

ارائه ساده‌ترین نسبت‌های طیفی به منظور تشخیص برخی خصوصیات شیمیایی خاک در مناطق خشک با استفاده از تکنیک دورسنجی (مطالعه موردی: کویر دره انجیر بافق)

زهره ابراهیمی خوسفی^۱، محمدجواد قانعی بافقی^{۲*}

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۲/۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۵/۷

چکیده

استفاده از تکنیک‌های مختلف پردازش تصاویر ماهواره‌ای، به‌ویژه نسبت‌گیری‌های طیفی، یکی از متداول‌ترین روش‌های بارزسازی پدیده‌های سطح زمین است. هدف از تحقیق حاضر، معرفی مناسب‌ترین نسبت‌های طیفی تهیه‌شده با استفاده از داده‌های سنجنده ASTER جهت تفکیک خاک‌های شور، آهکی، قلیایی و گچی در گستره فضایی کویر دره انجیر بافق در استان یزد است. بدین منظور پس از انجام تصحیحات هندسی و رادیومتریک، ۵۶ نسبت طیفی ساخته شد. سپس ۴۲ نمونه از سطح خاک برداشت و برخی از خصوصیات شیمیایی آن‌ها اندازه‌گیری شد. پس از تلاقی لایه نقطه‌ای تهیه‌شده از محل پروفیل‌ها با لایه نسبت‌های طیفی، ارزش بازتاب طیفی نقاط استخراج گردید. سپس اقدام به برقراری روابط رگرسیونی بین ۲۸ نمونه آموزشی با مقادیر بازتاب طیفی گردید. در نهایت، دقت مدل‌ها بر اساس ضریب تبیین حاصل از برازش خط بین مقادیر مشاهداتی و تخمینی نقاط تست (۱۴ نمونه) مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که نسبت باندهای ۸ به ۶ و ۸ به ۵ برای بارزسازی خاک‌های شور و قلیایی و نسبت باندهای ۱۱ به ۱۲ و ۹ به ۸ برای بارزسازی خاک‌های آهکی مناسب‌اند. لذا استفاده از داده‌های سنجنده استر می‌تواند کارایی قابل قبولی در تشخیص ویژگی‌های شیمیایی خاک در مناطق خشک داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: ASTER، بارزسازی، سنجش از دور، دره انجیر، نسبت‌گیری طیفی.

۱. استادیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه جیرفت

۲. استادیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه اردکان، نویسنده مسئول / Mjghaneib@ardakan.ac.ir

مقدمه

نسبت‌گیری طیفی^۱ برای متمایز ساختن تغییراتی که توسط تغییرات روشنایی در باندها ممکن نیست، به کار می‌رود (علوی‌پناه، ۲۰۱۵). استفاده از نسبت‌های طیفی که با تقسیم باندهای یک تصویر بر یکدیگر استوار است، در پردازش تصاویر از جمله افزایش کنتراست و تعدیل سایه‌ها کاربرد زیادی دارد. با انجام این عمل، آثار منفی عوامل زاید یا نامناسب که معمولاً در همه باندها با شدت‌های مختلف وجود دارد، کاهش می‌یابد و علاوه بر تعدیل سایه‌ها، برخی از پدیده‌ها قابلیت تفکیک بیشتری پیدا می‌کنند (زبیری و مجد، ۲۰۱۳). علت اینکه با این عمل بسیاری از پدیده‌هایی را که در حالت تک‌باندی قابل تفکیک نیستند، می‌توان متمایز ساخت این است که نسبت‌گیری، تغییرات شیب منحنی بازتاب‌های طیفی بین دو باند را به تصویر می‌کشد (علوی‌پناه، ۲۰۱۵). در تصاویر نسبت‌گیری، تغییرات ظریف طیفی پدیده‌ها نسبتاً بهتر از تصاویر اصلی نمایان می‌شوند (زودو^۲ و همکاران، ۲۰۱۶). بسته به منطقه و نوع کاربرد، باید باندهای مناسب را بر هم تقسیم کرد تا بهترین نتیجه عاید گردد. هرچند که از n باند سنجنده می‌توان $(n-1) \times n$ باند نسبی ایجاد نمود، تمامی این باندهای نسبی کارایی یکسانی نخواهند داشت (علوی‌پناه، ۲۰۱۵). یکی از ابزارهای مؤثر در مطالعات مربوط به علوم خاک و زمین، استفاده از فناوری دورسنجی و بهره‌گیری از داده‌های ماهواره‌ای است که اغلب موجب صرفه‌جویی در وقت، هزینه و افزایش دقت و سرعت می‌گردد. استفاده از تصاویر ماهواره‌ای توسط محققان زیادی در زمینه علوم خاک با اهداف مختلفی بررسی شده است؛ به‌طوری که اخیراً بناری^۳ و

همکاران (۲۰۱۸) کارایی نسبتاً خوب باندهای مادون قرمز طول موج کوتاه^۴ سنجنده سنتینل را در تعیین شوری خاک مناطق خشک به اثبات رسانده‌اند. استفاده از شاخص شوری خاک و استفاده از باندهای اول و سوم لندست ۸ و ۵ در بارزسازی شوری خاک اطراف دریاچه توزه^۵ در ترکیه، توسط گورجی^۶ و همکاران (۲۰۱۷) گزارش شده است. آسفاف^۷ و همکاران (۲۰۱۶) در بررسی خود در زمینه مدل‌سازی شوری خاک در اراضی کشاورزی اتیوپی با استفاده از داده‌های سنجنده لندست، وجود رابطه معنی‌دار شوری خاک و باندهای مرئی و مادون قرمز نزدیک را به اثبات رسانده‌اند. وجود همبستگی بالا ($R^2 > 70$) بین مقادیر شوری خاک حوضه شانگ یانگ چین و باند ۱ سنجنده لندست ۸ و مقادیر کلیاتیت خاک این منطقه با باندهای ۲ و ۶ سنجنده مذکور، در مطالعه بایی^۸ و همکاران (۲۰۱۶) نشان داده شده است. آلبد^۹ و همکاران (۲۰۱۴) به منظور تحلیل و مدل‌سازی تغییرات مکانی شوری خاک واحه آل حسا از داده‌های آیکونوس و روش رگرسیون خطی استفاده کردند و نشان دادند که باند ۳ این سنجنده با شوری خاک همبستگی بالایی دارد ($R^2 = 0.65$). تلفیق شاخص تفاضل نرمال‌شده پوشش گیاهی^{۱۰} با باندهای مادون قرمز نزدیک و طول موج کوتاه^{۱۱} ETM+ منجر به تولید نقشه‌هایی با ضریب تبیین ۰/۸۵، جهت پیش‌بینی میزان شوری خاک در اطراف دریاچه ارومیه شده است (رحمتی و حمزه‌پور، ۲۰۱۷). نوحه‌گر و همکاران (۲۰۱۲) نقش مؤثر باندهای مادون قرمز میانی و حرارتی سنجنده لندست را در پهنه‌بندی شوری خاک منطقه داراب در استان فارس

4. Short Wave Infra Red

5. Tuz

6. Gorji

7. Asfaw

8. Bai

9. Allbed

10. Normalized Difference Vegetation Index

11. Enhanced Thematic Mapper plus

1. Band Ratio

2. Zewdu

3. Bannari

باند‌های مادون قرمز میانی این سنجنده که دارای میزان انعکاس و جذب بالایی در کتابخانه طیفی هستند، برای بارزسازی معادن حاوی کانی ژیپس که کانی اصلی معادن گچ است، مورد استفاده قرار گرفت. شناسایی و تفکیک واریزه‌های آهکی از سازندهای غیرآهکی در منطقه بهادران یزد با ایجاد نسبت‌های بانندی از طیف مرئی، مادون قرمز نزدیک و میانی سنجنده لندست ۷ و اعمال سایر تکنیک‌های پردازش تصویر نظیر تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی به انجام رسید. دقت نقشه شناسایی این واحدها با استفاده از شاخص کاپا، ۰/۵۱ گزارش شده است (پورمحمدی و همکاران، ۲۰۱۵).

قابلیت مناسب نسبت‌های بانندی تهیه‌شده از طیف مرئی و مادون قرمز نزدیک سنجنده تی‌ام در بارزسازی واحدهای آهکی در استان اصفهان، توسط عسکری و همکاران (۲۰۰۴) نیز به اثبات رسیده است.

بررسی مطالعات گذشته نشان می‌دهد که اغلب پژوهش‌های انجام‌شده در زمینه بارزسازی و شناسایی خاک‌های مختلف، با استفاده از تصاویر سنجنده لندست بوده است و تاکنون مطالعه جامعی راجع به معرفی مناسب‌ترین و ساده‌ترین نسبت‌های بانندی تهیه‌شده از باندهای اصلی سنجنده استر، برای بارزسازی خاک‌های شور، قلیایی، گچی و آهکی در مناطق خشک و به‌ویژه در کویردره انجیر بافق به انجام نرسیده است. از این رو، هدف پژوهش حاضر این است که با استفاده از روش رگرسیون چندمتغیره گام‌به‌گام^۶ به معرفی ساده‌ترین و مناسب‌ترین نسبت‌های طیفی جهت شناسایی خاک‌ها بر اساس پارامتر شوری، قلیائیت، آهک و گچ در کویردره انجیر بافق پردازد. فرضیه اصلی تحقیق حاضر این است که اعمال نسبت‌گیری‌های طیفی بر روی داده‌های چندطیفی ماهواره‌های منابع زمینی می‌تواند امکان تفکیک خاک‌های مناطق خشک را بر اساس میزان گچ،

گزارش کرده‌اند. همبستگی معنی‌دار باندهای مرئی سنجنده رادیومتر پیشرفته فضابرد بازتابی و گسیل گرمایی (ASTER)^۱ با میزان شوری خاک در تفکیک رخساره‌های کویری پلاهای ابرکوه نیز به اثبات رسیده است (ابراهیمی و همکاران، ۲۰۱۰؛ فلاح و همکاران، ۲۰۱۷). نیلدا^۲ و همکاران (۲۰۰۷) با استفاده از تصاویر ETM+ به تهیه نقشه خاک‌های سدیمی و گچی در منطقه‌ای از آمریکا پرداختند و در نهایت، برای تفکیک خاک‌های گچی، استفاده از باندهای ۵ و ۷ و برای شناسایی خاک‌های سدیمی، استفاده از نسبت‌های بانندی ۵ و ۴ را توصیه کرده‌اند. اکرسین و ارمسی^۳ (۲۰۰۸) در مطالعه خود بر روی دریاچه نمک آنتولیا در ترکیه، برای تخمین مؤلفه EC خاک از داده‌های ماهواره‌ای TM^۴ استفاده کردند. آن‌ها در تحقیق خود نشان دادند که افزایش تجمع نمک در سطح خاک، رابطه معکوس خطی با ارزش‌های درخشندگی داده‌های ماهواره‌ای در ناحیه مادون قرمز کوتاه^۵ (باندهای ۵ و ۷) و رابطه مستقیم خطی با ارزش‌های درخشندگی داده‌های ماهواره‌ای در نواحی مرئی و مادون قرمز نزدیک (باندهای ۱، ۲، ۳ و ۴) دارد. محمودی و همکاران (۲۰۱۵) قابلیت استفاده از باندهای مادون قرمز نزدیک، میانی و حرارتی (۳، ۵ و ۷) سنجنده تی‌ام را در طبقه‌بندی خاک‌های منطقه ورزنه اصفهان بر اساس مؤلفه قلیائیت نشان دادند. ضریب همبستگی pH خاک با باندهای به‌کاررفته در مدل ۰/۷۷ گزارش شده است. در مطالعه‌ای که توسط نجفی و همکاران (۲۰۱۵) در زمینه اکتشاف منابع معدنی معدن گچ باغک کاشان با استفاده از تصاویر سنجنده لندست ۸ انجام گرفت،

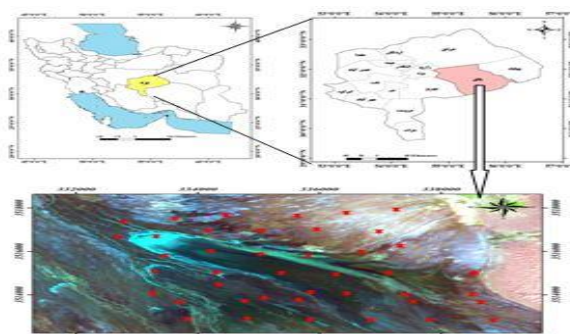
1. Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer
2. Niell
3. Ekercin and Ormeci
4. Thematic Mapper
5. SWIR:Short Wave Infra Red

آهک، قلیائیت و شوری خاک فراهم نماید.

مواد و روش‌ها

خصوصیات منطقه مورد مطالعه

کویر دره انجیر بافق با مساحتی معادل ۴۸ کیلومترمربع در شمال غرب شهرستان بافق در استان یزد است که در محدوده جغرافیایی 13° و 55° تا 18° و 55° طول شرقی و 44° و 31° تا 47° عرض شمالی واقع شده است. بر اساس روش دومارتن، اقلیم منطقه گرم و خشک است (متوسط بارندگی و درجه حرارت در ۱۵ سال اخیر به ترتیب $4/8$ میلی‌متر و $20/5$ درجه سانتی‌گراد و ضریب خشکی دومارتن معادل $1/6$ است). موقعیت منطقه مطالعاتی و نقاط نمونه‌برداری در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل (۱): موقعیت منطقه مطالعاتی و نقاط نمونه‌برداری در استان یزد
Figure (1): The location of the study area and sampling points in Yazd province

داده‌های تحقیق

به منظور انجام تحقیق حاضر، از تصاویر سنجنده استر ماهواره ترا^۱ متعلق به ۹ آوریل ۲۰۰۷ میلادی (با توجه به سهولت دسترسی به این تصاویر و همچنین قدرت تفکیک طیفی و مکانی مناسب) و از تصاویر ای تی ام سال ۲۰۰۳ میلادی با دقت هندسی قابل قبول (کمتر از نصف اندازه پیکسل‌ها) به منظور زمین مرجع کردن تصویر استر استفاده شده است. همچنین به منظور بررسی و انتخاب مناسب‌ترین نسبت طیفی از نتایج آزمایشگاهی ۴۲ نمونه خاک در بهار ۱۳۸۶ استفاده شده است. مشخصات آماری داده‌های برداشت‌شده زمینی در

جدول (۱) آورده شده است. به منظور انجام پردازش‌های تصاویر از نرم‌افزار ENVI4.2، برای محاسبه ضرایب رگرسیون از نرم‌افزار SPSS20 و از سیستم موقعیت‌یاب جهانی^۲ GPS به منظور ثبت مختصات نقاط نمونه‌برداری در عملیات میدانی استفاده شده است.

جدول (۱): مشخصات آماری نمونه‌های آزمایشگاهی

Table (1): Statistical characteristics of laboratory samples

	شوری	قلیائیت	آهک	گچ
مقدار حداقل	۹/۸	۷/۶	۰/۷	۰
مقدار حداکثر	۳۲/۴	۸/۹	۱۸/۶	۴۲/۸
میانگین	۱۹/۶	۷/۸۷	۹/۱۶	۷/۴
انحراف معیار	۱۵/۹۵	۰/۲۹	۴/۵	۱۰/۵

روش تحقیق

برای اندازه‌گیری مقادیر شوری، قلیائیت، گچ و آهک خاک در بهار ۱۳۸۶ مطابق با زمان اخذ تصویر، با قرار دادن یک شبکه نمونه‌برداری منظم تصادفی بر روی تصویر منطقه، موقعیت نقاط نمونه‌برداری (۴۲ نقطه) مشخص شد. به منظور افزایش دقت کار، از محل قرارگیری GPS از مرکز نقاط نمونه‌برداری به فاصله ۱۵ متر فاصله گرفته و بدین ترتیب از ۸ پیکسل مجاور نیز در عمق ۰ تا ۱۰ سانتی‌متر نمونه‌برداری شد و سپس مجموع ۹ پیکسل از هریک از نقاط نمونه‌برداری با یکدیگر مخلوط شد. نمونه‌های برداشت‌شده زمینی پس از حمل به آزمایشگاه مورد تجزیه قرار گرفت و مقادیر مربوط به مؤلفه‌های شوری، قلیائیت، گچ و آهک خاک تعیین گردید. به منظور زمین مرجع کردن تصاویر استر، از روش تصویر به تصویر استفاده شد. بدین منظور تعداد ۴۹ نقطه به صورت پراکنده بر روی تصاویر ETM+ و ASTER انتخاب و با استفاده از معادلات پلی‌نومیال درجه دو با دقت $0/77$ و روش نمونه‌برداری نزدیک‌ترین همسایه، بازنویسی^۳ شد. به منظور حذف خطای ناشی از GPS در برداشت میدانی، فیلتر میانگین ۳ در ۳ بر روی تصاویر اعمال گردید. برای دستیابی به بازتاب واقعی زمینی و همچنین تصحیح

2. GPS: Global Positioning System

3. Resample

1. Terra

منتخب برای منطقه مطالعاتی منظور گردید.

جدول (۲): نسبت‌های طیفی تهیه شده از تصاویر سنجنده ASTER در

محدوده‌های طیفی مختلف

Table (2): Spectral ratios produced from ASTER sensor images in various spectral range

VNIR		TIR		
b1/b3	b10/b11	b11/b13	b13/b10	b14/b12
b1/b2	b10/b12	b11/b14	b13/b11	b14/b13
b2/b3	b10/b13	b12/b10	b13/b12	
b2/b1	b10/b14	b12/b11	b13/b14	
b3/b2	b11/b10	b12/b13	b14/b10	
b3/b1	b11/b12	b12/b14	b14/b11	
SWIR				
b4/b5	b5/b6	b6/b7	b7/b8	b8/b9
b4/b6	b5/b7	b6/b8	b7/b9	b9/b4
b4/b7	b5/b8	b6/b9	b8/b4	b9/b5
b4/b8	b5/b9	b7/b4	b8/b5	b9/b6
b4/b9	b6/b4	b7/b5	b8/b6	b9/b7
b5/b4	b6/b5	b7/b6	b8/b7	b9/b8

نتایج

نتایج حاصل از برقراری رابطه رگرسیون خطی چندمتغیره به روش گام‌به‌گام بر روی متغیرهای مستقل و وابسته، در جدول (۳) و نتایج ارزیابی مدل‌های ایجادشده، در جدول (۴) ارائه شده است. نتایج تجزیه واریانس به روش رگرسیون چندمتغیره خطی در جدول (۵) و نمودار مربوط به تعیین دقت مدل منتخب بر اساس مقادیر مشاهداتی نقاط تست و مقادیر تخمین زده شده توسط مدل، در شکل (۲) ارائه شده است. نتایج حاصل از بررسی ضریب همبستگی پیرسون بین نسبت‌های باندی وارد شده در مدل مربوط به مؤلفه آهک خاک در جدول (۶) آورده شده است. در نهایت، نقشه‌های شوری، قلیائیت و آهک کویر دره انجیر بر اساس دقیق‌ترین مدل‌ها در شکل (۳) نشان داده شده است.

اتمسفری تصاویر پس از تبدیل ارزش رقومی ثبت شده به رادیانس، از الگوریتم FLAASH در نرم‌افزار ENVI4.7 استفاده شد. در نهایت محدوده مورد مطالعه از روی تصاویر برش داده شد. در گام بعدی، اقدام به تهیه تمامی نسبت‌گیری‌های ساده طیفی (تقسیم یک باند به باند دیگر) در محدوده‌های طیفی مختلف گردید. در مجموع تعداد ۵۶ نسبت طیفی تهیه شد که از این تعداد، ۶ نسبت طیفی مربوط به محدوده طیف مرئی و مادون قرمز نزدیک^۱، ۳۰ نسبت طیفی مربوط به محدوده مادون قرمز میانی^۲ و ۲۰ نسبت طیفی مربوط به محدوده مادون قرمز حرارتی^۳ است (جدول ۲). سپس نقشه نقطه‌ای تهیه شده از محل پروفیل‌ها با تمامی لایه‌های اطلاعاتی حاصل از نسبت‌گیری‌های طیفی تلافی داده شد و ارزش بازتاب هر پیکسل استخراج گردید. به منظور ایجاد مدل‌های رگرسیونی، ابتدا مقدار بازتاب طیفی متناظر با نقاط نمونه برداری (۲۸ نقطه آموزشی و ۱۴ نقطه تست) در باندهای اصلی و پردازش داده شده (نسبت‌های طیفی) استخراج گردید. سپس با استفاده از نرم‌افزار SPSS20 و انجام آزمون رگرسیون چندمتغیره گام‌به‌گام، ضرایب همبستگی و مدل‌های رگرسیونی بین مؤلفه‌های PH، EC، آهک و گچ در ۲۸ نقطه آموزشی با تمامی نسبت‌های طیفی محاسبه شد. نظر به اینکه بالا بودن ضریب تبیین (R^2) در مدل انتخابی رگرسیون چندمتغیره، دلیل بر کارآمد بودن آن نیست و کارایی یک مدل وقتی به اثبات می‌رسد که بتواند توصیف خوبی از متغیر وابسته ارائه دهد (رضایی و سلطانی، ۱۹۹۸)، لذا مدل‌های استخراج شده بر اساس مقادیر بالاتر ضریب تبیین تصحیح شده و فاکتور F و همچنین مقدار پایین تر خطای استاندارد^۴ (S.E) اعتبارسنجی شدند. به منظور تعیین دقت مدل منتخب، آمار برداشت شده میدانی در ۱۴ نقطه، تست و مقادیر تخمینی مؤلفه‌های مذکور در نقاط متناظر با یکدیگر مقایسه شد. این مقایسه با برآزش خط مستقیم بین مقادیر مشاهداتی و تخمینی در نقاط تست صورت گرفت و ضریب تبیین حاصل به عنوان دقت مدل

1. VNIR: Visible Near Infra Red

2. SWIR: Short Wave Infra Red

3. TIR: Thermal Infra Red

4. S.E: Standard Error

جدول (۳): مدل‌های استخراج شده از تلاقی مقادیر شوری، گچ، قلیائیت و آهک با نسبت‌های طیفی در نقاط آموزشی

Table (3): Models extracted from the crosses of salinity, gypsum, alkalinity and TNV with spectral ratios at training points

پارامتر	مدل
هدایت الکتریکی	$EC = (67.78 \times \frac{b8}{b6}) - 38.22$
گچ	$Gypsum = (947.6 \times \frac{b11}{b12}) - 879.6$
قلیائیت	$pH = (7.092 \times \frac{b8}{b5}) + 3.76$
آهک	$TNV1 = (91.75 \times \frac{b9}{b8}) - 58.59$ $TNV2 = (381.96 \times \frac{b11}{b12}) + (97.8 \times \frac{b9}{b8}) - 429.8$ $TNV3 = (94.6 \times \frac{b3}{b2}) + (540.4 \times \frac{b11}{b12}) + (68.4 \times \frac{b9}{b8}) - 630.95$

جدول (۴): نتایج ارزیابی مدل‌های استخراج شده

Table (4): Results of the evaluation of extracted models

مدل	ضریب تبیین	ضریب تبیین اصلاح شده	خطای استاندارد	F
هدایت الکتریکی	۰/۵۱۱	۰/۷۱۵	۱/۴۸	۲۷/۱۹
گچ	۰/۱۸	۰/۱۴۵	۱۰/۸	۵/۷۱
قلیائیت	۰/۳۸۲	۰/۳۵۸	۰/۲۷	۱۶/۰۵
آهک ۱	۰/۲۸۳	۰/۲۵۵	۳/۷۷	۱۰/۲۵
آهک ۲	۰/۴۱۵	۰/۳۶۸	۳/۴۸	۸/۸۷
آهک ۳	۰/۵۲۴	۰/۴۶۴	۳/۲	۸/۷

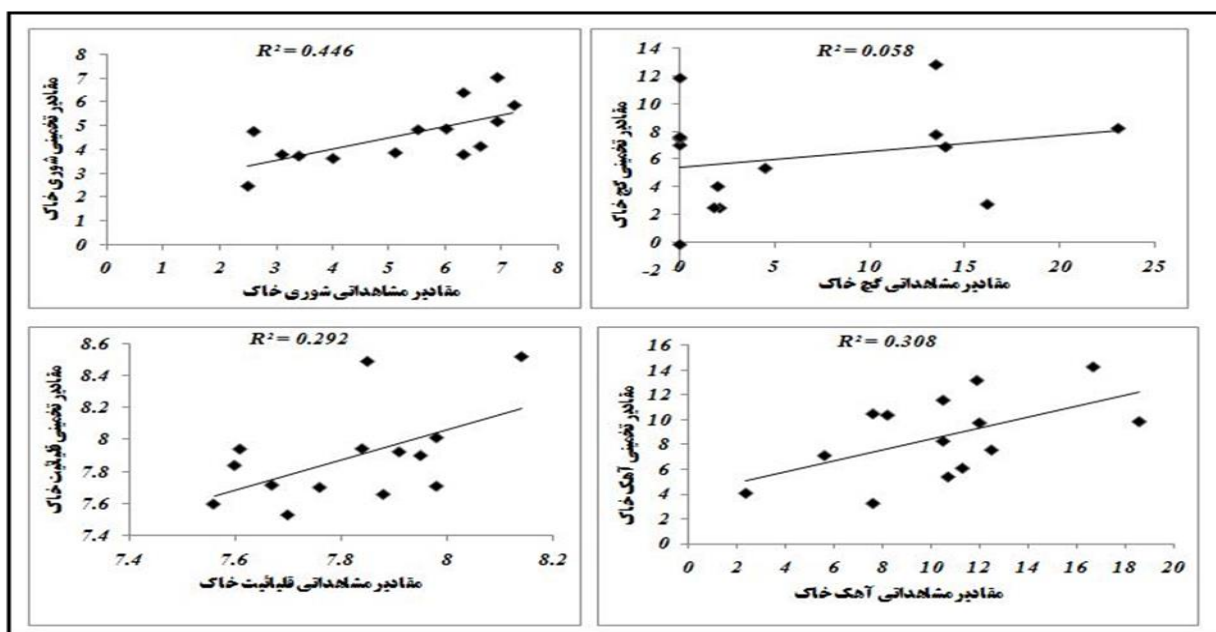
جدول (۵): نتایج تجزیه واریانس به روش رگرسیون چندمتغیره خطی برای مدل‌های شوری، گچ، قلیائیت و آهک خاک

Table (5): The results of analysis of variance by linear multivariate regression model for salinity, gypsum, alkalinity and lime of soil

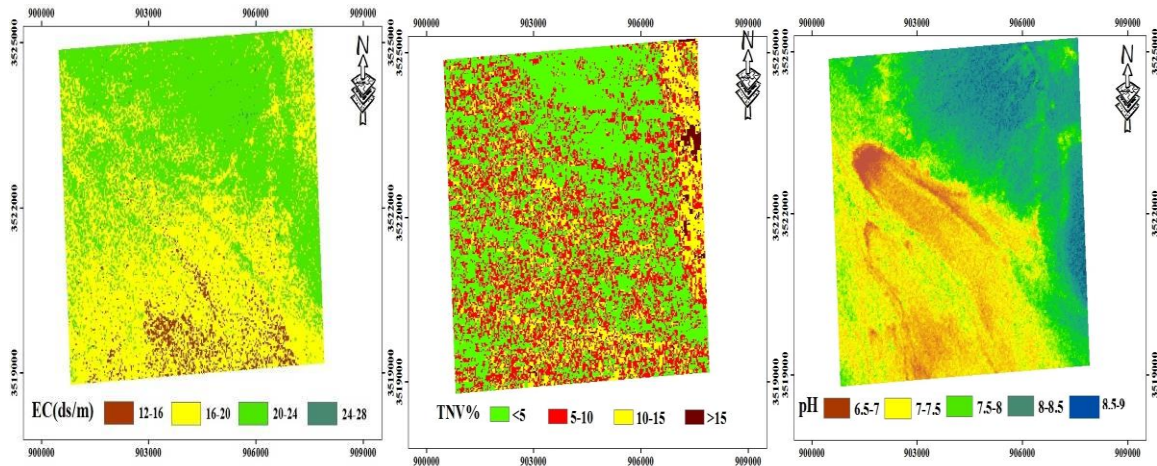
پارامتر	منابع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات
هدایت الکتریکی	رگرسیون	۶۰/۱۸۶	۱	۶۰/۱۸۶
	مانده‌ها	۵۷/۵۴۶	۲۶	۲/۲۱۳
	کل	۱۱۷/۷۳۳	۲۷	
گچ	رگرسیون	۶۶۷/۶۷۵	۱	۶۶۷/۶۷۵
	مانده‌ها	۳۰۳۸/۲۲۹	۲۶	۱۱۶/۸۵۵
	کل	۳۷۰۵/۹۰۴	۲۷	
قلیائیت	رگرسیون	۱/۱۵۴	۱	۱/۱۵۴
	مانده‌ها	۱/۸۶۹	۲۶	۰/۰۷۲
	کل	۳/۰۲۳	۲۷	
آهک ۲	رگرسیون	۲۱۴/۴۵۲	۲	۱۰۷/۲۲۶
	مانده‌ها	۳۰۲/۱۸۲	۲۵	۱۲/۰۸۷
	کل	۵۱۶/۶۳۴	۲۷	

جدول (۶): ضرایب همبستگی پیرسون بین نسبت‌های باندی مدل مربوط به مؤلفه آهک خاک
 Table (6): Pearson correlation coefficients between the spectral ratios of the model for the lime component

		b3/b2	B11/b12	B9/b8
b3/b2	Pearson Correlation	۱	-۰/۴۱۳ *	-۰/۴۵۴ *
	Sig.(2.tailed)		۰/۰۲۹	۰/۰۱۵
	N	۲۸	۲۸	۲۸
B11/b12	Pearson Correlation	-۰/۴۱۳ *	۱	-۰/۰۹۶
	Sig.(2.tailed)	۰/۰۲۹		۰/۶۲۶
	N	۲۸	۲۸	۲۸
B9/b8	Pearson Correlation	۰/۴۵۴ *	-۰/۰۹۶	۱
	Sig.(2.tailed)	۰/۰۱۵	۰/۶۲۶	
	N	۲۸	۲۸	۲۸



شکل (۲): نمودارهای تعیین دقت مدل‌های ارائه شده بر اساس مقادیر مشاهده‌ای و تخمینی در نقاط تست
 Figure (2): Graphs of determining the accuracy of the presented models based on the observational and the estimated values at the test points



شکل (۳): نقشه‌های شوری، قلیائیت و آهک کویر دره انجیر بر اساس دقیق‌ترین مدل‌ها

Figure (3): EC, pH, and TNV maps of the Dareh Anjir Kavir based on the most accurate models

بحث و نتیجه‌گیری

همچنین شرایط اقلیمی، جغرافیایی و زمین‌شناسی مختلف باشد که در اختلاف انعکاس طیفی پدیده‌ها اثر گذاشته است. همچنین نتایج مندرج در جدول (۳) حاکی از نقش مؤثر باندهای محدوده مادون قرمز حرارتی در شناسایی و بارزسازی خاک‌های گچی از سایر خاک‌های منطقه مطالعاتی دارد؛ این در حالی است که در مطالعه نجفی و همکاران (۲۰۱۵)، قابلیت مناسب باندهای مادون قرمز میانی در شناسایی این خاک‌ها به اثبات رسیده است؛ لذا نتایج پژوهش حاضر با پژوهش انجام‌گرفته در گذشته، همخوانی ندارد. بررسی نتایج ارزیابی مدل تخمین مؤلفه گچ در نقاط آموزشی (جدول ۴) و همچنین نمودار ارزیابی دقت مدل بر اساس مقادیر مشاهداتی و تخمینی در نقاط تست (شکل ۲)، بیانگر پایین بودن صحت تخمین و تأیید مدل مربوط به این مؤلفه در منطقه مطالعاتی می‌باشد. به عبارت دیگر، می‌توان گفت نسبت باند ۱۱ به ۱۲ که تنها نسبت باندهای وارد شده در برقراری مدل‌های همبستگی بین مقادیر گچ و مقادیر بازتاب طیفی در محل نقاط نمونه‌برداری است، نمی‌تواند نسبت باندهای مناسبی برای بارزسازی خاک‌های گچی از سایر خاک‌های منطقه مطالعاتی باشد. انتظار می‌رود استفاده از سایر تکنیک‌های پردازش تصویر مانند تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی یا تهیه شاخص‌های پیچیده دیگر بتواند در تعیین باندهای مؤثر برای بارزسازی خاک‌های گچی در کویر دره انجیر بافق مؤثر واقع شود؛ اما نظر به اینکه انجام این روش‌ها در راستای هدف

نتایج حاصل از برقراری روابط رگرسیونی بین مؤلفه‌های شوری، قلیائیت، گچ و آهک با ۵۶ نسبت طیفی محاسبه‌شده بر اساس باندهای مختلف سنجنده استر (جدول ۳) نشان می‌دهد که بین سه مؤلفه شوری، قلیائیت و گچ با نسبت‌های طیفی، فقط یک رابطه معنی‌دار و بین مؤلفه آهک با نسبت‌های باندهای سه رابطه معنی‌دار برقرار شده است. همچنین نتایج ارائه‌شده در جدول (۳)، بیانگر نقش مؤثر باندهای محدوده مادون قرمز میانی در شناسایی خاک‌های شور از سایر خاک‌ها در کویر دره انجیر بافق است (شکل ۳). بررسی مطالعات گذشته نشان می‌دهد که اکرسین و ارمسی (۲۰۰۸) و نوحه‌گر و همکاران (۲۰۱۲) نیز استفاده از این باندها را به‌منظور بارزسازی خاک‌های شور از خاک‌های غیرشور به اثبات رسانده‌اند که می‌تواند مؤید نتایج تحقیق حاضر باشد. مناسب بودن باندهای طیف مادون قرمز میانی در بارزسازی خاک‌های قلیایی از سایر خاک‌های منطقه مطالعاتی نیز، در این پژوهش به اثبات رسید که با نتایج تحقیق بایی و همکاران (۲۰۱۶) و محمودی و همکاران (۲۰۱۵) مطابقت دارد. اما در برخی مطالعات (ال-حداد، ۲۰۰۶ و گارسیا، ۲۰۰۵) عدم وجود رابطه معنی‌دار بین میزان قلیائیت خاک و اطلاعات ماهواره‌ای گزارش شده است. به نظر می‌رسد اهمیت یک باند در یک منطقه و مناسب نبودن آن در منطقه دیگر به دلیل وجود درجات مختلفی از شوری، قلیائیت و رطوبت و یا مقادیر مختلف کاتیون‌ها و آنیون‌ها و

تخمینی در نقاط آموزشی با نتایج ارزیابی دقت این مدل‌ها بر اساس نقاط تست با یکدیگر همخوانی دارد و از این رو می‌توان اذعان کرد که برای بارزسازی خاک‌های شور در کویر دره انجیر بافق، نسبت بانندی ۸ به ۶، برای بارزسازی خاک‌های آهکی از سایر خاک‌ها نسبت باندهای ۱۱ به ۱۲ و ۹ به ۸، و برای بارزسازی خاک‌های قلیایی نسبت بانندی ۸ به ۵ مناسب‌تر است. همچنین میزان همبستگی بین مقادیر مشاهداتی و تخمینی در نقاط تست برای مؤلفه‌های مذکور نسبتاً خوب و به ترتیب، ۰/۶۶، ۰/۵۵ و ۰/۴۷ به دست آمده است. بررسی کلی نقشه‌های حاصل از اعمال دقیق‌ترین مدل‌ها بر شاخص‌های بهینه طیفی (شکل ۳) نشان می‌دهد که بخش اعظمی از نواحی شمالی کویر دره انجیر، از میزان شوری و قلیائیت بیشتری نسبت به دیگر نواحی برخوردار است و به سمت مرزهای جنوبی از میزان آن‌ها کاسته می‌شود. این در حالی است که در کمتر از ۱۰٪ منطقه مطالعاتی، واقع در نواحی شمالی و شمال شرقی کویر دره انجیر، تمرکز خاک‌های آهکی بیشتر است. پراکنش نامنظم خاک‌های با میزان آهک کمتر در سایر بخش‌های منطقه مطالعاتی نیز به چشم می‌خورد. به طور کلی، عملیات شناسایی و بارزسازی خاک‌های شور، قلیایی و آهکی با استفاده از شاخص‌های به دست آمده از تحقیق حاضر، از دقت قابل قبولی برخوردار است و شناسایی چنین خاک‌هایی در مناطق مشابه می‌تواند با استفاده از این شاخص‌ها، با سرعت بالا انجام شود. همچنین می‌توان با اعمال این شاخص‌ها بر روی باندهای اصلی تصاویر مربوط به سایر دوره‌های زمانی، به راحتی به تغییرات خصوصیات شیمیایی آن‌ها پی برد و عملیات پایش را با سرعتی بالاتر و با هزینه‌ای کمتر انجام داد. همچنین این گونه عملیات، تأثیر قابل توجهی بر هزینه و زمان عملیات میدانی و محاسباتی خواهد داشت. اما باید توجه داشت که مدل‌های شوری، آهک و قلیائیت، فقط توانسته‌اند ۶۶٪، ۵۵٪ و ۴۷٪ تغییرات شوری، آهک و قلیائیت را در منطقه مطالعاتی توجیه کنند و انتظار می‌رود با در نظر گرفتن سایر عوامل تأثیرگذار بر میزان انعکاس طیفی این خاک‌ها و استفاده از داده‌های ماهواره‌ای سنجنده‌های دیگر که دارای قدرت تفکیک مکانی بالاتری نسبت به سنجنده‌های

تحقیق حاضر نیست، از انجام آن صرف نظر شده است و پیشنهاد می‌شود که در مطالعات آتی به آن پرداخته شود. نقش مؤثر باندهای مربوط به طیف مادون قرمز میانی و حرارتی در جداسازی خاک‌های آهکی و غیرآهکی در منطقه مطالعاتی، با استفاده از مدل‌های شماره (۱) و (۲) مندرج در جدول (۳) نشان داده شده است. اهمیت چنین باندهایی در شناسایی خاک‌های آهکی در مطالعه پورمحمدی و همکاران (۲۰۱۵) نیز به اثبات رسیده است که تأییدکننده نتایج تحقیق حاضر است. گرچه در مدل شماره (۳) مربوط به مؤلفه آهک، نسبت باندهای مرئی (باندهای ۳ به ۲) نیز وارد مدل شده است، به دلیل وجود همبستگی معنی‌دار در سطح ۵ درصد آماری بین نسبت باندهای مرئی با سایر باندهای وارد شده در مدل (نسبت باندهای ۹ به ۸ و ۱۱ به ۱۲)، نمی‌توان از لحاظ آماری به کاربرد این مدل در بارزسازی خاک‌های آهکی منطقه مطالعاتی استناد کرد (جدول ۶). گرچه به دلیل بالاتر بودن مقدار ضریب تبیین و پایین‌تر بودن مقدار خطای استاندارد در مدل شماره (۳) مربوط به مؤلفه آهک، به نظر می‌رسد مدل سوم از صحت بالاتری برخوردار باشد، اما بررسی جدول میزان همبستگی بین باندهای وارد شده در مدل (جدول ۶) حاکی از آن است که بین نسبت باندهای ۲ به ۳ با سایر نسبت‌های بانندی وارد شده در مدل، در سطح ۵ درصد آماری همبستگی معنی‌داری وجود دارد. لذا بدیهی است که بالاتر بودن مقدار ضریب تبیین در مدل شماره (۳) به دلیل اثر متقابلی است که بین باندهای مذکور برقرار شده و این منجر به افزایش ضریب تبیین گردیده است. از این رو نمی‌توان از لحاظ آماری به کاربرد این مدل در بارزسازی خاک‌های آهکی منطقه مطالعاتی استناد کرد. بررسی کلی نمودارهای شکل (۲) گویای این واقعیت علمی است که بالاترین دقت مدل‌های ارائه شده بر اساس مقادیر مشاهداتی با مقادیر تخمین زده شده در نقاط تست، به ترتیب مربوط به مؤلفه‌های شوری، آهک و قلیائیت خاک است. از طرفی، نتایج ارزیابی مدل‌های استخراج شده در جدول (۴) نیز نشان می‌دهد که بالاترین دقت در تخمین مدل‌های مربوط به مؤلفه‌های مذکور در نقاط آموزشی، به ترتیب مربوط به مؤلفه‌های شوری، آهک و قلیائیت خاک است؛ لذا نتایج ارزیابی مدل‌های

هستند (نظیر SPOT) و یا تلفیق آن‌ها به روش ادغام طیفی با داده‌های سنجنده استر، بتوان گامی مؤثر در ارائه مدل‌های دقیق‌تر برداشت که این موضوع می‌تواند در مطالعات آتی توسط پژوهشگران مورد بررسی قرار گیرد.

منابع

- Alavipanah, S.K. 2015. Application of Remote Sensing in Earth Sciences (Soil Science), Fifth Edition, Tehran University Press, 492p.
- Allbed, A., Kumar, L., and Sinha, P. (2014). Mapping and modelling spatial variation in soil salinity in the Al Hassa Oasis based on remote sensing indicators and regression techniques. *Remote Sensing*, 6(2), 1137-1157.
- Asfaw, E., Suryabhagavan, K. V., Argaw, M. 2016. Soil salinity modeling and mapping using remote sensing and GIS: the case of Wonji sugar cane irrigation farm, Ethiopia. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*.
- Askari, M., Ghasemi, A., Cheragh, S., Nazemoraia, B., Askari, J. 2004. Application of fuzzy logic in exploration of carbonate lead and zinc deposits using satellite data processing in Isfahan province. *Iran Mining Engineering Conference*.
- Bai, L., Wang, C., Zang, S., Zhang, Y., Hao, Q., Wu, Y. 2016. Remote sensing of soil alkalinity and salinity in the Wuyu'er-Shuangyang River Basin, Northeast China. *Remote Sensing*, 8(2), 163.
- Bannari, A., El-Battay, A., Bannari, R., and Rhinane, H. 2018. Sentinel-MSI VNIR and SWIR Bands Sensitivity Analysis for Soil Salinity Discrimination in an Arid Landscape. *Remote Sensing*, 10(6).
- Ebrahimi Khusfi, Z., Fallah Shamsi, S.R., Kompani-Zare, M., Ebrahimi Khusfi, M., Ekhtesasi, M.R., Hosseini, S.Z. 2010. Estimation of soil Salinity components using radiance and reflectance transformations of ETM + and ASTER imagery; a case study: Abarkooh, Yazd. *Iranian Remote Sensing and GIS*, 2(1), 23-36
- Ekercin, S. and C. Ormeci. (2008). "Estimating Soil Salinity Using Satellite Remote Sensing Data and Real-Time Field Sampling." *Environmental Engineering Science*. 25(7):981-988.
- Elhaddad, A., and Garcia, L. (2006). Detecting soil salinity levels in agricultural lands using satellite imagery. In *Proceedings of the American Society for Photogrammetry and Remote Sensing Annual Conference*.
- Garcia, L. and Elhaddad E. A., 2005. Estimating soil salinity using remote sensing data, proceedings for 2005 central plains Irrigation conference, stersing, Colorado, Feb 16-17, pp 1-10.
- Fallah Shamsi, S.R., Ebrahimi, Z., Ekhtesasi, M.R., Kompani-Zare, M. 2017. Segmentation of Playa Geomorphological Facies in Desert Regions, Using Integrated Remote Sensing and Statistical Modeling of Soil Properties. *Journal of Remote Sensing Technology* 5 (1), 1-9.
- Gorji, T., Sertel, E., & Tanik, A. (2017). Monitoring soil salinity via remote sensing technology under data scarce conditions: A case study from Turkey. *Ecological indicators*, 74, 384-391
- Mahmoudi, F., Jafari, R., Karimzadeh, H.R., Ramezani, N. 2015. A Study on Spatial Distribution of Soil Properties in Varzaneh Region of Isfahan by Using Image Processing Methods 29 (4), 1004-1017.
- Najafi, E., Yousofi, M.H., Iliyaei, E. 2015. Exploration of in situ mineral resources using Landsat 8 thermal bands (Case study: Baghak Kashan mine), The 5th International Conference on Modern Approaches to Energy Conservation, Tehran, Iran.
- Nield, S. J., J. L., Boettinger & R.D. Ramsey, 2007, Digitally Mapping Gypsic and Natric Soil Areas Using Landsat ETM Data, *Soil Science Society of American Journal*, 71: 245-252.
- Nohegar, A., Zare, G.R. 2012. Extraction of Soil Salinity Areas in Arid and Semi-arid Areas Using Remote Sensing Data (Case Study: Darab City). *Geography and Environmental Hazards* 1(1), 49-64.
- Poormohamadi, S., Ekhtesasi, M.R., Rahimiyan, M.H. 2015. Identification and separation of calcareous deposits from non-calcareous formations with the use of the combination of remote sensing sciences and lithology specification (Case study: Bahadoran region in Yazd province). *Engineering Geology Journal* 9 (4), 3113-3129.
- Rahmati, M., & Hamzehpour, N. (2017). Quantitative remote sensing of soil electrical conductivity using ETM+ and ground

- measured data. International journal of remote sensing, 38(1), 123-140.
19. Rezaei, A., Soltani, A. 1998. Introduction to Applied Regression Analysis, Isfahan University of Technology Press, 294 pages.
20. Zewdu, S., Suryabagavan, K.V. and Balakrishnan, M. 2016. Land-use/land-cover dynamics in Sego Irrigation Farm, southern Ethiopia: A comparison of temporal soil salinization using geospatial tools. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 15(1), 91 -97.
21. Zobeiri, M., Majd, A.L. 2013. Introduction to remote sensing technology and its application in natural resources, Tenth Edition, Tehran University Press, 318p.

Introduction of the simplest spectral ratios in order to detect some chemical properties of soil in arid regions using remote sensing technique (Case study: Dareh Anjir Kavir)

Ebrahimi Khusfi Zohre¹, Ghanei Bafghi Mohammad Javad²

Received: 24/04/2018

Accepted: 29/07/2018

Extended Abstract

Introduction

Understanding the spectral reflectance of different soils and other surface elements forms the basis for analyzing the process of interpreting remote sensing data. Spectral properties of the various phenomena of the Earth's surface are not constant and are changing, based on the complex time and space conditions. Determination of soil chemical properties using remote sensing techniques mainly affects their spectral reflectance, which is itself influenced by the amount and type of salts in the soil, the amount of moisture, the color and roughness of the soil surface. The use of various satellite image processing techniques, especially spectral ratios, is one of the most common methods for detecting the phenomena of the earth's surface. The purpose of this study is introduce the simplest and most suitable spectral ratios prepared using ASTER sensor data for the enhancement of saline, TNV, alkali and gypsiferous soils in the spatial range of the Dareh Anjir Kavir in Yazd province.

Materials and methods

To determine the salinity, alkalinity, gypsum and TNV values of soils, in the spring of 2007 according to the time of the image, by placing a systematic random sampling grid on the image of the area, the location of 42 sampling points was determined and sampled. Soil samples were analyzed after the transport to the laboratory and the values of mentioned parameters were determined. The geometric correction of the ASTER images was carried out using the image to image method. The FLAASH algorithm was used in ENVI4.7 software to obtain ground reflection and atmospheric correction of images after converting the digital value recorded to radians. Then, 6 spectral ratios in the near visible and infrared spectral range, 30 spectral ratios in the middle infrared range and 20 spectral ratios were produced in the thermal infrared range. A point map prepared from the location of the profiles was crossed with all the information layers obtained from the spectral ratios and the value of the reflection of each pixel was extracted. By stepwise multi-variable regression, correlation coefficients and models related to each component were calculated. The extracted models were validated based on the higher values of the corrected explanatory factor and F factor as well as lower standard error. By fitting a straight line between observational and estimated values at the test points, the resultant coefficient was considered as the accuracy of the selected model for the study area.

Results

The initial results obtained from the establishment of regression relations between salinity, alkalinity, gypsum and TNV components with spectral ratios calculated based on the different band ratios showed that between three components of salinity, alkalinity and gypsum with spectral ratios has been established only one statistically significant relationship. But there are three significant relationship between the TNV component with band ratios that due to the existence of a significant correlation between the band ratios introduced in model

1. Assistant Professor of Natural Resources Faculty, University of Jirof

2. Assistant Professor of Natural Resources Faculty, University of Ardakan, Mjghaneib@ardakan.ac.ir

number (3), we can not be cited statistically to the application of this model in the identification of TNV soils in the study area. Also, the results showed that the band ratios (b8/b6) and (b8/b5) can be used for enhancement of saline and alkaline soils with relatively high precision and band ratios (b11/b12) and (b9 / b8) in order to characterize the calcareous soils of the study area. Also, the results indicated that the only optimum spectral ratio for separating of gypsum soils from other soils is the band ratio is (b11 /b 13). The correlation coefficient between observational and estimated values at the test points (14 samples) for the mentioned components was relatively good and was estimated to be 0.66, 0.55 and 0.47, respectively. Also, the results indicated that the only optimal band ratio for separating of gypsum soils from other soils is (b11 to b13).

Discussion and Conclusion

The importance of a band in a region and its inappropriateness in another region is due to the varying degrees of salinity, alkalinity and humidity or different amounts of cations and anions, as well as different climatic, geographic and geological conditions which has led to a difference in the spectral reflectance of phenomena. Since, salinity, TNV and alkalinity models have been able to justify 66%, 55% and 47% of salinity, TNV and alkalinity changes in the study area with acceptable accuracy, By completing and expanding the research, can be done soil zoning in terms of the characteristics studied without the need for sampling. This technology, while providing more precision, can minimize sampling costs. Of course, considering other factors affecting the spectral reflection of different soils and the use of satellite data of other sensors that have a higher spatial resolution than ASTER sensor, or combining them with the data of the ASTER, can produce more precise models. Therefore, the use of ASTER sensor data can have acceptable performance in detecting the chemical properties of soil in arid areas.

Keywords: ASTER, Enhancement, Remote Sensing, Dareh-anjir, Band Ratio.