

بررسی روند تغییرات دما و بارش و اثر آن بر پتانسیل منابع آب ورودی به سد طالقان

منیژه عزتی^۱، علیرضا شکوهی^{۳*}، مجتبی نوری^۲، ویجی پی سینگ^۴

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه مهندسی آب، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران

۲- استاد گروه مهندسی آب، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران

۴- استاد گروه بیوتکنولوژی و مهندسی کشاورزی، دانشگاه M&A نگراس، کالج استیشن، امریکا

۳- مدیر دفتر مطالعات پایه منابع آب شرکت آب منطقه‌ای البرز، کرج، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۵/۲۳ - تاریخ بازنگری: ۱۳۹۶/۹/۱۱ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۶/۹/۱۳)

چکیده

اثر تغییر مقدار و الگوی بارش بر رواناب سطحی و وقایع حدی هیدرولوژیکی، در مقیاس محلی و منطقه‌ای بخصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور، همچنان مورد بحث می‌باشد. در این تحقیق اثر تغییرات حرارت و بارش بر دبی سالانه و ماهانه حوضه آبریز طالقان در محل ورود به سد مخزنی طالقان بررسی شده است. برای این منظور ابتدا با استفاده از آزمون‌های آماری وجود روند و وقوع جهش در متغیرهای هواشناسی-هیدرولوژیکی برای مطالعات تغییر اقلیم بررسی گردید. نتایج آزمون روند نشان‌دهنده روند افزایشی درجه حرارت (در سطح احتمال ۰/۹۹) و رواناب (در سطح احتمال ۰/۹۵) در طول فصل زمستان خصوصاً در ماه‌های بهمن و اسفند بود، در حالی که در بارش هیچ‌گونه روندی مشاهده نگردید. همچنین نتایج آزمون جهش حاکی از آن بود که دما در سال ۱۳۶۳ در سطح احتمال ۰/۹۹ دچار جهش مثبت شده است. کوهستانی بودن حوضه، نظریه افزایش دمای هوا در زمستان و ذوب‌شدن برف زمستانه و ایجاد رواناب زود هنگام و به عبارت دیگر به عقب کشیده شدن زمان ذوب برف از فصل بهار به فصل زمستان را مطرح نمود. در ادامه و با استفاده از تکنیک سنجش از دور و با انتخاب ماهواره ترا، سطح پوشش برف حوضه طالقان در طول سال‌های ۱۳۷۹-۱۳۹۳ در طول فصل زمستان بررسی گردید. نتایج حاصله حاکی از روند کاهشی سطح پوشش برف در سطح احتمال ۰/۹۹ در بهمن‌ماه بود. بدین ترتیب وجود و اثر تغییرات اقلیمی بر منابع آب حوضه طالقان، با در نظر گرفتن جمیع عوامل نظیر وجود روند مثبت معنی‌دار در درجه حرارت، کاهش سطح پوشش برف، کاهش جریان‌های بهاری و افزایش جریان زمستانه ورودی به سد، علیرغم ثابت ماندن حجم بارش و عمق رواناب سالانه مورد تأیید قرار گرفت. در نتیجه‌گیری نهایی می‌توان گفت که تغییرات اقلیمی در این حوضه خود را به صورت تغییر الگوی بارش یعنی تغییر نوع بارش از برف به باران و همچنین جابجایی فصلی نشان داده است. این مطالعات با توجه به عدم وجود روند در میزان دبی سالیانه وارده به مخزن سد نشان داد که اثر عوامل انسانی در تغییر الگو و میزان رواناب حوضه از تأثیر زیادی برخوردار نبوده است.

واژه‌های کلیدی: تغییرات اقلیمی، روند، جهش اقلیمی، الگوی بارش، برف، سد طالقان

مقدمه

اصل وجود مسئله‌ای بنام تغییر اقلیم علیرغم آشکار شدن زوایای مختلف آن در نقاط مختلف دنیا همچنان مورد بحث محققین، مهندسیین و مدیران بخش‌های مرتبط قرار دارد. اهمیت این مسئله زمانی آشکار می‌گردد که بحث مزبور، به مسائل مربوط به مدیریت منابع آب و تخصیص جریان به بخش‌های مختلف شرب، صنعت، کشاورزی و محیط‌زیست بسط می‌یابد (Cacho *et al.*, 2008). در همه حوضه‌هایی که روی رودخانه اصلی آنها سد مخزنی احداث شده و عوامل انسانی بدین وسیله می‌توانند

روی سهمیه‌بندی بخش‌های مختلف اعمال نظر نمایند داشتن دورنمایی از تغییرات جریان در حوضه، یک اصل به شمار می‌رود. بدون شک مدیریت پدیده‌های خشکسالی و سیل از اولویت‌های مدیران صنعت آب می‌باشد که پیش‌بینی کوتاه مدت و بلند مدت آن‌ها برای اتخاذ هر نوع تصمیم با توجه به بازخوردهای سنگین سیاسی، اقتصادی و اجتماعی آن لازم و ضروری می‌باشد. به همین دلیل، مطالعه بروز تغییر اقلیم و تعیین میزان تأثیر آن در افزایش یا کاهش شدت دو پدیده یادشده و همچنین بر کل توان آبدی حوضه در کنار تبیین میزان تأثیر دخالت عوامل انسانی بر موارد یادشده، اهمیت پیدا می‌نماید. وضعیت دریاچه ارومیه هشدار خوبی برای همه

محققین و همه مدیران و تصمیم‌گیران بخش منابع آب می‌باشد. تحقیقات نشان می‌دهد که از سال ۲۰۰۰ میلادی یعنی سال ۱۳۸۰ روند نزولی بارش و به تبع آن روند کاهشی جریان در تمامی رودخانه‌های منتهی به این دریاچه مشخص بوده است (Khalili *et al.*, 2015). همزمان با آن، بهره‌برداری از تقریباً تمامی سدهای احداث شده بر حوضه روندی افزایشی داشته است. (Jalili *et al.*, 2012; Shokoohi and Morovati, 2015). البته تحلیل‌هایی نیز وجود دارد که سهم عوامل انسانی در وضعیت نابهنجار بوجود آمده برای دریاچه از طریق ساخت سدهای مخزنی را مؤثر قلمداد نموده و به‌طور تقریباً ۲۵ تا ۴۰ درصد مشکلات حاصله را ناشی از این عامل دانسته‌اند (Hassanzadeh *et al.*, 2011).

با چنین پیش‌زمینه‌ای، در مقاله حاضر حوضه آبریز طالقان که از منظرهای متعددی من جمله تأمین آب شرب تهران و تأمین حق‌آبه استانهای مجاور همچون البرز و قزوین از اهمیت اقتصادی، سیاسی و اجتماعی فراوانی برخوردار می‌باشد مورد ارزیابی قرار گرفته است. تلاش برای پاسخ به سؤالاتی که در خصوص کیفیت یا عدم کیفیت جریان این سد در سال‌های اخیر و آینده نزدیک مطرح می‌باشد و همچنین تطابق و یا عدم تطابق منحنی فرمان تعیین شده برای سد مزبور در اثر عواملی همچون تغییر اقلیم و وجود احتمال اثر عوامل انسانی بر وضعیت کنونی و آینده آن منجر به تحقیقاتی گشته است که مقاله حاضر به ارائه نتایج آن اختصاص دارد.

پارامترهای اقلیمی در مقیاس زمان و مکان به دلایل زیاد تغییر می‌کنند. به‌منظور آشکارسازی تغییرات اقلیمی از دیدگاه آماری، روش‌های خاصی بکار گرفته می‌شود. به‌طور کلی آزمون‌های آماری را می‌توان به دو بخش آزمون‌های پارامتری و آزمون‌های ناپارامتری تقسیم کرد. مزیت آزمون‌های ناپارامتری بر آزمون‌های پارامتری آن است که در اکثر آزمون‌های پارامتری، فرض اولیه آزمون، وجود توزیع نرمال در داده‌ها می‌باشد. از آنجایی که بسیاری از داده‌ها در شرایط واقعی دارای چولگی بوده و توزیع نرمال ندارند، بنابراین برای آنکه نتیجه بهتری بدست آید، ترجیح داده می‌شود که از آزمون‌های ناپارامتری، نظیر آزمون من-کندال که جزء متداول‌ترین و پرکاربردترین روش‌های ناپارامتریک تحلیل روند سری‌های زمانی به شمار می‌رود استفاده گردد (Fujihara *et al.*, 2016; Modarres and Sarhadi, 2009). در بررسی‌هایی که توسط Shokoohi *et al.* (2014) به‌منظور بررسی رخداد تغییر اقلیم در سطح حوضه‌های درجه دو کشور انجام شد این نتیجه بدست آمد که در مقابل کاهش جریان‌های سطحی، دما در سراسر

کشور روند افزایشی داشته است. در بررسی‌های انجام گرفته توسط Nikghoojagh and Yarmohamadi (2008) که به‌منظور بررسی رخداد تغییر اقلیم در زیر حوضه رودخانه زیارت از حوضه قره‌سو در استان گلستان انجام شد ملاحظه گردید که میانگین دما افزایش داشته است. Shokoohi and Daneshkar (2008) در بررسی‌هایی که به‌منظور بررسی رخداد تغییر اقلیم در سراسر کشور انجام دادند نتیجه گرفتند که باران در بخش‌هایی از کشور روند نزولی، در بخش‌هایی بدون تغییر و در برخی دیگر روند افزایشی داشته ولی دما در سراسر کشور روند افزایشی در سطح معنی‌دار ۹۹٪ داشته است. در مطالعات تغییر اقلیم استان مازندران توسط Jahanbakhsh *et al.* (2010) بر مبنای تغییرات میانگین سالانه بارش در بازه زمانی ۲۰ ساله (دو دهه اخیر) نشان داده شد که در میزان بارندگی تغییرات معنی‌داری وجود ندارد. Mohammadi (2010) به تحلیل روند بارش سالانه ایران با استفاده از داده‌های ۱۴۳۷ ایستگاه همدید، اقلیمی و باران‌سنجی طی دوره ۴۰ ساله ۱۳۴۳-۱۳۸۲ پرداخت و نتایج نشان داد که در سری زمانی میانگین ایستگاهی و یاخته‌های بارش ایران، روند افزایشی یا کاهشی معنی‌داری در سطوح اطمینان ۹۵٪ و ۹۹٪ وجود ندارد. Farrokhnia (2012) and Morid روند تغییرات بارش را با استفاده از چهار آزمون ناپارامتری تحلیل روند در تعدادی از ایستگاه‌های حوضه آبریز دریاچه ارومیه مورد بررسی قرار دادند و نتیجه‌گیری نمودند که بارش در این حوضه عمدتاً فاقد روند بوده است. Khalili *et al.* (2013) در مطالعه خود برای نشان دادن ارتباط میان روند داده‌های ماهانه و جریان رودخانه شهرچای در غرب دریاچه ارومیه به این نتیجه رسیدند که روند نزولی جریان در این رودخانه می‌تواند به علت افزایش متغیر اقلیمی دما و وابستگی رژیم آبدهی رودخانه مزبور به ذوب برف باشد. Ababaei *et al.* (2014) در مقاله‌ای به بررسی تغییر آورد سد طالقان تحت سناریوهای تغییر اقلیم در طی سال‌های ۲۰۴۰-۲۰۶۹ پرداخته‌اند. در این تحقیق با هدف نمایش توانایی روش‌های ترکیب اطلاعات در مقابل روش‌های ساده شبیه‌سازی، نهایتاً این نتیجه بدست آمده است که متوسط دبی روزانه ورودی به سد کاهش و دمای حوضه افزایش خواهد یافت. در همین مقاله نویسندگان به عدم قطعیت بسیار زیاد مطالعات و تناقض‌های بسیار معنی‌دار حاصله از بکارگیری مدل‌های گوناگون اشاره داشته‌اند. Mozafari *et al.* (2015) در بررسی اثرات تغییر اقلیم ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای در اراضی کشاورزی پایین‌دست سد طالقان در دشت قزوین، افزایش دما و کاهش بارش را برای سناریوهای مختلف ملاحظه کردند و کاهش

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی وجود روند در جریان سالانه ورودی به سد، وضعیت بیلان آبی حوضه در این مقیاس ارزیابی گردید. به علت عدم وجود روند در مقیاس سالانه، به مطالعه در مقیاس ماهانه پرداخته شد. بعد از این مرحله و پس از بارسازی وجود تغییرات در جریان ورودی به سد در برخی از ماهها، به بررسی مجموع بارش ماهانه اقدام شد. با ملاحظه عدم وجود روند در مقدار بارش ماهانه، تغییر الگوی بارش در منطقه مورد توجه قرار گرفت. بهترین عاملی که در این منطقه برفخیز می‌توانست مورد توجه قرار گیرد، عامل دمای ماهانه و اثرات آن بر الگوی بارش و به عبارت دیگر تغییر میزان بارش به صورت برف و لذا ایجاد تغییر در دبی ماهانه و لذا ایجاد تغییر در الگوی آبدی درازمدت رودخانه طالقان بود. بدین منظور تغییرات درازمدت پوشش سطح برف در هماهنگی با تغییرات درازمدت مهمترین پارامتر اقلیمی اثرگذار یعنی دما مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت. در این راستا برای تحلیل روند از روش ناپارامتری من کندال و برای تعیین زمان شروع تغییرات در الگوی بارش منطقه و همچنین اقلیم حرارتی حوضه از روش ناپارامتری توزیع آزاد کیوسام استفاده شد. برای بررسی صحت آماری تحلیل‌های انجام شده از آماره‌هایی همچون میانگین درصد خطای مطلق، میانگین مطلق انحرافات و میانگین مربع انحرافات استفاده به عمل آمد. برای جمع‌آوری داده‌های مربوط به بارش، دما و جریان ورودی سد از ایستگاههای زمینی معرف و برای داده‌های مربوط به برف از تصاویر ماهواره ترا و سنجنده مادیس استفاده به عمل آمد.

منطقه مورد مطالعه

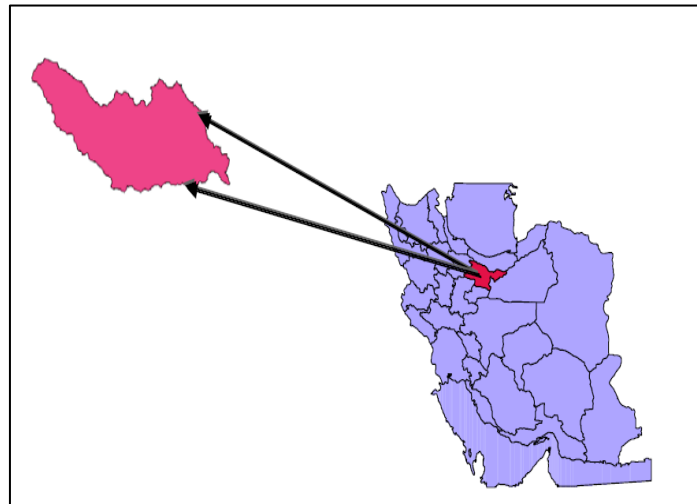
حوضه آبریز طالقان که یکی از زیر حوضه‌های مهم آبریز سفیدرود به شمار می‌رود و در محدوده مطالعاتی طالقان الموت قرار گرفته است. این حوضه در دامنه جنوبی رشته کوه‌های البرز و در بخش شمال غربی در فاصله ۱۲۰ کیلومتری تهران واقع شده است و از نظر موقعیت جغرافیایی از شمال به حوضه آبریز الموت، از جنوب به زیاران و صمغ آباد، از شرق به بخشی از حوضه آبریز کرج و از غرب به حوضه آبریز شاهرود محدود می‌شود. این حوضه بین دو عرض ۳۶ درجه و ۵ دقیقه و ۳۱ ثانیه تا ۳۶ درجه و ۳۳ دقیقه و ۳۷ ثانیه و بین دو طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۲۱ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۱ دقیقه و ۱۶ ثانیه شرقی واقع شده است. وسعت حوضه آبریز طالقان ۹۵۸۱۳ هکتار و مساحت حوضه سد مخزنی بالغ بر ۹۵۸۱۳

عملکرد اغلب کشت‌های موجود را پیش‌بینی نمودند.

یکی از مواردی که در این مطالعه برای جستجوی احتمال بروز تغییر اقلیم در حوضه آبریز طالقان مورد بررسی قرار گرفت میزان تغییرات پوشش برف در سطح حوضه می‌باشد. برای این منظور از تولیدات سنجنده مادیس استفاده به عمل آمده است که با توجه به ادبیات موضوع، دارای دقت قابل قبولی در ارزیابی توزیع مکانی پوشش برف می‌باشد. (Liang et al. 2008) با استفاده از تولیدات پوشش برفی سنجنده مادیس و داده‌های مشاهده‌شده در سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۵ در نواحی شمالی چین، دقت الگوریتم پوشش سطح برف سنجنده مادیس را با توجه به عمق‌های مختلف برف و نوع پوشش سطح، مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که دقت الگوریتم پوشش سطح برف روزانه در شرایط بدون ابر ۹۸/۵ درصد می‌باشد و دقت آن با افزایش مقدار عمق برف در صورتی که بزرگتر از سه سانتی‌متر باشد، افزایش می‌یابد. در تحقیقی دیگر (Zhou et al. 2005) به بررسی دقت پوشش برف حاصل از سنجنده MODIS و پوشش برف NOHRSC^۱ حاصل از سنجنده AVHRR پرداختند. آنها با مقایسه اطلاعات نمونه‌برداری زمینی SNOTEL دریافتند که MODIS در مناطق مرتفع حوضه، برف را با دقتی بیشتر از AVHRR تعیین می‌کند. در یکی از آخرین تحقیقات انجام شده در خصوص استفاده از عکس‌های مربوط به پوشش برف ماهواره MODIS می‌توان به مطالعات (Marcil et al. 2016) اشاره نمود که بر توانایی داده‌های مربوط به پوشش برف حاصل از این ماهواره در پیش‌بینی سیلاب ناشی از ذوب برف به منظور مدیریت مخازن واقع در مناطق برف‌گیر تأکید نموده است. در این تحقیق بررسی تغییرات پارامترهای اقلیمی، ناظر بر اطلاعات تاریخی ثبت شده در حوضه در طول دوره آماری بلندمدت مورد استفاده بوده و از مدل‌های GCM برای بررسی آینده به وقوع نپیوسته استفاده نخواهد شد. با توجه به مباحث فوق‌الذکر، مواردی همچون بررسی روند تغییرات دما و بارش برای آشکارسازی تغییرات پارامترهای اقلیمی اساسی در مقیاس حوضه با تکیه بر داده‌های زمینی، متدولوژی مورد استفاده برای بارسازی تغییرات و بالاخره نمایش اثر تغییر رژیم حرارتی بر رژیم آبی حوضه از طریق تغییر الگوی بارش بجای تغییر مقدار بارش، از نکات بارز این مقاله در مقایسه با دیگر تحقیقات انجام یافته در ایران به طور عام و حوضه آبریز سد طالقان به طور خاص است.

به‌بره‌برداری رسید. شکل (۱) موقعیت جغرافیایی منطقه طالقان را نشان می‌دهد.

هکتار می‌باشد. در فروردین سال ۱۳۸۱، عملیات ساخت سد مخزنی طالقان آغاز شد و سد مزبور در سال ۱۳۸۵ به



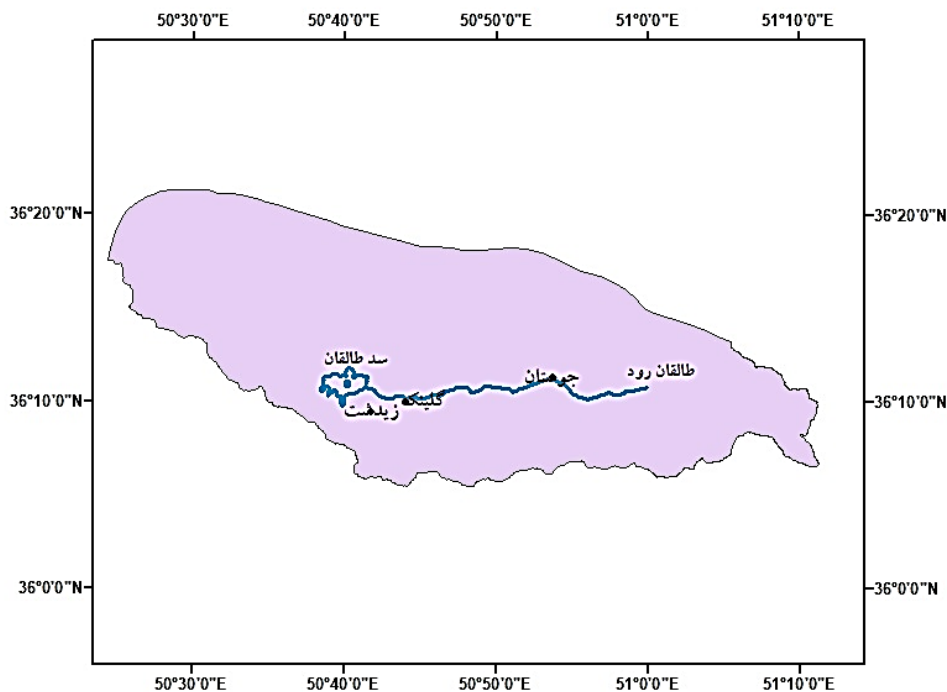
شکل ۱. موقعیت حوضه آبریز طالقان

جدول ۱. ایستگاه‌های هواشناسی و هیدرومتری منتخب حوضه طالقان

نام	رقوم (متر)	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی
زیدشت	۱۹۳۱	۳۶-۰۹-۲۹	۵۰-۴۱-۴۶
جوستان	۱۹۸۴	۳۶-۱۱-۱۹	۵۰-۵۳-۴۳
گلینک	۱۷۷۰	۳۶-۱۰-۰۰	۵۰-۴۴-۰۰

داده‌ها:

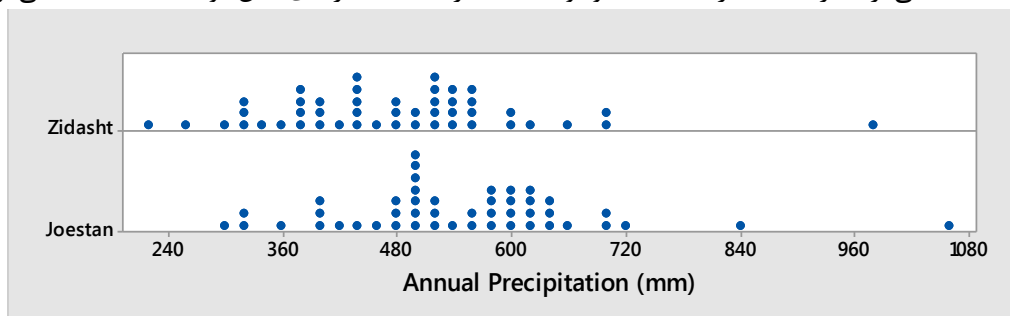
به منظور بررسی پارامترهای هیدروکلیماتولوژیکی، از دو ایستگاه تبخیر سنجی در قسمت بالادست (ایستگاه جویستان) و پایین‌دست حوضه (ایستگاه زیدشت) و همچنین ایستگاه هیدرومتری گلینک در نزدیک سد طالقان به شرح جدول (۱) و شکل (۲) استفاده به عمل آمد.



شکل ۲. موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه و سد مخزنی طالقان

بارندگی سالانه ایستگاه زیدشت که تقریباً مشرف بر سد طالقان می‌باشد، نسبت به ایستگاه جوستان با قرار گرفتن در ارتفاعی حدود ۵۰ متر پایین‌تر، در حدود ۷۰ میلی‌متر کمتر می‌باشد. در بقیه آماره‌ها شباهت زیادی میان دو ایستگاه ملاحظه می‌گردد.

سری زمانی مربوط به بارش سالانه دو ایستگاه باران‌سنجی منتخب مربوط به سال‌های آبی ۱۳۹۲-۱۳۴۵ در شکل (۳) و خلاصه آماره‌های مهم آنها در جدول (۲) آورده شده است. همان‌طوری که ملاحظه می‌گردد برحسب آمار ۴۷ ساله موجود،

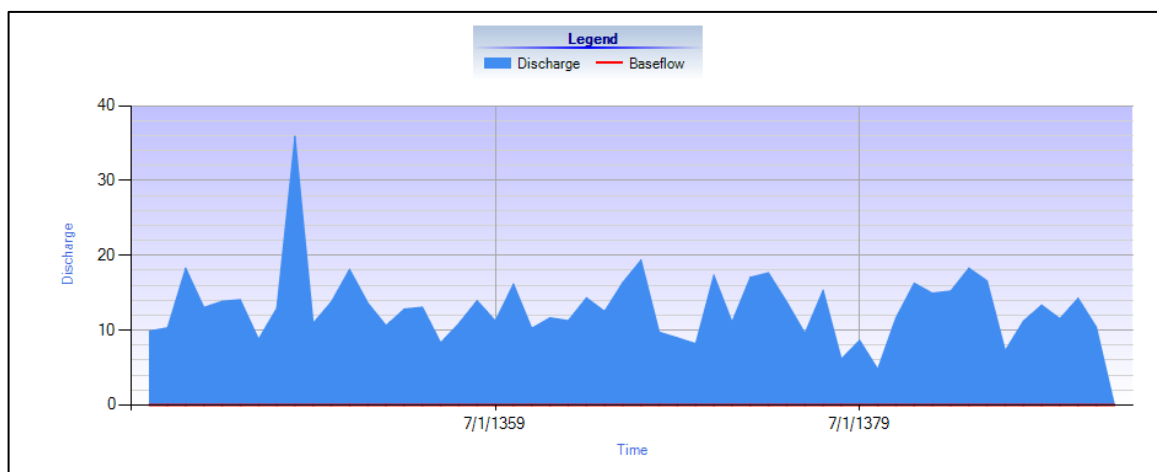


شکل ۳. سری زمانی بارش سالانه ایستگاه‌های زیدشت و جوستان مربوط به سال‌های آبی ۱۳۴۵-۴۶ الی ۱۳۹۱-۹۲

جدول ۲. مشخصات آماری درازمدت بارش سالانه در ایستگاه‌های زیدشت و جوستان

Skewness	IQR (mm)	Max (mm)	Q3 (mm)	Median (mm)	Q1 (mm)	Min (mm)	CV	SE Mean (mm)	Mean (mm)	N
۰/۹۷	۱۵۵/۰	۹۷۰/۰	۵۴۱/۰	۴۷۵/۵	۳۸۶/۰	۲۱۶/۶	۲۷/۷۲	۱۹/۳	۴۷۸/۲	۴۷
۱/۰۶	۱۳۹/۱	۱۰۵۹/۵	۶۱۸/۶	۵۴۸/۶	۴۷۹/۵	۳۰۲/۱	۲۴/۲۴	۱۹/۵	۵۵۰/۳	۴۷

(در این جدول: N=تعداد داده‌ها؛ Mean=میانگین؛ SE Mean=خطای استاندارد میانگین؛ CV=ضریب تغییرات؛ Min=حداقل؛ Q1=چارک اول؛ Median=میان؛ Q3=چارک سوم، Max=حداکثر؛ IQR=دامنه بین چارک‌ها؛ Skewness=چولگی)



شکل ۴. سری زمانی دبی سالانه ایستگاه گلینک (m3/sec) مربوط به سال‌های آبی ۱۳۴۰-۴۱ الی ۱۳۹۱-۹۲

جدول ۳. مشخصات آماری دبی سالانه ایستگاه گلینک مربوط به سال‌های آبی ۱۳۴۵-۴۶ الی ۱۳۹۲-۹۱

Skewness	IQR	Max	Q3	Median	Q1	Min	CV	SE Mean	Mean	N
۲/۱۷	۴/۹۵	۳۵/۹۳	۱۵/۲۷	۱۲/۹۰	۱۰/۳۳	۴/۸۴	۳۵/۶۶	۰/۶۳	۱۳/۰۳	۵۴

(ارقام مربوط به Mean, SE Mean, Max, Min, Median, Q3, Q1, IQR برحسب متر مکعب بر ثانیه)

تکمیل گردید، بر پایه مرتبه داده‌ها در یک سری زمانی استوار است. این آزمون برای بررسی تصادفی بودن داده‌ها (عدم وجود روند) در مقابل وجود روند در سری‌های زمانی هیدرولوژیکی و هواشناسی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Fujihara et al., 2016; Partal and Kahya, 2006). مزیت این آزمون نسبت به سایر

آزمون من-کندال!

آزمون ناپارامتری من-کندال که توسط من (Mann) در سال ۱۹۴۵ ارائه و سپس توسط کندال (Kendall) در سال ۱۹۷۵

پارامترهای معادله قبلاً تعریف شده‌اند.

میانگین مربع انحرافات^۳

MSD نسبت به MAD در پیش‌بینی خطایی که بطور غیرعادی بزرگ است حساس‌تر است.

$$MSD = \frac{\sum_{t=1}^n (y_t - \hat{y}_t)^2}{n} \quad (\text{رابطه ۵})$$

پارامترهای معادله قبلاً تعریف شده‌اند.

آزمون توزیع آزاد کیوسام^۴

جهش به تغییر ناگهانی بخشی از داده‌های یک سری زمانی نسبت به بخش دیگر گفته می‌شود. آزمون توزیع آزاد کیوسام، آزمونی ناپارامتری (فاقد توزیع) است که تفاوت میانگین دو قسمت از یک سری داده‌ها را بررسی می‌کند.

با فرض یک سری زمانی از داده‌هایی نظیر x_1, x_2, \dots, x_n آماره آزمون مورد نظر به صورت زیر تعریف می‌شود:

(رابطه ۶)

$$V_k = \sum_{i=1}^k \text{sgn}(X_i - X_{\text{median}}), \quad k = 1, 2, \dots, n$$

$$\begin{cases} \text{sgn}(x) = 1 & \text{for } x > 0 \\ \text{sgn}(x) = 0 & \text{for } x = 0 \\ \text{sgn}(x) = -1 & \text{for } x < 0 \end{cases}$$

در رابطه فوق X_{median} مقدار میانه مجموعه داده‌های X_i می‌باشد. توزیع V_k از آماره دو نمونه‌ای Kolmogorov-Smirnov پیروی می‌کند. $(K_s = \frac{2}{n})$. مقادیر بحرانی آماره آزمون یعنی $\text{Max}(V_k)$ نیز بصورت زیر تعیین می‌شود:

$$\alpha = 0.1 : \text{Max}(V_k) = 1.22\sqrt{n}, \quad (\text{رابطه ۷})$$

$$\alpha = 0.05 : \text{Max}(V_k) = 1.36\sqrt{n},$$

$$\alpha = 0.01 : \text{Max}(V_k) = 1.36\sqrt{n}$$

مقدار منفی V_k معرف آن است که بخش دوم داده‌ها

میانگین بیشتری از بخش اول آن دارد و بالعکس (Chiew and Siriwardena, 2005).

سنجش از دور:

برآورد سطوح پوشیده از برف خصوصاً در مناطق کوهستانی، متضمن داشتن اطلاعات و آمار کافی می‌باشد. امروزه کاربرد علم سنجش از دور و تصاویر ماهواره‌ای در تعیین سطح پوشش برف و پارامترهای مشابه از پیشرفت چشمگیری برخوردار گشته است. به منظور تعیین سطح پوشش برف ابتدا شیت مربوط به داده‌های ماهواره‌ای هشت روزه سطح برف مربوط به سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵ به فرمت HDF^۵ از سایت NSIDC^۶ دریافت

آزمون‌های تعیین روند، استفاده از مرتبه داده‌ها در سری زمانی بدون در نظر گرفتن مقدار متغیرها می‌باشد که به دلیل وجود چنین خاصیتی، می‌توان از آن برای داده‌های دارای چولگی نیز استفاده کرد، در عین حال نیازی نیست تا داده‌ها در قالب توزیع خاصی درآیند (Zhang et al., 2000).

فرض مورد بررسی در این آزمون به صورت زیر می‌باشد:

H_0 : داده‌ها به صورت تصادفی توزیع شده‌اند (روند

ندارند)، H_1 : داده‌ها دارای روند هستند.

در این آزمون اگر $Z_1, Z_2, Z_3, \dots, Z_n$ مشاهدات مورد نظر

باشند، آنگاه داریم:

(رابطه ۱)

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(Z_j - Z_k), S = \begin{cases} +1 & Z > 0 \\ 0 & Z = 0 \\ -1 & Z < 0 \end{cases}$$

در رابطه فوق Z ها مشاهدات استاندارد شده می‌باشند.

$$Z_s = \begin{cases} \frac{S-1}{\sigma_s} & s > 0 \\ 0 & s = 0 \\ \frac{S-1}{\sigma_s} & s < 0 \end{cases} \quad (\text{رابطه ۲})$$

مقدار مثبت Z_s روند افزایش و مقدار منفی Z_s روند

کاهشی سری زمانی را نشان می‌دهد. همچنین برای آزمون روند افزایش یا کاهش یکنواخت در سطح معنی‌داری P ، اگر مقدار Z بزرگتر از جدول توزیع تجمعی نرمال استاندارد باشد فرض صفر رد می‌شود. برای این کار، سطح معنی‌دار $p = 0.1$ یا $p = 0.05$ به کار می‌رود (Chiew and Siriwardena, 2005).

برای ارزیابی میزان دقت برازش منحنی روند بر سری

زمانی از آماره‌هایی به شرح زیر استفاده به عمل آمده است:

میانگین درصد خطای مطلق^۱

برای این آماره از رابطه زیر استفاده می‌شود که در آن دقت برازش به صورت درصد بیان می‌گردد:

(رابطه ۳)

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n |(y_t - \hat{y}_t) / \hat{y}_t|}{n} * 100 \quad \hat{y}_t \neq 0$$

در رابطه فوق y_t : مقدار واقعی پارامتر، \hat{y}_t : مقدار برازش

شده و n : تعداد مشاهدات می‌باشد.

میانگین مطلق انحرافات^۲

این پارامتر متوسط قدر مطلق انحراف نقاط واقع بر خط روند از مقادیر مربوطه در سری زمانی را بدست می‌دهد.

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |y_t - \hat{y}_t|}{n} \quad (\text{رابطه ۴})$$

3. Mean squared Deviation

4. Distribution Free CUSUM

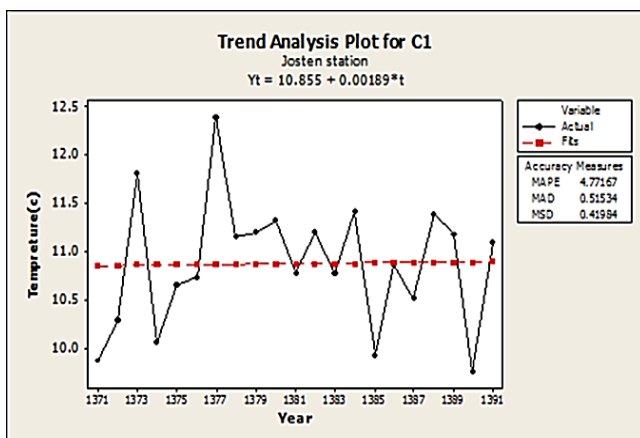
5. Hierarchical data format

6. National Snow and Ice Data Center

1. Mean Absolute Percentage Error

2. Mean Absolute Deviation

ملاحظه می‌گردد روند صعودی دمای سالانه در سطح احتمال ۹۹٪ معنی‌دار بوده و افزایشی در حدود ۵/۴۶ درجه سانتی‌گراد طی دوره مطالعاتی ۱۳۴۵ تا ۱۳۹۱ را نشان می‌دهد. این امر بدان مفهوم است که حوضه مورد مطالعه بطور متوسط در هر سال ۰/۱۲ درجه سانتی‌گراد افزایش دما را تجربه نموده است. نکته جالب توجه آن است که بررسی‌های فوق برای ایستگاه جویستان در بخش علیای حوضه هم انجام شد ولی عملاً همان‌طوری که در شکل (۵-ب) دیده می‌شود با توجه به ثابت بودن شیب، روند خاصی در درجه حرارت سالانه ملاحظه نمی‌گردد. این امر می‌تواند بدان مفهوم باشد که قسمت علیای حوضه در مقیاس سالانه گرمای ثابتی داشته و حداقل در مقیاس سالانه نمی‌توان وقوع تغییر اقلیم از نظر سیستم حرارتی در این بخش از حوضه را محتمل دانست.



(ب)

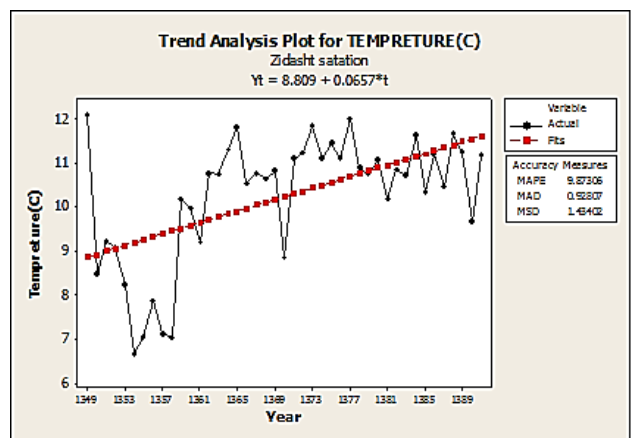
گردید؛ و سپس سطح متوسط برف برای هر ماه مورد نظر در محیط GIS استخراج گردید. مشخصات این داده‌ها در جدول (۴) نمایش داده شده است.

جدول ۴. مشخصات و دقت مکانی و زمانی داده‌های ماهواره‌ای

ماهواره سنجنده	دقت مکانی (متر)	دقت زمانی (روز)	نوع محصول	تاریخ داده‌ها
ترا مادیس	۵۰۰	هشت روزه	10A2	۹۳-۷۹ (دی، بهمن، اسفند)

نتایج

نتایج آزمون روند متغیرهای هواشناسی و هیدرولوژیکی در شکل (۵-الف) تغییرات دمای سالانه ایستگاه زیدشت در بخش میانی حوضه نشان داده شده است. همان‌طوری که



(الف)

شکل ۵. نمایش روند دمای سالانه در الف) ایستگاه زیدشت، ب) ایستگاه جویستان

هیچگونه روند افزایشی یا کاهشی مشاهده نمی‌گردد.

تغییرات سری‌های زمانی داده‌های هیدرو اقلیمی در مقیاس ماهانه

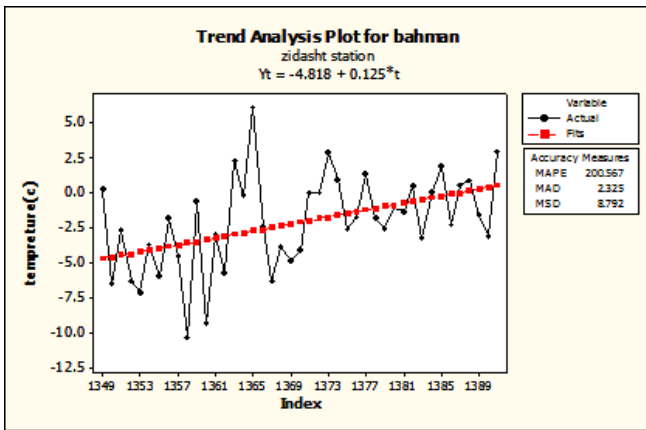
با توجه به نتایجی که در بخش قبل بدست آمد و در نظر گرفتن این نکته که منطقه برف‌خیز می‌باشد می‌توان دریافت که استفاده از مقیاس سالانه با توجه به اهداف مطالعه از دقت لازم برخوردار نمی‌باشد. بر این اساس و در ادامه تحقیق، روند متغیرهای مورد بحث در مقیاس ماهانه و سپس بر اساس نتایج اولیه بدست آمده، در فصول بهار و زمستان نیز بررسی گردید. شکل‌های (۶-الف و ب) دو نمونه از روند بدست آمده در ایستگاه زیدشت برای متغیر دما در ماههای دی و بهمن را نشان می‌دهند.

جدول ۵. نتیجه آزمون‌های روند سری‌های هواشناسی و هیدرولوژیکی سالانه

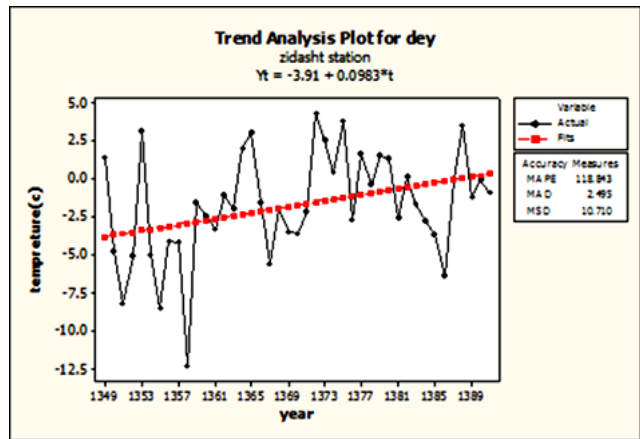
متغیر	ایستگاه	نتایج آزمون روند من کندال (آماره z)
دما	جویستان	۰/۴۳۵
بارش	زیدشت	*۳/۱۸۱
	جویستان	۰/۷۱۵
	زیدشت	۰/۱۲۸
	گلینک	۰/۱۶۴

(* معنی‌دار در سطح احتمال ۹۹٪)

نظیر همین بررسی برای بارش و رواناب در مقیاس سالانه به عمل آمد. جدول (۵) نتایج حاصله برای کل ایستگاه‌های حوضه را نشان می‌دهد. بطور خلاصه بر اساس نتایج آزمون من کندال، دمای سالانه در ایستگاه زیدشت دارای روند افزایشی در سطح اطمینان ۹۹٪ می‌باشد در حالی که در متغیرهای رواناب و بارش سالانه



(ب)



(الف)

شکل ۶. نمایش روند دمای ایستگاه زیدشت در الف) دی ماه ب) بهمن ماه

با توجه به نتایج مندرج در جدول (۶) می‌توان گفت که روند افزایش دما در ایستگاه زیدشت در سطوح ۹۵٪ و ۹۹٪ در فصل زمستان کاملاً معنی‌دار است در حالی که در سری دما مربوط به ایستگاه جویستان روندی مشاهده نگردیده است. همچنین نتایج نشان‌دهنده عدم روند در سری بارش در هر دو ایستگاه مزبور می‌باشد. نتایج بدست آمده در جدول (۷) در خصوص رواناب اندکی پیچیده به نظر می‌رسد. در ارتباط با پارامتر رواناب دو رفتار جداگانه دیده می‌شود:

۱- در سری زمانی دبی، روند افزایشی در همه ماههای زمستان و همچنین در متوسط این فصل کاملاً مشهود است. این امر می‌تواند در ارتباط مستقیم با افزایش درجه حرارت در همین فصل در مناطق سفلی، میانی تا مناطق علیای حوضه و مبین اثر این افزایش بر میزان ذوب برف در این فصل در حوضه طالقان باشد. ثابت بودن حجم بارش در منطقه به گواه ارقام جدول (۶)، نظریه ذوب سریع برف و تغییر الگوی بارش را مطرح می‌نماید که بررسی رفتار اقلیمی حوضه در خصوص تغییر رژیم بارش و مکانیزم تولید رواناب را الزام‌آور می‌سازد. بهترین راه برای بررسی این موضوع مطالعه سطح تحت پوشش برف در فصل زمستان و ارزیابی وجود روند در ماههای فصل مورد نظر می‌باشد.

۲- در سری دبی در فروردین ماه روند افزایش همچنان ادامه دارد. ولی در طول ماههای اردیبهشت و خرداد روند کاملاً منفی می‌باشد. این امر با توجه به نتایج جدول (۶) و (۷) و استنتاج به عمل آمده در بند ۱ قابل توجیه به نظر می‌رسد. شکل‌های (۷-الف و ب) دو نمونه از روند بدست آمده در ایستگاه هیدرومتری گلینک را نشان می‌دهند.

وجود روند منفی در ماه اردیبهشت و وجود روند شدیداً

جدول‌های (۶ و ۷) نتایج حاصل از بررسی روند متغیرهای بارش، دما و رواناب در مقیاس‌های ماهانه و فصلی در ایستگاه‌های منتخب را نشان می‌دهند.

جدول ۶. نتایج حاصل از بررسی روند متغیرهای بارش و دما در مقیاس ماهانه و فصلی

ایستگاه	ماه	نتیجه آزمون روند سری‌های دما	نتیجه آزمون روند سری‌های بارش
زیدشت	دی	۲/۱۰۴***	-۱/۱۱
	بهمن	۳/۲۷۶***	-۰/۵۹۶
	اسفند	۲/۶۳۷***	-۱/۴۲۱
	میانگین زمستان	۳/۳۴۹***	-۱/۵۲۲
	فروردین	۱/۴۰۲	۰/۳۲۱
	اردیبهشت	۱/۱۷۲	-۰/۵۹۶
جویستان	خرداد	۱/۷۳۷*	-۱/۱۷۴
	دی	-۰/۹۰۶	-۱/۱۱۹
	بهمن	۰/۶۹۵	۱/۴۷۶
	اسفند	۱/۱۴۷	-۰/۸۶۲
	فروردین	۱/۱۷۸	-۰/۱۲۸
خرداد	اردیبهشت	۰/۵۱۳	-۰/۲۷۵
	خرداد	۰/۴۵۳	-۰/۸۰۷

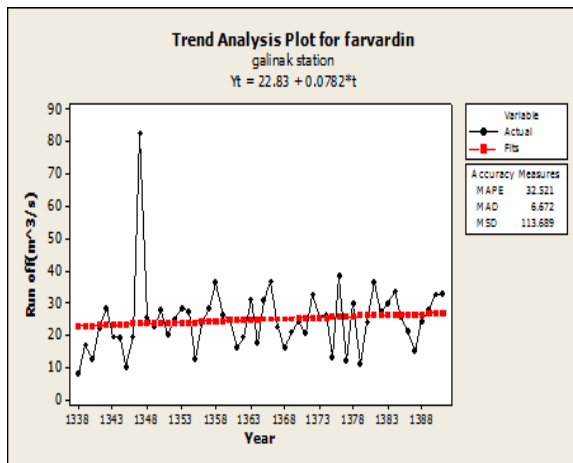
جدول ۷. نتایج حاصل از بررسی روند رواناب در مقیاس ماهانه و فصلی

ایستگاه	ماه	نتیجه آزمون روند سری‌های رواناب
گلینک	دی	۱/۹۵۵*
	بهمن	۱/۵۹۷
	اسفند	۲/۴۳۲***
	میانگین زمستان	۲/۳۲۸***
	فروردین	۲/۲۶۸***
	اردیبهشت	-۰/۸۸
میانگین فصل بهار	خرداد	-۱/۸۰۵*
	میانگین فصل بهار	-۰/۵۸۲

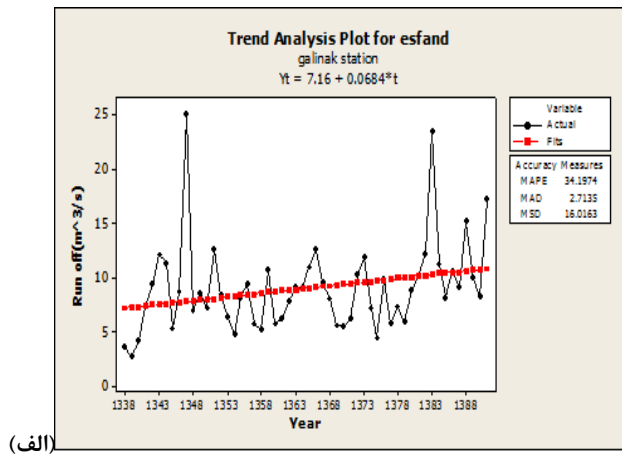
(آماره‌های معنی‌دار در سطح احتمال ۹۰٪، ۹۵٪، ۹۹٪ به ترتیب بوسیله علائم * و ** و *** نشان داده شده‌اند.)

می‌دهد که زمان رخداد حداکثر متوسط ماهانه رواناب حوضه جابجا شده و عملاً به دو ماه عقب‌تر کشیده شده است

منفی و کاملاً معنی‌دار در خردادماه در مقابل روند کاملاً معنی‌دار مثبت در ماههای اسفند و فروردین به خوبی نشان



(ب)



(الف)

شکل ۷. روند رواناب در ایستگاه گلینک: الف) برای دبی ماه اسفند ب) دبی ماه فروردین

نتایج بررسی وجود روند در سطح زیرپوشش برف در همه ماههای زمستان در جدول (۹) آورده شده است. برای نمایش بهتر وضعیتی که در جدول (۸ و ۹) دیده می‌شود شکل (۸) تهیه شده است که نشان‌دهنده وسعت تغییرات سطح تحت پوشش برف در بهمن‌ماه در حوضه طالقان می‌باشد.

نتایج تغییرات پوشش سطح برف به منظور نشان دادن اثر مستقیم افزایش دمای زمستانه بر میزان ریزش برف و همچنین الگوی بارش در منطقه‌ی برف‌خیز طالقان، روند تغییرات سطح پوشش برف زمستانه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سنجنده مادیس طی سالهای ۱۳۷۹-۱۳۹۳ در فصل زمستان مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از اندازه‌گیری سطح برف در جدول (۸) آورده شده است.

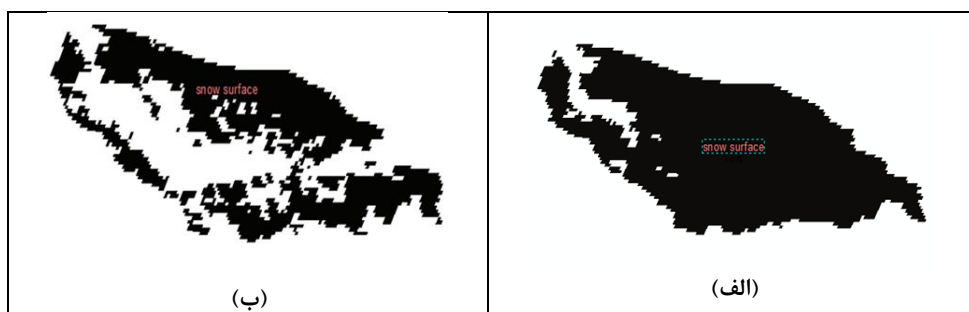
جدول ۸ - سطح برف (Km2) در حوضه آبریز سد طالقان مربوط به سالهای ۱۳۷۹-۱۳۹۳ به تفکیک ماههای برفگیر

	۱۳۷۹	۱۳۸۰	۱۳۸۱	۱۳۸۲	۱۳۸۳	۱۳۸۴	۱۳۸۵	۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳
دی	۸۳۵/۱	۷۸۸/۷	۱۱۶۱/۱	۱۰۹۶/۶	۱۱۷۵/۱	۱۰۲۳/۲	۱۱۶۱/۸	۱۱۸۰/۲	۹۶۴/۹	۷۳۷/۱	۹۸۲/۳	۱۱۰۹/۸	۷۶۱/۵	۸۹۱/۱	۸۳۶/۳
بهمن	۱۰۰۵/۲	۱۰۹۴/۹	۱۰۶۵/۳	۹۷۸/۹	۱۱۳۹/۳	۱۰۲۷/۳	۹۹۴/۶	۱۱۳۳/۴	۹۷۱/۷	۹۶۳/۱	۱۰۵۰/۲	۱۱۰۲/۷	۸۱۹/۴	۷۹۹/۹	۷۴۰/۴
اسفند	۱۰۴۸/۸	۶۳۱/۷	۴۹۱/۱	۹۲۶/۵	۳۸۶/۸	۸۱۵/۵	۶۹۳/۴	۹۲۷/۵	۷۳۲/۸	۷۲۲/۲	۴۱۳/۵	۱۰۵۱/۱	۱۰۲۹/۹	۷۸۲/۸	۷۸۴/۵

جدول ۹. نتیجه آزمون روند سری‌های سطح پوشش برف-ماهانه

فاکتور	ایستگاه	آزمون‌های آماری	نتیجه آزمون‌های روند سری‌های سطح پوشش برف-ماهانه
سطح پوشش برف	حوضه طالقان	من-کندال	دی
			بهمن
			اسفند
			۰/۷۹۲
			-۲/۱۷۷*

(* آماره معنی‌دار در سطح احتمال ۹۹٪)



شکل ۸. الف) نمایش سطح پوشش برف بهمن‌ماه ۸۹ و ب) نمایش سطح پوشش برف بهمن‌ماه ۹۳

جدول ۱۰. نتیجه آزمون‌های جهش سری‌های هواشناسی و هیدرولوژیکی سالانه

متغیر	ایستگاه	نتایج آزمون جهش کیوسام	سال جهش
دما	زیدشت	۱۱*	۱۳۶۳
	جوستان	۴	-
بارش	جوستان	۶	-
	زیدشت	۶	-
رواناب	گلینک	۴	-

(* معنی‌داری آزمون در سطح ۹۹٪)

برای کنکاش بیشتر در خصوص اثر تغییر دما بر تغییر الگوی بارش و لذا تغییر بیلان فصلی حوضه و همچنین به آزمون گذاشتن نتیجه آزمون کیوسام در خصوص جهش به وقوع پیوسته در سال ۱۳۶۳ آبدهی ماههای بحرانی مورد بحث در رودخانه شاهرود در دو سری زمانی قبل و بعد از این سال محاسبه شد که در جدول (۱۱) ملاحظه می‌گردد.

جدول ۱۱. آمار آبدهی متوسط ماهانه قبل و بعد از جهش

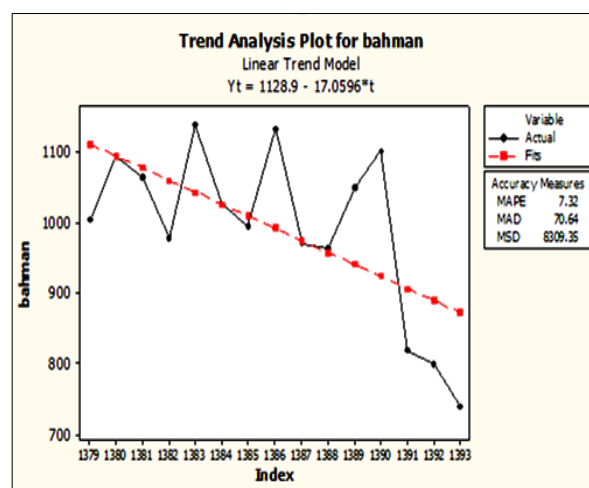
آمار آبدهی متوسط ماهانه برحسب مترمکعب در ثانیه				
نام حوزه آبریز سراب طالقان، نام ایستگاه: گلینک (شاهرود)				
سال	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد
میانگین رواناب ۱۳۶۳-۱۳۳۸	۸,۲	۲۴,۵	۴۳,۵۶	۳۵,۷۲
میانگین رواناب ۱۳۹۲-۱۳۶۴	۹,۸۲	۲۵,۴۴	۴۰,۸۲	۲۸,۹۶

همانطوری که ملاحظه می‌گردد در متوسط درازمدت آبدهی همه ماههای مورد نظر، در دو دوره زمانی قبل و بعد از جهش، تغییراتی ملاحظه می‌شود که مؤید همه مواردی است که در بخش‌های قبل مورد بحث واقع گردیدند.

نتیجه‌گیری

تغییرات آب و هوایی (دما و بارش) بر بخش‌های مختلف اکوسیستم یک منطقه نظیر منابع آب، گونه‌های گیاهی و جانوری، محیط‌زیست، کشاورزی و سلامت جامعه اثرگذار است. تغییر آب و هوا (گرم شدن کره زمین) با جابجایی زمان بارندگی از فصول سرد به فصول گرم و بالعکس و یا با تغییر الگوی بارش فصلی از برف به باران، کلیه ارکان مدیریت منابع آب را نیازمند بازبینی نموده است. موضوع تغییر الگوی بارش که مورد بحث این تحقیق نیز می‌باشد، باعث کاهش ذخیره برفی و جابجایی رژیم آبدهی رودخانه‌ها می‌شود. به این ترتیب دبی پایه رودخانه‌ها و ظرفیت تنظیمی سدها پایین آمده و تعادل عرضه و تقاضای آب در سیستم آبی مختل می‌شود. از طرف دیگر، تغییر

همانطوری که در جدول (۹) ملاحظه می‌گردد با اینکه سطح تحت پوشش برف در دی‌ماه از روندی منفی برخوردار است ولی فقط بهمن‌ماه است که با شیبی بسیار بزرگ، روند منفی معنی‌داری از خود نشان می‌دهد. اگر بر اساس نتایج جدول (۹) تغییرات سطح برف در ماههای دی و اسفند را غیر معنی‌دار و غیر قابل استناد بدانیم با توجه به تغییر بسیار معنی‌دار سطح برف در بهمن‌ماه، می‌توان نتیجه گرفت که احتمالاً بیلان آبی منطقه دست نخورده باقی مانده ولی الگوی بارش و زمان‌بندی تولید رواناب حوضه دستخوش تغییرات معنی‌داری گشته‌اند. شکل (۹) سری زمانی مربوط به سطح پوشش برف و همچنین خط روند در بهمن‌ماه در حوضه طالقان را نشان می‌دهد. روند منفی که در این شکل ملاحظه می‌شود نتایج جدول (۹) را تایید می‌نماید.



شکل ۹. نمایش سری زمانی و خط روند برای سطح پوشش برف در حوضه طالقان در بهمن‌ماه

نتایج آزمون توزیع آزاد کیو سام برای بررسی وجود جهش در سری زمانی

جدول (۱۰) نتایج حاصل از بررسی وجود یا عدم وجود جهش در ایستگاه‌های منتخب را نشان می‌دهد. نتایج آزمون توزیع آزاد کیو سام بیان می‌دارد که دمای سالانه در ایستگاه زیدشت در سال ۱۳۶۳ دچار جهشی ناگهانی در سطح اطمینان ۹۹٪ شده است در حالی‌که در متغیر بارش و رواناب سالانه هیچگونه جهشی وجود ندارد. نتیجه مزبور با توجه به روند توسعه حوضه آبریز طالقان بیان می‌دارد که تغییر اقلیم منطقه (صرفاً از دیدگاه پارامتر متوسط دمای سالیانه) در سالیان دور گذشته اتفاق افتاده است که این امر می‌تواند مسئله طبیعی بودن و عدم تأثیر عوامل انسانی در تغییر اقلیم منطقه را مطرح نماید.

رودخانه‌های دارای رژیم برفی- بارانی نیست.

در سری زمانی دبی، روندی افزایشی در طول ماههای اسفند و فروردین (در حدود ۷٪) و روندی کاهشی در ماههای اردیبهشت و خرداد (در حدود ۱۰ درصد) ملاحظه می‌گردد. این امر بدان معناست که رواناب بهاری رفته‌رفته کاهش یافته و در عوض رواناب زمستانی در طی این دوره افزایش یافته است. این عامل ناشی از افزایش دما در فصل زمستان است که با توجه به کاهش بارش برف در طی سال‌های اخیر مبین تغییر الگوی بارش در حوضه و تغییر بارش از برف به باران می‌باشد.

با توجه به اینکه تغییرات بوجود آمده در منطقه، در واقع تغییر در الگوی بارش از برف به باران است که منجر به تغییر زمان دوره‌های پرآبی و کم‌آبی و همچنین سیل و طغیان رودخانه شاهرود می‌گردد، مدیریت سد مخزنی طالقان نیازمند بازنگری می‌باشد.

بروز تغییر رژیم حرارتی در منطقه در سالیان دور و در عین حال عدم بروز تغییر در بیلان جریان ورودی به سد، احتمال دخالت عوامل انسانی در حوضه را کاهش و یا رد می‌نماید.

در الگوی زمانی بارش، عدم قطعیت در تأمین نیازهای آبی گیاهان در فصل کشت توسط بارش‌های مؤثر را افزایش خواهد داد. اولین اثر بروز این عدم قطعیت‌ها، افزایش ضرایب اطمینان مورد استفاده در تأمین نیاز آب مصرفی بخش کشاورزی و لذا افزایش نیاز به استحصال آب مورد نیاز می‌باشد.

بررسی داده‌های حوضه طالقان طی سال‌های ۱۹۵۹-۲۰۱۲ بیان‌کننده این مهم است که تغییرات قابل ملاحظه‌ای در برخی از پارامترهای هیدرواقليمی منطقه اتفاق افتاده است. مهمترین نتایج حاصل از محاسبات انجام شده عبارتند از:

مسئله اثر تغییر روند دما و الگوی بارش بر منابع آب حوضه آبریز طالقان قطعی به نظر می‌رسد.

در سری بارش در مقیاس سالانه و ماهانه روند مشخصی دیده نمی‌شود. این امر مؤید تحقیقات دیگر پژوهشگرانی است که در قسمت مقدمه به تحقیقاتشان بر روی دیگر حوضه‌های کشور اشاره شد. در همین حال روند صعودی دما در حوضه آبریز طالقان نیز در راستای نتایج حاصله در تحقیقات یاد شده در دیگر مناطق ایران می‌باشد.

با توجه به عدم وجود روند در رواناب، مقیاس سالانه مقیاس مناسبی برای مطالعه تغییرات هیدرولوژیکی در

REFERENCES

- Ababaei, B., Mirzaei, F. & Sohrabi, T. (2014). Assessing climate change impacts on Taleghan reservoir daily inflow using data fusion method. *Water and Irrigation Management* 3(2):12-28. (In Farsi)
- Cacho, O., Hean, R., Ginoga, K. & Wise, R. (2008). Economic potential of land- use change and forestry for carbon sequestration and poverty reduction. Part 1 Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra, 99 pages.
- Chiew, F., Siriwardena, L. (2005). Trend. CRC for catchment hydrology, 29 pages.
- Farrokhnia, A. & Morid, S. (2014). Assessment of the Effects of Temperature and Precipitation Variations on the Trend of River Flows in Urmia Lake Watershed. *Journal oh Water and Wastewater*, 25(3): 86-97. (In Farsi)
- Fujihara, Y., Hosikawa, K., Fujii, H., Kotera, A., Nagano, T., Nagano, T. & Yokoyama, S. (2016). Analysis and attribution of trends in water levels in the Vietnamese Mekong Dealta. *Hydrological Processes*, 30: 835-845.
- Hassanzadeh, E., Zarghami, M., Hassanzadeh, Y. (2011). Determining the main factors in declining the Urmia lake level by using system dynamics modeling. *Water Resour Manag* 26(1):129-145
- Jahanbakhsh, S., Hadiani, M., Banafshed, M. & Dinpajouh, Y. (2010). Modeling of Climate change parameters in Mazandaran province. 4th International congress on Islamic worlds geography, Zahedan, Iran. (In Farsi)
- Jalili, S., Kirchner, I., Livingstone, D. & Morid, S. (2012). The influence of large-scale atmospheric circulation weather types on variations in the water level of Lake Urmia, Iran. *Int J Climatol* 32(13):1990-1996
- Khalili, K., Ahmadi, F., Behmanesh, J. & Verdinejad, V. (2013). An Investigation on climate change effect on air temperature and Sharchai River discharge located in the west of Urmia Lake using trend and stationary analysis. *Journal of Irrigation Science and Engineering* 35(4): (In Farsi).
- Khalili K, Nazeri Tahroodi M, Khanmohammadi N (2015) Climate change study in West Azarbaijan province regarding Lake Urmia restoration. *Water and Soil Science* 25(1):223-242. (In Farsi)
- Liang, T.G., Huang, X.D., Wu, C.X., Liu, X.Y., Li, W.L., Guo, Z.G. & Ren, J.Z. (2008). An application of MODIS data to snow cover monitoring in a pastoral area: A case study in Northern Xinjiang, China. *Remote Sensing of Environment*, 112:1514-1526.
- Marcil, G.K., Trudel, M. a& Leconte, R. (2016). Using remotely sensed MODIS snow product for the management of reservoirs in a mountainous Canadian watershed. *Water Resources Manage*, 30: 2735-2747.
- Modarres, R. & Sarhadi, A. (2009). Rainfall trend

- analysis of Iran in the last half of the twentieth century. *Journal of geophysical Research*, 114: 1-9.
- Mohammadi, B. (2010). Analysis of annual precipitation trend in Iran. *Journal of Geography and Environmental Planning*, 22(3): 95-106. (In Farsi)
- Mozafari, M. M., Parhizkari, A., Hoseini Khodadadi, M., Parhizkari, R. (2015). Economic analysis of the effects of climate change induced by greenhouse gas emissions on agricultural productions and available water resources (case study: down lands of the Taleghan Dam). *Journal of Agricultural Economics and Development* 29(1):68-85.
- Nikghoojagh, Y. & Yarmohamadi, M. (2008). Evaluation of climate change and investigation of it influences on surface water resources (Case study: the Ziarat River in Golestan province). 3rd Conference on water resources management, Tabriz Iran. (In Farsi)
- Partal, T. & Kahya, E. (2006). Trend analysis in Turkish precipitation data. *Hydrological Processes* 20(9): 2011-2026.
- Shokoohi, A., Raziei, T. & Daneshkar Arasteh, P. (2014). On The Effects of Climate Change and Global Warming on Water Resources in Iran. *International Bulletin of Water Resources & Development (IBWRD)* 2(4): 1-9.
- Shokoohi, A. & Morovati, R. (2015). Basinwide comparison of RDI and SPI within an IWRM framework. *Water resources management* 29:2011-2026.
- Shokoohi, A. & Daneshkar Arasteh, P. (2008). Searching for climate change effects on Iran's climate and surface water resources. 3rd Conference on water resources management, Tabriz Iran. (In Farsi)
- Zhang, X., Vincent, L.A., Hogg, W.D. & Niitsoo, A. (2000). Temperature and precipitation trends in Canada during the 20th century. *Atmosphere – Ocean*, 38(3): 395-429.
- Zhou, X., Xie, H. & Hendrickx, J.M.H. (2005). Statically Evaluation of Remotely Sensed Snow-Cover Products with Constraints from Streamflow and SNOTEL Measurements. *Remote Sensing of Environment* 94 (2): 214-231