



کاربرد طیف سنج انعکاسی(400-2500nm) در مطالعه کانی‌شناسی سطحی مناطق تحت تأثیر تراوش‌های طبیعی اسیدی، جنوب غربی استرالیا

مصطفی رقیمی^{۱*}، مهروز اسپندیار

۱- گروه زمین شناسی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۲- گروه زمین شناسی ، دانشگاه کرتین ، استرالیا غربی

چکیده

مطالعات اخیر آزمایشگاهی ، صحرایی و سنجش از دور بیانگر کاربرد وسیعی از اطلاعات انعکاسی نور مرئی - موج کوتاه مادون قرمز (400-2500 nm) در شناسایی کانی‌های سطحی مواد زايد معدنی، تحت تأثیر تراوش‌های طبیعی اسیدی و ارزیابی اثرات این مواد زايد بر روی سیستم‌های آب‌شناسی و زیستی است. مطالعه تغییرات ریخت‌شناسی و کانی شناسی در مناطق متأثر از تراوش‌های طبیعی شور اسیدی بیانگر تغییرات فصلی در کانی شناسی سطحی است که بازتابی از عملکرد سولفیدی شدن و فرآیندهای هوازدگی اکسایشی سولفیدها است. در طی فصل مرطوب، بخش سطحی و نزدیک به سطح مناطق پوشیده از آب و باتلاقی با حضور فراوان مواد سولفیدی سیاه رنگ (پیریت)، پوسته‌های نمکی به صورت فرعی و مقادیر کم اهمیتی از اکسیدها و اکسی هیدروکسیدها مشخص می‌شود آهن و گوگرد خارج شده از تراوش‌ها، در فرآیندهای سولفیدی شدن مؤثر در شرایط احیایی در مناطق پوشیده از آب مشارکت می‌کند. در طول فصل خشک، کانی شناسی سطحی منطقه تراوش طبیعی با حضور نمکها (هالیت)، سولفاتها (ژیپس و باریت) و به ویژه رسوبات ژلی و پوسته‌های اکسی هیدرو اکسیدهای آهن (فری هیدریت، گوتیت و شورتمانیت) مشخص می‌شود. در طول تابستان، خشک شدن تدریجی مناطقی که قبلًاً توسط آب پوشیده بوده به هوازدگی اکسایشی سولفیدها کمک می‌کند و همراه با اکسایش سریع Fe^{2+} خارج شده از تراوش‌های کمی که هنوز باقی مانده است، باعث تشکیل اکسی هیدرو اکسید و تولید اسید می‌گردد. طیف انعکاسی مرئی - مادون قرمز نزدیک (VNIR) از کانی‌های سطحی مناطق تحت تأثیر قرار نگرفته، پوسته شده نمکی و تراوش طبیعی اسیدی، به دلیل جذب نوارهای اکسیدی و هیدروکسیدهای آهن، اختلاف طیفی مشخصی را در محدوده VNIR نشان می‌دهد. اختلاف طیفی می‌تواند از طریق سنجش از دور فراتری و چند طیفی در تهیه نقشه‌های ناحیه‌ای تراوش‌های طبیعی اسیدی، خاکهای اسید سولفاته و خاکهای اسیدی معدن مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: تراوش طبیعی اسیدی، اکسی هیدروکسید آهن، طیف سنجی انعکاسی (VNIR) ، جنوب غربی استرالیا

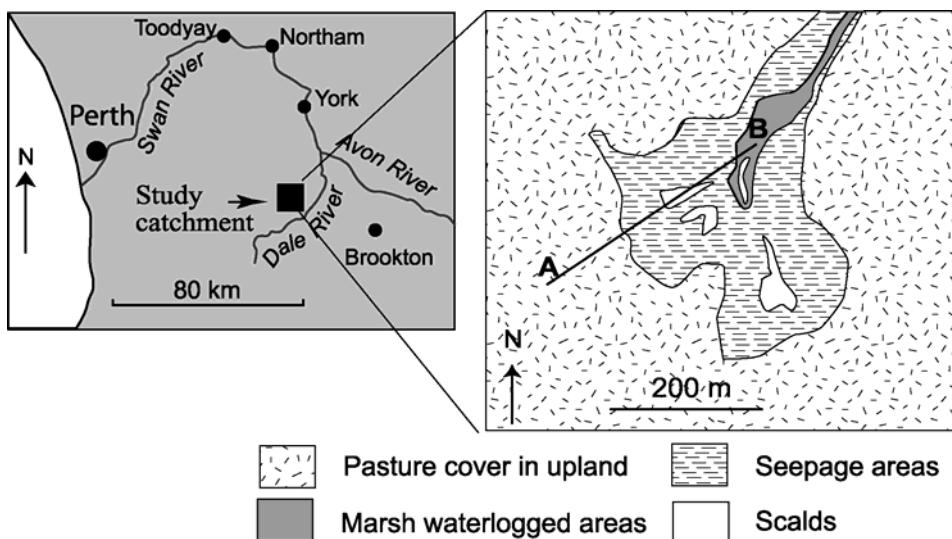
* گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.



مقدمه

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در حدود ۱۰۰ کیلومتری شهر پرت در حوزه آبخیز وستدل در جنوب غربی، غرب استرالیا قرار گرفته است (شکل ۱). آب و هوای منطقه مورد مطالعه دارای شرایط آب و هوایی مدیترانه است و کاربری اصلی زمین‌ها در این مکان کشاورزی و مرتعداری است.



شکل ۱- نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه و پراکنش عارضه‌های سطحی. مقطع A-B ، برش عرضی پروفیل در شکل ۲ را نشان می‌دهد.

قرارگیری منطقه مورد مطالعه در آن ناحیه از شرایط خاصی برخوردار است، تراوش‌های طبیعی شور آبهای زیرزمینی در دره‌ها که سبب افزایش مشکلات زیادی در زمین‌های کشاورزی در جنوب غرب استرالیا می‌گردد[8]. علاوه بر، تراوش‌های طبیعی شور، خاکهای اسید سولفاته همراه با شرایط اسیدی به طور چشم‌گیر در مناطق کشاورزی کشور استرالیا شناسایی شده است [7] و مشکلات خاصی در منطقه جنوب غرب استرالیا را ایجاد نموده است [9].

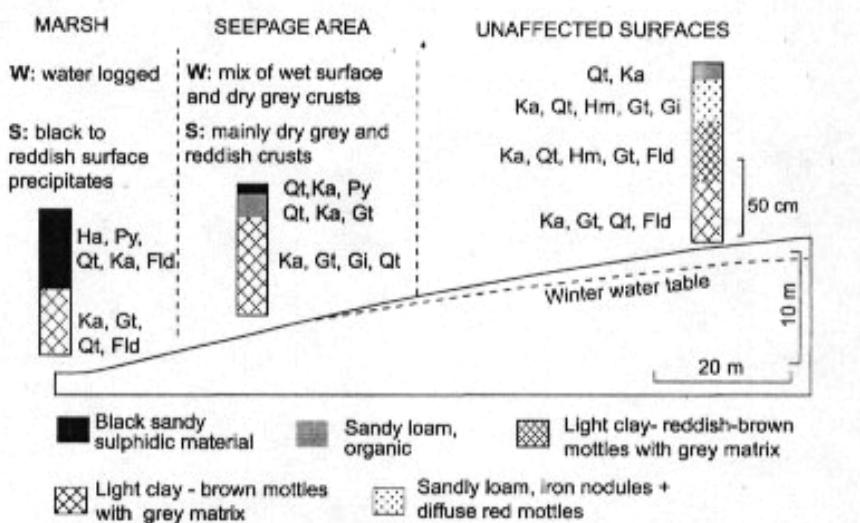


فیزیوگرافی و زمین شناسی منطقه مورد مطالعه

از نظر زمین‌شناسی، منطقه مورد مطالعه از سنگ‌های گرانیتoid آرکئن که با دایک‌های دولریتی با روند NW-SE قطع شده‌اند، تشکیل شده است. در محل مطالعه یک دایک دولریتی به صورت پشته وجود دارد. اما تصویر شدت مغناطیسی بیانگر دو دایک دولریتی با روند NW-SE است. گسلی نیز در ۵۰۰ متری شمال منطقه مورد مطالعه قرار دارد منطقه از نظر ژئومورفولوژیکی دارای پستی و بلندی‌های تپه ماهوری است. که قسمت بالایی این تپه ماهورها صاف بوده و به دره‌های باریک محدود می‌گردد. اکثر منطقه پوشیده از رگولیت ضخیم بوده که گاهی اوقات عمق آن به ۴۰ متر در قسمت دره‌ها می‌رسد.

روش‌ها

نمونه برداری سطحی براساس طبیعت سطح زمین در طول توالی توپوگرافی که به سه بخش تقسیم بندی شده است؛ بخش تحت تأثیر قرار نگرفته (در بخش فوقانی آبگیر) منطقه تراوش طبیعی در میانه شیب و منطقه آب گرفته دائمی و باتلاقی (شکل ۲) که این طبقه بندی مشابه شکل زمین خیلی از مناطق داخلی کشور استرالیا تراوش اسیدی و خاکهای اسید سولفاته پتانسیل دار است [10].



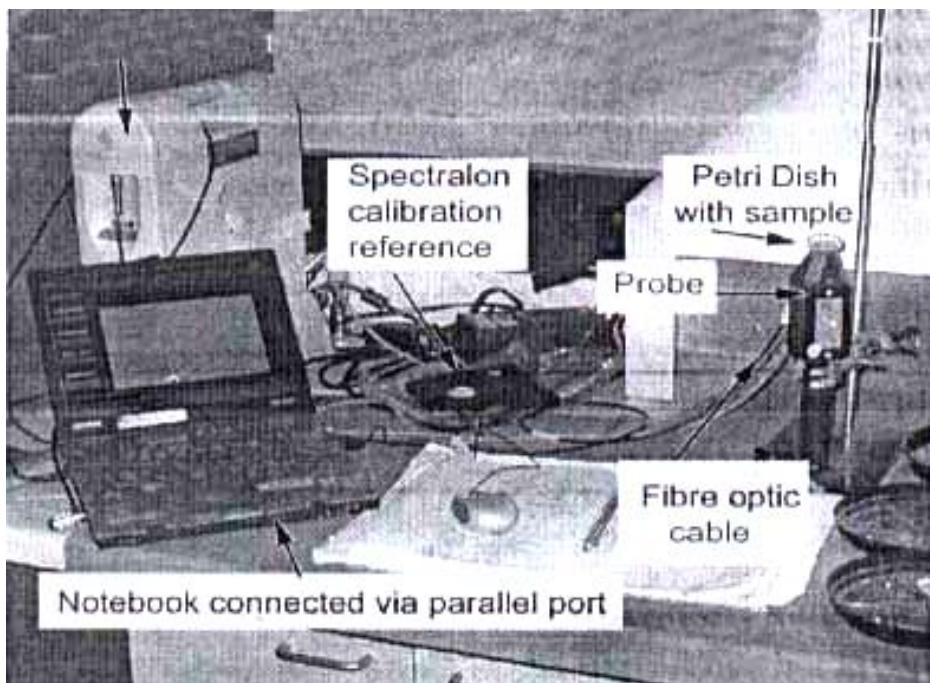
شکل ۲- مقطع عرضی توالی توپوگرافی منطقه مورد مطالعه که بیانگر عارضه‌های مورفولوژی خاک سطحی و زیرسطحی منطقه متأثر از تراوش‌های طبیعی اسیدی است.



W	زمستان	Gi	کائولینیت
S	تابستان	Hm	هالیت-
		Gt	پیریت
		Qt	فلدسپار

نمونه‌های جمع‌آوری شده سطحی را با دستگاه طیف سنج انعکاسی (ASD Field Spec PRO FR) در محدوده طول موج $0.4 / 2.5$ میکرومتر اندازه‌گیری گردید. نمونه پودر شده در ظرف پترک که بعداً به صورت عمودی بر روی پروف تماسی شدت بالا که در زیر آن لامپ‌ها لوزنی ۱۰۰ وات و برای کابل فیبر نوری وجود دارد، قرار گرفت (شکل ۳).

از دستگاه پراش پرتوایکس (XRD) با اشعه Cu ka جهت شناسایی کانی‌های سطحی و تأیید نتایج طیف سنج انعکاسی استفاده شده است.



شکل ۳- دستگاه طیف سنج انعکاسی (ASD Field Spec Pro FR) و متعلقات آن



نتایج

مناطق خشک تحت تأثیر قرار نگرفته

سطح این زمین‌ها پوشیده از مراعع و علفزار می‌باشد. خاکهای این بخش لومی ماسه‌ای با گرهک‌های قرمز تا سیاه در افق B می‌باشد که به تدریج موتل‌های قرمز تا قهوه‌ای متمایل به سیاه با رنگ‌های زمینه در افق C هستند (بیش از ۸۰ سانتی‌متر). رنگ‌های گلی غالب یا سطوح آب زیرزمینی در فصل زمستان مطابقت دارند. گرهک‌ها و موتل‌های متفاوت عارضه ردوکسی‌مورفیک هستند [11]. کانی شناسی افق‌ها هر پروفیل در شکل (۲) نشان داده شده است. با کانی‌های آهن ثانویه تغییرات تدریجی از هماتیت غالب در گرهک‌های متمایل به قرمز رنگ نزدیک سطح تا گوتیت در بخش پائینی افق در موتل‌های قهوه‌ای را نشان می‌دهد.

منطقه تراوش طبیعی (در بخش میانی)

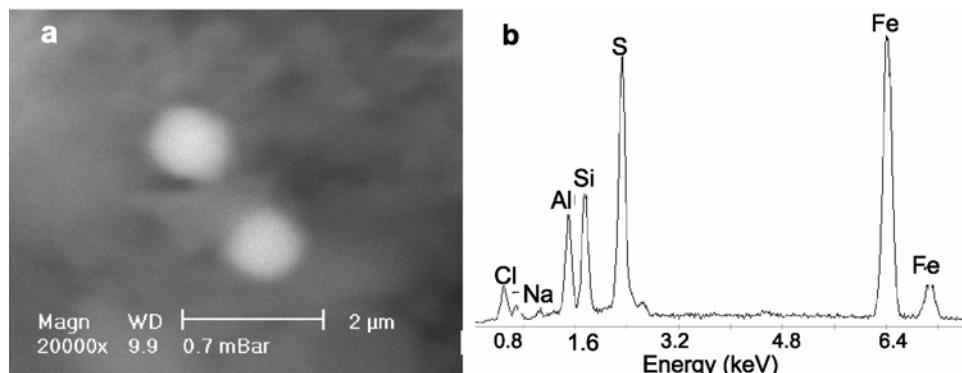
در طی زمستان، منطقه تراوش طبیعی در شرایط اشباع بوده و دارای برجستگی برآمده، مواد سیاه رنگ مخلوط با پوسته‌های بدون پوشش خاکستری رنگ هستند. در تابستان، همین مناطق تراوش طبیعی به طور قابل توجهی خشک شده و دارای پوسته‌های قهوه‌ای متمایل به قرمز و خاکستری با حداقل خروجی تراوش طبیعی در سطح می‌باشند. اکثر بخش‌های منطقه تراوش طبیعی سخت، عاری از پوشش گیاهی هستند که فرسایش شیاری و خندقی بر روی آن مشاهده می‌شود. این شیارها چند سانتی‌متر در عمق بوده و در طول شبی دامنه در جاهای که تراوش طبیعی خارج می‌شود، قرار می‌گیرد و خندق‌ها در حداقل ۲ متر عرض و یک متر نیز در بستر دره غالب هستند. در طول زمستان، pH تراوش طبیعی بیش از ۴/۵ ، مادامی که در تابستان به حدود کمتر از ۳/۵ می‌رسد. مورفولوژی و کانی شناسی پروفیل‌های خاک زیرین مناطق تراوش طبیعی شبیه به مناطق تحت تأثیر قرار نگرفته است، به غیر از افق A که بیانگر منطقه تراوش طبیعی است (شکل ۲). اختلاف اصلی در وجود مقدار ناچیزی پیریت در سطح مواد سیاه رنگ است. اختلاف در مورفولوژی مواد سطحی در زمستان و تابستان، اختلاف در کانی شناسی با پوسته قرمز رنگی است که به دلیل وجود فری هیدریت.هالیت، ژیپس، گوتیت و اندکی شورتمانیت می‌باشد.

مناطق باتلاقی (بستر دره‌ها)

طی زمستان ، منطقه باتلاقی پوشیده از آب می‌باشد، مادامی که در طی تابستان، بخش‌های از منطقه باتلاقی خشک می‌شود که دارای پوسته سطحی قرمز تا سیاه رنگ است. حال آن که مابقی 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 ۲۰ mv - خواهد بود. پروفیل‌های مناطق باتلاقی دارای موادی سیاه رنگ ضخیم لجنی است که بوى



بسیار تندر تخم مرغ گندیده را می‌دهد. این دلالت بر وجود مواد سولفیدی است، همان طور که Fitzpatrick و همکاران در سال (۱۹۹۶) نیز گزارش داده است. در بخش زیرین مواد سولفید، موتل‌های قهوه‌ای تا سیاه قهوه‌ای در زمینه خاکستری رنگ وجود دارد. نodel‌ها و موتل‌ها عارضه‌های ردوکسی‌مورفیک هستند که مربوط به محیط‌های اشباع و احیاء می‌باشند. مواد سولفیدی مرتبط بدون پوشش که با دستگاه میکروسکوپ الکترونی پویشی (SEM) مورد مطالعه قرار گرفت، حاکی از وجود ذرات نیمه گردپیریت مرکب از سولفور و آهن می‌باشد (شکل ۴) و وجود آن نیز توسط XRD نیز تأیید شده است (جدول ۱). این ذرات می‌توانند از جمع شدن ذرات کوچکتر باشد. در زمستان اکثر تراوش طبیعی در منطقه باتلاقی اشباع شده هستند. تنها مواد سیاه رنگ و مقدار کمی هالیت در روی سطح زمین وجود دارد.



شکل ۴- الف تصویر SEM مواد سیاه سولفیدی منطقه باتلاقی با ذرات روشن مدور.
ب: طیف EDX ذرات روشن که دلالت بر وجود S و Fe (پیریت) دارد. دیگر پیک‌های طیف کائولینیت از مواد اطراف هستند.

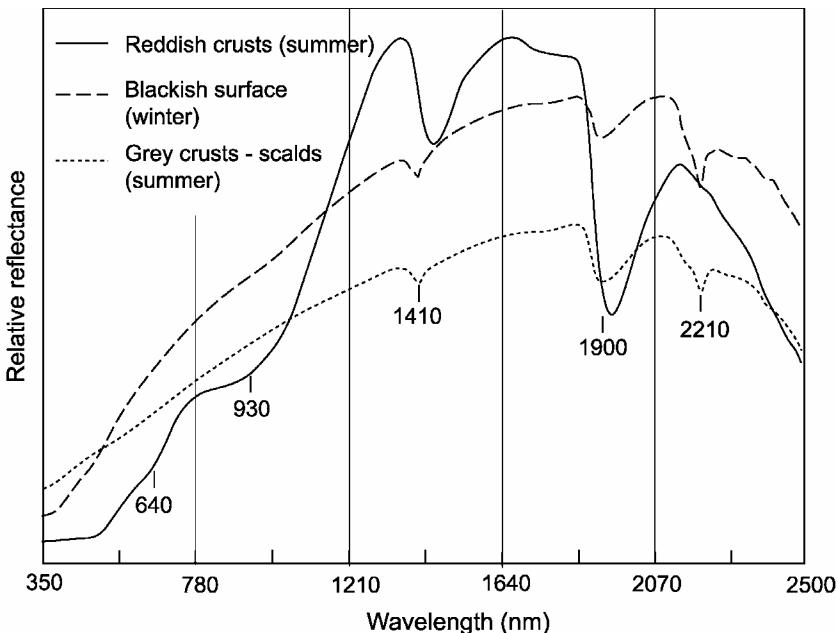


جدول ۱- کانی شناسی تعیین شده با دستگاه براش پرتو مجهول (XRD) از ته نشستهای مختلف سطحی در مناطق تراوش طبیعی و باتلاقی در طی فصل خشک تابستان

کانی شناسی سطحی	ریخت شناسی سطحی
هالیت، ژیپس، باریت، کائولینیت، کوارتز	پوسته‌های خشک خاکستری
فری هیدریت ، شورتمانیت، هالیت، ژیپس ، کوارتز	پوسته‌های قرمز رنگ
فری هیدریت، شورتمانیت، گوتیت، هالیت، ژیپس	ته نشستهای ژلاتینی قرمزنگ

طیف سنج انعکاسی

طیف‌های انعکاسی از مواد سطحی جمع‌آوری شده در تابستان از منطقه تحت تأثیر قرار نگرفته، منطقه تراوش‌های طبیعی در منطقه باتلاقی اختلافات قابل توجهی را برطبق شکل‌ها نشان می‌دهند، که هر سه طیف انعکاسی مواد سطحی مختلف هستند: پوسته قرمز رنگ (منطقه تراوش طبیعی) خاکستر بدون پوشش گیاهی (منطقه تراوش طبیعی) و سطح سیاه رنگ (منطقه تراوش طبیعی و باتلاقی). در منطقه خاکستری بدون پوشش گیاهی عارضه‌های جذبی که نماینده وجود مقدار کمی کائولینیت هستند را نشان می‌دهد. مقدار بالای آب بیانگر مواد غالب فری هیدریت، با مقدار کمی شورتمانیت است. که این مواد نیز این تغییر را تأیید می‌نماید (شکل ۵).



شکل ۵- طیف انعکاسی در محدوده نور مرئی - مادون نزدیک از مواد مختلف سطحی در فصول تابستان و زمستان

بحث

اختلاف در مورفولوژی و کانی شناسی مواد سطحی و نزدیک به سطح در طی ماههای زمستان و تابستان دلالت بر عملکرد پویا فصلی آب‌های زیرزمینی و فرآیندهای ژئوشیمیایی است که خود را به صورت کانی‌های سطحی و زیر سطحی نشان می‌دهد. در طی ماههای زمستان، سطح ایستایی بالاتر از عارضه‌های رودواکسی مورفیک هستند که نیز واکنشی به شرایط اشباع شدگی و محیط‌های احیاء - اکسایشی در افق خاکها می‌باشد. وجود هماتیت و گوتیت در خاکهای زیرین در توالی توپوگرافی دلالت بر عملکرد شرایط احیایی به دلیل اثرات سطح ایستایی دارد. هم چنین، وجود مواد سولفیدی سیاه رنگ حاوی پیریت در مناطق با تلاقی پوشیده از آب دلالت بر تشکیل پیریت در افق‌های بالاتر از خاکها در آب حالت اشباع در طی زمستان می‌باشد. آهن و سولفور آزاد شده از پرووفیل‌های رگولیت از توالی توپوگرافی در واکنش به بالا آمدن سطحی ایستایی به دلیل جنگل تراوشی است، ترکیب شده تا تشکیل دانه‌های بسیار ریز پیریت را بددهد که واکنش کاتالیز شده توسط فرآیندهای میکروبی و مواد آلی در سطح یا نزدیک به سطح است. اکسایش Fe^{+2} خارج شده از تراوش طبیعی به دلیل با تلاقی بودن و شرایط احیایی حاکم در سطح یا نزدیک به سطح نیز محدود



می‌گردد. تغییرات قابل توجه در سطح مواد در طی تابستان در منطقه تراوش طبیعی دلالت بر عملکرد در فرآیند مربوط به خشک شدن و شرایط اکسیداسیون می‌باشد، هر دو نیز عامل افزایش محیط اسیدی خواهند بود. اول، برخلاف سطوح از آب پوشیده شده، خروج Fe^{+2} از تراوش طبیعی در نتیجه اکسیداسیون و هیدرولیز است که منجر به تشکیل فری هیدریت و گوتیت به عنوان رسوبات سطحی و نهایتاً افزایش H^+ می‌شود. واکنش نیز مشابه به اولین بخش فروپاش است. دوم اینکه، خشک شدن بخش از منطقه تشکیل تهنشینی مواد آهن دار و ایجاد شرایط اسیدی در رگولیت، رودها و آبهای زیرزمینی کم عمق می‌گردد[10]. خشک شدن کامل سبب تشکیل پوسته‌های با فری هیدریت، گوتیت، زیپس و باریت در نتیجه تبخیر تهنشین می‌گردد.

درک فرآیندهای فصلی و اثرات آن بر روی کانی شناسی ، مدیریت و تشخیص آن با توجه به افزایش تراوش‌های طبیعی شور اسیدی در منطقه وسیعی از غرب استرالیا برخلاف مشکلات شوری بسیار بحرانی و مشکل است.

اولاً ، تشخیص سطح کانی‌های آهن دار از طریق طیف انعکاسی در ماههای فصل تابستان قادر به استفاده از سنجش از دور فوق طیفی و چند طیفی در تشخیص و مراقبت از مناطق اسیدی و خاکهای اسید سولفاته می‌باشد. برخلاف تراوش‌های طبیعی شور که کانی هالیت غالب است. چنین نقشه برداری مناطق اسیدی از طریق کانی شناسی سطحی در محیط‌های زهکش اسیدی معادن کاربرد دارد[2].

ثانیاً ، نسبت هماتیت و گوتیت با توجه به رنگ آن در پروفیل‌های خاک می‌تواند به عنوان نشانگرهای حالت اشباع در طی هر فصلی در نظر گرفت [11] ، که نیز در تعیین شرایط پوشیده از آب در بخش‌های شکل زمین مورد استفاده قرار می‌گیرد.

ثالثاً ، کانی‌های اکسید آهن و هیدرولیکسید در خاکها و رسوبات سطحی که به عنوان جاذب فلزات عمل می‌کند نیز یافت می‌شود[12].

حالیت آنها در طی فصول مختلف نیز بر غلظت فلز در آبهای سطحی و زیرزمینی اثر می‌گذارد. هرچند روش سریع و دقیق طیف سنجی انعکاسی کانی‌ها نیز در مشکلات مدیریت زمین به خوبی نیز کاربرد دارد. شناخت و درک فرآیندهای که سبب تشکیل این کانی‌ها نیز می‌شود، الزامی است که می‌تواند در راهبردهای مدیریت آب و خاک نیز اجرا نمود.



نتیجه گیری

این مطالعه بیانگر تغییرات پویا و فصلی کانی شناسی سطحی و زیرسطحی مناطق متأثر از تراوش‌های سور اسیدی است. در طی ماههای مرطوب، در منطقه باطلاقی به دلیل پوشیده شدن از آب فرآیند سولفیدی شدن غالب می‌گردد. مادامی که در طی ماههای خشک، هوازدگی اکسایشی پیریت و هیدرولیز آهن سبب تهنشینی اکسی هیدروکسیدهای آهن در سطح و نزدیک که بیانگر محیطی اسیدی است، می‌گردد. در این مطالعه وجود کانی‌های اکسی هیدروکسید در پوسته‌های سطحی و ته نشستهای آهن دار در منطقه مورد مطالعه بازتابی از شرایط اسیدی در آن محیط است. برخلاف برخی از کانیها مانند هالیت و ژیپس که فقط بیانگر شرایط محیط شور می‌باشد، می‌تواند دلیل خوبی برای وجود برخی از کانیهای زیست محیطی جهت شرایط تشکیل و فصلی بودن آنها باشد. این اختلاف در کانی شناسی سطحی در طی ماههای تابستان می‌تواند از طریق روش‌های دورسنجدی چند طیفی و فرا طیفی مخصوصاً در تابستان شناسایی گردد. بنابراین برای شناسایی پراکنش مکانی و زمانی تراوش‌های طبیعی اسیدی باید نقشه برداری ناحیه‌ای انجام شود.



تشکر و قدردانی

نوینسده اول از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان که امکانات انجام فرست مطالعاتی در دانشگاه فنی کرتین غرب استرالیا را فراهم نموده‌اند کمال تشکر و سپاس را دارد.

REFERENCES

- [1] LOPEZ- PAMO, e., BARETTINO, D., ANTON- Pacheco, C., Ortiz, G., Arranz, J.C., Gumiel, J.C., Martinez- Pledel, B., Aparico, M. & Montouto, O.(1999), " *The extent of the Aznalcollar Pyretic sludge s pill and its effects onsoils*", The Science of the Total Environment, 242, 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. (2000), " *Using imaging pectroscopy to map acidic mine waste*. EnvironmentalScience and Technology". 34, 47-54.
- [3] Williams, D.J., Bigham, J.M., Cravotta, C.A. III, Traina, S.J., Anderson, J.E.&Lyon, J.G. (2002), " *Assessing mine drainage pH from the color and spectralreflectance of chemical precipitates*", Applied Geochemistry, 17, 1273-1286.
- [4] HUNT, G.R. & Ashley, R.P. (1979). " *Spectra of altered rocks in the visible and near infrared*", Economic Geology, 74, 1613-1629.
- [5] Sherman, D.M. & Warte, T.D. (1985) Electronic spectra of Fe³⁺ oxides and oxide hydroxides in the near IR UV. American Mineralogist, 70, 1262-269.
- [6] BURNS, R.G. (1993). "*Mineralogical Application of Crystal Field Theory*". Cambridge University Press, Cambridge.
- [7] Fitzpatrick R.W., (2002), " *Inland acid sulfate soils: A big growth area*", In 5th International Acid Sulfate Soils Conference, Tweed Heads, NSW (Book of Extended Abstracts).
- [8] George, R.J., McFarlane, D.J., & Nulsen, R.A., (1997) , " *Salinity threatens the viability of agriculture and ecosystems in Western Australia*". Hydrogeology Journal, 5, 6-21.
- [9] George, R.J., (2002), " *Secondary acidification an emerging problem in heatbelt*", Focus on Salt 23 10.
- [10] Fitzpatrick R.W., Fritsch, E., & Self P.G., (1996), " *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, 1-29.
- [11] Bigham J.M., Fitzpatrick R.W., Schulze D., (2001) , " *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. 323-366.
- [12] Manceau, A., Marcus, M.A., & Tamura, N., (2002), " *Quantitative peciationof heavy metals in soils and sediments by Synchrotron X-ray Techniques*", In Applications of synchrotron radiation in low-temperature geochemistry and environmental science (Fenter, P.A, Rivers, M.L., Sturchio, N.C. & Sutton, S.R eds) 341-428.