Archive of SID

پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمّی، سال هشتم، شماره ۴، بهار ۱۳۹۹
صص. ۹۲-۸۱

بررسی اهمیت و نقش ورنی بیابان به عنوان یک شاخص کرونومتری در مطالعه نوسانات اقلیمی کواترنر اخیر (مطالعه موردی ریگ گناباد)

علی محمد نورمحمدی – دانشجوی دکتری، ژئومورفولوژی دانشگاه فردوسی مشهد.
سید رضا حسین زاده* – دانشیار ژئومورفولوژی، دانشگاه فردوسی مشهد.
ابوالفضل بهنیافر – دانشیار ژئومورفولوژی، دانشگاه آزاد مشهد.

پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۰۳/۱۶ تائید نهایی: ۱۳۹۸/۱۲/۱۷

چکیده

ورنی بیابان(ورنی سنگی) پوشش نازکی ترکیب یافته از عناصر مختلف همچون رس، آهن، منگنز و سایر عناصر بوده که به مرور زمان و در طی صدها تا هزاران سال به صورت لایه ای با ضخامت چند تا چند صد میکرون بر روی سنگهای نواحی بیابانی تشکیل می شود. این تحقیق به منظور بررسی اهمیت و نقش ورنی بیابان به عنوان یک شاخص ژئومورفولوژیک برای مطالعه نوسانات اقلیمی ریگ گناباد انجام شده است. بر این اساس ابتدا نمونه های ورنی از سطح منطقه جمع آوری گردید و جهت انجام آزمایشهای لازم به آزمایشگاه منتقل گردید. بعد از انجام تحلیلهای مورد نیاز توسط میکروسکپ الکترون اسکن(SEM) و تحلیلهای انرژی- پراکنی اشعه X (EDAX) ویژگیهای فیزیکی ورنی همچون، مورفولوژی ضخامت، میکروچینه شناسی، عناصر شیمیایی مورد بررسی قرار گرفت و مشخص گردید که ورنی دارای مورفولوژی ورقه ای بوده و فاقد لایه های متوالی می باشد که این نشان دهنده این است که ورنی در شرایط خشک شدید همراه با فعالیت شدید فرایندهای بادی و گرد و غبار تشکیل گردیده است. مهمترین عناصر موجود در ورنی Si، Fe، K، Ca، Ti، Mg، Al و ... بوده و مشخص گردید که میزان رس ها بیشترین مقدار را دارد و آهن از میزان منگنز موجود در ورنی بیشتر بوده که خود نشان دهنده حاکمیت شرایط خشک در زمان تشکیل ورنی بوده است. همچنین بررسی نسبت کاتیونی ورنی نشان داد که شکل گیری ورنی به احتمال خیلی زیاد با آغاز هولوسن و شروع دوره خشکی، شروع شده است. نتایج تحقیق نشان دهنده این است که ورنی بیابان و ویژگیهای آن می تواند به عنوان شاخصی برای بررسی نوسانات اقلیمی اواخر عصر حاضر مورد استفاده قرار گیرد.

واژگان کلیدی: ورنی بیابان، ریگ گناباد، نوسانات اقلیمی، هولوسن، مورفولوژی ورنی.

---

* نویسنده مسئول: E-mail: srhosseinzadeh@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

در مناطق بیابانی که سطوح سنگ ها برهنه بوده و در معرض تابش شدید خورشید قرار دارند در طول زمان بر روی آنها پوسته های نازکی از اکسید های آهن و منگنز به رنگ قرمز تا تیره به وجود می آید. به این قشر تیره روی سنگ ها سنگ پوش بیابانی گفته[۱] می شود و در صورتی که سطحی جلا زده و کاملا تیره داشته باشند، به آنها ورنی سنگی[۲] یا ورنی بیابان اطلاق می شوند(بهنیافر و قنبر زاده، ۱۳۹۷، ۱۵۴). ورنی به احتمال فراوان کندترین تراکم رسوبی جهان می باشد که در طی هزاران سال خیلی کم و تا حدود ۱۰ میکرون رشد می کند. بر اساس،نوشته های محققین ضخامت ورنی بین کمتر از ۵ میکرون تا ۶۰۰ میکرون متفاوت می باشد(لیو و بروکر[۳]، ۲۰۰۷، ۱). ورنی دارای طیف گسترده ای از عناصر شامل یک لایه نازک سیلیس بی شکل(روکش یا لعاب) کربناتها، سولفاتهای مختلف و پوسته غنی از اگزالات می باشد(واتمن[۴]، ۲۰۰۰، ۲۶۲). پوتر و روسمن[۵](۱۹۷۷) پی بردند که ذرات رسی بخش اصلی ورنی را تشکیل می دهد. آنها ذرات معلق در هوا را منبع رس و دیگر اجزاء دانستند(آلن[۶]، ۲۰۰۰، ۲۶۱). ورنی بیابان در بیابان های خشک و نیمه خشک جهان به خوبی توسعه می یابد و از حدود ۳۰ درصد اکسید منگنز و آهن و بیشتر از ۷۰ درصد مواد معدنی رسی و انواع عناصر ردیابی و کمیاب تشکیل شده است(لیو و بروکر[۷]، ۲۰۰۷، ۲). مدتها بر سر این بحث بوده که آیا ورنی سنگی نتیجه فرایندهای معدنی است یا فرایندهای بیولوژیکی؟ امروزه تحقیقات متعددی نشان داده که مکانیسم های معدنی در تشکیل ورنی دخیل هستند. همچنین مشخص شده است که تشکیل ورنی یک فرایند غیر بیولوژیکی است(پری و کولب[۸]، ۲۰۰۴، ۲۰۲).

تأثیر سنگ پایه بر روی تشکیل ورنی موضوعی بحث برانگیز بوده است. فون همبولت(۱۸۱۲) فرض نمود که لایه های غنی از منگنز با ضخامت کمتر از یک میلیمتر به صورت یک لایه رسوبی بر سطح سنگها شکل می گیرد. با این حال طرفداران نظریه هومبولت تا قبل از استفاده از میکروسکوپ های الکترونیک کم بودند. در بیشتر قرن ۱۹ و ۲۰ یک توافق نظر جامع به وجود آمده بود که جزء اصلی تشکیل دهنده ورنی از مواد معدنی سنگهای زیرین ایجاد می شود(دورن و همکاران[۹]، ۲۰۱۳، ۶۲). اما آزمایشات و تحقیقات انجام شده در مورد ورنی این نکته را به اثبات رسانده است که ورنی یک لایه رسوبی انباشته شده بر روی سنگ می باشد که دارای ویژگیهای متمایز با سنگ زیرین می باشد، به طوری که محققینی همچون لیو(۲۰۰۳) بیان می کنند که ورنی نتیجه پدیده های اتمسفری مانند بارندگی، گردو غبار، هواویزه ها و شبنم است.

ورنی بیابان به عنوان یک فاکتور پالئوژئومورفولوژی در بیشتر مناطق خشک وجود دارد و از طریق بررسی های میکرو چینه نگاری می توان اطلاعات مفیدی از شرایط دیرینه محیطی بیابان ها را به دست آورد. هر لایه از سطوح ورنی سنگی از ارزش پالئو کلیمایی خاصی برخوردار است. بررسی های سن سنجی ورنی ها و مواد ارگانیکی که در بین این لایه ها حفظ شده اند اطلاعات ارزشمندی در مورد وقایع اقلیمی مناطق خشک ارائه می کنند. ورنی ها بیشتر از ترکیب منگنز و اهن تشکیل می شوند، بنابراین نسبت منگنز به آهن ورنی ها فاکتور مهمی در تحولات دیرینه محیطی بیابان ها محسوب می شود. برای مثال ورنی های غنی از منگنز در دامنه های سنگی مبین تغییر اقلیم از شرایط خشک به مرطوب در عصر

---

1 - rock patins

2 - rock varnish

3 - liu and broecker

۴ - Watchman

5 - Potter and Rossman

۶ - Alan

7 - liu and broecker

۸ - Perry and Kolb

9 - Dorn and etal

www.SID.ir

Archive of SID

هولوسن می باشد، همچنین بررسی های میکرومورفولوژی ورنی ها اطلاعات مفیدی در مورد فعالیت فرسایندگی بادی ارائه می دهد(توماس[۱]، ۲۰۱۱، ۳۵).

ورنی بیابان برای بیش از ۲۰۰ سال است که به عنوان یک شگفتی علمی شناخته شده است(نوینسکی[۲]، ۲۰۰۹، ۲۲). مطالعه علمی ورنی بیابان در سال ۱۷۹۹ توسط فون همبولت آغاز شد، زمانی که تفاوت عمده در ترکیب منگنز بین ورنی و سنگ زیرین باعث به رسمیت شناخته شدن ورنی گردید(دورن، ۲۰۰۹، ۱۵۴). دورن(۱۹۹۰) با مطالعه نوسانات قلیایی در ورنی بیابان در سنگهای آتشفشانی بیابان های غرب آمریکا نتیجه گرفت که ورنی بیابان پتانسیل استفاده به عنوان یک شاخص برای مطالعاه نوسانات محیطی کواترنر را دارا می باشد. بییرمن و کونر(۱۹۹۲) با واسنجی دقت و صحت استفاده از عناصر شیمیایی ورنی برای سن سنجی به این نتیجه رسیدند که این امر در کنار تحقیقات قبلی می تواند برای تعیین سن مفید باشد. پری و کلب(۲۰۰۴) با مطالعه اجزاء ارگانیک و بیولوژیک ورنی بیابان به این نتیجه رسیدند که اجزای ارگانیک ورنی بیابان می تواند مکانیسم تشکیل ورنی را آشکار سازد. لیا و بروکر(۲۰۰۸) با بررسی میکرو چنیه شناسی ورنی نشان دادند که بررسی میکرو چینه شناسی ورنی می تواند شاخصی برای مطالعه نوسانات اقلیمی گذشته باشد. زربونی[۳](۲۰۰۸) با بررسی میکرو چینه شناسی ورنی در صحرای لیبی بیان کرد که ارتباط مثبت و مستقیمی بین لایه بندی ورنی و تغییرات اقلیمی وجود دارد. در ایران تحقیقات مختص اهمیت ورنی در تعیین سن انجام نشده و تنها تحقیق انجام شده در این زمینه توسط سرمست و همکاران در سال ۱۳۹۴انجام شده که در این تحقیق خصوصیات جلای بیابان در سطوح پایدار، ناپایدار و نسبتا پایدار را در منطقه جیرفت مورد مطالعه قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که می توان از جلای سنگ در تعیین سن نسبی سطوح مختلف ژئومورفیک موجود در منطقه جیرفت استفاده کرد.

بازسازی و مطالعه اقلیم دیرینه و تحولات ژئومورفولوژیکی بیابانها از زمانهای دور مورد توجه جغرافیدانان و دانشمندان علوم زمین به خصوص ژئومورفولوژیستها بوده و از روشهای متفاوتی برای مطالعه دیرینه اقلیم نواحی بیابانی استفاده شده است. به خاطر شرایط خاص حاکم بر مناطق بیابانی خصوصا ریگها نمی توان از همه روشهای مطالعه دیرینه اقلیمی برای مطالعه تغییرات اقلیمی در این نواحی استفاده کرد. و از طرفی در صورت محیا شدن شرایط انجام مطالعات آزمایشگاهی و سن سنجی این مطالعات دارای هزینه و زمان بر می باشد. از این رو شاخص های دیگر مطالعه اقلیم دیرینه این مناطق همچون ورنی بیابان می تواند تا حد زیادی به مطالعه وضعیت دیرینه اقلیم این مناطق کمک کند. در این راستا پژوهش حاضر با این هدف انجام شده که نشان دهد که ویژگیهای ورنی همچون مورفولوژی و کانی شناسی ورنی بیابان به شدت توسط نوسانات اقلیمی در مناطق خشک کنترل شده و تغییرات در مورفولوژی ورنی نشان دهنده نوسان در محیطهای بادی بوده و سن یابی نسبت کاتیونی فرصتی را برای تعیین حداقل سن برای آغاز و پایان فعالیت بادی در مناطق بیابانی فراهم می کند.

محدوده مورد مطالعه

ریگ گناباد در جنوب استان خراسان رضوی و در شمال شهرستان گناباد بین ´۳۴ °۵۸ تا ´۰۶ °۵۹ طول شرقی و بین ´۴۴ °۳۴ تا ´۲۸ °۳۴ عرض شمالی قرار گرفته است. جاده ارتباطی مشهد-گناباد، از داخل این ریگ عبور می کند. میانگین دما در منطقه برابر با ۱۷/۵ درجه سلسیوس می باشد و میانگین بارندگی سالانه نیز برابر با ۱۳۱/۹ میلیمتر است. بر اساس آمار ثبت باد ایستگاه سینوپتیک گناباد، جهت باد غالب منطقه شرقی است. به عبارت دیگر در ۹ ماه از سال شامل بهمن، اسفند، فروردین، اردیبهشت، خرداد، تیر، مرداد، شهریور و مهر جهت باد غالب شرقی است. جهت باد غالب در ماه

[۱] - Thomas

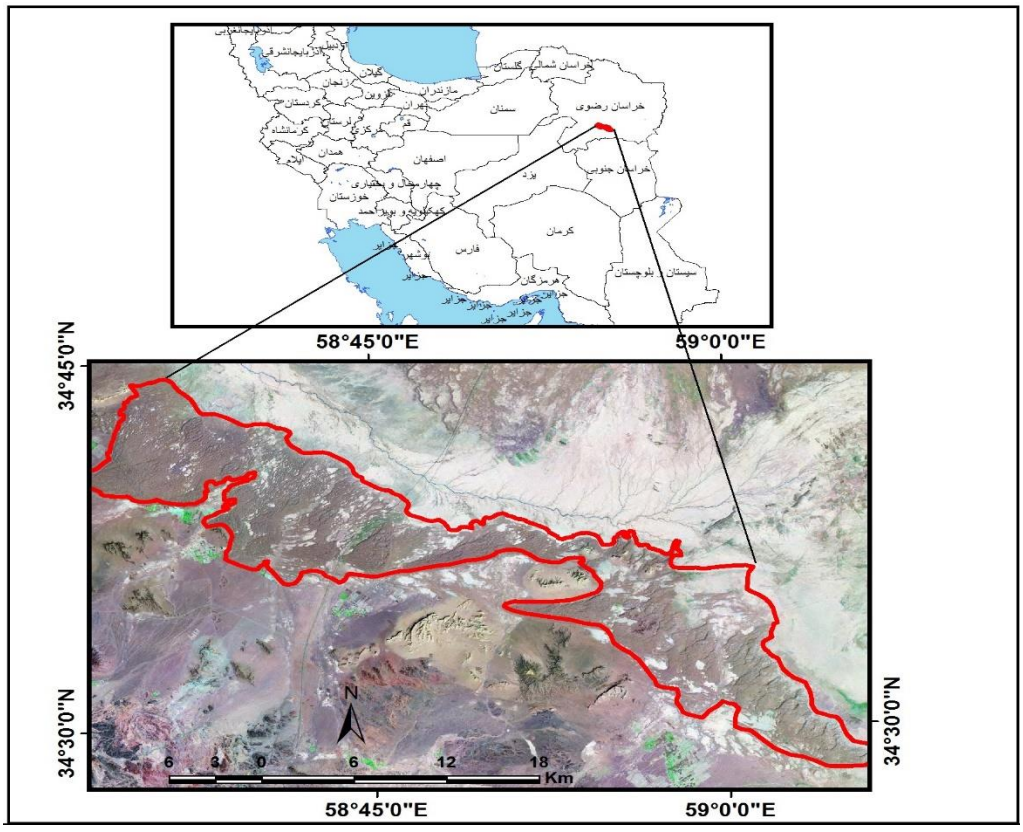
[2] - Nowinski

[3] - Zerboni

www.SID.ir

Archive of SID

های آبان و آذر شمال شرقی و در دی ماه شمالی است. منطقه گناباد بخشی از بلوک لوت است که خود بخشی از خرده قاره شمال شرق ایران بشمار می آید. ریگزارهای منطقه برروی پهنه کویری و دق های رسی شکل گرفته و در بعضی نواحی نیز سازندهای کرتاسه شامل آهک، ماسه سنگ و شیل، کنگلومرا و ژیپس به صورت برجستگی های کم ارتفاع در داخل ریگ برونزد دارند. ارتفاعات جنوبی و شرقی منطقه نیز متشکل از سازندهای ائوسن شامل آندزیت، بازالت و آندزین می باشد. ژئومورفولوژی ریگ متشکل از تپه ای ماسه ای در اشکال مختلف می باشند اماغلبه با تپه های طولی، برخان و سیف است. در بعضی نواحی که هنوز تپه ها توسعه زیادی نیافته از نوع بوکلیه و بوکلیه برخان نیز در منطقه قابل مشاهده می باشند. در نواحی مرزی ریگ و بعضی نواحی که بخش های مختلف ریگ از هم جدا شده اند توسعه پهنه های ماسه ای قدیمی باعث ایجاد پرتگاههای ماسه ای شده که در بعضی نواحی ارتفاع آن به ۱۱ متر می رسد. نبکاهای پراکنده نیز در سراسر ریگزار به خوبی قابل مشاهده می باشد که متأسفانه تبدیل به نبکاهای مرده شده و در حال نابودی می باشند.



شکل۱: موقعیت جغرافیایی ریگ گناباد

مواد و روش ها

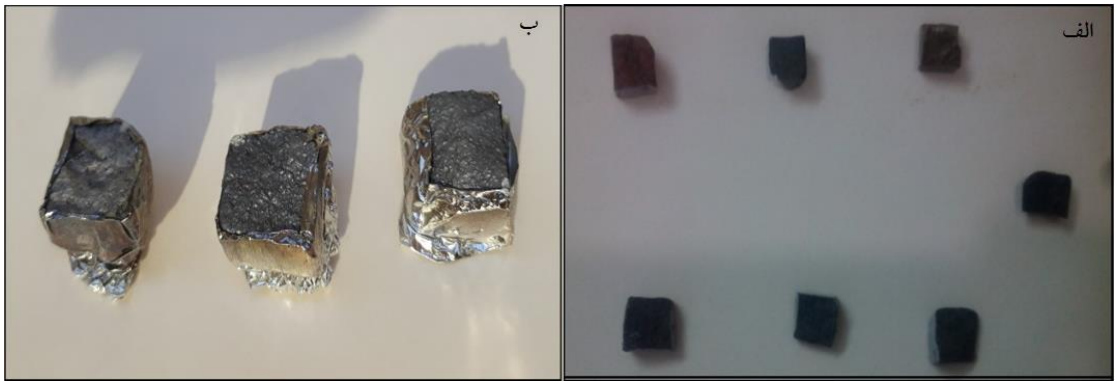
روش مورد استفاده در این تحقیق از نوع تحلیلی – توصیفی و تجربی بوده که در مرحله اول با مطالعات کتابخانه ای برای آگاهی از پیشینه تحقیق و در مرحله بعد مطالعات میدانی برای بررسی و شناسایی چهره های مختلف عوارض و نمونه برداری های لازم و همچنین مطالعات آزمایشگاهی برای بررسی و آنالیز نمونه های برداشت شده از منطقه جهت دستیابی به نتایج مورد نظر بوده است. به طور کلی در این تحقیق از دو نگرش تاریخی و تجربی استفاده شده است. مطالعات آزمایشگاهی در این تحقیق شامل تجزیه و تحلیل نمونه های جمع آوری شده ازمحدوده ریگ گناباد می باشد. بر همین اساس سعی گردیده که ورنی ها از عوارض مختلف پایدار و ناپایدار در محدوده ریگ، همچون سطح اینسلبرگ ها، دشت

www.SID.ir

Archive of SID

های ریگی، سطوح آبرفتی قدیمی جمع آوری گردد. نمونه های انتخاب شده پس از جمع آوری به آزمایشگاه منتقل گردیده و برای فرایند آزمایش آماده سازی شده اند. مورفولوژی ورنی ها توسط میکروسکوپ الکترو اسکن که اولین بار توسط کرومبین[1](۱۹۶۹) استفاده گردید، مورد بررسی قرار گرفت و از تحلیلهای انرژی- پراکنی اشعه X (EDAX) که توسط دورن(۱۹۸۶) برای مطالعه ورنی در بیابان های غرب آمریکا به کار برده شده، استفاده گردید.

در مرحله اول حدود سی نمونه ورنی از سطح ریگ جمع آوری گردید. و هفت نمونه مورد آزمایش قرار گرفت. پس از انتخاب ورنی ها در آزمایشگاه برای قرار گیری نمونه ها در داخل میکروسکوپ الکترونیکی نمونه های مورد نظر را در ابعاد ۱*۱ سانتیمتر برش داده تا بتوان با قرار دادن در دستگاه آنالیزهای مورد نظر را انجام داد. قبل از قرار دادن نمونه ها در دستگاه سطح ورنی با پالادیم- طلا پوشیده شد، طلا یا کربن به وسیله میکروسکپ الکترون اسکن(SEM) و توسط تحلیلهای انرژی- پراکنی اشعه X (EDAX) مشاهده می شود. قسمتهای صیقلی خورده پیرامون سنگ که فاقد ورنی بوده نیز توسط ورقه های آلومنیم پوشیده شده تا از ایجاد خطا در محاسبات جلوگیری شود. بعد از انجام آنالیزها توسط میکروسکوپ الکترو اسکن و تعیین مورفولوژی ورنی با استفاده از تحلیهای انرژی پراکنی اشعه X(EDAX) بر روی ورنی ها عناصر موجود در هر نمونه اندازه گیری شد. برای این منظور اشعه ایکس در عمق ۱ میکرون ورنی تابانده شده تا مواد تشکیل دهنده ورنی را مورد ارزیابی قرار دهد. سرانجام میزان ضخامت قشر ورنی، مورفولوژی ورنی و عناصر آن تعیین گردید.



شکل۲: نمونه های ورنی الف: نمونه های آماده شده بعد از برش با ابعاد ۱*۱ سانتیمتر و ب: آماده شدن نمونه ها برای قرار گیری در دستگاهSEM و انجام آزمایشات مورد نظر

نتایج و یافته های تحقیق

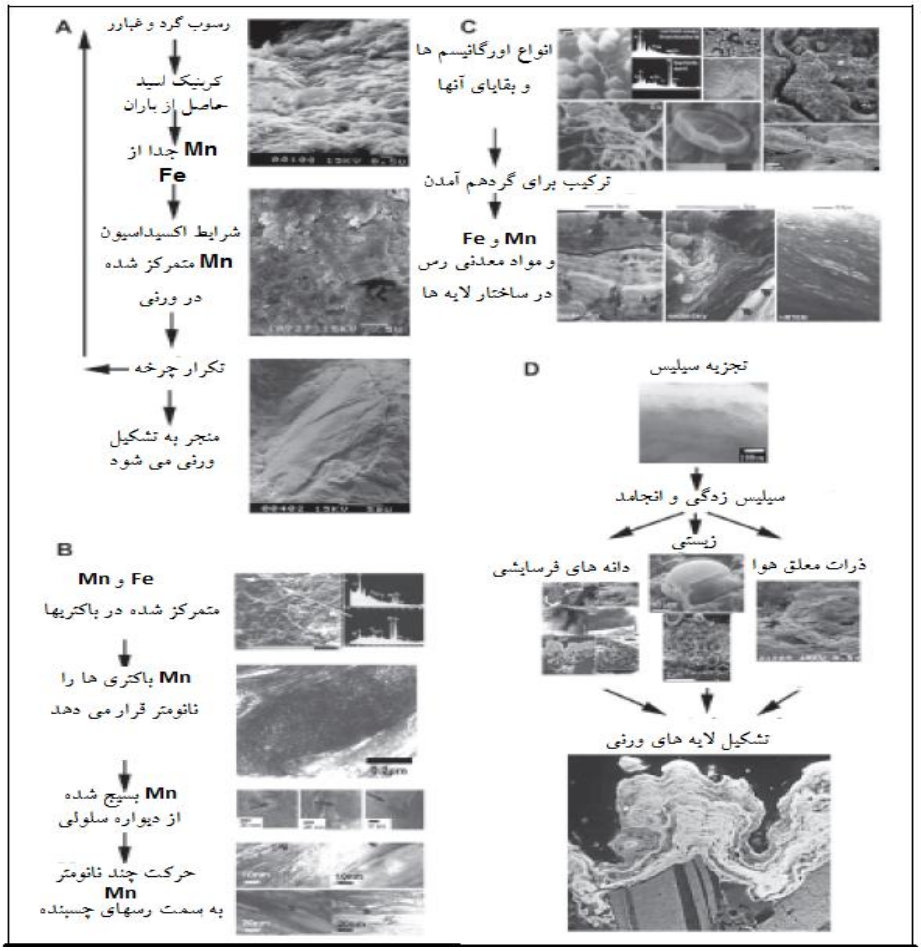
مکانیسم تشکیل و تکامل ورنی در منطقه

ورنی سنگی(اغلب ورنی بیابان نامیده می شود) یک لایه نازک با ترکیبی حدود یک سوم مواد معدنی رسی معمولا همراه یک پنجم اکسید های منگنز و آهن بر روی سنگ میزبان تشکیل می شوند، که تا حدود زیادی مستقل از سنگ زیرین می باشد. اثر گذاری سنگ زیرین بر تشکیل ورنی بیابان(سنگی) موضوعی بحث برانگیز بوده است. فون همبولت در سال (۱۸۱۲) بیان کرد که پوشش های غنی از منگنز و آهن به صورت رسوب بر روی سنگ زیرین تشکیل می شود(دورن ۲۰۱۳ و همبولت ۱۸۱۲). از نتایج آزمایشات و تحلیل های انجام شده بر روی ورنی های منطقه و تحلیل شیمیایی آنها می توان استنباط کرد که ورنی های موجود در منطقه حاصل فرونشست ذرات معلق گرد و غبار در دوران فراوانی گرد و غبار و ذرات هواویزه در منطقه همزمان با گسترش دوران خشکی و فراوانی فعالیت های بادی در منطقه بوده است البته فرایندهای فیزیکو شیمایی و فعالیت باکتریها نیز در تکامل ورنی ها مؤثر بوده اند(شکل ۳).

[1] - Krumbein

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۳: مکانیسم تشکیل ورنی (دورن، ۲۰۰۷، ۲۶۳).

میکرو مورفولوژی ورنی و تعیین نوسانات اقلیمی

تغییرات میکرو مورفولوژی در ورنی نوسانات بلند مدت فراوانی گرد و غبار را نشان می دهد(دورن، ۱۹۸۶، ۲۹۱). استفاده از ساختار میکرون- مقیاس ورنی سنگی با مشاهدات میکروسکوپهای الکترون اسکن(SEM) توسط کرومبین[1](۱۹۶۹) شروع شد. پوتر و روسمن[2](۱۹۷۷) پری[3](۱۹۷۹) دورن و اوبرلندر(۱۹۸۲) و والی[4](۱۹۸۳) این روش را ادامه دادند. معمولا مورفولوژی ورنی ها دارای شکل پیوسته است که بین خوشه مانند و ورقه ورقه متفاوت می باشند.

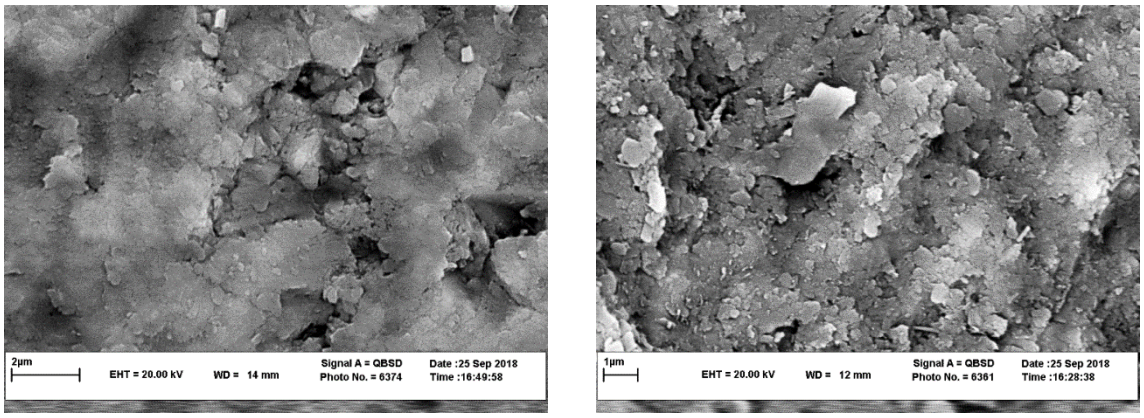
در مدلی که ابتدا به وسیله دورن و ابرلندر مطرح گردید زمانی که مواد معدنی رس در محیطهای بادی فراوان هستند، ته نشست پلاکتهای رسی در یک جهت افقی ساختار ورنی را تعیین می کند و ورنی های ورقه ای تولید می شوند و زمانی که رس معدنی آئروسولیک کم هستند، اکسیدها پیرامون هسته های میکروبی مجرد جمع شده و میکرومورفولوژی خوشه ای شکل می گیرد(دورن، ۱۹۸۶، ۲۹۳). بررسی مورفولوژی ورنی های موجود در منطقه نشان دهنده این است که مورفولوژی ورنی ها در منطقه دارای شکل ورقه ای بوده که نشان دهنده فراوانی فعالیت بادی با پوشش گیاهی ضعیف در

1 - Krumbein
2 - Russman
3 - Perry
4 - Whalley

www.SID.ir

Archive of SID

منطقه می باشد(شکل۴). این نشان دهنده این می باشد که کمبود پوشش گیاهی در منطقه باعث افزایش ذرات معلق در هوا از جمله گرد و غبار شده است که فرونشینی این مواد به تدریج بر روی سنگها باعث شکل گیری ورنی شده است.



شکل۴: تشکیل پلاکت های رسی و شکل گیری مورفولوژی ورقه ای در دو نمونه از ورنی های مورد مطالعه

نقش شیمی و کانی شناسی ورنی در تعیین اقلیم گذشته

شیمی دان تحلیلی سلست انجل[۱] اولین پایان نامه کارشناسی ارشد را روی ورنی سنگی در بیابان موجاوا تکمیل و برای نوشتن آن با روبرت شارپ[۲] همکاری کرد. عناصر اصلی، اکسیژن(O)، هیدروژین(H) ، سیلیکات (Si)، آلومینیوم(Al)و آهن(Fe) تقریبا برابر با منگنز(Mn) می باشند. رمز کلیدی شکل گیری ورنی این است که چگونه افزایش نسبت منگنز را توضیح دهیم. نسبت Mn:Fe ورنی از ۱:۱ تا حدود ۱:۵۰ در مقابل با نسبت Mn:Fe از حدود ۱:۶۰ در پوسته زمین متغییرمی باشد

آنجل و شارپ تعاریف زیر را در مورد عناصر ورنی ارائه داده اند(۱۹۸۵):

۱- سیلیکات و آلومینیوم با هم بخش عمده ای از ورنی سنگی را تشکیل داده، سازگار با رس و کانی شناسی غالب را تشکیل می دهند.

۲- اکسیدهای منگنز و آهن معمولا یک چهارم تا یک سوم ورنی سنگی را همراه با تغییر پذیری نقطه به نقطه در مقیاس نانومتر تا کیلومتر تشکیل می دهد.

۳- عناصر جزئی الگوهای متغییری را نشان می دهند. عناصر منیزیم(Mg)، پتاسیم(K) و کلسیم(Ca)وضعیت تبادل کاتیونی مرتبط با رس هستند. باریوم اغلب با Si در سولفات باریوم مرتبط می باشد. به عبارت دیگر باریوم(Ba) با منگنز همبستگی دارد. تیتانیوم (Ti) می تواند با Fe در دانه های تیتانیومغناطیسی قطره ای همبستگی داشته باشد. اما در اغلب موارد Ti همبستگی خوبی با اکثر عناصر ندارد.

۴-فلزات ردیابی سنگین به طور کلی با فراوانی منگنز همبستگی داشته و در بعضی موارد با Fe. به علت خواص تخلیه این هیدرواکسیدها.

در بررسی عناصر موجود در ورنی در منطقه که با استفاده از میکروسکوپ الکترونیکی (Xray) صورت گرفت نشان می دهد که عناصر موجود در ورنی عبارتند از Si، Fe، K، Mg، طلا(Au)، Al، پالادیم(pd)و همچنین مقدار کمی Ca و Ti و Mn می باشد. مقدار پایین منگنز(Mn) در ورنی و بالا بودن مقدار Fe نشان دهنده افزایش نسبت آهن به منگنز در ورنی می باشد که این خود نشان دهنده حاکمیت اقلیم خشک در منطقه می باشد. همچنین اندک بودن مقادیر Ti یا تیتانیوم در

[۱] - Celeste Engel

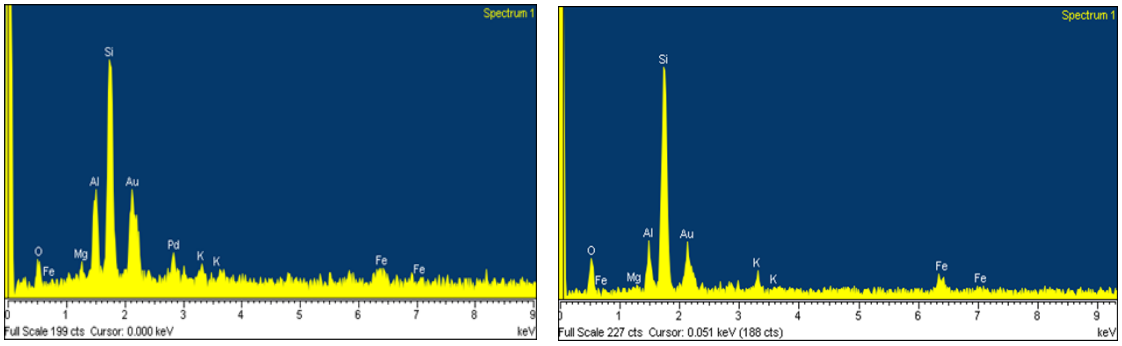
[۲] - Robert Sharp

www.SID.ir

Archive of SID

ورنی نشان دهنده این می باشد که دوره خشکی حاکم بر منطقه و تشکیل ورنی چندان قدیمی نبوده و می تواند مربوط به چند صد سال یا هزار سال اخیر باشد. زیرا با افزایش سن ورنی به دلیل پایداری تتانیوم بر مقدار آن افزوده شده و از سایر کاتیون ها مانند K، Mg و Ca کاسته می شود.

بالا بودن میزان رس در ورنی نیز نشان دهنده شرایط خشک همراه با فراوانی طوفان های گرد و غبار در منطقه را نشان می دهد زیرا ذرات رس در دوره حاکمیت شرایط خشک در هوا معلق بوده و فراوانی این عنصر باعث تهنشست آن بر روی سنگها و شکل گیری ورنی در منطقه می شود.



شکل ۵: عناصر موجود در نمونه های ورنی منطقه که با استفاده از میکروسکوپ الکترونیکی مشخص شده است.

میکرو چینه شناسی و ضخامت ورنی و تغییرات اقلیمی

میکرو چینه شناسی ورنی توالی لایه های تکرار شوند ای را نشان می دهد که نشان دهنده تغییرات اقلیم در دوران گذشته در منطقه می باشد. لایه های موجود در ورنی دارای رکوردهای اقلیمی بوده که با بررسی این لایه ها می توان وضعیت اقلیمی دوران گذشته را تفسیر کرد. مطالعات میکرو چینه شناسی ورنی در سراسر جهان نشان داده که ورنی دارای سه لایه به رنگهای سیاه، پرتقالی و زرد رنگ می باشند. لایه های سیاه رنگ لایه ای فقیر از نظر منگنز بوده و در عوض از لحاظ مقدار رس و آلومینیوم غنی می باشند. در صورتی که لایه های پرتقالی و زرد غنی از منگنز بوده و از لحاظ رس و آلومینیوم فقیر می باشند.

میکرو لایه بندی ورنی(VML)[۱] برای اولین با توسط پری و آدامز[۲](۱۹۸۷) گزارش شد آنها تشخیص دادند که این پتانسیل مانند یک شاخص پالئو محیطی در مناطق خشک می باشد. میکرو لایه های ورنی با استفاده از میکروسکوپ پتروگرافیک (یا میکروسکپ الکترو اسکن) زمانی که لایه های نازک ورنی حدود ۵ تا ۱۰ میکرون ضخامت دارند، می تواند مشاهده شود(لیو و بروکر، ۲۰۰۸، ۵۰۳).

بررسی میکرو چینه شناسی یا میکرو لایه بندی ورنی(VML) در منطقه که با استفاده از میکروسکوپ الکترو اسکن انجام شده نشان می دهد که ورنی مورد مطالعه در تمام نمونه ها فاقد لایه بندی بوده و به صورت یک لایه می باشد. این لایه از ورنی دارای مقدار زیادی رس، آلومنیوم، آهن و سایر کاتیون ها بوده که می توان گفت از نوع ورنی سیاه بوده و نشان دهنده حاکیمت شرایط خشک در منطقه بیشتر بوده است. که این شرایط خشکی به احتمال فراوان بعد از آخرین دوره بارانی در منطقه شروع شده و تا زمان حال نیز ادامه دارد.

ضخامت ورنی از دیگر پارامترهای فیزیکی ورنی بوده که می توان برای تفسیر تغییرات و نوسانات اقلیمی گذشته به آن استناد کرد. با توجه به اینکه ورنی لایه ای رسوبی است که بسیار کند تجمع می یابد و هزار سال طول می کشد تا ۱–۴۰

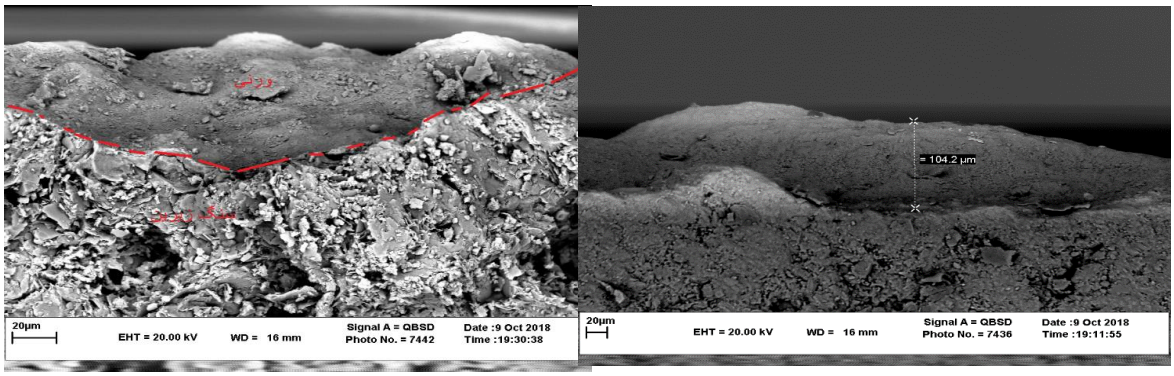
[۱] - Varnish microlamination

[2] - Perry and Adams

www.SID.ir

Archive of SID

میکرون ضخامت آن ایجاد شود با استفاده از اندازه گیری ضخامت ورنی و نسبت رشد سالانه آن می توان تا حدی به دورانی که طول کشیده که ورنی تشکیل شود پی برد. اما بعضی محققین همچون لویی(۲۰۰۰) معتقدند که از آنجا که ممکن است نرخ رشد ورنی در مقیاس فضایی از میکرومتر تا کیلومتر متفاوت باشد نمی توان از این شاخص به عنوان یک شاخص معتبر برای سن سنجی در ژئومورفولوژی و باستان شناسی استفاده کرد.



شکل۶: ضخامت ورنی در منطقه مورد مطالعه بر روی سنگ زیربنا

جدول۱: برخی از ویژگیهای نمونه های ورنی مورد مطالعه در سطوح مختلف ژئومورفیک

سطح ژئومورفیک	رنگ ورنی	ضخامت(µm)	سطح توپوگرافی
پایدار	تیره	۶۶/۴۷	دامنه ای شیبدار
پایدار	تیره	۱۰۴/۲	هموار
پایدار	تیره	۳۹/۲	هموار
پایدار	تیره	۲۰۰/۳	هموار

نسبت کاتیونی

در سال ۱۹۸۳ توسط دورن روشی برای تعیین سن ورنی ها ارائه شد که بر اساس نسبت عناصر(نسبت کاتیونها) استوار بود(آلن، ۲۰۰۰، ۲۶۳). فرضیه تعیین سن نسبت کاتیونی بر این اساس است که با گذشت زمان کاتیون های اشباع شده در ورنی مانند، Na,Mg, K و Ca به تدریج توسط کاتیون های کمتر تغییر یافته مانند Ti یا تیتانیوم جایگزین می شوند. کاهش نسبت کاتیون Na+ Mg+K+Ca:Ti یا دیگر اجزای وابسطه به آن(Ca:Ti)، یک شاخصی از طول زمان را فراهم می سازد که ورنی در معرض شستشوی کاتیون قرار داشته است(Dorn,1983,) به این دلیل از تیتانیوم به جای آهن استفاده می شود که:

۱) Ti یا تیتانیوم کمتر دچار تغییر شده و پایدارتر است(کولمن ۱۹۸۲).

۲) آهن متمرکز یافته توسط میکرو اورگانیسم های ورنی تحت تأثیر قرار می گیرد،

۳) Al(آلومینیوم) به وسیله مواد معدنی رس متمرکز شده در ورنی تحت تأثیر قرار می گیرد، که احتمالا توسط سطوح گرد و غبار بادی و میکرو اورگانیسم های ورنی تحت تأثیر قرار می گیرد(دورن و ابرلندر ۱۹۸۲).

روش نسبت کاتیونی اثبات کرده است که یک نسبت معتبر بوده و یک تکنیک تعیین سن مطلق واسنجی شده است. و این تکنیک بر این اساس است که نسبت کاتیون های متغییر(مثلا NA، Mg، K، Ca) به کاتیون های کمتر متغییر(مثلا Ti) در طول زمان کاهش می یابد.

یکی از مهمترین فایده های تکنیک نسبت کاتیونی سادگی و ارزان بودن آن است که توسط تحلیل شیمیایی عناصر ورنی به دست می آید. مهمترین بخش این روش مرحله نمونه برداری می باشد جایی که فاکتورهای میکرو محیطی می تواند

www.SID.ir

Archive of SID

کنترل شود و مرحله آماده سازی نمونه ها است جایی که از تداخل ناخالصی های حاصل از سنگ زیرین با ورنی باید اجتناب شود.

در سال ۱۹۸۳ دورن معتقد بود به دلیل چهار فرض نظری می توان پذیرفت که نسبت کاتیونی برای تعیین سن ورنی می تواند استفاده شود، این چهار فرض عبارتند از(آلن، ۲۰۰۰، ۲۶۳):

۱- اجزای تشکیل دهنده ورنی از منابع حساس و یکسان حاصل می شوند و نسبت کاتیون ذرات معلق در هوا در طول کواترنر ثابت می باشند.

۲- ورنی سنگی یک سطح رسوبی است به عنوان یک مجموعه تبادل کاتیونی که ظرفیت آن در تمام نمونه های مقایسه شده مشابه است.

۳- سودیم، منیزیم(Mg) فسفر(P)، پتاسیم(K) و کلسیم(Ca) در ورنی از تیتانیوم(Ti) تغییر پذیر تر می باشند.

۴- نسبت شویندگی کاتیون ها در ورنی برای همه نمونه مشابه است یا تغییرات مؤثر نسبت شویندگی همزمان بوده و و در همه ورنی ها نمونه هم اندازه می باشد.

در بررسی نسبت کاتیونی حداقل نسبت و بیشترین نسبت برای منطقه محاسبه گردید که نشان دهنده حداقل سن و حداکثر سن برای ورنی های منطقه می باشد. هر چه مقدار به دست آمده کوچکتر باشد نشانه سن بیشتر ورنی می باشد. برای اینسلبرگها به صورت زیر محاسبه گردید:

$$K + Ca : Ti \qquad ۹/۲ + ۱/۵ : ۰/۹۲ = ۱۱/۶۳$$

جدول۲: ترکیب شیمیایی ورنی های مورد مطالعه

واحد ژئومورفولوژیک	میانگین عناصر(٪)										
	Si	Fe	Ca	Mg	Ti	Al	K	Na	Ba	Mn	Au
اینسلبرگ	۵۲/۴	۵/۲	۱/۵	۴/۳	۰/۹۲	۱۴/۳	۹/۲	۰/۳۱	۰/۰۷	۰/۳	۱۱/۶
پهنه ماسه ای	۴۸/۹	۶/۷	۲/۸	۳/۲	۰/۹	۱۳/۶	۷/۸	۰/۳۲	۰/۰۸	۰/۵	۱۵/۲
رسوبات آبرفتی قدیمی	۵۳/۱	۷/۱	۳/۲	۴/۲	۰/۸۵	۱۵/۱	۵/۲	۰/۳۳	۰/۰۵	۰/۴	۱۰/۵
دشت ریگی	۵۵/۲	۷/۶	۳/۲	۳/۱	۰/۷۵	۱۲/۶	۵/۶	۰/۳۰	۰/۰۵	۰/۳	۱۱/۳

جدول ۳: نسبت کاتیونی محاسبه شده در ورنی های منطقه

سطح ژئومورفولوژیک		نسبت کاتیونی عناصر	
	Na+ Mg+K+Ca:Ti	K+Ca:Ti	Ca:Ti
اینسلبرگ	۱۶/۶	۱۱/۶۳	۱/۶۳
پهنه ماسه ای	۱۵/۸	۱۰/۶	۳/۱
رسوبات آبرفتی قدیمی	۱۳/۵	۸/۹	۳/۸
دشت ریگی	۱۳/۳	۹/۸	۴/۳

بررسی نسبت کاتیونی ورنی های منطقه نشان می دهد که این نسبت با استفاده از رابطه K+Ca:Ti بین ۹/۸ تا ۱۱/۶۳ قرار دارد. این نسبت نشان دهنده این است که شروع دوره شکل گیری و رسوبگذاری ورنی در منطقه و به عبارتی شروع دوره خشکی در منطقه از ابتدای هولوسن و احتمالا ۱۰۵۰۰ سال پیش بوده و به احتمال زیاد در میانه دوره هولوسن منطقه با افزایش رطوبت(دوره مرطوب کوتاه مدت) همراه بوده است. با توجه به کار مشابهی که دورن(۱۹۸۳) در شرق آمریکا انجام داده تقریبا نسبت هایی شبیه به تحقیق حاضر را به دست آورده (نسبت کاتیونی بین ۹/۱۷ تا ۱۵/۵۶) و سن محتمل برای این بازه را ۱۰۰ تا ۱۰۵۰۰ سال حدس زده است. این نسبت سنی و بازه زمانی برای منطقه ما نیز می تواند بین ۱۰۰

www.SID.ir

Archive of SID

تا حدود ۱۰۵۰۰ سال باشد. که این وضعیت با نتایج مطالعاتی که در سایر نقاط ایران شروع شده مطابقت دارد. برای مثال داودی و همکاران(۱۳۹۳) شروع دوره هولوسن در زاگرس جنوبی را ۱۰۲۰۰ سال پیش بیان کرده اند.

نتیجه گیری

نتایج حاصل از بررسی ورنی های منطقه نشان می دهد که با شروع دوره خشکی و فعالیت بادی در منطقه تقریبا از ابتدای شروع دوره هولوسن ورنی ها شروع به شکل گیری نموده اند، که نتیجه خشک بودن منطقه و وجود فعالیت بادی شدید در منطقه می باشد. مورفولوژی و چینه نگاری ورنی ها نشان دهنده این واقعیت است که دوره فعالیت بادی و خشکی در منطقه طولانی بوده و دوره مرطوب چندان طولانی نبوده است. مورفولوژی ورنی های منطقه فقط به صورت ورقه ای بوده که نشان از حاکمیت دوره خشک و فراوانی فعالیت بادی و طوفان های گرد و غبار در منطقه دارد، چنانچه فعالیت دوره مرطوب رخ داده در منطقه طولانی بود اثرات این دوره در مورفولوژی و عناصر ورنی های منطقه منعکس می گردید. مورفولوژی ورنی از ورقه ای به خوشه ای تغییر شکل می یافت و ترکیبات ورنی نیز دچار تغییر می شد چرا که در دوره مرطوب مقدار و درصد منگنز(Mn) بیشتری در ورنی تمرکز می یابد این در حالی است که میزان منگنز در ورنی های منطقه ناچیز و در عوض میزان آهن(Fe) در ورنی فراوان تر است که خود شاهدی از حاکمیت دوره خشک و کمبود پوشش گیاهی در منطقه می باشد. نسبت کاتیونی حاصل از تحلیل عناصر موجود در ورنی های منطقه نیز نشان دهنده این است که شکل گیری و تحولات ریگ مربوط به دوره هولوسن بعد از رخداد آخرین دوره حداکثر گسترش یخچالها بوده است. تراکم و انباشت ماسه ها در منطقه از آن زمان شروع و تا زمان حال با شدت و ضعفهایی ادامه دارد. همچنین می توان گفت تراکم و تجمع ماسه ها و شکل گیری ریگ در منطقه در شرایط اقلیمی متفاوت یعنی تکرار دوره های خشک و بارانی متوالی، شکل نگرفته است. ولی دوره های مرطوب و بارانی کوتاه مدت در منطقه وجود داشته است. به طور کلی می توان بیان کرد که ورنی بیابان می تواند به عنوان یک شاخص ژئومورفولوژیکی برای بررسی نوسانات اقلیمی دوران کواترنر، خصوصا کواترنر اخیر مورد استفاده قرار گیرد چرا که هم ویژگیهای فیزیکی و هم ویژگیهای شیمیایی آن منعکس کننده شرایط محیط در دوران انباشت و تجمع ورنی در منطقه می باشد.

منابع

- بهنیافر، ابوالفضل. قنبرزاده، هادی. ۱۳۹۷. ژئومورفولوژی مناطق خشک و بیابانی(فرآیندها، لندفرم ها، عملکردهای انسانی و مخاطرات). انتشارات سخن گستر. مشهد.
- سرمست، معصومه و همکاران. ۱۳۹۴. مقایسه برخی خصوصیات جلای بیابان در سطوح پایدار، ناپایدار و نسبتاً پایدار پدیمنت پوشیده در منطقه جیرفت. نشریه علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی) . سال نوزدهم. شماره ۷۳، ص۹۹-۱۱۱
- داودی، محمود. عزیزی ، قاسم. مقصودی، مهران. ۱۳۹۳. بازسازی تغییرات آب و هوایی هولوسن در زاگرس جنوبی: شواهد گرده شناسی و زغال در رسوبات دریاچه پریشان. پژوهشهای ژئومورفولوژی کمی. سال سوم. شماره ۱. تابستان.
- *Alan, W. 2000. A review of the history of dating rock varnishes. Earth-Science Reviews 49. 261–277.*
- *Bierman, P.R. Koehner, S.M. 1992. Accurate and precise measurement of rock varnish chemistry using SEM/EDS. Chemical Geology, 95. 283-297.*
- *Dorn, R.I. 1983. Cation-Ratio Dating: A New Rock Varnish Age-Determination Technique. Quaternary Research. 20, 49-73.*
- *Dorn, R.I. and T.M. Oberlander , 1982. Rock varnish. Progress in physical Geography 6, 317-67.*
- *Dorn, R.I. 1986. Rock varnish as an indicator of aeolian environmental change, in Aeolian Geomorphology (ed. W.G. Nickling), The Binghamton Symposia in Gemorphology: International Series 17, Allen and Unwin, Boston, pp. 291–307.*

www.SID.ir

Archive of SID

- *Dorn, R.I. 2000. Quaternary alkalinity fluctuations recorded in rock varnish microlaminations on western U.S.A. volcanics. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 76 . 291 310*
- *Dorn, R.I., 2009, deserts Rock Coatings, in: Geomorphology of Desert Environments, A. Abrahams and A. Parsons, ed., Chapman and Hall, London, pp. 153–186.*
- *Dorn,R.Krinsley,D,H. Langworthy,K,A. Ditto,J. Thompson,T. 2013. The influence of mineral detritus on rock varnish formation. Aeolian Research 10 . 61–76*
- *Krumbein, W.E, 1969. Uber den Einfluss der mikroflora auf die Exogene dynamic(Verwitterung unde Krustenbildung). Geologische Rundschau 58, 333-63.*
- *Liu, T. 2003. Blind testing of rock varnish microstratigraphy as a chronometric indicator: results on late Quaternary lava flows in the Mojave Desert, California. Geomorphology 53 . 209–234.*
- *Liu, T. and W. S. Broecker. 2008. Rock varnish microlamination dating of late Quaternary geomorphic features in the drylands of western USA. Geomorphology 93: 501-523.*
- *Liu,T, Broecker, W,S. 2007. Holocene rock varnish microstratigraphy and its chronometric application in the drylands of western USA. Geomorphology . 84 . 1-24.*
- *Liu, T., Broecker, W.S., 2000. How fast does rock varnish grow? Geology 28, 183–186.*
- *Nowinski, P. 2009. Desert Varnish as an Indicator of Modern-Day Air Pollution in Southern Nevada. Phd. Thesis, Graduate College University of Nevada, Las Vegas December.*
- *Perry, R.S. 1979. Chemistry and structure of desert varnish.M.Sc. Thesis, Uneversity of Washington, seattle.*
- *Perry, R. S. and V. M. Kolb. 2004. Biological and organic constituents of desert varnish: review and new hypotheses. P. Sco. Photo-Opt. Ins. 5163: 202-217.*
- *Potter, R.M. And G.R. Rossman. 1977. Desert varnish: important of clay minrals. Science 196. 1446-48.*
- *Thomas, D.S.G.2011. Arid zone,geo-morphology.process,form and change in dry land.3 edition. John Wiley & Sons, Ltd. P 626.*
- *Watchman, A. 2000. A review of the history of dating rock varnishes. Earth-Sci. Rev. 49: 261-277.*
- *Whalley, Wb. 1983. Desert varnish. In Chemical sediments and Geomorphology, A.S. Goudi and K. Pye(rds). 197-226. London.*
- *Zerboni, A. 2008. Holocene rock varnish on the Messak plateau (Libyan Sahara): Chronology of weathering processes. Geomorphology 102 . 640–651.*

www.SID.ir