



مطالعه ژئومرفولوژی یاردانگ‌های لوت

ناصر مشهدی^۱، سید کاظم علوی پناه^۲ و حسن احمدی^۳

۱، ۲، مری پژوهشی و استادیار مرکز تحقیقات مناطق کویری و بیابانی ایران - دانشگاه تهران

۳، استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

تاریخ وصول مقاله ۸۱/۳/۲۵

چکیده

کلوت یا یاردانگ‌های لوت یکی از ناهمواریهای ویژه مناطق بیابانی ایران می‌باشد که در سازندهای مارنی درحوزه آبخیز بسته لوت در جنوب شرقی ایران واقع گردیده است و وسعتی به طول حدود ۱۲۰ کیلومتر و عرض ۸۰ کیلومتر را پوشش می‌دهد. یاردانگ‌های لوت هر چند که در حال حاضر تحت تاثیر فرسایش بادی انتخابی می‌باشد ولی بررسی‌های فیزیوگرافی - ژئومرفولوژی نشان داده که هم فرآیند فرسایش آبی و فرسایش بادی در شکل‌گیری آنها دخالت داشته‌اند. مطالعات ژئومرفولوژی انجام شده بر اساس تفسیر تصاویر ماهواره‌ای لندست، عکس‌های هوایی (مقیاس ۵۰۰۰۰: ۱ و ۲۰۰۰۰: ۱) و بازدیدهای صحرائی نشان داد که دو لند فرم کاملاً مجزادر مناطق یاردانگ‌ها وجود دارند. یکی پشته‌ها و دیگری راهروها. چهره پشته‌ها عمدتاً تحت تأثیر دو نوع فرسایش آبی و بادی پرداخت شده‌اند. به طوریکه آثار فرسایش آبی به صورت فرسایش شیاری و آبراه‌های در بالای دامنه پشته‌ها و آثار فرسایش بادی به صورت بادکنندگی در بخش قاعده آنها دیده می‌شود. راهروها به صورت فضاهای خالی بین پشته‌ها قرار گرفته‌اند که سطح آنها را اشکال ریپل مارک (درشت دانه و ریز دانه) کفه‌های رسی - سیلتی و تپه‌های ماسه‌ای در ابعاد گوناگون پوشش داده‌اند. با توجه به مطالعات ژئومرفولوژی پشته‌ها و راهروها مشخص می‌شود که باد غالب منطقه شمال غربی جنوب شرقی می‌باشد. اثر باد غالب بر روی منطقه یاردانگ‌ها، اشکال زیر را از شمال به جنوب بر جای گذاشته‌است. شمال منطقه، یاردانگ‌های با تراکم و ارتفاع کم، بخش مرکزی، یاردانگ‌های با تراکم زیاد و ارتفاع بیشتر و نهایتاً در جنوب منطقه تپه‌های ماسه‌ای طولی و هلالی شکل که حاصل عمل فرسایش بادی بر روی یاردانگ‌ها می‌باشد وجود دارند.

واژه‌های کلیدی: پشته، راهرو، لندفرم، بیابان لوت، بادکنندگی، فرسایش بادی انتخابی،

تپه‌های ماسه‌ای هلالی

مقدمه

فرسایش در مناطق بیابانی مناظری را به وجود می‌آورد که این مناظر بر اساس عوامل زمینی کنترل می‌گردند، پوشش گیاهی، سنگریزه در سطح زمین، سطح آب زیرزمینی و جنس سنگ بستر می‌توانند فاکتورهای مناسب جهت ایجاد ناهمواریهای بیابانی باشند (۸). بعضی از این ناهمواریها به صورت اشکال عمومی مناطق بیابانی مطرح می‌باشند مانند بیابان‌های ماسه‌ای، تپه‌های ماسه‌ای و بعضی از آنها به عنوان اشکال ویژه مناطق بیابانی هستند مانند یاردانگ‌ها.

یاردانگ یک کلمه ترکمنی است (Hedin ۱۹۰۳) که هم اکنون در ژئومرفولوژی برای پشته‌های با رسوبات دریاچه‌ای استفاده می‌شود که بین شیارهای حاصل از لایروبی آب و باد در جهت شیب غالب کشیده شده‌اند (۸) که به فارسی به آن کلوت گفته می‌شود. لنداسکیپ یاردانگ نتیجه عمل فرسایش آبی و بادی انتخابی می‌باشد که در پلایاهای خشک جایی که باد دارای محدوده فعالیت عمودی بیشتر است به وجود می‌آید. در صورتیکه یک چنین اشکالی در پلایاهای مرطوب که لندفرم‌های سطح زمین توسط آب زیرزمینی کنترل می‌شوند دیده نمی‌شود (۷). منطقه یاردانگ لوت حوزه انتهایی مسیلهایی است که سرچشمه آنها از ارتفاعات اطراف بوده و به طرف این منطقه سرازیر می‌شوند. مسیر این

مسیلهها پس از ورود به یاردانگ‌ها تغییر یافته و بعضاً در داخل راهروها جاری می‌شوند. دو شکل مشخص و مجزا در یاردانگ‌های لوت وجود دارد که شامل پشته‌ها و راهروها می‌باشند و هر کدام حدود ۵۰ درصد وسعت منطقه را به خود اختصاص داده‌اند.

مواد و روشها

یاردانگ‌های لوت به لحاظ داشتن وسعت زیاد و همچنین شرایط ویژه از نظر جغرافیایی، فیزیوگرافی، ساختمانی و مرفولوژی می‌بایست ابتدا به آن به صورت یک مجموعه همگن چه در رابطه باخودش و چه در رابطه با مجموعه‌های اطراف نگرست و سپس به صورت موردی اقدام به مطالعه کرد. بنابراین نگرش در این پژوهش، ابتدا حوزه آبخیز لوت بررسی شد. این مطالعه بر اساس نقشه‌های مقیاس کوچک توپوگرافی و زمین‌شناسی شروع شد. بعد از تعیین محدوده حوزه، لندفرم‌های اصلی آن و ارتباط ساختمانی آن با وضعیت ساختمانی کل ایران انجام گرفت. در مرحله بعد اقدام به بررسی نقشه‌های توپوگرافی و زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ گردید (۳). به طوریکه نقشه‌های توپوگرافی، وضعیت فیزیوگرافی، شبکه زهکشی، ارتباط بین لندفرم‌های اراضی مرتفع و اراضی پست،

کوتاهی که از هزار متر تجاوز نمی‌کنند از دشت کویر جدا می‌شود (۱۰).

بر اساس تفسیر عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای و تطبیق آنها با نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ یاردانگ‌های لوت در مختصات جغرافیایی طول شرقی ۵۷ درجه و ۳۹ دقیقه در غربی‌ترین نقطه (شمال غرب یاردانگ‌ها) تا ۵۸ درجه و ۴۷ دقیقه در شرقی‌ترین نقطه (جنوب شرقی یاردانگ‌ها) و در ۲۹ درجه و ۴۹ دقیقه در جنوبی‌ترین نقطه (جنوب یاردانگ‌ها) تا ۳۰ درجه و ۵۸ دقیقه در شمالی‌ترین نقطه (شمال غرب یاردانگ‌ها) عرض شمالی واقع گردیده است.

طول و عرض یاردانگ‌های لوت بر اساس اختلاف مختصات جغرافیایی به ترتیب برابر ۱۲۷ و ۱۱۰ کیلومتر می‌باشد ولی با توجه به شکل گستره یاردانگ‌های لوت (حدود متوازی‌الاضلاع) می‌توان متوسط طول ۱۲۰ کیلومتر و متوسط عرض ۸۰ کیلومتر را برای وسعت آنها در نظر گرفت (شکل شماره ۱).

پائین‌ترین ارتفاع از سطح دریا در یاردانگ‌های لوت ۵۶ متر، که مربوط به بریدگی و چاله‌ای در شرق و بلندترین ارتفاع از سطح دریا ۳۹۹ متر است که مربوط به قله پشته‌ای در جنوب شرق آن می‌باشد (۳).

یاردانگ‌ها و تپه‌های ماسه‌ای را مشخص و نقشه‌های زمین‌شناسی، ساختار سنگ‌شناسی و ساختار زمین ساخت و همچنین ارتباط این دو ساختار را در شکل‌دهی یاردانگ‌ها مشخص کرد.

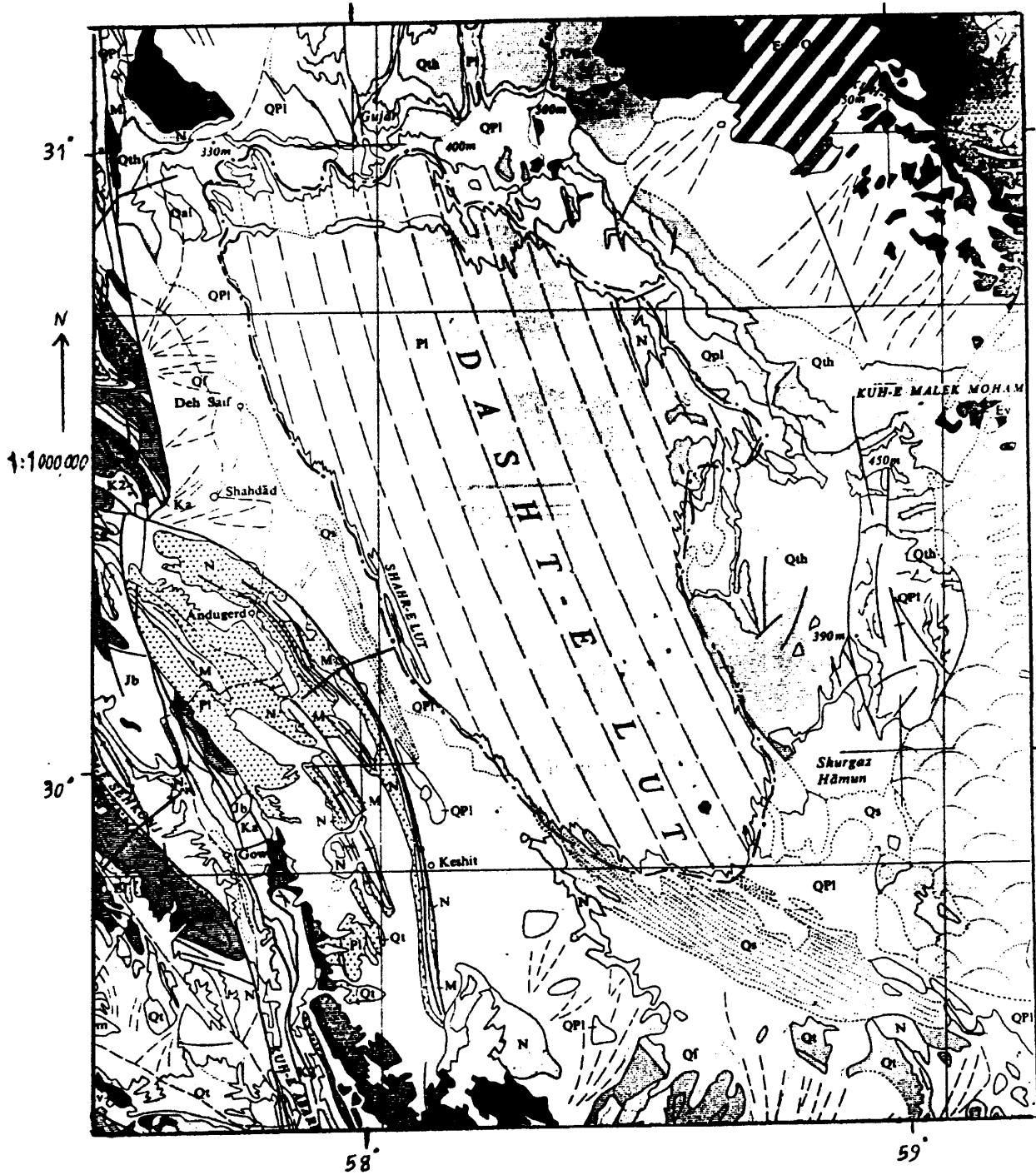
پس از بررسی‌های نقشه‌های فوق اقدام به مطالعه در مقیاس بزرگتر شد. با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای ۱:۱۰۰۰۰۰، عکس‌های هوایی ۱:۵۰۰۰۰ و نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ و تفسیر آنها (۳)، یاردانگ‌ها بر اساس اندازه، فاصله‌بندی به واحدهای کوچکتر تقسیم گردیدند. بعضی از این واحدها قابل دسترس و بعضی غیر قابل دسترس بودند.

مرحله نهایی مطالعه بر اساس تفسیر عکس‌های هوایی ۱:۵۰۰۰۰ و ۱:۲۰۰۰۰ و تصاویر ماهواره‌ای به مقیاس ۱:۱۰۰/۰۰۰ باز دیده‌های صحرائی صورت گرفت (۶ و ۵). مطالعات صحرائی جهت بررسی‌های نهایی، تکمیل تفسیر عکس‌های هوایی و نمونه‌برداری انجام شد.

نتایج

۱- فیزیوگرافی

یاردانگ‌های لوت در پلائیای حوزه آبخیز بسته لوت در جنوب شرقی ایران واقع گردیده‌اند که این حوزه پس از حوزه آبخیز دشت کویر دومین آبخیز بزرگ داخلی ایران می‌باشد که به وسیله ارتفاعات



..... محدودہ یاردانگ‌های لوت

شکل ۱- موقعیت جغرافیایی گستره یاردانگ‌ها در روی نقشه زمین‌شناسی

۲- ژئومرفولوژی

از عوامل مؤثر در تشکیل یاردانگ‌ها به شمار می‌رود. اگر چه این فرآیندها به طور موضعی و محلی شکل‌های خاصی را به یاردانگ‌ها می‌دهند ولی وجود مخروط افکنه وسیع و بزرگ در شمال، غرب و جنوب یاردانگ‌ها نشان از فرایندهای فرسایش آبی در منطقه می‌دهد. از طرفی وجود آرگ بزرگ ریگ بلند یلان در شرق یاردانگ‌ها نشان دهنده منابع ماسه گسترده چه در گذشته و چه در حال حاضر در حوزه لوت است که این نیز نشان دهنده فعالیت فرایندها فرسایش آبی در حوزه لوت می‌باشد. بر اساس این شواهد، ساختار مارن که یاردانگ‌ها در روی آنها شکل گرفته شده‌اند از این امر مستثنی نبوده و تحت تأثیر همین فرسایش‌های آبی قرار گرفته‌اند و با توجه به شکل کنونی پشته‌ها و آثار فرسایش بر روی آنها به نظر می‌رسد که فرسایش آبی در گذشته در روی ناهمواری‌های مارنی مذکور تا حد گالی و بدلند نیز وجود داشته است (شکل شماره ۲).

بنابراین با وجود فرسایش آبی در روی این ناهمواری‌ها، آبراهه‌ها و گالی‌هایی که در جهت باد غالب (شمال غرب - جنوب شرق) قرار داشته‌اند نسبت به بقیه گالی‌ها گسترش بیشتری یافته‌اند. با ادامه فرسایش بادی در این گالی‌ها، کم کم پشته‌ها شکل گرفته شده‌اند. در فرآیند عریض شدن گالی‌ها توسط لایروبی باد، راهروها تشکیل شده و در همین حال

در پلایای حوزه آبخیز بسته لوت اشکال ویژه‌ای شکل گرفته که از راهروهای موازی (در اصطلاح محلی کوچه) و پشته‌هایی با یالهایی تقریباً تیز و دامنه‌های با شیب نسبتاً زیاد (در اصطلاح محلی به کلوت و برا معروف می‌باشد) تشکیل شده است. این اشکال در اصطلاح ژئومرفولوژی یاردانگ نامیده می‌شود.

۲-۱- چگونگی تشکیل

عامل اصلی شکل‌گیری یاردانگ‌های لوت مسیله‌ها، جریان‌های آبی و بادهای غالب شمال غربی - جنوب شرقی می‌باشد. بررسی توپوگرافی آنها نشان می‌دهد که هم فرایندهای بادی و هم آبی در شکل‌گیری آنها دخالت داشته‌اند. این توپوگرافی‌ها یکی شامل راهروها و پشته‌های موازی با باد غالب (شمال غربی - جنوب شرقی) می‌باشد و دیگری بریدگی‌های موجود بین پشته‌های ممتد می‌باشد که عمود بر جهت باد غالب بوده و باعث جدا شدن پشته‌های ممتد می‌شوند.

بنابراین می‌توان تحول و تکامل ژئومرفولوژی این دو نوع توپوگرافی را نتیجه فرایندهای فرسایش آبی و بادی دانست:

باید توجه داشت عواملی مانند وضعیت زمین ساخت، شیب منطقه و به ویژه ساختار سنگ‌شناسی

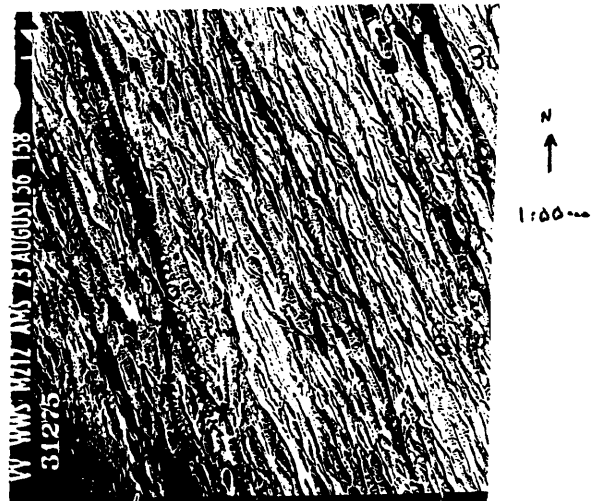
در طول فرآیندهای فوق نیز تحول دیگری در گالیهای که عمود به جهت باد غالب می‌باشند اتفاق می‌افتد. بدین ترتیب که با گسترش و عریض شدن راهروها، گالیهای فوق، پشته‌ها را به صورت عرضی از یکدیگر جدا کرده و به صورت پشته‌های متوالی و ممتد در می‌آورند (شکل شماره ۴).

همانطور که بیان شد فرایند فرسایش بادی نیز در ایجاد، گسترش و تحول یاردانگ‌های لوت مؤثر می‌باشد. فرسایش بادی در راهروها با گسترش عرض آنها و در بریدگی‌های عرضی با تحت تأثیر قرار دادن پشته‌ها آنها را به شکل آئرودینامیکی در می‌آورد به طوریکه دامنه رو به باد دارای شیب زیاد و دامنه پشت به باد آنها با شیب کم در می‌آیند. به طور کلی نقش باد به دو صورت در یاردانگ‌های لوت مشخص می‌گردد (شکل شماره ۵).



شکل ۴- ایجاد پشته‌های مجزا و ممتد بر اثر گسترش و

عریض شدن راهروها



شکل ۲- آثار فرسایش آبی (گالی و بدلد) در روی ناهمواری‌های مارنی



شکل ۳- تحول و تکامل پشته‌ها و راهروها

عرض پشته‌ها نازکتر و باریک‌تر شده‌اند. تحول نهایی گالی‌های حاصل از فرسایش آبی به راهروهای کنونی یا فضای باز بین پشته‌ها در حال حاضر است. عرض این راهروها در جایی که فرآیندهای فرسایش بادی تحول چندانی ایجاد نکرده متوسط ۵۰ متر (مناطق مرکزی لوت) و در مناطقی که تکامل و تحول ژئومورفولوژی زیادی پیدا کرده‌اند به متوسط ۱/۵ کیلومتر می‌رسد (مناطق شرقی و غربی لوت) (مقایسه شکل‌های شماره ۲ و ۳).

- فرآیند پراکنده شدن مواد ریزدانه توسط آبهای شور به خصوص رودخانه شور که از طریق مسیل از شمال به داخل لوت می‌ریزد و آنگاه حرکت ذرات و فرسایش اینگونه اراضی توسط بادهای با سرعت زیاد.

- فرآیند دیگری که تشکیل یاردانگ‌های لوت را بیان می‌کند حاصل عمل فرسایش بادی در مناطق خشک است. پوشش گیاهی مناطق بیابان به طور معمول به صورت دسته‌ای و پراکنده بوده و معمولاً به طور منظم دارای فاصله از یکدیگر هستند حال اگر باد با سرعت زیاد زمین‌های بین پوشش گیاهی را حفر کند دالان‌هایی که در ابتدا کم عمق هستند را به وجود می‌آورد که این دالانها به مرور زمان گسترش یافته و راهروها را به وجود آورد و مناطقی که دارای پوشش گیاهی هستند نیز پشته‌ها را تشکیل می‌دهند (۸).

- همچنین از فرآیندهای یاد شده دیگر در تشکیل یاردانگ‌ها، عمل مشترک آب و باد می‌باشد. بدین ترتیب که در فصول مرطوب پس از بارندگی‌های موقتی در بیابان، آب در داخل حفره و چاله‌های کوچک انباشته شده و ماده خمیری شکل به وجود می‌آورد که پس از خشک شدن سست گردیده و در فصول خشک در نتیجه وزش بادهای غالب، حفره‌ها و چاله‌ها به تدریج



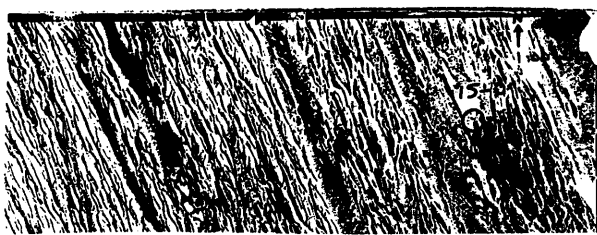
شکل ۵- شکل آئرو دینامیکی پشته‌ها در رابطه با باد غالب اول جهت باد، عاملی است که مسیر و کشیدگی پشته‌ها و راهروها را شکل می‌دهد. کشیدگی این اشکال بادهای غالب منطقه را که شمال غربی جنوب شرقی می‌باشد را مشخص می‌کند. دوم رژیم باد، که فرم اصلی یاردانگ‌ها را به وجود می‌آورد. وجود پشته‌هایی با پیشانی با شیب زیاد و دامنه پشت به باد با شیب کم نشان دهنده رژیم باد یک جهتی است.

قابل ذکر است که این دو عامل موثر باد در ایجاد شکل‌گیری یاردانگ‌ها را می‌توان در تپه‌های ماسه‌ای و یا ریبیل مارک‌های^۱ موجود در راهروهای یاردانگ‌ها نیز مشاهده کرد که در بخش مربوطه توضیح داده خواهد شد.

فرایندهای دیگری نیز برای ایجاد، گسترش و تحولات یاردانگ‌ها بیان شده است که از آن جمله می‌توان به فرآیندهای زیر اشاره کرد:

1. Ripple Mark

تفسیر چشمی تصاویر ماهواره‌ای و همچنین تفسیر سه بعدی عکس‌های هوایی نشان داد که پشته‌ها دارای ابعاد مختلف بوده و تراکم آنها در واحد سطح به طرف مرکز لوت افزایش می‌یابد به طوری که در اطراف دارای تراکم کم و در بعضی محل‌ها از یکدیگر کاملاً مجزا هستند. ولی در منطقه مرکزی، پشته‌ها دارای تراکم زیاد بوده که هم در طول و در عرض مجموعه‌ای از پشته‌ها را تشکیل می‌دهند که در بعضی مواقع غیر قابل تفکیک از یکدیگر هستند (شکل شماره ۶).



(۱) (۲)

شکل ۶: (۱) پشته‌های مجزا در کناره (۲) تجمع پشته‌ها در منطقه مرکزی گستره یاردانگ‌ها

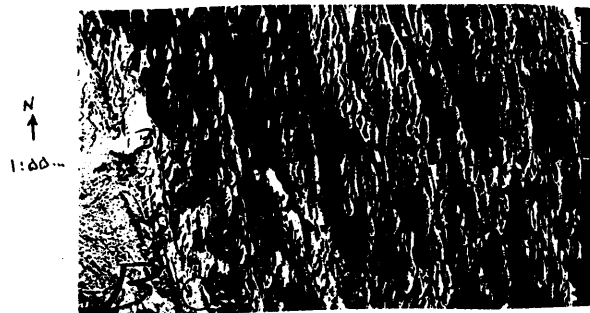
وضعیت راهروها نیز بدین صورت می‌باشد که در اطراف لوت، آنها دارای طول و عرض زیادی بوده به طوری که بعضاً یک ردیف از پشته‌ها را در بر می‌گیرند. در مرکز لوت شرایط تغییر کرده و راهروها دارای طول و عرض کمی شده و در این منطقه راهروهای با طول و عرض زیاد مجموعه پشته‌های ذکر شده در بالا را در بر می‌گیرند (مقایسه شکل‌های

بزرگتر شده، ادامه این پدیده در بیابان‌ها کم کم در محل حفره‌ها، بریدگی‌های طولی تشکیل شده که به تدریج در نتیجه عوامل فرسایشی، اشکالی شبیه کلوت (یاردانگ) ایجاد می‌نمایند و زمین‌های حد فاصل حفره‌های متوالی به صورت پشته یاردانگ‌ها در آمده و دالانها در محل حفره‌ها به وجود می‌آیند (۱).

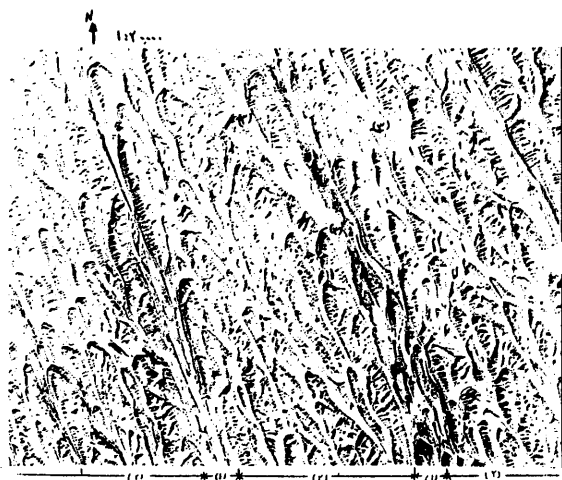
۲-۲- ابعاد یاردانگ

تفسیر عکس‌های هوایی، تصاویر ماهواره و مطالعه نقشه‌های توپوگرافی نشان داد که پشته‌ها و راهروهای یاردانگ‌های لوت دارای ابعاد گوناگون (اندازه و حجم) می‌باشند. اگر چه فرآیندهای فرسایشی به ویژه فرسایش بادی بر تمامی مناطق ناهمواریهای مارنی اثر می‌کنند.

مطالعات انجام شده نشان داده که چهار عامل سنگ‌شناسی، تحول و تکامل فرسایش‌آبی در گذشته، سرعت باد (تحول و تکامل فرآیند فرسایش بادی) و سن سازند در اندازه یاردانگ‌ها مؤثر می‌باشد (۷). پشته‌ها در لوت دارای ابعاد گوناگون اعم از ارتفاع، طول و عرض می‌باشند. همچنین راهروها دارای چنین وضعیتی از نظر طول و عرض هستند. جهت مطالعه ابعاد این دو عنصر یاردانگ‌ها، ابتدا مطالعه‌ای توأمان بر روی تصاویر ماهواره، عکس‌های هوایی و نقشه‌های توپوگرافی صورت گرفت.



شکل ۷- ابعاد راهروها و پشته‌ها در کناره گستره یاردانگ‌ها



شکل ۸- ابعاد راهروها و پشته‌ها (تجمع پشته‌ها) در منطقه

مرکزی گستره یاردانگ‌ها. (۱) راهروها (۲) تجمع پشته‌ها (۳) بریدگی‌های حاصل از لغزش ثقلی

دومنطقه، مطالعه هیپسومتری^۱ (با در نظر گرفتن تفسیر عکس‌های هوایی) صورت گرفت (۱۱) (شکل‌های شماره ۹ و ۱۰ و ۱۱). در این مطالعه خطوط تراز، با توجه به وضعیت ارتفاع پشته‌ها با اختلاف ۲۰ و ۴۰ متر انتخاب گردید.

۲-۳- شکل پشته‌ها و راهروها

هر چند که اندازه پشته‌ها و راهروهای یاردانگ‌ها در گستره لوت متفاوت می‌باشد ولی

۷ و ۸). بر اساس روش تقسیم‌بندی فوق و با توجه به وسعت زیاد یاردانگ‌ها که امکان مطالعه تمامی منطقه و بازدیدهای صحرائی را محدود می‌کند، مطالعه پشته‌ها و راهروها از نظر اندازه در یک مورد به صورت بازدید صحرائی (منطقه غرب - شهداد) و در دومنطقه بر اساس تقسیم‌بندی ارائه شده به صورت نمونه توسط تفسیر عکس‌های هوایی انجام گرفت. بر این اساس در مناطقی که تراکم پشته‌ها کم می‌باشد بزرگترین پشته‌ها با طول حدود ۶۰۰ متر و عرض حدود ۱۴۰ متر و ارتفاع حدود ۳۰ متر و کوچکترین پشته‌ها با طول ۵۰ متر و عرض ۳۰ متر و ارتفاع کمتر از ۲۰ متر می‌باشد. در این بخش طول متوسط راهروها ۸۰۰ متر و عرض متوسط ۶۰ متر است. در بخش مرکزی یاردانگ‌ها، پشته‌ها و راهروها به صورت مجتمع درآمده‌اند و توسط دو راهرو با طول و عرض زیاد از یکدیگر جدا شده‌اند متوسط طول تجمع یاردانگ‌ها ۲۰۰۰۰ متر (۲۰ کیلومتر) و متوسط عرض آنها ۳۰۰۰ متر (۳ کیلومتر) می‌باشد. این تجمع با راهروهایی با طول تقریباً برابر آنها و عرض متوسط ۱۰۰۰ متر (۱ کیلومتر) از یکدیگر جدا می‌شوند. (شکل شماره ۶). طول متوسط پشته‌ها در تجمع یاد شده ۱۵۰۰ متر و عرض متوسط ۲۰۰ متر و ارتفاع متوسط ۶۰ متر می‌باشد.

همچنین جهت بررسی اندازه پشته‌ها و

راهروها، بر روی نقشه توپوگرافی ۱:۵۰,۰۰۰ همان

1 . Hypsometry

شکل کلی آنها از یک وضعیت خاصی پیروی می‌کند به طوریکه کشیدگی این دو در جهت باد غالب شمال غربی جنوب شرقی می‌باشد.

راهروها به شکل اراضی هموار فضای بین پشته‌ها را پر کرده و سطح اساس پشته‌ها را به وجود آورده‌اند. راهروهای اصلی و بزرگ عمدتاً به صورت موازی بوده ولی راهروهای فرعی و کوچک اگر چه در مقیاس کوچک به صورت موازی می‌باشند ولی طرحی شبیه شبکه شریانی را به وجود می‌آورند (شکل شماره ۸). فرسایش بادی در سطح راهروهای اصلی و بزرگ بریدگی‌هایی را به وجود آورد که بعداً به گودالهایی تبدیل می‌شوند. شکل این گودالها نیز از جهت و رژیم باد غالب پیروی می‌کنند. به طوریکه قسمت ابتدایی گودال (رو به باد) پهن‌تر و گودتر و قسمت انتهایی گودال کشیده و دارای ارتفاع بیشتری نسبت به ابتدا هستند.

پشته‌ها شبیه اشکال آئرودینامیک می‌باشند که بخش پهن‌تر آنها رو به باد و بخش کشیده آنها پشت به باد می‌باشد (عکس شماره ۱) (شکل شماره ۱۲).

بخش پهن‌تر یا دامنه‌رو به باد دارای شیب زیاد و بخش کشیده یا دامنه پشت به باد دارای شیب کم می‌باشند. در حقیقت شکل پشته‌ها بر خلاف شکل تپه‌های ماسه‌ای حاصل از باد یک جهتی (بارخانها) می‌باشند. مطالعه نقشه‌های توپوگرافی می‌تواند شکل

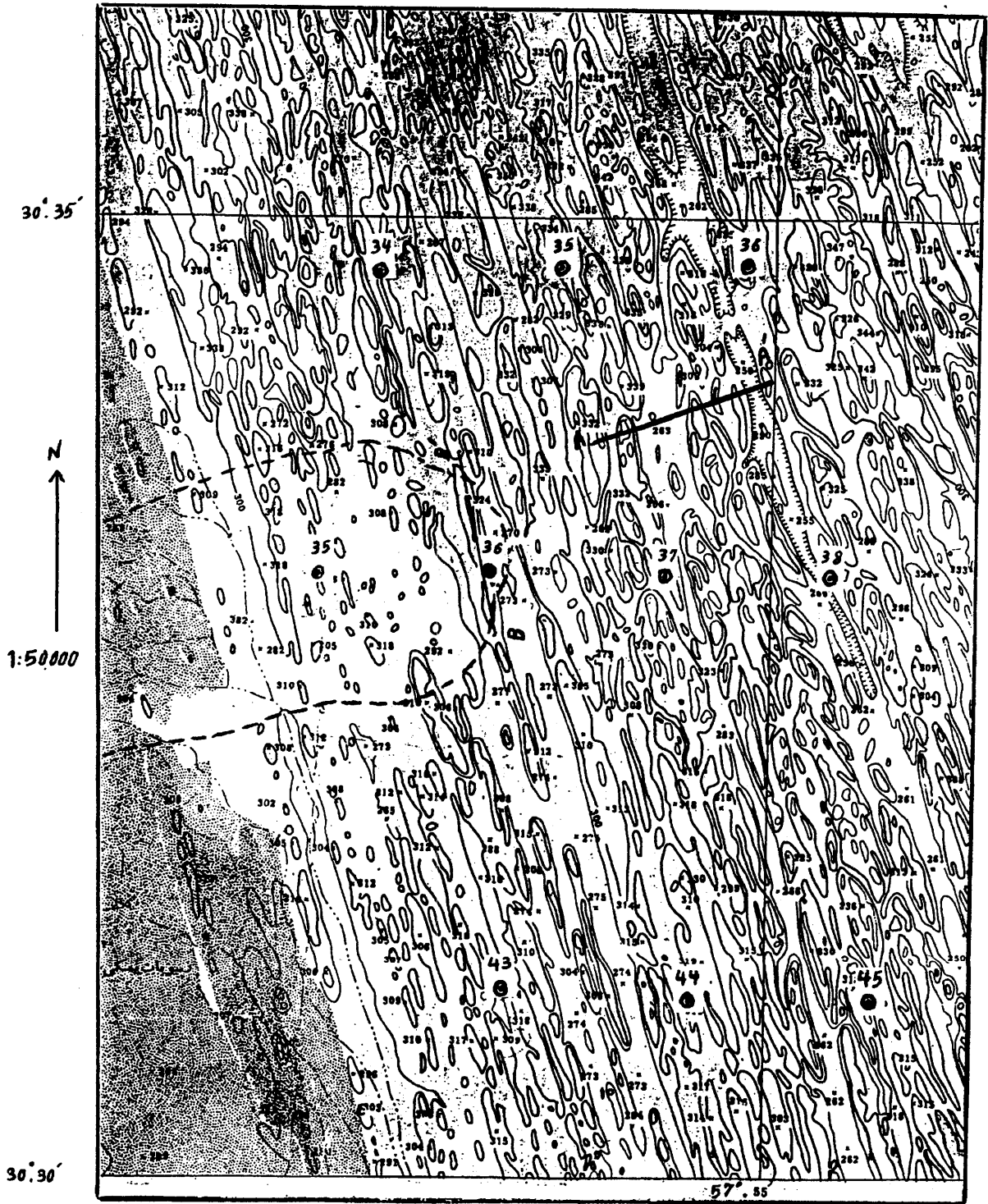
آئرودینامیکی پشته‌ها را مشخص کند. همانطور که در شکل ۱۲ مشاهده می‌شود قله پشته متمایل به بخش پهن‌تر می‌باشد به این ترتیب با مطالعه اولیه شکل‌های پشته‌ها می‌توان باد غالب منطقه را مشخص کرد. شکل پشته بر اساس تفسیر عکس‌های هوایی و بازدید و کنترل صحرایی نیز مورد بررسی قرار گرفت (شکل شماره ۱۳).

۲-۴- ژئومرفولوژی یاردانگ یا کلت

به منظور شناخت فرآیندهای ژئومرفولوژیک و آثار به جای مانده از این فرآیندها لازم است که هر واحد ژئومرفولوژی به اجرای کوچکتر تقسیم شده تا بتوان شناخت بهتر و تجزیه و تحلیل مناسبتری از آنها به دست آورد. مناطق بیابانی به عنوان یک سرزمین^۱ با خصوصیات فیزیکی و زیست محیطی ویژه، از سه واحد ژئومرفولوژی، کوهستان، دشت سر و پلایا تشکیل شده است (۱ و ۹). هر کدام از واحدهای فوق بر اساس فرآیندهای تخریب، فرسایش و رسوب‌گذاری به تیپ‌ها و رخساره‌های مختلف تقسیم می‌گردد.

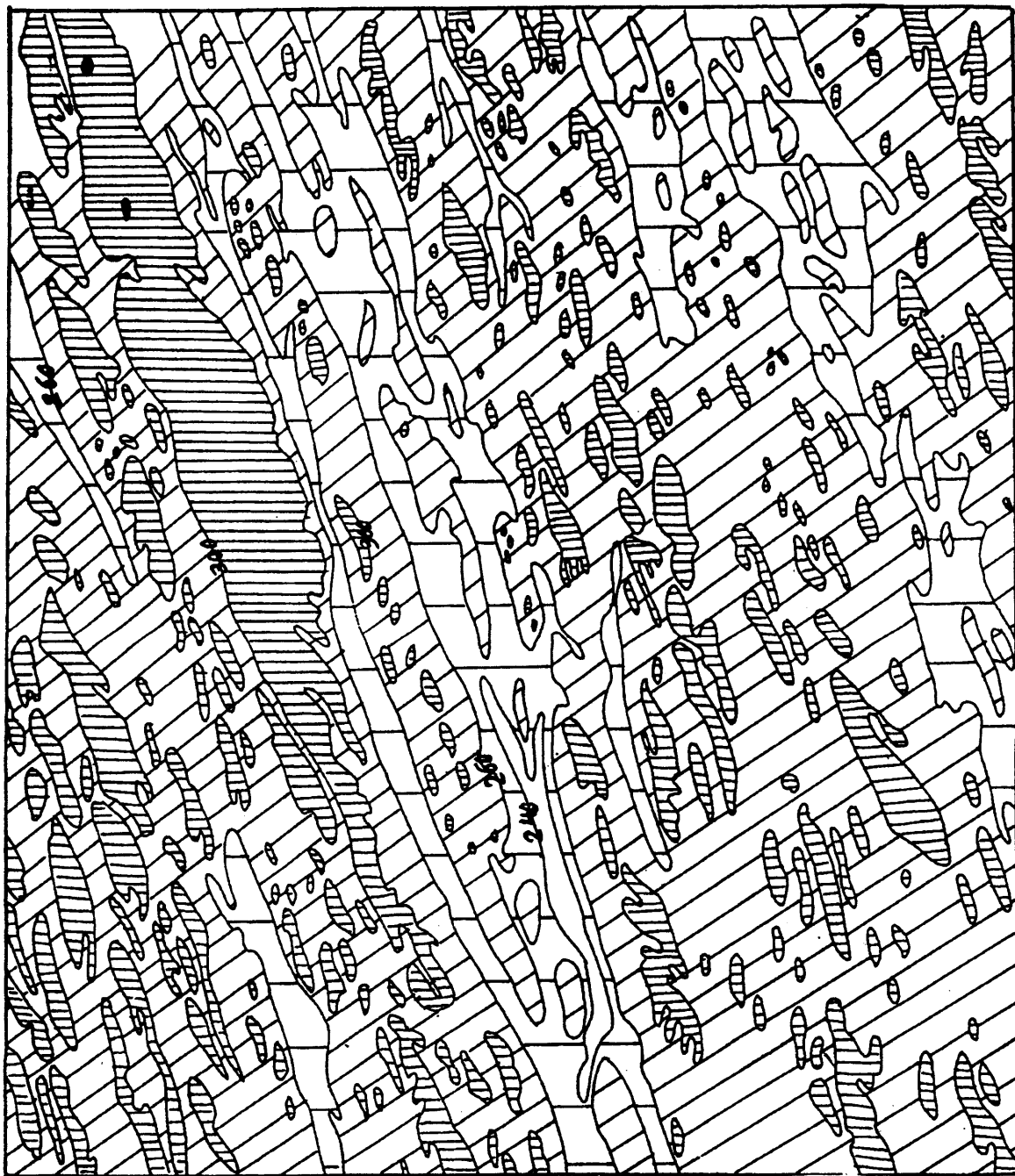
واحد پلایا به عنوان یکی از واحدهای مناطق بیابانی که یاردانگ‌ها را در خود جای داده بر اساس اینکه به صورت پلایای خشک یا مرطوب باشد دارای تیپ‌های متفاوت می‌باشد یکی از تیپ‌های






1 . Land



-----	محدوده مورد بازدید صحرائی
⊙ 44	مرکز و شماره عکسهای هوایی ۱:۲۰۰۰۰
A ————— A'	پروفیل عرضی (شکل ۱۳)
B ————— B'	پروفیل طولی یک پشته (شکل ۱۲)

شکل ۹- نمونه‌ای از بخش‌های مطالعه شده یاردانگ‌ها بر روی نقشه‌های توپوگرافی و عکسهای هوایی



260-220 m		> 340 m	
< 200 m		300-260 m	
		340-300 m	

شکل ۱۰- هیپسومتری عناصر یاردانگ‌ها (راهروهای عریض و پشته‌های مجتمع) با اختلاف ارتفاع ۴۰ متر در گستره مرکزی یاردانگ‌ها. در این محدوده به دلیل ارتفاع زیاد پشته‌ها، خطوط تراز با اختلاف ارتفاع ۴۰ متر

انتخاب گردید

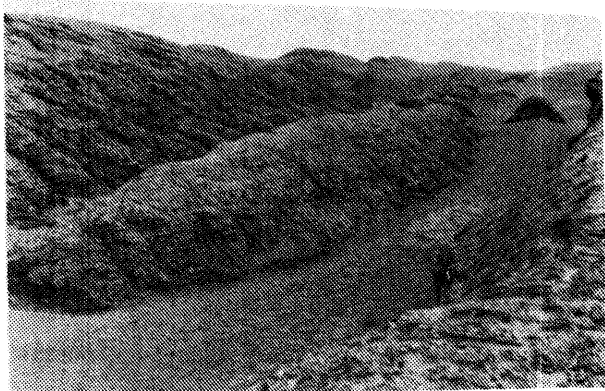
پلایای خشک که تحت تأثیر فرسایش بادی شکل می‌گیرد، تیپ یاردانگ یا کلوت است.

یاردانگ به عنوان تیپ ژئومرفولوژی پلایای لوت به دو رخساره کاملاً مجزا و واضح تقسیم می‌گردد. این رخساره‌ها عبارتند از پشته‌ها و راهروها. مساحتی که این دو رخساره پوشش می‌دهند تقریباً برابر هم بوده و تمامی سطح مناطق یاردانگ‌ها را می‌پوشاند.

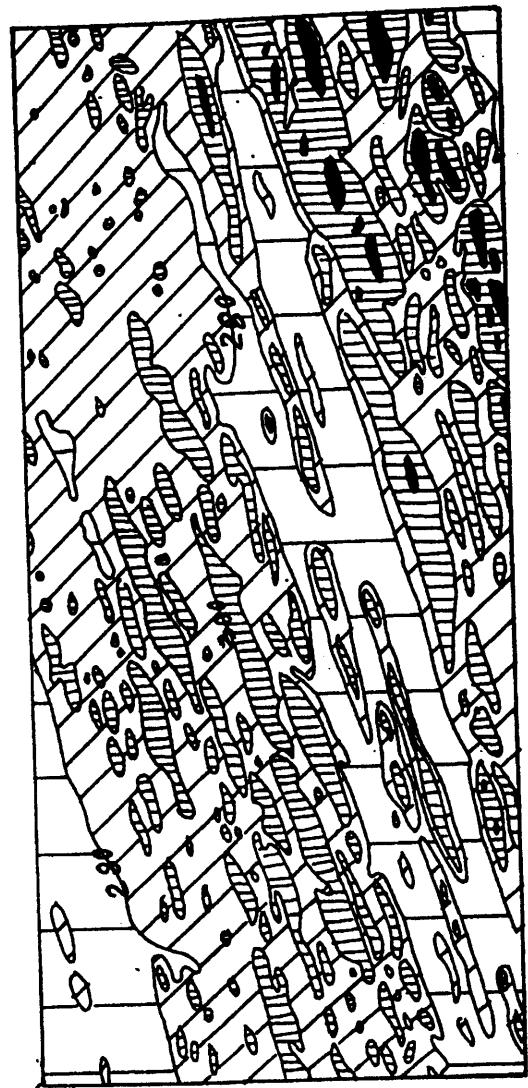
رخساره پشته‌ها

پشته‌ها شامل رسوبات دریاچه‌ای می‌باشد که در جهت باد غالب به صورت موازی کشیده شده‌اند. پشته‌ها از نظر مورفولوژی به صورت تپه ماهور بوده که دارای یالها و دامنه‌های متفاوتی بر اساس ترکیب سنگ‌شناسی می‌باشند.

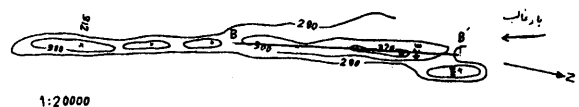
یالها در جایی که ترکیب ماسه سنگ دارند به صورت برجستگی‌های سنگی در آمده است (۲). در صورتیکه یالها در مارن‌ها و رسها به صورت محدب و گرده ماهی بوده و با شیب ملایم به دامنه می‌رسد (عکس شماره ۱).



عکس ۱- نیمرخ طولی یک پشته و راهرو



شکل ۱۱- هیپسومترى عناصر یاردانگ‌ها (راهروها و پشته‌های مجزا) با اختلاف ارتفاع ۲۰ متر در گستره کناری یاردانگ‌ها، در این محدوده به دلیل ارتفاع کم پشته‌ها، خطوط تراز با اختلاف ارتفاع ۲۰ متر انتخاب گردید.



شکل ۱۲- نیمرخ طولی یک پشته

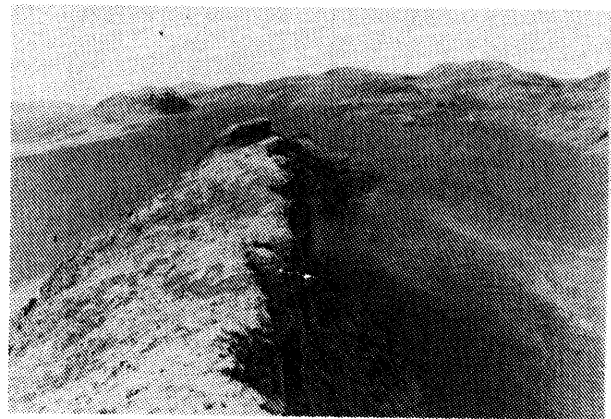
که بین آبراهه‌های فرعی قرار دارند مؤید متأثر بودن دامنه از فرسایش ابی است. حاصل فرسایش آبی در روی دامنه، فرسایشهای شیاری، آبراهه‌ها و بعضاً فرسایش piping می‌باشد (عکس شماره ۳).



عکس ۳- فرسایش آبی (۱- شیاری ۲- آبراهه‌ای
۳- piping و ۴- فرسایش بادی در پشته‌ها)

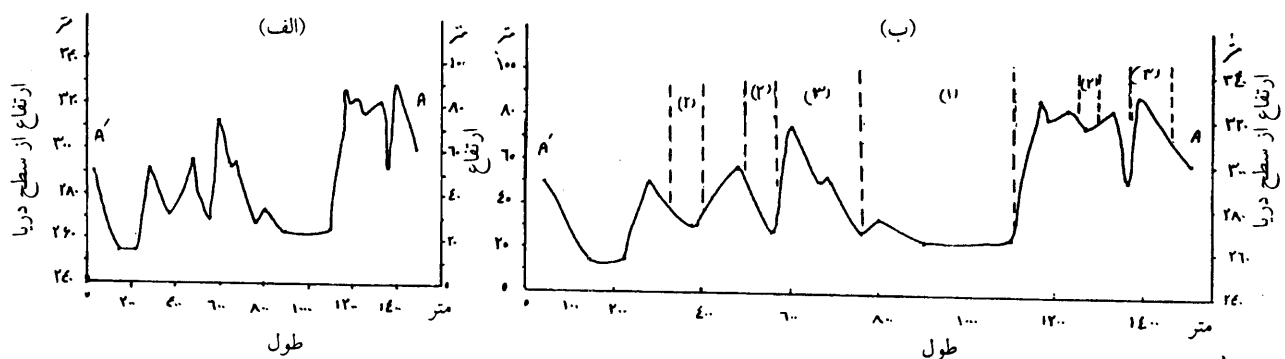
پشته‌های با ارتفاع کم و همچنین بخش پائینی دامنه پشته‌های بلند عموماً در محدوده عملکرد عمودی باد بوده و تحت تأثیر فرسایش بادی قرار گرفته‌اند. بنابراین شکلی را در دامنه ایجاد می‌کنند که حاصل فرآیند فرسایش بادی می‌باشد. به عبارت دیگر این بخش از دامنه به صورت بریدگی‌های با شیب زیاد در آمده و برخلاف فرسایش ابی که ایجاد

همچنین وضعیت خاصی نیز در بعضی یالها مشاهده می‌گردد و آن یالهایی است که ترکیب هالیت (سنگ نمک) یا ژیپس (سنگ گچ) آنها را تشکیل داده‌اند که به صورت یالهای نوک تیز در آمده‌اند که با شیب تند به دامنه می‌رسند. وجود سنگ نمک (هالیت) یا سنگ گچ (ژیپس) می‌تواند به صورت ساختمانی و یا به صورت ثانوی اتفاق افتاده باشد (عکس شماره ۲).



عکس ۲- ترکیب هالیت یا ژیپس در پشته‌ها و مرفولوژی ایجاد شده (از جنوب شرقی به شمال غربی)

دامنه‌ها، سطحی مابین یال تا راهروها را تشکیل می‌دهند و تحت تأثیر دو فرآیند فرسایش باد و آب قرار داشته و سطح آنها توسط این فرآیندها شکل گرفته شده‌اند. معمولاً در پشته‌های با ارتفاع زیاد بالای دامنه‌ها خارج از محدوده عملکرد فرسایش بادی بوده و بیشتر تحت تأثیر فرسایش آبی در زمان حال یا گذشته می‌باشد. وجود برجستگی‌های گرده ماهی و محدب در روی دامنه‌ها



شکل ۱۳- نیمرخ عرضی از پشته‌ها و راهروها بر اساس تلفیق نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۰۰۰۰ و عکس‌های هوایی ۱:۲۰۰۰۰ (الف) پروفیل عرضی در مقیاس ۱:۲۰۰۰۰ (ب) همان پروفیل در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰ (۱) راهروهای اصلی (۲) راهروهای فرعی که عموماً به صورت آبراهه‌های فرعی فرسایش‌های آبی گذشته هستند (۳) پشته‌های اصلی، عموماً شیب دو دامنه پشته‌ها یکسان است.

رخساره راهروها

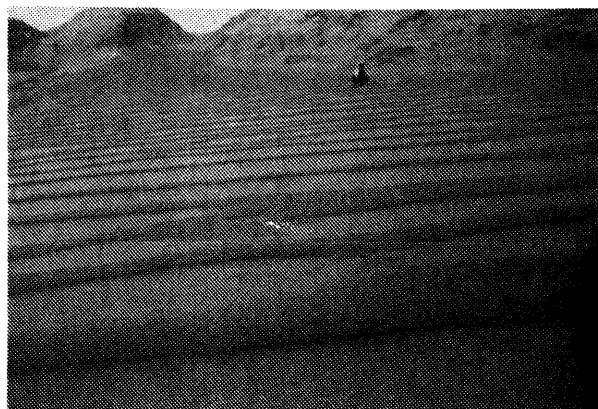
راهروها شیارهای حاصل از لایروبی آب و باد می‌باشند که در جهت باد غالب کشیده شده‌اند و پشته‌ها را در بین خود جای داده‌اند. آنها از نظر مورفولوژی به صورت زمین‌های هموار بوده که شیب عمومی آنها از شیب خندق‌های اولیه به وجود آورنده آنها پیروی می‌کنند.

رخساره راهروها دارای زیر رخساره‌های بسیاری می‌باشد که بر حسب تحول و تکامل ژئومرفولوژی راهروها، این زیر رخساره‌ها وجود دارند. راهروهای با تحول کم ژئومرفولوژی فقط دارای یک زیر رخساره کفه‌های رسی و سیلتی می‌باشند که این کفه‌ها به صورت سخت شده یا نشده هستند، به عبارتی سطح راهروها راکفه‌های رسی و سیلتی پوشش می‌دهند. تحول راهروها یا به

شیار و برجستگی در جهت شیب دامنه می‌کند شیارها و برجستگی‌های به وجود آمده در این بخش عمود بر شیب دامنه و در جهت باد می‌باشد. ارتفاع این بریدگی‌ها بستگی به سرعت باد، میزان ماسه موجود در راهروهای مجاور و عرض راهروی مجاور دارد.

همچنین در دامنه‌های شمال شرقی پشته‌های بلند، بریدگی‌های به ارتفاع متوسط ۵ متر دیده می‌شود که حاصل لغزش‌های ثقلی می‌باشد. این حرکت توده‌ای باعث ایجاد پشته‌هایی در پائین دامنه می‌شود که پروفیل دامنه را به صورت محدب در می‌آورد. این وضعیت رامی‌توان حاصل فرسایش آبی و وجود رطوبت بیشتر در گذشته و به ندرت در زمان حال در این دامنه‌ها دانست (شکل ۸ و عکس شماره ۲).

عبارتی وجود اشکال دیگر در سطح راهروها با پوشش ماسه درشت و ریپل مارک‌های درشت دانه شروع و سپس با تپه‌های ماسه‌ای بالا رونده در جلو و باد پناهی در پشت پشته‌ها و همچنین رسوبات ریزدانه در پشت ریپل مارک‌های درشت دانه ادامه پیدا می‌کند (عکس شماره ۴). متکامل‌ترین شکل ژئومرفولوژی از راهروها را در راهروهای عریض می‌توان دید که سطح آنها تمامی اشکال فوق به علاوه تپه‌های ماسه‌ای را دارا می‌باشد (عکس شماره ۵).



عکس ۴- تحول راهروها (کفه رسی - سیلتی، ریپل مارک، تپه‌های ماسه‌ای بالا رونده و باد پناهی)

ماسه‌های درشت دانه پوشاننده سطح راهروها که از منابع ماسه شمال غرب و شمال منطقه یاردانگ‌ها آورده شده‌اند. در بادهای با سرعت بالا به صورت جهشی حرکت کرده و تا ارتفاع قابل جهش، در پشته‌ها سایش ایجاد می‌کنند و در پای پشته‌ها بریدگی‌هایی را به وجود می‌آورند. ماسه‌های درشت عمدتاً در بخش انتهایی راهروها به صورت ریپل مارک‌های درشت دانه به جا گذاشته می‌شوند و به مرور در پشت آنها ماسه‌های ریزدانه به صورت بادپناهی رسوبگذاری می‌شوند (عکس شماره ۴). این وضعیت نشان از تثبیت ماسه‌های درشت دانه داده و این طور به نظر می‌رسد فعالیت ماسه در این مناطق فقط بر اثر بادهای با سرعت خیلی بالا باید اتفاق بیافتد. همچنین با شروع منطقه رسوبگذاری ماسه‌های ریزدانه، این ماسه‌ها به صورت تپه‌های بالارونده در جلوی پشته‌ها (نسبت به باد غالب) و تپه‌های باد پناهی در پشت پشته‌ها (نسبت به باد غالب) رسوبگذاری می‌شوند (عکس‌های شماره ۴ و ۲ و ۳). حد نهایی رسوبگذاری ماسه‌های ریزدانه در راهروها تشکیل تپه‌های ماسه‌ای می‌باشد که به دلیل وجود باد غالب یک جهتی به صورت تپه‌های هلالی شکل بوده که بسته به عرض راهروها این نوع تپه‌ها می‌توانند به صورت بارخان منفرد یا زنجیره‌های بارخانی وجود داشته باشند (عکس شماره ۵).



عکس ۵- تحول نهایی راهروها (پوشیده شدن توسط تپه‌های ماسه‌ای) در این مرحله فقط دو رخساره ژئومرفولوژی پشته و تپه‌های ماسه‌ای مشاهده می‌گردد. در صورت تأمین ماسه، پشته‌های کوتاه و سپس پشته‌های بلند در زیر تپه‌های ماسه‌ای مدفون می‌گردند.

بحث

یاردانگ‌های بزرگ لوت در نهشته‌های مارنی پلیستوسن تشکیل شده‌اند که باتوجه به سن آنها، جوان و مراحل ابتدایی تشکیل یاردانگ‌ها را نشان می‌دهد (۱۰).

یاردانگ‌های لوت حاصل عمل فرسایش آبی و بادی است. مطالعات بر روی تصویر ماهواره، عکس‌های هوایی و نقشه‌های توپوگرافی نشان داد که مجموعه ناهمواری‌های موجود در لوت بر اساس سلسله مراتب از شمال به طرف جنوب با یاردانگ‌های با پشته‌های کوتاه و راهروهای عریض و دارای پوشش گیاهی شروع سپس به پشته‌های بلند و راهروهای با عرض‌های مختلف بدون پوشش گیاهی تغییر یافته و نهایتاً به تپه‌های ماسه‌ای خطی در جنوب ختم گردیده است.

همچنین مطالعات نشان داد که یاردانگ‌ها همانند تپه‌های ماسه‌ای عامل خوبی جهت شناخت باد غالب منطقه می‌باشد. پشته‌های یاردانگ‌ها بر خلاف تپه‌های ماسه‌ای و ریپل مارک‌ها دارای دامنه با شیب زیاد در مقابل باد و دامنه با شیب کم پشت به باد می‌باشند در صورتیکه در تپه‌های ماسه‌ای و ریپل مارک‌ها دامنه روبه‌باد دارای شیب کم و دامنه پشت به باد دارای شیب زیاد می‌باشند. بنابراین با شناخت فرم پشته‌ها و کشیدگی آنها در لوت، مشخصاً بادهای شمال غرب جنوب شرق غالب می‌باشند.

با توجه به اینکه مناطق محدودی در دنیا وجود دارند که دارای یاردانگ‌های بزرگ و وسیع می‌باشند ولی یاردانگ‌های لوت یکی از جالبترین و شگفت‌انگیزترین این مناطق می‌باشد. بنابراین می‌توان به عنوان یک پدیده جالب ژئومرفولوژی مورد توجه قرار گیرد و جهت مطالعات گوناگون به خصوص دیرینه شناسی واقع شود. همچنین این مناطق می‌توانند به عنوان مناظر زیبای طبیعی از نظر اکوتوریسم نیز مورد بررسی قرار گیرند.

یاردانگ‌ها پدیده‌ای می‌باشند که در پلایاهای خشک به وجود می‌آیند. با توجه به اینکه در ایران بیابانهای زیادی وجود دارند که بخشی از آنها را پلایاهای خشک به وجود آورده‌اند احتمال بودن یا تشکیل یاردانگ‌ها در آنها وجود دارد. در پلایاهای مرطوب به خصوص آنهایی که دارای رسوبات تبخیری در سطح زمین می‌باشند مانند دشت کویر در صورتیکه شرایط رطوبت در آنها تغییر کند می‌توانند مناطق مناسبی جهت ایجاد یاردانگ شده و مناطق وسیعی از حوزه را تحت تأثیر خود قرار دهند.

سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از طرح (مطالعه یاردانگ‌های بیابان لوت) معاونت پژوهشی دانشگاه می‌باشد که در اینجا لازم می‌دانم از مساعدت‌ها و همکاریهای ارزنده معاونت پژوهشی دانشگاه و همچنین از همکاری مرکز سنجش از دور ایران تقدیر نمایم.

REFERENCES

مراجع مورد استفاده

۱. احمدی، ح. ۱۳۷۸. ژئومرفولوژی کاربردی (فرسایش بادی). انتشارات دانشگاه تهران.
۲. سازمان جغرافیایی کشور. ۱۳۵۰. مطالعه ژئومرفولوژی و آب و هوای گذشته پلایاهای ایران. جلد دوم، سازمان جغرافیایی کشور.
۳. سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح. ۱۳۷۷. نقشه‌های توپوگرافی ۵۰۰۰۰: ۱ و ۲۵۰۰۰۰: ۱. سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح.
۴. سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح. ۱۳۳۵. عکس‌های هوایی ۵۵۰۰۰: ۱. سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح.
۵. سازمان نقشه‌برداری کشور. ۱۳۴۴. عکس‌های هوایی ۲۰۰۰۰: ۱. سازمان نقشه‌برداری کشور.
۶. سازمان زمین‌شناسی کشور. ۱۳۷۰. نقشه زمین‌شناسی ۲۵۰۰۰۰: ۱ کرمان. سازمان زمین‌شناسی کشور.
7. Cooke R. U., Warren. A., 1973. *Geomorphology in Desert*, Batsford LTD London.
8. Cooke R. U., Warren. A., Goudie A. S., 1993. *Desert Geomorphology*. U. C. L. press.
9. Farouk El – Baz. 1984. *Deserts and Arid Lands*, Martinus ijhoff Publishers.
10. Kinsley D. B., 1970. *A Geomorphological and paleoclimatological study of the playa of Iran*. U. S. Geol. sur. 2 vols. Washington.
11. Mabbutt. J. A. 1977. *Desert landforms*, Volume two, The MIT press.

Geomorphology Studies of Lout Yardangs

N. MASHHADI¹, S. K. ALAVIPANAH² AND H. AHMADI³

1, 2, Instructor and Assistant Professor, Iranian Desert Research Center

3, Professor, Natural Resources Faculty, University of Tehran, Iran

Received June 15, 2002

ABSTRACT

Lout Yardang landform is one of the special landscapes in Iran desert areas which is located in lout closed watershed basin in south west of Iran covering a 120Km times 80 Km of land. Although lout Yardangs is affected by selective wind erosion, but physiography – geomorphology studies show that water erosion has been very effective both at present and in the past in its formation. Geomorphology studies were carried out based on landsat image TM and Photoaerial (1: 50,000 and 1: 20,000 scale) as well as field observations. The studies showed that there are two separate landforms in Yardang area, ridges and corridor. The ridges were mainly formed by both water and wind erosion. Signs of water erosion can be seen in the form of rill erosion and a waterway on the ridges with wind erosion in the form of deflationaries on the base. The corridors are located between the ridges in the form of vacume spaces which consist of ripple mark landforms of clay and ciltic flats as well as sand dunes in different sizes. Geomorphologic studies of ridges and corridors indicate that dominant wind in the area is west – north and east – south. The impact of dominant winds on the area has left the following landforms hierarchially. The north is with low accumulations and heights, central part has high accumulations of high Yardangs, and finally south is covered with longitudinal crescent dunes being resulted from wind erosion on Yardangs.

Key words: Yardang, Ridge, Corridor, Landform, Lout desert, Deflationary, Selective wind erosion, Crescent dune.