



بررسی اثر تغییرات اقلیمی و کاربری ارضی بر سیلاب در شمال ایران (حوضه مادرسو)

داریوش رحیمی: دانشیار اقلیم شناسی دانشگاه اصفهان - دانشکده علوم جغرافیایی و برنامه ریزی گروه اقلیم شناسی.

یونس رحیمی داشلی برون: کارشناسی ارشد اقلیم شناسی دانشکده علوم جغرافیایی و برنامه ریزی گروه اقلیم شناسی.

وصول: ۱۳۹۲/۲/۶ پذیرش: ۱۳۹۳/۳/۱۷ ، صص: ۱۰۲-۸۹

چکیده:

مخاطرات هیدرولوژیکی در نتیجه تغییر فراوانی و شدت بارش، افزایش دما و تغییرات کاربری ارضی رخ می دهند. استان گلستان در ساحل جنوبی دریای خزر در سالهای اخیر با مخاطره سیلاب در حد شدید روبرو بوده است (سیلاب نکا). جهت بررسی علل رخداد سیلاب ها در این استان حوضه آبی مادرسو با مساحت ۴۴۸۵ کیلومتر مربع انتخاب گردید. در این مورد فرضیات همچون تغییرات اقلیمی (به ویژه تغییر بارش ها) و عناصر اقلیمی دیگری مانند دما و تغییرات کاربری ارضی به عنوان عوامل موثر در بزرگی این سیلاب ها مورد بررسی قرار گرفته اند. داده های استفاده شده شامل داده های دما و بارش در دوره زمانی (۱۳۸۷-۱۳۵۰)، داده های دبی (۱۳۸۷-۱۳۵۰)، فراوانی لکه های خورشیدی (۱۳۸۷-۱۳۵۰) و تصاویر چند زمانه لندست ۵ (۱۳۸۶-۱۳۶۶) می باشند. تکنیک های استفاده شده در این مقاله مشتمل بر آزمون روند داده های اقلیمی و هیدرولوژی در آزمون من-کندال، ریزمقیاس گردانی داده های لکه های خورشیدی با عناصر هیدرواقلیمی با روش رگرسیون و بررسی تغییرات کاربری ارضی به کمک تصاویر چند زمانه لندست با روش فازی می باشد. بر این اساس داده های مجموع و فراوانی بارش، دما و دبی دارای روند معنی دار بوده که با فراوانی لکه های خورشیدی در چرخه های ۱۱/۵ ساله قابل توجهی می باشند. علاوه بر آن بررسی تصاویر ماهواره ای حاکی از تغییرات کاربری گسترده ارضی می باشد. حدود ۶۰۰۰۰ هکتار از ارضی حوضه طی دوره ۲۰ ساله (۱۳۸۶-۱۳۶۷) از جنگل به سایر کاربری های تغییر کرده که با توجه به نقش پوشش گیاهی در ایجاد رواناب، این تغییر کاربری منجر به افزایش رواناب و رخداد سیلاب های بزرگ در حوضه شده است. در نتیجه مشخص گردید که سیلاب های رخ داده در حوضه آبی مورد بررسی بیشتر ناشی از تغییرات کاربری ارضی و به ویژه تخریب جنگل ها می باشد. بنابراین با اعمال مدیریت آمایش مبتنی بر توان های محیطی حوضه آبخیز، تقویت جنگلداری و جلوگیری از تخریب آنها جلوگیری نمود و از خسارات ناشی سیلاب در سطح حوضه کاست.

واژه های کلیدی: تغییر اقلیم، سیلاب، حوضه مادر سو، لکه های خورشیدی و کاربری ارضی

مقدمه

خصوص مفاهیم تغییر اقلیم می باشد. اگر همانگونه که در مباحث مرتبط با گرمایش جهانی و تغییر اقلیم

رخداد بحران های محیطی به ویژه هیدرولوژیکی آن از مهمترین شواهد شناخته شده و مورد بحث در

ژاپن و استرالیا بررسی نمودند که بیشتر آن‌ها افزایش دما، رخداد خشکسالی‌های شدید، رخداد بارش‌های سنگین، افزایش تبخیر و تعرق و سیلاب‌های بزرگ در این مناطق را تایید می‌نماید. میهل و همکاران (۲۰۱۳) به بررسی نقش تغییر کاربری اراضی از جنگل به کشاورزی در کشور ترکیه پرداختند و نتیجه گرفتند که بیلان آبی در بخش رواناب افزایش می‌یابد. در داخل کشور مدرسی و همکاران (۱۳۸۹) به کمک آزمون من-کندال مشخص کردند دما تابستان و بارش پاییزه در حوضه قره‌سو (گرگان رود) روند افزایشی دارند. منتظری و فهمی (۱۳۸۲) تأثیر نوسانات اقلیم بر منابع آب کشور در افق ۲۱۰۰ را بررسی نموده‌اند. بر این اساس دما بین ۲ تا ۶ درجه سانتی‌گراد و تبخیر بین ۶ تا ۱۲ درصد در اکثر حوضه‌های رودخانه‌ای در تمام سال افزایش نشان می‌دهد. کمال و مساح‌بوانی (۱۳۸۹) تأثیر نوسانات اقلیمی بر رواناب زیر حوضه قره‌سو در بخش شمال غربی حوضه کرخه را با دخالت عدم قطعیت دو مدل هیدرولوژی SIMHYD و IHACRES ارزیابی نموده و نشان داده‌اند که دمای ماهانه بین ۰/۵ تا ۲ درجه سانتی‌گراد افزایش، بارش سالانه ۱۰ تا ۲۰ میلی‌متر کاهش، حجم رواناب در فصل پاییزه کاهش و در سایر فصول افزایش نشان می‌دهد. آذری و همکاران (۱۳۹۲)، بابائیان و همکاران (۱۳۹۲)، پوره‌اشم و همکاران (۱۳۹۲) و دوستی و همکاران (۱۳۹۲) با استفاده از مدل‌های ریز اقلیم‌نمایی داده‌های منطقه ای GCM ها به برآورد عناصر اقلیمی بارش و دما و رواناب پرداختند و نتایج مطالعات حاکی از کاهش بارش و رواناب و افزایش سیلاب‌ها هستند.

مطرح است دخالت انسان در محیط طبیعی به منظور بهره برداری خارج از توان اکولوژی منجر به افزایش دوبرابری گازهای گلخانه‌ای، تغییر شدید کاربری اراضی و تخریب جنگل‌ها، افزایش جهانی دما، افزایش خشکسالی، سیلاب‌های بزرگ و... شده است (عساکره ۱۳۸۶: ۱۲۵)، (فیضی، ۱۳۸۹)، (بازدار، ۱۳۸۹) (27) (Climate Change, 2007: Report). از جمله مواردی که این تغییرات در سطح آن‌ها بروز می‌نماید چرخه آب است که با توجه به پیچیده بودن کارکرد سیستمی چرخه آب پی بردن به رابطه‌ی دگرگونی‌های اقلیمی و سیکل هیدرولوژی کار آسانی نیست (ایکس یو^۱، ۲۰۰۴). این پیچیدگی‌ها به دلیل حاکمیت محرک و پاسخ بر مکانیسم نوسانات دما بر بیلان آب، تبخیر و تعرق و نوع بارش‌ها اشاره نمود (الیور^۲، ۲۰۰۵: ۱۶۹).

لسپیناس^۳ و همکاران او (۲۰۱۰)، روبرت کوتس (۲۰۱۰) و ایکس یو (۲۰۰۴) با کمک آزمون من-کندال ضمن تعیین روند تغییرات بارش سالانه، بارش‌های سنگین و دما در حوضه‌های آبی کشورهای فرانسه، آمریکا و چین تأثیر آن‌ها را بر روی مقادیر دبی معین نموده‌اند. لی و همکاران (۲۰۰۹)، تازب و همکاران (۲۰۰۹) میدلکوپ و دیگران (۲۰۰۱) اوستین و همکاران (۲۰۰۹) با استفاده از مدل‌های ارائه شده (GCM) مورد تایید IPCC تغییرات بارش، دما، تبخیر و تعرق و دبی را برای قرن ۲۱ طی دوره‌های ۳۰ ساله در کشورهای تایوان، مصر،

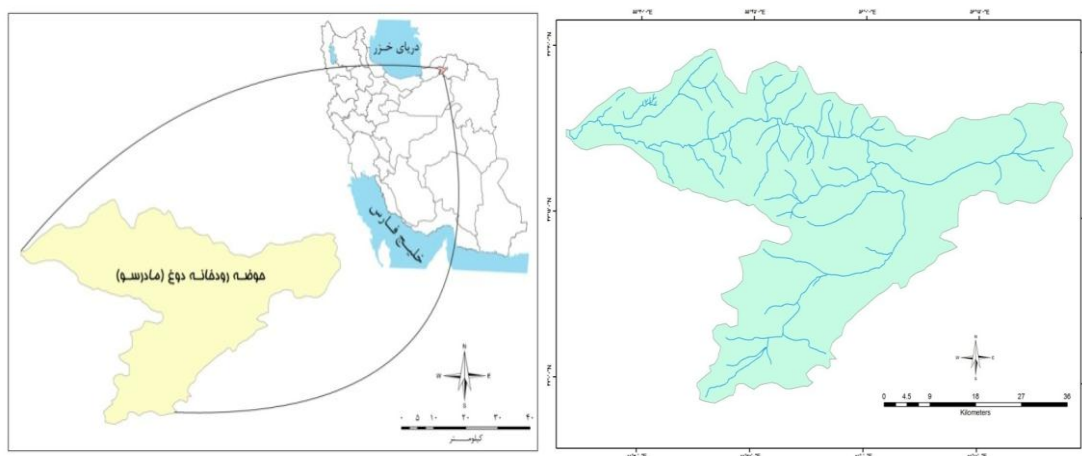
¹ Z. X. XU² OLIVER³ Franck Lespinas

گلستان بوده که در بخش شرقی دریای خزر واقع است شکل شماره (۱). این حوضه آبی در سال‌های اخیر با سیلاب‌های ویرانگری روبرو بوده که سیلاب مرداد ۱۳۸۰ با ۳۰۰ نفر کشته و دبی سیلابی ۳۰۱۷ متر مکعب، سیلاب‌های ۱۳۸۱ و ۱۳۸۴ از نمونه‌های با ویژگی‌های کاتاستروفی هستند. این سیلاب‌ها علاوه بر خسارات یاد شده منجر به تغییرات شدیدی در چشم انداز محیطی از جمله فرسایش شدید خاک، لغزش‌های توده‌ای و پوشش گیاهی گردیده است (حسین زاده، جهادی طرقي، ۱۳۸۵).

رخداد سیلاب با شدت بالا از جمله بحران‌های طبیعی سال‌های اخیر در بیشتر حوضه‌های آبی کشور می‌باشد که با خسارات تخریب شدید منابع طبیعی، مالی و جانی توأم هستند. تلاش‌های صورت گرفته در خصوص شناخت ساختار این سیلاب‌ها غالباً مبتنی بر افزایش رواناب هستند که دلایلی از جمله تغییر شدت بارش، تغییرات اقلیمی و کاربری ارضی را مطرح می‌نمایند. در این مطالعه تلاش می‌گردد تا رفتار سیلاب‌ها مبتنی بر دو فرضیه نقش تغییر اقلیم و تغییرات کاربری ارضی مورد بررسی قرار گیرند.

موقعیت محدوده مورد مطالعه:

حوضه آب مادر سو با مساحت ۴۴۸۵ کیلومتر مربع از زیر حوضه‌های مهم و موثر در آب‌دهی سد



شکل ۱. موقعیت حوضه آبی مادر سو و شبکه آبراهه حوضه آبی مادر سو مأخذ: شرکت آب منطقه‌ای استان گلستان

مواد و روش
مواد

ساعت، متوسط دما، حداقل و حداکثر دما، تبخیر و دبی) ثبت شده توسط شرکت آب منطقه‌ای استان گلستان، فراوانی لکه‌های خورشیدی موجود در سایت سازمان هواشناسی استرالیا با بازه‌های زمانی ماهانه، فصلی و سالانه و تصاویر ماهواره‌ای لندست در دو دوره زمانی ۱۹۸۷ و ۲۰۰۵ مربوط به ماه جولای استخراج شده از سایت ناسا هستند (جدول ۱)

با توجه به هدف مطالعه، شناخت ماهیت رخداد سیلاب‌های بزرگ حوضه مادر سو، پایگاه داده‌ها در برگزیده متغیره‌های هواشناسی، آب‌سنجی (مجموع بارش، فراوانی تعداد روزهای بارشی، بارش‌های ۵ و ۱۰ میلی‌متر و فراوانی تعداد آن‌ها، بارش حداکثر ۲۴

جدول ۱. مشخصات کلی ایستگاه‌های موجود و بازه زمانی در حوضه مادر سو

طول دوره آماری	نوع ایستگاه					مختصات جغرافیایی متریک			نام ایستگاه
	هیدرو	کانه	سنگین	باران سنگین	باران سرد	H	Y	X	
۱۳۵۰-۸۷	-	-	-	*	-	۳۳۰	۴۱۳۹۴۷۱	۳۹۰۲۸۱	تنگراه
۱۳۵۳-۸۷	-	*	*	-	-	۱۴۵۰	۴۱۳۴۲۹۵	۴۳۹۹۴	رباط قره‌بیل
۱۳۵۳-۸۷	-	*	-	-	-	۱۲۵۰	۴۱۲۸۱۷۴	۴۲۱۷۷۴	چشمه‌خان
۱۳۴۴-۸۷	*	-	-	-	-	۳۳۰	۴۱۳۹۵۵۷	۳۹۳۵۴۱	تنگراه

مأخذ: شرکت آب منطقه ای استان گلستان

آزمون من-کندال: این آزمون ابتدا توسط من (۱۹۴۵) ارائه و سپس توسط کندال (۱۹۷۵) بسط و تعریف یافت. آماره این آزمون به شرح زیر است:

$$Z_c = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{var}(s)}}, & S > 0 \\ 0, & S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{var}(s)}}, & S < 0 \end{cases} \quad (1)$$

که: S مربوط به علامت‌های تفاوت مقادیر با یکدیگر (رابطه ۲) و $\text{Var}(s)$ پراش S (رابطه ۴) است:

$$S = \sum_{i=k}^{n-1} \sum_{k=i+1}^n \text{sgn}(x_k - x_i)$$

$$\text{sgn}(x_k - x_i) = \begin{cases} 1, & x_k > x_i \\ 0, & x_k = x_i \\ -1, & x_k < x_i \end{cases} \quad (2)$$

که: n تعداد مشاهدات سری، X_j و X_k به ترتیب داده‌های j ام و k ام سری (مرتب شده به ترتیب وقوع)، $\text{sgn}(\cdot)$ تابع علامت (رابطه ۳) و β عاملی

روشن: روش تحقیق استفاده شده از نوع تحلیلی و اسنادی با استفاده از تکنیک‌های آشکار سازی روند داده‌ها، ریزمقیاس گردانی داده‌های لکه‌های خورشیدی با مقادیر دما و بارش و طبقه بندی فازی و شبکه‌های عصبی جهت بررسی تغییرات پوشش سطح زمین می‌باشد.

آشکار سازی روند داده‌ها: آشکار سازی تغییر و نوسان در عناصر اقلیمی با استفاده از شیوه‌های مختلفی امکان پذیر است. روند یابی یکی از عام‌ترین این روش‌ها محسوب می‌شود. در واقع روند را حالتی کمابیش پایدار از افزایش، کاهش یا ثبات از عناصر اقلیمی که چگونگی آن‌ها در سیستم اقلیم وابسته به دوره آماری است می‌دانند (عساکره، ۱۳۸۲: ۲۹). در این پژوهش با روش آماری نا پارامتری (من-کندال) در سطح معنی داری ۹۵٪ وجود روند (افزایشی و کاهش) و عدم وجود روند در مورد هر عنصر اقلیمی و هر ایستگاه معین می‌گردد.

تغییرات پوشش گیاهی منطقه:

در این تحقیق از روش نظارت شده جهت بررسی تغییرات کاربری ارضی حوضه استفاده گردیده است. این شناخت از ترکیبی از کار میدانی، تفسیر عکس‌های هوایی، تجزیه و تحلیل نقشه‌ها و تجربه شخصی قابل حصول است.

برای تهیه نقشه‌های پوشش گیاهی حوضه آبی مادر سو از داده‌ها و تصاویر ماهواره (تصاویر چند زمانه سنجنده لندست ۵) که مربوط به سال‌های ۱۹۸۷ (۱۳۶۶) و ۲۰۰۵ (۱۳۸۴) در جولای بهره گرفته شد سپس به کمک نرم افزارهای IDRISI، GIS و GOOGLE EARTH و روش‌ها LCM، FUZZY و ARTMAP نقشه‌های پوشش گیاهی و سایر کاربری‌ها تهیه گردیده است.

نتایج یافته‌ها:

دما:

بررسی اسناد متعدد در خصوص آشکار سازی نوسان اقلیمی و گرمایش جهانی بیانگر جایگاه مهم روند دما در اثبات یا رد گرمایش جهانی می‌باشد. معنی داری و بی معنی بودن روند در سطوح اطمینان ۹۵٪ یا ۹۰٪ از نکات بنیادی در مبحث آشکار سازی نوسانات اقلیمی می‌باشد. در این تحقیق سطح ۹۵٪ اطمینان آزمون من کندال جهت معنی داری روند دما انتخاب گردید. نتایج معنی داری آن در سطح اطمینان ۹۵ درصد در جدول شماره ۲ نشان داده شده است. طبق این جدول متوسط دمای ماهانه در ایستگاه قره بیل ماه‌های بهمن و اسفند دارای روند افزایش معنی دار و ماه‌های تیر و مرداد دارای روند کاهشی و معنی دار هستند. تحلیل فصلی معنی داری دما نیز گویای روند افزایشی دما در فصل زمستان و روند کاهشی دما فصل تابستان است.

مربوط به تصحیح پراش در صورتی که داده‌های تکراری در اطلاعات وجود داشته باشد (رابطه ۵) می‌باشد.

$$\text{var}[S] = \frac{[n(n-1)(2n+5) - \sum_t t(t-1)(2t+5)]}{18} \quad (4)$$

در اینجا X_i و X_k مقادیر متوالی داده‌ها هستند، n طول سری داده‌ها، t دامنه‌ی داده‌ها با ارزش یکسان و \sum مجموع داده‌های بالادست. بزرگی روند طبق زیر محاسبه می‌شود.

$$\beta = \text{Median} \left(\frac{X_i - X_j}{i - j} \right), \quad \forall j < i \quad (5)$$

هر کجا که $1 < j < i < n$ باشد. اگر β مثبت بود حاکی از داشتن روند افزایشی و اگر β منفی باشد نشان دهنده روند نزولی مقادیر می‌باشد. اما چنانچه β بزرگ‌تر از $+1/96$ و یا کوچک‌تر از $-1/96$ باشد خواهیم گفت داده‌ها دارای روند معناداری می‌باشند (یکس، یو، ۲۰۰۴).

ریز گردانی داده‌ها: جهت ریز گردانی داده‌ها از تکنیک آماری همبستگی استفاده شده است. به منظور محاسبه ضریب همبستگی بین پدیده‌ها از معادله پیرسون استفاده می‌گردد.

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (6)$$

در این رابطه: r میزان همبستگی، X_i و X_j مقدار داده X_i

جدول ۲ معنی دار بودن روند تغییرات بارش در سطح ۹۵٪ ایستگاه‌های حوضه مادر سو به تفکیک بازه های زمانی

ایستگاه	مقیاس زمانی			مقدار (Z)	نوع روند		پارامتر	
	فصلی	سالانه	ماهانه		منفی	مثبت		
تنگراه	-	-	مهر	۲/۲۸	-	●	مجموع بارش	
	پاییز	-	-	۲/۳۷	-	●		
چشمه‌خان	-	-	اردیبهشت	-۲/۱۲	●	-		
	تابستان	-	-	۲/۱۸	-	●		
رباط قره‌بیل	-	-	مهر	۲/۰۶	-	●		
تنگراه	-	-	مهر	۳/۵۸	-	●		روزهای بارشی
	-	-	آذر	۲/۵۴	-	●		
	-	-	بهمن	۱/۹۴	-	●		
	-	-	فروردین	۲/۳۸	-	●		
	-	-	خرداد	۲/۵	-	●		
	-	-	تیر	۲/۸۳	-	●		
	-	-	مرداد	۳/۰۱	-	●		
	پاییز	-	-	۳/۹	-	●		
	بهار	-	-	۲/۲۲	-	●		
	تابستان	-	-	۳/۵۰	-	●		
-	سالانه	-	۳/۸۶	-	●			
چشمه‌خان	تابستان	-	-	۲/۱۱	-	●		
رباط قره‌بیل	-	-	آبان	۳/۱۱	-	●	فراوانی بارش ۱۰mm	
	-	-	تیر	۲/۰۲	-	●		
	-	-	شهریور	۱/۹	-	●		
	پاییز	-	-	۳/۱	-	●		
	تابستان	-	-	۲/۵۵	-	●		
-	سالانه	-	۲/۹۴	-	●			
چشمه‌خان	-	-	اردیبهشت	-۲/۲۳	●	-	فراوانی بارش ۵mm	
رباط قره‌بیل	-	-	شهریور	-۱/۹۴	●	-		
تنگراه	-	سالانه	-	-۲/۱۸	●	-	فراوانی بارش ۵mm	
چشمه‌خان	-	-	اردیبهشت	-۱/۹۷	●	-		
	زمستان	-	-	-۲/۲۴	●	-		
-	سالانه	-	-	-۱/۹۹	●	-		

متوسط دما در ماه های سرد سال روند افزایشی معنی دار در سطح ۹۵٪ را نشان می دهند.

بر اساس جدول شماره ۲ مقادیر متوسط حداقل دما در بازه های ماهانه در فصول گرم سال روند کاهشی و

جدول ۳. معنی دار بودن روند تغییرات بارش در سطح ۹۵٪ ایستگاه های حوضه مادر سو به تفکیک بازه های زمانی

ایستگاه	مقیاس زمانی			مقدار (Z)	نوع روند		پارامتر
	فصلی	سالانه	ماهانه		منفی	مثبت	
رباط قره بیل	-	-	فروردین	-۲,۰۸	●	-	متوسط حداقل دما
	-	-	اردیبهشت	-۲,۰۸	●	-	
	-	-	تیر	-۲,۰۹	●	-	
	-	-	مرداد	-۲,۳۴	●	-	
	-	-	شهریور	-۲,۵۵	●	-	
	بهار	-	-	-۲,۲۵	●	-	
	تابستان	-	-	-۲,۸۲	●	-	
چشمه خان	-	سالانه	-	-۲,۱۹	●	-	متوسط حداکثر دما
	-	-	مهر	-۲,۱۹	●	-	
	-	-	مرداد	۲,۷۹	-	●	
رباط قره بیل	-	سالانه	-	۳,۰۸	-	●	متوسط دما
	-	-	اسفند	۲,۶۷	-	●	
	-	-	بهمن	۳,۰۸	-	●	
	-	-	اسفند	۳,۰۲	-	●	
	-	-	مرداد	-۳,۰۵	●	-	
	زمستان	-	-	۳,۳۲	-	●	
چشمه خان	-	-	تابستان	-۲,۴۳	●	-	متوسط دما
	-	-	دی	-۲,۰۵	●	-	

بارش حداکثر روزانه به سالانه مورد آزمون قرار گرفته است. جدول شماره (۳) متغیره های دارای روند معنی داری در سطح ۹۵٪ را نشان می دهد. لازم به ذکر است که این جدول تنها مشخصه های بارشی واجد روند معنی داری ارائه گردید. طبق جدول ارائه شده گزینه

بارش: به منظور آشکار سازی تغییرات بارش در سطح حوضه مشخصه های مجموع بارش سالانه، ماهانه، فصلی، فراوانی روزهای بارشی، روزهای با بارش بیش از ۱۰ و ۵ میلی متر، بارش حداکثر روزانه و نسبت

دبی: مقدار حداکثر دبی ایستگاه تنگراه در بازه های روزانه، ماهانه و سالانه به عنوان مهم‌ترین پارامتر هیدرولوژیک و برآیند نوسانات عناصر اقلیمی حوضه مورد آزمون روند قرار گرفت است. طبق نتایج حاصله از آزمون من-کندال مقادیر دبی حداکثر روزانه در ماه های مرداد و آبان، ماه‌های آبان (در مجموع فصل پاییز) و مرداد دارای روند افزایشی و فصل بهار روند کاهش و معنی دار و مقادیر دبی حداکثر سالانه فاقد روند معنی دار مثبت می‌باشد (جدول ۵ و ۴).

های مجموع بارش ماهانه و فصلی در تابستان و پاییز و فراوانی روزهای توأم با بارش دارای روند مثبت معنی دار در سطح ۹۵٪ می‌باشد. معنی داری این مشخصه‌ها به ویژه در بازه های فصلی تابستان و پاییز با روند کاهشی و معنی دار فراوانی روزهای بارشی ۱۰ و ۵ میلی متر هم راستا است. در واقع با افزایش فراوانی روزهای بارشی از شدت بارش‌ها کاسته شده و فقدان روند معنی دار بودن تغییرات در خصوص بارش‌های حداکثر روزانه و نسبت آن‌ها با بارش سالانه نیز تأیید کننده همین مطلب می‌باشد.

جدول ۴. مقدار Z دبی ماهانه و سالانه تنگراه

ماه	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
Z	-۰/۶	*۸/۵۴	-۱/۱	-۰/۴۷	۰/۷	-۰/۵۴	*-۱/۹۷	*-۲	*-۲/۱۳	-۱/۱۱	۰/۶۱	-۰/۲۳	۱/۳۵

جدول ۵. مقدار Z فصلی دبی تنگراه

فصل	پاییز	زمستان	بهار	تابستان
Z	*۷/۵	-۰/۱۵	*-۱/۸۹	۰/۰۹

دوران حضيض و اوج یکی از فاکتورهای مطرح در تبیین نوسانات اقلیمی می‌باشد (ویرت، ۲۰۰۶). در این مطالعه جهت آشکار سازی ساختار نوسانات عناصر اقلیمی نقش لکه‌های خورشیدی بر روی این عناصر به کمک روش ریز مقیاس گردانی (Downscaling) و تکنیک همبستگی در چرخه های شناخته شده ۱۱/۵ ساله مورد تحلیل قرار گرفتند (جدول ۶).

لکه‌های خورشیدی:

لکه‌های خورشیدی به عنوان یکی از عوامل بروز نوسانات اقلیمی مد نظر قرار گرفته‌اند. این لکه‌ها به دلیل فعالیت‌های شدید مغناطیسی ناحیه‌ای بر روی سطح خورشید مانع انتقال گرما و کاهش درجه حرارت سطح خورشید می‌شوند (ویلیامز، ۱۹۸۵). بر این اساس وجود و رخداد لکه‌های خورشیدی در

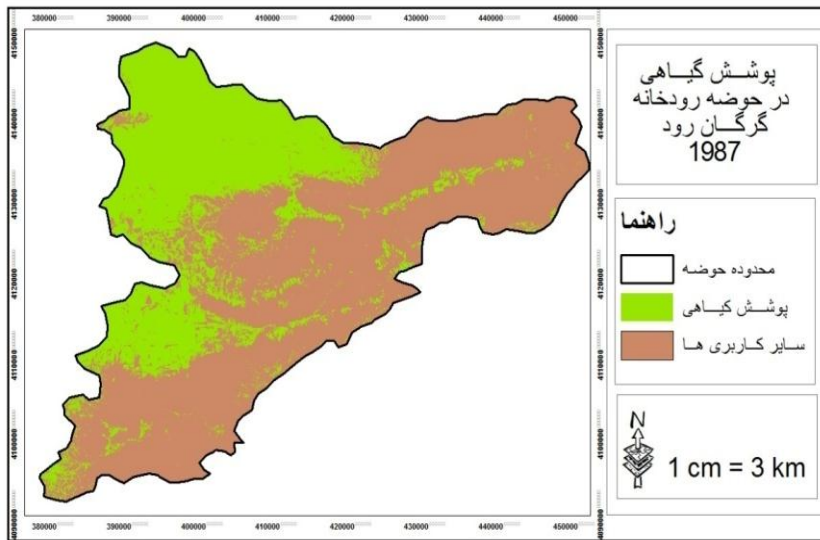
جدول ۶. نتایج ریز گردانی همبستگی لکه های خورشیدی و عناصر هیدرو اقلیمی حوضه مادر سو

عناصر هیدرو اقلیم	بارش سالانه تنگراه	بارش سالانه چشمه - خان	دبی سالانه تنگراه	متوسط دمای سالانه رباط قره بیل
لکه های خورشیدی	۰/۱۹	۰/۰۸	۰/۲۸	-۰/۲۸

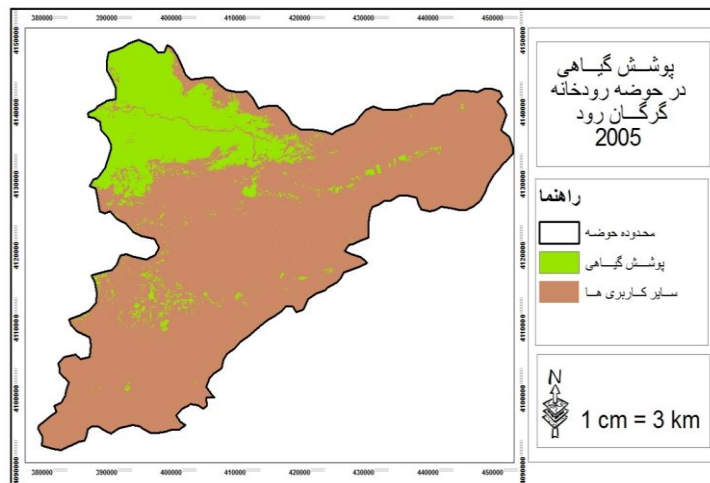
از مدل های ارائه شده در بالا، تغییرات پوشش گیاهی به عنوان یک شاخص موثر در رخداد سیلاب های بزرگ حوضه که برخی از آنها تا ۵۰۰ برابر دبی متوسط روزانه (سیلاب سال ۱۳۸۱) است در دوره زمانی ۱۳۶۶-۱۳۸۴ بررسی شد. نقشه های مستخرج از تصاویر ماهواره (چند زمانه سنجنده لندست ۵) (نقشه های شماره ۲ و ۳) نشان می دهد که از ۴۴۸۵ کیلومتر مربع مساحت حوضه در سال ۱۹۸۷، ۱۳۹۸ کیلومتر مربع کاربری جنگل و مراتع درجه ۱، ۳۰۸۷ کیلومتر مربع سایر کاربری اراضی و در سال ۲۰۰۵، ۸۱۱ کیلومتر مربع به کاربری جنگل و مرتع درجه ۱ و ۳۶۷۴ کیلومتر مربع به سایر کاربری ها تعلق داشته است. بدین ترتیب طی یک دوره ۱۸ ساله رقمی معادل ۵۸۷ کیلومتر مربع از مساحت مناطق جنگلی با توان ایجاد رواناب بسیار کم به اراضی با توان ایجاد رواناب زیاد تغییر کاربری پیدا کرده است (نقشه شماره ۴).

طبق جدول (۶) میزان همبستگی بین تعداد لکه های خورشیدی و بارش و دبی سالانه حوضه مثبت و با دمای سالانه ای حوضه معکوس می باشد. به بیانی دیگر آنچه به کمک آزمون من کندال در مورد متغیرهای هیدرو اقلیمی حوضه نشان داده شد (جدول شماره ۱ الی ۵) ناشی از رفتار طبیعی حوضه و واکنش آن به نوسانات چرخه ای لکه های خورشیدی است. با مشخص شدن مکانیسم نوسانات عناصر اقلیمی هنوز پاسخ به یک سؤال اساسی در خصوص سیلاب های مرگبار حوضه باقی است و آن اینکه این سیلاب ها نتیجه عملکرد کدام بخش موثر در چرخه آبی حوضه است؟ به منظور پاسخ گویی به این سؤال نقش کاربری اراضی و پوشش سطح حوضه به عنوان عاملی موثر در ایجاد روان آب بررسی گردید.

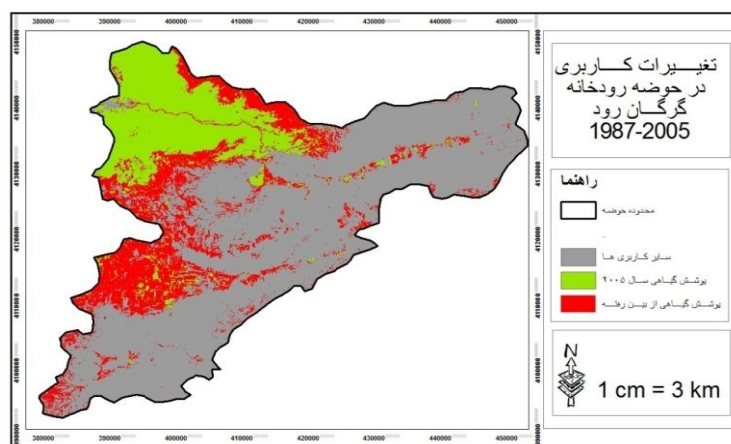
کاربری اراضی حوضه: کاربری اراضی به ویژه پوشش گیاهی حوضه های آبی نقش مهمی در تولید رواناب دارند. به نحوی که هر نوع تغییر این پارامتر در کنترل و ایجاد سیلاب موثر هستند. با توجه به نتایج حاصله



شکل ۲. نقشه پوشش گیاهی حوضه مادر سو در سال ۱۳۶۶



شکل ۳. نقشه پوشش گیاهی حوضه مادر سو در سال ۱۳۸۴



شکل ۴. نقشه تغییر کاربری اراضی حوضه مادر سو طی سال‌های ۱۳۶۶ - ۱۳۸۴

نتایج

بررسی‌های صورت گرفته در مورد روند یابی تغییرات عناصر هیدروکلیماتولوژی موجود در حوضه مادر سو نشان دهنده معنی دار بودن نوسانات دما، مجموع بارش، فراوانی روزهای بارش و دبی است که البته با ریز گردانی این عناصر با فراوانی لکه‌های خورشیدی با استفاده از مدل رگرسیون مشخص گردید که همبستگی مناسبی بین این تغییرات با لکه‌های خورشیدی وجود دارد. در واقع لکه‌های خورشیدی در چرخه‌های ۱۱/۵ ساله خود این تغییرات را تبیین نموده و همین نکته وجود نوسانات شدید و کاتاستروفی در این عناصر و نقش آن‌ها در ایجاد سیلاب‌های مخرب حوضه را با چالش روبرو می‌سازد. بنابراین جهت شناخت رخداد سیلاب‌های مخرب حوضه تغییرات کاربری اراضی در سطح حوضه بررسی گردید. نتایج حاصله از مقایسه تصاویر استخراجی و کاربری اراضی حوضه نشان دهنده تغییر کاربری اراضی جنگلی و مرتعی به کاربری‌های زراعی و بایر می‌باشد. این تغییرات طی دوره آماری منجر به تغییر کاربری ۵۸۷۰۰ هکتار با کاربری جنگل و مراتع درجه ۱ به کاربری زراعی و بایر شده که نقش موثری در افزایش ضریب رواناب و فرسایش خاک دارند. لذا آنچه منجر به رخداد سیلاب‌های بزرگ در سطح این حوضه گردیده است افزایش ضریب رواناب در نتیجه تخریب پوشش گیاهی توسط انسان می‌باشد. بنابراین باید اذعان نمود که حاکمیت نظرات اقتصادی و توسعه‌ای و بخشی نگر بدون توجه به توان‌های اکولوژی محیط جنگل در این حوضه و سایر حوضه‌های آبی کشور نقش بسیار بارزتری در رخداد

سیلاب‌های بزرگ دارند تا تغییرات طبیعی اقلیم. بنابراین می‌توان با بازنگری در سیاست‌های اجرایی و اعمال مدیریت آمایش جهت شکل‌گیری ساختار اقتصادی مبتنی بر تقویت توان‌های محیطی حوضه آبخیز، جنگل‌داری و توسعه عملیات آبخیزداری از حجم خسارات ناشی از سیلاب در سطح حوضه کاست و توسعه‌ای پایدار برای آن رقم زد.

منابع

- آذری، محمود، حمیدرضا مرادی، بهرام ثقفیان و منیره فرامرزی (۱۳۹۲)، ارزیابی اثرات هیدرولوژیکی تغییر اقلیم در حوضه آبخیز گرگانرود، نشریه آب و خاک، جلد ۲۷، شماره ۳.
- بابائیان، ایمان، مهدی ضرغامی، منصوره کوهی، امید بابائیان، مریم کریمیان و راهله مدیریان (۱۳۹۲) بررسی رفتار منابع آب حوضه قره قوم تحت شرایط تغییر اقلیم، نشریه آب و خاک، جلد ۲۷ شماره ۵.
- پورهاشم، مهسا، بهرام بختیاری و کوروش قادری (۱۳۹۲) مدل سازی جریان‌های کم با استفاده از شاخص‌های اقلیمی دما و بارش، پژوهشنامه مدیریت حوضه آبخیز سال چهارم شماره ۷.
- دوستی، مریم، محمود حبیب نژاد روشن، کاکا شادی و میرحسین یعقوب زاده (۱۳۹۲) بررسی شاخص‌های اقلیمی حوضه آبخیز تمارستان گلستان در شرایط تغییر اقلیم با کاربرد مدل Lars-wg، مجله فیزیک زمین، دوره ۳۹، شماره ۴.
- کاویانی، محمدرضا، بهلول علیجانی، ۱۳۸۴، مبانی آب و هوا شناسی، انتشارات سمت، تهران.
- کی. مک گوفی، ای. هندرسون-سلرز، ۱۳۸۰، نخستین گام در مدل سازی اقلیمی، ترجمه، ابوالفضل مسعودیان، حسنعلی غیور، انتشارات دانشگاه اصفهان.

- (2009). "Climate Change Impact on Water and Salt Balances: an Assessment of the Impact of Climate Change on Catchment Salt and Water Balances in the Murray- Darling Basin, Australia" Climate Change.
- Coats, Robert (2010). Climate Change in the Tahoe Basin: Regional Trends, Impact and Drivers. Climate change, 102: 435-466.
- Franck Lespinas. Wolfgang Ludwig. Serge Heussner (2010). "Impact of Recent Climate Change on the Hydrology of Coastal Mediterranean Rivers in Southern France" .Climate Change, 99:425-456.
- Fan, F., Wang, Q., Wang, Y.(2007), "land use and land Cover Change in Guangzhou, China, From 1998 to 2003, Based on land Sat TM/ETM+ Imagery", Sensors. Vol. 7, pp.1323-1342, 2007.
- H.Middelkoop, K. Daamen, D. Gellens, W. Grabs, J. C. J. Kwadjik, H. Lang, B. W. A. H. Parmet, B. Schadler, J. Schulla and K.Wilke (2001). "Impact of Climate Change on Hydrological Regimes and Water Resources Management in the Rhine Basin Climatic Change 49: 105-128.
- Johne, Oliver (2005): Encyclopedia of World Climatology. Published by Springer.
- Ming-Hsu Li. Waiting Tien. Ching-Pin Tung (2009), Assesses the Impact of Climate Change on the Land Hydrology in Taiwan. Paddy Water Environ 7:283-292.
- M. Taghi, V. Baghmisheh, and N. Pavesic,(2003) .A Fast Simplified Fuzzy ARTMAP network., Neural Processing Letters, vol. 17, pp. 273.316, 2003.
- Melih ozturk, Nadim K. copty and Alikere saysel,(2013), Modeling the impact of land use change on the hydrology of a rural watershed, Journal of Hydrology, Volume497, PP97-109.
- Shrestha, Madhave Narayan. (2002). Integrated ANN Modeling for Assessment of Runoff Due to land-use Change using Remote Sensing and GIS, (assay).
- Tazebe Beyene. Dennis P. Lettenmaier. Pavel Kabat(2009). Hydrologic Impacts of Climate Change on the Nile River Basin: Implications of the 2007 IPCC Scenarios, Climate Change.
- عساکره، حسین، ۱۳۸۶، تغییر اقلیم، انتشارات دانشگاه زنجان.
- علیزاده، امین، ۱۳۸۵، اصول هیدرولوژی کاربردی، انتشارات آستان قدس رضوی، مشهد.
- فیضی، وحید، منوچهر فرج زاده، مریم ملا شاهی، ۱۳۸۹، مطالعه تغییر اقلیم در جنوب دریای خزر به روش من- کندال، دومین همایش بین‌المللی تغییر اقلیم و گاه‌شناسی درختی در اکوسیستم‌های خزری (ایران- ساری).
- بازدار، مجید، فیروز احسانی فر، علی گهرنژاد، ۱۳۸۹، معرفی و کاربرد مدل‌های GCM در ارزیابی اثرات تغییر اقلیم، دومین همایش بین‌المللی تغییر اقلیم و گاه‌شناسی درختی در اکوسیستم‌های خزری (ایران- ساری).
- مدرسی، فرشته، شهاب، عراقی نژاد، کیومرث، ابراهیمی، مجید، خلقی، ۱۳۸۹، بررسی منطقه‌ای پدیده تغییر اقلیم با استفاده از آزمون‌های آماری (مطالعه موردی: حوضه آبریز گرگانرود- قره‌سو)، نشریه آب و خاک، جلد ۲۴، شماره ۳.
- منتظری، مریم، هدایت، فهمی، ۱۳۸۲، اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب کشور، سومین کنفرانس منطقه‌ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم (ایران- اصفهان).
- کمال، علیرضا، علیرضا مساح‌بوانی، ۱۳۸۹، تأثیر تغییر و نوسانات اقلیمی بر رواناب حوضه با دخالت عدم قطعیت دو مدل هیدرولوژی، نشریه آب و خاک، جلد ۲۴، شماره ۵.
- قربانی، داریوش، ۱۳۸۴، مدیریت منابع آب و تأثیر نوسان‌های فرا سنج‌های اقلیمی در حوضه تجن، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه اصفهان.
- Austin, Jenet. Lu Zhang, Roger N.Jones. Paul Durack. Warrick Dawes. Peter Hairsine

and Predicting Land Use Change in Beijing
Using Remote Sensing and GIS, Landscape an

Wu, Qiong, Li, Hong-qing, Wang, Ru-song.,
Paulussen, Juergen, He, Yong, Wang, Min,
Wang, Bi-hui, Wang, zhen. (2006). Monitoring
d Urban Planning, Article in press.

Z, X, XU. Y, N, Chen and J, Y, LI (2004):
Impact of Climate Change on Water
Resources in the Tarim River Basin. Water
Resources Management 18,439-458.