[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2024-05-04]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1394.19.74.1.5]

[DOI: 10.18869/acadpub.jstnar.19.74.1]

آشکارسازی روند تغییرات متغیرهای هیدرو- اقلیمی حوضه نکارود با استفاده از آزمون‌های پارامتری و ناپارامتری

مجتبی خوش روش[1*]، جهانگیر عابدی کوپایی[2] و اسماعیل نیکزاد طهرانی[3]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۲/۱۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۵/۳)

چکیده

در طول چند دهه اخیر، بخش جنوبی دریای مازندران با وقایع اقلیمی شدیدی مانند خشکسالی و سیل مواجه بوده است. آنالیز روند متغیرهای هیدرو اقلیمی با استفاده از آزمون غیرپارامتری من-کندال و آزمون رگرسیون برای حوضه نکارود در شمال ایران انجام شده است. روند خصوصیات جریان رودخانه و بارش شامل جریان ماکزیمم، جریان متوسط و شاخص‌های جریان کم در مقیاس زمانی ماهانه، فصلی و سالانه از سال ۱۳۵۸ تا ۱۳۹۱ آنالیز شدند. نتایج آنالیز، کاهش تدریجی در بارش فصل زمستان،کاهش سالانه و همچنین کاهش بارش ماکزیمم روزانه همراه با افزایش روند در بارش ماکزیمم روزانه را نشان داد. برای متغیرهای هیدرولوژی، جریان کم هفت روزه در همه زیرحوضه‌ها در تابستان کاهش داشته است. جریان متوسط ماهانه و سالانه به‌ویژه در زمستان، در همه زیرحوضه‌ها روند کاهشی داشته اما جریان ماکزیمم سالانه از حوضه‌های بالادست تا پایین‌دست، روند افزایشی داشته است. تغییرات کاربری اراضی مانند شهرسازی و جنگل‌زدایی در طول ۳۴ سال در حوضه‌های پایین‌دست، افزایش داشت. نتایج نشان داد که جریان‌های کم و جریان متوسط، به‌شدت تحت تأثیر تغییرات اقلیمی هستند. به‌طور کلی، از لحاظ هیدرولوژیکی نتایج نشان می‌دهد که منطقه مورد مطالعه با وقایع خشکسالی شدیدی مواجه می‌باشد. نتایج این تحقیق می‌تواند در پیش‌بینی خشکسالی‌های آتی، برنامه‌ریزی آبیاری و مدیریت منابع آب منطقه به‌کار گرفته شود.

واژه‌های کلیدی: تغییر اقلیم، آزمون من-کندال، تحلیل رگرسیون، جریان رودخانه

۱. گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۲. گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۳. گروه آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

*:مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: khoshravesh_m24@yahoo.com

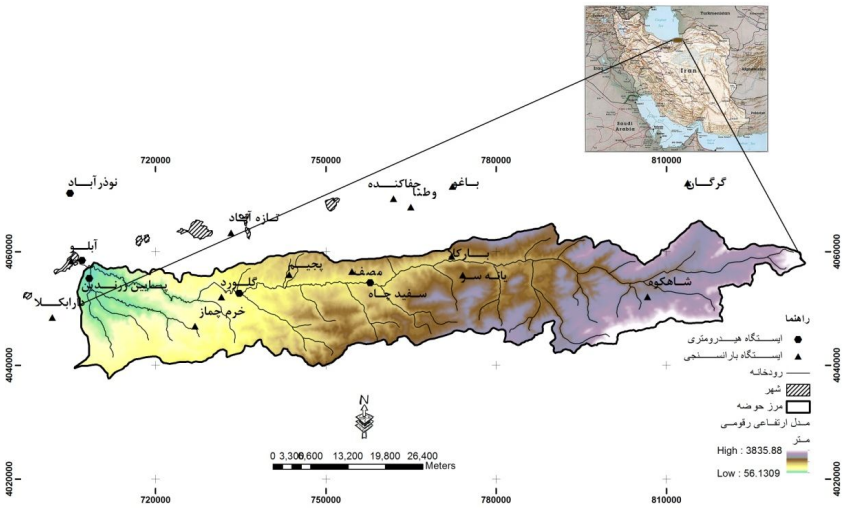
مقدمه

ارزیابی تأثیرات تغییر اقلیم بر منابع هیدرولوژیکی یک کشور، مهم‌ترین ارزیابی به‌کارگرفته قبل از هرگونه برنامه‌ریزی جهت بهره‌برداری منابع آب می‌باشد. برای برنامه‌ریزی و مدیریت طولانی مدت منابع آب، تغییرات اقلیمی و کاربری آینده و همچنین تقاضای آب و در دسترس بودن آب، بایستی به‌خوبی آنالیز شود. یکی از روش‌های متداول به‌منظور تحلیل سری‌های زمانی داده‌های هواشناسی و هیدرولوژیکی، بررسی وجود یا عدم وجود روند ناشی از تغییرات تدریجی طبیعی و تغییر اقلیم یا اثر فعالیت‌های انسانی می‌باشد (۴). تاکنون مطالعات کمی در مورد تأثیرات تغییر اقلیم در منابع آب به‌ویژه در شمال ایران انجام شده است. اسلامیان و خردادی (۸) روند داده‌های بارش و دبی سالانه ۳۶ ساله (۲۰۰۲-۱۹۶۶) حوضه کرخه را با استفاده از سه روش آزمون من- کندال، آنالیز رگرسیون و آزمون رتبه‌ای مقایسه نمودند. نتایج آنها نشان داد که هیچ‌گونه روند معنی‌داری در دبی و بارش در حوضه مورد مطالعه وجود نداشت. فرخی و ابریشم‌چی (۹) با روش‌های طیفی و آماری، روندها را در سری‌های زمانی جریان روخانه مشخص کردند. آنها با استفاده از آزمون‌های آماری من-کندال، روندهای کاهشی را در ماه‌های جریان کم (مرداد تا آبان) آشکار کردند که در ماه مهر، این روند معنی‌دار بوده است. مسیح و همکاران (۱۴) روندهای جریان رودخانه را برای سرشاخه‌های ارتفاعات زاگرس در ارتباط با اقلیم محلی بررسی کردند. آنها از پنج ایستگاه اصلی رودخانه برای دوره ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۱ برای بررسی تعدادی از متغیرهای جریان رودخانه استفاده کردند. این متغیرها شامل جریان ماهانه و سالانه میانگین و جریان مینیمم و ماکزیمم یک و هفت روزه با تعداد و مدت پالس‌های جریان کم و زیاد بودند. نتایج آنها روندهای معنی‌داری را برای متغیرهای هیدرولوژیکی، هم به‌صورت افزایشی (جریان ماه دسامبر) و هم کاهشی (جریان ماه می) برای تمام ایستگاه‌ها نشان داد. معروفی و طبری (۵) روند تغییرات سالانه، فصلی و ماهانه، دبی رودخانه مارون را با استفاده از آزمون‌های ناپارامتری من-کندال و سن و همچنین تحلیل پارامتری رگرسیونی مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج این مطالعه نشان داد که دبی سالانه در همه ایستگاه‌ها، دارای روند نزولی در دو دهه اخیر بوده است. همچنین تحلیل سه آزمون انجام شده برروی دبی‌های فصلی بیانگر آن است که مقادیر دبی فصل‌های بهار و زمستان، کاهش و برای فصل تابستان، افزایش داشته است. رهبر و همکاران (۲) روند تغییرات رواناب در حوضه آبریز خررود تا ایستگاه آبگرم واقع در در زیر حوضه قزوین را بررسی نمودند. نتایج این پژوهش نشان داد که در دوره سی ساله، با وجود ثبات بارش سالانه و اندکی کاهش دمای سالانه، ارتفاع رواناب و همچنین نسبت رواناب به بارش سالانه روندی فزاینده و معنی‌دار داشته است.

تأثیر تغییرات اقلیمی بر خصوصیات جریان رودخانه به‌صورت گسترده در سراسر جهان انجام شده است. از جمله این کارها می‌توان به تحقیقات لینز و اسلک (۱۳)، داگلاس و همکاران (۶)، مونلار و رامیرز (۱۶)، مک کیب و ولوک (۱۵)، ژانگ و همکاران (۱۹)، شابان (۱۷) و خلیق و همکاران (۱۱) اشاره کرد. داگلاس و همکاران (۶) شواهدی مبنی بر وجود روند در جریان‌های ماکزیمم در ایالت متحده آمریکا پیدا نکردند اما یک روند مثبتی را در جریان‌های کم در مناطق غرب در مینه سوتا کشف کردند. مک کیب و ولوک (۱۵) با بررسی رفتار روند با استفاده از مدل‌های آماری، افزایش جریان رودخانه را به‌ویژه در قسمت شرقی آمریکا از سال ۱۹۷۰ گزارش کردند. مونلار و رامیرز (۱۶) در تحلیل مشابهی به‌بررسی وجود روند در متغیرهای اقلیمی برای حوضه ریوپورکو با تاکید بر تأثیرات آن روی رفتار ژئومورفولوژیکی سیستم‌های آبرفتی پرداختند. آنها روند افزایشی را در ماه‌های جریان کم و روند کاهشی را در ماه‌های جریان زیاد (جولای و آگوست) به‌دست آوردند.

هدف این پژوهش، آشکارسازی روند متغیرهای هیدرو-اقلیم (جریان ماکزیمم، جریان متوسط و شاخص‌های جریان کم) در مقیاس زمانی ماهانه، فصلی و سالانه می‌باشد. همچنین

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2024-05-04]
[DOR: 20.1001.1.24763594.1394.19.74.1.5]
[DOI: 10.18869/acadpub.jstnar.19.74.1]



شکل ۱. موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی و هیدرومتری حوضه نکارود

تغییرات کاربری اراضی در طول این دوره به‌منظور شناخت تأثیرات این فاکتور بر رژیم جریان، بررسی خواهد شد.

مواد و روش‌ها

موقعیت منطقه مورد مطالعه

این پژوهش در حوضه نکا رود با وسعت نزدیک به ۱۹۹۲ کیلومتر مربع و ارتفاع مینیمم ۲۷ متر و ماکزیمم ۳۴۰۰ متر در شاهکوه بالا با اقلیم معتدل انجام شد. رودخانه اصلی نکارود نزدیک به ۱۷۵ کیلومتر بوده و پوشش گیاهی بالادست حوضه، اغلب مرتعی می‌باشد. پوشش جنگلی غالبا در میانه حوضه قرار داشته و در قسمت پایین‌دست، کاربری‌های اراضی آن عمدتاً کشاورزی و مسکونی می‌باشد. سازند زمین‌شناسی حوضه غالباً از لایه نازک آهکی تشکیل شده است. به‌جز ایستگاه نوذرآباد که در برخی از ماه‌های آن، جریان صفر می‌باشد (به‌علت استفاده از آب برای مصارف کشاورزی)، شبکه رودخانه در بقیه ایستگاه‌ها دارای شرایط دایمی می‌باشد.

داده‌های هیدرولوژی و هواشناسی

داده‌های اقلیمی و همچنین هیدرولوژی از سازمان آب منطقه‌ای استان مازندران برای ۳۴ سال (۱۳۹۱-۱۳۵۸) جمع‌آوری شد. موقعیت ایستگاه‌های باران‌سنجی و هیدرومتری در شکل ۱ آمده است. جدول ۱ مشخصات ایستگاه هواشناسی را برای حوضه نکارود نشان می‌دهد. بارش سالانه و ماهانه برای کل حوضه با استفاده از روش تیسن به‌دست آمد. مقایسه بین بارش و جریان رودخانه حوضه نکارود برای دوره ۳۴ ساله جهت تأثیر تغییر اقلیم بر شرایط جریان بررسی شد. سال آبی برای مقایسه بارش و جریان رودخانه در این پژوهش، اول مهر تعیین شد. دبی متوسط جریان سالانه و مشخصات آن نیز برای ایستگاه‌های هیدرومتری حوضه نکارود در جدول ۲ آمده است.

در این پژوهش، از دو روش رگرسیون خطی ساده و آزمون غیرپارامتری من- کندال جهت آشکارسازی روند متغیرهای هیدرو-اقلیم استفاده شد. در ادامه به‌شرح هر یک از این روش‌ها پرداخته خواهد شد.

روش رگرسیون

شامل دو مرحله می‌باشد: ۱- برازش معادله رگرسیون ساده خطی با زمان t به‌عنوان یک متغیر مستقل و متغیر هیدرولوژیکی y به‌عنوان متغیر وابسته. ۲- تست معنی‌دار بودن شیب معادله رگرسیون.

براساس اصل حداقل مربعات، یک مدل رگرسیونی خطی با زمان، طبق رابطه زیر بر سری زمانی داده‌های دبی برازش داده شد و با استفاده از همبستگی پیرسون، معنی‌دار بودن شیب آن.

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2024-05-04]
[DOR: 20.1001.1.24763594.1394.19.74.1.5]
[DOI: 10.18869/acadpub.jstnar.19.74.1]

جدول ۱. مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی واقع در حوضه نکارود

ایستگاه	ارتفاع ایستگاه (متر)	ρ	$P_{(mm)}$	P_{max}
پجیم*	۱۲۵۰	۰/۰۸۶	۸۱۴/۵	۴۸
سفیدچاه*	۱۰۴۰	۰/۱۳	۴۱۸/۶	۳۴
گرگان	۱۳	۰/۱۷۱	۵۸۲/۷	۴۷
جفاکنده	۳۰	۰	۳۱۴/۸	۴۶
اوارد*	۱۲۰۰	۰/۱۴	۵۰۹	۳۸
بارکلا*	۱۴۳۰	۰/۳۲۲	۴۸۵/۹	۴۱
آبلو*	۵۰	۰/۱۴۸	۷۲۵/۴	۵۳
تیرتاش	۳۰	۰	۵۹۲/۵	۴۵

*ایستگاه‌هایی که درون حوضه قرار دارند. ρ: ضرایب تیسن مربوط به هریک از ایستگاه‌ها بر پایه روش پلی‌گونی، p: بارش متوسط سالانه و P_{max}: بارش ماکزیمم ۲۴ ساعته سالانه

جدول ۲. مشخصات ایستگاه‌های هیدرمتری حوضه نکارود

ایستگاه	$H_{(m)}$*	$A_{(km^2)}$	$Q_{(10^8 m^3)}$
سفید چاه	۱۰۴۰	۱۰۴۰	۳۵/۴
گلورد	۶۰۰	۱۴۰۵	۱۱۲/۸
آبلو	۵۰	۱۹۰۰	۱۵۰/۳۴
نوذرآباد	-۱۰	۱۹۹۲	۱۱۶/۲۰

H: ارتفاع ایستگاه، A: مساحت حوضه، Q: رواناب متوسط سالانه

در سطوح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد مورد ارزیابی قرار گرفت

$$Y= a + b X \quad [1]$$

در این رابطه، Y متغیر مورد نظر، X زمان بر حسب سال یا ماه یا هر مقیاس زمانی دیگر، a عدد ثابت و b شیب خط رگرسیون می‌باشد. اگر علامت شیب منفی باشد، روند داده‌ها، نزولی و در صورت مثبت بودن شیب، روند صعودی خواهد بود.

آزمون من-کندال

آزمون روند تغییرات توسط آزمون‌های غیرپارامتری من- کندال (۱۰) انجام شد. این آزمون بر مبنای روش رتبه‌ای بوده که مناسب داده‌های توزیعی غیرنرمال، داده‌های سانسور شده و داده‌هایی که پرت هستند و روندهای غیرخطی دارند، می‌باشند. این آزمون در بسیاری از تحقیقات در رابطه با تغییرات اقلیم و اثرات آن بر رژیم‌های هیدرولوژی در دنیا به‌ویژه در آمریکا و کانادا مورد استفاده قرار گرفت که از مهم‌ترین آنها می‌توان به لتنمایر و همکاران (۱۲)، لینز اسلک (۱۳) و داگلاس و همکاران (۶) اشاره کرد.

فرضیه صفر احتمالی (H_0) بیان می‌کند که داده‌ها ($x_1,...,x_n$)، نمونه‌ای از n متغیر تصادفی (iid) می‌باشند که توزیع‌های x_n و x_j برای تمام مقادیر k، $j<n$ با $k+j$ مساوی نیستند. آماره آزمون

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2024-05-04]
[DOR: 20.1001.1.24763594.1394.19.74.1.5]
[DOI: 10.18869/acadpub.jstnar.19.74.1]

روند S با توجه به فرمول زیر تعریف می‌شود.

$$S=\sum_{k=1}^{n-1}\sum_{j=k+1}^{n}\operatorname{sgn}(x_j-x_k) \qquad [2]$$

که sgn( ) تابع نشانه می‌باشد.

تحت H_0، توزیع S وقتی n به سمت بی‌نهایت میل کند، نرمال می‌باشد. میانگین و واریانس S با توجه به این‌که ممکن است در سری x، دارای دنباله مساوی باشد، به‌صورت زیر می‌باشد:

$$E[S]=0 \qquad [3]$$

$$\operatorname{var}[S]=\frac{\left[n(n-1)(2n+5)-\sum_{t}t(t-1)(2t+5)\right]}{18} \qquad [4]$$

که t طول دنباله می‌باشد. فرضیه نرمال برای S حتی برای تعداد داده‌های کم (n(n=10، با صحت ±1 و متغیر نرمال رعایت می‌شود.

$$Z=\begin{cases}\dfrac{S-1}{\sqrt{\operatorname{var}(S)}} & \text{if} \quad S>0\\ 0 & \text{if} \quad S=0\\ \dfrac{S+1}{\sqrt{\operatorname{var}(S)}} & \text{if} \quad S<0\end{cases} \qquad [5]$$

در آزمون دو طرفه، اگر قدر مطلق z کمتر از α/2 باشد، فرض صفر در سطح معنی‌دار α پذیرفته می‌شود. مقدار مثبت z نشان می‌دهد که روند به‌صورت صعودی می‌باشد و مقدار منفی نشان‌دهنده روند نزولی می‌باشد. در این مطالعه $\alpha=0/05$ یا سطح اطمینان $1-\alpha=$ مساوی با ۰/۹۵ می‌باشد.

نتایج و بحث

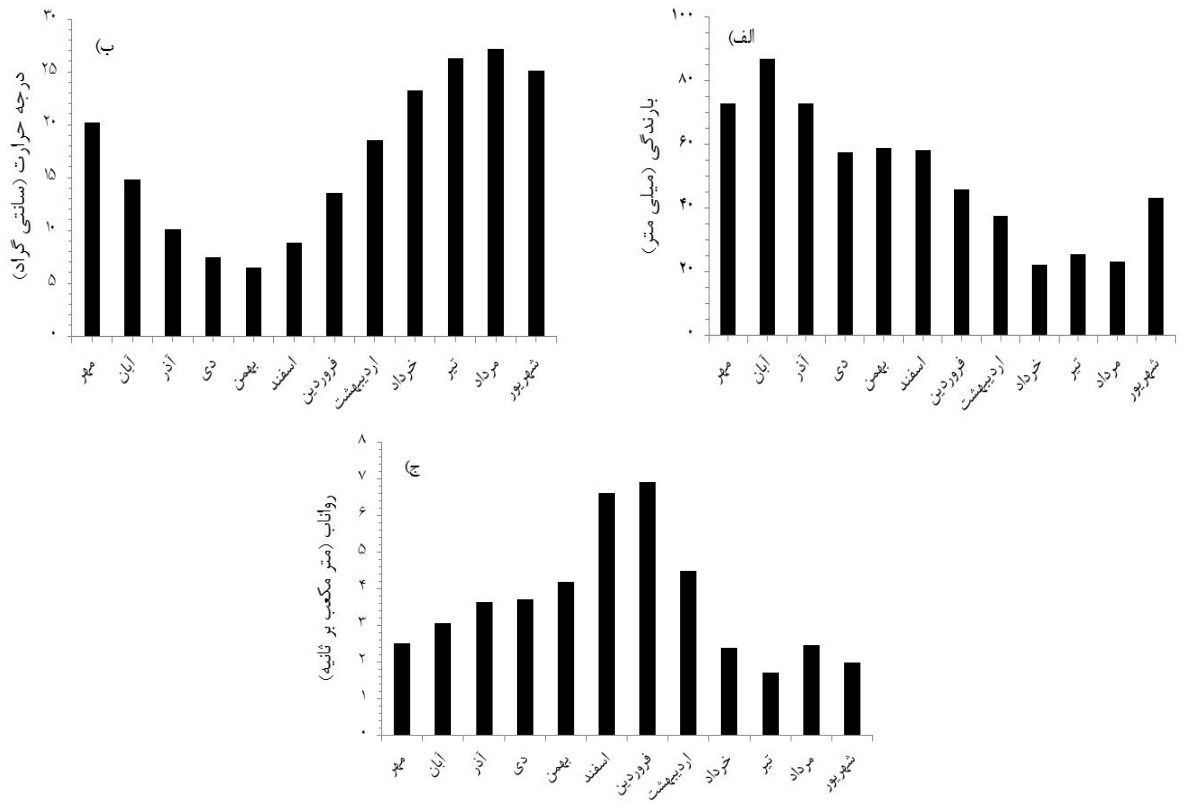
بارندگی متوسط سالانه برای حوضه نکارود از سال ۱۳۵۸ تا۱۳۹۱ نزدیک به ۳۴۶ میلی‌متر می‌باشد. توزیع فصلی متغیرهای هیدرولوژی و هواشناسی در شکل۲ نشان داده شده است. شکل ۲- الف توزیع فصلی بارش ماهانه هر یک از ایستگاه‌های اندازه‌گیری را برای حوضه نکارود نشان می‌دهد. بیشترین بارش در آبان ماه وجود دارد. به‌طور متوسط، فصل‌های تابستان و بهار، ۳۲ درصد کل بارش سالانه را تشکیل می‌دهند. همچنین زمستان، ۲۹ درصد و پاییز، ۳۹ درصد کل بارش سالانه را تشکیل داده است. بیشترین مقدار بارش در قسمت غربی حوضه نکارود به وقوع پیوسته، درصورتی‌که قسمت شرقی و مرکزی، بارش کمتری را نسبت به‌سایر مناطق دریافت می‌کند. برای شناخت بهتر رفتار هیدرولوژیکی، توزیع فصلی دمای متوسط نیز برای حوضه نکارود آورده شده است (شکل ۲- ب).

سری‌های زمانی بارش متوسط و ماکزیمم سالانه نیز در شکل۳ آمده است. همان‌طوری که در شکل ملاحظه می‌شود، خط روند، کاهش تدریجی را برای بارش در کل حوضه نشان می‌دهد. مقدار بارش متوسط، از ۶۰۰ میلی‌متر در سال به ۵۲۰ میلی‌متر در سال رسیده است (نزدیک به ۱۳ درصد کاهش)، اما بارش ماکزیمم ۲۴ ساعته سالانه ثابت بوده و در دوره ۳۴ ساله مورد نظر، هیچ نوع تغییری را تجربه نکرده است. همچنین شکل ۳ نشان می‌دهد که نوسانات در سال‌های اولیه بیشتر از سال‌های اخیر می‌باشد.

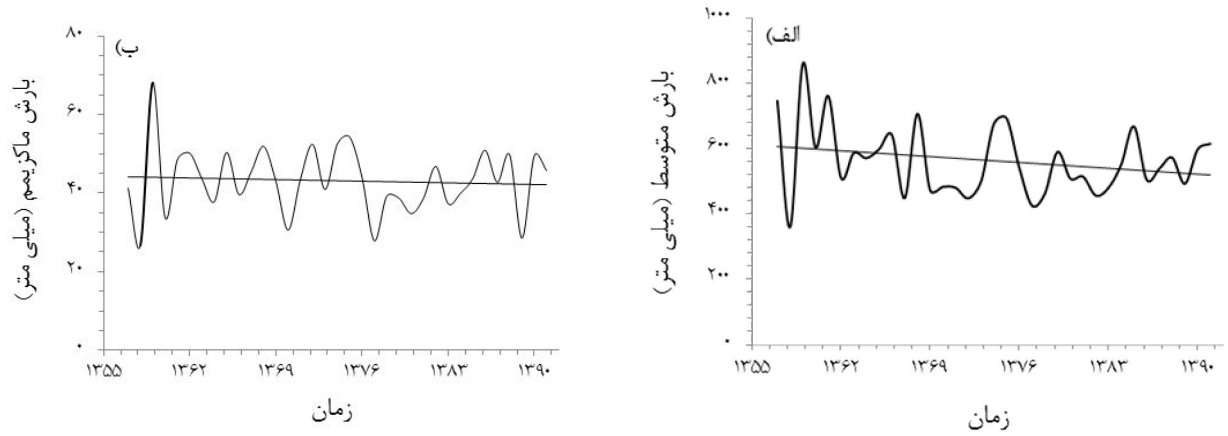
آنالیز روند برای داده‌های بارش در حوضه نکارود انجام شد که از لحاظ آماری، روند کاهشی معنی‌داری را در هر ایستگاه نشان می‌دهد. توزیع بارش ماهانه برای هریک از ایستگاه‌ها محاسبه شد (جدول ۳).

آنالیز روند برای داده بارش ماهانه نیز انجام شد. آماره Z برای بارش متوسط ماهانه در جدول ۳ آمده است. دوره ۱۳۵۸ تا ۱۳۹۱ برای مقایسه با روند تغییرات جریان رودخانه در نظر گرفته شد. نتایج نشان می‌دهد که روند بارش متوسط ماهانه در حال کاهش بوده و بارش فصل زمستان دارای روند کاهشی و از نظر آماری معنی‌دار می‌باشد (Z>۱/۹۶). روند تغییرات در این دوره، از آذر تا اسفند، منفی بوده ولی از فروردین تا تیر، دارای روند افزایشی و در مرداد روند کاهشی دارد. در زمستان برای هر چهار ایستگاه، روند کاهشی داشته و از لحاظ آماری معنی‌دار می‌باشد (Z>۱/۹۶). در اکثر ماه‌ها و ایستگاه‌ها، روند کاهشی و

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2024-05-04]
[DOR: 20.1001.1.24763594.1394.19.74.1.5]
[DOI: 10.18869/acadpub.jstnar.19.74.1]



شکل ۲. توزیع فصلی متغیرهای هیدرو اقلیمی: الف) بارش متوسط ماهانه، ب) درجه حرارت متوسط ماهانه و ج) رواناب متوسط ماهانه



شکل۳. الف) سری زمانی بارش متوسط سالانه برای حوضه نکارود (۱۳۹۱- ۱۳۵۸) با خط روند کاهشی، ب) سری‌های زمانی بارش ماکزیمم ۲۴ ساعته سالانه (۱۳۹۱- ۱۳۵۸) برای حوضه نکارود با روند ثابت

اغلب معنی‌دار مشاهده شده است. هیچ‌کدام از این ایستگاه‌ها روند معنی‌داری را در فصل بهار تجربه نکردند. در فصل تابستان (تیرماه) در ایستگاه بارکلا دارای روند کاهشی معنی‌داری بوده است. مهم‌ترین نکته در مورد بارش متوسط، این است که ایستگاه‌هایی که در بالادست حوضه قرار دارند، اکثراً تحت تأثیر تغییر اقلیم قرار گرفتند. به‌خاطر این‌که رژیم بارش در بالادست به‌صورت برف بوده و دمای هوا نقش مهمی را در تغییر مقدار بارش به‌وجود می‌آورد. علاوه‌بر محاسبه مقدار

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2024-05-04]
[DOR: 20.1001.1.24763594.1394.19.74.1.5]
[DOI: 10.18869/acadpub.jstnar.19.74.1]

جدول ۳. نتایج آنالیز آزمون من-کندال برای بارش متوسط سالانه و ماهانه در دوره مورد نظر

ایستگاه	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	سالانه
گرگان	۵۳/۲	۵۹/۲	۷۲/۳	۵۰/۹	۴۷	۲۹/۶	۱۹/۱	۲۸/۷	۱۴/۴	۵۷/۱	۶۷/۶	۶۳/۸	۵۸۲/۷
	-۱/۱۵	-۲/۰۳	-۰/۳۱	۰/۷۶	۰/۰۱	۰/۳۲	-۰/۰۴	-۱/۶۸	۰/۱۷	-۲/۷۴	-۰/۷۵	-۰/۵۰	-۲/۳۴
آوارد	۳۷/۹	۴۱	۳۸/۵	۳۸/۲	۴۵/۲	۳۴/۶	۳۰/۳	۳۸/۶	۵۲/۲	۴۹/۳	۶۰	۵۰/۲	۵۰۹
	-۳/۲۶	-۱/۱۷	-۰/۱۱	۰/۲۴	-۱/۲۹	-۰/۲۹	۱/۱۲	۰/۵۲	۰/۷۳	۰/۸۲	-۰/۳۴	۰	-۰/۹۲
بارکلا	۳۷/۱	۳۳/۶	۴۱/۶	۴۰/۲	۴۸/۱۵	۲۵/۸۷	۳۳/۲	۳۴/۸	۴۲/۸	۵۳/۶	۵۱/۸	۴۷/۲	۴۸۵/۹
	-۲/۵۶	-۱/۵۳	-۰/۳۶	۰/۴۶	-۰/۷۳	۱/۱۵	۲/۴۱	-۰/۷۶	۰/۴۶	۱/۳۶	-۰/۵۵	-۱/۰۶	-۰/۱۴
پجیم	۷۰/۹	۷۱/۳	۷۲/۲	۵۵/۲	۶۶/۶	۴۱/۵	۵۰/۴	۵۹/۷	۷۱/۸	۷۱/۲	۸۹/۶	۱۰۱/۶	۸۱۴/۵
	-۳/۰۱	-۲/۵۲	-۲/۱۷	۱/۰۷	-۱/۵۰	۰/۱۹	۱/۴۲	-۰/۲۸	۰/۷۵	۰/۴۵	-۰/۰۷	-۱/۹۱	-۱/۹۷
سفیدچاه	۳۷/۱	۴۹/۴	۳۵/۵	۳۶/۷	۴۱/۰۵	۲۰/۴	۱۹/۸	۲۳/۲	۳۱/۵	۴۰/۸	۴۷/۶	۴۸/۱	۴۱۸/۶
	-۲/۳۳	-۱/۲۹	-۰/۶۰	۱/۱۷	-۱/۳۴	-۰/۵۸	۰/۹۳	-۰/۰۴	۰/۶۸	۰/۸۸	۰/۰۴	۰/۰۲	-۰/۷۲
آبلو	۶۸/۴	۷۲/۱	۶۹/۸	۵۴/۳	۴۴	۲۵/۲	۳۸/۳	۳۳/۴	۶۰/۶	۷۵/۹	۹۴/۷	۸۱/۴	۷۲۵/۴
	-۰/۹۵	-۱/۷۷	-۰/۲۵	۱/۲۲	۰/۸۲	۱/۰۵	۱/۹۶	۰/۶۵	۰/۲۵	۰/۲۴	۱/۰۳	۰/۲۲	-۰/۵۲
حوزه	۴۷/۴	۴۸/۹	۵۲/۳	۴۴/۵	۴۷/۴	۲۸/۲	۳۰/۸	۳۴/۶	۴۷/۴	۵۶/۵	۶۴/۶	۶۱/۴	۵۶۴/۴
	-۲/۶۵	-۲/۲۵	-۱/۱۷	۱/۳۷	-۰/۶۶	۰/۵۵	۱/۸۰	-۰/۶۹	۰/۲۱	۰/۵۸	۰/۰۷	-۱/۰۳	-۰/۷۸

ردیف اول مربوط به هر ایستگاه، میزان بارندگی ماهانه را نشان می‌دهد. مقدار Z آزمون روند در ردیف دوم مربوط بـه هـر ایسـتگاه آمـده اسـت. علامت Z نشان‌دهنده جهت روند می‌باشد. از لحاظ آماری، روندهای معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد، به صورت پر رنگ نشان داده شده‌اند

بارندگی سالانه و ماهانه، بارش ماکزیمم فصلی و سـالانه نیـز آنالیز شد. بارش مـاکزیمم ۲۴ سـاعته سـالانه بـرای حوضـه، دارای روند کاهشی بوده اما معنی‌دار نبوده است (۳ ایسـتگاه). همچنین آنالیز روند ماکزیمم روزانه فصلی نیز بـرای حوضـه مورد مطالعـه انجـام شـد کـه تمـامی شـش ایسـتگاه، رونـد افزایشی داشتند و در ایـن بـین، ایسـتگاه پجـیم دارای رونـد معنی‌داری بوده است. در زمستان، بسیاری از ایستگاه‌ها رونـد کاهشی معنی‌داری را تجربه کرده‌اند (جدول ۴). با توجـه بـه روند افزایشی در فصل بهار، طوفان‌هـای کنوکسـیونی کـه در تابستان و بهار اتفاق می‌افتند، می‌تواند نقش قابـل ملاحظـه‌ای را در تغییر روند این فصول داشته کـه سـیل‌هـای مخربـی را ایجاد می‌کنند.

آنالیز شاخص‌های جریان رودخانه

دبی ماهانه و سالانه

جدول ۲، دبی متوسط جریان سالانه در ایستگاه‌های هیدرومتری حوضـه نکـا را نشـان مـی‌دهـد. مسـاحت حوضـه در ایسـتگاه نوذرآباد که در خروجی قرار دارد، تقریبـاً ۱۹۹۲ کیلـومتر مربـع می‌باشد و تقریباً ۷۵ درصد حجم آبدهی ایستگاه آبلو (بیشـترین حجم جریان) را تشکیل می‌دهد. علت این امر به‌خـاطر اسـتفاده از آب رودخانه جهت مصارف کشاورزی می‌باشد. توزیع ماهانه جریان متوسط در سه ایستگاه اصلی در حوضه نکـا بـرای دوره مورد نظر در نمودار ۲- ج برای ایستگاه آبلو آمده است. به‌طـور متوسط، بیشترین رواناب در فصل بهار و پایـان فصـل زمسـتان اتفاق مـی‌افتـد. فـروردین مـاه بیشـترین حجـم آبـدهی ماهانـه

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2024-05-04]
[DOR: 20.1001.1.24763594.1394.19.74.1.5]
[DOI: 10.18869/acadpub.jstnar.19.74.1]

جدول ۴. نتایج آنالیز آزمون من- کندال برای بارش ماکزیمم ۲۴ ساعته فصلی و سالانه برای دوره مورد نظر

ایستگاه	P_{max}	$P_{max\ spring}$	$P_{max\ summer}$	$P_{max\ autumn}$	$P_{max\ winter}$
گرگان	۴۷/۴۴	۲۸/۷	۳۹/۴۶	۲۸/۶	۲۷/۶۴
	-۰/۳۱	۰/۰۱	-۰/۵۹	۰/۴۲	۱/۲۹
آوارد	۳۸/۵	۲۲/۳۱	۲۳/۴۲	۳۲/۳۷	۱۷/۶
	-۰/۲۸	۰/۶۳	۰/۱۹	-۰/۹۵	-۰/۹
بارکلا	۴۱/۰۶	۲۶/۷۱	۲۷/۳۹	۳۴/۷۵	۱۹/۲
	-۰/۱۱	۰/۳۵	۰/۰۸	۰/۳۵	-۰/۷۶
پجیم	۴۸/۹	۲۶/۴	۳۰/۴۸	۴۳/۱۴	۲۶/۲۱
	۰/۰۸	۱/۹۸	۰/۰۸	۰/۳۰	-۳/۴۲
سفیدچاه	۳۴/۶	۲۳/۴	۱۸/۴	۲۶/۵۸	۱۸/۸۶
	۱/۱۶	۰/۸۵	۰/۷۱	-۰/۷۶	-۲/۸۰
آبلو	۵۳/۶	۲۵/۴۵	۳۱/۴	۴۷/۹	۳۲/۵
	-۰/۳۵	۱/۱۴	۰/۴	-۰/۴	-۱/۵۶
حوزه	۴۳/۳۱ -۰/۰۴۲	۱/۴۰	۰/۳۵	۰/۱۸۴	-۲/۰۳

را تشکیل می‌دهد. بیشترین بارش در فصل پاییز اتفاق افتاده اما آبدهی در فصل بهار و زمستان سهم بیشتری را نسبت به ماه‌های دیگر برای کل زیرحوضه‌ها تشکیل می‌دهد. این اختلاف به‌خاطر ذوب شدن برف در پایان زمستان و جریان آب پایه در مناطق کوهستانی در قسمت شرقی حوضه می‌باشد. در این پژوهش، جهت آنالیز روند شاخص‌های جریان رودخانه، از شاخص روند (TI) استفاده شد. دامنه شاخص روند از ۱۰۰- تا ۱۰۰+ تغییر می‌یابد که مقدار منفی آن نشان‌دهنده روند کاهشی می‌باشد و مقدار مثبت آن نشان‌دهنده روند افزایشی می‌باشد. هر چه مقدار TI بیشتر باشد، نشان‌دهنده این است که روند معنی‌دار آن از درجه بالاتری برخوردار است. TI(٪) اغلب به سطح معنی‌داری نسبت داده می‌شود و مقدار α آزمون دو دامنه می‌باشد که به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

برای روند افزایشی $TI= ۱۰۰-\alpha$ [۶]

برای روند کاهشی $TI=-(۱۰۰-\alpha)$ [۷]

نتایج آنالیز روند داده‌های جریان ماهانه برای ایستگاه‌های هیدرومتری حوضه نکارود با استفاده از آزمون پارامتری و غیرپارامتری در جدول ۵ نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد که همبستگی مناسبی میان نتایج آنالیز روند با استفاده از روش رگرسیون خطی و آزمون من- کندال برای شاخص‌های هیدرولوژیکی وجود دارد. برای دوره مورد نظر، اغلب یک روند کاهشی معنی‌داری در ایستگاه‌های هیدرومتری در ماه‌های مورد نظر وجود دارد.

برای ایستگاه سفیدچاه که در بالادست حوضه قرار دارد، تمام ماه‌های آن روند کاهشی را تجربه کردند که به‌جز ماه‌های مرداد و شهریور، بقیه ماه‌ها از لحاظ آماری معنی‌دار بودند. علت این امر به‌خاطر نقش مهم دمای هوا در میزان بارش به‌صورت برف در بالادست می‌باشد. در زیرحوضه‌های آبلو و گلورد نیز روند کاهشی در اغلب ماه‌ها مشهود بوده است. روند جریان سالانه نیز برای ایستگاه سفیدچاه، کاهشی و معنی‌دار ولی در سایر ایستگاه‌ها معنی‌دار نبود. نتایج آنالیز روند جریان ماکزیمم برای ایستگاه‌های هیدرومتری نشان می‌دهد که روند خاصی را

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2024-05-04]
[DOR: 20.1001.1.24763594.1394.19.74.1.5]
[DOI: 10.18869/acadpub.jstnar.19.74.1]

جدول ۵. نتایج آنالیز آزمون من- کندال و رگرسیون خطی شاخص روند (TI) جریان رودخانه برای چهار ایستگاه مورد مطالعه

ایستگاه	سفیدچاه		گلورد		آبلو		نوذرآباد	
متغیر	MK*	LR	MK	LR	MK	LR	MK	LR
دی	-۹۹/۷۶	-۹۹/۹۵	۷/۳۱	۳۴/۹۴	-۴۳/۹۱	-۵۲/۵۸	-۹۷/۷۶	-۳۸/۵۷
بهمن	-۹۹/۶۱	-۹۹/۷۵	-۴۴/۸۲	-۴۵/۶۰	-۹۰/۸۷	-۶۷/۲۱	-۹۲/۵۶	-۸۰/۶۰
اسفند	-۹۸/۳۶	-۹۶/۲۵	-۹۵/۵۱	-۸۹/۳۲	-۹۷/۱۸	-۹۷/۷۵	-۹۵/۲۳	-۹۷/۱۰
فروردین	-۹۹/۸۲	-۹۹/۸۵	-۸۰/۶۵	-۷۸/۹۶	-۵۲/۴۰	-۲۵/۱۶	-۶۹/۸۰	-۶۹/۷۷
اردیبهشت	-۹۹/۹۴	-۹۹/۳۵	-۹۲/۵۷	-۸۹/۶۳	-۲/۹۹	-۶۴/۵۸	-۹۰/۹۹	-۹۱/۱۸
خرداد	-۹۸/۵۵	-۹۷/۵۰	-۹۰/۱۶	-۷۴/۳۵	-۷۸/۴۴	-۳۱/۵۶	-۸۸/۷۴	-۱۶/۷۰
تیر	-۹۹/۲۰	-۹۷/۸۵	-۸۷/۲۲	-۸۹/۶۳	-۳۰/۶۴	۲۶/۹۴	-۸۸/۲۱	-۱۷/۶۴
مرداد	-۹۴/۲۰	-۶۷/۵۸	-۸۱/۴۱	۴۸/۹۲	-۶۶/۱۵	۶۵/۵۷	-۹۳/۷۹	-۳۰/۱۶
شهریور	-۹۸/۸۷	-۳۲/۵۱	-۹۹/۷۰	-۹۸/۳۴	-۵۳/۵۶	-۵۳/۳۰	۱۲/۷۹	۱۵/۶۸
مهر	-۹۹/۹۱	-۹۸/۹۵	-۹۸/۵۵	-۹۸/۳۱	۷/۴۷	-۳/۴۰	۳۶/۹۹	۱۶/۲۰
آبان	-۹۹/۹۹	-۹۹/۹۵	-۹۵/۲۹	-۷۸/۷۸	-۶۳/۲۰	-۲۸/۹۸	-۴/۲۶	۶۲/۶۷
آذر	-۹۹/۹۸	-۹۹/۷۵	-۵۴/۶۵	-۶۸/۴۰	-۴۲/۶۳	-۴۲/۱۸	۱/۴۲	۲/۲۶
سالانه	-۹۹/۹۷	-۹۹/۹۵	-۹۶/۹۲	-۹۴/۹۱	-۴۳/۹۱	-۴۷/۲۱	-۷۵/۹۱	-۵۳/۱۰
دبی پیک	۰	۶۸/۸۸	۹۰/۷۳	۸۱/۹۲	۸۸/۴۸	۸۳/۲۲	۹۷/۱۸	۹۶/۹۸
جریان کم	-۴۲/۸۱	-۹۲/۲۲	-۹۹/۵۹	-۹۹/۷۲	-۹۹/۳۳	-۹۸/۴۵	-	-
شدت	۹۹/۴۸	۹۹/۵۴	۹۷/۷۰	۹۵/۹۱	۹۰/۶۲	۸۶/۳۰	-	-
بزرگی	۹۶/۵۶	۹۹/۲۰	۹۹/۴۶	۹۹/۴۷	۹۹/۱۳	۹۹/۳۸	-	-
مدت	۹۷/۹۹	۹۸/۲۰	۷۱/۴۳	۷۲/۲۷	۵۳/۹۸	۶۴/۶۰	-	-
تاریخ شروع	-۸۶/۳۲	-۸۲/۱۹	-۴۴/۶۹	-۳۸/۲۳	-۷۱/۳۵	-۸۶/۸۳	-	-
تاریخ پایان	۷۶/۸۸	۹۵/۹۸	۵۶/۸۳	۶۸/۶۷	۳۹/۱۳	۴۸/۱۳	-	-
N واقعه	۹۹/۴۳	۹۹/۳۴	۹۲/۹۵	۹۵/۲۰	۶۴/۲۳	۸۴/۳۹	-	-

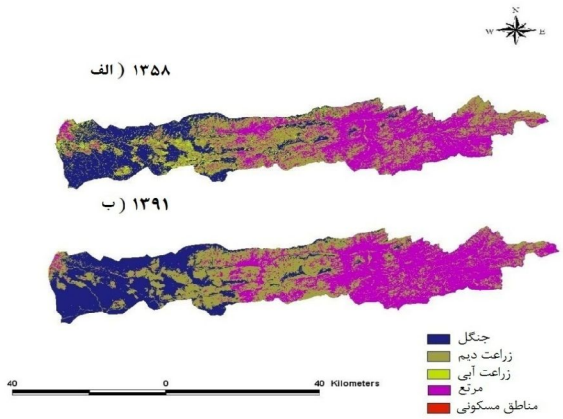
LR: linear regression ,MK: Mann-Kendall . مقادیر شاخص روند در سطح اطمینان ۹۵ درصد پررنگ شده‌اند

برای ایستگاه‌های مورد نظر شاهد نبودیم. در ایستگاه گلورد و آبلو، روند افزایشی داشتیم که البته از لحاظ آماری معنی‌دار نبوده است (جدول ۵).

شاخص‌های جریان کم

تعریف کامل وقایع خشکسالی برای داده‌های جریان رودخانه در تحقیق دراکوپ و همکاران (۷) آمده است. آنها فرمول‌بندی وقایع خشکسالی را با استفاده از نظریه ران توصیه کردند. در این پژوهش برای هر یک از زیرحوضه‌ها، آنالیز وقایع خشکسالی در دو مرحله انجام شد. در ابتدا محاسبه جریان متوسط طولانی‌مدت با استفاده از داده تاریخی انجام شد سپس سال‌هایی که جریان مورد نظر پایین‌تر از جریان متوسط طولانی‌مدت قرار گرفت، برای وقایع خشکسالی در نظر گرفته شد. نمونه کامل کاربرد تئوری آنالیز وقایع خشکسالی و جریان کم از طریق جریان‌های رودخانه مشاهده‌ای در مطالعه زلن هسیک و سالوای (۱۸) انجام شد. در این پژوهش، اجزای مهم

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2024-05-04]
[DOR: 20.1001.1.24763594.1394.19.74.1.5]
[DOI: 10.18869/acadpub.jstnar.19.74.1]



شکل ۴. نقشه کاربری اراضی حوضه نکارود

وقایع جریان کم پیوسته مانند کسری، مدت، تاریخ شروع و پایان طولانی‌ترین خشکسالی، تعداد وقایع پیوسته در یک دوره زمانی خاص، بیشترین کسری و طولانی‌ترین خشکسالی در یک دوره زمانی خاص، محاسبه شد (۷).

آنالیز روند جریان کم برای سه ایستگاه به‌جز ایستگاه نوذرآباد انجام شد. ایستگاه نوذرآباد به‌دلیل این‌که در پایین دست حوضه قرار دارد، تحت تأثیر فعالیت‌های کشاورزی در فصل تابستان بوده و اغلب ماه‌های تابستان، جریان در آن صفر می‌باشد. همان‌طوری که در جدول ۵ مشاهده می‌شود، جریان کم هفت روزه برای ایستگاه آبلو و گلورد دارای روند کاهشی معنی‌داری بوده است. در ایستگاه سفید چاه، روند کاهشی را تجربه کرده ولی از نظر آماری معنی‌دار نبوده است. طبق جدول ۵، مدت، مقدار و شدت خشکسالی دارای روند افزایشی بوده است. تاریخ شروع طولانی‌ترین مدت خشکسالی برای کل ایستگاه‌ها دارای روند کاهشی و تاریخ پایان طولانی‌ترین مدت خشکسالی، دارای روند افزایشی بوده است. سایر نتایج آنالیز برای شاخص‌های جریان کم در جدول ۵ آمده است. نتایج گرفته شده از لحاظ هیدرولوژیکی نشان می‌دهد که منطقه مورد مطالعه با وقایع خشکسالی شدیدی مواجه می‌باشد که به‌شدت تحت تأثیر تغییر اقلیم قرار گرفته است.

تغییرات کاربری اراضی

دو نقشه کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای (IRS و Landsat) و همچنین تصاویر عکس‌های هوایی برای سال‌های ۱۳۵۸ و ۱۳۹۱ جهت تأثیر احتمالی تغییر آن بر پاسخ‌های هیدرولوژی، ایجاد شده است (شکل ۴). پنج نوع مختلف کاربری اراضی برای این حوضه تشخیص داده شد.

۱- کاربری جنگل: نوع پوشش زمین شامل کاربری جنگل (پهن‌برگ) می‌باشد که در ارتفاعات میانی حوضه و قسمت میانی و تقریباً پایین‌دست حوضه قرار دارد مانند بلوط و آزاد.

۲- پوشش مرتعی: این نوع کاربری اراضی شامل پوشش مرتعی فقیر و متراکم حوضه که در بالادست حوضه قرار دارد.

۳- زراعت آبی: این نوع از اراضی، اکثراً زیر کشت برنج قرار دارد و در پایین‌دست حوضه و حاشیه رودخانه قرار دارند.

۴- زراعت دیم: این نوع از اراضی زیر کشت محصول گندم قرار دارد که در قسمت میانی حوضه در حاشیه روستاها قرار دارد.

۵- اراضی مسکونی: این نوع از اراضی شامل اراضی مسکونی، روستاها و شهرک‌ها که اغلب مساحت آن در پایین‌دست قرار دارد.

در این پژوهش، تغییر کاربری محاسبه شد و درصد هر یک از کاربری‌های محاسبه شده برای سال‌های ۱۳۵۸ و ۱۳۹۱ برای نشان دادن تأثیر احتمالی تغییرات آن بر رژیم جریان و همچنین تمییز دادن آن با تأثیر تغییر اقلیم، انجام شد. جدول ۶ و ۷، مساحت کاربری‌ها را به تفکیک هر یک از زیرحوضه‌ها

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2024-05-04]
[DOR: 20.1001.1.24763594.1394.19.74.1.5]
[DOI: 10.18869/acadpub.jstnar.19.74.1]

جدول ۶. مساحت کاربری اراضی به تفکیک زیرحوضه‌های حوضه آبخیز نکارود سال ۱۳۵۸

	سفید چاه		گلورد		آبلو		نوذرآباد	
	مساحت (کیلومترمربع)	درصد	مساحت (کیلومترمربع)	درصد	مساحت (کیلومترمربع)	درصد	مساحت (کیلومترمربع)	درصد
جنگل	۲۴/۹۶	۲/۴۰	۱۶۱/۵۸	۱۱/۵۰	۵۵۵/۷۵	۲۹/۲۵	۵۶۹/۷۱	۲۸/۶۰
زراعت دیم	۳۶۷/۱۲	۳۵/۳۰	۵۸۷/۹۹	۴۱/۸۵	۶۸۰/۲۰	۳۵/۸۰	۷۰۲/۱۸	۳۵/۲۵
زراعت آبی	۱۷/۶۸	۱/۷۰	۱۹/۸۱	۱/۴۱	۱۹/۹۵	۱/۰۵	۷۲/۵۱	۳/۶۴
مرتع	۶۳۰/۲۴	۶۰/۶۰	۶۳۵/۶۲	۴۵/۲۴	۶۴۴/۱۰	۳۳/۹۰	۶۴۵/۶۱	۳۲/۴۱
مناطق مسکونی	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱/۹۹	۰/۱۰
مجموع	۱۰۴۰	۱۰۰	۱۴۰۵	۱۰۰	۱۹۰۰	۱۰۰	۱۹۹۲	۱۰۰

جدول ۷. مساحت کاربری اراضی به تفکیک زیرحوضه‌های حوضه آبخیز نکارود سال ۱۳۹۱

	سفید چاه		گلورد		آبلو		نوذرآباد	
	مساحت (کیلومترمربع)	درصد	مساحت (کیلومترمربع)	درصد	مساحت (کیلومترمربع)	درصد	مساحت (کیلومترمربع)	درصد
جنگل	۳۱/۲۰	۳/۰۰	۱۴۴/۷۲	۱۰/۳۰	۵۳۳/۹۰	۲۸/۱۰	۵۴۷/۸۰	۲۷/۵۰
زراعت دیم	۳۷۸/۵۶	۳۶/۴۰	۶۰۶/۹۶	۴۳/۲۰	۷۰۴/۳۳	۳۷/۰۷	۷۲۵/۴۹	۳۶/۴۲
زراعت آبی	۱۷/۱۶	۱/۶۵	۱۹/۶۷	۱/۴۰	۲۰/۵۲	۱/۰۸	۵۷/۳۷	۲/۸۸
مرتع	۶۱۳/۰۸	۵۸/۹۵	۶۳۳/۶۶	۴۵/۱۰	۶۴۱/۲۵	۳۳/۷۵	۶۴۵/۴۱	۳۲/۴۰
مناطق مسکونی	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۵/۹۴	۰/۸۰
مجموع	۱۰۴۰	۱۰۰	۱۴۰۵	۱۰۰	۱۹۰۰	۱۰۰	۱۹۹۲	۱۰۰

به‌ترتیب برای سال‌های ۱۳۵۸ و ۱۳۹۱ مختلف نشان می‌دهد.

نتیجه‌گیری

آنالیز روند جریان رودخانه و بارش در حوضه نکارود، چندین ویژگی جالب را آشکار کرد. در مقیاس زمانی سالانه حوضه آبخیز نکا، روند کاهشی را در بارش متوسط برای دوره ۱۳۹۱-۱۳۵۸ تجربه کرده است. روند کاهشی برای داده‌های جریان رودخانه نیز مشاهده شد. آنالیز بارش فصلی نشان داد که روند کاهشی ثابتی برای بارش متوسط سالانه در نتیجهٔ کاهش در فصل‌های زمستان و پاییز اتفاق افتاده است. از نظر مقایسه دو آزمون پارامتری و غیرپارمتری، همبستگی مناسبی بین آنها برای شاخص‌های هیدرولوژیکی مشاهده شد.

جریان رودخانه در ماه‌های پر آب، روند کاهشی را داشتند. زیرحوضه سفیدچاه نسبت به سایر زیرحوضه‌ها حساس‌تر بوده و دارای روند کاهشی معنی‌دار در اکثر ماه‌ها بوده است. علت این امر به‌خاطر نقش رژیم برفی در حوضه می‌باشد که بیشتر تحت تأثیر تغییر اقلیم قرار گرفته است. برای بارش ماکزیمم ۲۴ ساعته سالانه، هیچ نوع روند خاصی مشاهده نشد. همچنین برای داده‌های جریان نیز روند خاصی مشاهده نشد. تنها در ایستگاه سفیدچاه، بارش ماکزیمم ۲۴ ساعته سالانه، یک روند معنی‌دار و افزایشی را داشته است.

آنالیز شاخص‌های جریان کم برای سه زیرحوضه انجام شد.

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2024-05-04]
[DOR: 20.1001.1.24763594.1394.19.74.1.5]
[DOI: 10.18869/acadpub.jstnar.19.74.1]

تغییرات در روند شاخص‌های جریان کم بسیار مشهود بود. شدت، مدت و مقدار برای حوضه نکارود در طول دوره مورد نظر در حال افزایش است. جریان کم هفت روزه در هر سه زیرحوضه از لحاظ آماری در حال کاهش می‌باشد. با توجه به نتایج گرفته شده، وقایع بارش ماکزیمم سالانه بر رواناب ماکزیمم، برعکس سایر شاخص‌ها برای دوره ۳۴ ساله، اثر چندانی نداشته است. دو دلیل عمده برای این موضوع وجود دارد: (۱) تغییرات پوشش گیاهی در حوضه، جریان سطحی را به تأخیر می‌اندازد و نفوذ را افزایش می‌دهد. (۲) این موضوع به فرایند انجام شده در جریان متوسط و حداقل و حداکثر برمی‌گردد. در منطقه مورد مطالعه، روند بارش ماکزیمم، ثابت بوده و در برخی از ایستگاه‌ها کاهش داشته‌ایم اما برای جریان سالانه ماکزیمم، در کل زیرحوضه‌ها، روند افزایشی را مشاهده کردیم. نتایج تغییر کاربری اراضی نشان داد که در طول ۳۴ سال، کاهش وسیعی در سطح جنگل برای حوضه‌های بالادست نداشته‌ایم امادر پایین‌دست، برای حوضه نوذرآباد، سطح وسیعی از زمین‌های زراعی به اراضی مسکونی تبدیل شدند که افزایش قابل ملاحظه‌ای نشان داد. به‌نظر می‌رسد افزایش جریان حداکثر در حوضه نوذرآباد به‌دلیل تغییر در کاربری شهری بوده است. دلیل دیگر این می‌باشد که جریان میانگین و مینیمم، اغلب توسط وقایع هیدرولوژیک طولانی مدت اتفاق می‌افتند. برای مثال بعد از چند سال، ذخیره آب زیرزمینی در طول زمان تخلیه می‌شود (به‌خاطر کمبود بارش و یا استفاده از آب زیرزمینی). جریان متوسط با میانگین گرفتن از جریان کل سال محاسبه می‌شود. درصورتی که جریان ماکزیمم به‌واسطه وقایع بارش‌های بزرگ حادث می‌شوند و زمان آن بسیار کوتاه می‌باشد و در عرض چند روز یا چند ساعت می‌توانند یک مقدار کوچک تا بسیار بزرگی را تولید کند. علاوه‌براین، وقایع خشکسالی یا همان جریان کم منطقه‌ای می‌باشد. در یک منطقه، احتمال بسیار زیادی وجود دارد که دو رودخانه دارای شرایط جریان کم یکسانی باشد. اما برای وقایع سیلاب‌های بزرگ، این امر صادق نمی‌باشد (۶).

نتایج این پژوهش با توجه به افزایش دمای سالیانه و در پی آن تبدیل رژیم برفی جریان حوضه به بارش و کاهش بارندگی حوضه در فصل زمستان با نتایج گرفته شده در منطقه نظیر معروفی و همکاران (۵)، گودرزی و همکاران (۳) و دوستی و همکاران (۱) همخوانی دارد. به‌طورکلی، آنالیز این پژوهش نشان داد که جریان‌های کم و جریان متوسط به شدت تحت تأثیر تغییرات اقلیمی هستند. از لحاظ هیدرولوژیکی، نتایج نشان می‌دهد که منطقه مورد مطالعه با وقایع خشکسالی شدیدی مواجه می‌باشد. نتایجی که برای دیگر حوضه‌های کشور و به‌ویژه برای این منطقه قابل پیش‌بینی است و لزوم توجه به آن از هم‌اکنون مشهود می‌باشد.

منابع مورد استفاده

۱. دوستی، م.، م. حبیب‌نژاد روشن، ک. شاهدی و س. ح. میریعقوب‌زاده. ۱۳۹۲. بررسی شاخص‌های اقلیمی حوضه آبخیز تمر، استان گلستان در شرایط تغییر اقلیم با کاربرد مدل LARS-WG، مجله فیزیک زمین و فضا ۴: ۱۸۹-۱۷۷.

۲. رهبر، ا.، م. پاک‌پرور، م. مسعودی، ل. جوکار. ۱۳۸۴. روند تغییرات رواناب در آبخیز خررود. تحقیقات مرتع و بیابان ایران ۱۲: ۳۵۷-۳۷۵.

۳. گودرزی، م.، م. حبیبی نوخندان، ا. ر. یاوری و ح. ر. جعفری. ۱۳۹۲. مدل‌سازی اقلیم استان‌های تهران و مازندران با استفاده از مدل اقلیمی LARS-WG و مقایسه تغییرات آن در جبهه‌های شمالی و جنوبی البرز مرکزی، علوم و تکنولوژی محیط زیست ۱: ۴۹-۳۷.

۴. نیکزاد طهرانی، ا. ۱۳۸۷. اثرات کاربری اراضی روی پاسخ‌های هیدرولوژیکی رودخانه (مطالعه موردی: نکارود). پایان‌نامه

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2024-05-04]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1394.19.74.1.5]

[DOI: 10.18869/acadpub.jstnar.19.74.1]

کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه مازندران.

۵. معروفی، ص. و ح. طبری. ۱۳۹۰. آشکارسازی روند تغییرات دبی رودخانه مارون با استفاده از روش‌های پارامتری و ناپارامتری، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی ۲: ۱۷۱۴۱-۱۷۱۱۹.

6. Douglas, E. M., R. M. Vogel and C. N. Kroll. 2000. Trends in floods and low flows in the United States: impact of spatial correlation. J. Hydrol. 240: 90-105.
7. Dracup, J. A., K. S. Lee and E. G. Paulson. 1980. On the definition of droughts. Water Resour. Res. 16(2): 297-302.
8. Eslamian, S. S. and M. J. Khordadi, 2009. Comparing rainfall and discharge trends in Karkhe Basin, Iran. Int. J. Ecol. Econ. Stat. 15(9): 114-122.
9. Farrokhi, A., and A. Abrishamchi. 2009. Detection of Streamflow trends and variability in Karun river, Iran as parts of climate change and climate variability. World Environmental and Water Resources Congress, 17-21 May, America.
10. Kendall, M. G. 1938. A new measure of rank correlation. Biomet. 30: 81-93.
11. Khaliq, M. N., T. Ouarda, P. Gachon, L. Sushama and A. St-Hilaire. 2009. Identification of hydrological trends in the presence of serial and cross correlations: A review of selected methods and their application to annual flow regimes of Canadian rivers. J. Hydrol. 368: 117-130.
12. Lettenmaier, D. P., E. F. Wood and J. R. Wallis. 1994. Hydro-climatological trends in the continental United States. J. Climate. 7: 586-606.
13. Lins, H. F. and J. R. Slack. 1999. Stream flow trends in the United States. Geophys. Res. Lett. 26: 227-230.
14. Masih, I., S. Uhlenbrook, S. Maskey and V. Smakhtin. 2011. Streamflow trends and climate linkages in the Zagros Mountains, Iran. Climatic Change, 104: 317-338.
15. McCabe, G. J. and D. M. Wolock. 2002. A step increase in streamflow in the conterminous United States. Geophys Res. Lett. 29(24): 38.1-38.4.
16. Monlar, P. and J. A. Ramirez. 2001. Recent trends in precipitation and streamflow in the RioPuerco basin. J. Climate. 14: 2317-2328.
17. Shaban, A. 2008. Indicators and aspects of hydrological drought in Lebanon. Water Resour. Res. 23(10): 1875-1891.
18. Zelenhasic, E. and A. Salvai. 1987. A method of streamflow drought analysis. Water Resour. Res. 23(1): 156-168.
19. Zhang, Q., C. Y. Xu, S. Becker and T. Jiang. 2006. Sediment and runoff changes in the Yangtze River basin during past 50 years. J. Hydrol. 331: 511-523.

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2024-05-04]
[DOR: 20.1001.1.24763594.1394.19.74.1.5]
[DOI: 10.18869/acadpub.jstnar.19.74.1]