



ارزیابی روند تغییرات کاربری اراضی با استفاده از فن آوری سنجش از دور و ارتباط آن با روند جریان رودخانه‌ها (مطالعه موردی: زیر حوضه‌های شرق دریاچه ارومیه)

فرشاد فتحیان^۱ - سعید مرید^{۲*} - صالح ارشد^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۱/۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۴/۱۶

چکیده

روند نزولی تراز آبی دریاچه ارومیه یکی از مشکلات جدی برای شمال غرب ایران و از بعد ملی نیز نگرانی‌هایی به همراه داشته است. این تحقیق دلایل احتمالی این معضل را با برآورد روند در سری زمانی متغیرهای آب و هواشناسی و ارزیابی تغییرات کاربری اراضی شرق این حوضه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به انجام می‌رساند. بدین منظور چهار روش آماری غیر پارامتری تحلیل روند شامل: من-کندال، تایل-سن، اسپیرمن و سنس-تی و اطلاعات ۱۸ ایستگاه هواشناسی و آب سنجی واقع در منطقه به کار گرفته شدند. علاوه بر آن، با استفاده از تصاویر سال‌های ۱۹۷۶، ۱۹۸۹، ۲۰۰۲ و ۲۰۱۱ ماهواره لندست، کاربری اراضی منطقه و تغییرات آن با روش‌های مختلف طبقه‌بندی تصاویر شامل: حداکثر شباهت، حداقل فاصله و فاصله ماهالانویز تعیین گردید. نتایج بخش اول، روند معنی‌دار افزایشی دما را در کل منطقه نشان داد که در مورد بارندگی این چنین نبود. همچنین نتایج روند کاهش را برای دبی بخصوص در ایستگاه‌های پائین دست تأیید کردند. برای بخش طبقه‌بندی کاربری اراضی، نتایج نشان داد تغییرات عمده‌ای در کاربری منطقه بوده است. بطوریکه مساحت اراضی آبی، باغی و دیم بترتیب ۴۱۲، ۴۸۵ و ۶۷۲ درصد طی ۳۵ سال اخیر افزایش داشته است از طرفی نیز اراضی مرتعی با ۳۴ درصد کاهش همراه بوده‌اند. در نهایت بررسی رابطه تغییرات جریان رودخانه‌ها با تغییرات دما و بارش و یکبار با تغییرات همزمان دما، بارش و سطح اراضی آبی نشان داد که بیشترین همبستگی تغییرات دبی با تغییرات سطح کشت آبی و سپس با دما می‌باشد و در هیچ مورد با تغییرات بارش همبستگی معنی‌داری وجود نداشته است.

واژه‌های کلیدی: روند، روش‌های غیرپارامتری، کاربری اراضی، فن‌آوری سنجش از دور، حوضه دریاچه ارومیه

مقدمه

طرفی بررسی تغییرات کاربری اراضی می‌تواند در بیان نقش عوامل اقلیمی و انسانی مفید باشد. در این خصوص، تحلیل عمیقی از روند در این متغیرها و استفاده از روش‌های مناسب آماری ابزار مناسبی خواهد بود. اما آمار تغییرات کاربری اراضی یا محدود است و یا در مراجع مختلف، ارقام متفاوتی را نشان می‌دهد. برای رفع این محدودیت، استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های سنجش از دور، منبع مهمی از اطلاعات را برای تهیه نقشه‌های کاربری و پوشش اراضی در دسترس قرار می‌دهد. با توجه به این مقدمه، ارائه سابقه تحقیق مقاله حاضر در دو قسمت شامل بررسی روند سری زمانی متغیرهای هیدروکلیماتولوژی و دیگری بررسی روند در کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به انجام می‌رسد.

بررسی سوابق مطالعاتی در زمینه روند متغیرهای هیدروکلیماتولوژی نشان می‌دهد که برای تشخیص و ارزیابی آن دو رویکرد روش‌های پارامتری و غیرپارامتری مورد استفاده قرار گرفته و در بیشتر مطالعات روش دوم مد نظر بوده است. موگری و نانی (۱۳)

دریاچه ارومیه به عنوان یکی از بزرگترین دریاچه‌های ایران و جزء تالاب‌های بین المللی تحت کنوانسیون رامسر می‌باشد که اهمیت بسیاری در بخش‌های اقتصادی، اجتماعی، گردشگری و محیط زیستی این منطقه از کشور را دارد (۱). روند نزولی تراز آن طی سال‌های اخیر نگرانی‌های جدی را به دنبال داشته است. در مورد علل غالب این تغییرات، دلایل متفاوتی مانند توسعه اراضی کشاورزی، برداشت‌های بیشتر از جریان رودخانه در پائین دست و همچنین تغییرات اقلیمی بیان شده است. برای بررسی بهتر اتفاقاتی که در این حوضه شکل گرفته، بررسی روند سری زمانی متغیرهای اقلیمی و هیدرولوژیکی و از

۱ و ۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد و استاد گروه منابع آب، دانشگاه تربیت مدرس
(*) نویسنده مسئول: Email: morid_sa@modares.ac.ir

۳- استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان

استخراج کردند. بررسی‌ها با استفاده از تصاویر ماهواره لندست، IRS و نقشه کاربری اراضی نشان داد که از سال ۱۹۵۷ تا ۲۰۰۴، کاربری اراضی کشاورزی افزایش یافته و توسعه شهری کاهش یافته است. مطالعه دیگری توسط سعادت و همکاران (۱۸) به منظور تعیین کاربری اراضی با دقت بالا با الگوریتم حداکثر شباهت برای حوضه سد گلستان انجام شد. آنها در مطالعاتشان با استفاده از تحلیل تصاویر سنجنده ETM⁺ ماهواره لندست در سه تاریخ مجزا نشان دادند که تصویر کاربری اواخر تابستان بهترین نتایج را با دقت کلی ۹۵ درصد دارد.

هدف اصلی از این تحقیق، بررسی روند در سری زمانی متغیرهای هواشناسی، هیدروژیکی و کاربری اراضی در زیر حوضه‌های شرق دریاچه ارومیه است. همچنین تلاش خواهد شد تا ارتباط آنها با تغییرات جریان مورد ارزیابی قرار گیرد و به این پرسش پاسخ داده شود که کدامیک نقش موثرتری بر تغییرات جریان داشته‌اند. لذا این مقاله تلاش دارد تا ارتباط این تغییرات بطور جامع‌تری ارزیابی نماید که در سایر مطالعات کمتر مورد توجه بوده است.

مواد و روش‌ها

منطقه مطالعاتی و تشریح داده‌ها

این تحقیق قسمت شرقی حوضه دریاچه ارومیه که شامل ۴ زیر حوضه آبی‌چای، قلعه‌چای، صوفی‌چای و مردوق‌چای می‌باشد، انتخاب شد. شکل ۱ نیز موقعیت تعداد ۱۸ ایستگاه دماسنجی، باران-سنجی و آب‌سنجی از منطقه که برای این مطالعات بکار گرفته شد را نشان می‌دهد. علاوه بر این اطلاعات تعداد ۴ تصویر تصاویر ماهواره-ای مربوط به سال‌های ۱۹۷۶، ۱۹۸۹، ۲۰۰۲ و ۲۰۱۱ برای تعیین کاربری اراضی در تاریخ‌هایی که حوضه دارای بیشترین پوشش گیاهی موجود انتخاب شدند. در جدول ۱ مشخصات ایستگاه‌های دماسنجی، باران‌سنجی، آب‌سنجی و مساحت‌های هر یک از زیرحوضه‌ها مربوط به منطقه مورد مطالعه، آورده شده است.

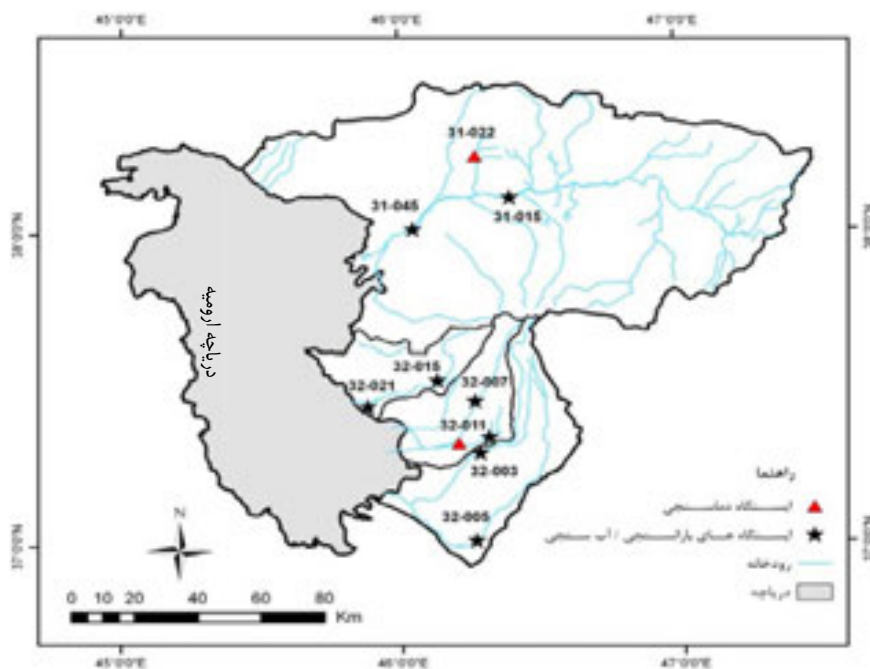
تحلیل روند در متغیرهای هیدروکلیماتولوژی

همانگونه که قبلاً اشاره شد و سوابق مطالعاتی نشان داده، روش‌های غیرپارامتری از کاربرد وسیع‌تری نسبت به روش‌های پارامتری برخوردار هستند. برای این تحقیق ۴ روش از آزمون روند از این طیف، برای اهداف تحقیق مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته است که در ادامه به شرح مختصری از آنها ارائه می‌گردد.

روش من-کندال: این آزمون ابتدا توسط من (۱۲) ارائه و سپس توسط کندال (۹) توسعه یافت. بر طبق این روش یک پارامتر Z محاسبه می‌شود و فرض صفر در صورتی پذیرفته می‌شود که رابطه ۱ برقرار باشد:

در بررسی روند تغییرات دمای ماهانه و فصلی ایتالیا، از روش غیرپارامتری من-کندال استفاده کردند. ژانگ و همکاران (۲۴) روند بارش‌های کانادا را نیز با استفاده از آزمون من-کندال در طول قرن بیستم بررسی کردند که نتایج روند افزایشی بارش سالانه را نشان داد، هرچند که این روند در زمستان کاهش بود. پارتال و کوکو (۱۵) به بررسی روند بلند مدت بارندگی سالانه ترکیه با روش من-کندال پرداختند. نتایج نشان داد که یک روند کاهش بارش در اکثر ایستگاه‌ها وجود دارد. مطالعه دیگری نیز در همین کشور توسط بررسی روند بارندگی فصلی در هند نیز با استفاده از تکنیک‌های آماری غیرپارامتری (آزمون من-کندال و تایل-سن) توسط پال و آل تبا (۱۴) به انجام رسید. نتایج نشان داد که بارندگی، روند کاهش در فصل‌های بهار و تابستان و روند افزایشی در پاییز و زمستان داشته است. از تبعات تغییر در عوامل فوق، دگرگونی در جریان آبراهه‌ها است که بطور گسترده مورد توجه بوده است. در تحقیقی برن و النور (۵) روند جریان آبراهه‌ها را برای نقاطی از کانادا با استفاده از آزمون من-کندال و تایل-سن بررسی و اعلام نمودند که روند آبراهه‌ها بطور کامل همسو با تغییرات بارش و دما می‌باشد. در کشور ترکیه نیز کاهیا و کالایسی (۸) روند جریان ماهانه آبراهه‌های ۲۶ حوزه را با استفاده از روش‌های غیرپارامتری من-کندال، اسپیرمن و تایل-سن بررسی کردند. نتایج در حوزه‌های غربی کشور کاهش و در شرق عدم آن را نشان داد. ژاها و همکاران (۲۵) نتایج مشابهی را در بررسی روند دبی رودخانه‌های حوضه دریاچه پویانگ چین با استفاده از روش‌های من-کندال و تایل-سن مشاهده کردند.

برای بخش دوم و جهت بررسی و آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی، روش‌های مختلفی وجود دارد که الگوریتم حداکثر شباهت از آن جمله می‌باشد. یاسوکا و همکاران (۲۲) در قالب یک مطالعه زیست محیطی از روی تصاویر لندست (TM) بصورت نظارت شده و با استفاده از این الگوریتم، نقشه طبقات پوشش گیاهی مرداب کوشیرو در ژاپن را بدست آوردند. رانکسیکانوم (۱۷) با روش طبقه بندی حداکثر شباهت بیان کرد که مقدار اراضی جنگلی شرق هندوستان در فاصله زمانی سال‌های ۱۹۸۲ تا ۱۹۹۳ در حدود ۱۰۱ کیلومتر مربع در هر سال کاهش یافته است. هنگر و ریس (۶) نیز نتایج مشابهی را به منظور طبقه بندی ۹ نوع پوشش جنگلی، در طرحی برای کمیسیون محیط زیست اروپا استفاده کردند. کادیوگولری و باسکنت (۷) تغییرات زمانی و مکانی الگوی کاربری اراضی و پوشش گیاهی حوضه کوهستانی Gumushane ترکیه از سال ۱۹۸۷ تا ۲۰۰۰ را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج این تحقیق یک روند افزایشی مساحت پوشش گیاهی (۱/۶ درصد) طبیعی شامل جنگل‌های سوزنی و پهن برگ را با استفاده از الگوریتم حداکثر شباهت نشان داد. بررسی تغییرات کاربری اراضی شهری کشور هند نیز موضوع کاری رم و چوهان در سال ۲۰۰۹ بود که با استفاده از الگوریتم حداکثر شباهت



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های منتخب دماسنجی، باران سنجی و آب‌سنجی وزارت نیرو

| تعداد سال آماري دبي | تعداد سال آماري بارندگي | تعداد سال آماري دما | ارتفاع (متر) | کد ایستگاه | نام ایستگاه | مساحت زیر حوضه (کیلومتر مربع) | نام زیر حوضه |
|------------------------|----------------------------|------------------------|-----------------|------------|----------------|-------------------------------------|--------------|
| ۵۸ | ۳۰ | - | ۱۴۵۰ | ۳۱-۰۱۵ | ونبار | | |
| - | - | ۲۹ | ۱۴۰۰ | ۳۱-۰۳۲ | میرکوه | ۱۰۵۰۰ | آجی‌چای |
| ۲۴ | ۱۵ | - | ۱۳۱۰ | ۳۱-۰۴۵ | آخوله | | |
| ۲۴ | ۲۴ | - | ۱۶۵۰ | ۳۲-۰۱۵ | بینگچه | ۹۱۸ | قلعه چای |
| ۲۴ | ۱۴ | - | ۱۲۷۰ | ۳۲-۰۲۱ | شیشوان | | |
| ۳۴ | ۳۳ | - | ۱۶۰۰ | ۳۲-۰۰۷ | علویان | ۱۱۵۸ | صوفی‌چای |
| ۳۳ | ۲۶ | ۲۴ | ۱۴۴۰ | ۳۲-۰۱۱ | چکان | | |
| ۳۳ | ۳۵ | - | ۱۴۵۰ | ۳۳-۰۰۳ | قشلاق امیر | ۱۸۵۸ | مردوق چای |
| ۳۴ | ۳۱ | - | ۱۳۸۰ | ۳۳-۰۰۵ | شیرین‌کند | | |

مختلف، ارائه نمود. بر طبق روش مذکور چنانچه عدد صفر در دامنه بین دو شیب حداقل و حداکثر قرار بگیرد، فرض صفر پذیرفته شده و بر سری زمانی مورد آزمون نمی‌توان هیچ‌گونه روندی در سطح اعتماد بکارگرفته شده نسبت داد و بالعکس.

روش اسپیرمن: یک آزمون سریع و ساده برای تعیین وجود همبستگی بین دو کلاس از سری‌های یکسان از مشاهدات، آزمون همبستگی مرتبه‌ای اسپیرمن می‌باشد. تحت فرض صفر در این آزمون روندی نسبت به زمان در داده‌ها وجود ندارد و اگر مقادیر P-value محاسبه شده کوچکتر از سطح اطمینان مورد نظر باشد، سری زمانی

$$|Z| \leq Z_{\alpha/2} \quad (1)$$

که α سطح معنی‌داری است که برای آزمون در نظر گرفته می‌شود و $Z_{\alpha/2}$ آماره توزیع نرمال استاندارد در سطح معنی‌داری α می‌باشد. در صورتی که آماره Z مثبت باشد روند سری داده‌ها صعودی و در صورت منفی بودن آن روند نزولی در نظر گرفته می‌شود.

روش تایل-سن: سن (۲۰) با توسعه و بسط یک سری مطالعات آماری که تایل (۲۰) به انجام رسانده بود یک روشی جهت تحلیل سری‌های زمانی بر اساس محاسبه یک شیب میانه (β) برای سری زمانی و قضاوت نمودن در مورد معنی‌داری آن در سطوح اعتماد

نسبت به طبقه بندی آنها اقدام نمود. این طبقه بندی بر اساس ارزش عددی پیکسل‌ها می‌باشد که در آن پدیده‌های دارای ارزش عددی یکسان، در یک گروه قرار می‌گیرند، این طبقه بندی که مبتنی بر ارزش عددی پیکسل‌ها است را طبقه بندی پیکسل پایه می‌نامند (۲). مراحل انجام طبقه بندی در زیر آورده شده است.

نمونه‌های آموزشی

در طبقه بندی تصاویر ماهواره‌ای به منظور استخراج نقشه‌های کاربری اراضی، پس از تعیین کلاس‌های کاربری اراضی اقدام به جمع آوری نمونه‌های آموزشی می‌گردد. در تحقیق حاضر نمونه‌های آموزشی طی عملیات میدانی با استفاده از دستگاه سیستم تعیین موقعیت جهانی (GPS) انجام شده است. بدین منظور از این نقاط برای انجام طبقه بندی، آشنایی با ویژگی‌های محدوده مورد مطالعه و ارزیابی صحت و کنترل نتایج طبقه بندی استفاده شده است. علاوه بر آن، از تصاویر Google earth نیز برای جمع آوری نمونه‌های آموزشی استفاده شده است. پس از انتخاب نمونه‌های آموزشی، این نمونه‌ها در محیط نرم افزار ERDAS Imagine 9.2 بر سطح تصویر پیاده شده و تفکیک پذیری کلاس‌های کاربری اراضی محاسبه شد. سپس برای نمایش هر چه بهتر تصاویر و استخراج هر چه کامل‌تر اطلاعات از ترکیب رنگی RGB دارای سه رنگ اصلی قرمز، سبز و آبی، استفاده شده است. برای تصاویر سنجنده TM و ETM⁺ از ترکیب رنگی باند ۴ (قرمز)، باند ۳ (سبز) و باند ۲ (آبی) و برای تصویر MSS از ترکیب باند ۴ (قرمز)، باند ۲ (سبز) و باند ۱ (آبی) استفاده شد.

طبقه بندی تصویر

اختصاص دادن یا معرفی کردن هر یک از پیکسل‌ها به کلاس یا پدیده خاصی را طبقه بندی اطلاعات ماهواره‌ای گویند. طبقه بندی تصاویر ماهواره‌ای به شکل نظارت شده یا نظارت نشده انجام می‌گیرد. در طبقه بندی نظارت شده برای رده‌بندی پیکسل‌ها از نمونه‌های آموزشی استفاده می‌گردد، بدین معنی که با تعریف پیکسل‌های مشخصی از تصویر برای هر کدام از کلاس‌ها، عمل طبقه بندی در قالب کلاس‌های در نظر گرفته شده انجام می‌شود. در تحقیق حاضر از الگوریتم‌های طبقه بندی حداکثر شباهت، فاصله ماهالانوبیز و حداقل فاصله برای طبقه بندی کاربری اراضی استفاده شد (۲).

ارزیابی صحت طبقه بندی

پس از اعمال الگوریتم‌های طبقه بندی، اقدام به ارزیابی دقت آن گردید. بدین منظور در مرحله اول انتخاب یک روش نمونه‌برداری مینا خواهد بود که در اینجا از روش نمونه‌برداری تصادفی دسته‌بندی شده

داده‌های مشاهده‌ای دارای روند است.

روش سنس تی: این آزمون به فرم ماتریسی $X = (X_{11}, \dots, X_{nm})$ توسعه یافت، که n تعداد سال‌ها و m تعداد فصل‌ها است. آزمون بر مبنای آماره T تحت فرض صفر عدم وجود روند، بصورت نرمال همراه با میانگین صفر و واریانس واحد می‌باشد. در کل آزمون سنس تی را برای داده‌های فصلی در فرم ماتریسی بیان کردند. بنابراین مقدار T محاسبه شده یک مقدار واحدی است که بیان کننده روند در کل ماتریس است. اگر آماره آزمون محاسبه شده $T=0$ باشد، دلالت بر عدم وجود روند در سری زمانی داده‌ها است.

روش‌های روند زدایی: حذف روند از سری متغیرهای هیدرولوژیکی از مباحثی است که هنوز روش‌شناسی کاملاً تأیید شده‌ای برای آن وجود ندارد. یکی از دلایل آن امکان تاثیر دو عامل طبیعی (مانند تغییر اقلیم) و انسانی (مانند توسعه بهره برداری‌ها) در آن می‌باشد که تفکیک آن بسیار مشکل است (۴). در این تحقیق برای روند زدایی از روش یو و ونگ (۲۳) استفاده شد که رابطه زیر را پیشنهاد کردند.

$$\text{Detrended Data} = -(i.\beta) + D_i \quad (2)$$

بر طبق این رابطه، β شیب خط روند متغیر (بدست آمده از روش تایل-سن) با علامت مخالف در شماره رتبه سال آبی (i) ضرب و بامقدار مشاهداتی آن در همان سال (D_i) جمع می‌گردد. این رابطه هم اکنون در وزارت نیرو مورد استفاده قرار می‌گیرد و در آن تنها بجای شیب تایل-سن از شیب ضریب همبستگی پیرسون استفاده می‌شود (۲۳).

تحلیل کاربری اراضی

در این تحقیق از تصاویر ماهواره لندست، نقشه پوشش گیاهی ۱۷۲۵۰۰۰۰، نقشه کاربری اراضی و پوشش گیاهی تهیه شده توسط آژانس فضایی اروپا (ESA) و داده‌های بدست آمده از GPS در طی عملیات میدانی استفاده شده است. برای تهیه نقشه کاربری اراضی عملیات پردازش بر روی تصاویر ماهواره‌ای در سه مرحله پیش پردازش، پردازش و پس پردازش قابل انجام است که در ادامه تشریح می‌شوند.

مرحله پیش پردازش تصاویر ماهواره‌ای: این مرحله در واقع تصحیح و بهینه سازی اطلاعات می‌باشد و سعی می‌شود تا خطاهای سیستماتیک و غیر سیستماتیک موجود در تصاویر تصحیح گردد. البته تصحیحات هندسی و اتمسفری تصاویر ماهواره لندست قبل از رسیدن به دست کاربران توسط سازمان زمین شناسی آمریکا صورت گرفته است.

طبقه بندی تصاویر ماهواره‌ای: در تصاویر رقومی سنجش از دور هر پیکسل دارای ارزش عددی است که بازگوکننده رفتار طیفی پدیده متناظر در سطح زمین است. با تحلیل ارزش عددی پیکسل‌ها می‌توان پدیده‌های متناظر آنها را شناسایی و مورد ارزیابی قرار داد و می‌توان

منفی نمی‌باشد و حتی در مواردی مانند ایستگاه چکان بترتیب روند معنی‌دار افزایشی مشاهده شده است. اما در خصوص دبی، در ۶ مورد از ۸ ایستگاه روند منفی قابل ملاحظه است. این موارد شامل ایستگاه‌های ونبار، آخوله، شیشوان، علویان، قشلاق امیر و شیرین‌کند می‌باشند.

مقایسه روش‌ها در ارزیابی طبقه‌بندی

علی رقم گزارشات مثبت سابقه تحقیق که از روش حداکثر شباهت استفاده شده‌اند، در تحقیق حاضر برای طبقه بندی علاوه بر آن از روشهای حداقل فاصله و فاصله ماهالانویز نیز مورد استفاده قرار گرفت. برای تصویر سال ۲۰۱۱ از ۳ روش طبقه‌بندی تصاویر استفاده گردید و در نهایت دقت آنها ارزیابی شدند. جداول ۳ تا ۵ بترتیب نتایج ارزیابی دقت با استفاده از ۳ الگوریتم فوق را برای تصویر سال ۲۰۱۱ که اندازه‌گیری میدانی نیز در این سال انجام شده است را نشان می‌دهند.

از میان ۳ روش، روش حداکثر شباهت به دلیل دقت بالای طبقه بندی ۸۷ درصدی و ضریب کاپا ۰/۸۵ به عنوان روش مناسب برای طبقه بندی انتخاب شد. بدین ترتیب تصاویر سال‌های ۱۹۷۶، ۱۹۸۹ و ۲۰۰۲ نیز با این الگوریتم طبقه‌بندی گردیدند. اشکال ۲ تا ۵ بترتیب نقشه طبقه بندی سال‌های ۱۹۷۶، ۱۹۸۹، ۲۰۰۲ و ۲۰۱۱ با استفاده از الگوریتم حداکثر شباهت را بترتیب نشان می‌دهند. نتایج ارزیابی دقت طبقه بندی این تصاویر نشان داد که دقت آنها با استفاده از روش حداکثر شباهت بیش از ۸۵ درصد و ضریب کاپای بالاتر از ۰/۸ می‌باشد.

استفاده شد (۳). مرحله دوم تعیین تعداد نمونه‌ها خواهد بود که حداقل تعداد نمونه‌ها برای ۷ کاربری مورد نظر برای ارزیابی دقت با خطای مجاز ۱۰ درصد، ۱۴۴ نقطه خواهد بود (۱۱). پس از آن، انتخاب واحد نمونه‌برداری نیز مهم است که در این تحقیق بر پایه تعداد پیکسل‌ها می‌باشد. در نهایت نتایج ارزیابی به صورت ماتریس خطا ارائه می‌گردد که در اینصورت، انواع پارامترها و مقادیری که بیانگر دقت و یا نوعی خطا در نتایج هستند، از ماتریس استخراج می‌شوند.

عملیات پس از طبقه بندی: به کلیه عملیات بعد از طبقه بندی اصطلاحاً پس پردازش گفته می‌شود. در تحقیق حاضر اقدامات انجام شده در مرحله پس پردازش شامل ادغام کلاس‌ها، انتقال به محیط GIS و ارائه نتایج می‌باشد.

نتایج و بحث

در این بخش تحلیل روند با به کارگیری ۴ روش من-کندل، تایل-سن، اسپیرمن و سنس-تی برای سری‌های زمانی دما، بارندگی و دبی در مقیاس سالانه برای ایستگاه‌های مختلف منطقه مطالعاتی ارائه می‌گردد. پس از آن نتایج کاربری اراضی طی ۳۵ سال اخیر تشریح می‌شود. در نهایت تلاش خواهد شد تا رابطه بین جریان رودخانه‌ها با دما، بارندگی و سطح کشت آبی تحلیل و ارزیابی گردد.

مقایسه روش‌ها در ارزیابی روند

جمع‌بندی این قسمت برای بررسی وجود روند در متغیرهای دما، بارندگی و دبی برای کلیه روش‌ها در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که دما در منطقه بطور معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد در حال افزایش است. در خصوص بارندگی وضعیت تا این حد

جدول ۲- مقادیر آماره آزمون‌های بکارگرفته شده

| نام ایستگاه | من-کندال (Z) | | | تایل-سن (β) | | | اسپیرمن (P-value) | | | سنس-تی (T) | | |
|-------------|--------------|-------|-----|-------------|-------|--------|-------------------|-------|------|------------|-------|---|
| | Q | P | T | Q | P | T | Q | P | T | Q | P | T |
| ونبار | -۲/۴ | -۳/۲۸ | - | -۶/۶ | - | -۰/۱۳ | ۰/۰ | ۰/۰ | - | -۴/۱ | -۶/۳ | - |
| میرکوه | - | - | ۲/۷ | - | -۰/۰۶ | - | - | - | ۰/۰ | ۴/۹ | - | - |
| آخوله | -۲/۴ | -۰/۸۹ | - | -۶/۳ | - | -۰/۰۴ | ۰/۰ | ۰/۰ | - | ۱/۰۸ | -۵/۳ | - |
| ینگجه | -۰/۸۲ | ۱/۶۱ | - | ۵/۹ | - | -۰/۰۲ | ۰/۰۹ | ۰/۰۵۷ | - | ۲/۱ | -۲/۹ | - |
| شیشوان | -۲/۱ | -۰/۷۷ | - | ۱/۹ | - | -۰/۰۴ | ۰/۴۸ | ۰/۰۳ | - | ۰/۵۶ | -۳/۲ | - |
| علویان | -۲/۱ | -۱/۸۱ | ۴/۶ | -۷/۶ | ۰/۱۵ | -۰/۰۵ | ۰/۰۸ | ۰/۰۳ | ۱۲/۷ | -۲/۴ | -۴/۳ | - |
| چکان | ۰/۴۶ | ۲/۳۳ | - | ۵/۶ | - | -۰/۰۲ | ۰/۰۳ | ۰/۰۶۶ | - | ۳/۲ | -۰/۲۷ | - |
| قشلاق امیر | -۲/۱ | -۱/۱۵ | - | -۱/۹ | - | -۰/۰۳۳ | ۰/۲۵ | ۰/۰۳ | - | ۰/۳۵ | -۶/۵ | - |
| شیرین‌کند | -۱/۶ | -۰/۴۱ | - | -۰/۹ | - | -۰/۰۲۴ | ۰/۴۹ | ۰/۰۱ | - | -۱/۴ | -۴/۳ | - |

جدول ۳- ارزیابی دقت تصویر طبقه‌بندی شده با روش حداقل فاصله، ۲۰۱۱

| خطای حذف شده | دقت تولید کننده | مجموع | اراضی زراعی دیم | اراضی زراعی آبی | اراضی باغی | مرتع | اراضی بایر و کوهستانی | اراضی نمکزار | آب |
|-----------------|-----------------|-------|-----------------|-----------------|------------|------|-----------------------|--------------|-----|
| ۰ | ۱۰۰ | ۲۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۲۰ |
| ۱۰/۳ | ۸۹/۷ | ۲۹ | ۰ | ۰ | ۰ | ۲ | ۱ | ۲۶ | ۰ |
| ۳۶/۸ | ۶۳/۲ | ۱۹ | ۳ | ۰ | ۰ | ۴ | ۱۲ | ۰ | ۰ |
| ۲۳/۷ | ۷۶/۳ | ۳۸ | ۴ | ۰ | ۱ | ۲۹ | ۴ | ۰ | ۰ |
| ۲۱/۴ | ۷۸/۶ | ۱۴ | ۱ | ۱ | ۱۱ | ۱ | ۰ | ۰ | ۰ |
| ۲۳/۵ | ۷۶/۵ | ۱۷ | ۲ | ۱۳ | ۲ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ |
| ۲۵ | ۷۵ | ۳۲ | ۲۴ | ۲ | ۱ | ۳ | ۲ | ۰ | ۰ |
| ضریب کاپا | دقت کلی | ۱۶۹ | ۳۴ | ۱۶ | ۱۵ | ۳۹ | ۱۹ | ۲۶ | ۲۰ |
| ۰/۷۶ | ۷۹/۹ | ۲۹/۴ | ۸۱/۳ | ۷۰/۶ | ۷۳/۳ | ۷۴/۴ | ۶۳/۲ | ۱۰۰ | ۱۰۰ |
| خطای گماشته شده | ۰ | ۰ | ۲۹/۴ | ۱۸/۸ | ۲۶/۷ | ۲۵/۶ | ۳۶/۸ | ۰ | ۰ |

جدول ۴- ارزیابی دقت تصویر طبقه‌بندی شده با روش ماهالانویز، ۲۰۱۱

| خطای حذف شده | دقت تولید کننده | مجموع | اراضی زراعی دیم | اراضی زراعی آبی | اراضی باغی | مرتع | اراضی بایر و کوهستانی | اراضی نمکزار | آب |
|-----------------|-----------------|-------|-----------------|-----------------|------------|------|-----------------------|--------------|-----|
| ۰ | ۱۰۰ | ۲۱ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۲۱ |
| ۰ | ۱۰۰ | ۲۹ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۲۹ | ۰ |
| ۳۰ | ۷۰ | ۱۰ | ۳ | ۰ | ۰ | ۰ | ۷ | ۰ | ۰ |
| ۱۶/۱ | ۸۳/۹ | ۳۱ | ۳ | ۰ | ۰ | ۲۶ | ۲ | ۰ | ۰ |
| ۱۶/۷ | ۸۳/۳ | ۱۲ | ۱ | ۱ | ۱۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ |
| ۳۶/۸ | ۶۳/۲ | ۱۹ | ۵ | ۱۲ | ۱ | ۱ | ۰ | ۰ | ۰ |
| ۲۱/۹ | ۷۸/۱ | ۳۲ | ۲۵ | ۱ | ۱ | ۳ | ۲ | ۰ | ۰ |
| ضریب کاپا | دقت کلی | ۱۵۴ | ۳۷ | ۱۴ | ۱۲ | ۳۰ | ۱۱ | ۲۹ | ۲۱ |
| ۰/۸۱ | ۸۴/۴ | ۳۲/۴ | ۶۷/۶ | ۸۵/۷ | ۸۳/۳ | ۸۶/۷ | ۶۳/۶ | ۱۰۰ | ۱۰۰ |
| خطای گماشته شده | ۰ | ۰ | ۳۲/۴ | ۱۴/۳ | ۱۶/۷ | ۱۳/۳ | ۳۶/۴ | ۰ | ۰ |

برآورد مساحت کاربری اراضی طبقه بندی شده

بعد از انجام طبقه‌بندی تصاویر منطقه مورد مطالعه، مساحت کاربری‌های اراضی برای سال‌های ۱۹۷۶، ۱۹۸۹، ۲۰۰۲ و ۲۰۱۱ برآورد و در شکل ۶ نشان داده شده است. ملاحظه می‌گردد که روند تغییرات کاربری‌های کشاورزی شامل اراضی زراعت آبی، دیم و اراضی باغی طی سالهای ۱۹۷۶ تا ۲۰۱۱ افزایشی بوده است.

بطوریکه سطح اراضی زراعی آبی از ۲۴۹ کیلومتر مربع با ۴۱۲ درصد افزایش به ۱۲۷۵ کیلومتر مربع، اراضی زراعی دیم از ۲۸۶ کیلومتر مربع با ۶۷۲ درصد افزایش به ۲۲۱۰ کیلومتر مربع و اراضی باغی از ۱۱۲ کیلومتر مربع با ۳۳۳ درصد افزایش به ۴۸۵ کیلومتر مربع طی این مدت رسیده است. بطور کلی سطح زیر کشت آبی منطقه مورد مطالعه با نرخ رشد ۳۸۸ درصدی از ۳۶ هزار هکتار به ۱۷۶ هزار

خصوصاً از رابطه ۲ استفاده گردید و نتایج آن در جدول ۶ آمده است. ملاحظه می‌گردد در بین رودخانه‌های مورد مطالعه، آبی‌چای بیشترین سطح و آورد رودخانه را دارد و در عین حال بیشترین روند منفی را در دبی‌های از خود نشان می‌دهد.

در ادامه بین آمار سری زمانی تغییرات دبی‌های رودخانه (تفاضل سری زمانی دبی روند زدایی شده از دبی مشاهده شده) در محل ۶ ایستگاه آب‌سنجی ذکر شده در جدول ۶ با دما و بارندگی در زیر حوضه‌های مربوطه، رابطه همبستگی دو متغیره برقرار شد که نتایج حاصل نیز در این جدول قابل مشاهده است.

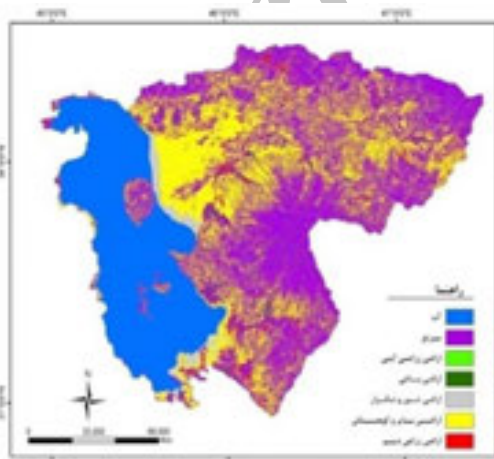
هکتار افزایش یافته است. علاوه بر آن، اکثر اراضی مرتع به اراضی زراعی دیم تبدیل گشته‌اند. همچنین شکل ۷ روند تغییرات سطح کشت آبی (اراضی زراعی آبی و باغی) را در منطقه مطالعاتی برای سال‌های ۱۹۷۶، ۱۹۸۹، ۲۰۰۲ و ۲۰۱۱ نشان می‌دهد.

ارزیابی رابطه تغییرات جریان رودخانه با دما، بارندگی و سطح کشت آبی

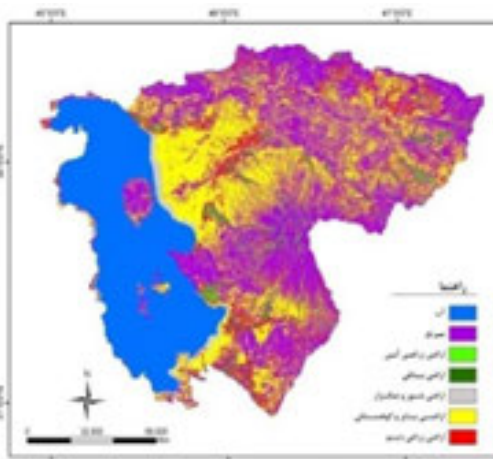
برای این بخش، سری زمانی دبی آن دسته از ایستگاه‌هایی که بر اساس نتایج قبل روند داشتند، ابتدا روند زدایی شدند که در این

جدول ۵- ارزیابی دقت تصویر طبقه‌بندی شده با روش حداکثر شباهت، ۲۰۱۱

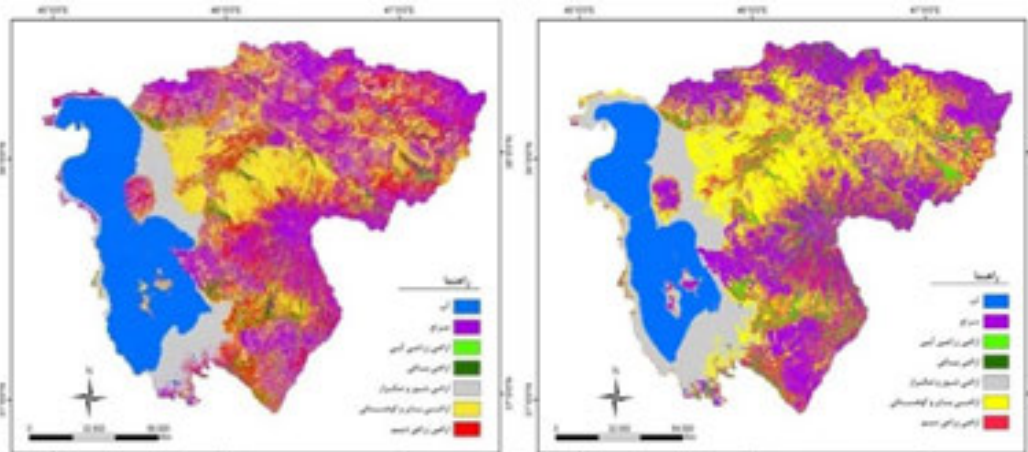
| خطای حذف شده | دقت تولید کننده | مجموع | اراضی زراعی دیم | اراضی زراعی آبی | اراضی باغی | مرتع | اراضی بایر و کوهستانی | اراضی نمکزار | آب |
|--------------|-----------------|-------|-----------------|-----------------|------------|------|-----------------------|--------------|-----|
| ۰ | ۱۰۰ | ۲۱ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۲۱ |
| ۰ | ۱۰۰ | ۲۲ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۲۲ | ۰ |
| ۲۵/۹ | ۷۴/۱ | ۲۷ | ۳ | ۰ | ۰ | ۲ | ۲۰ | ۲ | ۰ |
| ۸/۸ | ۹۱/۲ | ۳۴ | ۱ | ۰ | ۰ | ۳۱ | ۲ | ۰ | ۰ |
| ۲۳/۱ | ۷۶/۹ | ۱۳ | ۱ | ۱ | ۱۰ | ۱ | ۰ | ۰ | ۰ |
| ۱۶/۷ | ۸۳/۳ | ۱۲ | ۲ | ۱۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ |
| ۱۸/۵ | ۸۱/۵ | ۲۷ | ۲۲ | ۰ | ۰ | ۳ | ۲ | ۰ | ۰ |
| ضریب کاپا | دقت کلی | ۱۵۶ | ۲۹ | ۱۱ | ۱۰ | ۳۷ | ۲۴ | ۲۴ | ۲۱ |
| ۰/۸۵ | ۸۷/۲ | ۷۵/۹ | ۲۴/۱ | ۹۰/۹ | ۱۰۰ | ۸۳/۸ | ۸۳/۳ | ۹۱/۷ | ۱۰۰ |
| ۰/۸۵ | ۸۷/۲ | ۲۴/۱ | ۲۴/۱ | ۹/۱ | ۰ | ۱۶/۲ | ۱۶/۷ | ۸/۳ | ۰ |



شکل ۳- نقشه کاربری اراضی به روش حداکثر شباهت، ۱۹۸۹

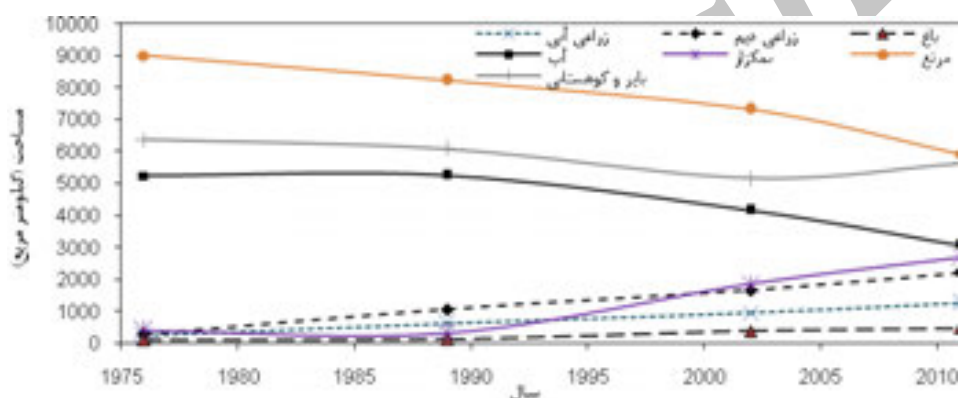


شکل ۲- نقشه کاربری اراضی به روش حداکثر شباهت، ۱۹۷۶



شکل ۵- نقشه کاربری اراضی به روش حداکثر شباهت، ۲۰۱۱

شکل ۴- نقشه کاربری اراضی به روش حداکثر شباهت، ۲۰۰۲



شکل ۶- روند تغییرات مساحت کاربری اراضی در منطقه مورد مطالعه

تحلیل دیگری با همین هدف به منظور ارائه و مقایسه همبستگی بین درصد تغییرات سطح کشت آبی و درصد تغییرات دمای متوسط سالانه با دبی متوسط جریان رودخانه به صورت جداگانه انجام شد. مشابه این رویکرد نیز توسط سوزی و همکاران (۱۹) در کانادا نیز مورد استفاده قرار گرفت. همانند قبل، این رابطه برای ۶ ایستگاه آب-سنجی دارای روند شامل ونیار، آخوله، شیشوان، علویان، قشلاق امیر و شیرین کند برای ۴ سال ۱۹۷۶، ۱۹۸۹، ۲۰۰۲ و ۲۰۱۱ بررسی شد که در شکل‌های ۸ تا ۱۳ قابل مشاهده هستند. به عنوان مثال شکل ۸ تغییرات متوسط دبی سالانه را بر اساس آمار ایستگاه ونیار به ترتیب تا سال ۱۹۷۶، ۱۹۸۹، ۲۰۰۲ و ۲۰۱۱ نشان می‌دهد. برای هر کدام از این متوسط‌ها، نسبت سطح اراضی آبی به کل سطح هر زیر حوضه و به همین منوال متوسط دما به متوسط بلند مدت ایستگاه‌ها در هر یک از این چهار سال آمده و سپس خط رگرسیون ترسیم شده است. مطابق این اشکال، همبستگی تغییرات سطح کشت آبی با تغییرات متوسط سالانه دبی ۶ ایستگاه، دارای ضریب تبیین بین ۰/۶ تا ۰/۹۸

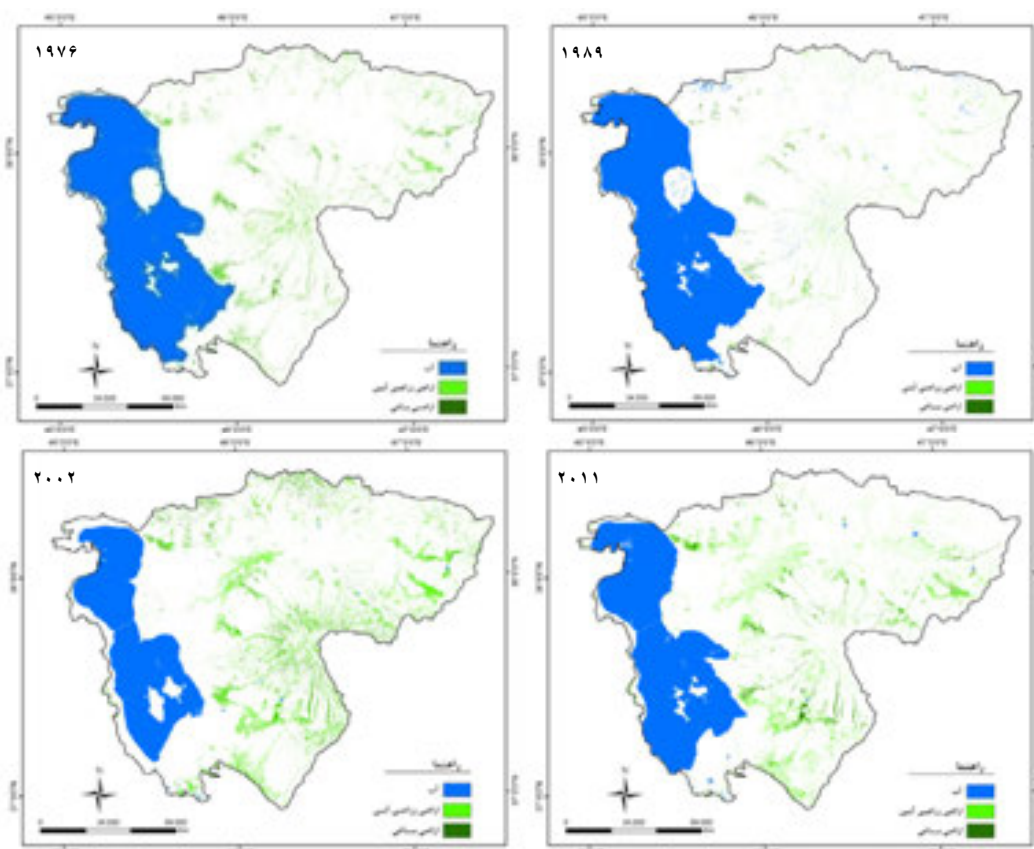
در ادامه برای همین ایستگاه‌ها رابطه قبل در قالب همبستگی سه متغیره بین تفاضل دبی‌ها با دما، بارندگی و سطح کشت آبی برقرار شد (جدول ۷). لازم به ذکر است تغییرات سطح زیر کشت بین سال‌های هر تصویر (از سال ۱۹۷۶ تا ۲۰۱۱) خطی فرض شد که روند شکل ۶ نیز مؤید این مطلب است.

بر اساس رگرسیون دو متغیره، اول اینکه کل رابطه همبستگی معنی‌دار می‌باشد، اما ارزیابی متغیرها به تنهایی نشان می‌دهد که تغییرات دبی با دما در تمام ایستگاه‌ها حداقل در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار می‌باشد، ولی این تغییرات با بارندگی رابطه معنی‌داری نداشته است. اما هنگامی که رگرسیون سه متغیره بین تغییرات دبی با دما، بارندگی و سطح کشت آبی برقرار شد، به دلیل همبستگی بالای تغییرات سطح کشت آبی با تغییرات دبی، عملاً نقش دما حذف شده و تغییرات دبی تنها با سطح کشت آبی قابل تعریف است. این نتایج در کل می‌تواند تاکید بر برتری نقش توسعه اراضی بر تغییرات دبی نسبت به دما باشد.

نتیجه‌گیری

تحقیق حاضر تلاشی برای بررسی روند در متغیرهای هواشناسی و هیدرولوژیکی در زیر حوضه‌های شرق دریاچه ارومیه و همچنین روند تغییرات کاربری اراضی آن طی سه دهه اخیر با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای بود.

می‌باشد و این مقادیر برای درصد تغییرات دما بین ۰/۲۶ تا ۰/۹۱ است. در مجموع نتایج مجدداً مؤید بخش قبل است که تاثیر سطح کشت آبی بیشتر از دما روی تغییرات دبی می‌باشد.



شکل ۷- تصاویر روند تغییرات سطح کشت آبی از سال ۱۹۷۶ تا ۲۰۱۱ در منطقه مورد مطالعه

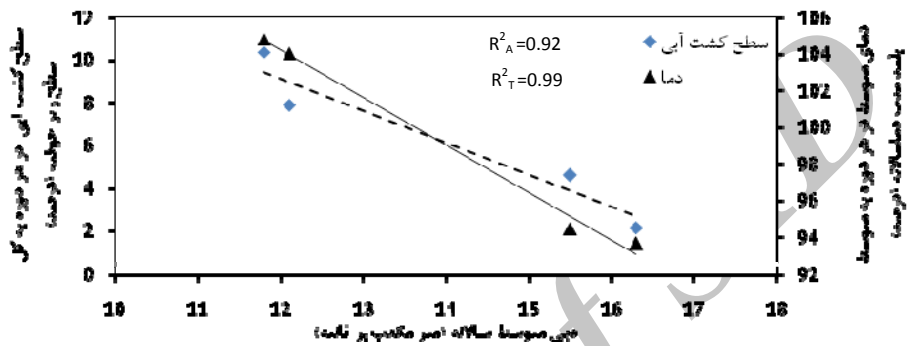
جدول ۶- معنی‌دار بودن رابطه تغییرات دبی با دما و بارندگی بر اساس رگرسیون دو متغیره

| ایستگاه | رودخانه | دبی مشاهده شده (m ³ /s) | دبی روندزدایی شده (m ³ /s) | تغییرات دبی با دما و بارندگی | تغییرات دبی با دما (R _T) | تغییرات دبی با بارندگی (R _P) |
|------------|-----------|------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|--|
| ونبار | آجی چای | ۱۱/۳ | ۱۳/۸ | * | * | --- |
| آخوله | آجی چای | ۱۱/۹ | ۱۹/۵ | * | * | --- |
| شیشوان | قلعه چای | ۱/۸ | ۲/۶ | * | * | --- |
| علویان | صوفی چای | ۳/۹ | ۴/۹ | * | * | --- |
| قشلاق امیر | مردوق چای | ۲/۶ | ۳/۲ | * | * | --- |
| شیرین کند | لیلان چای | ۱/۹ | ۲/۳ | * | * | --- |

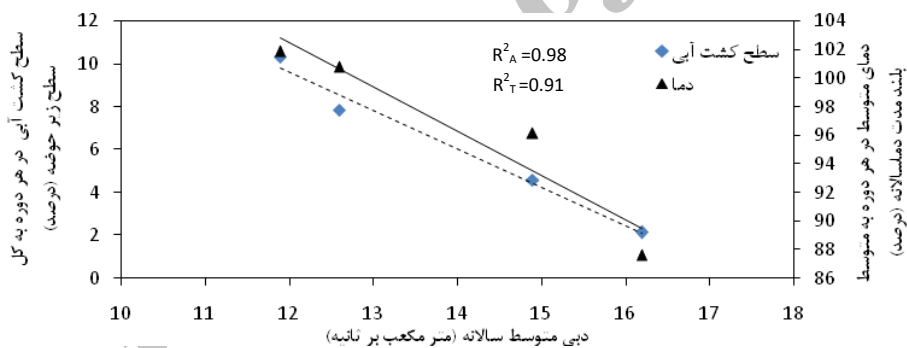
۱- معنی‌دار بودن رابطه همبستگی بین تغییرات دبی با دما و بارندگی در سطح احتمال ۵ درصد

جدول ۷- معنی دار بودن رابطه تغییرات دبی با دما، بارندگی و سطح کشت آبی بر اساس رگرسیون سه متغیره

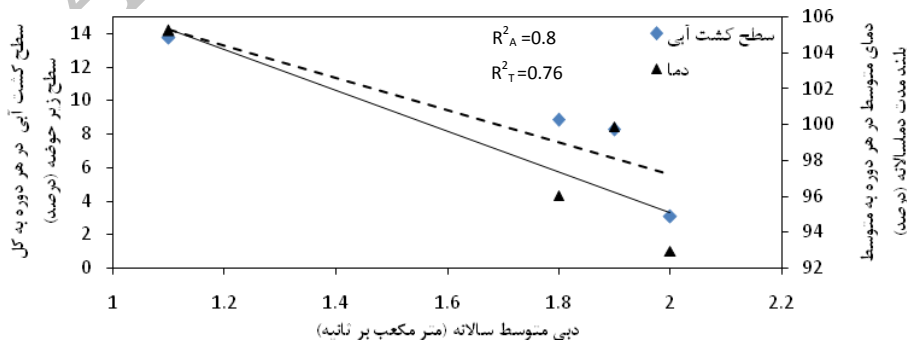
| ایستگاه | رودخانه | تغییرات دبی با دما، بارندگی و سطح کشت آبی | تغییرات دبی با بارندگی (R_p) | تغییرات دبی با دما (R_T) | تغییرات دبی با کشت آبی (R_A) |
|------------|-----------|---|----------------------------------|------------------------------|----------------------------------|
| ونیار | آجی چای | * | --- | --- | * |
| آخوله | آجی چای | * | --- | * | * |
| شیشوان | قلعه چای | * | --- | --- | * |
| علویان | صوفی چای | * | --- | --- | * |
| قشلاق امیر | مردوق چای | * | --- | --- | * |
| شیرین کند | لیلان چای | * | --- | --- | * |



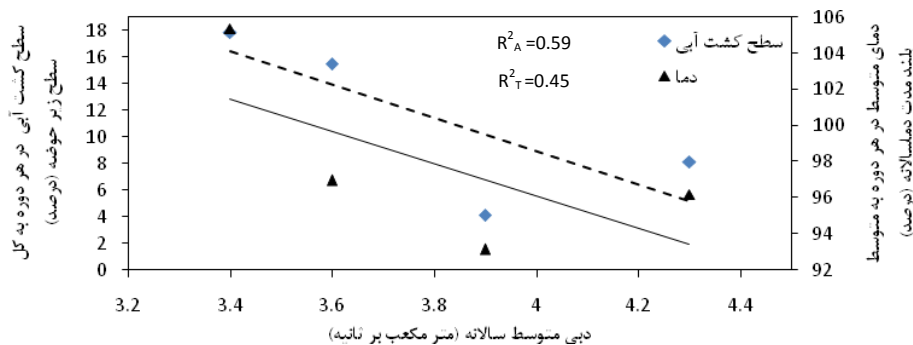
شکل ۸- همبستگی بین تغییرات سطح کشت آبی و دما متوسط سالانه با دبی متوسط سالانه و نیار



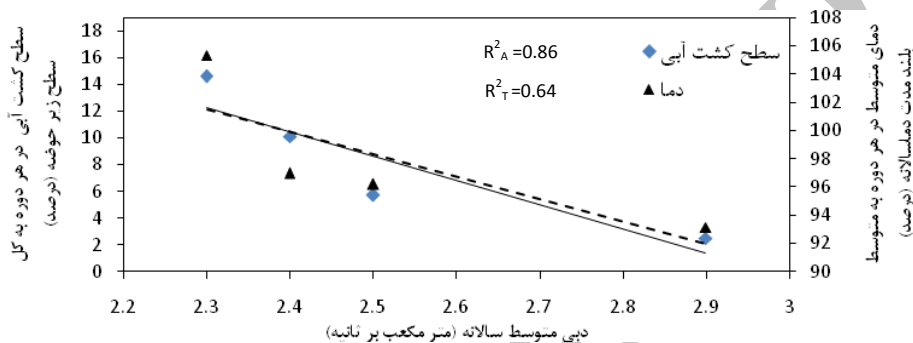
شکل ۹- همبستگی بین تغییرات سطح کشت آبی و دما متوسط سالانه با دبی متوسط سالانه آخوله



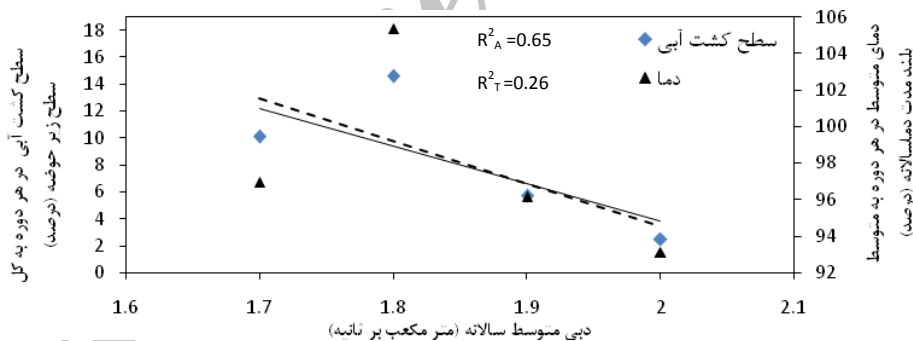
شکل ۱۰- همبستگی بین تغییرات سطح کشت آبی و دما متوسط سالانه با دبی متوسط سالانه شیشوان



شکل ۱۱- همبستگی بین تغییرات سطح کشت آبی و دما متوسط سالانه با دبی متوسط سالانه علویان



شکل ۱۲- همبستگی بین تغییرات سطح کشت آبی و دما متوسط سالانه با دبی متوسط سالانه قشلاق امیر



شکل ۱۳- همبستگی بین تغییرات سطح کشت آبی و دما متوسط سالانه با دبی متوسط سالانه شیرین کند

ارومیه افزایش یافته که بخشی از کاستی‌های منابع آب با این وضعیت قابل توجه است. بررسی روند در سری زمانی بارندگی‌ها در منطقه، رفتار یکسان با دما را نداشت و در مقیاس سالانه رفتار پایداری را از خود نشان داد. نتایج تحلیل روند برای سری زمانی دبی رودخانه‌ها نیز نشان داد که در این مقیاس، دبی روند کاهشی داشته و این روند برای ایستگاه‌های پایین دست بیشتر قابل مشاهده است که به شکلی گویای نقش عوامل انسانی در آن است. بررسی نتایج روش‌های من-کندال، تایل-سن، اسپیرمن و

بدین منظور آمار ۱۸ ایستگاه دما سنجی، باران سنجی و آب-سنجی با استفاده از ۴ روش معتبر تحلیل روند مورد ارزیابی قرار گرفتند. همچنین تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره LANDSAT برای سال‌های ۱۹۷۶، ۱۹۸۹، ۲۰۰۲ و ۲۰۱۱ بررسی شد. نتایج این تحقیق در قالب موارد زیر قابل ارائه هستند. بطور کلی روند معنی‌دار افزایشی دما در مقیاس سالانه در سطح منطقه قابل مشاهده است. بررسی ایستگاه‌ها نشان داد که دما به میزان ۰/۰۲ تا ۰/۱۵ درجه سانتیگراد در سال در شرق حوضه دریاچه

افزایش به ۲۲۱۰ کیلومتر مربع و اراضی باغی از ۱۱۲ کیلومتر مربع با ۳۳۳ درصد افزایش به ۴۸۵ کیلومتر مربع رسیده است.

تجزیه و تحلیل تصاویر ماهواره لندست نشان داد که طی ۳۰ سال اخیر نوسان‌های قابل ملاحظه‌ای در سطح آب دریاچه رخ داده است. بطوریکه تغییرات سطح آب دریاچه ارومیه با ۴۲ درصد کاهش از ۵۲۰۰ به حدود ۳۰۰۰ کیلومتر مربع رسیده است. همچنین تصاویر نشان می‌دهد که خطوط ساحلی به ویژه در شرق و جنوب شرقی منطقه مورد مطالعه پسروی بسیار قابل توجهی را دارد، بطوریکه سطح اراضی شور و نمکزار با ۵۶۰ درصد افزایش به ۲۶۹۰ کیلومتر مربع رسیده است.

بررسی تغییرات دبی طی دوره آماری با تغییرات دما، بارش و سطح زیر کشت نشان داد که در همبستگی دو متغیره دما و بارندگی، تنها دما معنی‌دار است. اما در همبستگی سه متغیره، تغییرات دبی با دما، بارش و سطح زیر کشت آبی، نقش متغیرهای اقلیمی حذف و تنها تغییرات سطح کشت آبی را معنی‌دار می‌داند که موید اثر بیشتر تغییرات سطح زیر کشت در مقایسه با عوامل اقلیمی بر تغییرات جریان در رودخانه‌های این بخش از حوضه دریاچه ارومیه است.

سنس‌تی نشان داد که روش سنس‌تی بیشترین روند را در ایستگاه‌ها گزارش کرد و دلیل این امر می‌تواند به نحوه معرفی داده‌ها به این روش‌ها باشد که تنها در آن سری زمانی داده‌های ماهانه یکجا به مدل معرفی می‌گردد.

جهت انجام طبقه‌بندی کاربری‌های مختلف با تصاویر ماهواره‌ای، از روش‌های حداقل فاصله، فاصله ماها-لانوبیز و حداکثر شباهت استفاده شد که روش حداکثر شباهت با دقت کلی بیش از ۸۵ درصد و ضریب کاپای بیشتر از ۰/۸ مناسب‌تر تشخیص داده شد.

مساحت کاربری‌های مختلف در منطقه مطالعاتی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای برآورد شد و نتایج نشان داد که اراضی مرتعی روند کاهشی داشته‌اند و طی سال‌های ۱۹۷۶ تا ۲۰۱۱، از ۹۰۰۲ کیلومتر مربع به ۵۹۲۲ کیلومتر مربع رسیده و زیر حوضه آبی‌چای با ۲۰۰۰ کیلومتر مربع کاهش اراضی مرتع، بیشترین تغییرات را داشته است.

بر خلاف اراضی مرتعی اراضی زراعی دیم، آبی و باغی بطور چشمگیری افزایش یافته است. بطوریکه سطح اراضی زراعی آبی طی دوره ۳۵ ساله از ۲۴۹ کیلومتر مربع با ۴۱۲ درصد افزایش به ۱۲۷۵ کیلومتر مربع، اراضی زراعی دیم از ۲۸۶ کیلومتر مربع با ۶۷۲ درصد

منابع

- ۱- جلیلی ش. ۱۳۸۹. تحلیل طیفی سری زمانی تراز دریاچه ارومیه و اثر متغیرهای اقلیمی و هیدرولوژیکی بر آن. رساله دکترا، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.
- ۲- رسولی ع. ا. ۱۳۸۷. مبانی سنجش از دور کاربردی با تاکید بر پردازش تصاویر ماهواره‌ای. انتشارات دانشگاه تبریز. تبریز.
- ۳- فاطمی س. ب. و رضایی ی. ۱۳۸۹. مبانی سنجش از دور. چاپ دوم. انتشارات آزاده. تهران.
- 4- Bitter J. 2010. Personal communication, Imperial College, UK.
- 5- Burn H.B., and Elnur M.A.H. 2002. Detection of hydrologic trends and variability. *Journal of Hydrology*, 255: 107-122.
- 6- Hagner O. and Reese H. 2007. A method for calibrated maximum likelihood classification of forest types. *Remote Sensing of Environment*, 110: 438-444.
- 7- Kadioğullari A. I. and Başkent E. Z. 2008. Spatial and temporal dynamics of land use pattern in Eastern Turkey: a case study in Gümüşhane. *Environmental monitoring and assessment*, 138: 289-303.
- 8- Kahya E. and Kalaycı S. 2004. Trend analysis of streamflow in Turkey. *Journal of Hydrology*, 289: 128-144.
- 9- Kendall M.G. 1975. *Rank Correlation Methods*, Charles Griffin, London.
- 10- Kumar S., Merwade V., Kam J. and Thurner K. 2009. Streamflow trends in Indiana: Effects of long term persistence, precipitation and subsurface drains. *Journal of Hydrology*, 374: 171-183.
- 11- Maingi J. K. and Marsh S.E. 2002. An Accuracy Assessment of 1992 Landsat-MSS Derived Land Cover for the Upper San Pedro Watershed (U.S./Mexico). United States Environmental Protection Agency. Office of Research and Development National Exposure Research Laboratory Environmental Sciences Division.
- 12- Mann H. B. 1945. Nonparametric Tests Against Trend. *Econometrica*, 13: 245-259.
- 13- Maugeri M. and Nanni T. 1998. Surface Air Temperature variations in Italy: Recent Trends and an update to 1993. *Theor. Appl. Climatol.*, 61: 191-196.
- 14- Pal I. and Al-Tabbaa A. 2011. Assessing seasonal precipitation trends in India using parametric and non-parametric statistical techniques. *Theor Appl Climatol*, 103:1-11. DOI 10.1007/s00704-010-0277-8.
- 15- Partal T. and Kucuk M. 2006. Long-term trend analysis using discrete wavelet components of annual precipitations measurements in Marmara region (Turkey). *Physics and Chemistry of the earth*, 31: 1189-1200.
- 16- Ram B. and Chauhan J. S. 2009. Application of Remote Sensing and GIS to assess Land Use Changes in Jhunjhun District of Arid Rajasthan. *J. Indian Soc. Remote Sens*, 37: 671-680.
- 17- Ranqikanbhum T. and Lsana P. 1997. Study on Forest Change Detection in Eastern forest by Remote sensing Technique. <http://www.GISdevelopment.net/AARS/ACRS/Forestry>. P: 1-3.

- 18- Saadat H., Adamowski J., Bonnell R., Sharifi F., Namdar M. and Ale-Ebrahim S. 2011. Land use and land cover classification over a large area in Iran based on single date analysis of satellite imagery. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 66(5), 608-619, Doi:10.1016/j.isprsjprs.2011.04.001.
- 19- Savary S., Rousseau A. N. and Quilbé R. 2009. Assessing the effects of historical land cover changes on runoff and low flows using remote sensing and hydrological modeling. *Journal of Hydrologic Engineering*, 14: 575.
- 20- Sen P. K. 1968. Asymptotically efficient tests by the method of n rankings. *J. Roy. Statist. Soc. Ser. B*. 30.
- 21- Theil H. 1950. A rank-invariant method of linear and polynomial regression analysis, Part 3. *Proc Koninklijke Nederlandse Akad Wetenschapen*, 53:1397-1412.
- 22- Yasuoka Y., Tamamura M. and Yamagata Y. 1994. Application of Remote Sensing to Environmental Monitoring – Global Wetland Monitoring, in *Optical Methods in Biomedical and Environmental Sciences*, Elsevier Science, pp. 269-272.
- 23- Yue S. and Wang C.Y. 2004. The Mann-Kendall test modified by effective sample size to detect trend in serially correlated hydrological series. *Water Resources Management*, 18: 201-218.
- 24- Zhang X., Vincent L.A., Hogg W.D. and Niitsoo A. 2000. Temperature and precipitation trends in Canada during the 20th century. *Atmospheric Ocean*, 38: 395-429.
- 25- Zhao G., Hormann G., Fohrer N., Zhang Z. and Zhai Z. 2010. Streamflow Trends and Climate Variability Impacts in Poyang Lake Basin, China. *Water Resour Manage*, 24: 689-706.

Archive of SID



Trend Assessment of Land Use Changes Using Remote Sensing Technique and its Relationship with Streamflows Trend (Case Study: The East Sub-Basins of Urmia Lake)

F. Fathian¹-S. Morid^{2*} - S. Arshad³

Received:27-01-2013

Accepted:07-07-2013

Abstract

The drawdown trend of the water level in Urmia Lake poses a serious problem for northwestern Iran that will have a negative impact on the agriculture and industry. This research investigated the possible causes of this adversity by estimating trends in the time series of hydro-climatic variables of the basin as well as tracking changes in the land use of the study area, using satellite images. Four non-parametric statistical tests, the Mann-Kendall, Theil-Sen, Spearman Rho and Sen's T test, were applied to estimate the trends in the annual time series of streamflow, precipitation and temperature at 18 stations throughout the case study. Furthermore, by using the LANDSAT satellite images of 1976, 1989, 2002 and 2011, land use classification was determined using maximum likelihood, minimum distance and mahalanobis distance methods. The results showed significant increasing temperature trend throughout the region and an area-specific precipitation trend. The trend tests also confirmed a general decreasing trend in region streamflows that was more pronounced in the downstream stations. The results showed that the classification by the maximum likelihood method was associated with minimum error. The results of processing the images showed that the irrigated crops, horticultural and dry lands have increased during last 35 years by 412, 485 and 672 percent, respectively. But, the pasture area is decreased by 34 percent. Finally, correlation between streamflow changes with simultaneous changes in climatic variables and land use showed it is significant in case of temperature and land use; and insignificant in case of precipitation. However, the determination coefficient of land use is higher than temperature.

Keywords: Trend, Non-parametric methods, Land use, Remote Sensing, Urmia Lake Basin

1,2- M.S.c Graduated and Professor of Water Resources Engineering Department, Tarbiat Modares University
(*- Corresponding Author Email: morid_sa@modares.ac.ir)

3- Assistant Professor of Water Engineering Department, Faculty of Agriculture, Guilan University