

**Application of reflectance spectroscopy (400-2500nm) as a
new tool in study of environmental mineralogy
(case study: Southwestern Australia)**

M. Raghimi

*Department of Geology, Gorgan University of Agricultural Sciences
& Natural Resources, Gorgan, Iran.*

E-mail: raghimi @ yahoo. com

(Received: 23/7/2006, received in revised form: 7/6/2007)

Abstract: Acid and saline seeps are an increasing problem in most parts of the World and Australia as well. They are areas of bare soil or reduced crop production. Recent laboratory, field, and remote sensing studies have explored the use of visible to short – wave infrared (VIS- SWIR; 400-2500 nm) reflectance data for characterizing the mineralogy of mine wastes, surface mineralogy of acid-saline affected areas and for evaluating waste impacts on hydrologic and biologic systems. Seasonal surface sampling through topo-sequence of the study area and analytical results of XRD, SEM and VNIR indicate that morphological and mineralogical changes within a natural acid saline seep affected landscape revealed that seasonal differences in surface mineralogy. The visible near infra-red (VNIR) reflectance spectra of the surface minerals from unaffected, salt crusted and acid seep areas, showed spectral differences expressed in the VNIR region due to absorption bands of iron oxides and hydroxides. This difference in the surface mineralogy during summer can be readily identified via multi-spectral and hyper-spectral remote sensing methods, and therefore regional mapping can be done for identification of surface mineralogy due to spatial and temporal distribution of acid seeps, which has caused degradation of agricultural lands is suggested.

Keywords: *Acid saline seeps; iron oxyhydroxide; reflectance spectra (VNIR); Southwestern Australia.*



کاربرد طیف سنج بازتابی (۴۰۰-۲۵۰۰ nm) به عنوان ابزاری نوین در بررسیهای کانی‌شناسی زیست‌محیطی (بررسی موردی: جنوب غرب استرالیا)

مصطفی رقیمی

گروه زمین‌شناسی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

پست الکترونیکی: raghimi@yahoo.com

(دریافت مقاله ۱۳۸۵/۵/۱، دریافت نسخه نهایی ۱۳۸۵/۱۰/۱۷)

چکیده: نشت‌های آب‌گرفته‌های طبیعی شور و اسیدی به‌عنوان یکی از مشکلات در حال افزایش در بیشتر نقاط جهان از جمله استرالیا است که به تدریج موجب تخریب زمین‌های کشاورزی و کاهش محصولات زراعی می‌شود. در بررسیهای اخیر آزمایشگاهی، صحرایی، و سنجش از دور، به صورت گسترده‌ای از فرایندهای بازتابی نور مرئی- موج کوتاه فروسرخ (۴۰۰-۲۵۰۰ nm) برای شناسایی کانیهای سطحی مواد زاید معدنی تحت تأثیر نشتهای طبیعی اسیدی، و ارزیابی اثرهای این مواد زاید بر سیستم‌های زیستی و آب‌شناسی استفاده شده است. بررسی تغییرات ریخت‌شناسی و کانی‌شناسی در مناطق متأثر از نشتهای طبیعی شور و اسیدی بیانگر تغییرات فصلی در کانی‌شناسی سطحی است که بازتابی از عملکرد سولفیدی شدن و فرایندهای هوازدگی اکسایشی سولفیدهاست. با نمونه‌برداری فصلی از توالی توپوگرافی سطح خاک منطقه مورد مطالعه و آزمایشهای SEM، XRD، و VNIR روی آنها، عملکرد یاد شده مورد تأیید قرار گرفته است. طیف بازتابی مرئی- فروسرخ نزدیک (VNIR) از کانی‌های سطحی از مناطق مختلف توالی توپوگرافی، به دلیل جذب نوارهای اکسیدی و هیدروکسیدهای آهن، اختلاف طیفی مشخصی را در گستره VNIR نشان می‌دهد. این اختلاف در کانی‌شناسی سطحی، طی ماه‌های خشک می‌تواند از طریق روش‌های دورسنجی چند طیفی و فرا طیفی به‌ویژه در تابستان، شناسایی شود. بنابراین با شناسایی کانی‌های سطحی نسبت به پراکنش مکانی و زمانی، به نشتهای طبیعی شور و اسیدی که سبب تخریب زمین‌های کشاورزی شده است، پی خواهیم برد که در این راستا می‌توان از نقشه‌برداری ناحیه‌ای استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: تراوش‌های طبیعی شور و اسیدی، اکسی هیدروکسید آهن، طیف سنجی بازتابی (VNIR)، جنوب غربی استرالیا.

مقدمه

بررسیهای اخیر آزمایشگاهی، صحرایی، و سنجش از دور به روش فرایندهای بازتابی نور مرئی - موج کوتاه فروسرخ (۲۵۰۰-۴۰۰ nm) منجر به کانی‌شناسی مواد زاید معدنی، کانی‌شناسی سطحی مناطق تحت تأثیر نشتهای طبیعی اسیدی و ارزیابی اثرهای این مواد زاید روی سیستم‌های آب‌شناسی و زیست‌شناسی شده است [۱ تا ۳].

برای شناسایی کانی‌های سطحی خاکهای اسیدی معادن، خاکهای اسید سولفاته و نخاله‌های معدنی غنی از سولفیدها که کانی‌های ثانویه سطحی ایجاد می‌کنند از نشانگرهای محلی شرایط pH خاک و ویژگیهای طیف بازتابی نور مرئی - موج کوتاه فروسرخ (VIS-SWIR) استفاده می‌شود. شکل‌های طیف جذبی در منطقه، طول موج مرئی تا موج کوتاه فروسرخ، از چندین فرایند مشخص نتیجه شده است. در گستره طیفی ۴۰۰ تا تقریباً ۲۵۰۰ نانومتر، شکل‌های جذب اساساً با تغییرات سطح انرژی در ظرفیت الکترونی فلزات واسطه، با جابه‌جایی دو گانه کاتیون‌های فلزی یا با انتقال بار بین کاتیون‌های فلزی و لیگاند‌های همراهشان ایجاد می‌شوند [۴ تا ۶]. سرشتهای طیفی برخی از یونها در مواد معدنی در بخش‌های ناحیه مرئی - نزدیک به فروسرخ با ناحیه موج کوتاه - فروسرخ هستند که بنابر جدول ۱ قله طیف با پیوندهای الکترونی و ارتعاشی و کانی‌های در پیوندهای مربوطه را نشان می‌دهد [۷].

جدول ۱ قله طیف با پیوندهای الکترونی و ارتعاشی و کانی‌های مربوط به آن در پیوندهای مختلف.

قله طیفی (به نانومتر)	نوع پیوند	کانی‌هایی با نوع پیوند مربوط
۴۰۰-۶۰۰	بار انتقالی	اکسیدهای آهن و سولفیدها
۹۰۰-۱۰۰۰	میدان بلوری	هماتیت، گوتیت، جاورسیت، حاوی آهن
۱۴۰۰	نوار جذبی زیاد OH/H ₂ O	آمفیبول‌ها و فیلوسیلیکات‌ها
۱۷۰۰	OH در سولفات‌ها	جاروسیت
۱۹۰۰	H ₂ O (آب)	فیلوسیلیکات‌ها و آمفیبول‌ها حاوی آب
۲۲۰۰	Al-OH	فیلوسیلیکات‌ها، آمفیبول‌ها
۲۲۳۰	Fe-OH	فیلوسیلیکات، میکاها، کلریت‌ها
۲۳۰۰	CO ₃ ⁻²	کربنات‌ها، کلسیت، دولومیت، سیدریت

با استفاده از روش طیفسنجی بازتابی (۲۵۰۰-۴۰۰ نانومتر) ویژگیهای کانی‌های ثانویه اکسید آهن، هیدروکسید آهن، و سولفات آبدار آهن در نخاله‌های معدنی حاوی سولفید، مورد بررسی قرار گرفتند [۸]. اندازه‌گیری‌هایی برای به دست آوردن نسبت هماتیت به گوتیت با استفاده از طیفسنج بازتابی روی نهشته‌های آهن‌دار غرب استرالیا انجام شده‌اند [۹]. اندازه‌گیری سریع و کمی هماتیت و گوتیت در توالی خاکهای دیرینه و لس (Loss) با طیفسنج بازتابی صورت گرفت [۱۰]. رابطه بین کانی‌شناسی اکسیدهای فریک در خاک‌ها و محیط‌های تشکیل دهنده خاک نیز موضوعی مهم در علم خاک شناسی است که در این راستا کانی‌شناسی اکسید آهن در لایه‌های سرخ میوسن پیشین با طیفسنج بازتابی مورد بررسی قرار گرفت [۱۱]. در بررسیهای رگولیت با کاربردهای عملی دور سنجی فرا طیفی، از ابراز تجزیه طیفی (ASD Fieldspc Pro FR) که معمولاً حاوی نوارهای طیفی گسترده‌تری نسبت به سیستم‌های دورسنجی، که بزرگنمایی جذب‌های نزدیک به هم کانی‌های مختلف را امکان پذیر می‌سازد، استفاده شده است [۱۲].

نشت‌های طبیعی شور و اسیدی در بسیاری از مناطق داخلی استرالیا شناسایی و مطالعه آن رو به افزایش است. این نشت‌های طبیعی عامل اصلی در تشکیل خاک‌های اسید سولفاته است. علیرغم این که تشکیل سازوکار فرایندهای غالب، و اثرهای زیست محیطی خاکهای اسید سولفاته در بخش ساحلی کشور استرالیا به خوبی مطالعه شده است، ولی بررسی خاک‌های اسید سولفاته مناطق غیر ساحلی اخیراً مورد توجه قرار گرفته است [۱۳ تا ۱۵]. در جنوب غربی استرالیا، خاکهای اسید سولفاته واقعی و پتانسیل‌دار در مناطق ساحلی به خوبی شناخته شده‌اند، نشت‌های طبیعی شور و اسیدی آبهای زیرزمینی در دره‌ها سبب مشکلات زیادی در زمین‌های کشاورزی در جنوب غرب استرالیا شده است [۱۶].

به دلیل فقدان اطلاعات در مورد خاک‌های شور و اسیدی سولفاته در بخش‌های غیرساحلی جنوب غرب استرالیا و نیز نشت طبیعی شور و اسیدی به خوبی بررسی نشده این منطقه، این بررسی با هدف شناسایی کانی‌های سطحی زمین‌های تخریب شده کشاورزی که متأثر از نشست‌های طبیعی شور و اسیدی به خاک‌های این منطقه و نیز کاربرد طیف سنج بازتابی در شناسایی تغییرات فصلی زمین‌های کشاورزی تخریب شده صورت گرفت.

تاریخچه و خصوصیات دستگاه طیفسنج بازتابی

با توجه به نیاز مبرم به ابراز تجزیه در شرایط محیطی متفاوت و نیز دقت و نمایش خوب، در دهه ۱۹۸۰ میلادی الکساندر کوتز و بریان کورتیس شرکت ابرازهای تجزیه طیفی (Analytical Spectral Devices) را تأسیس نمودند، و موفق به تولید دستگاه طیفسنج بازتابی قابل حمل VIS/NIR شدند. این دستگاه می‌تواند تعداد بی‌شماری از نمونه‌ها را با

کمترین نور در سریع‌ترین زمان ممکن و در دماهای متفاوت مورد تجزیه قرار دهد. خصوصیات بارز این طیف‌سنج در جدول (۲) و شکل (۱) ارائه شده است.

جدول ۲ سرشتیها طیف سنج بازتابی صحرای (Reflectance Spectroscopy fieldspec) [۱۷].

پارامتر	توضیحات
تولید	شرکت ابرازها تجزیه طیفی (ASD) شماره سری ۹۸-۵۳۴۵۰
گستره طیفی کانال‌ها	۲۵۰-۳۵۰ نانومتر
آرایه خطی	۱-۵۱۲ Si - ۲- جداگانه، سردکننده TE
عرض نوار	۱/۴ نانومتر (۳۵۰-۱۰۵۰ nm) ۲ نانومتر (۱۰۰۰-۲۵۰۰)
زمان روبش	۱۰۰ میلی‌ثانیه
میزان دید	بستگی به ابراز نوری (fore optic) دارد ۱/۴ متر
اندازه و وزن	۳۵×۲۹×۱۳ سانتی‌متر، ۷/۲ کیلوگرم
عمر با طری و ولتاژ	۳ ساعت ۱۲/ ولت
دیجیتالی شدن	۱۶ بیت
دقت طول موج	± 1 nm
طول موج قابل تکرار	± 0.1 nm
محیط عملکرد	با رطوبت نسبی ۹۰-۱۰ درصد دمای ۱۰- تا ۵۰ درجه سانتی‌گراد
کامپیوتر نت بوک	پردازش گرپنتیوم، سخت افزار 800MB هارد دیسک 16 مگابایت، ۳.۵ فلاپی دیسک AC Power

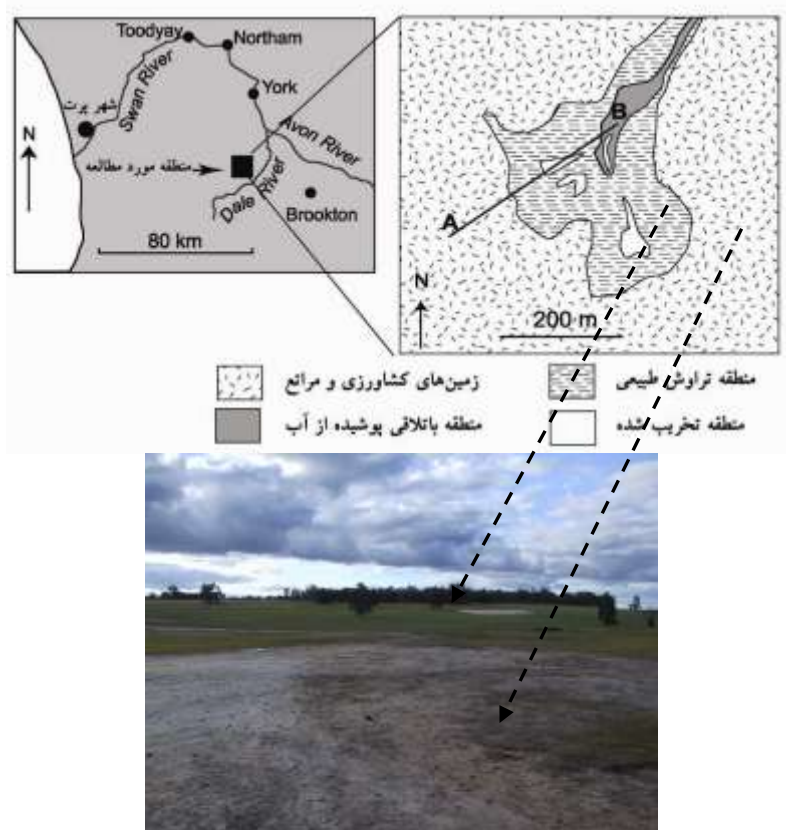


شکل ۱ دستگاه طیف سنج بازتابی فیلداسپکت (ASD Field Spec Pro FR) و متعلقات آن [۱۲].

مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی در حدود ۱۰۰ کیلومتری شهر پرت با طول شرقی $116^{\circ}49'01''$ و عرض جنوبی $32^{\circ}13'43''$ در حوزه آبخیز وستدل در جنوب غربی، غرب استرالیا قرار گرفته است (شکل ۲). آب و هوای منطقه مورد بررسی دارای شرایط آب و هوایی مدیترانه‌ای است و کاربری اصلی زمین‌ها در این منطقه، کشاورزی و مرتعداری است.

از نظر زمین‌شناسی، منطقه مورد بررسی از سنگ‌های گرانیتوئید آرکن تشکیل شده است. منطقه از نظر زمین ریخت‌شناسی دارای پستی و بلندی‌های تپه ماهوری است، که بخش بالایی این تپه ماهورها صاف است و به دره‌های باریک محدود می‌شود. بیشتر منطقه پوشیده از رگولیت ضخیم است که گاهی عمق آن به ۴۰ متر در بخش دره‌ها می‌رسد [۱۸].



شکل ۲ موقعیت جغرافیای منطقه مورد بررسی در ۱۰۰ کیلومتری شهر پرت در حوزه آبخیز وستدل و پراکندگی عارضه‌های سطحی در توپوسکانس منطقه.

برمبنای سرشت طبیعی منطقه، سطح زمین، و شرایط آب‌های سطحی و زیرزمینی، منطقه مورد بررسی در طول توپوسکانس به سه بخش تقسیم شده است. بخش تحت تأثیر قرار نگرفته در بخش فوقانی آبرگیر، منطقه با نشت طبیعی در میانه شیب، و منطقه آب گرفته دائمی و باتلاقی در بستر دره (شکل ۲). این طبقه‌بندی مشابه شکل زمین خیلی از مناطق غیرساحلی کشور استرالیا با نشت اسیدی و خاک‌های با پتانسیل اسید سولفات است [۱۳].

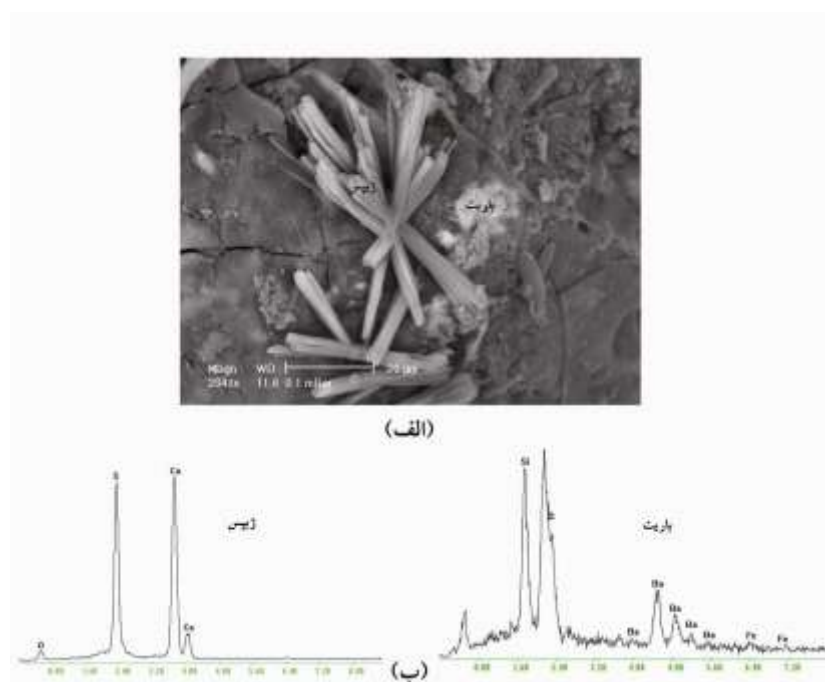
سطح زمین در طول توپوسکانس از سه بخش تقسیم تشکیل شده است و نمونه‌برداری سطحی خاک و نیمرخ خاک برای مطالعه کانی‌شناسی در فصل زمستان و تابستان انجام شد. نمونه‌های جمع‌آوری شده سطحی با طیف‌سنج بازتابی فیلداسپکت (ASD Field Spec PRO FR) در گستره طول موج ۳۵۰ تا ۲۵۰۰ نانومتر اندازه‌گیری شدند. نمونه پودر شده در ظرف پتری که بعداً به صورت قایم روی گمانه تماسی شدت بالا که در زیر آن لامپ هالوژنی ۱۰۰ واتی برای کابل فیبر نوری وجود دارد، قرار داده شد (شکل ۱). از یک پراش پرتوایکس فیلیپس (Xpert400) برای شناسایی کانی‌ها و تفسیر نمودارهای پراش‌سنج پرتوایکس (XRD) با نرم افزارهای pc APD فیلیپس استفاده شد. برخی از نمونه‌ها با استفاده از یک میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM, Joel 3300) در حالت الکترونی برگشته و ثانویه و تجزیه پاشیدگی انرژی پرتو ایکس (EDXA) مورد بررسی قرار گرفت. از این دستگاه‌ها [پراش پرتوایکس (XRD) و میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)] برای شناسایی کانی‌ها و تأیید نتایج طیف سنج بازتابی استفاده شده است.

بحث و برداشت

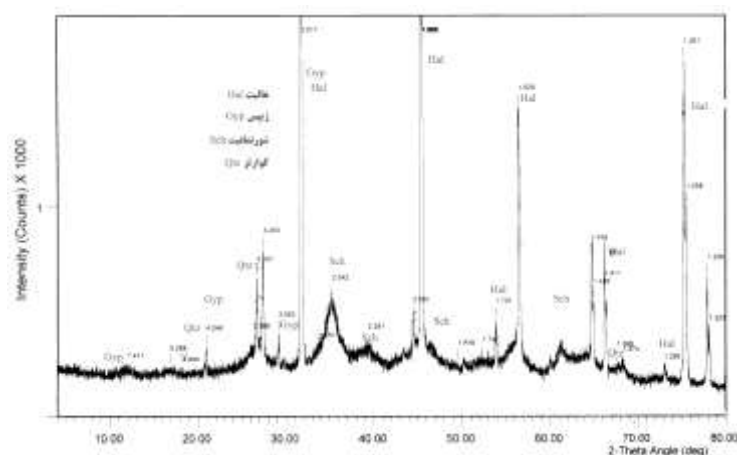
مناطق خشک تحت تأثیر قرار نگرفته: سطح این زمین‌ها پوشیده از مراتع و علفزار است. خاک‌های این بخش ماسه‌ای رسی با گرهک‌های سرخ تا سیاه در افق B قرار دارد که به تدریج لکه‌های سرخ تا قهوه‌ای متمایل به سیاه با رنگ‌های زمینه در افق C دیده می‌شوند (بیش از ۸۰ سانتی‌متر). رنگ‌های گلی غالب با سطوح آب زیرزمینی در فصل زمستان همخوانی دارند. گرهک‌ها و لکه‌های متفاوت عارضه ردواکسی مورفیک هستند [۱۹]. کانی‌های آهن ثانویه، تغییرات تدریجی هماتیت غالب در گرهک‌های متمایل به سرخ نزدیک سطح تا گوتیت در بخش پائینی افق در لکه‌های قهوه‌ای را نشان می‌دهد.

منطقه با نشت طبیعی (در بخش میانی): در طول زمستان، منطقه با نشت طبیعی در شرایط اشباع بوده و دارای برآمدگی و مواد سیاه رنگ مخلوط با پوسته‌های بدون پوشش گیاهی خاکستری

رنگ هستند. در تابستان، همین مناطق با نشت طبیعی، به طور چشمگیری خشک‌اند و دارای پوسته‌های قهوه‌ای متمایل به سرخ و خاکستری با حداقل نشت طبیعی در سطح هستند. بیشتر بخشهای منطقه با نشت طبیعی سخت و عاری از پوشش گیاهی است که فرسایش شیار و خندقی روی آن مشاهده می‌شود. عمق این شیارها چند سانتی‌متر است و در طول شیب دامنه‌ها، در جایی که نشت طبیعی صورت می‌گیرد، قرار دارد. در طول زمستان، pH نشت طبیعی بیش از ۴/۵ است، ولی در تابستان به حدود کمتر از ۳/۵ می‌رسد. اختلاف در ریخت-شناسی مواد سطحی در زمستان و تابستان، به کانی با پوسته سرخ مربوط می‌شود که به دلیل وجود فری هیدریت، هالیت، ژپس، گوتیت، باریت و اندکی شورتمانیت است (شکل ۳) و وجود این کانی‌ها با پراش پرتوایکس (XRD) نیز تأیید شده است (شکل ۴).



شکل ۳ الف: تصویر SEM کانی‌های سطحی خاکهای منطقه با نشست طبیعی اسیدی شور در تابستان. ب: طیف‌های EDX کانی‌های سطحی خاک‌ها که دلالت بر وجود Ca ، Ba ، S (باریت و ژپس) دارد.



شکل ۴ نمودار پراش پرتو X از نمونه‌های سطحی در منطقه با نشست طبیعی در تابستان.

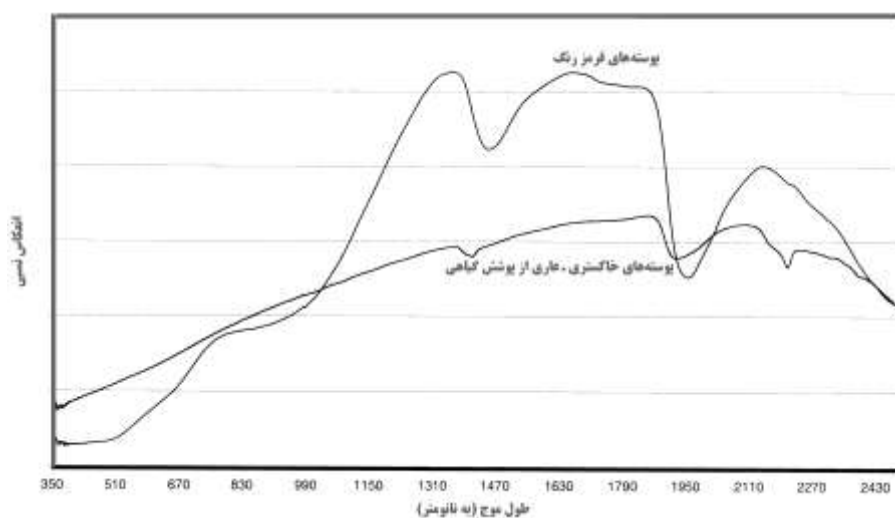
مناطق باتلاقی (بستر دره‌ها): در زمستان، منطقه باتلاقی پوشیده از آب است، ولی در تابستان، بخش‌هایی از منطقه باتلاقی خشک شده و دارای پوسته سطحی سرخ تا سیاه می‌شود، حال آن که بقیه بخش‌ها پوشیده از آب است. pH آب در مناطق باتلاقی در زمستان و تابستان بیش از ۵/۵ است، اما با شرایط محیط احیاء Eh تقریباً -20 mV خواهد بود. نیمرخهای مناطق باتلاقی دارای موادی سیاه رنگ ضخیم لجنی است که بوی بسیار تند تخم‌مرغ گندیده را می‌دهد. این دلالت بر وجود مواد سولفیدی دارد که در موارد دیگر گزارش شده است [۱۳]. در بخش زیرین مواد سولفیدی، لکه‌های قهوه‌ای تا سیاه قهوه‌ای در زمینه خاکستری وجود دارد. گرهک‌ها و لکه‌های عارضه‌های ردوکسی مورفیک هستند که به محیط‌های اشباع و احیاء مربوط می‌شوند. تنها مواد سیاه رنگ و مقدار کمی هالیت روی سطح زمین وجود دارند.

طیف سنج بازتابی

طیف‌های بازتابی از مواد سطحی جمع‌آوری شده در تابستان از مناطق مورد مطالعه تحت تأثیر قرار نگرفته، با منطقه با نشست طبیعی در منطقه باتلاقی اختلافات چشمگیری را بر نشان می‌دهند (شکل ۵)، که طیف بازتابی مواد سطحی مختلف هستند: پوسته سرخ رنگ (منطقه با نشست طبیعی)، و سطح خاکستری رنگ بدون پوشش گیاهی (منطقه با نشست طبیعی) هستند، طیفهای جذبی ناحیه خاکستری عاری از پوشش گیاهی، بیانگر وجود مقادیر جذبی از کائولینیت (حالت ارتعاشی Al-OH در ۲۲۰۰ نانومتر) است، و هیچگونه جذبی حاکی از وجود کانی‌های کلریدی در آن گستره طول موج را نشان نمی‌دهد. در پوسته‌های سرخ رنگ که در

ناحیه با نشت‌های طبیعی فعال و در زمان خشک شدن نواحی با نشت طبیعی، طیف‌های جذبی گسترده‌ای در حدود ۹۰۰ نانومتر نشان می‌دهد. این طیف‌های جذبی را نیز می‌توان به انتقال میدانی بلوری آهن فریک ($6A1g - 4T2g$ انتقالی) و نیز در ۶۴۰ نانومتر به انتقال $6A1g - 4A1g$ نسبت داد [۹]. قله جذبی گسترده و شدید در ۱۴۰۰ و ۱۹۰۰ نانومتر، نشان‌دهنده انتقال ارتعاشی مولکولی آب پیوندی است. طیف پوسته آهن‌دار به طیف فری هیدریت [۸] و طیف جذبی در ۶۴۰ نانومتر بیانگر امکان وجود شورتمانیت است. منطقه خاکستری بدون پوشش گیاهی عارضه‌های جذبی را نشان می‌دهد که نماینده وجود مقدار کمی کائولینیت است. مقدار بالای آب بیانگر مواد غالب فری هیدریت، با مقدار کمی شورتمانیت است. که این مواد نیز این تغییر را تأیید می‌کند (شکل ۵).

اختلاف در ریخت‌شناسی و کانی‌شناسی مواد سطحی و نزدیک به سطح در ماه‌های زمستان و تابستان دلالت بر عملکرد پویای فصلی آب‌های زیرزمینی و فرایندهای ژئوشیمیایی دارد که خود را به صورت کانی‌های سطحی و زیر سطحی نشان می‌دهد. در ماه‌های زمستان، سطح ایستابی بالاتر از عارضه‌های رودواکسی مورفیک هستند که واکنشی به شرایط اشباع-شدگی و محیط‌های احیاء - اکسایشی در افق خاک‌هاست. وجود هماتیت و گوتیت در خاک‌های زیرین در توپوسکانس (Toposequence) دلالت بر عملکرد شرایط احیایی به دلیل اثرهای سطح ایستابی دارد.



شکل ۵ طیف بازتابی در گستره نور مرئی - فرو سرخ نزدیک از مواد مختلف سطحی در تابستان.

اکسایش Fe^{+2} خارج شده از نشت طبیعی به دلیل باتلاقی بودن و شرایط احیایی حاکم در سطح یا نزدیک به سطح نیز محدود می‌شود. تغییرات چشمگیر در سطح مواد در تابستان در منطقه نشت طبیعی دلالت بر عملکرد فرآیند خشک شدن و شرایط اکسایش است که هر دو، عامل افزایش محیط اسیدی نیز خواهند بود. اول، برخلاف سطوح از آب پوشیده شده، خروج Fe^{+2} از نشست طبیعی در نتیجه اکسایش و هیدرولیز است که منجر به تشکیل فری هیدریت و گوتیت به عنوان ته‌نشستهای سطحی و در پایان افزایش H^+ می‌شود. این واکنش مشابه به اولین بخش فرولیز است که پس از خشک شدن، در بخشی از منطقه تشکیل ته‌نشینی مواد آهن دار و ایجاد شرایط اسیدی در رگولیت، رودها و آب‌های زیرزمینی کم عمق می‌شود [۱۳]. خشک شدن کامل سبب تشکیل پوسته‌های با فری هیدریت، گوتیت، زیپس و باریت در نتیجه تبخیر مورد ته‌نشین شده خواهد شد.

آگاهی از فرایندهای فصلی و اثرهای آن بر کانی‌شناسی، مدیریت، و شناسایی آن، با توجه به افزایش نشت‌های طبیعی شور اسیدی در منطقه گسترده‌ای از غرب استرالیا غیر از مشکلات شوری به شرح زیر بسیار بحرانی و مشکل است.

الف) تشخیص سطح کانی‌های آهن‌دار از طریق طیف بازتابی در فصل تابستان قادر به استفاده از سنجش از دور فرا طیفی و چند طیفی در تشخیص و مراقبت از مناطق اسیدی و خاکهای اسید سولفاته است. برخلاف نشت‌های طبیعی شور که کانی‌ها لیت غالب است.

ب) نسبت هماتیت و گوتیت با توجه به رنگ آن در نیمرخ‌های خاک می‌تواند به عنوان نشانگرهای حالت اشباع در هر فصلی در نظر گرفت [۱۹]، که نیز در تعیین شرایط پوشیده از آب در برخی از بخشهای مختلف زمین مورد استفاده قرار می‌گیرد.

پ) کانی‌های اکسید آهن و هیدروکسید در خاک‌ها و ته‌نشستهای سطحی که به عنوان جذب کننده فلزات عمل می‌کند نیز یافت می‌شود [۲۰].

حلالیت آنها در فصلهای مختلف نیز بر غلظت فلز در آبهای سطحی و زیرزمینی اثر می‌گذارد. هرچند روش سریع و دقیق طیف سنجی بازتابی کانی‌ها نیز در مشکلات مدیریت زمین به خوبی نیز کاربرد دارد. شناخت و آگاهی از فرایندهایی که سبب تشکیل این کانی‌ها نیز می‌شود، الزامی است که می‌تواند در راهبردهای مدیریت آب و خاک نیز به کار برد.

در پایان آنچه که لازم به یادآوری است این است که کاربرد گسترده طیف سنج بازتابی میدانی، در بررسی تغییرات پویا و فصلی کانی‌شناسی سطحی و زیرسطحی مناطق متأثر از

نشت‌های شور اسیدی مفید است. در ماه‌های مرطوب، به دلیل پوشیده شدن منطقه از آب، فرایند سولفیدی غالب می‌شود، ولی در ماه‌های خشک، هوازدگی اکسایشی پیریت و هیدرولیز آهن سبب ته‌نشینی اکسی هیدروکسیدهای آهن در سطح و نزدیک به سطح محیطی اسیدی می‌شود.

در این کار حضور کانی‌های اکسی هیدروکسید در پوسته‌های سطحی و ته نشست‌ها، بازتابی از شرایط اسیدی است، که برخلاف هالیت و ژیپس تنها بیانگر شرایط محیط شور است. این اختلاف در کانی شناسی سطحی در ماه‌های تابستان می‌تواند با روش‌های دورسنجی چند طیفی و فرا طیفی به ویژه در تابستان شناسایی شود. بنابراین برای شناسایی پراکنش مکانی و زمانی نشت‌های طبیعی اسیدی باید نقشه برداری ناحیه‌ای صورت گیرد.

تشکر و قدردانی

نویسنده از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان که امکان استفاده از فرصت مطالعاتی در دانشگاه فنی کرتین غرب استرالیا را فراهم کردند، و نیز از جناب آقای دکتر مهرز اسپندیار به دلیل راهنمایی‌های بی‌دریغشان کمال تشکر و سپاس را دارد.

مراجع

- [1] Lopez- Pamo E., Baretino D., Anton- Pacheco C., Ortiz G., Arranz J.C., Gumiel J.C., Martinez- Pledel B., Aparico M., Montouto O., "The extent of the Aznalcollar Pyretic sludge s pill and its effects on soils", The Science of the Total Environment, 242, (1999) 57-88.
- [2] Swayze G.A., Smith K. M., Clark R.N., Sutley S.J., Pearson R.M., Vance J.S., Hageman P.L., Briggs P.H., Meier A.L., Singleton M.J., Roth S., "Using imaging spectroscopy to map acidic mine waste", Environmental Science and Technology. 34, (2000) 47-54.
- [3] Williams D.J., Bigham J.M., Cravotta C.A. III, Traina S.J., Anderson J.E., Lyon J.G., "Assessing mine drainage pH from the color and Spectral Reflectance of chemical precipitates", Applied Geochemistry, 17, (2002) 1273-1286.
- [4] Hunt G.R., Ashley R.P., "Spectra of altered rocks in the visible and near infrared", Economic Geology, 74, (1979) 1613-1629.
- [5] Sherman D.M., Warte T.D., "Electronic spectra of Fe^{3+} oxides and oxide hydroxides in the near IR UV", American Mineralogist, 70, (1985) 1262-269.

- [6] Burns R.G., *"Mineralogical application of crystal field theory"*, Cambridge University Press, Cambridge (1993).
- [7] Gupta R.P., *"Remote Sensing geology"*, Springer-Verlag. (1991) pp 356.
- [8] Crowley J.K., Williams D.E., Hammastrom J.M., Piatak N. Ming Chou, I., Mars J.C., *"Spectral reflectance properties (0.4-2.5 μm) of secondary Fe-oxide, Fe-hydroxide, and Fe Sulphate-bearing mine wastes"*, *Geochemistry: EXP., Env., Analy.* Vol. 3 2003, pp 219-228.
- [9] Cudahy T.J., Ramanaidou E., *"Measurement of the hematite: goethite ratio using field visible and near-infrared reflectance Spectrometry in Channel iron deposits, Western Australia"*, *Australian Journal of earth sciences* 44, (1997) 411-420.
- [10] Junfeng J., Balsam W., Chen J., Liu L., *"Rapid and quantitative measurement of Hematite and Goethite in the Chinese Loess-Paleosol sequence by diffuse"*, *Clays and Clay minerals*, Vol. 50, No. 2 (2002) 208-216.
- [11] Grygar T., Dedecek J., Kruiver P.P., Dekkers M.J., Bezdiccka P. Schnee weiss O., *"Iron oxides Mineralogy in Late Miocene red beds from La Gloria, Spain: rock magnetic, Voltammetric and Vis spectroscopy analysis"*, *Catena* (2003) 115-132.
- [12] Lau I.C., Cudahy T.J., Heinson G., Mauger A. J., James P.R., *"Practical Applications of hyperspectral Remote sensing in Regolith Research"*, In: Roach, I.C. *Advances in Regolith LEME.*(2003) 249-253.
- [13] Fitzpatrick R.W., Fritsch E., Self P.G., *"Interpretation of soil features produced by ancient and modern processes in degraded landscapes:V Development of saline sulfidic features in non-tidal seepage areas"*, *Geoderma* 69, (1996) 1-29.
- [14] Fitzpatrick R.W., *"Inland acid sulfate soils: A big growth area"*, In 5th International Acid Sulfate Soils Conference, Tweed Heads, NSW (Book of Extended Abstracts). (2002)
- [15] Raghimi M., *"Properties of soils affected by saline and acid seeps Westdale, Southern WA"*, In: Roach, I.C. *CRC. LEME Australia.*(2003) 328-331,.
- [16] George R.J., McFarlane D.J., Nulsen R.A., *"Salinity threatens the viability of agriculture and ecosystems in Western Australia"*, *Hydrogeology Journal*, 5, (1997) 6-21.
- [17] [http://www. Decagon.com/fieldspec](http://www.Decagon.com/fieldspec)
- [18] Lewis M.F., McConnel C.E., *"Observations on groundwater recharge in the Westdale catchment. Agriculture, Western Australia"*, *Resource Management, Technical Report*, (1998) 180.

- [19] Bigham J.M., Fitzpatrick R.W., Schulze D., *"Iron Oxides"*, In: J.B.Dixon and D.G. Schulze (eds). *"Soil Mineralogy with Environmental Applications"*, Soil Science Society of America Special Publications. Madison, Wisconsin, USA. (2001) 323-366.
- [20] Manceau A., Marcus M.A., Tamura N., *"Quantitative speciation of heavy metals in soils and sediments by Synchrotron X-ray Techniques"*, In: Fenter, P.A, Rivers, M.L., Sturchio, N.C. & Sutton, S.R (eds) *"Applications of synchrotron radiation in low-temperature"*, geochemistry and environmental science (2002) 341-4