

داریوش مهرشاهی

دیوید تامس، مارک بیتمن، سارا اوهارا

دانشگاه شفیلد انگلستان، دانشگاه یزد

شماره مقاله: ۴۴۶

چگونگی تشکیل، تحول و تعیین سن کوهریگ اردکان یزد^۱

D. Mehrshahi

D. Thomas, M. Bitman, S. Ohara

The university of Sheffield & The university of Yazd

The formation, changing and Dating of Ardekân Kuhrig (sand ramp), (in Yazd)

Sand ramps are general views in deserts. Studing about structure and origion of them have been noted in recently decades. The aim of this article is describing geomorphology, formation and changing of the greatest sand ramp in Ardekân region. This great hill with nearly 25 meters thickness, is a mass of sand dune and talus.

It has appeared in a vally between two limestone mounts and seprated by a deep gully from the slopes of them. Morphology and formation of sand layers show the direction of winds

۱- اصل این مقاله در پاییز ۱۳۷۶ (۱۹۹۷) در شماره ۴۸ نشریه تحقیقات کواترنر (Quaternary Research) چاپ آمریکا

which below from south and south east. Dating by optical luminescence shows this sand mass has compressed in duration of five thousand years, coincident with the last glacial maximum.

The stable surface of the hill, absence of talus creep, presence of a deep gully between hill and mount slopes show that compressing of this hill has stopped after glaciation of northern hemisphere. Probably siberian high pressure which have dominant system in that time, has been cause of cold, frost and severe physical aeration in central Iran. The dominant of this system can explain aridity and producing talus in slope with carrying sand by violent winds from south and south - east in the region.

At present the condition is very different that shows changing in erosion and sedimentation process and consequently changing in climatic condition of the region.

مقدمه

فلات ایران در حد فاصل بیابانهای تحت سلطه سیستم پرفشار جنب مداری (شبه جزیره عربستان)، ناحیه تحت سلطه سیستم مونسون^۲، (موسمی) (جنوب آسیا) و سرزمینهایی با بارش زمستانه (مشرق مدیترانه) قرار دارد. این ویژگی باعث شده است تا این سرزمین بالقوه شاهد پدیده‌های ژئومرفولوژیکی در طول زمان باشد که در بردارنده نشانه‌هایی از شرایط طبیعی گذشته این ناحیه و از جمله تغییر موضع سیستمهای جوی در کمربند معتدله و جنب مداری می‌باشند. موقعیت ایران مرکزی و تضاد ناهمواریهای آن چنان امکانی را فراهم آورده است که آثار پدیده‌های یخچالی، جنب یخچالی و رودخانه‌ای در فاصله‌ای اندک از پدیده‌های کویری و تلماسه‌های بادآورده دیده می‌شود (هاگدورن^۳ و همکاران ۱۹۷۸).

رسوبهای قابل توجه لس و شبه لس نیز در این ناحیه و در نزدیکی ارتفاعات یا ناهمواریهای محلی دیده می‌شوند. این رسوبها ممکن است تحت شرایط مشابه با لسهای

آسیای مرکزی به وجود آمده باشند (لازارنکو^۴ ۱۹۸۴). اگرچه پیشگامانی همچون (هیوبر^۵ ۱۹۵۵؛ بوبک^۶ ۱۹۶۳، ۱۹۵۹ و کرینسلی^۷ ۱۹۷۰، ۱۹۶۸) مطالعات جامعی در زمینه‌های مختلف زمین‌شناسی و ژئومرفولوژی بیابانهای ایران مرکزی انجام داده‌اند، اما مطالعات آنها بیشتر جنبه توصیفی داشته است، هر چند در مواردی مانند کار کرینسلی (۱۹۷۰) ویژگیهای فیزیکی یا شیمیایی برخی از پدیده‌ها نیز اندازه‌گیری شده است.

در هر حال ما از کار تحقیقی تازه‌ای که بطور سیستماتیک و با استفاده از تکنیکهای مدرن، در مورد منشأ، طرز تشکیل و با هدف سن‌یابی پدیده‌های خاص نواحی خشک ایران انجام یافته باشد بی‌اطلاع هستیم و همین موضوع باعث شد تا جهت شناسایی یکی از این پدیده‌ها اقدام کنیم. کویرها و چاله‌های بسته ایران مرکزی در بردارنده اطلاعات مهم در خصوص اوضاع و تحولات طبیعی دوران چهارم هستند.

موقعیت منطقه مورد مطالعه

کویر اردکان با وسعتی حدود ۱۳۰۰ کیلومتر مربع در چاله‌ای بیابانی قرار دارد که از سمت شمال به ارتفاعات سیاه کوه و تپه‌های کلوت، از باختر به کوه‌های ناین، از جانب خاور به رشته کوه خورائق و از سوی جنوب به رشته‌های عقدا و شیرکوه محدود می‌گردد (نقشه شماره ۱ و ۲). این منطقه آب و هوایی گرم و خشک با زمستانهای نسبتاً سرد دارد. میانگین بارش سالیانه در شهر اردکان، بنا بر آمار ده ساله، ۵۲ میلیمتر است.

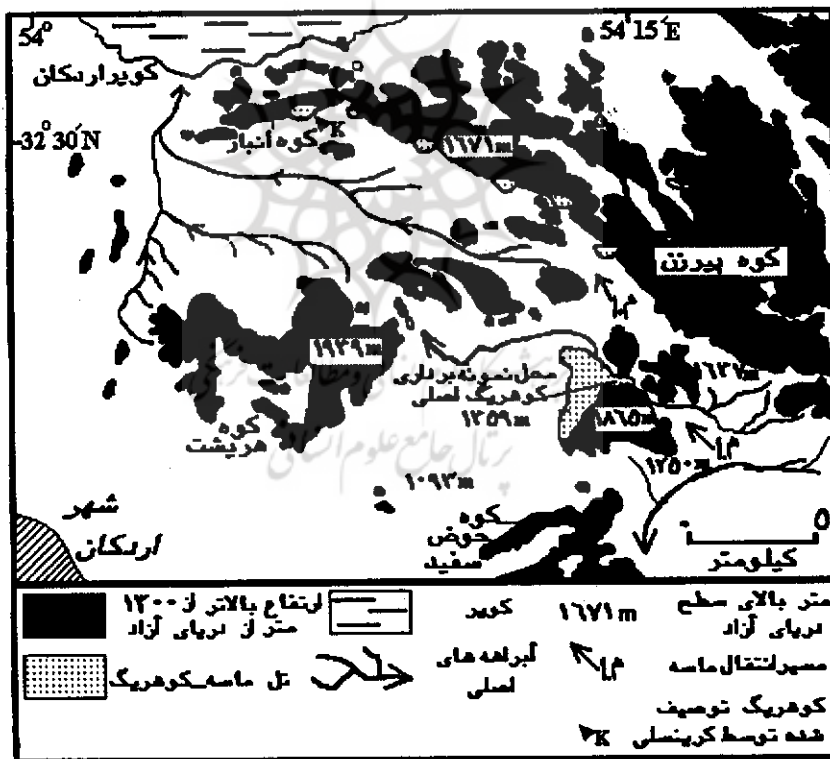
کویر اردکان تحت شرایط کنونی آب و هوایی و هیدرولوژیک، کویری بسته است که هیچ گونه ارتباطی با کویرهای مجاور خود مثل کویر زرین و کویر کلوت ندارد، اگر چه این احتمال وجود دارد که در طول دوران چهارم تحت شرایط پرآبی با نزدیکترین چاله مجاور یعنی کویر کلوت ارتباط داشته است. مخروطهای افکنه و رسوبهای سیلابی پدیده واسط بین کوههای اطراف و حاشیه کویرند. اگرچه امکان انباشت این نوع رسوبها در شرایط خشک کنونی نیز بطور

نواحی مشخصی در مجاورت یا نزدیکی منابع تولید ماسه است. در مقایسه با کل وسعت هر حوضه، ریگزارهای بالنسبه کم وسعتی، در سطح بعضی کویرها و باتلاقها که کم و بیش دارای رطوبت هستند (کویر زرین، کویر اردستان و باتلاق گاوخونی) شکل گرفته، یا در فاصله نزدیک به کویرهایی پدید آمده‌اند که منبع خوبی برای تأمین ماسه می‌باشند (دشت کویر و دشت لوت). حرکت ماسه‌های بادی از سطح این گونه کویرها و یا از حاشیه آنها احتمالاً به دلیل درصد بالای نمک خاک تشدید می‌شود که خود از یک طرف موجب فقدان پوشش گیاهی شده و از طرف دیگر باعث از هم پاشیدن خاک رس می‌شود که خود به آزاد شدن ذرات ماسه کمک می‌کند (تامس^{۱۰} و همکاران ۱۹۹۳). در حوضه اردکان - یزد یک ریگزار نسبتاً کوچک از تپه‌های ماسه‌ای بیشتر برخان مانند به وسعت حدود ۳۰۰ کیلومتر مربع (کل حوضه ۲۸۰۰۰ کیلومتر مربع) در فاصله ۶۰ کیلومتری جنوب شرقی کویر اردکان به وجود آمده است. شکل و نحوه پراکندگی برخانهای این مجموعه نشان می‌دهد که ماسه‌ها به احتمال زیاد از محدوده جنوبی کویر، همراه با بادهای غربی آورده شده‌اند.

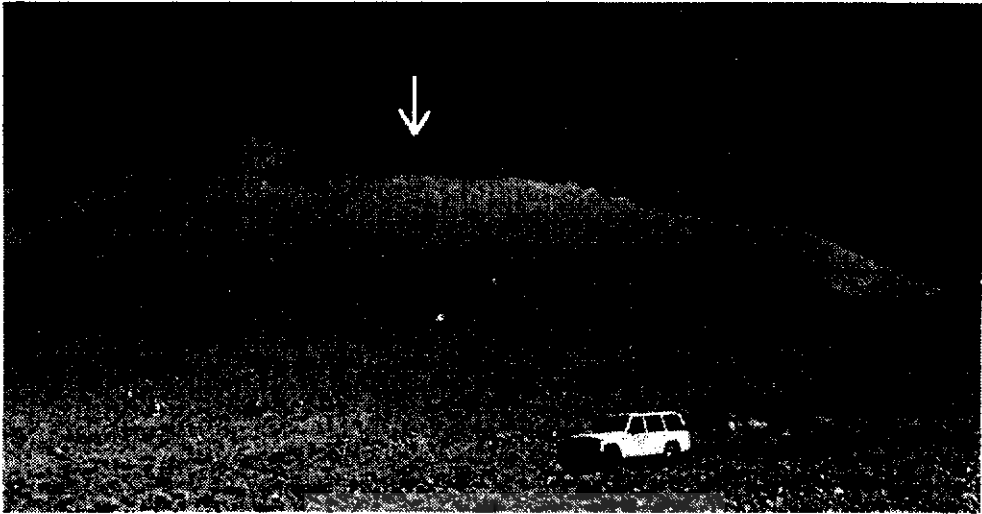
در قسمتهایی از حوضه اردکان - یزد، بویژه در منطقه مشخصی در جنوب شرقی کویر اردکان، تپه‌های ماسه بادی بر دامنه کوههای محلی شکل گرفته‌اند و سطح این تپه‌ها تا حدی به وسیله گیاهان بوته‌ای پوشیده شده است. (کریسلی ۱۹۷۰) یکی از این تپه‌ها را که به جاده اردکان - زرین نزدیکتر بوده و بر دامنه رو به جنوب کوه انبارگور در حاشیه جنوب شرقی کویر اردکان قرار دارد به عنوان تپه بادی بادپناهی^{۱۱} توصیف کرده است. (تصویر ۱، نقشه شماره ۲) او معتقد است که این ماسه‌ها به وسیله بادهای شمالی از کویر به کوه آورده شده‌اند سپس با عبور از یک فروافتادگی بزرگ به شکل هفت گلوگاه باد^{۱۲} در قلّه کوه که حالت تونل باد را پدید می‌آورد، در دامنه مخالف (جنوبی) با افت ناگهانی سرعت باد فرو ریخته و متراکم شده‌اند. در نتیجه او این تراکم ماسه‌ای را ماسه‌های بادی نزولی یا نساری به حساب آورده است. در حالی که بررسی ما نشان می‌دهد که:

اولاً این تپه به سمت جنوبی هیچ گونه کشیدگی و جهت یافتگی ندارد که این نشانه‌ای بر عدم

تشکیل آن در ارتباط با نزول ماسه از طریق شکاف بزرگ رأس کوه است؛ ثانیاً در جبهه شمال کوه هیچ گونه اثری از تپه صعودی یا شیب نسبتاً ملایمی که ماسه‌ها از طریق آن به قلّه برسند و به جبهه جنوبی منتقل شوند، وجود ندارد؛ ثالثاً ذرات ماسه به سمت پای کوه در شتر می‌شوند که نشان دهنده این است که ماسه‌ها از پایین به سمت بالا منتقل شده‌اند و بر اثر نیروی جاذبه سنگینترها (و در این جا در شترها) در پایین، متوسطها به میانه و ریزترها تا بالای دامنه رانده شده‌اند. در نتیجه این تپه از نوع بالارو محسوب می‌شود که بیشتر بر اثر بادهای جنوبی شکل گرفته است. سایر تراکمهای ماسه‌ای مشابه در دامنه جنوبی کوه پیرزن را می‌توان از طریق وزش بادهای جنوبی توجیه کرد. این بادهای موجب حمل ماسه به داخل حوضه کوچکی می‌شده که توسط کوههای هریشت، پیرزن و حوض سفید و کوهک‌های محلی دیگر محصور شده است (نقشه شماره ۲).



نقشه شماره ۲: موقعیت کوه‌ریک اردکان، ارتفاعات عمده محلی و سایر پدیده‌های ژئومورفولوژیک



تصویر شماره ۱: کوه انبار و کوه‌ریگ توصیف شده توسط کرینسلی، فراافتادگی هفتی شکل در ستیغ کوه مشهود است، نگاه به سمت شمال

کوه‌ریگ اردکان

موقعیت و مشخصات

بزرگترین پدیده منفرد بادی در منطقه اردکان و احتمالاً در کل حوضه اردکان - یزد، تپه ماسه‌ای عظیمی است که در درّه زین اسبی شکلی ما بین دو کوه آهکی در ۲۰ کیلومتری شمال شرق شهر اردکان به وجود آمده است. این کوهها متعلق به دوره کرتاسه بوده و حداکثر ارتفاع یکی از آنها بیش از ۱۸۰۰ متر از سطح دریا می‌باشد.

کف درّه دارای شیبی بین 5° تا 10° است که تا حدود ۱۳۰۰ متر یعنی حدود ۱۰۹ متر بالاتر از سطح دشت مجاور آن ارتفاع می‌گیرد. جریانهای اتفاقی در سمت شمالی و جنوبی قسمت زینی شکل باعث حفر آبراهه‌هایی عمیق به عرض حداقل ۵ متر شده که همین آبراهه‌ها موجب برش عمودی به عمق حدود ۲۵ متر در رسوبهای بادی - آواری شده‌اند بطوری که مواد و ساختمان این پدیده را بخوبی در معرض دید قرار می‌دهد. پهنه‌هایی با آثار موجی ناشی از باد بر روی کوه‌ریگ به صورت موضعی دیده می‌شود ولی سطح کوه‌ریگ در قسمتهایی که شیب تند نیست کم و بیش با بوته‌های تاغ و اسکمبیل پوشیده شده است.

در بلندترین ستیغ این کوهریگ، اثرات سطحی از حرکت ماسه بادی دیده می‌شود که در مقایسه با کل ضخامت ماسه بسیار ناچیز به نظر می‌رسد. این پدیده بادی - آواری که در اصطلاح محلی مردم اردکان و یزد کوهریگ شناخته می‌شود در جاهای دیگر دنیا نیز نمونه‌های مشابهی دارد که به آن شن بالارونده^{۱۳} می‌گویند (لنکستر و چکرین ۱۹۹۶)، اگرچه وارن^{۱۴} و لیونگستن^{۱۵} (۱۹۹۶) این نوع پدیده را مشابه تپه‌های بادی صعودی و نزولی دانسته‌اند ولی مشاهدات جدید نشان می‌دهد که چنین نیست. البته رسوبهای کوهریگها شامل مقدار زیادی ماسه بادی است که در دامنه کوهها تل انبار شده‌اند. علاوه بر این، همچنین آنها در بردارنده لایه‌های متعددی از رسوبهای واریزه‌ای، آبرفتی و رسوبهای دیگر ناشی از حرکت انبوه مواد بر دامنه می‌باشند که بطور مکرر در بین لایه‌های ماسه بادی ته‌نشین شده‌اند (چکرین ۱۹۹۷-۱۹۹۱).

یکی دیگر از ویژگیهای عمومی کوهریگها شیب نسبتاً ملایم (کمتر از ۱۵°) آنهاست، در حالی که تلماسه‌های صعودی و نزولی اغلب با شیب حداکثر یا شیب قرار^{۱۶} (۳۵°-۳۰°) تراکم می‌شوند که البته این موضوع به شیب مانعی که به آن برخورد می‌کند نیز بستگی دارد. (زیلمن^{۱۷} و همکاران او ۱۹۹۵) در بیابان موجا^{۱۸} کالیفرنیا که تا کنون قسمت عمده مطالعات کوهریگ شناسی در آن جا انجام شده به این نتیجه رسیده‌اند که اغلب کوهریگها در موقعیتهایی شکل می‌گیرند که در مسیر عبور ماسه‌های بادی موانعی ثابت مثل ناهمواریهای محلی وجود دارند.

کوهریگ اردکان هم ویژگیهای تلماسه‌های بالارو^{۱۹} (صعودی) و هم نزولی^{۲۰} (بادپناهی) را در بر دارد که نشانگر تراکم ماسه در حین انتقال توسط باد است. ساختمان و شکل تراکم و شیب لایه‌های ماسه نشان می‌دهد که بادهای جنوب شرقی عامل انتقال رسوبهای ماسه‌ای بوده‌اند. جهت و شکل استقرار سایر کوهریگهای این ناحیه (کوه پیرزن) و از جمله کوهریگ گزارش شده توسط کرینسلی (۱۹۷۰) نیز این نظر را تأیید می‌کند.

13-Sand ramp

14-Warren

15-Livingstone

16-angle of repose

17-Zibelman

18-Mojave

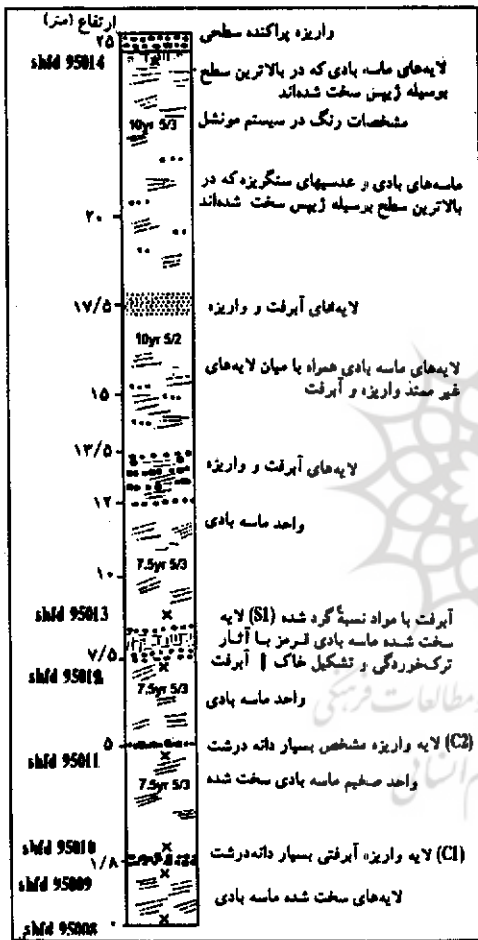
19-windward

20-leesside

ویژگیهای رسوب شناسی

جزئیات چینه شناسی برش عمودی رسوبهای کوهریگ اردکان در شکل شماره ۱ نشان داده شده است. عمده رسوبها شامل لایه های ماسه قهوه ای رنگ (7/5YR 5/3 تا 10YR 5/2) با شیب

ساختمانی کمتر از ۱۰° است. در بین لایه های ماسه بادی بطور مکرر لایه هایی از واریزه ۲۱ به ضخامت ۴۰ سانتیمتر که گاه تشکیل عدسیهایی را می دهند، دیده می شود. شیب ساختمانی این تشکیلات موازی شیب سطح کنونی کوهریگ است. همه مواد تشکیل دهنده این رسوبها بخوبی سخت شده اند ولی به کمک چکش یا بیلچه قابل جدا شدن و کندن هستند. آزمایش دانه سنجی (جدول شماره ۱) نشان می دهد که نمونه های ماسه بادی برداشت شده از هفت قسمت مختلف برش رسوبی، دارای جورشدگی ۲۲ خوب، چولگی ۲۳ مثبت، با میانگین قطر ۱/۸ فی (ریز متوسط) می باشند.



شکل ۱: ستون چینه شناسی کوهریگ - نمونه های تعیین سن شده با ضربدر مشخص شده است.

لایه‌های سنگریزه‌دار و شنی از آهکهای کرتاسه منشأ گرفته‌اند و تکه سنگهای آنها زاویه دارند که نشان دهنده این است که از مسافت کمی حمل شده‌اند. قطر تکه سنگهای بزرگ از ۷ تا ۲۰ سانتیمتر متغیر است ولی در بعضی از عدسیه‌های واریزه‌ای درشت دانه (مثلاً در C1، ارتفاع ۱/۸ متری از پای برش) قطعاتی با قطر ۴۰ سانتیمتر مشاهده می‌شود. بیشتر لایه‌های واریزه به استثنای C1 و C2 دارای عناصری از ماسه‌های بادی می‌باشند. C1 و C2 منحصرأ از مواد واریزه‌ای تشکیل شده‌اند. در S1، در ارتفاع ۷/۵ متر از پای برش، ماسه‌های قرمز اکسید شده به ضخامت ۳۰ سانتیمتر ساختمان پریزوماتیک (ترک خوردگی) را نشان می‌دهد که احتمالاً ناشی از تشکیل خاک و وقفه در رسوبگذاری بادی است. بالاترین قسمت برش از ۳۰ سانتیمتر مخلوط خرده سنگ و ماسه بادی تشکیل شده که بر روی حدود ۴۰ سانتیمتر از ماسه‌های بادی قهوه‌ای تا مایل به قرمز سخت شده با بلورهای سنگ گچ^{۲۴} قرار گرفته است. این واحد ماسه‌ای، ساختمان ستونی و پریزوماتیک دارد که نشانه نوعی خاکزایی ضعیف است.

جدول شماره ۱: خلاصه ویژگیهای دانه‌سنجی ماسه‌های بادی نمونه‌های کوهریگ اردکان

نمونه	ژرفا (m)	میانگین (θ)	میانه (θ)	چولگی (SK_1)	کشیدگی (K_G)	جورشدهگی (σ_1)
95008	24.75	1.9	1.85	0.08	0.89	0.51
95009	23.50	1.8	1.75	0.11	1.05	0.47
95010	22.75	1.9	1.85	0.18	0.99	0.44
95011	20.00	1.8	1.80	0.17	0.95	0.52
95012	17.50	1.6	1.50	0.39	1.23	0.43
95013	16.50	1.6	1.50	0.34	1.05	0.52
95014	0.75	2.0	2.00	-0.25	2.20	0.88

سن گذاری نوری^{۲۵} ماسه‌های بادی کوهریگ اردکان

رسوبهای ضخیم کوهریگ اردکان تحت شرایطی کاملاً متفاوت با شرایط فعلی متراکم

شده‌اند. حرکت ماسه‌های بادی در سطح کوه‌ریگ در حال حاضر محدود و موضعی است. برای تشکیل این رسوبها دو فرضیه می‌توان ارائه داد: الف) تراکم شدن لایه‌های ماسه بادی در دوره‌های مختلف و با وقفه‌های رسوبی طولانی مدت که نشانه آنها پیدایش واریزه و تشکیل لایه‌های خاکند است؛ ب) تراکم لایه‌های بادی - آواری با هم و در یک دوره و تشکیل محدود خاک و رسوبهای درشت دانه واریزه‌ای مربوط به همین دوره ولی در شرایط خاص و وقفه‌های نسبتاً کوتاه. برای آزمایش این دو فرضیه هفت نمونه برای سن یابی به روش نوری^{۲۶} از عمقهای مختلف برش عمودی برداشت شد.

سن یابی به روش نورسنجی

تعیین سن مطلق به روش بازتاب نوری^{۲۷} (OSL) عمر ذرات ماسه را از زمانی که برای آخرین بار تحت تابش نور خورشید قرار گرفته‌اند مشخص می‌کند. برای ماسه‌های بادی و واریزه‌های دفن شده تعیین چنین زمانی در واقع مشخص کردن عمر آنها از زمان رسوبگذاری خواهد بود.

سن یابی نوری نخستین بار توسط هانتلی^{۲۸} و همکاران او (۱۹۸۵) با استفاده از کوارتز و در مطالعات باستانشناسی تجربه شد. این روش در بسیاری از موارد بر روش سن یابی با بازتاب حرارتی^{۲۹} (=TL) برتری دارد (وینتل^{۳۰} ۱۹۹۳). به همین دلیل از سن یابی نوری در مورد ماسه‌های بادی مناطق خشک استفاده شده است. (تامس و همکاران ۱۹۹۷؛ استوکس^{۳۱} ۱۹۹۷).

این روش را می‌توان بدین گونه خلاصه کرد که رسوبها واجد مقادیر کم یا زیادی از عناصر اورانیوم، توریم و پتاسیم هستند که در طول زمان پرتوهای رادیواکتیو می‌پراکنند. این بازتابها بتدریج و بطور ممتد توسط دانه‌های ماسه موجود در محیط (بوئزه بلورهای کوارتز، فلدسپات و فلدسپار) جذب و ذخیره می‌شود. این جذب و ذخیره بازتاب رادیواکتیو از زمانی آغاز می‌شود که رسوب از تابش نور خورشید در امان بماند، یا به عبارتی، مدفون و پوشیده شده باشد. اگر

26-optic

27-optimally stimulated luminescence

28-Huntley

29-theroluminescence

30-Wintle

31-Stokes

نمونه، محفوظ از تابش نور رابطور کاملاً پوشیده به آزمایشگاه منتقل کنیم این امکان هست که به کمک امواج نوری سبز یا حرارتی مادون قرمز تله رادیواکتیو بلورها را تحریک کنیم و رادیواکتیو ذخیره شده را آزاد سازیم. در این جا موضوع مهم، آزاد کردن کامل و دقیق بازتاب رادیواکتیو و نیز محاسبه دقیق میزان آنست. موضوع مهم دیگر تعیین واحد سالیانه جذب رادیواکتیو در محیط رسوبی محل نمونه برداری است که به روشهای خاص و با دقت عمل بالا امکان پذیر است.

روش نمونه برداری صحرائی و کارهای آزمایشگاهی

از ۲۵ متر ضخامت کوهریگ، لایه‌های بین عمق ۱۰ تا ۲۰ متر با توجه به امکانات موجود، برای نمونه برداری، قابل دسترس نبود. در نتیجه شش نمونه از ده متر پایینی برش و یک نمونه از بالای برش رسوبی برداشت شد. تعدد نمونه‌های پایینی بیشتر به این دلیل بود که مهمترین لایه‌های واریزه‌ای (C1 و C2) و یک لایه شاخص کهن خاک (S1) را در بر می‌گرفت. نمونه برداری خاص تعیین سن به روش نوری باید طوری انجام شود که نمونه به هیچوجه در معرض نور قرار نگیرد. برای این کار ابتدا سطح دیواره مورد نظر با کاردک تمیز و سپس قالبهایی از ماسه فشرده به ابعاد حداقل ۳۰×۳۰×۳۰ از دیواره خارج شد. این قالبها بلافاصله در پلاستیکهای مشکی ضخیم پیچیده شده و به مرکز موقت گروه در اردکان منتقل شده در آن جا در اتاق تاریک قسمت مرکزی هر قالب به وزن تقریبی ۳۰۰-۲۵۰ گرم به داخل لوله‌های مخصوص ضد نور منتقل شد. پس از بستن در لوله‌ها همه آنها در همان اتاق تاریک درون پلاستیکهای مشکی چند لایه پیچیده شدند.

مراحل تعیین سن در آزمایشگاه مرکز تحقیقات نواحی خشک در شفیلد (انگلستان) انجام گرفت. آماده کردن نمونه‌ها به روش استاندارد در تاریکخانه انجام شد که شامل شستشوی شیمیایی ماسه‌ها و جدا کردن کربناتها و مواد آلی از کوارتز هم می‌شد. ذرات ماسه هم اندازه به طریق الک شویی در حد دانه‌های ۱۸۰ میکرون جدا شدند. جدا کردن ذرات کوارتز به کمک شناور کردن مواد در سدیم پولیتنگستات (وزن مخصوص ۲/۷) عملی شد. از هیدروفلوریک

اسید به مدت ۶۰ دقیقه برای حل کردن فلدسپاتها و تمیز کردن دانه‌های کوارتز استفاده شد (بیتمن و کت^{۳۳} ۱۹۹۶). ماسه‌های آماده شده هر نمونه بر دیسکهای آلومینیومی ۱۰ میلیمتری بار شد و همه اندازه‌گیریهای نوری به وسیله دستگاه نورسنج با فیلتر U340 هویا^{۳۴} و سنجنده کامپیوتری ریزو^{۳۵} انجام شد. میزان جداسازی و پاکسازی کوارتز به وسیله امواج مادون قرمز بازتابشی آزمایش شد. نتیجه کار مثبت و حاکی از خالص بودن کوارتز مورد بررسی بود.

برای اندازه‌گیری تشعشع نوری دیرینه^{۳۶} دریافتی از منحنی شاخص کامپیوتری بر مبنای افزودن میزان کنترل شده (مجداهل^{۳۷} ۱۹۸۷) با استفاده از روش دیسکهای متعدد (۲۴ دیسک) و تک دیسک دالر^{۳۸} (۱۹۹۵) استفاده شد. در هر دو روش، بازتاب نوری توسط لامپ سبز هالوزن حاصل شد. ضمن این که با حرارت دادن اولیه نمونه‌ها در ۲۲۰° سانتیگراد برای ۳۰۰ ثانیه هر گونه امواج ناپایدار حذف شده بود. بازتاب نوری از کوارتز یکی از نمونه‌ها (Shfd 95010) در حدی که بتوان منحنی شاخص مطلوبی عرضه کرد، نبود و تنها امواجی در انتهای طیف مادون قرمز پخش می‌شد بنابراین سن این نمونه با این روش به دست نیامد. برای تشخیص نسبت^{۳۹} سالیانه در محل (کوهریگ اردکان) نمونه‌های اضافی از نظر میزان اورانیوم، توریم و پتاسیم (عناصر رادیواکتیو) تحت آزمایش قرار گرفت. میزان تابش اتمسفری سالیانه احتمالی با توجه به عمق هر نمونه، ارتفاع، عرض و طول جغرافیایی محل به دست آمد پرسکات و هاتن^{۴۰} (۱۹۹۴). در این مورد دانه‌بندی و میزان تراکم نمونه‌ها و نیز رطوبت دیرینه نمونه‌ها در نظر گرفته شد. مورد آخر یعنی رطوبت دیرینه با توجه به درصد کنونی رطوبت نمونه‌ها با یک دامنه خطای بالا (درصد آزادی بالای آماری) محاسبه شد تا هر گونه نوسان احتمالی را در برگیرد.

یافته‌های آزمایشها

جدول شماره ۲ اطلاعات به کار رفته جهت تعیین نسبت بازتاب دیرینه، میزان بازتابش هر

33-Bateman & Catt

34-Hoya

35-Riso

36-paleodose

37-Mejdahl

38-Duller

39-dose

40-Prescott & Hutton

نمونه و سنهای به دست آمده با \pm یک انحراف از معیار نشان می دهد.

سنهای به دست آمده بر مبنای سال تقویمی از زمان حال (۱۹۹۷) می باشد. همه سنهای به دست آمده مابین ۲۵۰۰۰ تا ۱۸۰۰۰ سال قبل با انحراف معیار بین ۱۰۰۰ تا ۳۰۰۰ سال می باشد. از آنجا که تمامی سنهای به دست آمده در محدوده اشتباه آماری قرار دارند، در نتیجه پدیده کوهریگ اردکان در طول یک دوره ممتد حدود پنج هزار سال در کوتاهترین پایانی و همزمان با حداکثر آخرین دوره یخچالی متراکم شده است. وجود لایه S1 که به عنوان یک لایه ضعیف خاک تفسیر می شود. نشان دهنده یک وقفه رسوبی و خاکزایی است ولی با توجه به تعداد سنهای حاصله، زمان مستقل و طول مدت این دوره معلوم نیست.

جدول شماره ۲: خلاصه اطلاعات مورد نیاز به دست آمده از نمونه های ماسه بادی و عمرهای تشخیص داده شده نمونه های کوهریگ اردکان

نمونه	ژرفای نمونه (m)	داده های پرتوایی			واحد کیهانی ($Gy \times 10^3$)	ضریب واحد ($Gy \times 10^3$)	واحد دیرینه (Gy)	سن ($10^3 yr$)
		K(%)	Th(ppm)	U(ppm)				
95008	24.75	1.25 ± 0.06	4.10 ± 0.20	1.30 ± 0.07	0.03 ± 0.001	1.91 ± 0.07	47.42 ± 5.77	24.8 ± 3.2
95009	23.50	1.45 ± 0.07	4.20 ± 0.21	1.20 ± 0.06	0.03 ± 0.002	2.10 ± 0.08	47.21 ± 3.44	22.5 ± 1.8
95011	20.00	1.35 ± 0.07	4.30 ± 0.22	1.30 ± 0.07	0.03 ± 0.002	2.04 ± 0.08	41.50 ± 4.19	20.4 ± 2.2
95012	17.50	1.46 ± 0.07	6.80 ± 0.34	1.80 ± 0.09	0.04 ± 0.002	2.36 ± 0.08	45.93 ± 6.14	18.3 ± 2.5
95013	16.50	1.49 ± 0.07	4.20 ± 0.21	1.30 ± 0.07	0.05 ± 0.002	2.50 ± 0.09	40.34 ± 4.12	18.5 ± 2.0
95014	0.75	1.29 ± 0.06	4.30 ± 0.22	1.40 ± 0.07	0.24 ± 0.012	2.21 ± 0.07	44.09 ± 2.06	19.9 ± 1.1

پتاسیم = K، توریم = Th، اورانیوم = U، D=Dose، واحد رادیو اکتیو بازتاب شده = Gy

بحث و تفسیر

مطالعه کوهریگ اردکان نشان می دهد که شرایط در زمان حداکثر آخرین دوره یخچالی جهت حمل و تراکم ماسه بادی در این ناحیه مناسبتر از حالا بوده است. علی رغم خشکی هوای کنونی، تحت شرایط موجود در محل کوهریگ اردکان، تراکم رسوبهای ماسه ای بادی عادی نیست. هم کمبود تأمین ماسه و هم تغییر جهت بادهای غالب در شرایط حاضر می توانند دلایلی باشند بر این عدم فعالیت جدی کوهریگ. اگرچه منشأ ماسه های کوهریگ مشخص نشده است

ولی در حال حاضر به نظر می‌رسد ماسه‌ای برای تغذیه آن وجود ندارد. تپه‌های ماسه‌ای فعال در این زمان بیشتر به مجاورت محور اصلی دشت اردکان - یزد که آبراهه اصلی از آن می‌گذرد و حواشی کویرها، محدود می‌شوند (مهرشاهی، ۱۹۹۰).

بادهای غالب ناحیه امروزه از سوی باختر می‌وزند (مهرشاهی، ۱۹۹۰؛ معتمد، ۱۹۹۲) و حداکثر فرسایش و حمل باد در این ناحیه تحت اثر بادهای شمالی و شمال باختری صورت می‌گیرد (اختصاصی و احمدی، ۱۹۹۳). ولی به صورت فصلی و محلی انتقال ماسه به وسیله بادهای جنوب خاوری نیز محتمل است (معتمد، ۱۹۹۲؛ اختصاصی و احمدی، ۱۹۹۳) و این بادهای ممکن است تحت شرایط خاص برای برداشت ماسه از آبراهه‌های سیلابی متروکه در حواشی دشت اردکان - یزد اهمیت داشته باشند. اگرچه امروزه بادهای غالب باختری و شمال باختری در انتقال ماسه اهمیت بیشتری دارند ولی تراکم ممتد و شدید کوه‌ریگهای اردکان احتمالاً با غلبه بادهای شدید جنوب خاوری در دوره‌ای خشک میسر شده است. سنهایی که برای نمونه‌های ماسه در این بررسی به دست آمده مبین آن است که نهشته‌های (رسوبهای) بادی و آواری مربوط به شرایط آب و هوایی متفاوت نیستند بلکه هر دو در اثنای یک دوره آب و هوایی واحد بر جای نهاده شده‌اند. بر عکس، سنهای به دست آمده برای تشکیلات مشابه در بیابان موجا و نمایانگر آنست که لایه‌های تالوس و کهن خاکها در مقایسه با لایه‌های ماسه بادی در دوره‌های جدا و تحت شرایطی متفاوت تشکیل شده‌اند (لنکستر و چکرین ۱۹۹۶؛ رندل و شفر^{۴۱} ۱۹۹۶) بنابر پژوهشهای گرده‌شناسی و شیمیایی بر روی نهشته‌های دریاچه زیروار در کردستان ایران، (و. فن‌زیست و هربرت رایت^{۴۲} ۱۹۶۳) در حداکثر آخرین دوره یخچالی شرایطی بسیار سرد و خشکتر در باختر ایران حاکم بوده است. آثار رسوبی کوه‌ریگ در ناحیه اردکان - یزد وجود وضعیتی مشابه و حتی خشکتر، سردتر و مسلماً طوفانی‌تر، را در ایران مرکزی نشان می‌دهد. شرایطی که اجازه تراکم پیاپی و پیوسته رسوبهای بادی و واریزه‌ای را در دوره‌ای ۵۰۰۰ ساله، حوالی حداکثر آخرین دوره یخچالی فراهم ساخته بود. افت دما باعث

یخزدگی بیشتر شده و افزایش هوازدگی فیزیکی ناشی از آن موجب تدارک واریزه‌ها می‌شود. امروزه مقدار محدود و پراکنده‌ای از عناصر واریزه‌ای در سطح کوهریگ یافت می‌شود که آن هم احتمالاً از بقایای رسوبهای پیشین می‌باشد که از حدود ۱۷۰۰۰ سال پیش و بعد از توقف دوره رسوبگذاری عمده کوهریگ باقیمانده‌اند.

امروزه، هوای سرد و خشک در ایران زمانی حاکم می‌شود که سیستم پرفشار سبیری، یعنی سیستم غالب زمستانهای آسیا، بر منطقه مستقر شود (علیجانی، ۱۹۹۰). وزش بادهای سرد و خشک جنوب خاوری که در فصل سرد در منطقه گزارش شده است (مهرشاهی، ۱۹۹۰؛ اختصاصی و احمدی، ۱۹۹۳) احتمال دارد با همین سیستم در ارتباط باشد. جهت کوهریگ اردکان مخالف جهت وزش بادهای اصلی کنونی، باختری - شمال باختری، در دشت اردکان - یزد می‌باشد. بنا بر این شواهد و در صورتی که ارتباطی بین سیستم پرفشار سبیری و وزش بادهای جنوب خاوری در این ناحیه وجود داشته باشد، به نظر می‌رسد که در حداکثر پیشروی یخچالی، در ایران مرکزی سیستم سبیری حاکم شده و به همراه آن وزش بادهای شدید از سمت جنوب خاوری موجب حمل مقادیر عظیمی ماسه به حوضه محصور بین کوههای پیرزن، هریشت و دیگر کوههای پراکنده مجاور کویر اردکان می‌شده است. این کوهها در واقع مانع حرکت ماسه‌ها می‌شده‌اند. کمبود رطوبت و خشکی هوا از یک سو موجب کمبود رطوبت خاک شده و از سوی دیگر به علت طول مدت سرمای شدید از پوشش گیاهی منطقه کاسته می‌شده است. این عوامل امکان فرسایش بادی و برداشت ماسه از آبراهه‌های اتفاقی و مخروط افکنه‌ها را بیشتر می‌کرده‌اند. قطعات درشت و بسیار زاویه‌دار واریزه‌ای لایه‌های آواری کوهریگ اردکان نشان از سرما و یخزدگی شدید دارند که این خود می‌تواند توجیه‌کننده وجود سیستم پرفشار سبیری در ناحیه باشد. پس از پایان رسوبگذاری مواد بادی - آواری در محل کوهریگ شرایط مساعد جدیدی برای جریان آبهای ناحیه به وجود آمده بطوری که برش عمیقی در حد فاصل دیواره کوه و کوهریگ پدید آورده است. همین آب بریدگی عمیق باعث قطع ارتباط قسمت عمده کوهریگ اصلی و دیواره دو کوه مجاور شده و بدین ترتیب امکان فرو ریختن واریزه‌های احتمالی بر سطح کوهریگ نیز از میان رفته است. به هر حال، حتی کف آبراهه موجود نیز اثری

از انباشته شدن واریزه یا سایر مواد ناشی از حرکت انبوه را نشان نمی‌دهد این امر مبین آنست که تراکم واریزه‌ای در شرایط فعلی در حداقل است.

نتیجه

سن یابی نوری حدود ۲۵ متر از نهشته‌های بادی و واریزه‌ای به وجود آورنده کوهریگ اردکان در حدود حداکثر آخرین دوره یخچالی به جا گذاشته شده‌اند. نوع رسوبها دال بر سلطه آب و هوایی سرد، خشک و احتمالاً طوفانی‌تر از امروز در محل است. این شرایط حداقل برای یک دوره ۵۰۰۰ ساله به هنگام استقرار پرفشار سیبری در ناحیه وجود داشته است.

سپاسگزاری

مسافرت به منطقه، اقامت در محل، تدارکات و حمل و نقل در محل مورد مطالعه توسط همکاری بی وقفه و همه جانبه سرپرستان و کارکنان دانشگاه یزد فراهم آمد که بدین وسیله از آنها تشکر می‌شود. ویلیام کراو^{۴۳} در مورد آزمایشهای سن یابی و دانه‌سنجی همکاری داشته است. پروفیسور پیتز تاونسند^{۴۴} و آلد راولندز^{۴۵} در دانشگاه ساسکس^{۴۶} در بخش طیف‌نگاری همکاری کرده‌اند. پل کولز^{۴۷} در ترسیم کامپیوتری نقشه‌ها همکاری داشته است. پروفیسور هربرت رایت^{۴۸} و یک ویراستار ناشناس در بازمینی و تصحیح نسخه اولیه بسیار مؤثر بوده‌اند. همه ما در نهایت از دکتر جلیل شاهی، نخستین سرپرست دانشگاه یزد و دکتر محمدعلی برخورداری سرپرست پیشین دانشگاه یزد که بانی شروع و به انجام رسیدن موفقیت آمیز این پروژه شدند، صمیمانه متشکریم.

منابع و مأخذ:

- 1- Alijani, B. ,Formation of Siberian High and its effect on the climate of eastern Iran. *Quarterly Journal of Geographical Research*,1990, 17, 41-51.[in persian]

43-William Crowe

44-Peter Townsend

45-Aled Rowlands

46-Sussex

47-Paul Coles

۴۸-پروفیسور هربرت رایت از همکاران اصلی پروژه مطالعات رسوبشناسی کواترنر دریاچه زیروار (۱۹۶۳) بوده است که صاحب چندین مقاله در باره اوضاع اقلیمی و ژئومرفولوژیک خاورمیانه و غرب ایران در کواترنر پایانی می‌باشد.

- 2- Bateman.M.D., and Catt.J.A. An absolute Chronology for the raised beach and associated deposits at Sewerby,East Yorkshire U.K. *Journal of Quaternary Science*, 1996, 11,389-399.
- 3- Bobek, H. "Features and Formation of the Great Kawir and Masileh", Iran. Desert Research Center of Iran, University of Tehran, 1959, Tehran,63.
- 4- Bobek, H. "Nature and implication of Quaternary climatic change in Iran". *Symposium on the change of Climate*. UNESCO-WMO, Rome, 1963, pp.403-413.
- 5- Duller, G.A.T. " Luminescence dating of sediment using single aliquots: Methods and applications". *Radiation Measurements*, 1995, 24, 217-226.
- 6- Ekhtesasi, H., and Ahmadi, H. . "Wind Velocity and Deflation Areas of the Yazd-Ardakan Plain". *Report*, Desert Research Center of Iran, Yazd Center,1993. [in Persian].
- 7- Hagedom, h., Haars. W., Busche, D., and Grunert, J. "Some geomorphological observations from the shir Kuh Mountains area". *Geography, Journal of the Association of Iranian Geographers*, 1978, 1, 10-15.
- 8-Harvey, A.M.The role of alluvial fans in arid zone fluvial systems. "*Arid Zone Geomorphology: Process, From and Change in Drylands*" (D.S.G. Thomas, Ed.), pp. 231-259. 2nd ed, 1997, Wiley, Chichester, UK.
- 9- Huber, H. "Geology and Structure of the Ardakan-Kalut Basin". *Report 44*, Geological Section of the National Iranian Oil Company, 1955, Tehran, Iran.
- 10-Huntley,D.J.Godfrey-Smith,D.L.,Thewalt,M.L.W."Optical dating of sediments",*Nature*,1985,313, 105-107.
- 11-Hutchinson,G.E.,Cowgill,U.M."Chemical examination of a core from Lake Zenbar",*Iran Science*, 1963 , 140,67-69.
- 12- Krinsley, D.B."Geomorphology of three kavirs in northern Iran". Playa Surface Morphology (J.Neal, Ed.)U.S. Air Force Cambridge Research Laboratories; *Environmental Research Paper 283* (AFCRL 68-0133), Washington, 1968, 105-130.
- 13- Krinsley, D.B. "A Geomorphological and Paleoclimatological Study of the Playas of Iran." US Geological Survey, *Final Scientific Report*,1970, CP 70-800.
- 14- Lancaster, N., and Tchakerian, V.P. Geomorphology and sediments of sand ramps in the Mojave Desert. *Geomorphology*,1996,17, 151-165.
- 15- Lazarenko, A.A. *The loess of central Asia*. In "Late Quaternary Environments of the Soviet Union" (A. Velichko, Ed.),1984, pp.125-131. Longman, Harlow.
- 16- Livingstone, L, and Warren, A. *Aeolian Geomorphology*. (1996), Longman, London.
- 17- Luff, B.J.,Townsend, P.D. "High sensitivity thermoluminescence spectrometer"*Measurements in Science and Technology*,1993, 4, 65-71.

- 18- Mehrshahi, D. A brief look at the geomorphology of the Yazd Province, central Iran (part 2). *Quarterly Journal of Geographical Research*, 1990, 16, 123-146. [in persian].
- 19- Mejdahl, V. "Thermoluminescence dating of sediments", *Radiation Protection Dosimetry*, 1987, 17, 219-227.
- 20- Motamed, A. "The Origin of Sand Accumulations in Yazd Area, Iran." *Desert Research Centre of Iran*, University of Tehran, 1992, 30, 169. [in Persian].
- 21- Prescott, J.R., and Hutton, J.A. "Cosmic ray contributions to dose rates for luminescence and ESR dating: large depths and long-term variations". *Radiation Measurements*, 1994, 213, 497-500.
- 22- Rendell. H.M., and Sheffer, N.L. Luminescence dating of sand ramps in the Eastern Mojave Desert. *Geomorphology*, 1996, 17, 187-197.
- 23- Stokes, S., and Gaylord, D.R. "Optical dating of Holocene dune sands in the Ferris dune field", Wyoming. *Quaternary Research*, 1993, 39, 274-281.
- 24- Stokes, S., Thomas, D.S.G., and Washington, R. "Multiple episodes of aridity in southern Africa since the last interglacial period". *Nature*, 1997, 388, 154-158.
- 25- Tchakerian, V.P. "Late Quaternary eolian geomorphology of the Dale Lake sand sheet, southern Mojave Desert, California". *Physical Geography*, 1991, 12, 347-437.
- 26- Tchakerian, V.P. *North America*, In "Arid Zone Geomorphology: Process, Form and Change in Drylands" (D.S.G. Thomas, Ed.), 1997, pp.523-541. Wiley, Chichester.
- 27- Thomas, D.S.G., Nash, D.J., Shaw, P.A., and Van der Post, C. "Present day sediment cycling at witpan in the and southwestern Kalahari Desert". *Catena*, 1993, 20, 515-527.
- 28- Thomas, D.S.G., Stokes, S., O'Connor, P.W. "Late Quaternary aridity in the southwestern Kalahari Desert: New contributions from OSL dating of eolian deposits, northern Cape Province, South Africa" *Quaternary Deserts and Climate Change* (A. Alsharan, K.W. Glennie, G.L. Whittle, Eds.), 1997, Balkema, Rotterdam.
- 29- Van Zeist, W., and Wright, H.E. "Preliminary pollen studies at lake, Zeribar, Zagros Mountains, southern Iran". *Science*, 1963, p.140, 65-67.
- 30- Wintle, A.G., Luminescence dating of eolian sands: An overview, "The Dynamics and Environmental Context of Wolian Sedimentary System", *Geological Society Special Publication*, 1993, 72, pp.49-58. London.
- 31- Wright, H.E.J. Climatic change and plant domestication in the Zagros Mountains. Iran, 1980, 18, 145-148.
- 32- Zimbelman, J.R., Williams, S.H., Tchakerian, V.P. "Sand transport pathways in the Mojave Desert southwestern United States", *Desert Aeolian Processes* (V.P. Tchakerian, Ed.), 1995, pp.101-129. London.