



دانشگاه گواران و منابع طبیعی

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک

جلد بیست و سوم، شماره دوم، ۱۳۹۵

<http://jwsc.gau.ac.ir>

تعیین روند رسوبگذاری در سامانه پخش سیلاب به روش پایش تغییرات تصاویر ماهواره‌ای

* محمد معظمی^۱ و امین ذرتی‌پور^۱

^۱ استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۲/۱۰؛ تاریخ پذیرش: ۹۴/۷/۱

چکیده

سابقه و هدف: یکی از انواع روش‌ها برای تغذیه مصنوعی آب زیرزمینی، سامانه‌های پخش سیلاب می‌باشند. اما مهم‌ترین مشکل آن‌ها تجمع رسوبات در سطح بوده که به مرور زمان باعث کاهش اثربخشی سامانه می‌شوند. در این راستا، پایش تغییرات تصاویر ماهواره‌ای روش مناسبی برای شناخت دقیق نحوه گسترش رسوبگذاری در عرصه می‌باشد که در برخی مطالعات به آن اشاره شده است. در این پژوهش که در محدوده پخش سیلاب جارمه در شمال خوزستان انجام شده، وسعت رسوبگذاری و نحوه گسترش رسوبات در زمان‌های مختلف با پایش تغییرات تصاویر ماهواره‌ای تعیین گردید.

مواد و روش‌ها: تغییرات در سه مقطع زمانی ابتدای احداث پخش سیلاب، میانه و شرایط فعلی پایش شدند. در اجرای یک مطالعه پایش تغییرات سه مرحله اصلی وجود دارد که شامل پیش‌پردازش داده‌ها شامل تصحیحات هندسی و رادیومتریک، انتخاب روش پایش تغییرات و ارزیابی دقت نتایج می‌باشد. در مرحله پیش‌پردازش داده‌ها تصحیح هندسی تصاویر به روش تصویر به تصویر انجام شد. همچنین از روش کاهش تیرگی پدیده جهت تصحیح رادیومتریک استفاده شده است. روش مقایسه پس از طبقه‌بندی به روش آمار پایش تغییر که قابلیت ایجاد یک جدول کامل از تغییرات و جزئیات آن را دارد برای پایش تغییرات انتخاب شد. ارزیابی دقت نتایج با تعیین شاخص‌های دقت کلی، خطای حذف شده، خطای گم‌اشته شده و ضریب کاپا که از ماتریس خطا به دست می‌آیند، انجام شد. برای طبقه‌بندی تصاویر از روش بیشینه احتمال استفاده شد همچنین به منظور انتخاب بهترین ترکیب رنگی برای تهیه نمونه‌های تعلیمی از فاکتور شاخص بهینه استفاده شده است.

یافته‌ها: با توجه به ویژگی‌های منطقه مورد مطالعه، سه کلاس شامل اراضی رسوبگذاری، اراضی قلمه‌سنگی دستکاری شده و خاک دست‌نخورده در محدوده پخش سیلاب تعیین گردید و بر این اساس تصاویر طبقه‌بندی برای هر سال تهیه شدند. دقت کلی طبقه‌بندی برای تصاویر ۱۳۷۹، ۱۳۸۵ و ۱۳۹۲ به ترتیب ۷۸، ۸۵ و ۸۳ درصد بوده است. نتایج بررسی کمی تغییرات ایجاد شده و تعیین میزان جابجایی بین کلاس‌ها که با مقایسه پس از طبقه‌بندی به روش آمار پایش تغییر به دست آمد نشان می‌دهد که در فاصله زمانی بین ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۵ مساحت اراضی رسوبگذاری ۲۳۴ درصد افزایش یافته و از ۸/۵ به ۲۷/۵ هکتار رسیده است اما در مقطع زمانی ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۲ به دلیل وقوع خشکسالی‌ها

* مسئول مکاتبه: moazami@ramin.ac.ir

سیلاب زیادی در عرصه، پخش نشده و صرفاً ضخامت رسوبات در برخی مناطق بیش‌تر شده است و مساحت اراضی رسوبگذاری شده با اندکی افزایش به ۲۹/۵ هکتار رسیده است.

نتیجه‌گیری: نتایج مطالعه حاضر نشان داد که سطح اراضی رسوبگذاری شده در مقطع زمانی اول (یکسال پس از احداث تا میانه) توسعه زیادی پیدا کرده است. بارش‌های مناسب و سیلاب‌های فراوان از یکطرف و عاری بودن عرصه از رسوبات باعث شده است این تغییر به خوبی نمایان شود. اما در مقطع دوم (میانه تا زمان فعلی) سطح اراضی رسوبگذاری شده اندکی کم‌تر شده است. به‌طور منطقی چنین نتیجه‌ای دور از انتظار است اما بررسی شرایط نشان می‌دهد که خشکسالی‌های اخیر و عدم سیلگیری به‌ویژه در قسمت‌های میانی عرصه باعث قدیمی شدن سطح رسوبات در این مناطق شده است که این وضعیت باعث تغییر در خصوصیات بازتابی پدیده‌ها می‌شود. در این شرایط فرایند طبقه‌بندی قادر به تفکیک برخی از مناطق رسوبگذاری نبوده است و در اصل نه تنها کاهش در سطح اراضی رسوبگذاری اتفاق نیفتاده است بلکه حتی رسوبگذاری در برخی مناطق ابتدای عرصه پخش سیلاب در دوره زمانی دوم اندکی توسعه یافته است.

واژه‌های کلیدی: رسوبگذاری، سامانه پخش سیلاب، پایش تغییرات، ماهواره لندست، خوزستان

مقدمه

سهم اندک تغذیه طبیعی از بارش در مناطق خشک و نیمه‌خشک و در عین حال وابستگی بیش از حد و بهره‌برداری کنترل‌نشده از آب زیرزمینی باعث گردیده تا تغذیه مصنوعی آبخوان به‌عنوان راهکاری جهت تامین بخشی از نیاز آبی در این مناطق مدنظر قرار گیرد (۵). در کشور ما از میان روش‌های مختلف تغذیه مصنوعی، نفوذ سطحی به شکل پخش سیلاب به‌دلیل سادگی در اجرا و وسعت نسبتاً زیاد منطقه تأثیر، بیش‌ترین کاربرد را یافته است. یکی از مهم‌ترین مسایل در ارتباط با ارزیابی سامانه‌های مذکور، بررسی وضعیت رسوبگذاری و نحوه گسترش آن در سطح عرصه می‌باشد که به‌طور مستقیم بر اثربخشی سامانه برای تغذیه آبخوان تأثیرگذار است. به‌نظر می‌رسد بررسی روند تغییرات رسوبگذاری و توزیع رسوبات در سطح عرصه پخش سیلاب بعد از اجرای طرح و مقایسه آن با شرایط قبل می‌تواند کمک شایانی به ارزیابی میزان اثربخشی سامانه پخش سیلاب نماید.

در این راستا، مطالعات سنجش از دور و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی ابزار مناسبی هستند که می‌توانند به شناخت دقیق وضعیت عرصه کمک کرده و در دستیابی به هدف مذکور موثر واقع شوند.

یکی از انواع روش‌های سنجش از دور که این ارتباط کاربرد دارد، روش پایش تغییرات تصاویر ماهواره‌ای می‌باشد که در مطالعات متعددی و با اهداف مختلف مورد استفاده قرار گرفته است. از آن جمله می‌توان به پردازش تصاویر ماهواره‌ای به‌منظور پایش تغییرات سطوح یخچالی (بیندشالر و همکاران، ۲۰۱۰)، تغییرات تنوع زیستی جوامع گیاهی (وربسلت و همکاران، ۲۰۱۲)، کاهش مساحت اراضی جنگلی در طول زمان (بانکو، ۱۹۹۸؛ گرینند و همکاران، ۲۰۱۳)، گسترش مناطق شهری در زمان‌های مختلف (لیو و یانگ، ۲۰۱۵)، پایش تغییرات منابع آبی (رکنی و همکاران، ۲۰۱۵) و ... اشاره نمود (۳، ۱۵، ۲، ۶، ۷، ۱۰). تا به امروز در زمینه پایش تغییرات در عرصه پخش سیلاب مطالعات محدودی انجام شده است که

۴۸ درجه و ۲۱ دقیقه و ۱۵ ثانیه تا ۴۸ درجه و ۲۳ دقیقه و ۵ ثانیه طول شرقی و ۳۲ درجه و ۳۱ دقیقه و ۳۸ ثانیه تا ۳۲ درجه و ۳۲ دقیقه و ۵۶ ثانیه عرض شمالی واقع شده است. پخش سیلاب جارمه در انتهای مخروط افکنه‌ای با همین نام، توسط مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان در سال ۱۳۷۷ با هدف کنترل سیلاب‌های مخرب و تغذیه مصنوعی آب زیرزمینی احداث شده است. مساحت عرصه معادل ۶۲۸ هکتار، متوسط شیب عرصه ۲/۵ درصد و بالاترین و پایین‌ترین نقطه ارتفاعی آن به ترتیب ۲۵۵ و ۱۹۵ متر از سطح دریا ارتفاع دارند. حوزه آبخیز بالادست آن با مساحت ۷۰۱۵ هکتار یکی از زیرحوضه‌های رودخانه بالارود از سرشاخه‌های رود دز می‌باشد که به‌طور کامل از سازند کنگلومرای بختیاری پوشیده شده و مخروط افکنه مذکور از رسوبات آبرفتی این حوزه آبخیز تشکیل شده است (شکل ۱).

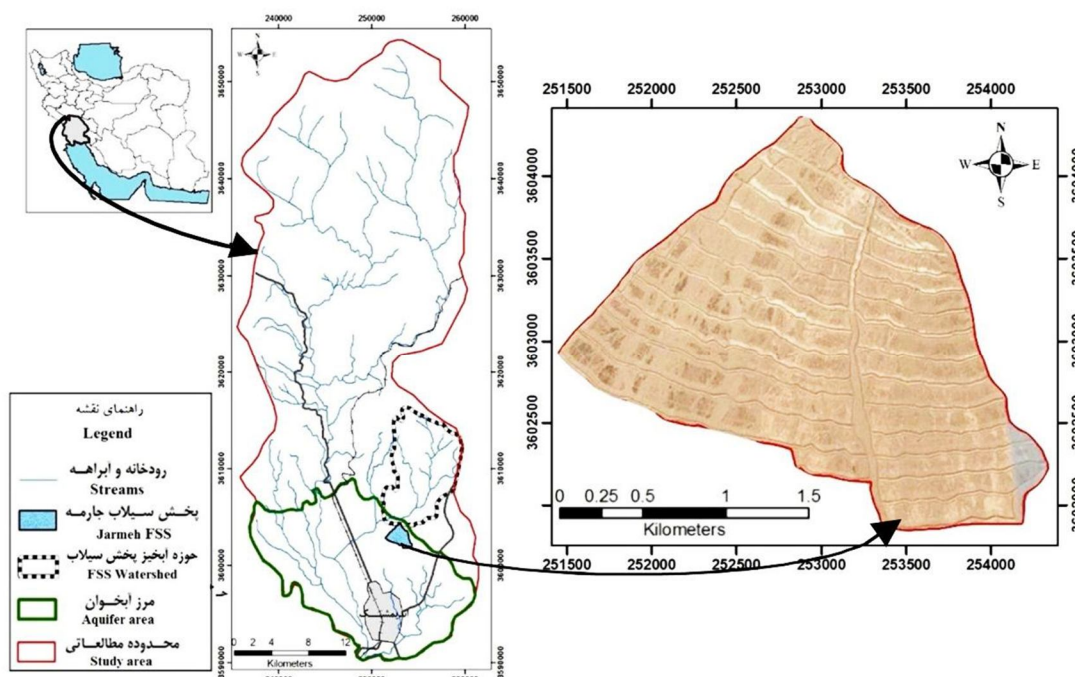
پخش سیلاب جارمه از نوع غرقابی است که دارای ۲ نهر آبرسان (A و B) و ۲۵ نوار پخش است. ۱۲ نوار غربی توسط نهر آبرسان A و ۱۳ نوار شرقی توسط نهر آبرسان B تغذیه می‌شوند. خاکریزها به فاصله حدود ۱۵۰ متر از یکدیگر در سطح عرصه احداث گردیده و بنابراین نوارهای پخش با عرض متوسط ۱۵۰ متر ایجاد شده‌اند (شکل ۱). با ابعاد طراحی شده برای این سامانه، پیش‌بینی شده است که در هر بارش در صورت آبیگری کامل حدود یک میلیون مترمکعب تغذیه ناشی از پخش سیلاب انجام شود.

عمدتاً مسایلی غیر از گسترش رسوبگذاری در سطح عرصه را بررسی کرده‌اند. از آن جمله می‌توان به مطالعه (نجابت، ۱۹۹۹) اشاره کرد که با طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای قبل و بعد از اجرای پروژه گریبانگ فسا و مقایسه آن‌ها، افزایش سطح زیرکشت و بهبود وضعیت مراتع و محدوده‌های جنگلی را نشان داد (۹). اما در یک مطالعه موردی در ارتباط با توزیع جانبی و نحوه گسترش رسوبگذاری در سطح عرصه پخش سیلاب با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره‌ای، سررشته‌داری (۲۰۰۵) با طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای لندست به روش حداکثر احتمال توانست چهار کلاس شامل خاک لخت (خاک اصلی منطقه)، خاک لخت تیره (سنگ فرش بیابانی)، رسوبات و پشته‌ها را در محدوده پخش سیلاب آب باریک بم از هم تفکیک کند. سپس با مقایسه دو تصویر مربوط به سال‌های ۱۹۸۷ (قبل از احداث پروژه) و ۲۰۰۱، نحوه گسترش رسوبگذاری در سطح عرصه و تغییرات آن را نشان داد (۱۳).

با توجه به مطالب بیان شده، هدف این پژوهش تعیین نحوه گسترش رسوبگذاری در سطح عرصه پخش سیلاب جارمه خوزستان با پردازش تصاویر ماهواره‌ای و برآورد تغییرات سطح اراضی رسوبگذاری شده در سال‌های مختلف پس از اجرای سامانه پخش سیلاب مذکور می‌باشد.

مواد و روش‌ها

محدوده پخش سیلاب مورد مطالعه: پروژه پخش سیلاب جارمه در ۵ کیلومتری شمال شهر اندیمشک در استان خوزستان و در مختصات جغرافیایی



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه، محدوده پخش سیلاب جارمه به همراه حوزه آبخیز بالادست آن.

Figure 1. Location of study area, Jarmeh FSS and associated watershed.

استفاده را در مطالعات پایش تغییرات داشته‌اند (۸). در این پژوهش از تصاویر ماهواره لندست ۷ سنجنده ETM+ مربوط به سال‌های ۱۳۷۹ (یک سال پس از احداث) و ۱۳۸۵ (هفت سال پس از احداث) و تصاویر ماهواره لندست ۸ سنجنده OLI مربوط به سال ۱۳۹۲ (چهارده سال پس از احداث) استفاده شد. در اجرای یک مطالعه پایش تغییرات سه مرحله اصلی وجود دارد: ۱- پایش پردازش داده‌ها شامل تصحیحات هندسی، رادیومتریک و اتمسفری، ۲- انتخاب روش پایش تغییرات و ۳- ارزیابی دقت نتایج.

پیش‌پردازش داده‌ها: تصحیح هندسی به منظور انتساب یک سیستم مختصات زمینی به پیکسل‌های تصویر انجام می‌شود. دو روش معمول برای این کار روش تصویر به تصویر و روش نقشه به تصویر می‌باشند که در این روش‌ها با انتخاب نقاط کنترل زمینی بر روی تصویر یا نقشه مرجع و مشابه آن‌ها روی تصویر خام،

پایش تغییرات در عرصه پخش سیلاب: پایش تغییرات^۱، فرایند تشخیص تفاوت‌ها در وضعیت یک شی یا پدیده با مشاهده آن در زمان‌های مختلف است (۱۴). کاربردهای پایش تغییرات را می‌توان در چهار گروه اصلی ۱- پایش تغییرات کاربری اراضی / پوشش اراضی، ۲- پایش تغییرات پوشش گیاهی، ۳- پایش تغییرات منابع آب و ۴- پایش اثرات بلایای طبیعی و ارزیابی خسارت ناشی از آن‌ها طبقه‌بندی نمود. پایش تغییرات کاربری اراضی / پوشش اراضی رایج‌ترین کاربرد پایش تغییرات در عرصه‌های طبیعی است.

به‌طور کلی در فرایند پایش تغییرات از داده‌های چندزمانی^۲ برای آنالیز کمی تأثیرات زمان بر پدیده‌ها استفاده می‌شود. تصاویر چند زمانه سنجنده‌های TM، ETM+، SPOT و AVHRR تاکنون بیش‌ترین

1- Change Detections
2- Multi-Temporal

تغییرات و نوع آن‌ها برآورد می‌گردد. مزیت اصلی این روش‌ها قابلیت آن‌ها در ایجاد یک جدول کامل از تغییرات و همچنین کاهش تأثیرات خارجی ناشی از تفاوت‌های اتمسفری و محیطی در تصاویر زمان‌های مختلف است. در گروه روش‌های پیشرفته که مدل ترکیب طیفی خطی متداول‌ترین آن‌هاست، مقادیر بازتابش تصویر با استفاده از مدل‌های خطی و غیرخطی به پارامترهای بیوفیزیکی تبدیل می‌شوند که استخراج اطلاعات از آن‌ها نسبت به ویژگی‌های طیفی آسان‌تر است. عیب عمده این روش‌ها زمانبر بودن و فرایند پیچیده ساخت پارامترهای بیوفیزیکی است.

با بررسی روش‌های مختلف پایش تغییر می‌توان به این جمع‌بندی رسید که این روش‌ها دو نوع کلی هستند:

- ۱- روش‌هایی که تغییر/عدم تغییر را پایش می‌کنند مانند تفاضل تصاویر، PCA و ...
- ۲- روش‌هایی که تغییرات "از ← به" و جزئیات آن را پایش می‌کنند مانند مقایسه پس از طبقه‌بندی، CVA و ...

انتخاب روش مناسب بستگی به شناخت کاربر از انواع روش‌ها و مهارت وی در استفاده از داده‌های سنجش از دور، ویژگی‌های تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده و خصوصیات منطقه مورد استفاده دارد. با در نظر گرفتن موارد مذکور و اهداف مدنظر، در این پژوهش از مقایسه پس از طبقه‌بندی به روش آمار پایش تغییر برای ارزیابی تغییرات زمانی رسوبگذاری استفاده شده است.

ارزیابی دقت نتایج: میزان دقت نتایج معمولاً با مقایسه یک نقشه مرجع با هر یک از نقشه‌های حاصل از طبقه‌بندی و تولید ماتریس خطا تعیین می‌گردد. در این ماتریس، عناصر قطری بیانگر تعداد پیکسل‌هایی

مختصات پیکسل‌های تصویر خام، به نقاط کنترل انتخابی روی تصویر یا نقشه مرجع تغییر می‌کند. در این مطالعه از روش تصویر به تصویر استفاده شد و تصاویر ۱۳۷۹ و ۱۳۸۵ بر اساس تصویر ۱۳۹۲ تصحیح شدند.

رایج‌ترین روش تصحیح رادیومتری تصاویر، روش کاهش تیرگی پدیده^۱ (DOS) است. در این روش جهت حذف خطای رادیومتریک بایستی ارزش پیکسل‌های هر باند از حداقل عدد رقمی^۲ (DN) مربوط به آن باند کم شود (۱). در این مطالعه نیز از روش کاهش تیرگی پدیده جهت تصحیح رادیومتریک استفاده شده است.

انتخاب روش پایش تغییرات: روش‌های مختلفی برای پایش تغییرات ارائه شده است. لو و همکاران (۲۰۰۴) آن‌ها را در چهار گروه عمده طبقه‌بندی نمود:

- ۱- روش‌های جبری، ۲- تبدیل‌ها، ۳- روش‌های طبقه‌بندی و ۴- مدل‌های پیشرفته (۸).

در گروه روش‌های جبری که متداول‌ترین آن‌ها روش تفاضل تصاویر می‌باشد برای تعیین مناطق تغییر یافته باید یک آستانه تغییر تعریف کرد که مشکل بودن انتخاب حد آستانه مناسب یکی از عیوب اصلی این روش‌ها است. در گروه تبدیل‌ها که PCA رایج‌ترین آن‌ها است، داده‌ها بین باندها کاهش و خلاصه‌سازی می‌شوند. با این وجود این روش‌ها قادر به ایجاد جدول کاملی از تغییرات نبوده و نیاز به انتخاب آستانه برای شناسایی مناطق تغییر یافته دارند. در گروه روش‌های طبقه‌بندی که روش مقایسه پس از طبقه‌بندی رایج‌ترین آن‌ها می‌باشد، تصاویر چندزمانه به صورت مجزا طبقه‌بندی شده و سپس با روش‌هایی از قبیل مقایسه طبقه‌بندی و آمار پایش تغییر^۳، میزان

- 1- Dark Object Subtraction
- 2- Digital Number
- 3- Change Detection Statistics

که در آن‌ها: P_{ii} عناصر قطر اصلی، N مجموع کل مشاهدات، P_{i0} مجموع عناصر غیرقطری ردیف i ، P_i مجموع عناصر غیرقطری ستون i ، n مجموع کل عناصر غیرقطری و m تعداد طبقه‌ها می‌باشد. میزان این ضریب می‌تواند بین صفر و یک متغیر باشد که ضریب کاپا معادل یک به مفهوم توافق و همسویی صد درصد بین نتایج طبقه‌بندی و واقعیت زمینی می‌باشد (۲).

طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای: از آن‌جا که در این پژوهش، روش پایش پس از طبقه‌بندی برای پایش تغییرات زمانی رسوبگذاری انتخاب شده است بنابراین روش طبقه‌بندی تصاویر از اهمیت خاصی برخوردار است. بررسی منابع نشان می‌دهد تقریباً در تمام مطالعاتی که در آن‌ها طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای انجام شده است روش طبقه‌بندی بیشینه احتمال^۷ را که یکی از روش‌های طبقه‌بندی نظارت شده است، به‌عنوان بهترین روش معرفی کرده‌اند. در پژوهش حاضر نیز از این روش برای طبقه‌بندی تصاویر استفاده شده است.

در فرایند طبقه‌بندی نظارت شده، لازم است از میان باندهای موجود ابتدا یک ترکیب رنگی (۳) باندی) مناسب انتخاب گردد و سپس نمونه‌های تعلیمی بر اساس آن تهیه شده و در نهایت با استفاده از این نمونه‌های تعلیمی، طبقه‌بندی انجام شود. به‌منظور انتخاب بهترین ترکیب رنگی از فاکتور شاخص بهینه^۸ (OIF) استفاده شده است که از رابطه زیر به‌دست می‌آید (۱۱).

$$OIF = \frac{\sum_{i=1}^n SD}{\sum_{i=1}^n |R|} \quad (6)$$

7- Maximum Likelihood Classification
8- Optimum Index Factor

که به‌طور صحیح طبقه‌بندی شده‌اند و در مقابل عناصر غیرقطری بیانگر پیکسل‌هایی که نادرست طبقه‌بندی شده‌اند (۴). با استفاده از این ماتریس، انواع شاخص‌های ارزیابی دقت تعیین می‌گردند.

شاخص دقت کلی^۱ از نسبت مجموع تعداد مشاهدات قطر اصلی به کل تعداد مشاهدات به‌دست می‌آید. خطای حذف‌شده^۲ که بیانگر درصد مشاهداتی است که نسبت به نقشه مرجع نادرست طبقه‌بندی شده‌اند و خطای گماشته^۳ که بیانگر درصد تعداد مشاهداتی است که در نقشه طبقه‌بندی شده در کلاس‌های نادرست قرار گرفته‌اند. دو نتیجه دیگر از این ماتریس که برای هر طبقه محاسبه می‌کنند، دقت تولیدکننده^۴ و دقت استفاده‌کننده^۵ می‌باشند که رابطه آن‌ها با شاخص‌های دیگر به‌صورت زیر است (۴).

$$(1) \text{ خطای حذف‌شده} = \text{دقت تولیدکننده} - 1$$

$$(2) \text{ خطای گماشته} = \text{دقت استفاده‌کننده} - 1$$

ضریب کاپا^۶ شاخص دیگری است که بر مبنای تفاوت بین دقت کلی (که از عناصر قطری جدول به‌دست می‌آید) و توافق شانسی (که از عناصر غیرقطری جدول به‌دست می‌آید) و بر اساس رابطه زیر محاسبه می‌گردد.

$$k = \frac{\theta_1 - \theta_2}{1 - \theta_2} \quad (3)$$

$$\theta_1 = \text{دقت کلی} = \frac{\sum_{i=1}^m P_{ii}}{N} \quad (4)$$

$$\theta_2 = \text{توافق شانسی} = \frac{\sum_{i=1}^m P_{i0} \times P_i}{n^2} \quad (5)$$

-
- 1- Overall accuracy
 - 2- Omission
 - 3- Commission
 - 4- Producer's accuracy
 - 5- User's accuracy
 - 6- Kappa coefficient

برابر ۹/۵۸ و برای تصویر سال ۱۳۹۲ ترکیب باندی ۷۵۱ با OIF برابر ۸۹۵/۶ بهترین انتخابها بودند. لازم به توضیح است که چون تصویر سال ۱۳۹۲ قدرت تفکیک رادیومتری ۱۲ بیتی دارند بنابراین دامنه ارزش پیکسلها بین ۰ تا ۴۰۹۵ تغییر می کند و صرفاً به همین دلیل محدوده OIF بالاتری نسبت به دو تصویر دیگر دارد.

در ادامه سه کلاس شامل اراضی رسوبگذاری، اراضی قله سنگی دستکاری شده و خاک دست نخورده در محدوده پخش سیلاب تعیین گردید و سپس نمونه های تعلیمی از سطح منطقه با استفاده از بازدیدهای میدانی و تصاویر Google Earth که قدرت تفکیک مکانی بسیار بالایی در منطقه مورد مطالعه دارند، جمع آوری شد. در مرحله بعد طبقه بندی تصاویر به صورت نظارت شده و با روش بیشینه احتمال در نرم افزار ENVI 4.2 انجام گرفت و تصاویر طبقه بندی شده برای هر سال تهیه شد. برای ارزیابی دقت طبقه بندی ها از ماتریس خطا و شاخص های به دست آمده از آن استفاده شد. جدول ۱ پارامترهای دقت طبقه بندی برای تصویر سال ۱۳۷۹ را نشان می دهد. بر این اساس، دقت کلی حدود ۷۹ درصد به دست آمده است و سایر شاخص ها نیز طبقه بندی نسبتاً دقیقی را نشان می دهند. احتمالاً مساحت ناچیز اراضی رسوبگذاری شده در این سال و در عین حال قدرت تفکیک مکانی پایین این تصاویر برای چنین مطالعاتی باعث شده است تفکیک کاملاً درستی بین کلاس ها ایجاد نشود.

که در آن، SD انحراف معیار باند، $|R|$ قدرمطلق ضریب همبستگی بین هر دو باند از ترکیب سه باندی و n تعداد باندهای تصویر است. بالاترین مقدار OIF بهترین ترکیب باندی برای تهیه تصویر رنگی را نشان می دهد که دارای کمترین ضریب همبستگی و بیشترین واریانس بین باندها است.

نتایج و بحث

به منظور تصحیح هندسی (زمین مرجع نمودن) تصاویر، تعداد ۱۳ نقطه کنترل در تقاطع جاده ها، آبراهه ها، کانالها و ... مشخص گردید و در تصاویر علامت زده شد. برای تبدیل مختصات تصویر تصحیح شده به تصحیح نشده از تابع چند جمله ای درجه اول استفاده گردید و برای نمونه گیری مجدد ارزش پیکسل از روش نزدیکترین همسایه^۱ استفاده شد و در نهایت تصویر سال ۱۳۷۹ با خطای $RMSE=0/18$ و تصویر سال ۱۳۸۵ با خطای $RMSE=0/11$ از روی تصویر سال ۱۳۹۲ زمین مرجع شدند. همچنین با روش کاهش تیرگی پدیده، خطای رادیومتریک تصاویر حذف شد. این عملیاتها در نرم افزار ENVI 4.2 انجام شدند.

در مرحله بعد محدوده پخش سیلاب جارمه بصورت یک زیرمجموعه از تصویر اصلی جدا شد و ادامه پردازشها روی این قسمت از تصویر ادامه داده شد. به منظور انتخاب بهترین ترکیب سه باندی جهت تهیه نمونه های تعلیمی از شاخص OIF استفاده شد و بر این اساس از میان انواع ترکیب های باندی ممکن، برای تصویر سال ۱۳۷۹ ترکیب باندی ۵۳۲ با بالاترین میزان OIF برابر با ۱۶/۷۵ بهترین ترکیب انتخاب شد. برای تصویر سال ۱۳۸۵ ترکیب باندی ۷۳۱ با OIF

1- Nearest Neighbors

جدول ۱- ماتریس خطا و پارامترهای دقت طبقه‌بندی بر حسب درصد برای تصویر طبقه‌بندی شده سال ۱۳۷۹.

Table 1. Error matrix and classification accuracy parameters (%) for year 2000 classified image.

دقت استفاده‌کننده User's accuracy	خطای گماشته Commission	مجموع total	خاک دست‌نخورده Undisturbed	اراضی قلوه‌سنگی Disturbed	اراضی رسوبگذاری sediments	
88.24	11.76	5.13	0.72	0.58	71.43	اراضی رسوبگذاری sediments
78.84	21.16	53.67	23.21	81.91	25.40	اراضی قلوه‌سنگی Disturbed
77.56	22.44	41.21	76.08	17.51	3.17	خاک دست‌نخورده Undisturbed
		100	100	100	100	مجموع total
			23.92	18.09	28.57	خطای حذف‌شده Omission
			76.08	81.91	71.43	دقت تولیدکننده Producer's accuracy
	78.8					دقت کلی Overall accuracy
	65					ضریب کاپا Kappa coefficient

۲. در این سال با افزایش سطح اراضی رسوبگذاری شده، قابلیت تفکیک آن به صورت یک کلاس مجزا بالاتر رفته است.

در طبقه‌بندی سال ۱۳۸۵ دقت کلی به بیش از ۸۵ درصد رسیده است و سایر شاخص‌ها نیز تفکیک بسیار خوبی را بین کلاس‌ها نشان می‌دهند (جدول

جدول ۲- ماتریس خطا و پارامترهای دقت طبقه‌بندی بر حسب درصد برای تصویر طبقه‌بندی شده سال ۱۳۸۵.

Table 2. Error matrix and classification accuracy parameters (%) for year 2006 classified image.

دقت استفاده‌کننده User's accuracy	خطای گماشته Commission	مجموع total	خاک دست‌نخورده Undisturbed	اراضی قلوه‌سنگی Disturbed	اراضی رسوبگذاری sediments	
94.09	5.91	15.91	1.25	0.74	100	اراضی رسوبگذاری sediments
63.64	36.36	33.88	19.94	92.65	0	اراضی قلوه‌سنگی Disturbed
96.93	3.07	50.21	78.81	6.62	0	خاک دست‌نخورده Undisturbed
		100	100	100	100	مجموع total
			21.19	7.35	0	خطای حذف‌شده Omission
			78.81	92.65	100	دقت تولیدکننده Producer's accuracy
	85.2					دقت کلی Overall accuracy
	75					ضریب کاپا Kappa coefficient

حدود ۸۳ درصد است و مقادیر سایر شاخص‌ها هم بیانگر یک طبقه‌بندی خوب است.

جدول ۳ شاخص‌های دقت طبقه‌بندی تصویر سال ۱۳۹۲ را نشان می‌دهد. در این‌جا دقت کلی

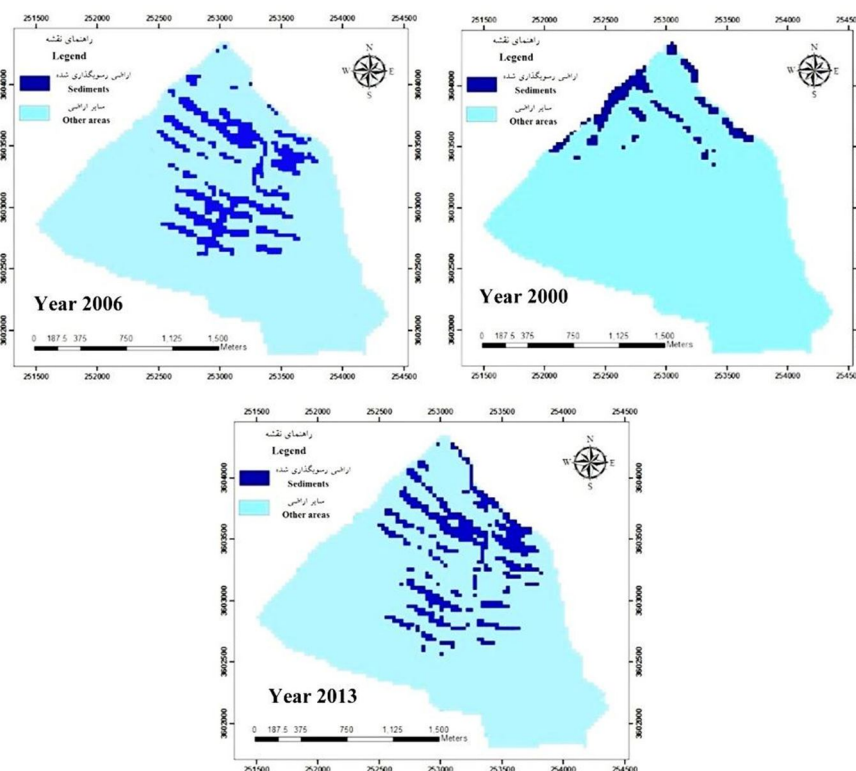
جدول ۳- ماتریس خطا و پارامترهای دقت طبقه‌بندی بر حسب درصد برای تصویر طبقه‌بندی شده سال ۱۳۹۲.

Table 3. Error matrix and classification accuracy parameters (%) for year 2013 classified image.

دقت استفاده‌کننده	خطای گماشته	مجموع	خاک دست‌نخورده	اراضی قلوه‌سنگی	اراضی رسوبگذاری	
User's accuracy	Commission	total	Undisturbed	Disturbed	sediments	
92.41	7.59	18.14	0.71	3.07	96.05	اراضی رسوبگذاری sediments
70.29	29.71	40.18	23	83.96	3.95	اراضی قلوه‌سنگی Disturbed
89.53	10.47	41.68	76.29	12.97	0	خاک دست‌نخورده Undisturbed
		100	100	100	100	مجموع total
			23.71	16.04	3.95	خطای حذف‌شده Omission
			76.29	83.96	96.05	دقت تولیدکننده Producer's accuracy
	82.5					دقت کلی Overall accuracy
	72					ضریب کاپا Kappa coefficient

ادغام شدند و فقط محدوده‌های رسوبگذاری روی نقشه‌ها نشان داده شده‌اند.

شکل ۲ نقشه‌های حاصل از طبقه‌بندی تصاویر در دوره‌های مختلف را نشان می‌دهند. برای شناسایی بهتر مناطق رسوبگذاری شده، سایر کلاس‌ها با هم



شکل ۲- محدوده‌های رسوبگذاری در عرصه پخش سیلاب در پایان هر دوره.

Figure 2. Sedimentation areas on the FSS in the end of periods.

به منظور بررسی کمی تغییرات ایجاد شده و تعیین میزان جابجایی بین کلاس‌ها، از روش آمار پایش تغییر استفاده شده است. در این روش کلاس‌های دو نقشه طبقه‌بندی شده یک به یک با هم مقایسه می‌شوند. در نتیجه با استفاده از این روش امکان تعیین تغییرات رخ داده در هر کلاس نسبت به کلاس دیگر وجود دارد. روش مذکور در نرم‌افزار ENVI 4.2 اجرا شد. نتایج به دست آمده برای دوره‌های مختلف به شرح زیر است.

جدول ۴ تغییرات ایجاد شده در دوره زمانی ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۵ را نشان می‌دهد. در این جدول درصد تغییر از تصویر ابتدایی (ستون‌ها) به تصویر نهایی (سطرها) برای هر کلاس مشخص شده است. ردیف تغییر کلاس، درصد اراضی را نشان می‌دهد که کلاس آن‌ها نسبت به تصویر اولیه تغییر کرده و ردیف تفاوت تصویر، درصد افزایش یا کاهش مساحت هر کلاس را در تصویر نهایی نشان می‌دهد.

در سال ۱۳۷۹ که یک سال از شروع به کار طرح گذشته و فقط یک یا دو آبگیری انجام شده است رسوب قابل توجهی در سطح عرصه قابل شناسایی نمی‌باشد. رسوباتی هم که در حاشیه غربی محدوده تجمع یافته‌اند به دلیل اجرای ناقص برخی از سازه‌ها و رسوبگذاری در آن محدوده می‌باشد که در سال‌های بعد اصلاح و تکمیل شده و آثار رسوبگذاری از بین رفته است. در سال ۱۳۸۵ که حدود هفت سال از احداث گذشته و بارش‌های مناسبی نیز در این دوره اتفاق افتاده است، رسوبات سطح نسبتاً وسیعی از عرصه را فرا گرفته‌اند. اما بعد از آن و تا سال ۱۳۹۲ به دلیل وقوع خشکسالی‌ها و نیز برداشت غیرمجاز مصالح از بستر آبراهه، آبگیری زیادی در این دوره انجام نشده است و یکی از دلایل کم‌تر شدن سطوح رسوبگذاری به‌ویژه در قسمت‌های میانی عرصه را می‌توان کاهش قابلیت تفکیک کلاس رسوبگذاری به دلیل قدیمی شدن سطوح آن و تغییر در خصوصیات بازتابی رسوبات بیان نمود.

جدول ۴- آمار پایش تغییرات بین سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۵ بر حسب درصد.

Table 4. Change detections statistics for 2000 to 2006 period (%).

خاک دست‌نخورده Undisturbed	اراضی قلوه‌سنگی Disturbed	اراضی رسوبگذاری sediments	
14.5	16.1	52.5	اراضی رسوبگذاری sediments
24	59.6	44.7	اراضی قلوه‌سنگی Disturbed
61.5	24.4	2.8	خاک دست‌نخورده Undisturbed
38.5	40.4	47.5	تغییر کلاس Class change
-10.4	-18.4	233.5	تفاوت تصاویر Image Differentiation

در اراضی قلوه‌سنگی بوده است که سطح آن‌ها بیش از ۱۸ درصد کاهش یافته است.

بر این اساس بیش‌ترین تغییرات مثبت در اراضی رسوبگذاری مشاهده شده که سطح آن‌ها حدود ۲۳۴ درصد افزایش یافته است و بیش‌ترین تغییرات منفی

نشان می‌دهند. اما واقعیت منطقه که از اندازه‌گیری‌های میدانی و تفسیر چشمی تصاویر Google Earth با تفکیک مکانی بسیار بالا (حدود ۰/۵ متر) به دست آمده، نشان می‌دهد که سطح اراضی رسوبگذاری شده از حدود ۸/۵ هکتار در سال ۱۳۷۹ به ۲۷/۵ هکتار در سال ۱۳۸۵ و ۲۹/۵ هکتار در سال ۱۳۹۲ رسیده است.

جدول ۵ تغییرات ایجاد شده در دوره زمانی ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۲ را ارائه می‌دهد. به دلایلی که پیش‌تر ذکر شد، سطح اراضی رسوبگذاری شده در سال ۱۳۹۲ کم‌تر از ۱۳۸۵ برآورد شده است به همین دلیل در این جدول، اراضی رسوبگذاری حدود ۲۱ درصد کاهش و اراضی قلوه‌سنگی حدود ۱۷ درصد افزایش

جدول ۵- آمار پایش تغییرات بین سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۲ بر حسب درصد.

Table 5. Change detections statistics for 2006 to 2013 period (%).

خاک دست‌نخورده Undisturbed	اراضی قلوه‌سنگی Disturbed	اراضی رسوبگذاری sediments	
1.8	5.8	62.4	اراضی رسوبگذاری sediments
20.4	84.5	30.1	اراضی قلوه‌سنگی Disturbed
77.8	9.7	7.5	خاک دست‌نخورده Undisturbed
22.2	15.5	37.6	تغییر کلاس Class change
-7.9	17.1	-21.2	تفاوت تصاویر Image Differentiation

نتیجه‌گیری کلی

به‌منظور شناخت بهتر چگونگی رسوبگذاری و توزیع زمانی آن در عرصه پخش سیلاب جارمه خوزستان، از پایش تغییرات تصاویر ماهواره‌ای در سه زمان (یکسال پس از احداث، میانه و زمان فعلی عرصه) استفاده شد. هر یک از تصاویر، به روش پیشینه احتمال طبقه‌بندی شد و کلاس‌های اراضی رسوبگذاری شده، اراضی قلوه‌سنگی دستکاری شده و خاک دست‌نخورده روی آن‌ها تفکیک گردید. سررشته‌داری (۲۰۰۲) نیز کلاس‌های مختلف اراضی در محدوده پخش سیلاب را به همین روش تفکیک نمود (۱۲). تصاویر طبقه‌بندی شده به روش آمار

با جمع‌بندی نتایج به دست آمده می‌توان بیان نمود که بیش‌ترین تغییرات محسوس در سطح عرصه در فاصله زمانی سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۵ اتفاق افتاده که سطح این اراضی ۲۳۴ درصد افزایش یافته و از ۸/۵ هکتار به حدود ۲۷/۵ هکتار رسیده است. در دوره دوم یعنی سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۲ سیلاب زیادی در عرصه، پخش نشده که آن هم عمدتاً محدود به کانال‌های ابتدایی بوده است بنابراین تغییر محسوسی در سطح اراضی رسوبگذاری شده مشاهده نمی‌شود و صرفاً ضخامت رسوبات در برخی مناطق بیش‌تر شده است.

عرصه باعث قدیمی شدن سطح رسوبات در این مناطق شده است. به اعتقاد نجابت (۱۹۹۹) تغییرات شرایط آب و هوایی باعث تغییر در خصوصیات بازتابی پدیده‌ها می‌شود (۹). در این شرایط فرایند طبقه‌بندی قادر به تفکیک برخی از مناطق رسوبگذاری نبوده است و در اصل نه تنها کاهش در سطح اراضی رسوبگذاری اتفاق نیفتاده است بلکه حتی رسوبگذاری در برخی مناطق ابتدای عرصه پخش سیلاب اندکی توسعه یافته است. به دنبال آن با افزایش مساحت اراضی رسوبگذاری شده، سطح اراضی قلوله‌سنگی که محل تجمع رسوبات می‌باشند کاهش یافته است.

پایش تغییر با هم مقایسه شدند. نتایج نشان داد که سطح اراضی رسوبگذاری شده در مقطع زمانی اول (یکسال پس از احداث تا میانه) توسعه زیادی پیدا کرده است. بارش‌های مناسب و سیلاب‌های فراوان از یکطرف و عاری بودن عرصه از رسوبات باعث شده است این تغییر به خوبی نمایان شود. اما در مقطع دوم (میانه تا زمان فعلی) نتایج پایش تغییرات نشان می‌دهد که سطح اراضی رسوبگذاری شده اندکی کم‌تر شده است. به‌طور منطقی چنین نتیجه‌ای دور از انتظار است اما بررسی شرایط نشان می‌دهد که خشکسالی‌های اخیر و عدم سیلگیری به‌ویژه در قسمت‌های میانی

منابع

1. Arokhi, S., Niazi, Y., and Arzani, H. 2011. Comparison of land use/land cover change detection technique using GIS & RS (Case study: Darreshahr watershed, Elam province). *Environmental Sciences*. 8: 3. 81-96. (In Persian)
2. Banko, G. 1998. A Review of Assessing the Accuracy of Classifications of Remotely Sensed Data and of Methods Including Remote Sensing Data in Forest Inventory. International Institute for Applied Systems Analysis Austria, 36p.
3. Bindschadler, R.A., Scambos, T.A., Choi, H., and Haran, T.M. 2010. Ice sheet change detection by satellite image differencing. *Remote Sensing of Environment*. 114: 1353-1362.
4. Congalton, R.G. 1991. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment*. 37: 35-46.
5. DeVries, J.J., and Simmers, I. 2002. Groundwater recharge: an overview of processes and challenges. *Hydrogeol. J.* 10: 5-17.
6. Grinand, C., Rakotomalala, F., Gond, V., Vaudry, R., Bernoux, M., and Vieilledent, G. 2013. Estimating deforestation in tropical humid and dry forests in Madagascar from 2000 to 2010 using multi-date Landsat satellite images and the random forests classifier. *Remote Sensing of Environment*. 139: 68-80.
7. Liu, T., and Yang, X. 2015. Monitoring land changes in an urban area using satellite imagery, GIS and landscape metrics. *Applied Geography*. 56: 42-54.
8. Lu, D., Mausel, P., Brondizio, E., and Moran, E. 2004. Change detection techniques. *Int. J. Rem. Sens.* 25: 2365-2407.
9. Nejabat, M. 1999. Improving environmental characteristics in a wide area around of floodwater spreading system, a case study ninth international rain water catchment systems conference, Petrolina, Brazil.
10. Rokni, K., Ahmad, A., Solaimani, K., and Hazini, S. 2015. A new approach for surface water change detection: Integration of pixel level image fusion and image classification techniques. *Inter. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.* 34: 226-234.
11. Safiyanian, A., and Madanian, M. 2011. Comparison of maximum likelihood and minimum distance methods for landuse map preparation. *J. Agric. Natur. Resour. Sci. Technol.* 15: 1. 253-264. (In Persian)
12. Sarreshtehdari, A. 2002. The Impact of a Flood Spreading Project on Soil Properties. ITC. University of Tewnte, Enschede, Netherlands.

13. Sarreshtehdari, A. 2005. Enhancement of sedimentation on flood spreading system using LANDSAT satellite images, TM & ETM+ sensors. *Agricultural & Natural resources science and technology*. 9: 4. 29-43. (In Persian)
14. Singh, A. 1989. Digital change detection techniques using remotely sensed data. *Inter. J. Rem. Sens.* 10: 989-1003.
15. Verbesselt, J., Zeileis, A., and Herold, M. 2012. Near real-time disturbance detection using satellite image time series. *Remote Sensing of Environment*. 123: 98-108.
16. Wright, G.G., and Morrice, J.G. 1997. Landsat TM spectral information to enhance the landcover of Scotland. *Int. J. Rem. Sens.* 18: 3822-3834.



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 23(2), 2016
<http://jwsc.gau.ac.ir>

Determining sedimentation trend on flood spreading system using satellite image change detection technique

***M. Moazami¹ and A. Zoratipour¹**

¹Assistant Prof., Dept. of Range and Watershed Management,
Ramin Agricultural and Natural Resources University of Khuzestan

Received: 03/01/2015; Accepted: 09/23/2015

Abstract

Background and Objectives: Flood spreading system (FSS) is one of a variety of methods for artificial aquifer recharge. The system's main problem is sedimentation on the FSS area, which reduces its effectiveness for aquifer recharge. In this regard, satellite image change detection technique is a proper method for accurate sediment distribution pattern diagnosis with the FSS. A relevant study has been conducted by Sarreshtehdari (2005), where classified images of 1987 and 2001 were compared and revealed a sediment distribution pattern and variations. In the present study, which was conducted on Jarmeh FSS in the north of Khuzestan Province, sedimentation area and distribution pattern in several periods was determined by satellite image change detection technique.

Materials and Methods: The changes were detected for three periods: 1999 (FSS construction year) to 2000, 2000 to 2006 and 2006 to 2013. Change detection follows three main steps: 1- Data pre-processing including geometry and radiometry corrections 2- Selection of change detection method 3- Results accuracy assessment. In the data pre-processing step, image to image method was used for geometry correction and Dark Object Subtraction method was used for radiometry correction. Post-Classification comparison algorithm, change detection statistics method was selected for the present study. The method is capable of preparing a complete change matrix with details. Some indices including overall accuracy, Omission, Commission and kappa coefficient extracted from error matrix, were used to assess the accuracy of results. Maximum likelihood algorithm was selected and used for image classification. Also, Optimum Index Factor (OIF) was used to improve image color composite selection, for the preparation of training samples.

Results: Based on the FSS area properties, three regions including sediments, disturbed and undisturbed terrains were separated on the FSS and the images were classified accordingly. Classification overall accuracy for 2000, 2006 and 2013 images was 78, 85 and 83%, respectively. The results of post-classification comparison algorithm by change detection statistics showed that, in the 2000 to 2006 period, sediment area increased from 8.5 to 27.5 ha. In 2006 to 2013, due to drought and the spread of flood on the FSS, the sediment area increased a little and reached 29.5 ha.

Conclusions: The results showed that, the sediment area was well extended in the first period. Proper amounts of precipitation and flooding on the one hand and no sediment initial surfaces on the other hand resulted in a good change detection. However, in the second period, the sediment area slightly decreased. Such a result is logically unexpected but drought in recent years and no flooding especially on the middle area of FSS, result in old sediment surfaces with different reflection properties. In this case, the classification algorithm was unable to enhance the entire sedimentation area. Hence, not only is there no reduction in sedimentation area, but the area slightly increased in the upper FSS for the second period.

Keywords: Sedimentation, Flood spreading system, Change detection, Landsat, Khuzestan

* Corresponding Author; Email: moazami@ramin.ac.ir