

هیدروژئومورفولوژی، شماره‌ی ۱۳، زمستان ۱۳۹۶، صص ۱۴۶-۱۲۱

وصول مقاله: ۱۳۹۶/۰۵/۳۰ تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۶/۰۸/۱۴

## تغییرات ماهانه شدت و تمرکز رواناب سطحی در رودخانه‌های حوضی گرگانرود استان گلستان

خدیدجه حاجی<sup>۱</sup>

شهناز میرزایی<sup>۲</sup>

رئوف مصطفی‌زاده<sup>۳\*</sup>

حبیب نظرنژاد<sup>۴</sup>

### چکیده

تحلیل تغییرات رژیم جریان و تداوم آن و تعیین عوامل مؤثر در بی‌نظمی‌ها از پیش‌نیازهای اصلی مدیریت و بهره‌برداری بهینه از رودخانه‌ها به عنوان یکی از منابع اصلی آب مصرفی می‌باشند. در این پژوهش میزان تغییرات ماهانه حجم رواناب در ۲۰ ایستگاه هیدرومتری واقع در استان گلستان در یک دوره‌ی ۳۸ ساله (۱۳۵۳-۱۳۹۱) با استفاده از شاخص تغییرات سالانه (ضریب تعدیل توزیع سالانه و شدت تمرکز) مورد ارزیابی قرار گرفت. براساس داده‌های ماهانه دبی در سال‌های مختلف، حجم رواناب ماهانه و سالانه‌ی ایستگاه‌های مورد مطالعه در طول دوره‌ی آماری محاسبه گردید. هم‌چنین روند شاخص تغییرات سالانه با استفاده از آزمون من-کندال مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج پژوهش نشان داد که از نظر توزیع ماهانه، حداکثر مقادیر حجم رواناب ایستگاه‌ها در فصل

۱- دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد مهندسی آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی

۲- دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گرگان

۳- استادیار گروه آموزشی منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی (نویسنده مسئول)  
E-mail: raofmostafazadeh@uma.ac.ir

۴- استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه

بهار و خصوصاً در ماه فروردین اتفاق افتاده است که با مقادیر بالای بارش بهاره و اثر آن در میزان آبدهی بالای رودخانه‌ها در این فصل در ارتباط بوده است. هم‌چنین، بیش‌ترین مقادیر حجم رواناب در ایستگاه‌های آق‌قلا، قزاقلی و بصیرآباد به‌ترتیب دارای متوسط حجم رواناب سالانه (۳۳/۹، ۳۳/۵ و ۳۲/۶ میلیون مترمکعب) می‌باشند. در حالی‌که بیش‌ترین یکنواختی در وقوع رواناب در ماه‌های سال مربوط به ایستگاه‌های نوده‌خاندوز، تمر، گالیکش و قلی‌تپه به‌ترتیب با مقادیر ضریب تعدیل توزیع سالانه برابر ۰/۱۹، ۰/۲۱، ۰/۲۳ و ۰/۲۴ درصد بوده است. کم‌ترین شدت تمرکز رواناب نیز مربوط به ایستگاه‌های نوده‌خاندوز و تمر به‌ترتیب برابر با مقادیر ۰/۲۶ و ۰/۲۵ درصد می‌باشند، در صورتی‌که ایستگاه رامیان (با مقدار شاخص ۰/۶۲ درصد) دارای بیش‌ترین شدت تمرکز بوده است. نتایج حاکی از رابطه‌ی مستقیم و معنی‌دار میان ضریب تعدیل توزیع سالانه‌ی دبی و شاخص شدت تمرکز با ضریب همبستگی ۰/۶۰ می‌باشد. بنابراین بیش‌ترین روند کاهشی و افزایشی در طول دوره‌ی آماری با استفاده از آزمون من-کندال به‌ترتیب در ایستگاه‌های شیرآباد و نوده‌خاندوز در سطح معنی‌دار ۰/۰۵ مشاهده شده‌اند.

**کلمات کلیدی:** رژیم جریان رودخانه، شدت تمرکز، ضریب تعدیل توزیع، آزمون من-کندال.

## مقدمه

عواملی همچون خصوصیات خود حوضه نظیر فیزیوگرافی، زمین‌شناسی، پوشش گیاهی، وضعیت خاک، دخالت فعالیت‌های انسانی در محیط طبیعی منطقه و برهم زدن تعادل محیط طبیعی باعث تشدید رواناب شده و زیان‌های جبران‌ناپذیری را در سطح منطقه به وجود می‌آورند. با توجه به این که خصوصیات فیزیکی حوضه نسبتاً ثابت است و بارش دارای تغییرات زمانی و مکانی است و هم‌چنین با در نظر داشتن ارتباط مستقیم بین بارندگی و رواناب، تغییرات فصلی

رواناب دور از انتظار نخواهد بود (پیترسون<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۲: ۱۴۰؛ والگا و ملینسکی<sup>۲</sup> ۲۰۱۷: ۶۲۰). با تعیین تغییرات حجم رواناب ناشی از بارندگی و آگاهی از زمان طغیان رودخانه‌ها می‌توان زمینه پیش‌بینی سیلاب و به دنبال آن کاهش خسارات ناشی از آن را فراهم نمود. افزایش جمعیت نیاز به استفاده از آب رودخانه‌ها نیز افزایش یافته است. در نتیجه انسان با ایجاد سد و زیر کشت بردن زمین‌های کشاورزی بیش‌تر سعی در بهره‌وری و مهار بیش‌تر رواناب نموده است که باعث تغییر در زمان‌بندی و نیز آشفتگی رژیم رودخانه می‌گردد که با استفاده از شاخص‌های تغییرپذیری قابل ارزیابی است (وفاخواه و همکاران، ۱۳۹۱: ۸۰). شناسایی نقاطی که دچار افزایش رواناب شده‌اند و معرفی آن‌ها به‌عنوان نقاط بحرانی می‌تواند به مدیریت بهتر حوضه و عملیات آبخیزداری در بخش‌های بحرانی حوضه‌ی آبخیز منجر شود عدم شناخت در بسیاری موارد باعث تصمیم‌گیری نامناسب و گرفتن نتیجه منفی در محیط می‌شود (اسفندیاری‌درآباد و همکاران، ۱۳۹۳: ۶۱). بنابراین برای تشخیص روند سری‌های زمانی هیدرولوژیکی آزمون ناپارامتری من-کندال<sup>۳</sup> مناسب‌ترین روش است، مخصوصاً برای داده‌های هیدرولوژی که نامتوازن‌اند و داده‌های پرت دارند (باقرپور و همکاران، ۱۳۹۶: ۱۱). با این وجود در شرایط واقعی برخی سری‌های هیدرولوژیکی دارای ضریب خودهمبستگی می‌باشند. خودهمبستگی بر روی مقدار واریانس محاسبه شده در روش من-کندال تأثیر می‌گذارد در نتیجه احتمال رد فرض صفر یعنی عدم وجود روند در سری داده افزایش پیدا می‌کند. در این حالت اگر چه داده‌ها فاقد روند هستند اما با روش من-کندال برای آن‌ها روند تشخیص داده می‌شود (اوناز و بایزیت<sup>۴</sup>، ۲۰۱۱: ۳۵۵۴).

---

1- Petersen  
2- Walega & Mlynski  
3- Non-Parametric Mann-Kendall Test  
4- Onoz and Bayazit

از جمله مطالعات انجام شده در زمینه‌ی بررسی تغییرات زمانی و مکانی رواناب در خارج از کشور می‌توان به مطالعه شیکلومانف<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۰۷) اشاره نمود. آن‌ها تغییرات مکانی و زمانی دبی حداکثر را در قطب شمال روسیه با داده‌های روزانه دبی ۱۳۹ ایستگاه مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان‌دهنده معنی‌داری تغییرات مکانی دبی در قطب شمال روسیه بوده و تغییرات در دبی حداکثر در فصل بهار را ناشی از زمان یخ‌زدگی و ذوب برف بیان کردند. در بررسی تغییرات مکانی و زمانی رواناب در حوضه‌ی رودخانه‌ی یانگ‌تسه<sup>۲</sup> چین در طی دوره‌ی ۴۰ ساله، ایکسو<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۰۸) بیان کردند که رواناب طبیعی رودخانه در تابستان افزایش و در پاییز به شدت کاهش یافته است. پیترسون و همکاران (۲۰۱۲) فصلی بودن رواناب ماهانه در ایالات متحده را بررسی کرده و بیان کردند که تغییرات مکانی در رواناب فصلی به شاخص خشکسالی حوضه، رطوبت خاک و بارش فصلی بستگی دارد. کاندزویسز<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۱۵) تغییرات آب و هوایی و دبی را در رودخانه آکسوی<sup>۵</sup> چین با تمرکز بر پیش‌بینی فصلی رواناب مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که تغییرات دبی در فصل تابستان در یکی از زیرحوضه‌های مورد بررسی تحت‌تأثیر دما و در زیرحوضه دیگر تحت‌تأثیر عامل بارش بوده است. در بررسی فصلی بودن دبی میانگین ماهانه در برخی از رودخانه‌های حوضه‌ی ویستولای<sup>۶</sup> لهستان والگا و ملینسکی (۲۰۱۷) از شاخص کولویل<sup>۷</sup>، تحلیل همبستگی

- 1- Shiklomanov
- 2- Yangtze
- 3- Xu
- 4- Kundzewicz
- 5- Aksu
- 6- Vistula
- 7- Colwell

همبستگی خودکار<sup>۱</sup> و تحلیل طیفی<sup>۲</sup> استفاده کردند. نتایج آن‌ها نشان‌دهنده‌ی بی‌نظمی در فصلی بودن دبی میانگین ماهانه در رودخانه‌های مورد بررسی بود.

در داخل کشور نیز، یوسفی و همکاران (۱۳۹۰) با بیان اینکه جریان رودخانه‌ها دارای تغییرپذیری زیادی در مقیاس زمانی و مکانی مختلف می‌باشند، تغییرپذیری زمانی و مکانی جریان رودها در استان مازندران را با تحلیل هارمونیک مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان‌دهنده‌ی رژیم الگوی دبی بیشینه ماهانه در اسفند و فروردین به دلیل ذوب برف و در پاییز (مهر و آبان) به دلیل وقوع بارش پاییزه منطقه‌ای بوده است. در بررسی روند تغییرات دبی رودخانه‌ی مارون استان خوزستان، معروفی و طبری (۱۳۹۰) از تحلیل پارامتری رگرسیونی و آزمون‌های ناپارامتری من-کندال و سن استفاده کردند و بیان نمودند که مقادیر دبی در فصل بهار و زمستان کاهش و در فصل تابستان افزایش یافته است. فرج‌زاده و همکاران (۱۳۹۱) اثر نوسانات بارش بر رواناب سطحی در حوضه‌ی آبریز سرخس استان خراسان رضوی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان‌دهنده‌ی بیش‌ترین تغییرات ماهانه رواناب سطحی در فصل بهار و فروردین ماه بوده و کم‌ترین تغییرات رواناب سطحی در اواخر تابستان می‌باشد که به دلیل خشک شدن رود در فصل تابستان است. افزایش اهمیت مدیریت آبخیز در طی سال‌های اخیر بخصوص مدیریت منابع آبی، فرسایش و رسوب لزوم شناخت رفتار و رژیم رودخانه‌ها را نمایان می‌سازد. با توجه به تغییرات مقدار دبی رودخانه، ارزیابی تغییرات زمانی و مکانی تغییرات رواناب می‌تواند در تعیین و کنترل منشأ فرسایش خاک مؤثر باشد. بر همین اساس این پژوهش با هدف تحلیل تغییرات زمانی و مکانی حجم رواناب ماهانه و نیز

---

1- Autocorrelation Analysis

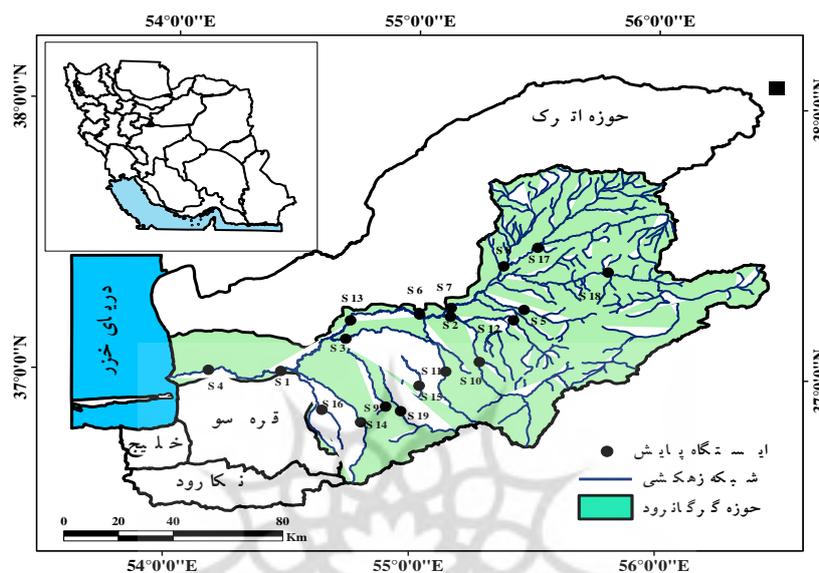
2- Spectral Analysis

محاسبه شاخص‌های ضریب تعدیل توزیع سالانه و شدت تمرکز در تعدادی از ایستگاه‌های هیدرومتری واقع در استان گلستان انجام شده است.

## مواد و روش‌ها

### موقعیت منطقه‌ی مورد مطالعه

در پژوهش حاضر، حوضه‌ی آبخیز گرگانود در استان گلستان براساس مرز هیدرولوژیک به عنوان واحد مطالعاتی در نظر گرفته شده است. استان گلستان از نظر گستردگی، تنوع توپوگرافی و نوع کاربری‌های اراضی دارای ناهمگنی بالایی است که خصوصیات و وقوع زمانی و مکانی دوره‌های خشک و مرطوب را متأثر می‌سازد. استان گلستان با مساحتی حدود ۲۰۴۳۸ کیلومتر مربع در شمال شرق کشور و در محدوده‌ی جغرافیایی ۵۰° ۵۳' تا ۱۸° ۵۶' طول شرقی و ۲۵° ۳۶' تا ۰۸' ۳۸° عرض شمالی واقع شده است. میزان بارندگی متوسط سالانه از حدود ۱۵۰ تا ۷۵۰ میلی‌متر متغیر می‌باشد. استان گلستان در طبقه‌بندی دومارتن دارای اقلیم‌هایی متفاوت می‌باشد که در این طبقه‌بندی، نوار شمالی استان دارای اقلیم خشک و نوار پایین‌تر آن دارای اقلیم نیمه‌خشک می‌باشد. هم‌چنین دو ناحیه بسیار مرطوب در داخل نواحی مرطوب و پنج ناحیه‌ی مرطوب در داخل نواحی نیمه مرطوب قرار دارد (مصطفی‌زاده و شیخ، ۱۳۹۰: ۸۲). کاربری عمده‌ی حوضه‌ی به ویژه در جنوب و شرق جنگلی بوده و در شمال و غرب منطقه دشت‌های آبرفتی به صورت زراعت و مرتع در حال بهره‌برداری هستند. شکل (۱)، موقعیت منطقه‌ی مورد مطالعه را در استان گلستان و ایران و هم‌چنین پراکنش ایستگاه‌های هیدرومتری در منطقه‌ی مورد مطالعه را نمایش می‌دهد.



شکل (۱) موقعیت حوضه‌ی آبخیز گرگانرود و محل ایستگاه‌های هیدرومتری در استان گلستان

### روش پژوهش

در این پژوهش ابتدا کلیه‌ی ایستگاه‌های هیدرومتری موجود در منطقه‌ی مورد مطالعه شناسایی شد. از آنجایی که در تحلیل تغییرات ماهانه رواناب سطحی و دبی هر چه دوره‌ی آماری ایستگاه‌ها بیش‌تر باشد دقت نتایج دقیق‌تر است، بنابراین ایستگاه‌های مختلف در سطح حوضه دارای آمار طولانی‌مدت انتخاب شدند. داده‌های مورد نیاز در این پژوهش شامل آمار دبی ماهانه ۲۰ ایستگاه در سطح حوضه، در دوره‌ی آماری ۱۳۵۳ تا ۱۳۹۱ می‌باشد که برخی از اطلاعات ایستگاه‌های هیدرومتری مورد مطالعه در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول (۱) خصوصیات ایستگاه‌های هیدرومتری منتخب در استان گلستان

ردیف	رودخانه	نام ایستگاه	موقعیت جغرافیایی			متوسط دبی (مترمکعب بر ثانیه)
			Z	Y	X	
۱	دوغ (مادرسو)	تنگراه	۳۳۰	۴۱۳۹۵۵۷	۳۹۳۵۴۱	۱/۴۵
۲	گرگانرود	تمر	۱۳۲	۴۱۴۹۶۸۳	۳۶۷۹۱۱	۱/۵۷
۳	اوغان	گالیکش	۲۵۰	۴۱۲۴۲۱۰	۳۶۲۸۷۳	۲/۵۹
۴	قلی تپه	قلی تپه	۲۵۰	۴۱۲۱۹۳۲	۳۵۹۵۴۸	۰/۵۰
۵	گرگانرود	گنبد	۳۶	۴۱۲۴۹۹۶	۳۳۶۲۳۶	۷/۵۱
۶	چهل چای	لزوره	۱۹۰	۴۱۲۰۹۶۵	۳۵۸۲۵۸	۲/۰۶
۷	خرمالو	نوده	۲۸۰	۴۱۰۲۹۵۳	۳۴۶۶۱۷	۲/۲۱
۸	گرگانرود	ارازکوسه	۳۵	۴۱۲۱۴۱۴	۳۳۶۱۳۲	۵/۵۸
۹	قره چای	رامیان	۲۰۰	۴۰۹۸۸۹۹	۳۳۴۲۳۴	۱/۲۲
۱۰	گرگانرود	قزاقلی	۳۰	۴۱۲۱۹۹۳	۳۲۴۳۷۲	۱۲/۹۳
۱۱	گرگانرود	سد گرگان	۱۲	۴۱۱۹۹۵۸	۲۹۹۵۱۰	۸/۹۳
۱۲	سیاه جوی	شیرآباد	۱۶۰	۴۰۹۲۹۸۲	۳۲۴۹۲۸	۰/۶۰
۱۳	گرگانرود	باغه سالیان	۲۰	۴۱۱۲۱۳۷	۲۹۸۱۳۷	۳/۵۱
۱۴	جعفرآباد	تقی آباد	۱۰۰	۴۰۸۳۲۳۹	۲۸۸۹۸۶	۰/۴۰
۱۵	گرگانرود	آق قلا	-۱۲	۴۰۹۹۱۹۴	۲۷۴۰۹۶	۱۳/۰۹
۱۶	گرگانرود	بصیرآباد	-۲۱	۴۰۹۹۶۴۴	۲۴۷۶۴۵	۱۲/۶۱
۱۷	گرگانرود	حاجی قوشان	۴۵	۴۱۴۲۷۸۹	۳۵۶۱۶۹	۲/۷۶
۱۸	نرماب	پس پشته	۱۸۰	۴۱۱۴۶۳۶	۳۵۳۵۰۵	۲/۱۱
۱۹	زرینگل	زرینگل	۲۸۰	۴۰۸۲۶۷۲	۳۱۷۷۸۳	۲/۰۴
۲۰	محمدآباد	سرمو	۵۰۰	۴۰۷۸۱۵۹	۳۰۳۲۱۰	۱/۱۶

در راستای اهداف پژوهش، ابتدا براساس داده‌های ماهانه دبی در سال‌های مختلف، حجم رواناب ماهانه و سالانه ایستگاه‌های مختلف در طول دوره‌ی آماری محاسبه گردید. سپس به منظور بررسی تغییرات ماهانه حجم رواناب در هر یک از

ایستگاه‌های هیدرومتری از شاخص تغییرات سالانه<sup>۱</sup> استفاده گردید. این شاخص شامل ضریب تعدیل توزیع سالانه<sup>۲</sup> و شدت تمرکز<sup>۳</sup> حجم رواناب در طول دوره‌ی آماري موجود در ایستگاه‌های هیدرومتری حوضه‌ی آبخیز گرگانرود می‌باشد. ضریب تعدیل توزیع سالانه نشانگر یکنواختی یا عدم یکنواختی تغییرات حجم رواناب در ایستگاه‌های مورد مطالعه می‌باشد، که براساس رابطه‌ی (۱) محاسبه شد (ژای<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۱۶: ۴).

$$C_r = \sum_{t=1}^{12} \phi(t)[R(t) - \bar{R}] / \sum_{t=1}^{12} R(t) \quad \begin{cases} \phi(t) = \{0, & R(t) < \bar{R} \\ \phi(t) = \{1, & R(t) \geq \bar{R} \end{cases} \quad (1) \text{ رابطه‌ی (۱)}$$

که در آن،  $C_r$  ضریب تعدیل توزیع سالانه،  $t$  ماه‌های سال (۱، ۲، ۳، .....، ۱۲)،  $R$  متوسط حجم رواناب ماهانه و  $\bar{R}$  متوسط حجم رواناب سالانه می‌باشد. شدت تمرکز نیز حداقل و حداکثر تغییرات به دست آمده از مقادیر حجم رواناب را در ایستگاه‌های هیدرومتری نشان می‌دهد و براساس روابط (۲)، (۳)، (۴) و (۵) محاسبه گردید (یانگ<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۰۰: ۳۹؛ ژای و همکاران، ۲۰۱۶: ۴).

$$C_d = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} / \sum_{t=1}^{12} R(t) \quad (2) \text{ رابطه‌ی (۲)}$$

$$R_x = \sum_{t=1}^{12} R(t) \cos \theta_t \quad (3) \text{ رابطه‌ی (۳)}$$

- 
- 1- Annual Variation Analysis (AVA)
  - 2- Annual Distribution of Regulating Coefficient
  - 3- Concentration Rate
  - 4- Zhai
  - 5- Young

$$R_y = \sum_{t=1}^{12} R(t) \sin \theta_t \quad \text{رابطه ی (۴)}$$

$$\theta_t = \left( (\text{day of occurrence}) \times \frac{2\pi}{LENM} \right) \quad \text{رابطه ی (۵)}$$

که در آن ها،  $C_d$  شدت تمرکز حجم رواناب،  $R_x$  جمع مقادیر مؤلفه افقی ۱۲ ماه سال،  $R_y$  جمع مقادیر مؤلفه عمودی ۱۲ ماه سال،  $R(t)$  مقادیر حجم رواناب ماهانه،  $\theta$  زاویه برداری از مقادیر حجم رواناب و  $LENM$  برابر ۱۲ ماه می باشد.

در بررسی تغییرات زمانی شاخص تغییرات سالانه حجم رواناب از مدل نمودار سه متغیره<sup>۱</sup> استفاده شد. مدل نمودار سه متغیره ابزاری برای نمایش تغییرپذیری متغیرهای مؤثر بر یک متغیر وابسته در فضای سه بعدی است (مصطفی زاده و همکاران، ۱۳۹۴: ۱۳۳؛ آلتونکاینک و همکاران<sup>۲</sup>، ۲۰۰۳: ۲۳۹). تهیه نمودارهای سه متغیره می تواند با استفاده از روش کریجینگ صورت گیرد، که در آن با استفاده از دو متغیر مستقل و یک متغیر وابسته، پراکنش مقادیر آن برآورد می گردد (صادقی و مصطفی زاده، ۲۰۱۶: ۵؛ سن<sup>۳</sup>، ۲۰۰۸: ۷۲). بنابراین ارتباط میان ضریب تعدیل توزیع سالانه و شدت تمرکز سالانه ایستگاه های مورد مطالعه با میانگین حجم رواناب سالانه در طول دوره آماری (۱۳۵۳-۱۳۵۹۱) با استفاده از نمودارهای سه متغیره در محیط نرم افزار Surfer مورد ارزیابی قرار گرفت. میانگین ضریب تعدیل توزیع سالانه و شدت تمرکز هر یک از ایستگاه ها در طول دوره آماری ۳۸ ساله نیز به منظور بررسی تغییرات مکانی محاسبه و در قالب نقشه ارائه گردید.

1- Triple Diagram Model  
2- Altunkaynak et al.,  
3- Sen

## آزمون من-کندال

در این مقاله جهت تعیین مقادیر آزمون من-کندال از روابط (۶ تا ۹) استفاده شده است (سالمی و همکاران<sup>۱</sup>، ۲۰۰۲: ۹).

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \operatorname{sgn}(x_j - x_i) \quad \text{رابطه‌ی (۶)}$$

$$\operatorname{sgn}(x_j - x_i) = \begin{cases} +1 & (x_j - x_i) > 0 \\ 0 & (x_j - x_i) = 0 \\ -1 & (x_j - x_i) < 0 \end{cases} \quad \text{رابطه‌ی (۷)}$$

$$\operatorname{VAR}(S) = \frac{1}{18} \left[ n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^q t_p(t_p-1)(2t_p+5) \right] \quad \text{رابطه‌ی (۸)}$$

$$Z_M = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\operatorname{VAR}(S)}} & S > 0 \\ 0 & S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\operatorname{VAR}(S)}} & S < 0 \end{cases} \quad \text{رابطه‌ی (۹)}$$

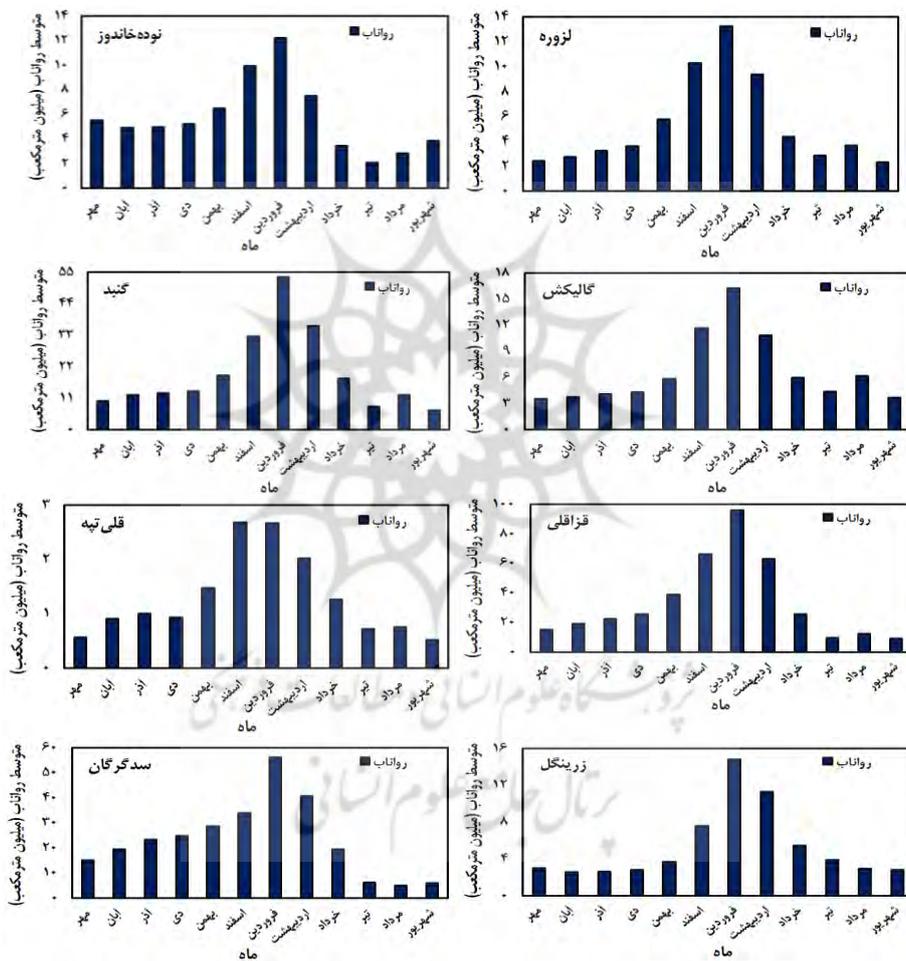
که در آن،  $n$  تعداد داده مشاهده‌ای (طول دوره‌ی آماری)،  $X_i$  و  $X_j$  به ترتیب آمین و زامین داده مشاهده‌ای، و  $q$  تعداد گروه‌های ایجاد شده (با داده‌های برابر و بیش‌تر از دو عضو)،  $t_p$  تعداد داده‌های برابر در  $p$  آمین گروه و  $Z_M$  مقدار آماره من-کندال است. مقدار منفی  $Z_M$  بیانگر روند کاهشی و مقدار مثبت آن نشان‌دهنده‌ی روند افزایشی در سری داده‌ها می‌باشد. با توجه به سطح معنی‌داری ۹۵ درصد اگر  $1/96 > |Z_M|$  باشد، فرض صفر ( $H_0$ ) رد شده و سری زمانی پارامتر مورد مطالعه دارای روند معنی‌دار و در غیر این صورت فاقد روند ارزیابی می‌شود. بنابراین روند تغییرات ضریب تعدیل توزیع سالانه و شدت تمرکز در طول دوره‌ی آماری در ایستگاه‌های مورد مطالعه با استفاده از آزمون من-کندال در نرم‌افزار مک سنس<sup>۲</sup> انجام شد.

1- Salmi

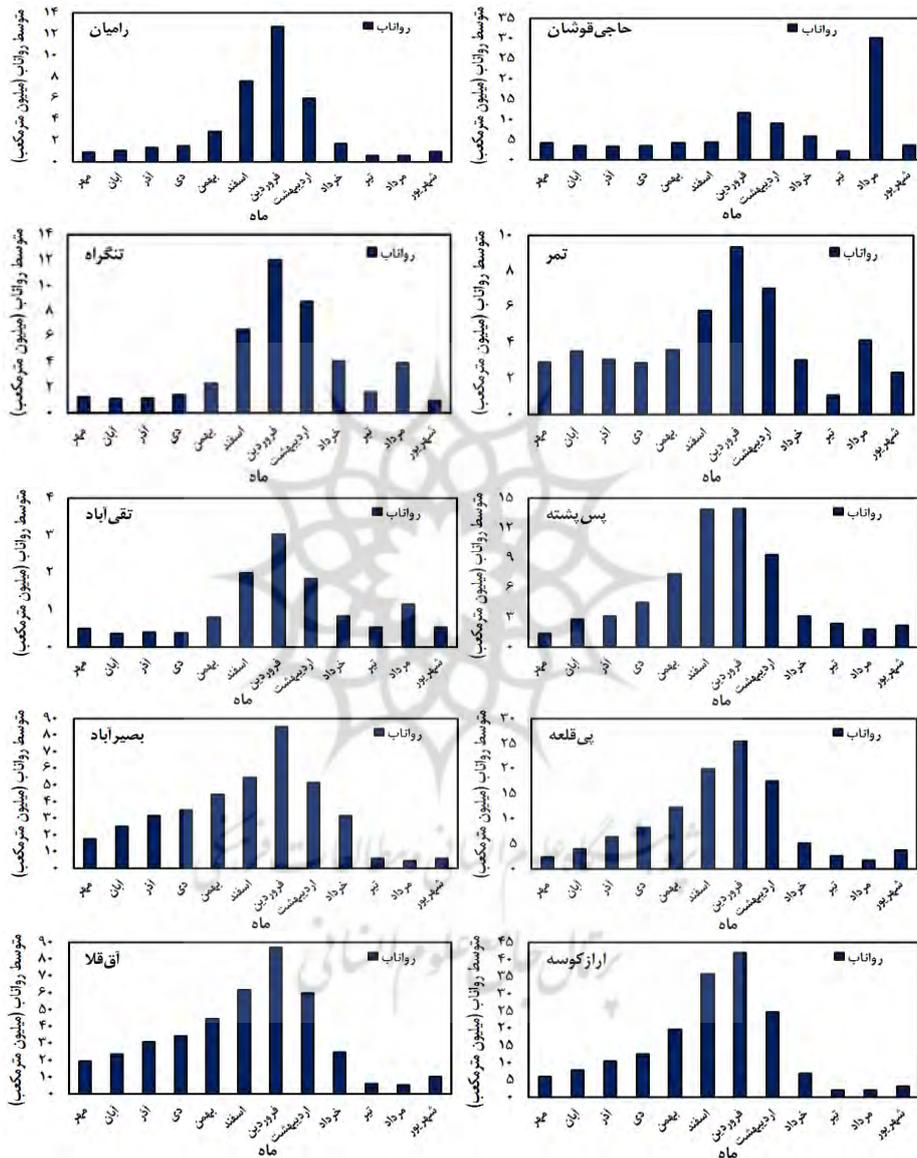
2- MAKESENS

## بحث و نتایج

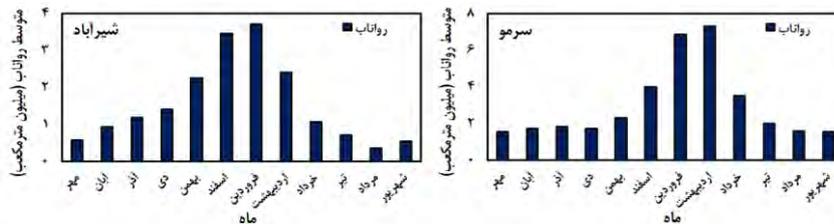
مقادیر تغییرات ماهانه حجم رواناب در طول دوره‌ی آماری موجود در تعدادی از ایستگاه‌های هیدرومتری حوضه‌ی آبخیز گرگانرود در شکل (۲) ارائه شده است.



شکل (۲) تغییرات متوسط مقادیر حجم رواناب (میلیون مترمکعب) در ماه‌های مختلف در ایستگاه‌های هیدرومتری منتخب در حوضه‌ی آبخیز گرگانرود



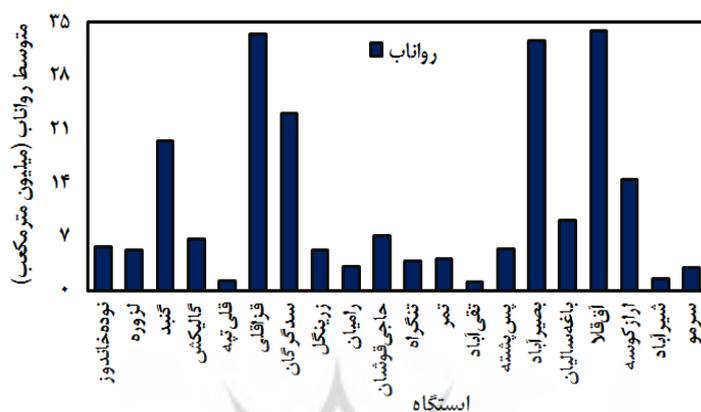
ادامه‌ی شکل (۲)



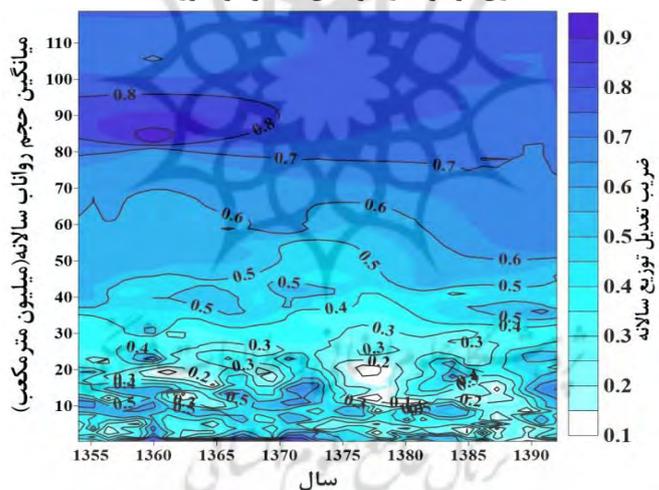
ادامه‌ی شکل (۲)

براساس نتایج به دست آمده از تغییرات حجم رواناب ماهانه مربوط به شکل (۲)، مشاهده می‌شود که بیش‌ترین حجم رواناب در فروردین‌ماه و کم‌ترین مقدار حجم رواناب در مردادماه می‌باشد، در صورتی‌که ایستگاه حاجی‌قوشان دارای بیشترین مقدار حجم رواناب در مردادماه بوده است. به عبارتی می‌توان گفت که در ایستگاه‌های مورد مطالعه، بیشترین مقادیر حجم رواناب در فصل بهار و کم‌ترین مقادیر آن در فصل‌های پاییز و تابستان می‌باشد. از آنجایی که بیشتر آبخیزهای مورد مطالعه دارای پوشش جنگلی می‌باشند، لذا دبی پایه ناشی از نفوذپذیری بالا، باعث تغییر در زمان‌بندی وقوع دبی و نیز توزیع و تعدیل آن در فصول مختلف می‌شود. مقادیر تغییرات متوسط حجم رواناب سالانه در طول دوره‌ی آماری موجود در تعدادی از ایستگاه‌های هیدرومتری حوضه‌ی آبخیز گرگانرود در شکل (۳) ارائه شده است.

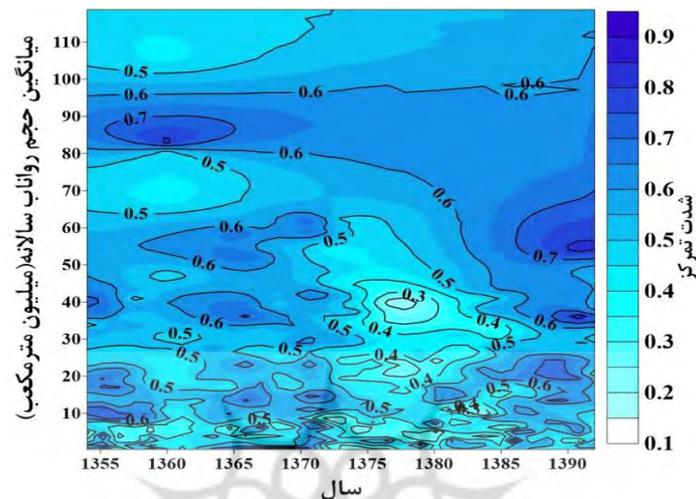
براساس شکل (۳) می‌توان گفت که بیش‌ترین حجم رواناب مربوط به ایستگاه‌های آق‌قلا، قزاقلی و بصیرآباد به ترتیب دارای متوسط حجم رواناب سالانه (با مقادیر  $33/9$ ،  $33/5$  و  $32/6$  میلیون مترمکعب) می‌باشند، در حالی‌که ایستگاه تقی‌آباد دارای کمترین مقدار متوسط حجم رواناب سالانه به میزان یک میلیون مترمکعب برآورد شده است. نتایج مربوط به تغییرات زمانی شاخص تغییرات سالانه (ضریب تعدیل توزیع سالانه و شدت تمرکز) حجم رواناب با استفاده از نمودارهای سه‌متغیره در شکل‌های (۴) و (۵) ارائه شده است.



شکل (۳) مقادیر متوسط حجم رواناب سالانه در ایستگاه‌های هیدرومتری منتخب در طول دوره‌ی آماری موجود در حوضه‌ی آبخیز گرگانود



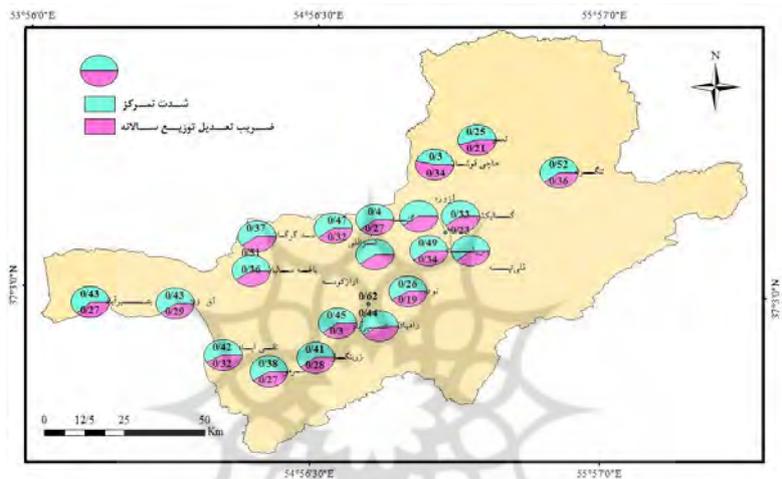
شکل (۴) مقادیر ضریب تعدیل توزیع سالانه در تغییرات میانگین حجم رواناب سالانه در طول دوره‌ی آماری ایستگاه‌های منتخب



شکل (۵) مقادیر شدت تمرکز در تغییرات میانگین حجم رواناب سالانه در طول دوره آماری ایستگاه‌های منتخب

شکل (۴) نشان‌دهنده‌ی این است که توزیع رواناب در سال‌هایی با مقدار حجم رواناب سالانه بیش‌تر از ۵۰ میلیون مترمکعب در طول دوره‌ی آماری غیریکنواخت می‌باشد. هم‌چنین این شکل نشان‌دهنده‌ی عدم تغییرات ضریب تعدیل توزیع سالانه در طول دوره‌ی آماری به‌جز در سال‌های بین ۱۳۶۵-۱۳۶۰، ۱۳۸۰-۱۳۷۵ و ۱۳۹۰-۱۳۸۵ و در مقادیر کم حجم رواناب سالانه می‌باشد که می‌توان به تغییرات مقدار حجم رواناب سالانه در بین ایستگاه‌های مورد مطالعه نسبت داد. مقادیر شدت تمرکز در طول زمان و در مقایسه با حجم رواناب سالانه براساس شکل (۵) متفاوت بوده در صورتی‌که در بین سال‌های ۱۳۶۵-۱۳۵۵ مقدار شدت تمرکز به‌جز در مقدار حجم رواناب سالانه بین ۲۰-۱۰ و ۱۰۰-۸۰ میلیون مترمکعب کم برآورد شده است. در حالی‌که در سال‌های بین ۱۳۸۵-۱۳۷۵ مقدار شدت تمرکز در حجم رواناب کم‌تر از ۶۰ میلیون مترمکعب کم بوده است که نشان‌دهنده‌ی تغییرات زمانی شدت تمرکز است. شکل (۶) نشان‌دهنده‌ی تغییرات مکانی مقادیر ضریب تعدیل

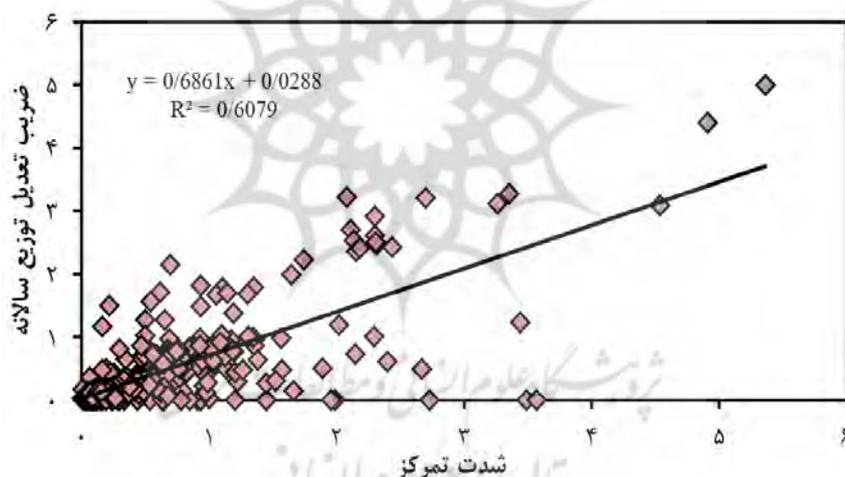
توزیع سالانه و شدت تمرکز برآوردی برای مقادیر متوسط حجم رواناب سالانه‌ی ایستگاه‌های مورد مطالعه در طول دوره‌ی آماری موجود در حوضه‌ی آبخیز گرگانرود می‌باشد.



شکل (۶) مقادیر متوسط ضریب تعدیل توزیع سالانه و شدت تمرکز رواناب سالانه در ایستگاه‌های هیدرومتری منتخب در حوضه‌ی آبخیز گرگانرود

شکل (۶) نشان‌دهنده‌ی این است که کم‌ترین ضریب تعدیل توزیع سالانه حجم رواناب مربوط به ایستگاه‌های نوده‌خاندوز، تمر، گالیکش و قلی‌تپه به ترتیب با مقادیر برابر ۰/۱۹، ۰/۲۱، ۰/۲۳ و ۰/۲۴ درصد بوده است که نشانگر یکنواخت بودن توزیع مقادیر حجم رواناب در همه‌ی ماه‌های سال می‌باشد. در حالی که در سایر ایستگاه‌ها مقدار بی‌نظمی بیش‌تر بوده و بالاترین مقدار ضریب تعدیل توزیع سالانه مربوط به ایستگاه رامیان با مقدار ۰/۴۴ درصد می‌باشد که نشان می‌دهد در ماه‌های محدودی از سال مقادیر حجم رواناب یکنواخت است. هم‌چنین بیشترین شدت تمرکز حجم رواناب در ایستگاه رامیان برابر ۰/۶۲ درصد بوده ولی کم‌ترین آن مربوط به ایستگاه‌های تمر و نوده‌خاندوز به ترتیب برابر با مقادیر ۰/۲۵ و ۰/۲۶ درصد می‌باشند در حالی

که در بیش‌تر ایستگاه‌ها شدت تمرکز یکنواخت بوده است. به عبارتی در شدت تمرکز بالای حجم رواناب در ایستگاه‌های مورد مطالعه مقادیر بین حداقل و حداکثر حجم رواناب ماهانه دارای تغییرات زیادی است. رابطه بین مقادیر نرمال شده شاخص‌های ضریب تعدیل توزیع سالانه و شدت تمرکز براساس دبی متوسط جریان در شکل (۷) ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که در ایستگاه‌های واقع در بالادست منطقه‌ی مورد مطالعه، مقادیر شاخص شدت تمرکز بالاتر است، که نشان می‌دهد تمرکز وقوع دبی در ماه‌های پرآب سال است. این در حالی است که در ایستگاه‌های پایین‌دست، با به هم پیوستن رودخانه‌ها و افزایش دبی، این تمرکز وقوع دبی در ماه‌های مشخصی از سال از بین رفته و در بیش‌تر ماه‌های سال توزیع می‌شود.



شکل (۷) رابطه‌ی بین مقادیر نرمال شده ضریب تعدیل توزیع سالانه و شدت تمرکز براساس دبی متوسط جریان در حوضه‌ی آبخیز گرگانرود

با توجه به شکل (۷) می‌توان بیان کرد که ارتباط بین ضریب تعدیل توزیع سالانه و شدت تمرکز مستقیم می‌باشد. به عبارتی هر چه توزیع حجم رواناب در ماه‌های مختلف سال غیریکنواخت باشد، می‌توان انتظار داشت که تغییرات بین

حداقل و حداکثری مقادیر حجم رواناب نیز زیاد خواهد بود. در جدول (۲) مقادیر آزمون Z من-کندال برای شاخص تغییرات سالانه (ضریب تعدیل توزیع سالانه و شدت تمرکز) در طول دوره‌ی آماری (۱۳۹۱-۱۳۵۳) برای ایستگاه‌های هیدرومتری مورد مطالعه در حوضه‌ی آبخیز گرگانرود ارائه شده است.

جدول (۲) روند تغییرات ضریب تعدیل توزیع سالانه و شدت تمرکز در دوره‌ی آماری (۱۳۹۱-۱۳۵۳) با استفاده از آزمون من-کندال در حوضه‌ی آبخیز گرگانرود

ردیف	ایستگاه	ضریب تعدیل توزیع سالانه ( $C_r$ )		شدت تمرکز ( $C_d$ )	
		آزمون Z	معنی‌داری	آزمون Z	معنی‌داری
۱	ارازکوسه	-۰/۶۸		-۰/۲۴	
۲	آق‌قلا	-۲/۰۶	*	-۱/۳۸	
۳	باغ‌سالیان	-۱/۶۱		-۰/۱۲	
۴	بصیرآباد	-۲/۳۵	*	-۱/۷۷	+
۵	پس‌پشته	-۱/۰۵		-۰/۹۶	
۶	تقی‌آباد	۲/۱۶	*	۰/۴۴	
۷	تمر	۰/۳۴		-۱/۱۱	
۸	تنگراه	-۰/۱۸		۰/۹۹	
۹	حاجی‌قوشان	۰/۳۱		-۰/۳۶	
۱۰	رامیان	-۱/۶۲		-۰/۲۷	
۱۱	زرینگل	-۱/۷۹	+	-۰/۳۶	
۱۲	سدگرگان	-۱/۱۵		۰/۱۹	
۱۳	سرمو	-۱/۵۵		۰/۵۶	
۱۴	شیرآباد	-۲/۹۳	**	-۰/۴۱	
۱۵	قزاقلی	-۱/۷۱	+	-۱/۴۵	
۱۶	قلی‌تپه	۰/۱۸		۱/۰۹	
۱۷	گالیکش	-۰/۰۷		-۰/۴۸	
۱۸	گنبد	-۱/۶۵	+	-۱/۳۳	
۱۹	لزوره	-۰/۴۴		۱/۷۹	+
۲۰	نوده‌خاندوز	-۱/۳۳		۲/۸۱	**

(\*\* معنی‌داری در سطح ۰/۰۱، \* معنی‌داری در سطح ۰/۰۵، + معنی‌داری در سطح ۰/۱)

بررسی نتایج آزمون من-کندال برای شاخص تغییرات سالانه ایستگاه‌ها در جدول (۲) نشان می‌دهد که بیش‌ترین روند کاهشی و افزایشی معنی‌داری در سطح ۰/۰۱ به ترتیب برای ضریب تعدیل توزیع سالانه (ایستگاه شیرآباد برابر با ۲/۹۳-) و شدت تمرکز (ایستگاه نوده‌خاندوز برابر با ۲/۸۱) می‌باشد. هم‌چنین معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ برای ضریب تعدیل توزیع سالانه در ایستگاه‌های آق‌قلا (۲/۰۶-)، بصیرآباد (۲/۳۵-) و تقی‌آباد (۲/۱۶) مشاهده شده است، در حالی که شدت تمرکز در سطح ۰/۰۱ و ۰/۱ روند معنی‌داری را نشان داده است. بنابراین از بین ۲۰ ایستگاه هیدرومتری مورد مطالعه، آزمون Z برای ضریب تعدیل توزیع سالانه ۴ ایستگاه دارای روند افزایشی بوده در حالی که شدت تمرکز برای ۷ ایستگاه دارای روند افزایشی می‌باشد. به عبارتی می‌توان گفت که بیش‌تر ایستگاه‌ها در هر دو شاخص دارای روند کاهشی معنی‌دار بوده‌اند.

### نتیجه‌گیری

در این پژوهش تغییرات زمانی و مکانی حجم رواناب در ۲۰ ایستگاه هیدرومتری مورد مطالعه در استان گلستان مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت. نتایج این پژوهش نشان داد که تغییرات و بی‌نظمی مقادیر حجم رواناب ایستگاه‌های منتخب به‌خصوص در مقیاس ماهانه قابل توجه است. بنابراین مقادیر تغییرات حجم رواناب در ماه‌های مختلف از سال در تعدادی از ایستگاه‌های هیدرومتری مورد مطالعه نشان می‌دهد که، حداکثر مقادیر رواناب در فصل بهار و خصوصاً در ماه فروردین اتفاق افتاده است. بر این اساس می‌توان نتیجه گرفت که علاوه بر عامل بارندگی، عامل ذوب برف نیز بر میزان آبدهی بالای رودخانه‌ها در این فصل تأثیرگذار بوده است. هم‌چنین بیش‌ترین مقادیر حجم رواناب، در طول دوره‌ی آماری موجود در ایستگاه‌های آق‌قلا، قزاقلی و بصیرآباد به ترتیب دارای متوسط حجم رواناب سالانه (با مقادیر ۳۳/۹، ۳۳/۵ و ۳۲/۶ میلیون مترمکعب)، در حالی که ایستگاه تقی‌آباد

دارای کم‌ترین مقدار حجم رواناب برابر با یک میلیون مترمکعب برآورد شده است. می‌توان بیان کرد که حجم رواناب سالانه و در نتیجه ضریب تعدیل توزیع سالانه و شدت تمرکز دارای تغییرات زمانی بوده و مقدار ضریب تعدیل توزیع سالانه و شدت تمرکز محاسباتی در مقایسه با حجم رواناب سالانه دارای رفتار متفاوت در طول دوره‌ی آماری می‌باشد. در نتیجه ایستگاه‌های نوده‌خاندوز، تمر، گالیکش و قلی‌تپه دارای کمترین مقادیر ضریب تعدیل توزیع سالانه حجم رواناب بوده که نشان‌دهنده‌ی یکنواخت بودن روند تغییرات حجم رواناب در همه ماه‌های سال می‌باشد. از طرفی ایستگاه‌های مذکور نیز دارای متوسط حجم رواناب سالانه کم می‌باشند. همچنین بیش‌ترین شدت تمرکز حجم رواناب در ایستگاه‌های هیدرومتری مورد مطالعه در ایستگاه رامیان (با مقادیر ۰/۶۲ درصد) و کم‌ترین مقدار آن در ایستگاه‌های تمر و نوده‌خاندوز (با مقادیر ۰/۲۵ و ۰/۲۶ درصد) می‌باشد. با توجه به اینکه ایستگاه رامیان دارای متوسط حجم رواناب سالانه کم نسبت به ایستگاه‌های تمر و نوده‌خاندوز می‌باشد، زیاد بودن ضریب تعدیل توزیع سالانه و شدت تمرکز حجم رواناب را می‌توان به خصوصیات فیزیوگرافی مانند شیب، پوشش گیاهی و نفوذپذیری خاک نسبت داد. به عبارتی روند تغییرات حجم رواناب در ایستگاه‌های مذکور می‌تواند بیانگر تغییرات زمانی و مکانی بارش، اقدامات حفاظتی انسان (احداث سد) در سطح حوضه یا مقدار نفوذپذیری در طول دوره‌ی آماری باشد. همچنین ارتباط بین ضریب تعدیل توزیع سالانه و شدت تمرکز مستقیم و معنی‌دار می‌باشد. به عبارتی هرچه مقدار یکنواختی توزیع حجم رواناب در ماه‌های سال در ایستگاه‌های مورد مطالعه بیش‌تر باشد، تغییرات بین حداقل و حداکثر تغییرات حجم رواناب کم‌تر خواهد بود. بنابر این بیش‌ترین روند کاهش و افزایشی با استفاده از آزمون من-کندال به ترتیب در ایستگاه‌های شیرآباد و نوده‌خاندوز در سطح معنی‌دار ۰/۰۵ مشاهده شده‌اند. در نهایت براساس نتایج، تغییرات در مقادیر حجم رواناب ماهانه در

منطقه‌ی مورد مطالعه را می‌توان با خصوصیات حوضه، واکنش هیدرولوژیک و کاربری اراضی (زمان شخم اراضی کشاورزی) مرتبط دانست که از عوامل اصلی کنترل کننده‌ی رواناب می‌باشند. جهت حفظ رواناب نیز اگر طرحی صورت پذیرد که میزان تبخیر را تغییر دهد این امر موجب تغییر در اکوسیستم می‌شود. لذا هر نوع تغییر در اجرای چرخه‌ی هیدرولوژی باید با احاطه‌ی کامل و مطالعه‌ی گسترده صورت پذیرد.



## منابع

- اسفندیاری درآباد، فریبا؛ بهشتی جاوید، ابراهیم و محمدحسین فتحی (۱۳۹۳)، ارزیابی آثار هیدرولوژیک تغییر کاربری بر میزان رواناب سالانه در حوضه‌ی آبخیز قره‌سو با استفاده از مدل (L-THIA)، هیدروژئومورفولوژی، دوره‌ی ۱، شماره‌ی ۱، صص ۷۳-۵۹.
- اسفندیاری درآباد، فریبا؛ مصطفی‌زاده، رئوف و پیروزه فقه‌زاده (۱۳۹۵)، مقایسه‌ی الگوی تغییرات زمانی مقادیر دبی و رسوب ماهانه در تعدادی از رودخانه‌های استان آذربایجان غربی، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، سال ۵، شماره‌ی ۲، صص ۶۵-۵۳.
- باقرپور، مهسا؛ سیدیان، سیدمرتضی، فتح‌آبادی، ابوالحسن و امین محمدی (۱۳۹۶)، بررسی کارایی آزمون من-کندال در شناسایی روند سری‌های دارای خودهمبستگی، علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، سال ۱۱، شماره‌ی ۳۶، صص ۲۲-۱۱.
- صفری‌شاد، مهتاب؛ حبیب‌نژاد روشن، محمود؛ سلیمانی، کریم؛ ایلدرمی، علیرضا و حسین زینی‌وند (۱۳۹۶)، پتانسیل تأثیر تغییر اقلیم بر جریان رودخانه در حوضه‌ی آبخیز همدان-بهار، هیدروژئومورفولوژی، دوره‌ی ۳، شماره‌ی ۱۰، صص ۹۸-۸۱.
- فرج‌زاده، منوچهر؛ رجایی نجف‌آبادی، سعید و یوسف قویدل رحیمی (۱۳۹۱)، آشکارسازی اثر نوسانات بارش بر رواناب سطحی حوضه‌ی آبریز سرخس (کشف‌رود)، مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، سال ۲، شماره‌ی ۷، صص ۲۴-۱۱.
- فضل‌اولی، رامین؛ آخوندعلی، علی‌محمد و عبدالکریم بهنیا (۱۳۸۵)، تعیین روابط پیش‌بینی رواناب در حوضه‌های آبریز کوهستانی (مطالعه‌ی موردی: حوضه‌های آبریز معرف امامه و کسلیان)، علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، صص ۱۳-۱.

- مصطفی زاده، رئوف، شهابی، معصومه، ذبیحی، محسن، (۱۳۹۴)، تحلیل خشکسالی هواشناسی در استان کردستان با استفاده از مدل نمودار سه متغیره، آمایش جغرافیایی فضا، جلد ۵، شماره ۱۷، صص ۱۴۰-۱۲۹.
- مصطفی زاده، رئوف و شیخ واحد بردی (۱۳۹۰)، بررسی تراکم شبکه باران سنجی استان گلستان با استفاده از روش همبستگی مکانی، پژوهش های آبخیزداری، شماره ۹۳، صص ۸۷-۷۹.
- معروفی، صفر و حسین طبری (۱۳۹۰)، آشکارسازی روند تغییرات دبی رودخانه مارون با استفاده از روش های پارامتری و ناپارامتری، تحقیقات جغرافیایی، سال ۲۶، شماره ۲، صص ۱۴۶-۱۲۵.
- منتظری، مجید (۱۳۹۵)، واکاوی آماری-همدیدي بارش رواناب در حوضه ی بهشت آباد، هیدروژئومورفولوژی، دوره ۲، شماره ۲، صص ۱۵۹-۱۳۷.
- وفاخواه، مهدی، بخشی تیرگانی، محمد و مجید خزائی (۱۳۹۱)، تحلیل روند بارندگی و دبی در حوضه ی آبخیز کشف رود، جغرافیا و توسعه، شماره ۲۹، صص ۹۰-۷۷.
- یوسفی، یداله؛ رورده، همت الله و سیدمحمود رضوی (۱۳۹۰)، تغییرپذیری زمانی و مکانی جریان رودهای استان مازندران، جغرافیا و آمایش سرزمین، سال ۱، شماره ۲، صص ۸۸-۷۵.
- Altunkaynak, A., Özger, M., and Sen, Z., (2003), **Triple diagram model of level fluctuation in Lake Van, Turkey**. Hydrology and Earth System Sciences, 7(2): PP. 235-244.
- Cristiano, E., Veldhuis, M.C.T., and Giesen, N.V.D., (2017), **Spatial and temporal variability of rainfall and their effects on hydrological response in urban areas – a review**, Hydrology and Earth System Sciences, 21: PP. 3859-3878.
- Kundzewicz, Z.W., Merz, B., Vorogushyn, S., Hartmann, H., Duethmann, D., Wortmann, M., Huang, Sh., Su, B., Jiang, T., and

- Krysanova, V., (2015), **Analysis of changes in climate and river discharge with focus on seasonal runoff predictability in the Aksu River Basin**, Environmental Earth Sciences, 73: PP. 501-516.
- Mwendera, E.J., and Mohamed-Saleem, M.A., (1997), **In filtration rates, surface runoff, and soil loss as influenced by grazing pressure in the Ethiopian highlands**, Soil Use and Management, 13: PP. 29-35.
- Onoz, B., and Bayazit, M., (2011), **Block bootstrap for Mann-Kendall trend test of serially dependent data**, Hydrological Processes, 26: PP. 3552-3560.
- Petersen, T., Devineni, N., and Sankarasubramanian, A., (2012), **Seasonality of monthly runoff over the continental United States: Causality and relations to mean annual and mean monthly distributions of moisture and energy**, Journal of Hydrology, 468-469: PP. 139-150.
- Sadeghi, S.H.R., and Mostafazadeh, R., (2016), **Triple diagram models for changeability evaluation of precipitation and flow discharge for suspended sediment load in different time scales**. Environmental Earth Sciences, 75(843): PP. 1-12.
- Salmi, T., Määttä, A., Anttila P., Ruoho-Airola, T., and Amnell, T., (2002), **Detecting trends of annual values of atmospheric pollutants by the Mann-Kendall test and Sen's slope estimates- the Excel template application MAKESENS**, Finnish Meteorological Institute, 31: 1-35.
- Shiklomanov, A.I., Lammers, R.B., Rawlins, M.A., Smith, L.C., and Pavelsky, T.M. (2007), **Temporal and spatial variations in maximum river discharge from a new Russian data set**, Geophysical Research, 112: PP. 1-14.
- Tuset, J., Vericat, D., and Batalla, R.J. (2016), **Rainfall: runoff and sediment transport in a mediterranean mountainous catchment**, Science of the Total Environment, 540: PP. 114-132.

- Walega, A., and Mlynski, D. (2017), **Seasonality of median monthly discharge in selected carpathian rivers of the upper Vistula basin**, Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences, 12(2): PP. 617-628.
- Xu, J., Yang, D., Yi, Y., Lei, Z., Chen, J., and Yang, W., (2008), **Spatial and temporal variation of runoff in the Yangtze River basin during the past 40 years**, Quaternary International, 186(1): PP. 32-42.
- Young, A.R., Round, C.E., and Gustard, A., (2000), **Spatial and temporal variations in the occurrence of low flow events in the UK**, Hydrology and Earth System Sciences, 4(1): PP. 35-45.
- Yu, X., Zhao, G., Zhao, W., Yan, T., and Yuan, X., (2017), **Analysis of precipitation and drought data in Hexi Corridor, Northwest China**, Hydrology, 4(29): PP. 1-12.
- Zhai, H.J., Hu, B., Luo, X.Y., Qiu, L., Tang, W.J., and Jiang, M., (2016), **Spatial and temporal changes in runoff and sediment loads of the Lancang River over the last 50 years**, Agricultural Water Management, PP. 1-8.