

پایش نمکزارهای مناطق خشک با پردازش داده های ماهواره ای

دریافت مقاله: ۹۲/۱۱/۱۶ پذیرش نهایی: ۹۴/۲/۲۹

صفحات: ۱۷۱-۱۵۵

فریبا اسفندیاری: دانشیار ژئومورفولوژی دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران^۱

Email: fariba_sfanyary@yahoo.com

نادر سرمستی: دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

Email: nadersarmasty@gmail.com

سید کاظم علوی پناه: استاد گروه سنجش از دور و GIS، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه تهران، ایران

Email: salavipa@ut.ac.ir

چکیده

در این تحقیق پایش نمکزارهای مناطق خشک کاشان و مهارلو با استفاده از داده های LISSIII ماهواره IRS-P6 مورد بررسی قرار گرفت. پس از انجام تصحیحات لازم برای تفسیر چشمی، از بهبود کنتراست و ساخت تصاویر رنگی کاذب استفاده گردید تا نمکزارها به خوبی مشخص گردد. سپس با توجه به بازتاب های طیفی نمکزار در باندهای مختلف سنجنده مورد استفاده و نسبت گیری طیفی، شاخص های نمکزار نسبتی (RSCI) و نمکزار تفاضلی نرمال شده (NDSCI) تعریف شدند. هدف از ارائه این شاخص ها به حداکثر رساندن اختلاف بازتاب های طیفی نمکزارها و زمینه آن به منظور ایجاد تصویری با کیفیت مطلوب می باشد تا تمایز آنها امکان پذیر شود. برای ارزیابی میزان تفکیک پذیری، پراکنش پیکسل های نمکزار و غیرنمکزار در نمودار دوبعدی بررسی شد. در نهایت با آستانه گذاری و ماتریس خطا مشخص شد که شاخص های نمکزار RSCI و NDSCI بهترین تفکیک پذیری را نشان می دهند. نتایج نشان داد که شاخص های RSCI و NDSCI برای پایش نمکزارهای مناطق خشک با استفاده از داده های ماهواره ای چندطیفی کار آیی دارند.

کلید واژگان: نمکزار، مناطق خشک، داده های ماهواره ای، LISSIII.

^۱. نویسنده مسئول: اردبیل، دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده علوم انسانی، گروه جغرافیا

مقدمه

نمکزارها همواره مورد توجه محققین قرار گرفته است، زیرا دسترسی به این مناطق به علت شرایط خاص آن مشکل و محدود بوده است (مترنیچت^۱ و زینک^۲، ۲۰۱۰: ۳۲۴). در این شرایط پایش چنین مناطقی می‌تواند به عنوان یک امر مهم در مدیریت منابع طبیعی تلقی گردد (دی‌جانگ^۳، ۲۰۰۵: ۱۱۸). بدین منظور و در دهه‌های اخیر استفاده از تکنولوژی‌های جدید همچون سنجش از دور و سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی به شدت افزایش یافته است (علوی‌پناه^۴، ۲۰۰۴: ۳۵۱). در بیشتر نقاط ایران از جمله فلات مرکزی به علت شرایط آب و هوایی و وضعیت خاص مورفولوژیکی آن، نمکزارهای وسیعی یافت می‌شوند (علوی‌پناه، ۱۳۸۸: ۵۲). داده‌های سنجش از دور به دلیل دارا بودن ویژگی‌های چندزمانه، چندطیفی، دید وسیع و یکپارچه و به دلیل مزیتی که در تفکیک طیفی و مکانی اطلاعات دارند، برای شناسایی نمکزارها ابزاری مفید می‌باشند (طاهرزاده، ۱۳۸۳: ۲۴). شناسایی نمکزارها با داده‌های سنجش از دور تا حد زیادی به میزان رطوبت، درجه شوری و تداخل طیفی نمکزارها با سایر سطوح بستگی دارد (دویویدی^۵، ۲۰۱۰: ۱۱۸). نمکزارها از نظر ساختمان از صاف تا زبر و خشن (ناهموار) و از نظر رنگ از سفید تا تیره می‌باشند و این مسئله باعث تنوع زیاد در بازتاب طیفی آنها شده است (مترنیچت^۶ و زینک، ۲۰۱۱: ۲۰۵). محدودیت‌های موجود در خصوص استفاده از داده‌های ماهواره‌ای به‌منظور تهیه نقشه از مناطق تحت تأثیر نمک به چگونگی رفتار طیفی انواع نمک‌های موجود، توزیع مکانی نمک‌ها بر روی سطح زمین، تغییرات زمانی شوری، پوشش گیاهی به‌عنوان مانع و اختلاط‌های طیفی با سایر سطوح زمین بستگی دارد (رضایی‌مقدم، ۱۳۸۷: ۸۶). وجود برخی ترکیبات مختلط با سطح نمکزارهای پلایاها از معضلاتی است که تفکیک نمکزار را با استفاده از تکنیک‌های پردازش تصاویر ماهواره‌ای با مشکل روبه‌رو می‌سازد (ریچاردز^۷، ۲۰۰۴: ۶۷). در مجموع هدف اصلی این تحقیق بررسی امکان پایش نمکزارها با تصاویر ماهواره‌ای در گستره فضایی مناطق خشک می‌باشد. با توجه به موارد

-
1. Metternicht
 2. Zinck
 3. Dejong
 4. Alavipanah
 5. Dwivedi
 6. Metternicht
 7. Richards

ذکر شده و اهمیت نمکزارهای مناطق خشک، در این تحقیق پایش نمکزارهای مناطق کاشان و مهارلو با استفاده از تصاویر سنجنده LISSIII در سال های مختلف مورد بررسی قرار می گیرند. با استفاده از فناوری سنجش از دور، پژوهشگران تحقیقاتی را بر روی مناطق خشک کشورها انجام داده اند که به بعضی از آن ها اشاره می گردد. مالمیریان (۱۳۸۰)، کاربردهای سنجش از دور را در پایش بیابانزایی بررسی نموده و نتیجه گرفته اند که قابلیت های فراوان سنجش از دور سبب ایجاد رویکرد جدیدی در مطالعات مربوط به پایش بیابانزایی گردیده است. رضایی مقدم و همکاران (۱۳۸۷) تحولات ژئومورفولوژیک پلایای کهک استان خراسان جنوبی را با استفاده از تصاویر ماهواره ای و منطق فازی مورد بررسی قرار داده و نتیجه گرفته اند که محدودیت های موجود در خصوص استفاده از داده های سنجش از دور به منظور تهیه نقشه از مناطق تحت تأثیر نمک به چگونگی رفتار طیفی انواع نمک های موجود، توزیع مکانی نمک ها بر روی سطح زمین، تغییرات زمانی شوری، پوشش گیاهی به عنوان مانع و اختلالات طیفی با سایر سطوح زمین بستگی دارد. فریفته^۱ و همکاران (۲۰۰۸)، شش محدوده ی طیفی را در خاک هایی که در معرض شور شدن و قلیائیت متفاوت قرار گرفته اند؛ معرفی می کنند که شامل باندهای مرئی، مادون قرمز نزدیک و مادون قرمز میانی می باشند. نتایج نشان داده است که در شرایط رطوبتی پایین، نمک ها مقدار بازتاب بیشتری را در محدوده ی طیف مرئی مخصوصاً آبی نشان می دهند. بازتاب پایین در شرایط حضور آب هیگروسکوپیک در نمک های معدنی یا رطوبت زیاد در نمک های تازه، در باندهای مادون قرمز میانی اتفاق می افتد. نوع و آرایش کریستال های نمک و ساختمان آن نیز در میزان بازتاب مؤثر است. سیلاگ^۲ (۲۰۰۴)، در زمینه ی محدوده های طیفی و باندهای مناسب برای طبقه بندی خاک های تحت تأثیر نمک مطالعه نمودند. نتایج نشان داده است که وقتی نوع نمک غالب کربنات سدیم باشد، محدوده ی طیف مرئی و مادون قرمز نزدیک برای استفاده در طبقه بندی مفید می باشد. دیویدی^۳ و همکاران (۲۰۱۰)، خاک های متأثر از شوری منطقه ی هند را با استفاده از داده های لندست MSS طی سال های ۲۰۰۵ تا ۲۰۰۹ مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق از انواع تکنیک های پردازش تصویر نظیر آنالیز مؤلفه های اصلی، نسبت های طیفی و تفریق تصاویر استفاده شده و نتیجه گیری شده است که سومین مؤلفه ی اصلی و نسبت بین باندهای اول به دوم برای دو زمان فوق، اطلاعات مربوط به خاک های متأثر از نمک با رفتار متغیر را بهتر نشان می دهد. خان و همکاران (۲۰۱۰)، از

1. Farifteh

2. Csillag

3. Dwivedi

داده‌های ماهواره IRS-IB سنجنده‌ی LISSIII برای کلاسه‌بندی خاک‌های شور استفاده نمودند. آن‌ها شاخص شوری SI، NDSI، شاخص گیاهی NDVI و شاخص درخشندگی (BI) را به کار بردند و عنوان نمودند که این شاخص‌ها بهترین شاخص برای مطالعه‌ی شوری می‌باشند. محدوده مورد مطالعه در این تحقیق مناطق کاشان و مهاباد می‌باشد. پلائیای کاشان در غرب ایران مرکزی و بین ۳۵ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۱۷ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۱۸ دقیقه طول شرقی قرار گرفته است (داداشی، ۱۳۸۰: ۵۸). پلائیای مهاباد در ۱۸ کیلومتری جنوب شیراز بین ۱۱ درجه و ۲۹ دقیقه تا ۲۵ درجه و ۲۹ دقیقه طول شرقی قرار گرفته است (مهرعلیزاده، ۱۳۸۵: ۲۴). شکل ۱ موقعیت مناطق مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل (۱). موقعیت مناطق مورد مطالعه

مواد و روش ها

برای انجام این پژوهش از تصاویر سنجندهی LISSIII در تاریخهای مختلف تصویربرداری استفاده شده است (جدول ۱). این سنجنده دارای باندهای معادل TM2، TM3، TM4 و TM5 و قدرت تفکیک زمینی ۲۳/۵ متر برای باندهای نور مرئی و مادون قرمز نزدیک و میانی و عرض تصویربرداری آن ها ۱۴۰ کیلومتر است (علوی پناه، ۱۳۸۵: ۵۳).

جدول (۱). مشخصات داده های مورد استفاده

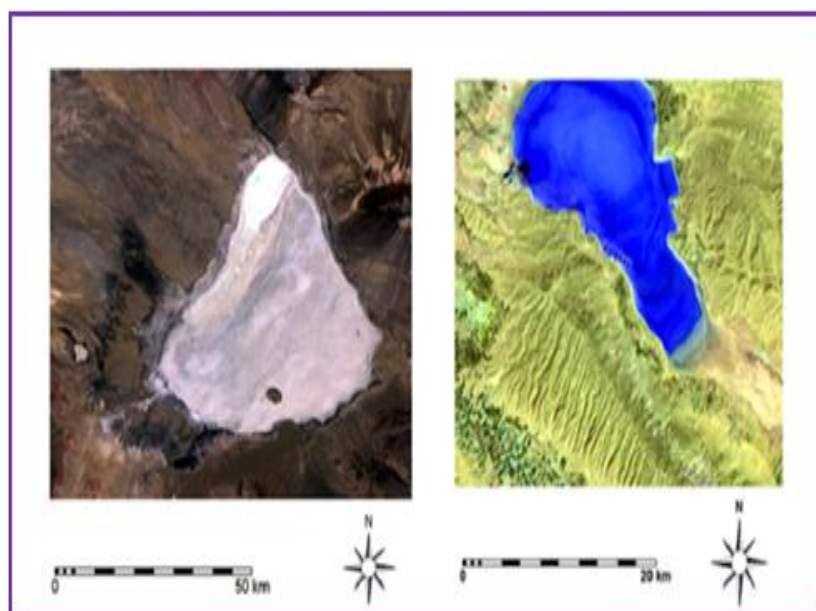
ماه	سال	نام سنجنده	نام منطقه
نوامبر	۲۰۰۸	LISSIII	کاشان
جولای	۲۰۰۶		مهارلو

به منظور کنترل کیفیت داده های مورد استفاده و آگاهی از این که خطاهای سیستماتیک و غیر سیستماتیک تا چه حد در تصحیح سیستمی برطرف شده یا باقی مانده است، داده ها مورد بررسی و مشاهده قرار گرفتند. پس از نمایش باندها به صورت تک بانندی و ترکیبات رنگی مختلف با استفاده از نرم افزارهایی که قابلیت نمایش و بزرگ نمایی بالایی دارند، به کمک بزرگ نمایی آنها در بخش های مختلف تصاویر از لحاظ خطاهای رادیومتریکی نظیر راه شدگی، خطای زیر هم قرار گرفتن خطوط اسکن، پیکسل های دوبله و همچنین اثرات اتمسفری نظیر ابر مورد بررسی قرار گرفتند. داده های مورد استفاده در این تحقیق دارای تصحیحات استاندارد بودند. با توجه به هدف مطالعه که ارائه روش نوینی برای تفکیک نمکزارهای مناطق خشک و تهیه نقشه موضوعی آن با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره ای می باشد، روش پیشنهادی در این تحقیق استفاده از ترکیب نسبت بین باندها و آستانه گذاری است. در آغاز مبادرت به برش محدوده مورد مطالعه از کل تصویر گردید که این محدوده در بخش کوچکی از فریم کامل تصاویر ماهواره ای مورد استفاده قرار می گیرد. بدین گونه عملیات بعدی بر روی محدوده برش خورده انجام شد. در مرحله بعد به منظور تفکیک نمکزار از روی تصاویر موجود با روش پیشنهادی، تصاویر به نرم افزار ILWIS3.3 وارد شدند.

نتایج

مرحله ی نخست، بارزسازی طیفی تصاویر می باشد. در این مرحله به منظور بررسی بازتاب های طیفی پدیده ها از هیستوگرام تصاویر استفاده شد. بسط دادن دامنه ی تصویر به دامنه ی وسیع تری از مقادیر درجه روشنایی را بارزسازی طیفی یا بهبود کنتراست گویند که در اثر این

بسط به دلیل وضوح بیشتر تصویر، امکان متمایز شدن پدیده‌های بیش‌تری فراهم می‌گردد (لیلیسند و کی‌فر، ۱۳۸۰: ۱۳۲). با ترکیب باندهای مختلف سنجنده مورد استفاده در نرم‌افزار ILWIS، تعداد زیادی تصویر رنگی کاذب حاصل می‌شود که بهترین ترکیب رنگی برای تفکیک نمکزار با استفاده از شاخص OIF، ترکیب رنگی باندهای ۵، ۴، ۳ (RGB۵۴۳) است که مرز میان نمکزار و سایر پدیده‌ها را بهتر ظاهر می‌نماید. شکل ۲ بهترین ترکیب رنگی حاصل از باندهای مختلف سنجنده مورد استفاده برای تفسیر چشمی نمکزارهای مناطق مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل (۲). تصاویر رنگی کاذب نمکزارها به ترتیب کاشان (سمت چپ) و مهارلو (سمت راست)

در مرحله‌ی دوم، با شاخص ترکیب بهینه‌ی باندی (OIF)^۱، ترکیب رنگی کاذب (FCC)^۲ تولید شد. شاخص OIF از جمله روش‌های انتخاب ترکیب باندی مبتنی بر معیارهای آماری تصاویر مورد استفاده در ساخت تصاویر رنگی است (مترنیچت، ۲۰۱۰: ۲۵۱). از ترکیب ۳ باند مختلف و اختصاص هر رنگ از سه رنگ اصلی قرمز، سبز و آبی (RGB) به هر باند، تصویر رنگی

2. Optimum Index Factor (OIF)

3. False Color Composite

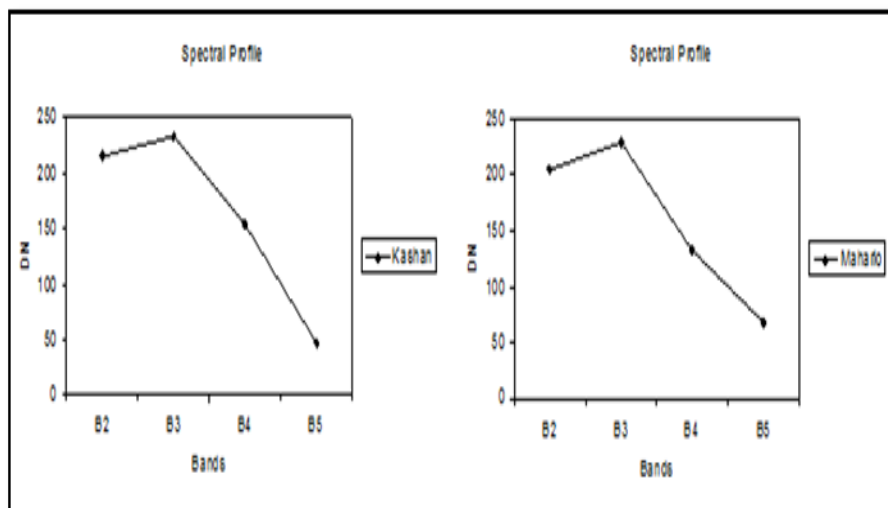
ساخته می شود (فرناندز^۱ و همکاران، ۲۰۰۶: ۵۳). در تصویر رنگی کاذب (FCC)^۲، رنگ قرمز به باند مادون قرمز، رنگ سبز به باند قرمز و رنگ آبی به باند سبز نسبت داده می شود (جولدشلیجر^۳ و همکاران، ۲۰۰۸: ۱۵۰). اگر تصاویر رنگی کاذب به طور صحیح تهیه شده و هیستوگرام باندهای استفاده شده تشابه ظاهری داشته باشند، تصویر حاصله خوش ترکیب و قابلیت تفسیر بالایی خواهد داشت (سیگال، ۲۰۱۱: ۱۵۳). در مرحله دوم از آن جایی که در پایش نمکزارها با تصاویر ماهواره ای باید پیکسل های خالص نمک از سایر پیکسل ها تفکیک شوند، لذا قابلیت باندهای مختلف تصاویر مورد استفاده برای این تفکیک پذیری بررسی شدند. با توجه به این که باندهای مرئی به علت این که بیشتر از سایر باندها متأثر از ویژگی های سطح نمک هستند، جهت تفکیک پیکسل های خالص نمک چندان مناسب به نظر نمی رسند. ولی از آن جایی که باندهای مربوط به محدوده مادون قرمز میانی نسبت به رطوبت نمک حساسیت بیشتری داشته و به سرعت توسط مولکول های آب موجود در آن جذب می شوند، کم تر از باندهای مرئی تحت تأثیر ویژگی های سطحی نمک قرار می گیرند، لذا این باندها برای جداسازی پیکسل های خالص نمک از سایر پیکسل ها مناسب تر می باشند. بنابراین در تفکیک پیکسل های خالص نمک از سایر پیکسل ها، برای این که نواحی غیرنمکی پلایا به عنوان محدوده نمک تلقی نشوند، از نسبت باندهای مرئی و مادون قرمز میانی سنجنده ها استفاده شد. به منظور کاهش اثر عوامل ناخواسته و همچنین افزایش اطلاعات مربوط به نمکزارها، می توان حداقل دو باند را ترکیب نموده و شاخص مرکبی به نام شاخص نمکزار^۴ (SCI) ایجاد نمود. بنابراین در این تحقیق تلاش شده تا شاخص هایی ارائه شوند که قادرند اطلاعات مربوط به نمکزارها را افزایش دهند. اهمیت این شاخص ها به نوع داده های مورد استفاده و درصد سطح پوششی نمک بستگی دارد. شکل ۳ منحنی میانگین بازتاب طیفی نمکزارهای کاشان و مهارلو سنجنده LISSIII را نشان می دهد که از مقادیر میانگین درجه روشنایی پیکسل های تصویر استخراج شده است.

1 Fernandez

2 False Color Composite Image

3 Goldshleger

10. Salt Crust Index



شکل (۳). منحنی میانگین بازتاب طیفی نمکزارهای کاشان (سمت چپ) و مهارلو (سمت راست) در باندهای سنجنده LISSIII

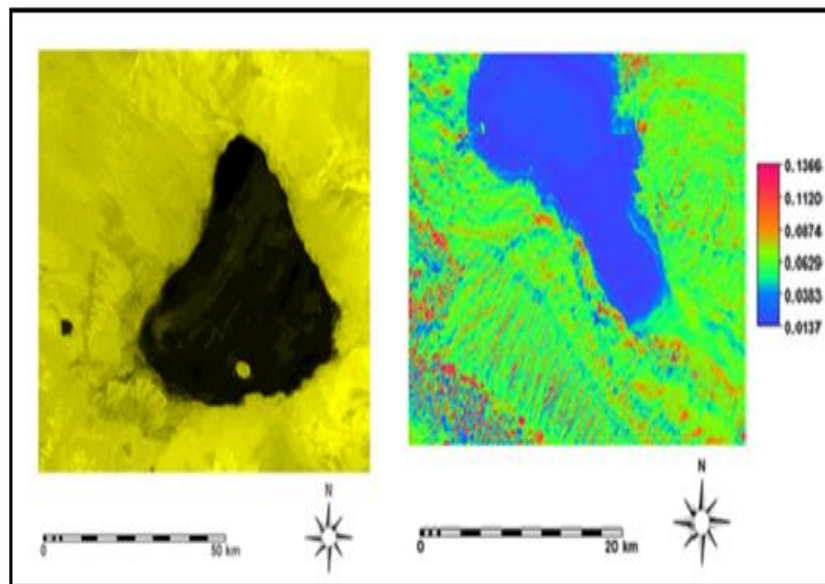
بر اساس تحلیل شکل ۳ می‌توان دریافت که بیشترین بازتاب طیفی نمکزار در محدوده مرئی و کمترین بازتاب آن در محدوده مادون قرمز میانی می‌باشد. پس مقدار اختلاف بازتاب‌های طیفی نمکزارها در باندهای مرئی و مادون قرمز میانی بسیار زیاد است و نسبت این باندها می‌تواند شاخص خوبی برای تشخیص آنها باشد. در این تحقیق دو مورد از شاخص‌ها با توجه به خصوصیات سنجنده LISSIII ارائه شده‌اند:

(الف) شاخص نمک زار نسبتی^۱ (RSCI): به صورت رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$RSCI = LISSIII5 / LISSIII3$$

رابطه (۱)

شکل ۴ تصاویر حاصل از شاخص نمکزار RSCI سنجنده LISSIII را در مناطق کاشان و مهارلو نشان می‌دهد.

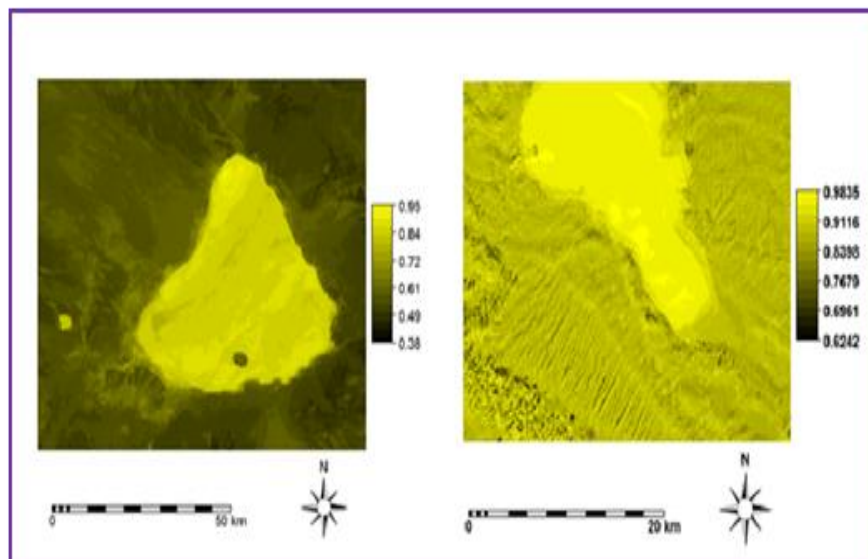


شکل ۴: تصاویر حاصل از شاخص RSCI سنجنده LISSIII نمکزارهای کاشان (سمت چپ) و مهاباد (سمت راست)

(ب). شاخص نمکزار تفاضلی نرمال شده^۱ (NDSCI): این شاخص به صورت رابطه زیر محاسبه می شود:

$$\text{NDSCI} = \frac{\text{LISSIII3} - \text{LISSIII5}}{\text{LISSIII3} + \text{LISSIII5}} \quad \text{رابطه (۲)}$$

شکل ۵ تصاویر حاصل از شاخص نمکزار NDSCI سنجنده LISSIII را در مناطق کاشان و مهاباد نشان می دهد.



شکل (۵). تصاویر حاصل از شاخص NDSCI سنجنده LIISIII به ترتیب از بالا به پایین کاشان و مهارلو

در مرحله پنجم، از آنجایی که در پایش نمکزار با تصاویر ماهواره‌ای باید پیکسل‌های خالص نمک از سایر پیکسل‌ها تفکیک شوند؛ لذا قابلیت باندهای مختلف تصاویر مورد استفاده برای این تفکیک‌پذیری بررسی شدند. در شرایط رطوبتی پایین، اراضی متأثر از نمک مقدار بازتاب بیشتری را در محدوده طیف مرئی مخصوصاً آبی نشان می‌دهند و بازتاب پایین در باندهای مادون قرمز میانی اتفاق می‌افتد (فریفته و همکاران، ۲۰۰۶: ۲۵۷). با توجه به این که باندهای مرئی بیش‌تر از سایر باندها در نمکزار متأثر از ویژگی‌های سطح نمک هستند، جهت تفکیک پیکسل‌های خالص نمک چندان مناسب به نظر نمی‌رسند (جوشی^۱ و همکاران، ۲۰۰۹: ۳۶). ولی از آنجایی که باندهای مربوط به محدوده مادون قرمز میانی نسبت به رطوبت نمک حساسیت بیشتری داشته و به سرعت توسط مولکول‌های آب موجود در نمک جذب می‌شوند، کم‌تر از باندهای مرئی تحت تأثیر ویژگی‌های سطحی نمک در نواحی خشک قرار می‌گیرند (کاراوانوا^۲ و همکاران، ۲۰۰۹: ۱۵۳). در بررسی رفتارهای طیفی نمکزارها که منحنی طیفی دقیقی از آن‌ها به علت عدم دسترسی به رادیومترها در دست نیست، می‌توان از

1. Joshi

2. Karavanova

هیستوگرام یا مقادیر پیکسل‌های تصویر استفاده نمود (ویسمیلر^۱ و کامینسکای^۲، ۲۰۱۲: ۳۲۵). با ترسیم مقادیر میانگین درجه‌ی روشنایی^۳ پیکسل‌های تصویر، منحنی بازتاب‌های طیفی نمکزار به دست می‌آید که فرمول‌ها و شاخص‌های مورد نظر از آن قابل استخراج می‌باشند. به منظور کاهش اثر عوامل ناخواسته روی اطلاعات نمک و همچنین افزایش اطلاعات مربوط به آن‌ها، می‌توان حداقل دو باند از سنجنده‌ها را ترکیب نموده و فرمول مرکبی ایجاد نمود. این فرمول‌ها تبدیلات ریاضی می‌باشند که بر اساس باندهای مختلف سنجنده‌ها تعریف شده و برای آشکارسازی پدیده‌ها در مشاهدات ماهواره‌ای چند طیفی طراحی می‌شوند (بوروج^۴، ۲۰۰۶: ۲۵۳). در این تحقیق به منظور ارزیابی قابلیت تفکیک‌پذیری شاخص‌های RSCI و NDSCI در شناسایی نمکزارها از روش آستانه‌گذاری استفاده شد. بدین منظور ابتدا تصاویر حاصل از این شاخص‌ها را در یک مجموعه باندی نرم‌افزار ILWIS قرار داده و سپس اقدام به تولید تصاویر رنگی کاذب شد. بر اساس تفسیر چشمی بر روی تصویر رنگی کاذب، کلاس‌های نمکزار و غیرنمکزار شناسایی و بر روی صفحه نمایشگر همزمان با نمایش نمودار دوبعدی^۵ به انتخاب پیکسل‌ها و نمونه‌برداری از نمکزار و غیرنمکزار اقدام شد. پس از انتخاب نمونه‌ها برای کنترل میزان تفکیک‌پذیری کلاس‌ها نمودار دوبعدی پراکنش پیکسل‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت و در انتها با بررسی نمودار دوبعدی کلاس‌های آموزشی اقدام به اصلاح نمونه‌برداری گردید. با توجه به این‌که در شناسایی نمکزار باید پیکسل‌های خالص نمک از سایر پیکسل‌ها تفکیک شوند، لذا قابلیت شاخص‌های RSCI و NDSCI در نمودار دوبعدی پراکنش پیکسل‌ها بررسی شد (شکل ۶). در مرحله نهایی به منظور اطمینان بیشتر به میزان تفکیک‌پذیری شاخص‌های RSCI و NDSCI از حد آستانه‌ها در دامنه مقادیر بین صفر تا ۲۵۵ استفاده گردید (خطوط عمود بر هم ممتد در نمودارهای پراکنش دوبعدی حد آستانه تفکیک‌پذیری شاخص‌ها را نشان می‌دهد). حد آستانه در این روش به گونه‌ای انتخاب گردید تا کلیه پیکسل‌های نمک از سایر پیکسل‌ها متمایز گردند. به پیکسل‌های نمک عدد صفر و به پیکسل‌های غیرنمک عدد یک نسبت داده می‌شود تا یک نقشه موضوعی تولید شود. آستانه‌گذاری از روی نمودار دوبعدی پراکنش پیکسل‌ها به نحوی صورت پذیرفت تا پیکسل‌های غیرنمک به جای نمک انتخاب نگردد. لیکن پیکسل‌های مختلط یا پیکسل‌هایی که به نمک بودن آنها اعتماد بود به عنوان پیکسل‌های

1. Weismiller

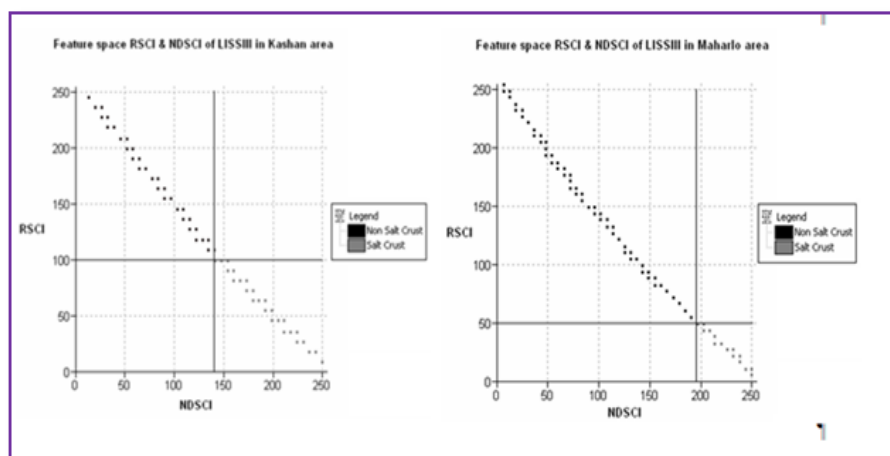
2. Kaminsky

9..Digital number

4. Burrough

15.Feature Space

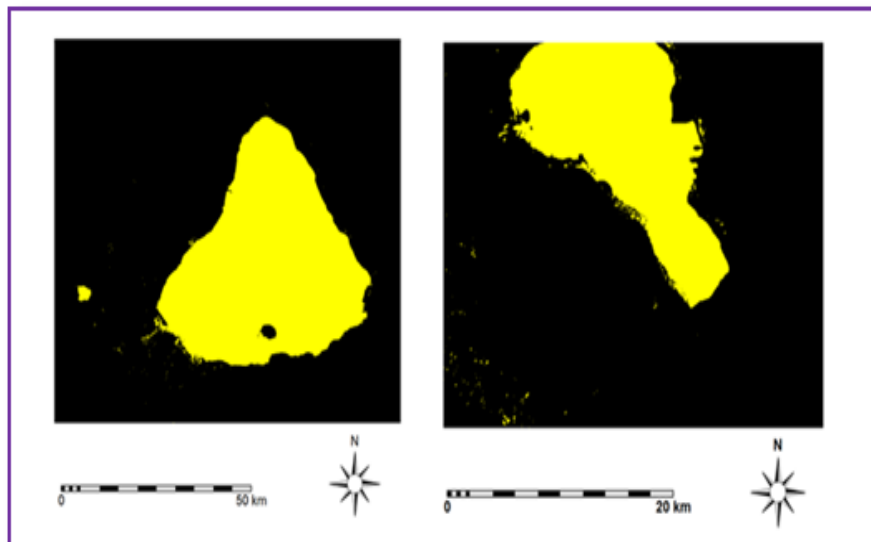
نمک طبق الگوریتم‌های جدول ۲ به نرم‌افزار ILWIS معرفی گردیدند که $G_i(x)$ مقادیر پیکسل‌های نام از تصویر است. با اجرای این الگوریتم‌ها توسط نرم‌افزار نقشه‌های موضوعی شامل کلاس‌های نمکزار و غیرنمکزار به دست آمد (شکل ۷).



شکل ۶: پراکنش پیکسل‌ها در نمودار دوبعدی شاخص‌های RSCI و NDSCI سنجنده LISSIII به ترتیب کاشان (سمت چپ) و مهارلو (سمت راست)

جدول (۲). الگوریتم‌های استفاده شده در نرم‌افزار برای تفکیک نمکزار

نام منطقه	نام سنجنده	الگوریتم
کاشان	LISSIII	IFF [$G_i(x) < 100$ and $G_i(x) > 148$, 0,1]
مهارلو		IFF [$G_i(x) < 50$ and $G_i(x) > 198$, 0,1]



شکل (۷). تصویر حاصل از آستانه گذاری شاخص های RSCI و NDSCI سنجنده LISSIII به ترتیب کاشان (سمت چپ) و مهارلو (سمت راست)

برای ارزیابی صحت نتایج، نقشه های حاصل از شاخص های RSCI و NDSCI با نقشه واقعیت زمینی نمونه های آموزشی کلاس های نمکزار و غیرنمکزار تلاقی داده شد و بر اساس این تلاقی ماتریس خطا^۱ محاسبه گردید که نتایج آن در جدول ۳ آورده شده است.

جدول (۳). ضریب کاپا و دقت کلی شاخص های RSCI و NDSCI سنجنده LISSIII

نام منطقه	نام شاخص	دقت کلی	ضریب کاپا
کاشان	RSCI	۷۸/۷۱	۰/۷۷
مهارلو		۸۲/۱۴	۰/۷۹
کاشان	NDSCI	۷۲/۵۲	۰/۷۰
مهارلو		۸۶/۶۹	۰/۸۴

نتیجه‌گیری

وجود برخی ترکیبات مختلط با سطح نمکزارها از معضلاتی است که تفکیک آنها را با استفاده از روش‌های پردازش تصاویر ماهواره‌ای با مشکل روبه‌رو می‌سازد. در این تحقیق روش‌های پردازش تصاویر ماهواره‌ای شامل تفسیر چشمی بهترین ترکیب رنگی کاذب، نسبت‌گیری طیفی و آستانه‌گذاری جهت پایش نمکزارهای کاشان و مهارلو از داده‌های ماهواره‌ای سنجنده LISSIII آزمون شدند. پس از به‌دست آوردن نقشه‌های موضوعی، در نهایت دقت روش‌های مختلف به‌صورت کیفی و کمی ارزیابی گردید. در روش تفسیر چشمی ترسیم دقیق مرز نمکزارها دشوار بوده و شناسایی موقعیت دقیق خط مرزی نمکزار از روی تصویر رنگی کاذب معمولاً با خطاهایی همراه می‌شود. نتایج حاصل از تفسیر چشمی تصاویر رنگی استفاده‌شده جهت تفکیک نمکزارها نشان داد که یکی از مشکلات اساسی در این روش، تشخیص ضعیف خط مرزی توسط مفسر به‌دلیل عواملی چون وجود پیکسل‌های مخلوط^۱ و عدم وجود کنتراست مناسب جهت تمایز کلاس نمکزار از سایر پدیده‌های مشابه با آن از نظر ویژگی‌های طیفی می‌باشد. با توجه به متغیربودن خطوط مرزی نمکزار که جزء ویژگی‌های طبیعی آن می‌باشد، پایش پیوسته آن با روش مبتنی بر تفسیر چشمی چندان مناسب به‌نظر نمی‌رسد. با توجه به این مشکلات و طبیعت پیچیده نمکزارهای مناطق مورد مطالعه، در این تحقیق از روش آستانه‌گذاری بر روی تصاویر حاصل از نسبت‌گیری طیفی برای تفکیک نمکزار استفاده شد. بر اساس تحلیل بازتاب طیفی نمکزارهای مناطق خشک کاشان و مهارلو در تصاویر باندهای مختلف سنجنده LISSIII و نسبت‌گیری طیفی، شاخص‌های RSCI (شاخص نمکزار نسبتی) و NDSCI (شاخص نمکزار تفاضلی نرمال‌شده) برای پایش نمکزارها پیشنهاد شد. با اعمال آستانه‌گذاری بر روی تصاویر شاخص‌های تعریف‌شده، نقشه نمکزارهای مناطق مورد مطالعه تهیه شد. دقت نقشه‌های حاصل از آستانه‌گذاری بر روی تصاویر شاخص‌های RSCI و NDSCI به ترتیب ۸۷ و ۹۲٪ نشان داد که شاخص‌های RSCI و NDSCI در تفکیک نمکزارهای مناطق کاشان و مهارلو از تصاویر ماهواره‌ای سنجنده LISSIII کارایی دارند. با توجه به این‌که نتایج حاصل از پردازش و تفسیر داده‌های مورد استفاده در این تحقیق به واقعیت زمینی نزدیک است و از صحت قابل قبولی برخوردار می‌باشد، می‌توان نتیجه گرفت که تهیه نقشه نمکزارهای مناطق کاشان و مهارلو با به‌کارگیری داده‌های سنجنش از دور سریع‌تر صورت گرفته و عملیات پایش را با صرف هزینه کم‌تر انجام داد.

منابع و مآخذ

۱. رضایی مقدم، محمدحسین (۱۳۸۷). بررسی تحولات ژئومورفولوژیک پلایای کهک استان خراسان جنوبی براساس روش های استفاده از تصاویر ماهواره ای و منطق فازی، مجله جغرافیا و توسعه، ش. ۱۸، ص. ۴۳-۶۰.
۲. طاهرزاده، محمدحسین (۱۳۸۳). کاربرد تصاویر ماهواره ای در شناسایی اراضی شور منطقه جنوب و جنوب غربی اهواز، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
- علوی پناه، سیدکاظم (۱۳۸۵). ارزیابی باند حرارتی TM ماهواره لندست در مطالعات خاک در مناطق بیابانی، مجله بیابان، ش. ۱ و ۲، ص. ۵۱-۶۴.
۳. علوی پناه، سیدکاظم (۱۳۸۸). کاربرد سنجش از دور در علوم زمین (علوم خاک)، انتشارات دانشگاه تهران، ۴۷۸ ص.
۴. فاطمی، سیدباقر (۱۳۸۵). مبانی سنجش از دور، انتشارات آزاده، ۲۶۰ ص.
۵. لیلیسند و کی فر، ترجمه مهندس حمید الممیریان (۱۳۸۰). پردازش رقومی تصاویر ماهواره ای، تهران: انتشارات سازمان جغرافیایی.
۶. الممیریان، حمید (۱۳۸۰). پردازش رقومی تصاویر ماهواره ای، انتشارات سازمان جغرافیایی، ۲۱۰ ص.

Alavi Panah, S.K. Goosens, R. Dedapper, M. (2004). *Study of soil salinity in the Ardakan area, Iran based upon field observation and remot sensing*. Oprational remote sensing for sustainable development., Bolkema, Rotterdam, PP. 419-426.

Burrough, P. (2006). *Fuzzy mathematical methods for soil survey and land evaluation*. Journal Soil Scince. Vol.40, PP.477-492.

Cannon, M., McKenzie, R., & Lachapelle, G., (2008) *Soil salinity mapping with electromagnetic induction and satellite-based navigation methods*. Canadian Journal of Soil Science., Vol.74, PP.335-343.

Csillage, F. Pasztor, L. Beihl, L. (2004). *Spectral band selection for the characterization of salinity status of soils*. Remote Sensing of environment., Vol. 43, PP. 231-242.

De Jong, S. M. & Van Der Meer, F. D. (2005). *Remote Sensing Image Analysis, Including the spatial domain*. Vol. 5., Springer Press., 359 PP.

Dwivedi, R. S. & K. Sreenivs (2010). ***Image transformation as a tool for the study of soil salinity and alkalinity dynamics***. Int. J. Remote Sens., Vol. 19, PP. 605_619.

Dwivedi, R. S. & Rao, B. R. M. (2008). ***The selection of the best possible Landsat TM band combination for delineating salt-affected soils***. International Journal of remote sensing. Vol.13, PP.2051-2058.

Farifteh, J. A. & R. J. Farshad (2006). ***Assessing salt_affected soils using remote sensing, Solute modeling and geo***. Vol. 130, PP. 191_206.

Farifteh, J. F. Van Der Meer, M. Van Der Meijdi & C. Atzberger, (2008). ***Spectral characterization of salt_affected soils, A laboratory experiment***. J. geo. Vol. 145, PP. 196_206.

Fernandez-Buces, N. C. Siebe, S. Cram & J. L. Palacio (2006). ***Mapping soil salinity using combined spectral responses index for bar soil and vegetation: A case study in the Hormer Lake Taxaco, Mexico***. Journal of Arid Environment. Vol. 65., PP. 644-667.

Gold Shleger, N. Bende, E. Benyamini, Y. Agassi, M. & Blumber, D. (2008). ***Characterization of soils strutral crust by spectral reflectance in the SWIR region (1.2-2.5 AM)***. Terra Nova. Vol. 13., PP. 12-17.

Joshi, M.D, B. Sahai, (2009). ***Mapping of salt affected land in Saurashtra coast using Landsat Satellite data***. International Journal of Remote Sensing. Vol. 14, PP. 1919-1929.

Karavanova, E. I. et al. (2009). ***Application of remote sensing techniques for the study of soil salinity in semi-arid Uzbekistan***.

Khan, M. n, & Y. Sato. (2010). ***Land degradation duo to hydro-salinity in semi-arid regions using GIS and remote sensing***. Agricultural water management. Vol. 77., PP. 96-109.

Lililand, T. M. & R. W. Keifer (2006). ***Remote sensing and image interpretation***. University of Wisconsin Madison, PP. 735.

Metternicht, G. Zink, J. (2010). ***Spatial discrimination of salt and sodium affected soil surface***. INT. J. Remote Sensing. Vol. 18., NO. 12., PP. 2571-2586.

Metternicht, G. (2010). *Assesing temporal and spatial changes of salinity using Fuzzy logic, remote sensing and GIS Foundations of an expert system*. Ecological Modeling., Vol. 144., PP. 163-179.

Metternicht, G. Zinck, J. A. (2011). *Remote sensing of soil salinity: Potentials and Consraints. Remote sensing of environment*. Vol. 85., PP. 1-20.

Richards, J. A. (2004). *Remote sensing digital image analysis: An Introduction*.

Siegal, B. & Gillespie, (2011). *Remote sensing in geology*. New York:Wiley.

Weismiller, R. A, & S. A. Kaminsky (2012). *Application of remote sensing technology soil survey research*. J. Soil water conservation. 33:288.

