

Technical Report

گزارش فنی

Water Resources Variability in Latian Basin
and the Effect of Climate Change

تغییر پذیری منابع آب در حوضه آبریز سد لتیان و اثر
تغییر اقلیم بر آن

M. Farajzadeh^{1*}, H. Lashkari² and S. Rafati³

منوچهر فرج‌زاده^{۱*}، حسن لشکری^۲ و سمیه رفعتی^۳

Abstract

In this study, monthly and annual mean discharge records of Latian basin are analyzed. The Kendall-tau test is first used to detect the trend of discharge, temperature, and precipitation records. Then the correlations between these parameters are determined. Models for annual mean discharge and daily mean discharge in each month are generated based on this information using linear regression. The results show that despite the increasing trend in temperature, there is no significant trend for the annual discharge during the past four decades. Due to the increase in temperature the amount of monthly discharge has increased in cold seasons and decreased in warm seasons during the past four decades.

چکیده

در تحقیق حاضر روند تغییرات منابع آب و فاکتورهای تاثیرگذار بر آن در حوضه آبریز سد لتیان مورد بررسی قرار گرفته است. به این ترتیب که پس از بررسی نحوه تغییرات دما، بارش و دبی در طول چهار دهه اخیر، روند تغییرات هر یک از این متغیرها در مقیاس‌های سالانه و ماهانه با استفاده از آزمون تاوکندال تعیین شده است. در ادامه به بررسی ارتباط میان دبی، بارش و دما پرداخته شد و برای مقادیر دبی سالانه و دبی روزانه در ماه‌های مختلف سال با استفاده از روش رگرسیون خطی مدلی ارائه شد. بنا به نتایج به دست آمده، علی‌رغم افزایش میانگین دما طی چهار دهه گذشته، میزان دبی سالانه به تبعیت از مقدار بارش سالانه روند افزایشی یا کاهشی قابل قبولی را نشان نمی‌دهد، در حالی که میزان دبی اغلب ماه‌های سال تغییر شدیدی را در طول دوره مورد بررسی نشان می‌دهد. به این صورت که افزایش دما، افزایش میزان دبی را در ماه‌های سرد سال (آذر، دی، بهمن و فروردین) و کاهش میزان دبی را در ماه‌های گرم سال (خرداد، تیر، مرداد و شهریور) موجب شده است.

Keywords: Climate change, Discharge, Precipitation, Temperature, Kendall- tau test

کلمات کلیدی: تغییر اقلیم، دبی، بارش، دما، آزمون تاوکندال.

تاریخ دریافت گزارش فنی: ۱۸ مهر ۱۳۸۶

تاریخ پذیرش گزارش فنی: ۲۶ اردیبهشت ۱۳۸۸

1- Associate Professor, Department of Remote Sensing and GIS, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran, farjazam@modares.ac.ir

2- Associate Professor, Department of Geography, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

3- M.S. in Climatology, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

*- Corresponding Author

۱- دانشیار گروه سنجش از دور و GIS دانشگاه تربیت مدرس

۲- دانشیار گروه جغرافیای دانشگاه شهید بهشتی

۳- کارشناس ارشد اقلیم شناسی از دانشگاه تربیت مدرس

*- نویسنده مسئول

۱- مقدمه

روزانه در هر ماه نیز، میزان بارش و دمای همان روز به علاوه مجموع بارش و میانگین دمای ماه‌های گذشته به عنوان متغیرهای مستقل مورد استفاده قرار گرفتند. سپس جهت صحت سنجی مدل، ده درصد از داده‌های انتهایی حذف و مدل‌سازی برای داده‌های باقی‌مانده انجام شد و با استفاده از این مدل‌ها برای داده‌های کنار گذاشته شده، مقادیر دبی تخمین زده شد و ضریب همبستگی آن‌ها با داده‌های مشاهده شده برآورد گردید.

۳- نتایج

۳-۱- بررسی روند تغییرات دبی، بارش و دما

نتایج آزمون تاوکندال نشان دهنده عدم وجود روند افزایشی یا کاهش‌ی قابل قبول در سری زمانی دبی روزانه، در طول دوره آماری ۱۳۸۱-۱۳۴۱، می‌باشد. اما نتایج به دست آمده از بررسی آمار دبی در ماه‌های مختلف سال نشان می‌دهد که میزان دبی ماه‌های سرد سال (آذر، دی، بهمن و فروردین) افزایش و میزان دبی ماه‌های گرم سال (خرداد، تیر، مرداد و شهریور) کاهش یافته است.

نتایج آزمون تاوکندال در بررسی آمار روزانه بارش نیز بیانگر عدم وجود روند معنی‌دار در دوره آماری ۱۳۸۱-۱۳۴۶ می‌باشد. مقادیر بارش در ماه‌های مختلف سال نیز به استثنای ماه‌های آذر، مرداد (دارای روند افزایشی قابل قبول در سطح ۰/۰۱) و خرداد (دارای روند کاهش‌ی قابل قبول در سطح ۰/۰۵) روند معنی‌داری را نشان نمی‌دهند.

با توجه به نتایج آزمون تاوکندال، مقادیر دمای ایستگاه مهرآباد در طول دوره آماری ۱۳۸۱-۱۳۴۱ افزایش یافته است. مقدار این افزایش در طول ۴۰ سال بررسی شده برابر ۲/۹ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (این مقدار افزایش به دلیل گرمایش ناشی از شهری شدن می‌باشد). بنا به نتایج حاصل از آزمون تاوکندال، دمای تمامی ماه‌های سال به استثنای ماه اسفند افزایشی قابل قبول در سطح ۰/۰۱ نشان می‌دهند.

۳-۲- مدل تغییرات دبی

با توجه به مدل ارایه شده در جدول (۱) برای تغییرات دبی سالانه (در این جدول متغیرهای X_1 تا X_{12} به ترتیب مربوط به بارش ماه‌های مهر تا شهریور و X_{13} تا X_{24} مربوط به دمای ماه‌های مهر تا شهریور می‌باشد)، بارش تمامی ماه‌هایی که از میانگین قابل ملاحظه‌ای برخوردارند به استثنای بارش ماه‌های دی و فروردین در مدل پذیرفته شده است. بارش دی، با وجود مقدار قابل توجه (۶۳/۸)

هدف از این تحقیق بررسی میزان تاثیرپذیری منابع آب از تغییرات دما و بارش می‌باشد. بنابراین با تجزیه و تحلیل تاریخی عناصر اقلیمی و دبی رودخانه در حوضه مورد نظر، سعی شد رابطه بین تغییرات دبی با بارش و دما، در مقیاس‌های زمانی سالانه و روزانه (در هر ماه به تفکیک) به صورت مدلی ارایه شود و روند تغییرات آن‌ها مورد بررسی قرار گیرد.

۲- روش

در این تحقیق دما و بارش ایستگاه کلیماتولوژی لتیان و دبی ایستگاه هیدرومتری رودک مورد استفاده قرار گرفتند، اما برای مدل‌سازی دبی روزانه و همچنین بررسی تغییرات و روند دما، به دلیل نیاز به آمار روزانه، و از آنجا که در حوضه هیچ ایستگاهی دارای آمار روزانه دما نبود، دمای ایستگاه مهرآباد با وجود اینکه در خارج از حوضه قرار گرفته است و با توجه به دارا بودن ضریب همبستگی بالا با دمای ایستگاه لتیان، مورد استفاده قرار گرفت. ضمناً جهت مدل‌سازی دبی از دوره آماری مشترک ۱۳۴۶-۱۳۸۱ استفاده شده است اما برای بررسی روند به جهت اهمیت طول دوره آماری بر نتیجه آزمون روند، حداکثر طول دوره آماری موجود (برای دما و دبی ۱۳۴۱-۱۳۸۱ و برای بارش ۱۳۴۶-۱۳۸۱) مورد استفاده قرار گرفت.

ابتدا روند تغییرات دبی، بارش و دما طی چهار دهه‌ی اخیر با استفاده از آزمون تاوکندال مورد بررسی قرار گرفت. این آزمون یک آزمون رتبه‌ای است که برای تعیین رابطه‌ی بین دو متغیر بکار می‌رود که می‌توان از آن جهت آزمون رابطه‌ی بین زمان و سری زمانی استفاده نمود (Robson et al., 2000). فرضیه صفر (عدم وجود روند) با سطح اطمینان α رد می‌شود اگر:

$$|Z| > Z_{1-\alpha/2}$$

$Z_{1-\alpha/2}$ مقدار توزیع نرمال استاندارد با احتمال وقوع بیش از $\alpha/2$ می‌باشد.

پس از بررسی ارتباط میان دبی، بارش و دما، برای مقادیر دبی سالانه و دبی روزانه در ماه‌های مختلف سال با استفاده از روش رگرسیون خطی مدلی ارایه شد و با استفاده از این مدل‌ها روند تغییرات دبی مورد تحلیل قرار گرفت. برای مدل‌سازی دبی سالانه، به دلیل موثر بودن توزیع ماهانه بارش بر میانگین دبی سالانه، مقادیر ماهانه بارش و دما به جای مقادیر سالانه آن مورد استفاده قرار گرفت. بدین ترتیب میانگین دبی سالانه متغیر وابسته و مجموع بارش ماهانه و میانگین دمای ماهانه، ۲۴ متغیر مستقل را تشکیل دادند. برای مدل‌سازی دبی

است) با تاخیر زمانی همراه می‌گردد و اهمیت بارش در میزان دبی به تدریج تا ماه اسفند کم می‌شود و به موازات آن اثر مثبت دما بر میزان دبی آشکار می‌گردد. به این ترتیب، دمای همان روز و بارش ماه‌های قبل در تعیین میزان دبی اهمیت می‌یابند. دما به تدریج پس از ماه اردیبهشت اثری منفی بر میزان دبی می‌گذارد و میانگین دمای ماه‌های قبل به همراه مجموع بارش ماه‌های سرد سال، متغیرهای عمده تعیین کننده میزان دبی می‌باشند.

همان‌طور که جدول ۱ نشان می‌دهد، بهترین نتایج مربوط به ماه تیر و ضعیف‌ترین نتایج مربوط به ماه آبان می‌باشد.

میلی‌متر)، به علت انحراف معیار اندک اثر چندانی در تغییرات دبی سالانه ندارد. همچنین دمای فروردین به علت دارا بودن رابطه معکوس با بارش این ماه و داشتن ضریب همبستگی قوی‌تری با دبی سالانه، به عنوان یکی از عوامل تعیین کننده میزان دبی سالانه تعیین شده است، در صورتی که اثرات دما تنها بر میزان دبی ماهانه قابل ملاحظه می‌باشد.

با توجه به مدل‌های ارائه شده برای دبی روزانه در ماه‌های مختلف سال (جدول ۱)، مهم‌ترین فاکتور در تغییرات دبی روزانه در ماه‌های مهر و آبان، بارش همان روز است، اما از ماه آذر به بعد که دما رو به کاهش می‌گذارد، واکنش دبی نسبت به بارش (که به شکل برف

جدول ۱- مدل تغییرات دبی روزانه و ضریب همبستگی بین داده‌های مشاهده شده و شبیه‌سازی شده

ماه	مدل	ضریب همبستگی بین داده‌های مشاهده‌ای و مدل محاسباتی در آزمون صحت سنجی مدل	ضریب همبستگی بین داده‌های مشاهده‌ای و مدل محاسباتی
مهر	$Y_1 = 4.297 + 0.261(X_1) + 0.005(X_6) - 0.133(X_{19})$	**	**
آبان	$Y_2 = 2.554 + 0.291(X_2) + 0.019(X_1)$	**	**
آذر	$Y_3 = 0.547 + 0.031(X_2) + 0.113(X_3) + 0.08(X_{15}) + 0.006(X_1)$	*	**
دی	$Y_4 = 1.328 + 0.015(X_2) + 0.009(X_3) + 0.053(X_{16}) + 0.023(X_4)$	**	**
بهمن	$Y_5 = 1.133 + 0.016(X_2) + 0.113(X_{17}) + 0.009(X_3) + 0.009(X_4) - 0.065(X_{16}) + 0.016(X_5)$	**	**
اسفند	$Y_6 = -1.545 + 0.524(X_{18}) + 0.183(X_6) - 0.141(X_{16}) + 0.044(X_2) + 0.019(X_5) - 0.416(X_{17}) + 0.013(X_3) + 0.011(X_4)$	**	**
فروردین	$Y_7 = -7.633 + 0.083(X_6) + 1.027(X_{19}) + 0.376(X_7) + 0.048(X_5) - 0.451(X_{17})$	**	**
اردیبهشت	$Y_8 = 35.434 + 0.071(X_6) - 1.732(X_{19}) + 0.476(X_8) + 0.04(X_7) + 0.038(X_5)$	**	**
خرداد	$Y_9 = 65.194 - 1.601(X_{19}) + 0.044(X_8) - 0.643(X_{21}) + 0.042(X_6) + 0.795(X_9) - 0.908(X_{20}) + 0.028(X_5)$	**	**
تیر	$Y_{10} = 33.575 - 0.318(X_{20}) + 0.021(X_6) - 0.489(X_{21}) - 0.221(X_{22}) - 0.453(X_{19}) + 0.018(X_8) + 0.015(X_3) + 0.014(X_5) + 0.225(X_{10}) + 0.018(X_9)$	**	**
مرداد	$Y_{11} = 15.209 - 0.148(X_{20}) + 0.007(X_6) + 0.178(X_{11}) - 0.15(X_{19}) + 0.007(X_8) - 0.167(X_{21}) + 0.006(X_3) + 0.004(X_5) - 0.13(X_{22})$	**	**
شهریور	$Y_{12} = 13.384 + 0.006(X_6) - 0.196(X_{20}) - 0.125(X_{19}) - 0.176(X_{23}) + 0.073(X_{12}) + 0.013(X_{11})$	**	**
سالانه	$Y = 7.31 + 0.015X_6 + 0.016X_8 + 0.018X_2 - 0.427X_{19} + 0.012X_3 + 0.012X_5$	**	**

** ضریب همبستگی در سطح 0.01 قابل قبول می‌باشد

* ضریب همبستگی در سطح 0.05 قابل قبول می‌باشد

۴- نتیجه گیری

آنچه که در حوضه سد لتیان تحت عنوان تغییر اقلیم رخ داده است، افزایش دمای تمام ماه‌های سال به استثنای ماه اسفند می‌باشد، که بر میانگین رواناب سالانه بی‌تاثیر بوده است، اما رواناب اغلب ماه‌های سال را تا حد زیادی تحت تاثیر قرار داده است. به این ترتیب در حوضه‌هایی با شرایط اقلیمی مشابه، که بخش عمده بارش در فصل سرد و به شکل برف رخ می‌دهد، افزایش دما، توزیع ماهانه رواناب را به شدت تغییر خواهد داد. در واقع دما تعیین کننده نوع بارش و رژیم ذوب برف می‌باشد و افزایش آن در حوضه‌هایی با رژیم برفی، زمان شروع ذوب را جلو انداخته و سرعت ذوب را افزایش می‌دهد که نتیجه‌ی آن کاهش میزان نفوذ و افزایش ضریب رواناب می‌باشد،

بنابراین تخلیه رواناب ناشی از ذوب برف در مدت زمان کوتاه‌تری صورت خواهد گرفت و احتمال رخداد سیل افزایش می‌یابد.

روند تغییرات و مدل‌های ارایه شده در این تحقیق، الگوی تغییرات جریان را تا حدودی در آینده قابل پیش‌بینی نموده است. به نظر می‌رسد، نتایج حاصل برای حوضه‌هایی با شرایط اقلیمی مشابه به خصوص به لحاظ رژیم و نوع بارش، قابل تعمیم باشد.

۵- مراجع

Robson, A., Bardossy, A., Jones, D. and Kundzewicz, Z. (2000), Statistical methods for testing for change, WMO, 1013, pp. 46-83.