جابجائی ماسه‌ها توسط باد بیشتر در دو وضعیت نسبتاً وابسته به هم است: یکی وضعیت برشی (جهشی) و دیگری وضعیت خزش سطحی. بنظر می‌رسد که فرآیند اول حجم بیشتری را نسبت به فرآیند دوم و نسبت به کل انتقالات رسوبی تشکیل می‌دهد. دانه‌های پرشی با فعالیت خیزدار آئرو دینامیکی در لایه هوای متحرک نزدیک به سطح زمین و به طور کلی مسلط به سطح زمین جابجا می‌شوند و به علت کاهش سرعت در لایه‌های هوای بالاتر و با توجه به وزن مخصوص و جاذبه به سطح بر می‌گردند و به جلو هدایت می‌شوند. جهش معمولاً به صورت مایل از سطح زمین صورت می‌گیرد و با یک زاویه ۶ تا ۱۲ درجه‌ای به سطح زمین می‌رسد. ارتفاع جهش کمتر از یک متر است و این کار با توجه به سرعت باد و تکرار شدید آن دوباره ظاهر می‌شود. خزش به صورت افقی انجام می‌شود و دشت گندم بریان اغلب از این الگو پیروی می‌کند. حرکت خزش ویژه دانه‌هایی می‌باشد که با توجه به سرعت معین باد، قطر آنها بزرگ‌تر از قطر دانه‌های جهش است.

حرکت خزش عموماً بر اثر ترکیب نیروهای برشی باد به خصوص در سطح یاردانگ‌های لوت صورت می‌گیرد. این حرکت بر اثر فشار تماس توده تراکمی از باد با دانه‌های کوچک‌تر جهنده نیز حاصل می‌شود.

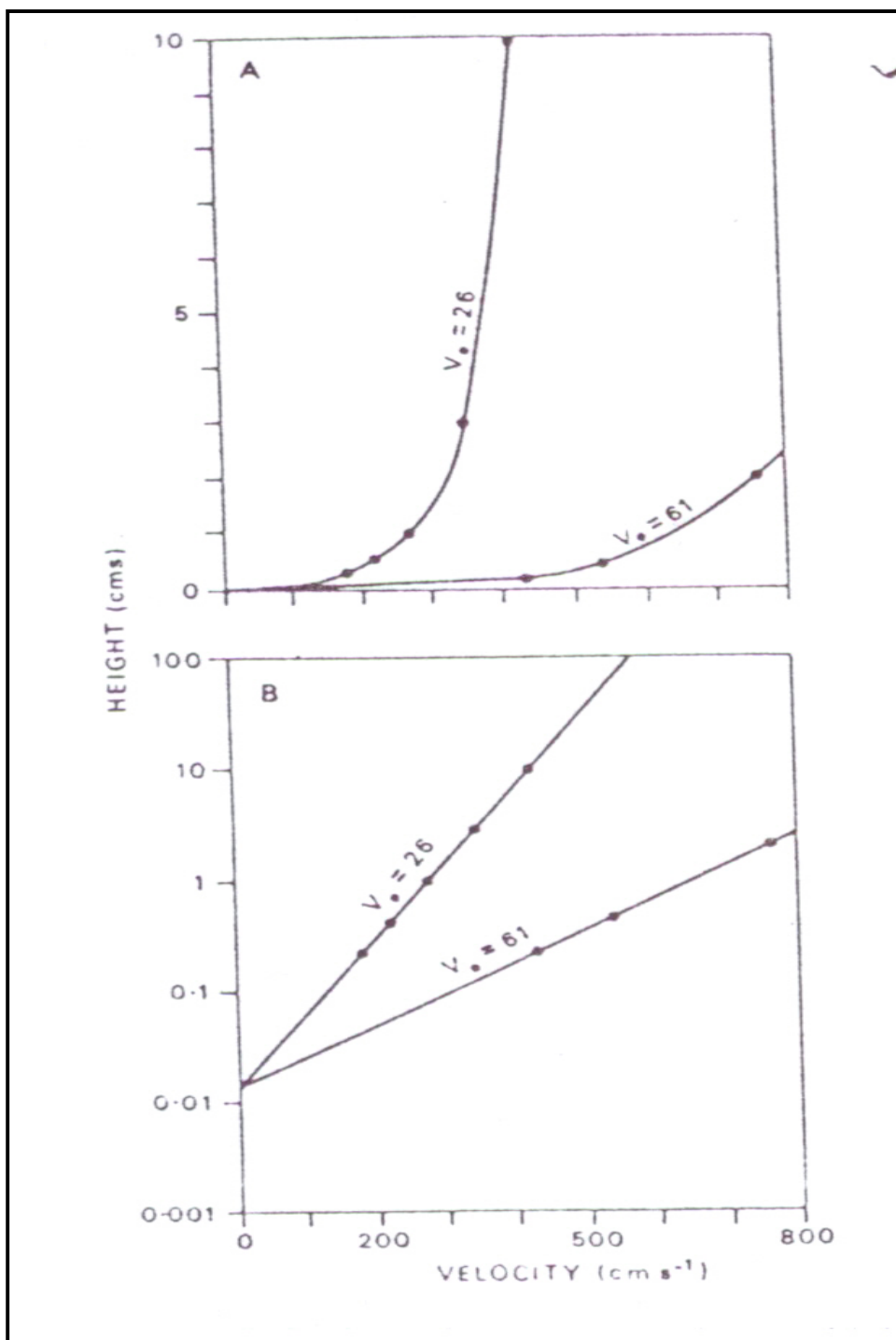
اندازه دانه‌ها برای رهایی و مصون ماندن از حمله باد باید به حد کافی بزرگ باشند. بخشی از سطح بیابان لوت از رسوب با جور شدگی کم پوشیده شده و لذا ذرات ریزتر به تدریج از میان سایر قطعات درشت تر بر اثر باد رفتگی تخلیه شده‌اند. این اشکال پوششی که از دانه‌های درشت و اندازه تقریباً یکسانی تشکیل شده، سنگفرش بیابانی را ایجاد کرده‌است. این موزائیک قلوه سنگی ظاهراً مانع مؤثری برای فرسایش بادی در حال حاضر بشمار می‌آید (محمودی ۱۳۸۲). شکستگی در پوشش مواد رسوبی، مثل اثر تکنیکی یا عوارض ناشی از خشکی یا کم شدن پوشش گیاهی، فرسایش بادی لوت را تسهیل می‌کند و در زدودن رسوب‌های ریز که در زیر سنگفرش‌ها قرار گرفته‌اند، مؤثر واقع شده و تشکیل فرورفتگی یا چاله‌های بادی را ممکن ساخته‌اند. این حوضه‌های بادسابی کم عمق در دشت لوت فراوانند و ارتباطی با تغییرات اقلیمی پنجاه سال گذشته ندارند.

در لوت، درصد سرعت باد آرام به تدریج افزایش می‌یابد و به حد سرعت کشش بحرانی می‌رسد. در این شرایط اجزاء رسوب به جنبش در می‌آیند. قبل از رسیدن به این حد، مواد رسوبی حرکتی ندارند (جدول شماره ۲). این حد سرعت را آستانه سیالیت<sup>۱</sup> می‌نامند. در این وضعیت ذرات ریز تحت تأثیر انحصاری اثر باد است. شروع این حرکت و افزایش سرعت آن و تماس دانه‌های حرکت کننده، به حرکت دانه‌های بزرگ‌تر نیز منجر می‌شود. از اینرو نیروی برشی سیالیت باد برای حرکت دانه‌های ماسه‌ای به شکل جهشی با سرعت خاص، به سرعت بالاتر نیاز دارد. بنابراین سرعت باد باید نسبت به حالتی که با فشردگی و تراکم دانه‌های جهش قبلی همراه است، بیشتر باشد؛ ولی در وضعیت کنونی چنین نیست. بیشتر داده‌های آستانه‌ای باد در لوت با سرعت‌های واقعی بادهایی که حد اکثر در ده متری بالای سطح زمین

اندازه‌گیری می‌شوند، امروزه مورد محاسبه قرار می‌گیرند (بیشتر ایستگاه‌های بادنگاری در ارتفاع ده متری از سطح زمین نصب شده‌اند). این مسئله نشان دهنده سرعت آستانه باد در سطح زمین - یعنی جایی که باد با اجزاء رسوب در تماس است، نمی‌باشد و به همین دلیل نمی‌توان با استناد به داده‌های آماری باد، موضوع را تحلیل کرد. تجربه نشان داده که سرعت آستانه حرکت تقریباً ۱۶ کیلومتر در ساعت (معادل ۴/۴۴ متر در ثانیه) برای بیشتر ماسه‌های بیابانی و از جمله دشت لوت (شکل شماره ۳) و در ارتفاع حداکثر دو متری از سطح زمین است (یعنی ارتفاعی که در ایران و خصوصاً لوت هیچ نوع ایستگاه اندازه‌گیری ندارد) و جهش و خزش در بادهایی با چنین سطح ارتفاعی تغییر نمی‌کند. در دشت لوت درصد میانگین سرعت باد کمتر از ۱۶ کیلومتر در ساعت حدود ۶۰ درصد محاسبه شده، در حالی که ۴۰ درصد سرعت بادهای لوت، بیش از ۱۶ کیلومتر در ساعت است (جدول شماره ۱).

در حال حاضر تمام اشکال سطحی لوت تحت تأثیر درصدی از سرعت باد می‌باشند که بیش از ۱۶ کیلومتر در ساعت سرعت دارند و این بادهای حدود ۴۰ درصد از کل بادهای لوت را تشکیل می‌دهند. از این مقدار حدود ۲۶ درصد باد در لوت، سرعتی بیش از ۵۰ کیلومتر در ساعت دارند. این سرعت است که ارتفاع اشکال ماسه‌ای را بیش از وضعیت ارتفاعی جهشی یا خزشی (تغییر ارتفاع دو متر) تغییر می‌دهد و گاهی منجر به تغییر برخانهایی با ارتفاع بیش از دو متر می‌شود و یا سطوح فرسایشی عمیق مثل یاردانگ‌ها را به صورت محدود تغییر می‌دهد. امتداد یاردانگ‌ها از یک متر تا یکصد کیلومتر در لوت تغییر می‌کند. در تمام اندازه‌ها یاردانگ‌ها با شیارهای موازی مشابه کشتی‌های از یک طرف برگشته، مشاهده می‌شوند که در مقابل باد مقاومت بسیار کمی دارند، ولی در حال حاضر باد شدیدی (مثل بادهای قدیمی با حداقل فرا تر از ۱۰۰ کیلومتر و یا تا ۳۰۰ کیلومتر در ساعت) در منطقه وزش ندارد. به هر حال این شکل‌ها بیشتر تحت اثر عمل باد کند (یعنی جابجائی مواد ریز توسط باد در مقایسه با بادهای گذشته) قرار دارند، نه سائیدگی بر اثر باد شدید. در ضمن ذرات جدا شده شاید خود به سائیدگی و گرد شدگی گودال‌های مجاور کمک کنند (امروزه علاقه به مطالعه یاردانگ‌ها شاید بیشتر مشاهده اشکال خطوط جریانی ظاهر در سطح باشد، و دشت لوت محیط بسیار مناسبی برای مطالعه آنها به طور خاص است).

سرعت باد نزدیک سطح زمین به طور گسترده‌ای به میزان ناهمواری‌های سطحی نیز بستگی دارد. این سرعت در سطح زمین ممکن است از بسیار شدید تا صفر کاهش یابد (شکل شماره ۱۵) (چوردلی ۱۹۸۴). ناهمواری‌های سطح زمین اگر با گیاه پوشیده شده باشد، تأثیر مهمی در کاهش میزان سرعت باد سطحی دارد. در واقع سرعت باد در بعضی از زمین‌های هموار، پست و دارای پوشش گیاهی به صفر نزدیک می‌شود. طبق نظر بگنولد (۱۹۴۱) از طریق قطر ذرات می‌توان به ارتفاعی که باد در سرعت صفر قرار دارد، پی برد. وی بیان می‌کند که اگر قطر متوسط دانه‌های سنگی روی سطح زمین ۳۰ میلی‌متر باشد، سرعت باد در یک میلی‌متر روی سطح زمین به صفر می‌رسد (به عبارتی  $\frac{1}{3}$  متوسط قطر دانه های سنگی روی سطح زمین) (چوردلی ۱۹۸۴).



شکل ۱۵- تغییرات سرعت باد نسبت به ارتفاع: الف- به صورت حسابی ب- به صورت لگاریتمی حسابی برای دو سرعت کشتی مختلف ترسیم شده است (بگنولد ۱۹۴۱، صص ۴۹ و ۴۸)

به‌طور مثال در دشت‌های ریگی آتشفشانی که میانگین قطر دانه‌های ذرات سنگی آنها ۶۰ میلی‌متر است، سرعت باد در ارتفاع دو میلی‌متری سطح زمین به صفر می‌رسد. این موضوع اهمّیت ناهمواری سطح زمین را در کاهش میزان سرعت باد در سطح زمین به لحاظ تجربی بیان می‌کند. از طرفی دانه‌های بزرگ‌تر با ممانعت از افزایش سرعت باد مانع از حرکت دانه‌های کوچک‌تر می‌شوند و لذا مانند حفاظی زرهی، سایش بادی را خیلی زیاد کاهش می‌دهند. در دشت لوت تنها قسمتی که می‌توان به سرعت باد و ناهمواری سطحی آن اندیشید، منطقه‌ای است که موادّ سطحی آن از بازالت تشکیل شده است. اثر آبی- بادی حفره‌های کوچکی در سطح آن ایجاد کرده و متوسط قطر دانه‌ها را می‌توان تا ۵۰ میلی‌متر تخمین زد. بنابراین با توجه به نظر بگنولد اثر باد در ۱/۷ میلی‌متری سطح زمین به صفر می‌رسد و لذا سطح قاعده این حفره‌ها تا حدودی از ماسه‌های دانه ریز پوشیده شده و دانه‌های بزرگ‌تر در لبه خارجی و سطح بیرونی گودی‌ها قرار گرفته‌اند. محمودی (۱۳۸۲ و ۱۳۶۸) آنها را گندم بریان نام نهاده است و چون یک سطح تقریباً گسترده‌ای را می‌گیرد و نسبت به سطوح مجاور در ارتفاع بالاتری قرار دارد، آنها را فلات گندم بریان گویند. توجه به ارتباط نظری بین قطر دانه‌های سنگی در سطح زمین و سرعت صفر باد و دانه‌های ماسه‌ای لوت مسئله حرکت ماسه‌ها را بیان نمی‌کند. حرکت ماسه‌ها و ایجاد شکل و به‌طور کلی تغییر اشکال، نیازمند به وجود پنج شرط قبلی است. اگر پنج شرط قبلی فراهم باشد، حرکت ماسه‌ها و شکل‌زائی را می‌توان مورد بررسی قرار داد، ولی مهم‌ترین آنها، کیفیت اثر باد است. در کیفیت اثر باد باید به فراوانی سرعت باد و دبی ماسه‌ها در مقابل هر متر مربع فضا بیشتر توجه کرد. هرچه سرعت باد کمتر باشد، دبی ماسه‌ها کاهش می‌یابد. از اینرو ماسه‌هایی که اکنون در دشت لوت حالت سکون و ثبات دارند، ناشی از این وضعیّت است که در معرض باد با کیفیت سرعتی حداقل قرار دارند. به عبارت دیگر بادهای با سرعت حداقل، دارای فراوانی بسیار بالایی در دشت لوت است (شماره ۲). این وضع با حرکت و جهت ماسه‌ها که در قدیم در لوت رخ داده است، مغایرت دارد (پلیوسن و پلیوستوسن). حرکت و جابجائی زیاد

ماسه‌ها در گذشته، اغلب به علت فراوانی بادهای با سرعت شدید (طوفانی و بیش از ۸۰ کیلومتر در ساعت و حتی تا حد ۳۰۰ کیلومتر در ساعت) اتفاق افتاده است. بنابراین اشکال سطحی دشت لوت نباید تغییراتی را در ارتباط با سرعت‌های باد کنونی داشته باشند.

شکل ۱۶- عکس هوایی از قلمرو ماسه‌های دشت لوت که در حالت سکون و ثبات پایدار می‌باشد.



جدول ۱- نوع باد و تأثیر ژئومرفولوژیکی آن در لوت بر اساس داده‌های چهار ایستگاه باد  
سنجی کرمان، زاهدان، بم و نصرت آباد طی دوره (۱۳۷۹-۱۳۳۰)

ماه	باد غالب	جهت باد با حداکثر سرعت	سرعت حداکثر
بهمن january	شمالی - شمالشرقی	جنوبغربی	۲۳-۲۲
اسفند feb	شمالی	جنوبغربی	>۳۴
فروردین March	جنوبغربی - شمال - شمالشرقی	جنوبغربی	>۳۴
اردیبهشت April	شمال - شمالشرقی - جنوبغربی	جنوبغربی	>۳۴
خرداد May	شمال - شمالشرقی	شمالی	۲۳-۲۲
تیر June	شمال - شمالشرقی	شمالی - شمالشرقی	۲۳-۲۲
مرداد July	شمالشرقی - شمالی	شمالشرقی	۲۳-۲۲
شهریور August	شمال - شمالشرقی	شمالی	۲۳-۲۲
مهر September	شمال - شمالشرقی	شمالی	۲۳-۲۲
آبان October	شمال - شمالشرقی	شمالی	۱۶-۱۱
آذر November	شمالی	شمالی	۲۱-۱۷
دی December	شمالی	شمالی	۲۱-۱۷

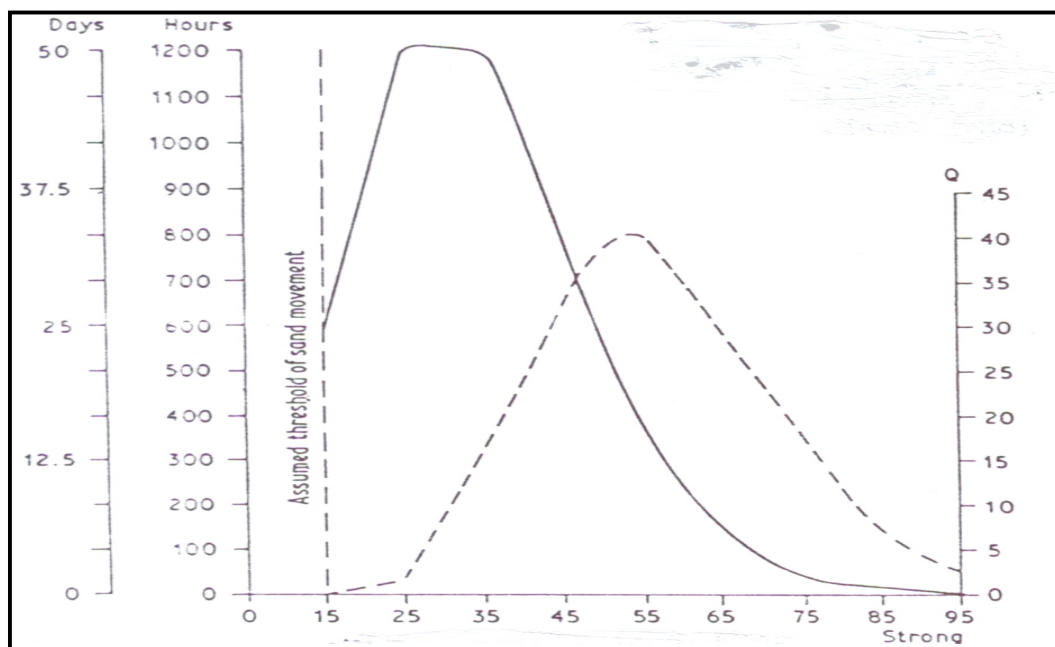
جدول ۲- جهت باد غالب، جهت باد با حداکثر سرعت و سرعت حداکثر از ایستگاه  
زاهدان و کرمان طی دوره (۱۳۶۹-۱۳۳۰).

ماه	باد غالب	جهت باد با حداکثر سرعت	سرعت حداکثر
بهمن january	شمالی - شمالشرقی	جنوبغربی	۲۳-۲۲
اسفند feb	شمالی	جنو غربی	>۳۴
فروردین March	جنوبغربی - شمال - شمالشرقی	جنوبغربی	>۳۴
اردیبهشت April	شمال - شمالشرقی - جنوبغربی	جنوبغربی	>۳۴
خرداد May	شمال - شمالشرقی	شمالی	۲۳-۲۲
تیر June	شمال - شمالشرقی	شمالی - شمالشرقی	۲۳-۲۲
مرداد July	شمالشرقی - شمالی	شمالشرقی	۲۳-۲۲
شهریور August	شمال - شمالشرقی	شمالی	۲۳-۲۲
مهر September	شمال - شمالشرقی	شمالی	۲۳-۲۲
آبان October	شمال - شمالشرقی	شمالی	۱۶-۱۱
آذر November	شمالی	شمالی	۲۱-۱۷
دی December	شمالی	شمالی	۲۱-۱۷



اگر فراوانی بادهای طوفانی در طی سال بیشتر از بادهای ضعیف و غیر طوفانی باشد، دبی ماسه‌ها در متر مربع متناسب با سرعت و مدت زمان طوفان افزایش می‌یابد. در حال حاضر عدم پیوستگی بادهای طوفانی (که اصولاً نباید از ۲۴ ساعت فراتر باشد)، فراوانی آنها (که ممکن است در طی سال، در روز رخ دهد) و شدت طوفان (که ممکن است از ۱۶ کیلومتر تا ۱۰۲ کیلومتر در ساعت تغییر کند) از جمله عواملی است که در دبی ماسه‌های لوت کنونی نقش بسیار مهمی دارد. وسعت بسیار زیاد پهنه‌های ماسه‌ای (تراکمی بیش از ۸۰۰۰ کیلومتر مربع) و کلوت‌ها (فرسایشی بیش از ۸۲۰۰ کیلومتر مربع)، تأثیرپذیری لوت را آشکار می‌کند و بنظر می‌رسد که در آینده به شکل‌سازی بیشتر فضایی و تراکمی برخان‌های کوچک و ریبیل؟ یارکها (اعوجاج‌های ماسه‌ای) منجر می‌شود. چنان‌که آثار و شواهد توسعه فضایی برخان‌های کوچک در جنوب و روی گستره کلوت‌ها و همچنین تغییر خط‌الرأس‌های تپه‌های ماسه‌ای مشهود است.

وارن (۱۹۷۹) بیان می‌کند که در حال حاضر هیچ‌کدام از بادهای طوفانی متوسط یا قوی نمی‌توانند به‌طور پیوسته در بیش از سه روز وزش داشته باشند (چورلی ۱۹۸۴). این عاملی است که تغییر اشکال سطحی مهم لوت را که ناشی از وزش بادهای طوفانی با بیش از سه روز است، با مشکل روبرو می‌کند؛ لذا دبی ماسه‌ها در حال حاضر بسیار کمتر از مقدار دبی‌ای است که در گذشته رخ داده است. تخمین زده می‌شود که ماسه‌ها در هر متر مربع و در هر سال تا دو تن از طریق باد با سرعت ۲۵ کیلومتر در ساعت و با وزش پیوسته قابلیت تغییر داشته باشند، ولی با این حال، وجود بادی با سرعت فوق و به‌طور پیوسته در حال حاضر بنظر نمی‌رسد.



شکل ۱۷ - ارتباط بین سرعت باد و حرکت ماسه: داده‌های مربوط به باد فرضی است، اما واقعیت دارد. توزیع پواسون در طول چرخه یکساله؛  $Q$  میزان حرکت ماسه بر حسب تن در ازای هر متر پهنا در یک سال؛  $t$  دوره زمانی که بادهایی با سرعت  $v$  در طی سال می‌وزند و  $v_f$  آستانه حرکت را نشان می‌دهد (وارن ۱۹۷۹، ص ۳۳۵).

#### خلاصه و نتیجه‌گیری

اشکال بادی دشت لوت از پنج شرط آتمسفری (وجود باد)، عدم وجود پوشش گیاهی، حمله مستقیم یا مایل باد به سطح زمین، فقدان رطوبت و سست بودن مواد سطحی تشکیل شده‌اند. ارتفاع متوسط دشت لوت ۵۰۰ متر است و حدود ۳۵٪ با ماسه بادی پوشیده شده است. بزرگ‌ترین فضاها ماسه‌ای پیوسته در این دشت، حدود ۱۰۰۰ کیلومتر وسعت دارد. طی پنجاه سال حدود ۷۵۰۰ روز هوا همراه با طوفان و گرد و خاک بوده است. بیشترین هوای طوفانی همراه با گرد و خاک در تیر و مرداد محاسبه شده است. در حال حاضر در دشت لوت جابجائی ماسه‌های بادی در دو وضعیت برشی و خزشی انجام می‌شود. تمام اشکال سطحی لوت در حال حاضر تحت تأثیر درصدی از سرعت باد می‌باشند که بیش از ۱۶ کیلومتر در ساعت سرعت دارند. و این بادهای حدود ۴۰ درصد از کل بادهای لوت را تشکیل می‌دهند که گاهی منجر به تغییر برخانهایی با ارتفاع بیش از دو متر می‌شوند و نشان از تغییرات بسیار کم در مجموعه فضاها ماسه‌ای دارند. به عبارتی، بادهای کنونی فوق برای تغییر اشکال بادی بسیار کند بحساب می‌آیند و با آنچه که در گذشته (دیرینه) اقلیمی و تحت اثر بادهای با فراوانی و شدت فوق العاده زیاد (حتی ۳۰۰ کیلومتر در ساعت) رخ داده، بسیار متفاوت بوده و بنابراین اشکال ماسه‌ای دشت لوت تغییراتی را در ارتباط با بادهای کنونی ندارد.<sup>۱</sup>

۱- این مقاله مستخرج از طرح پژوهشی شماره ۳۱۳/۳/۱۱۰۱ مورخ ۸۲/۱۱/۸ معاونت پژوهشی دانشگاه تهران می‌باشد.

## منابع و مأخذ:

- ۱- احمدی، حسن (۱۳۷۷)، ژئومرفولوژی کاربردی، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۲- درش، ژان (۱۳۶۵)، مقایسه حوضه‌های بسته ایران، جازموریان و لوت، ترجمه احمد شمیرانی سومین کنگره جغرافیدانان ایران.
- ۳- رفاهی، حسینقلی (۱۳۷۵)، فرسایش آبی و کنترل آن، دانشگاه تهران.
- ۴- سازمان هواشناسی، داده‌های اقلیمی کرمان، زاهدان، بم، نصرت آباد، ۱۳۳۰ لغایت ۱۳۶۹، تهران.
- ۵- صدیقی، مهدی و محسن پورکرمانی (۱۳۶۹)، اشکال ناهمواری در نواحی خشک، آستان قدس.
- ۶- علوی پناه، سیدکاظم و حسن احمدی و چفی بایرام کمکی (۱۳۸۳)، مطالعه رخساره‌های ژئومورفولوژیکی منطقه یاردانگ بیابانهای لوت بر اساس تفسیر واحدهای فئومورفیک تصاویر ماهواره ای TM، مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۷، شماره یک.
- ۷- کردوانی، پرویز (۱۳۴۹)، نمونه‌هایی از خاکهای لوت، زنگی احمدی (بیابان لوت)، مؤسسه جغرافیا، دانشگاه تهران.
- ۸- کردوانی، پرویز (۱۳۵۰)، نمونه‌هایی از خاکهای بخش شهداد کرمان، مؤسسه جغرافیا، دانشگاه تهران.
- ۹- کردوانی، پرویز (۱۳۵۴)، شهداد تا ده سلم، خاک، آب، پوشش گیاهی، مؤسسه جغرافیا، دانشگاه تهران.
- ۱۰- کردوانی، پرویز (۱۳۵۶)، اثر انسان و عوامل طبیعی در پیشروی لوت، مرکز تحقیقات منابع کویری و بیابانی ایران، دانشگاه تهران.
- ۱۱- کردوانی پرویز (۱۳۸۱)، مراتع، مسائل و راه‌حلهای آن در ایران، دانشگاه تهران.
- ۱۲- کلینسلی، دانیل (۱۳۸۱)، کویرهای ایران؛ ترجمه عباس پاشایی، انتشارات سازمان جغرافیایی ارتش.
- ۱۳- مستوفی، احمد (۱۳۶۸)، لوت زنگی احمد، مجله پژوهش‌های جغرافیایی دانشگاه تهران.
- ۱۴- محمودی، فرج‌ا... (۱۳۶۸)، چهره زمین در بیابانهای گرم ایران. مجله دانشکده ادبیات دانشگاه تهران.

- ۱۵- محمودی، فرج... (۱۳۸۲)، پراکنندگی ماسه های بادی ایران، سازمان جنگلها و مراتع.
- ۱۶- محمودی فرج... (۱۳۴۹)، شبکه آبهای روان لوت، نشریه شماره ۳، گزارش های جغرافیایی، مؤسسه جغرافیا، دانشگاه تهران.
- ۱۷- معتمد، احمد (۱۳۵۳)، مسائل زمین شناسی چاله لوت، مجله پژوهش های جغرافیایی، دانشگاه تهران.
- ۱۸- معتمد، احمد (۱۳۷۱)، زمین شناسی عمومی، دانشگاه تهران.
- ۱۹- مقیمی ابراهیم (۱۳۷۸)، تغییرات اقلیمی در تطبیق با تغییرات ژئومورفولوژی، مورد ایران، مجله پژوهش های جغرافیایی، دانشگاه تهران.
- ۲۰- مؤسسه جغرافیا، اطلس اقلیمی ایران، دانشگاه تهران، ۱۳۴۴.
- 21-Bagnold , R.A 1941.the physics of blown sand and desert dunes, London , Methuen,.
- 22-Brian .J. Skinner and Stephen , C. porter, 1995. The dynamic Earth, John wiley and sons , ins,.
- 23-Chorley , R.J. Stanley, A. sugden , E. 1984. Geomorphology, Methuen and co. ltd, London,.
- 24-Cooke, R .U. and Werren , A. 1973. Geomorphology in Deserts, London Bast ford,.
- 25-Lancaster , N, 1982 Linear dunes, progress in physical Geomorphology , vol , 6,.
- 26-Warren ,A, 1976. Aeoliam processes, London, Arnold,.