

## بررسی تغییر کاربری اراضی و اثرات احداث سد کرخه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و روش طبقه‌بندی بیشترین شباهت

بهنام بلوچی<sup>۱\*</sup>، مریم دهقانی<sup>۲</sup>، محمدرضا نیکو<sup>۳</sup>

### چکیده

سد کرخه که یکی از مهمترین و بزرگترین سدهای خاکی ایران و خاورمیانه محسوب می‌شود. این سد تغییرات فراوانی، را از جمله تغییر کاربری اراضی، مقدار آب موجود در منطقه، سطح پوشش گیاهی و سطح مناطق شهری به همراه داشته است. از این رو، در تحقیق حاضر، از روشی کاربردی، بر مبنای تصاویر ماهواره‌ای (Landsat) و روش طبقه‌بندی بیشترین شباهت، به منظور بررسی تغییرات ناشی از احداث سد کرخه در منطقه‌ی مورد مطالعه استفاده داده شده است. در این بررسی، که در دوره‌ی زمانی بلند مدت ۴۰ ساله (از سال ۱۳۵۲ تا ۱۳۹۲) انجام شده است، پس از انجام عملیات پیش پردازش مورد نیاز بر روی تصاویر، عملیات آشکارسازی تغییرات در ۷ ردیف مختلف، مورد بررسی قرار گرفت و مساحت هر ردیف در هر سال ارائه گردید. نتایج حاصله نشان دهنده‌ی این بودند که در سالهای پس از احداث سد، نسبت به قبل از احداث آن؛ مقدار کل آب، منطقه‌ی شهری، کل پوشش گیاهی و کل خاک منطقه به ترتیب تا ۲/۵ درصد افزایش، ۲/۳۶ درصد افزایش، ۱/۴ درصد افزایش و ۰/۲ درصد کاهش نشان می‌دهد. به رغم این که نتایج به دست آمده روند منطقی را نشان می‌دهند، عملیات دقت‌سنجی تصاویر بطور کامل انجام گردید و مشاهده شد که تقریباً در تمام تصاویر دقت کل و ضریب کاپا بالاتر از ۹۰ درصد؛ و دقت تولید و کاربر برای تمامی ردیفها بالاتر از ۸۰ درصد به دست آمد. این اعداد نشان دهنده‌ی دقت مناسب طبقه‌بندی انجام شده و اعتبار نتایج این تحقیق می‌باشد.

**واژه‌های کلیدی:** حوزه‌ی کرخه، Landsat، طبقه‌بندی با ناظر بیشترین شباهت، آشکارسازی تغییرات.

<sup>۱</sup> - دانشجوی دکتری عمران-آب، بخش مهندسی راه، ساختمان و محیط زیست، دانشکده مهندسی، دانشگاه شیراز

<sup>۲</sup> - استادیار بخش مهندسی راه، ساختمان و محیط زیست، دانشکده مهندسی، دانشگاه شیراز

<sup>۳</sup> - استادیار بخش مهندسی راه، ساختمان و محیط زیست، دانشکده مهندسی، دانشگاه شیراز.

\*- نویسنده مسوول مقاله: behnamm\_1988@yahoo.com

## مقدمه

رودها از جمله مهمترین منابع اصلی برای رفع نیازهای آبی انسانها بوده و بسیاری از تمدنهای اولیه در کنار رودها شکل گرفته‌اند. به رغم منافع بسیاری که رودها در زندگی بشر داشته‌اند، گاهی اوقات نیز می‌توانند مشکل‌ساز شوند. کرخه یکی از رودهای مهم ایران می‌باشد. این رود، در سالیان گذشته، سیلابهای مخربی را به همراه داشته و زیانهای جانی و مالی فراوانی را نیز بر جا گذاشته است. از این رو، برای جلوگیری از این سیلابها، و همچنین رسیدن به اهدافی همچون تأمین آب مورد نیاز کشاورزی برای دشتهای پایین دست، سد کرخه روی این رودخانه احداث گردید. عملیات اجرایی این سد در سال ۱۳۷۰ آغاز و در سال ۱۳۸۰ به پایان رسید. سد کرخه با تاجی به طول ۳۰۳۰ متر و ارتفاع ۱۲۷ متر، از لحاظ حجم بدنه، بزرگترین سد تاریخ ایران بوده، و با حجم آگیری به میزان ۷ میلیارد و ۳۰۰ میلیون مترمکعب، بزرگترین دریاچه مصنوعی ایران را پدید آورده است. متوسط تولید کارمایه-ی سالانه‌ی این نیروگاه روزی مینی ۹۳۴ میلیون کیلووات ساعت است؛ بنابراین، پس از احداث سد کرخه، این رود وحشی، منشأ بسیاری از برکات برای خوزستان گردیده است. با توجه به دگرگونیهای فراوانی که ساختن این سد در تغییر کاربری اراضی، پوشش گیاهی و رشد جمعیت شهری این منطقه داشته است، بررسی دگرگونیهای این عوامل در منطقه‌ی تحت تأثیر رود کرخه، در دوره‌ی زمانی بلندمدت، کاملاً ضروری به نظر می‌رسد. از طرفی، به دلیل گستردگی و وسعت رودها، همچنین فراوانی نوع اطلاعات مورد نیاز (توسعه‌ی مناطق شهری، پوشش گیاهی، تغییرات حجم آب موجود در منطقه و ...) و دشوار بودن فعالیتهای صحرائی، اغلب برداشت میدانی اطلاعات بسیار زمان بر و پرهزینه بوده و مقرون به صرفه نیست، در حالی که استفاده از روشهای سنجش از دور و به دنبال آن تحلیل در مورد اطلاعات به‌دست آمده از تصاویر ماهواره‌ای، نتایج بسیار ارزشمندی را برای ما فراهم می‌آوردند. تاکنون تحقیقات مختلفی در این زمینه در ایران و خارج از کشور انجام شده است. از جمله مطالعات اخیر در زمینه‌ی استفاده از علم سنجش از دور در ایران می‌توان به مطالعه گودرزی و فرح پور (۱۳۸۶) اشاره کرد. ایشان

به بررسی امکان جداسازی دیمزارها از مراتع با استفاده از نقشه‌های پست و بلندی سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح و تصاویر Landsat مربوط به مرداد و مهر سال ۱۳۸۱ پرداختند. باقرزاده کریمی و فتحی سقزچی (۱۳۸۸) بررسی تغییرات مساحت تالاب انزلی را بر اثر بالآمدن آب دریای خزر با استفاده از تصویر IRS-PAN مربوط به سال ۱۳۸۵ انجام دادند. ایشان مساحت اراضی زیر آب رفته و میزان زیانهای آنها را نیز گزارش کردند. نعیمی نظام آباد و همکاران (۱۳۸۹) به پایش تغییرات خط ساحلی منطقه‌ی عسلویه با استفاده از تصاویر سالیهای ۱۹۹۰، ۲۰۰۰، ۲۰۰۲، ۲۰۰۴ و ۲۰۰۶ پرداختند. ایشان از روشهای آشکارسازی تغییرات<sup>۱</sup> و low & high position در محیط نرم افزارهای Erdas و ArcGIS استفاده نمودند، اما توضیحی پیرامون آن که دقیقاً از کدام روش آشکارسازی تغییرات، با چه جزئیاتی و با چه دقتی استفاده شده، ارائه نکردند. سلاجقه و همکاران (۱۳۹۰) به بررسی کیفیت فیزیکی و شیمیایی رود کرخه اعم از کاتیونها، آنیونها، درجه‌ی اسیدیته و شوری حوضه‌ی آبخیز کرخه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ی ای سال ۱۳۶۷ و ۱۳۸۱ پرداختند. ایشان نتایج خود را بر اساس نرم افزارهای ERDAS 8.4 و ArcGIS 8.3 با کاربرد روش ردیفبندی با نظارت به‌دست آوردند. در این مطالعه، تنها به ارائه‌ی نمودارهای کمی بسنده شده و تصاویر مورد استفاده، جزئیات ردیف‌بندی و نتایج آزمون دقت‌سنجی ارائه نگردیده‌اند.

در زمینه‌ی استفاده از علم سنجش از دور، به منظور آشکارسازی تغییرات نیز در خارج از کشور تحقیقات مختلفی انجام شده‌اند، که از آن جمله می‌توان مطالعه‌ی سینگ و همکاران در سال ۱۹۸۸، با استفاده از ایجاد ترکیب رنگی غیر واقعی<sup>۲</sup>، به بررسی تغییرات مساحت سیلاب دشتهای در سالهای ۱۹۵۸ و ۱۹۸۶ پرداختند. یوان و همکاران در سال ۲۰۰۵ با استفاده از روش طبقه‌بندی با ناظر به نام بیشترین شباهت<sup>۳</sup>، تغییرات مساحت شهری را در منطقه‌ای از آمریکا بررسی کردند. نتایج ایشان برای سالیهای ۱۹۸۶، ۱۹۹۱، ۱۹۹۸ و ۲۰۰۲ دارای دقت کلی

<sup>۱</sup> Change detection

<sup>۲</sup> False color composite

<sup>۳</sup> Maximum likelihood

بیشترین شباهت، تصاویر با این روش طبقه‌بندی شده‌اند. در نهایت نیز نتایج تحلیل دقت سنجی و تجزیه و تحلیل آنها ارائه شده است.

## مواد و روشها

### منطقه‌ی مورد مطالعه

ناحیه‌ی مورد بررسی در این تحقیق بخش اعظمی از مسیر رود کرخه می‌باشد. رود مزبور از مناطق میانی و جنوب غربی رشته کوههای زاگرس در نواحی غرب و شمال غرب کشور سرچشمه گرفته و پس از طی مسافتی در حدود ۹۰۰ کیلومتر در امتداد شمال به جنوب، سرانجام در مرز مشترک ایران و عراق به مرداب هورالعظیم می‌رسد. رود کرخه پس از کارون و دز، سومین رود بزرگ ایران از نظر آبدهی محسوب می‌شود. پس از احداث سد کرخه، می‌توان منطقه مورد مطالعه را در تحقیق حاضر حوضه‌ی دشتهای پایین دست سد مزبور اعلام نمود. سد کرخه یکی از بزرگترین سدهای خاکی دنیا، و بزرگترین سد خاکی ایران و خاورمیانه می‌باشد که بر روی رودخانه‌ی نامبرده کرخه و در ۲۲ کیلومتری شمال غربی شهرستان اندیمشک در استان خوزستان ساخته شده است. طول تاج و ارتفاع سد کرخه به ترتیب برابر با ۳۰۳۰ و ۱۲۷ متر است که از لحاظ حجم بدنه، بزرگترین سد تاریخ ایران به شمار می‌رود. همچنین، این سد، با حجم مخزنی به میزان ۷ میلیارد و ۳۰۰ میلیون مترمکعب، بزرگترین دریاچه‌ی مصنوعی ایران را پدید آورده است. شکل ۱ محدوده‌ی منطقه‌ی مورد مطالعه را نسبت به مناطق اطراف در سال ۱۳۹۳ نشان می‌دهد (محدوده‌ی درون چهارچوب ترسیم شده در شکل ۱). سد کرخه در سال ۱۳۸۰ به بهره‌برداری رسیده و از آن زمان تاکنون تغییرات زیادی را در منطقه به وجود آورده است. گفتنی است که تحقیق حاضر منطقه‌ی مورد مطالعه را از سال ۱۳۵۱ (قبل از احداث سد کرخه) تا سال ۱۳۹۲ (نزدیکترین تاریخ به زمان کنونی) بررسی کرده است.

بین ۸۰ تا ۹۰ درصد بودند. ناسیردینگ و ژانگ در سال ۲۰۰۹ به بررسی تغییرات بیابان‌زدایی در منطقه‌ای از چین پرداختند. نتایج ایشان در دو تصویر در سالهای ۱۹۹۲ و ۲۰۰۱ و با استفاده از روش طبقه‌بندی با ناظر بیشترین شباهت، دقت کلی حدود ۹۸ درصد را نشان دادند. الاسمار و هرچر در سال ۲۰۱۰ با استفاده از چهار تصویر ماهواره‌ای، تغییرات خط ساحلی را در دلتای نیل در بازه‌ی بین سالهای ۱۹۷۳ تا ۲۰۰۷ بررسی کردند. در سال ۲۰۱۱، ژوو و همکاران با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، در یک بازه‌ی زمانی ۳۰ ساله به بررسی تغییرات کاربری اراضی در منطقه‌ای از کشور چین پرداختند. ایشان در تحقیق خود از روشهای طبقه‌بندی با ناظر، و شاخص پوشش گیاهی استفاده کردند. هوانگ و فریدل در سال ۲۰۱۴ به بررسی تغییرات پوشش جنگلی با استفاده از تصاویر MODIS در بازه‌ی زمانی بین سالهای ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۰ پرداختند. ایشان از روش distance metric-based برای بررسی تغییرات استفاده نمودند.

با توجه به بررسی منابع، به نظر می‌رسد که تاکنون مطالعه‌ی جامعی در یک دوره‌ی زمانی بلندمدت در مورد محدوده‌ی کرخه، و تغییرات کاربری اراضی منطقه‌ی مزبور قبل و بعد از احداث سد عظیم کرخه انجام نشده است. از طرفی، با توجه به این که در دهه‌ی اخیر علم سنجش از دور پیشرفتهای زیادی نموده، و کاربردی و به صرف بودن آن نیز اثبات شده است، استفاده از روشهای سنجش از دور به منظور بررسی و آشکارسازی تغییرات در بین محققین علوم کاربردی و تصمیم‌گیران مسائل کلان حوضه‌های آبخیز بسیار پرطرفدار شده است. از این رو، در تحقیق حاضر، هدف، پایش تغییرات منطقه‌ی بسیار مهم پایاب سد کرخه، و بررسی تغییرات کاربری اراضی (مقدار کل آب، منطقه‌ی شهری، پوشش گیاهی و خاک منطقه) در این منطقه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در بازه‌ی زمانی ۱۳۵۱ تا ۱۳۹۲، و روش طبقه‌بندی با ناظر بیشترین شباهت می‌باشد. در ادامه، به معرفی منطقه‌ی مورد مطالعه و داده‌ها یا تصاویر مورد استفاده پرداخته شده است. سپس با معرفی روش طبقه‌بندی با ناظر



شکل ۱: تصویر Google Earth محدوده‌ی مورد مطالعه نسبت به مناطق اطراف در سال ۱۳۹۳.

تصویر مختلف استخراج سپس آنها با هم موزاییک شدند؛ بنابراین ۱۰ تصویر مکزبور که تشکیل ۵ تصویر موزاییک شده‌ی نهایی را می‌دهند در جدول یک آورده شده‌اند.

**جزئیات تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده**  
در تحقیق حاضر، از ۱۰ تصویر ماهواره‌ی Landsat استفاده شده است. منطقه‌ی مورد مطالعه در دو تصویر با شماره گذر و مسیر مختلف قرار داشتند؛ لذا، برای هر سال، دو

**جدول ۱: مشخصات تصاویر استفاده شده در تحقیق حاضر.**

مشخصات ۲ تصویر موزاییک شده	نام تصویر نهایی	شماره تصویر نهایی
دو تصویر سال ۱۳۵۲ با شماره گذر و مسیر ۱۷۸/۳۷ و ۱۷۸/۳۸ (که مربوط به ماهواره Landsat-3 و دارای ۴ نوار می‌باشند)	۱۳۵۲	۱
دو تصویر سال ۱۳۷۰ با شماره گذر و مسیر ۱۶۶/۳۷ و ۱۶۶/۳۸ (که مربوط به ماهواره Landsat-5 و دارای ۷ نوار می‌باشند)	۱۳۷۰	۲
دو تصویر سال ۱۳۸۰ با شماره گذر و مسیر ۱۶۶/۳۷ و ۱۶۶/۳۸ (که مربوط به ماهواره Landsat-7 و دارای ۸ نوار می‌باشند)	۱۳۸۰	۳
تصویر سال ۱۳۸۴ با شماره گذر و مسیر ۱۶۶/۳۷ و سال ۱۳۸۶ با شماره گذر و مسیر ۱۶۶/۳۸ (که مربوط به ماهواره Landsat-7 و دارای ۸ نوار می‌باشند)	۱۳۸۵	۴
دو تصویر سال ۱۳۹۲ با شماره گذر و مسیر ۱۶۶/۳۷ و ۱۶۶/۳۸ (که مربوط به ماهواره Landsat-8 و دارای ۱۰ نوار می‌باشند)	۱۳۹۲	۵

راحتی کار، نام نگاره‌ی موزاییک شده حاصل را تصویر سال ۱۳۸۵ می‌نامیم. یکی از ویژگیهای خوب این تحقیق، بررسی منطقه‌ی مورد مطالعه در یک بازه‌ی زمانی بلندمدت (۴۰ سال)، و استفاده از تصاویر ماهواره Landsat-3 و ماهواره‌ای که به تازگی شروع به کار کرده

گفتنی است که تمام این نگاره‌ها، تقریباً در محدوده‌ی فصل بهار برداشته شده‌اند. به دلیل در دسترس نبودن تصاویر Landsat، تنها تصویر موزاییک شده‌ای که از ۲ سال متفاوت است، تصویر نهایی حاصل از نگاره‌ی ۱۶۶/۳۷ سال ۱۳۸۴، و تصویر ۱۶۶/۳۸ سال ۱۳۸۶ می‌باشد؛ برای

احتمال تعلق  $X$  به ردیفهای  $W_i$  است. قاعده‌ی اصلی انتخاب پیکسلها در روش بیشترین شباهت، عبارت زیر می‌باشد:

$$x \in w_i \text{ if } P(w_i | x) > P(w_j | x) \text{ for all } j \neq i \quad (1)$$

که در آن،  $P(w_i | x)$  احتمال تعلق  $x$  به ردیف  $w_i$  است. عبارت فوق بیان می‌کند که اگر احتمال تعلق  $x$  به  $w_i$  بیشتر از احتمال تعلق  $x$  به  $w_j$  باشد، آن گاه،  $x$  در ردیف  $w_i$  قرار دارد. با استفاده از انگاره‌ی Bayes داریم:

$$p(w_i | x) = \frac{p(x | w_i) p(w_i)}{p(x)} \quad (2)$$

حال با جایگذاری رابطه‌ی ۲ در ۱، رابطه‌ی زیر به دست خواهد آمد:

$$x \in w_i \text{ if } P(x | w_i) p(w_i) > P(x | w_j) p(w_j) \text{ for all } j \neq i \quad (3)$$

که در آن،  $P(x | w_i)$  عبارت است از احتمال رخداد  $x$  به شرط آن که عضو ردیف  $w_i$  باشد؛ و  $P(w_i)$  عبارت است از احتمال وقوع ردیف  $w_i$ ؛ حال با استفاده از رابطه‌ی ۳، و فرض آن که تابع توزیع متغیر  $x$  گوسی باشد، طبقه‌بندی به روش بیشترین شباهت انجام گرفته، و هر پیکسل به ردیفی اختصاص می‌یابد (برای اطلاعات بیشتر به منبع ۸ رجوع کنند). در این تحقیق، پس از انجام طبقه‌بندی اولیه، به منظور افزایش دقت کار، از صافی Majority استفاده گردید. این صافی روی هر موقعیت از تصویر طبقه‌بندی شده که قرار گیرد، برچسب آن پیکسل را برابر با برچسب پیکسلهای همسایه با بیشترین تکرار قرار می‌دهد؛ در نتیجه، استفاده از آن باعث حذف پیکسلهای تک و اغتشاش گونه در نتایج طبقه‌بندی می‌گردد؛ در نهایت، بعد از افزایش دقت طبقه‌بندی به شیوه‌ی مذکور، مشخصات و مساحت هر ردیف در تصویر طبقه‌بندی شده‌ی نهایی، به منظور ارائه نتایج مورد استفاده قرار گرفته است.

### نتایج و بحث

در تحقیق حاضر، با استفاده از طبقه‌بندی با ناظر، با روش بیشترین شباهت و انجام سایر عملیات پس از طبقه‌بندی برای تمامی تصاویر، نتایج کمی و کیفی استخراج گردیدند.

است، یعنی Landsat-8 می‌باشد. تمامی تصاویر از پایگاه [www.landsat.org](http://www.landsat.org) گرفته شده اند، به جز نگاره‌ی سال ۱۳۹۲ که از پایگاه <http://earthexplorer.usgs.gov> دریافت شده است. لازم به ذکر است که تصحیحات هندسی برای همه تصاویر انجام شده و همگان به صورت ارتو می‌باشند.

### طبقه‌بندی با ناظر به کمک روش بیشترین شباهت

همان طور که در بخش قبل نیز بیان شد، پس از تهیه نگاره‌ها، ابتدا تصاویر ناحیه‌های مختلف با یکدیگر موزاییک شدند. سپس آماده‌سازی داده‌ها به منظور ورود به الگوریتم طبقه‌بندی انجام گردید و تصاویر موزاییک‌شده حاصله، به ابعاد منطقه‌ی مورد مطالعه در آمدند تا برای انجام عملیات آشکارسازی تغییرات، آماده شوند. در ادامه، به منظور بررسی تغییرات منطقه‌ی مورد مطالعه در ۵ سال ۱۳۵۲، ۱۳۷۰، ۱۳۸۰، ۱۳۸۵ و ۱۳۹۲، از طبقه‌بندی با ناظر با استفاده از روش بیشترین شباهت استفاده گردید.

اساس کار طبقه‌بندی با ناظر، انتخاب یک گروه از پیکسلها در ردیفهای مختلف به عنوان داده‌های آموزشی می‌باشد. در تحقیق حاضر، در تمام تصاویر، ۷ ردیف مختلف شامل ۲ ردیف پوشش گیاهی، ۱ ردیف مربوط به زمینهای مستعد کشاورزی، ۱ ردیف مربوط به انواع خاکهای منطقه، ۱ ردیف مربوط به آب شیرین، ۱ ردیف مربوط به آب دارای املاح معدنی و ۱ ردیف نیز مربوط به شهرها می‌باشند. گفتنی است که داده‌های آموزش، به کمک تفسیر بصری جمع‌آوری شده‌اند. پس از جمع‌آوری داده‌های آموزشی، با استفاده از روش بیشترین شباهت، طبقه‌بندی اولیه انجام گردید. منظور از طبقه‌بندی اولیه، روشی می‌باشد که هیچ‌گونه اعمال صافی و ... روی آن انجام نشده است.

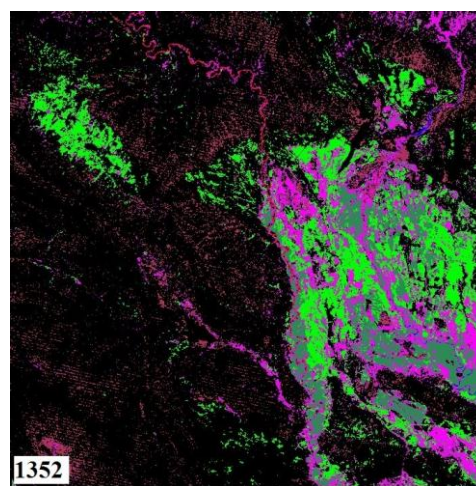
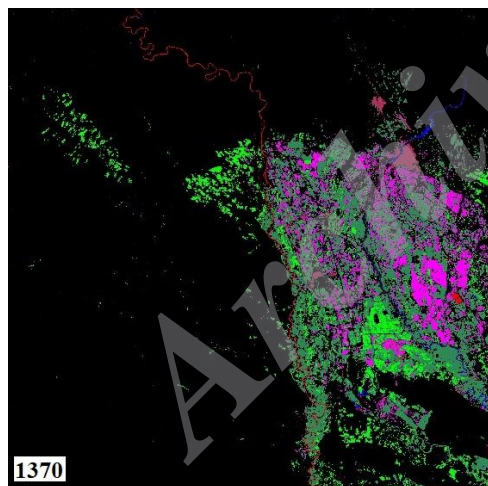
به صورت خلاصه، می‌توان گفت که روش بیشترین شباهت، بر اساس احتمال شرطی یا انگاره‌ی Bayes استوار است. در این روش:  $X$  بردار حاوی  $DN^1$ های مربوط به پیکسل مشخص در  $n$  نوار مختلف و  $W_i$ ، ردیفهای مورد بررسی می‌باشند؛ بنابراین، عبارت  $P(W_i | X)$  به معنی

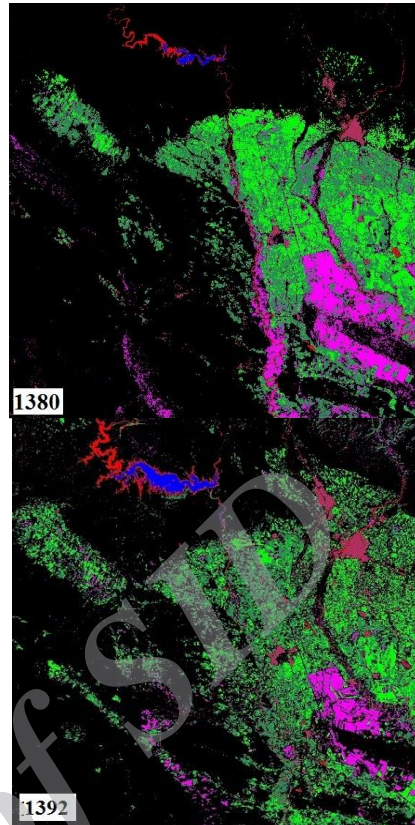
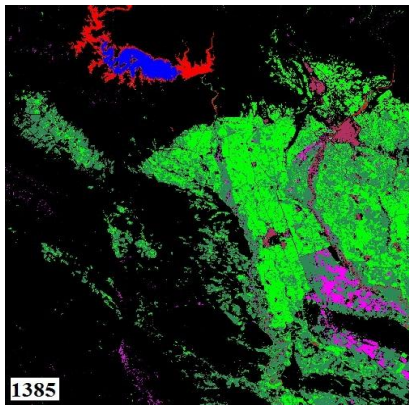
<sup>2</sup> - Post classification

<sup>1</sup> - Digital number

گیاهی می باشد که برای افزایش دقت طبقه بندی، آنها را در دو ردیف پوشش گیاهی نوع ۱ و ۲ قرار دادیم. با توجه به این نکته که هدف تحقیق حاضر تعیین نوع پوشش گیاهی نبوده و تنها به بررسی تغییرات کل پوشش گیاهی می پردازد، در نهایت، پوشش گیاهی کل منطقه (مجموع پوشش گیاهی نوع ۱ و ۲) مورد بررسی قرار گرفته است. گفتنی است که پوشش گیاهی نوع ۱ و ۲ عملاً شامل پوششهای گیاهی مختلفی می باشند. علت این که در شکل ۲ پوشش گیاهی به دو نوع تقسیم شده است، افزایش دقت طبقه بندی می باشد. با تقسیم بندی پوشش گیاهی به دو نوع، جمع آوری دادههای آموزش به منظور طبقه بندی با دقت بیشتری انجام گرفته و از خطا کاسته می شود؛ از این رو به منظور نشان دادن نحوه طبقه بندی و همچنین نمایش بهتر پوشش گیاهی به صورت بصری، در شکل ۲ دو نوع پوشش گیاهی نشان داده شده است.

شکل ۲ تصاویر طبقه بندی شده را برای سالهای ۱۳۵۲، ۱۳۷۰، ۱۳۸۰، ۱۳۸۵ و ۱۳۹۲ را به همراه ۷ ردیف طبقه بندی، نشان داده شده است. ردیف منطقه شهری عبارت است از تمام مناطقی که در آن منزل مسکونی قرار دارد (مانند شهر اندیمشک). ردیف آب شیرین عبارت است از آبی که املاح زیانبار در آن وجود ندارد، اما به دلیل سیلابهای رخ داده، خروشان بودن رود و فرسایش حوضه، آب دارای املاح معدنی می گردد که این نوع آب در ردیف آب دارای املاح قرار داده شده است. برخی زمینهای موجود در منطقه مورد مطالعه، و بویژه در میان مناطق کشاورزی نیز وجود دارند که در زمان تصویربرداری، بنا به دلایلی کشت در آنها صورت نگرفته و یا این که محصول آن قطعه زمین به صورت خشک برداشت شده، لذا این نوع زمینهای کشاورزی در ردیفی به نام زمینهای مستعد کشاورزی قرار داده شده اند. در منطقه مورد مطالعه، تقریباً ۴ نوع خاک مختلف مشاهده شدند که به دلیل سخت و بی فایده بودن جداسازی (با توجه به هدف این تحقیق)، تمام این نوع خاکها در یک ردیف قرار گرفتند؛ دو ردیف بعدی نیز مربوط به پوشش





شکل ۲: تصاویر طبقه‌بندی با شاهد با کاربرد روش بیشترین شباهت برای منطقه‌ی کرخه برای سالهای ۱۳۹۲، ۱۳۸۵، ۱۳۸۰، ۱۳۷۰ و ۱۳۵۲.

پیکسلهایی می‌باشند که بطور مثال مربوط به ردیف A می‌باشند اما در ردیفهای دیگر قرار گرفته‌اند. در جدول ۲، برای نمونه، ماتریس خطا برای طبقه‌بندی انجام شده در تصویر سال ۱۳۹۲ ارائه شده است.

به منظور بررسی دقت طبقه‌بندی، ابتدا ماتریس خطاها را تشکیل داده، سپس از دو شاخص دقت کل (Overall accuracy) و ضریب کاپا (Kappa coefficient) استفاده شده است. ماتریس خطاها، نشان دهنده‌ی تعداد

جدول ۲: ماتریس خطا مربوط به تصویر طبقه‌بندی شده‌ی سال ۱۳۹۲.

مجموع	ردیفهای واقعی						نام ردیف	
	انواع خاک	زمینهای مستعد کشاورزی	پوشش گیاهی نوع ۲	پوشش گیاهی نوع ۱	منطقه شهری	آب دارای املاح		آب خالص
۴۲۹۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۴۲۹۲	آب شیرین
۲۲۲۹	۰	۰	۰	۰	۰	۲۲۲۷	۲	آب دارای املاح
۳۷۱۰	۲۹	۰	۰	۰	۳۶۵۲	۲۹	۰	منطقه شهری
۳۹۲۱	۰	۰	۴	۳۹۱۷	۰	۰	۰	پوشش گیاهی نوع ۱
۲۸۵۷	۵	۰	۲۸۴۷	۴	۰	۱	۰	پوشش گیاهی نوع ۲
۴۴۸۳	۱۲۹	۴۳۵۴	۰	۰	۰	۰	۰	زمینهای مستعد کشاورزی
۱۰۴۳۵	۱۰۳۱۳	۱۱۲	۱	۱	۰	۸	۰	انواع خاک
۳۱۹۲۷	۱۰۴۷۶	۴۴۶۶	۲۸۵۲	۳۹۲۲	۳۶۵۲	۲۲۶۵	۴۲۹۴	مجموع

ماتریس خطای سال ۱۳۹۲ (جدول ۲)، تعداد کل پیکسلهای برابر با ۳۱۹۲۷ و تعداد کل پیکسلهایی که درست تشخیص داده شده‌اند برابر با ۳۱۶۰۲ (مجموع اعداد روی قطر اصلی

بطور خلاصه، شاخص دقت کل، عبارت است از تعداد پیکسلهایی که می‌دانیم به درستی در هر ردیف قرار گرفته‌اند تقسیم بر تعداد کل پیکسلهای. بطور مثال، برای

جدول ۳: مقادیر دو شاخص دقت کل و ضریب کاپا برای ۵ تصویر طبقه‌بندی شده با کاربرد روش بیشترین شباهت.

سال	شاخص	
	ضریب کاپا	دقت کل (درصد)
۱۳۹۲	۰/۹۸۷	۹۸/۹۸
۱۳۸۵	۰/۹۸۹	۹۹/۰۶
۱۳۸۰	۰/۹۹۶۶	۹۹/۶۹
۱۳۷۰	۰/۹۵۱۶	۹۵/۸۶
۱۳۵۲	۰/۵۷۸۱	۶۴/۸۲

دو شاخص مهم دیگر به نام دقت مولد<sup>۱</sup> و دقت کاربر<sup>۲</sup> نیز وجود دارند. این دو شاخص نشان دهنده‌ی دقت طبقه‌بندی در هر ردیف می‌باشند. دقت مولد عبارت است از احتمال انتخاب پیکسل‌های ردیف A (بطور مثال) در بین پیکسل‌هایی که در طبقه‌بندی ردیف A نامیده شده‌اند. دقت کاربر نشان دهنده‌ی احتمال این که پیکسل طبقه‌بندی شده در ردیف خاصی، در واقعیت نیز جزء همان ردیف باشد. این دو شاخص به صورت زیر محاسبه می‌شوند:

$$S3 = \text{مجموع اعداد هر ردیف از ماتریس خطا} \quad (۸)$$

$$S4 = \text{مجموع اعداد هر ستون از ماتریس خطا} \quad (۹)$$

$$T = \text{تعداد پیکسل‌هایی که به درستی در ردیف A قرار گرفته‌اند} \quad (۱۰)$$

$$\text{Producer accuracy for class A} = \frac{T}{S4} \times 100 \quad (۱۱)$$

$$\text{User accuracy for class A} = \frac{T}{S3} \times 100 \quad (۱۲)$$

با محاسبه‌ی دقت تولید و دقت کاربر برای تمام ردیف‌ها در تمام تصاویر، جدول یک به دست می‌آید. به عنوان مثال، برای ردیف آب در تصویر سال ۱۳۹۲، دقت تولید و دقت کاربر به صورت زیر محاسبه می‌شوند:

$$\text{Producer accuracy} = \frac{4292}{4294} \times 100 = 99.95 \quad (۱۳)$$

$$\text{User accuracy} = \frac{4292}{4292} \times 100 = 100 \quad (۱۴)$$

همان طور که در جدول ۴ مشخص است، تقریباً تمامی اعداد شاخص‌های دقت، بالاتر از ۸۰ درصد می‌باشد جز

ماتریس خطا) مورد است؛ بنابراین، شاخص دقت کل، برابر با ۹۸/۹۸ درصد می‌باشد. ضریب کاپا نیز در معادله‌ی ۴ ارائه شده است:

$$k = \frac{O - P}{1 - P} \quad (۴)$$

که در معادله‌ی بالا، O مقدار دقت کل و P مجموع احتمال این که یک پیکسل در یک ردیف خاص است؛ برای تمام ردیف‌ها می‌باشد. (برای مشاهده اطلاعات بیشتر به منبع ۸ مراجعه کنید). بطور مثال برای تصویر سال ۱۳۹۲ مقدار خطای کل برابر ۰/۹۸۹۸ می‌باشد و P نیز به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$S1 = \text{مجموع اعداد هر ردیف ماتریس خطا} \quad (۵)$$

تقسیم بر تعداد کل پیکسل‌ها)

$$S2 = \text{مجموع اعداد هر ستون ماتریس خطا} \quad (۶)$$

تقسیم بر تعداد کل پیکسل‌ها)

$$P = \sum_{i=1}^N (S1_i \times S2_i) \quad (۷)$$

که در رابطه ۸، N تعداد کل ردیف‌ها می‌باشد. بنابراین، با استفاده از روابط ۴ تا ۷ ضریب کاپا برای تصویر سال ۱۳۹۲، ۰/۹۸۷ به دست می‌آید. لازم به ذکر است که هرچه دو شاخص دقت کل و ضریب کاپا به یک (یا ۱۰۰) بر حسب درصد) نزدیک باشند، طبقه‌بندی با دقت بیشتری انجام شده است. جدول ۳ مقادیر دو شاخص دقت کل و ضریب کاپا را برای ۵ تصویر طبقه‌بندی شده نشان می‌دهد. همان طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، تصویر سال ۱۳۵۲ با شاخص دقت کل برابر با ۶۴/۸۲ درصد و ضریب کاپا برابر با ۰/۵۷۸۱، دقت تقریباً پایینی را نشان می‌دهد. در ادامه، علت دقت پایین تصویر در سال ۱۳۵۲ توضیح داده می‌شود. با توجه به اعداد دو شاخص مربوط به تصاویر سال‌های ۱۳۹۲، ۱۳۸۰، ۱۳۸۵، ۱۳۷۰ و ۱۳۵۲، همگی دقت بسیار خوبی را نشان می‌دهند. شاخص دقت کل و ضریب کاپا برای این تصاویر در محدوده بالای به ترتیب ۰/۹۵ (یا ۹۵ درصد) می‌باشند.

<sup>1</sup> Producer accuracy

<sup>2</sup> User accuracy



تعداد محدودی از ردیفها در تصاویر سال ۱۳۵۲. دقت تولید در سال ۱۳۵۲ برای ردیفهای زمینهای مستعد کشاورزی و انواع خاک به ترتیب برابر با ۵۲/۹۸ و ۵۹/۵۲؛ و دقت کاربر در این سال برای ردیفهای منطقه‌ی شهری، زمینهای مستعد کشاورزی و انواع خاک به ترتیب برابر با

۳/۵۷، ۶۱/۶ و ۷۳/۳۶ می‌باشد، که نشان‌دهنده‌ی دقت پایین طبقه‌بندی در این ردیفها می‌باشد. بنابراین، در تفسیر نتایج سعی شده است تا نتایج ردیفهای ذکر شده در سال ۱۳۵۲ در قیاس با نتایج دقیق سالهای دیگر ارائه نشود.

جدول ۴: شاخص دقت تولید و کاربر برای ردیفهای مختلف و تصاویر سالهای متفاوت.

سال	نوع دقت	ردیفها				
		انواع خاک	زمینهای مستعد کشاورزی	پوشش گیاهی نوع ۲	پوشش گیاهی نوع ۱	منطقه شهری
۱۳۹۲	دقت مولد	۹۸/۴۴	۹۷/۴۹	۹۹/۸۲	۹۹/۸۷	۱۰۰
	دقت کاربر	۹۸/۸۳	۹۷/۱۲	۹۹/۶۵	۹۹/۸۹	۹۸/۴۳
	دقت مولد	۸۰/۶	۹۸/۳۸	۹۹/۰۶	۹۵/۹۲	۹۹/۷۶
۱۳۸۵	دقت کاربر	۹۹/۱۷	۹۹/۹۱	۹۷/۶۵	۹۸/۹۵	۹۶/۳
	دقت مولد	۹۹/۶۴	۹۹/۶۱	۱۰۰	۹۹/۹۱	۹۹/۵
	دقت کاربر	۹۹/۶	۱۰۰	۹۹/۴۶	۱۰۰	۹۹/۳۶
۱۳۸۰	دقت مولد	۹۳/۷۸	۹۷/۴۵	۹۹/۷۴	۹۹/۶۲	۹۹/۵۷
	دقت کاربر	۹۵/۶۸	۹۹/۷	۹۷/۳۵	۱۰۰	۷۷/۷۹
	دقت مولد	۵۹/۵۲	۵۲/۹۸	۹۷/۵۴	۹۸	۹۶/۲۲
۱۳۷۰	دقت کاربر	۷۳/۳۶	۶۱/۶	۹۶/۴۹	۹۴/۰۶	۳/۵۷
	دقت مولد	۹۹/۵	۹۸/۹۱	۹۶/۲۲	۹۸	۹۶/۲۲
	دقت کاربر	۹۹/۹۲	۹۹/۴۳	۹۹/۵۷	۹۹/۶۲	۹۹/۴۳
۱۳۵۲	دقت کاربر	۹۹/۹۲	۹۹/۹۲	۹۹/۹۲	۹۹/۹۲	۹۹/۹۲
	دقت مولد	۹۹/۹۲	۹۹/۹۲	۹۹/۹۲	۹۹/۹۲	۹۹/۹۲
	دقت کاربر	۹۹/۹۲	۹۹/۹۲	۹۹/۹۲	۹۹/۹۲	۹۹/۹۲

که این تصویر دارای قدرت تفکیک مکانی و طیفی پایینی است، نتایج دقیقی را برای طبقه‌بندی با کاربرد روش بیشترین شباهت ارائه نمی‌دهد. ضعف این نتایج بویژه در مورد درصد مربوط به منطقه‌ی شهری و زمینهای مستعد کشاورزی به وضوح مشخص می‌باشد؛ بنابراین، در تحلیل نتایج عدم دقت تصویر سال ۱۳۵۲ مد نظر قرار گرفته است.

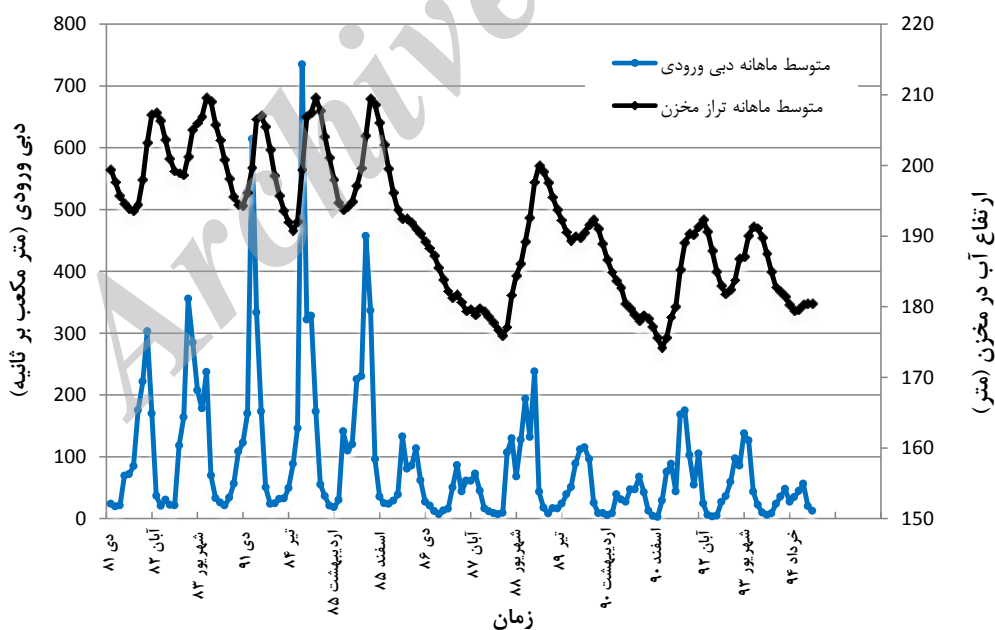
جدول ۵ درصد حضور هر ردیف را در منطقه‌ی مورد مطالعه در سالهای ۱۳۹۲، ۱۳۸۵، ۱۳۷۰ و ۱۳۵۲ نشان می‌دهد. با توجه به جدول ۵ مشاهده می‌گردد که تمامی اعداد، منطقی و درست به نظر می‌رسند، به جز برخی از درصدهای مربوط به سال ۱۳۵۲، که نتایج مرحله‌ی دقت سنجی نیز این موضوع را تایید می‌کنند. به رغم سعی فراوان در بهبود نتایج طبقه‌بندی در سال ۱۳۵۲، از آن جا

جدول ۵: درصد وجود هر ردیف در منطقه‌ی مورد مطالعه در سالهای مختلف.

سال	درصد حضور کلاسهای مختلف در تصویر									
	۱- آب خالص	۲- آب دارای املاح	۳- ۲+۱	۴- منطقه شهری	۵- پوشش گیاهی نوع ۱	۶- پوشش گیاهی نوع ۲	۷- ۵+۶	۸- زمینهای مستعد کشاورزی	۹- ۸+۷	۱۰- انواع خاک
۱۳۹۲	۰/۶۲	۱/۰۶	۱/۶۸	۲/۳۷	۶/۹۸	۱۴/۴۵	۲۱/۴۳	۳/۰۳	۲۴/۴۶	۷۱/۴۹
۱۳۸۵	۰/۸۲	۱/۲۲	۲/۰۴	۱/۰۱	۱۲/۶۲	۱۶/۷۶	۲۹/۳۷	۱/۶۱	۳۰/۹۸	۶۵/۹۷
۱۳۸۰	۰/۱۳	۰/۶۳	۰/۷۶	۱/۰۵	۷/۱۷	۱۳/۱۸	۲۰/۳۴	۵/۳۹	۲۵/۷۴	۷۲/۴۵
۱۳۷۰	۰/۲۱	۰/۳۷	۰/۵۸	۰/۷۱	۳/۱۷	۹/۰۹	۱۲/۲۶	۳/۷۶	۱۶/۰۲	۷۲/۶۹
۱۳۵۲	۰/۱۱	۰/۲۴	۰/۳۵	۴/۸۷	۱۰/۳۷	۵/۰۹	۱۵/۴۶	۸/۶۷	۲۴/۱۳	۷۰/۶۵

و ۲۴/۴۶ درصد می باشد. علت این که در سال ۱۳۹۲ نسبت به سال ۱۳۸۵ روند افزایشی مقدار کل آب منطقه کمی را کاهش نشان می دهد، می توان در شکل ۳ نشان داد. در این شکل به وضوح مشخص است که حداکثر تراز مخزن و بدهی ورودی مخزن در سال ۱۳۸۵ رخ داده، و از سال ۱۳۸۵ به بعد به دلیل آن که بدهی ورودی به مخزن کمتر از بدهی خروجی از آن گردیده؛ تراز آب در مخزن نیز کاهش پیدا کرده است. بروز این اتفاق نیز در تصاویر سال ۱۳۸۵ و ۱۳۹۲ به وضوح مشخص می باشد.

با توجه به جدول ۵ (ستون ۳)، مقدار کل آب در سالهای ۱۳۵۲، ۱۳۷۰، ۱۳۸۰، ۱۳۸۵ و ۱۳۹۲ به ترتیب برابر با ۰/۳۵، ۰/۵۸، ۰/۷۶، ۲/۰۴ و ۱/۶۸ درصد می باشد. بنابراین، با توجه به بنای سد کرخه، مقدار آب موجود در منطقه از سال ۱۳۵۲ تا سال ۱۳۹۲ افزایش یافته است. بدیهی است که با افزایش مقدار آب موجود در منطقه، سطح پوشش گیاهی نیز افزایش می یابد؛ بنابراین، مطابق با روند افزایش آب کل در منطقه، کل پوشش گیاهی و زمینهای قابل کشت (ستون ۹) منطقه در سالهای ۱۳۷۰، ۱۳۸۰، ۱۳۸۵ و ۱۳۹۲ به ترتیب ۳۰/۹۸، ۲۵/۷۴، ۱۶/۰۲ و ۱۳/۴۶ درصد می باشد.



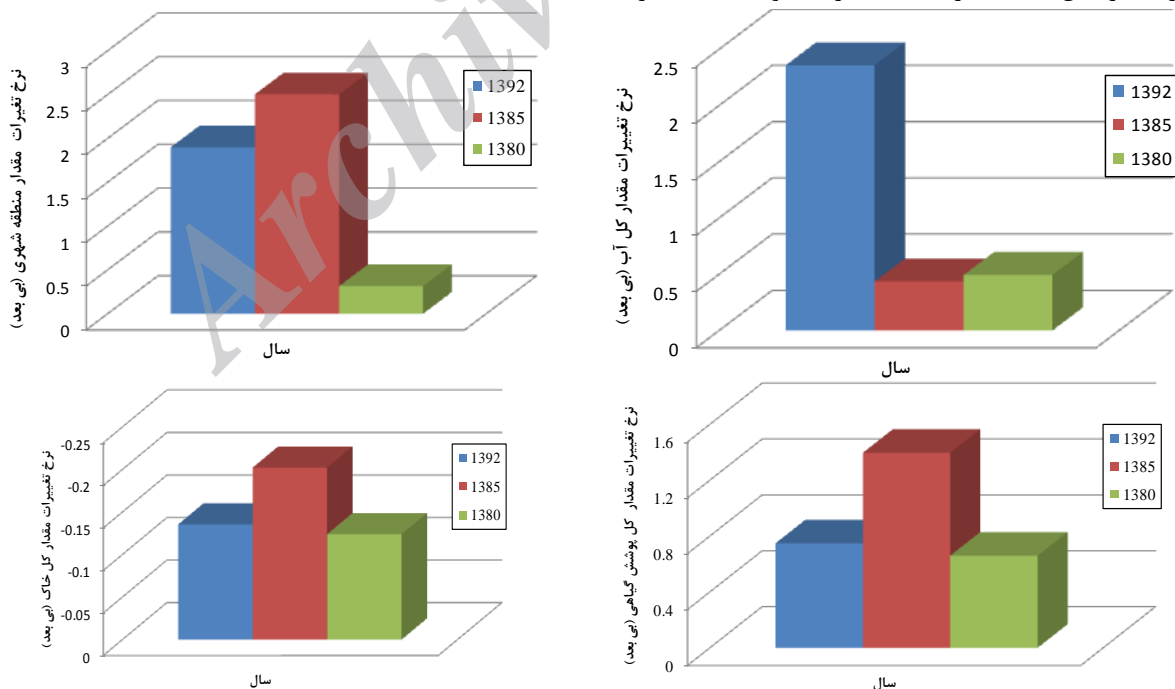
شکل ۳: مقایسه‌ی متوسط ماهانه‌ی تراز مخزن و بدهی‌های ورودی مخزن سد کرخه از سال ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۴.

۵ (ستون ۴) مویید این رشد است. مناطق شهری در سالهای ۱۳۸۰، ۱۳۷۰، ۱۳۸۵ و ۱۳۹۲ به ترتیب دارای ۰/۷۱، ۱/۰۵، ۱/۰۱ و ۲/۳۷ درصد از کل مساحت منطقه-

با توجه به این که با ساخت سد کرخه، منطقه‌ی مورد مطالعه بسیار آباد گردیده است، بنابراین انتظار می رود که رشد مناطق شهری نیز با گذشت زمان افزون گردد. جدول

حالی که مقدار کل خاک سخت منطقه در سال ۱۳۸۵ با نرخ کاهشی ۰/۲ درصد نسبت به قبل از احداث سد روبرو است؛ که از سال ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۲ با نرخ ۰/۰۶۵ درصد افزایش یافته است. این نتایج، با روند افزایش مقدار کل آب منطقه پس از احداث سد هماهنگی دارد. نرخ افزایش مناطق شهری بعد از ساختن سد کرخه نسبت به قبل از آن، برای سالهای ۱۳۸۰ و ۱۳۸۵ تقریباً ثابت بوده است، اما در سال ۱۳۹۲ نرخ افزایش بیشتری را نشان می‌دهد. با توجه به این که نرخ رشد جمعیت ایران در سال ۱۳۵۲ حدود ۳ درصد، در سال ۱۳۷۰ حدود ۳/۵ درصد، و در سال ۱۳۹۲ حدود ۱/۱ درصد بوده است، این بدین معنا نیست که رشد مناطق شهری یا مسکونی نیز باید در سالهای ۱۳۷۰، ۱۳۵۲، ۱۳۹۲ افزایش یابد. باید به این نکته توجه داشت که نیاز به مسکن در سن حدود ۳۰ سالگی می‌باشد؛ بنابراین، نرخ بالای رشد جمعیتی در سالهای ۱۳۵۲ و ۱۳۷۰، در سال ۱۳۹۲ افزایش رشد مناطق شهری یا مسکونی را در بر دارد؛ به عبارت دیگر، زمانی که فرزندان متولد ۱۳۵۲ یا ۱۳۷۰ نیاز به مسکن پیدا می‌کنند در حدود سال ۱۳۹۲ می‌باشد و در حدود این سال است که رشد مناطق شهری منطقی می‌باشد.

ی مورد مطالعه را تشکیل می‌دهند. در شکل ۴، نرخ تغییرات مقدار کل آب، منطقه‌ی شهری، کل پوشش گیاهی سبز و کل خاک برای سالهای ۱۳۸۰، ۱۳۸۵ و ۱۳۹۲ (بعد از احداث سد) نسبت به سال ۱۳۷۰ (قبل از احداث سد) ارائه شده است؛ به عبارت دیگر، در این شکل، تغییرات کاربری اراضی قبل و بعد از احداث سد مقایسه شده اند با ساخت سد کرخه، تمام ردیفها به جز ردیف خاکهای منطقه نسبت به قبل از احداث سد افزایش نشان می‌دهند؛ به عبارت دیگر، خاکهای منطقه بر اثر احداث سد، تغییر کاربری داده و به زمینهای کشاورزی و اراضی دارای پوشش گیاهی تبدیل شده‌اند. نرخ افزایش مقدار کل آب منطقه پس از احداث سد کرخه در سال ۱۳۸۵ با رشد ۲/۵ درصدی به اوج خود رسیده است، لکن در سال ۱۳۹۲ نسبت به سال ۱۳۸۵، ۰/۶ درصد کاهش می‌یابد، که دلیل آن پیشتر توضیح داده شده است. با توجه به نرخ افزایش آب کل منطقه، پوشش گیاهی آن پهنه نیز در سال ۱۳۸۵ با رشد ۱/۴ درصد به اوج خود رسیده، سپس در سال ۱۳۹۲ نسبت به سال ۱۳۸۵ کاهشی در حدود ۰/۶۵ درصد (تقریباً مشابه نرخ تغییرات آب کل منطقه) را نشان می‌دهد. نرخ رشد منطقه‌ی شهری پس از احداث سد کرخه در سال ۱۳۹۲ با رشد ۲/۳۶ درصد مواجه است، در



شکل ۴: نرخ تغییرات مقدار کل آب، منطقه‌ی شهری، کل پوشش گیاهی سبز و کل خاک سخت برای سالهای ۱۳۸۰، ۱۳۸۵ و ۱۳۹۲ (بعد از احداث سد) نسبت به سال ۱۳۷۰ (قبل از احداث سد).

## نتیجه‌گیری

حوضه رود کرخه به عنوان سومین رود بزرگ ایران، در گذشته به دلیل رخدادن سیلابهای ویرانگر، شاهد خسارات فراوانی بوده است؛ از این رو به منظور جلوگیری از این زیانها و اهداف دیگر نظیر تأمین آب مورد نیاز اراضی کشاورزی، تولید کارمایه‌ی برقایی، یکی از بزرگترین سدهای خاکی ایران و خاورمیانه بر روی این رودخانه، و با همین نام احداث گردید. به دلیل تغییرات فراوانی که این سد در منطقه ایجاد کرده است، بررسی تغییرات این منطقه مهم در یک بازه‌ی زمانی بلندمدت، به منظور مدیریت یکپارچه و هماهنگ حوضه آبخیز، بسیار مهم می‌باشد. از این رو، در تحقیق حاضر شبیه‌ی کاربردی، بر مبنای تصاویر ماهواره‌ای و روش طبقه‌بندی بیشترین شباهت، به منظور بررسی تغییرات ناشی از احداث سد کرخه در منطقه‌ی مورد مطالعه توسعه داده شده است. در تحقیق حاضر، با استفاده از ده تصویر ماهواره‌ای Landsat در یک دوره‌ی زمانی بلندمدت (دوره‌ی ۴۰ ساله - از سال ۱۳۵۲ تا ۱۳۹۲) و با استفاده از روش طبقه‌بندی بیشترین شباهت، عملیات آشکارسازی تغییرات در منطقه‌ی مورد مطالعه، صورت پذیرفته است. بدین ترتیب، مساحت ۷ ردیف مختلف طبقه بندی شده (آب شیرین، آب دارای املاح، منطقه شهری، پوشش گیاهی نوع ۱، پوشش گیاهی نوع ۲، زمینهای مستعد کشاورزی و انواع خاک) در تصاویر سالهای مختلف تعیین و ارائه گردیده‌اند. نتایج این مطالعه نشان دادند که در سالهای پس از احداث سد (تا انتهای سال ۱۳۹۲) نسبت به قبل از احداث سد؛ مقدار کل آب، منطقه‌ی شهری، کل پوشش گیاهی و کل خاک سخت منطقه به ترتیب تا ۲/۵ درصد افزایش، ۲/۳۶ درصد افزایش، ۱/۴ درصد افزایش و ۰/۲ درصد کاهش نشان می‌دهد، این در حالی است که حداکثر افزایش، مربوط به سال ۱۳۸۵ می‌باشد، اما به رغم افزایش مقدار آب کل و پوشش گیاهی کل در سال ۱۳۹۲، نسبت به قبل از احداث سد کرخه در سالهای ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۲، به دلیل این که بدهی ورودی به مخزن کمتر از بدهی خروجی از آن گردیده است، مقدار آب کل و پوشش گیاهی کل در منطقه در سال ۱۳۹۲ نسبت به سال ۱۳۸۵ کاهش نشان می‌دهد. در تحقیق حاضر سعی شده است تا تمام عملیات

دقت سنجی تصاویر بطور کامل انجام گردد. این نتایج نشان دادند که به جز تصاویر سال ۱۳۵۲، که قدرت تفکیک پذیری طیفی و مکانی بسیار کمی داشتند، در تصاویر سایر سالها؛ دقت کل و ضریب کاپا بالاتر از ۹۰ درصد، و دقت تولید و کاربر برای تمامی ردیفها بالاتر از ۸۰ درصد، به دست آمدند. این اعداد نشان دهنده‌ی دقت بالای طبقه‌بندی انجام شده و نتایج این تحقیق می‌باشند. بدون شک می‌توان گفت که ساختن سد کرخه در مهار کردن سیلابهای عظیم و ویرانگر موثر بوده است. حال با توجه به نتایج این تحقیق که تغییرات وضعیت پوشش گیاهی، منابع آب و ... را قبل و بعد از احداث سد کرخه در فاصله‌ی زمانی طولانی (۴۰ سال) به صورت کمی و کیفی نشان می‌دهد؛ این سوال مطرح می‌شود: آیا پس از گذشتن مدت زیادی از احداث این سد، اهداف مورد نظر تحقق یافته‌اند؟ به عنوان مثال، آیا تغییرات پوشش گیاهی منطقه که در این تحقیق ۱/۴ درصد رشد را نشان می‌دهد (نسبت به قبل از احداث سد) با اهداف اولیه‌ی طرح هماهنگی داشته است؟ هرچند روند تغییرات ایجادشده در منطقه منطقی و صحیح می‌باشد، اما پاسخگویی کمی به سوالات فوق می‌تواند نشان‌دهنده‌ی مدیریت خوب یا ضعیف منابع آب منطقه بوده و تجربه‌های خوبی را در افق آینده روشن سازد. بدین معنی که احداث یک سد بسیار بزرگ با لحاظ عوامل و اثرات مخرب زیست محیطی و نیز منافع آن که در تضاد با اثرات مخربند، تا چه حد توانسته است در جهت پیشینه‌سازی سودها و کمینه‌سازی اثرات زیست محیطی، موفق باشد. از این نظر بررسی حاضر می‌تواند به مدیران در جهت کمی‌سازی یکی از عوامل موثر در ارزیابی اثرات احداث سدها بر محیط پیرامونی و بررسی وضعیت پوشش گیاهی و ... قبل و بعد از احداث سد، کمک مفیدی کند.

## تشکر

نویسندگان از سازمان فضایی آمریکا (NASA) به دلیل در اختیار قرار دادن تصاویر Landsat تشکر می‌کنند.

6. Huang X. and Friedl M. A. 2014. Distance metric-based forest cover change detection using MODIS time series. *Int. J. Appl. Earth Observ. Geoinfor.* 29: 78–92.
7. Nasierding, N., and Y. Zhang, 2009. Change detection of sandy land areas in Minfeng oasis of Xinjiang, China. *Environ Monit. Assess. J.* 151:189–196.
8. Richards, J. A. 2013. Remote sensing digital image analysis. Fifth edition. Springer Heidelberg, New York, Dordrecht, London.
9. Singh, S. K. D. Sharma, N. Singh, and D. N. Bohra. 1988. Temporal change detection in river courses and flood plains in an arid environment through satellite remote sensing. *J. Ind. Soc. Remote Sens.* 16: 53-58.
10. Yuan, F. K. E. Sawaya, B. C. Loeffelholz, and M. E. Bauer. 2005. Land cover classification and change analysis of the Twin Cities (Minnesota) metropolitan area by multitemporal Landsat remote sensing. *Remote Sens. Environ. Journal.* 98: 317– 328.
11. Zhou, Q. B. Li, and Y. Chen. 2011. Remote sensing change detection and process analysis of long-term land use change and human impacts. *Ambio J.* 40: 807-818.

## منابع

۱. باقر زاده کریمی، م. و ف. فتحی سقزچی. ۱۳۸۸. بررسی اثر بالا آمدن آب دریای خزر بر اراضی کشاورزی اطراف تالاب انزلی با استفاده از سنجش از راه دور. مجله علمی تخصصی تالاب- دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۱: ۱۰۵-۱۱۸.
۲. سلاجقه، ع. س. رضوی زاده، ن. خراسانی، م. حمیدی فر، و س. سلاجقه. ۱۳۹۰. تغییرات کاربری اراضی و آثار آن بر کیفیت آب رودخانه (مطالعه موردی: حوزه آبخیز کرخه). مجله محیط شناسی. ۳۷(۵۸): ۸۱-۸۶.
۳. گودرزی، م. و م. فرح‌پور. ۱۳۸۶. بررسی امکان جداسازی دیمزارها از مراتع با استفاده از سنجش از راه دور (مطالعه موردی منطقه تهم استان زنجان). فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران. ۱۴: ۴۳۲-۴۴۶.
۴. نعیمی نظام آبادی، ع. م. قهرودی تالی، و م. ر. ثروتی، ۱۳۸۹. پایش تغییرات خط ساحلی و لندفرم‌های ژئومورفولوژیکی خلیج فارس با استفاده از روش سنجش از راه دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: منطقه ساحلی عسلویه). مجله علمی پژوهشی فضای جغرافیایی. ۱۰(۳۰): ۴۵-۶۱.
5. El-Asmar, H. M. and M. E. Hereher, 2010. Change detection of the coastal zone east of the Nile Delta using remote sensing. *Environ. Earth Sci j.*