

بررسی روند تغییرات بارش و دبی در حوضه آبریز دریاچه اورمیه در طول چهار دهه اخیر

پوریا فضلی فرد*^۱، واحد بردی شیخ^۲، امیر سعدالدین^۲ و بهزاد حساری^۳

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۹/۰۴

تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۳/۰۵

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد آبخیزداری دانشکده مرتع و آبخیز، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۲- دانشیار گروه مرتع و آبخیز، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۳- استادیار گروه مهندسی آب و پژوهشکده دریاچه اورمیه، دانشگاه اورمیه

* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: poria.fazli@gmail.com

چکیده

حوضه دریاچه اورمیه به دلیل اهمیت اقلیمی، اقتصادی، اکولوژیک و زیست محیطی یکی حوضه‌های مهم در شمال غرب ایران به‌شمار می‌رود. در این مطالعه به منظور بررسی علل افت سطح آب دریاچه، روند دو عامل دخیل در تغذیه آن، شامل بارش و دبی رودخانه‌ها مورد مطالعه قرار گرفت. برای این منظور، داده‌های مربوط به ایستگاه‌های باران‌سنجی و هیدرومتری در سرتاسر حوضه در مقیاس فصلی و سالانه جمع‌آوری گردید. سری زمانی طولانی مدت متغیرها تهیه شد و روند زمانی آنها با استفاده از آزمون من‌کندال و کندال فصلی بررسی شد. نتایج نشان داد متغیر بارندگی سالانه در برخی نقاط روند افزایشی و در برخی روند کاهشی دارد اگرچه از نظر آماری روندهای مشاهده شده در اغلب ایستگاهها معنی‌دار نیستند. علیرغم عدم وجود نشانه‌هایی از روند کاهشی یکنواخت بارندگی سالانه، در بیشتر ایستگاه‌های هیدرومتری متغیر دبی سالانه در سطح معنی‌داری ۵ درصد روند کاهشی دارد. بنابراین، به‌طور آماری نمی‌توان افت چشمگیر آبدی رودخانه‌های منتهی به دریاچه و در نتیجه افت سطح آب دریاچه را به کاهش مقدار بارندگی آن نسبت داد. در نتیجه عوامل دیگری از جمله افزایش روند تبخیر-تعرق ناشی از گرمایش اتمسفر، برداشت بی‌رویه از آب-های زیرزمینی، تغییر کاربری اراضی و یا حتی ذخیره آب در مخازن سدها و کاهش جریان‌های ورودی به مخزن دریاچه ممکن است باعث افت سطح آب دریاچه شده‌اند که نیازمند تحقیقات بیشتر است

واژه‌های کلیدی: دبی، دریاچه اورمیه، من‌کندال، ناپارامتریک، هیدروکلیما

Study of Trends in Precipitation and Stream Flow of the Lake Urmia Basin During the Past Four Decades

P Fazli Fard^{1*}, V Sheikh², A Sadoddin², B Hessari³

Received: November 24, 2016

Accepted: May 26, 2019

¹ M.Sc. Graduate, Watershed Management Engineering, Faculty of Range and Watershed Management, Gorgan University of Natural Resources and Agricultural Sciences, Iran

² Assoc. Prof., Faculty of Range and Watershed Management, Gorgan University of Natural Resources and Agricultural Sciences, Iran

³ Assist. Prof., Water Engineering Department, Urmia Lake Research Institute Urmia University, Iran

*Corresponding Author, Email: poria.fazli@gmail.com

Abstract

The Lake Urmia basin in North West of Iran is one of the important basins of this country due to its climatological, economical, ecological and environmental condition. In this study in order to discover the likely causes of the lake shrinkage, trends of the two effective factors on its inflows (precipitation and rivers discharge), were investigated. For this purpose, rain gauges and hydrometric stations data at seasonal and annual scale across the basin were collected. Long time-series of variables were prepared and their trends were analyzed using the Mann-Kendall and seasonal Kendall test. According to the results although annual precipitation indicated decreasing or increasing trends at some stations, but most of them were not significant at 0.05 probability level. Despite lack of significant, decreasing trend for annual precipitation across the basin, the majority of hydrometric stations showed significant decreasing trend in the annual stream flow data at 0.05 probability level. Therefore, from statistical point of view, the significant decline at annual discharge of the streams draining into the lake and the shrinkage of the lake cannot be attributed to decline at annual precipitation. Therefore, some other causes such as increase in evapotranspiration due to atmospheric warm-up. Over-extraction of aquifers, extensive landuse changes, impoundment of water behind numerous dams and decline at the lake inflows might be effective on the Lake Urmia shrinkage.

Keywords: Discharge, Hydro climate, Mann Kendall, Non-Parametric, Urmia Lake

مقدمه

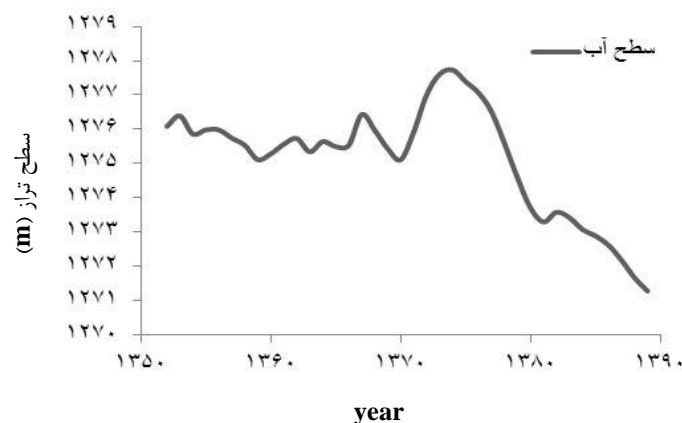
امروزه زمین گرمتر از دو قرن قبل است به طوری که دهه ۱۹۹۰ گرم ترین دهه و سال ۲۰۱۴ گرم ترین سال بوده و از سال ۱۹۶۰ تاکنون سطح پوشش برفی بالغ بر ۱۰ درصد کاهش داشته است (بی نام ۲۰۱۵). در سال های اخیر، مطالعات متعددی در زمینه اثرات تغییر اقلیم بر دبی رودخانه ها و منابع آب در سراسر جهان صورت گرفته است که از آن جمله می توان به تحقیقات صورت گرفته توسط یو (۲۰۰۰)، وریتی (۲۰۰۲) و فیوجیهارا و همکاران (۲۰۰۸) اشاره نمود. (کارباجال و

همکاران ۱۹۹۳) روند تغییرات بارش و دما را در حوضه رودخانه اکونکاگوا شیلی توسط آزمون من - کندال بررسی کردند، این پژوهش روند معنی داری در بارش نشان نداد، در صورتی که دما، روند معنی دار افزایشی داشت. متخصصان داخلی هم توسط آزمون من-کندال بررسی هایی به منظور تحلیل روند متغیرهای هیدروکلیماتولوژی در نقاط مختلف کشور انجام داده اند. قزل سفلو همکاران (۱۳۹۰) دبی جریان های رودخانه های استان آذربایجان شرقی را در دوره زمانی (۱۳۶۲-۱۳۸۷) با استفاده از روش های

در سطح ۹۹ و ۹۵ درصد بود. در این راستا وو و جانستان (۲۰۰۷) اعلام کردند دما، باد و همچنین گیاهان بر میزان تبخیر و تعرق و میزان آب ورودی به دریاچه تأثیر می‌گذارند. تأثیر تبخیر و تعرق به حدی است که در خلال فصل رشد (می و اکتبر) باعث هدر رفت ۵۰ تا ۶۰ درصد از بارندگی می‌گردد. فتحیان و همکاران (۲۰۱۴) در مطالعه‌ای به بررسی عوامل تأثیر گذار در افت تراز آب دریاچه اورمیه پرداختند. آنها به این نتیجه رسیدند که تأثیر فاکتور دما بر جریان‌های رودخانه‌ای منتهی به دریاچه بیشتر از فاکتور بارش است.

دریاچه اورمیه سومین دریاچه فوق شور در جهان است و به دلیل اهمیت اقلیمی، اقتصادی، اکولوژیک و زیست محیطی از نواحی جغرافیایی قابل توجه و مطرح در ایران و منطقه آذربایجان به شمار می‌رود. بر اساس شکل ۱ بیشترین میزان افت در تراز آب دریاچه بین سال‌های ۱۳۷۴ تا ۱۳۸۹ بوده است و در هر سال نرخ کاهش بطور متوسط حدود 11 ± 45 سانتی متر بوده است یار احمدی (۱۳۹۳). خشک شدن دریاچه باعث افزایش وسعت شوره‌زارهای اطراف دریاچه در حدود ۳۰۰۰ کیلومترمربع می‌گردد که این شوره زارها به منبع بالقوه تهدید اراضی کشاورزی و محیط زیست منطقه تبدیل می‌گردند. وزش بادهای شدید به طوفان‌های نمک تبدیل گردیده که علاوه بر پیامدهای شوم برای کشاورزان، سلامت ساکنان اطراف دریاچه را نیز برهم می‌زند. بروز این مشکلات، توجه و ارزیابی نوسان‌های سطح آب این دریاچه و عوامل احتمالی تأثیرگذار بر آن را با استفاده از روش‌های علمی و مناسب، اجتناب‌ناپذیر می‌سازد.

ناپارامتریک در بازه‌های سالانه، فصلی و ماهانه مورد بررسی قرار دادند. نتایج بررسی آنها نشان داد در بازه سالانه ۳۰ درصد از ایستگاه‌ها روند کاهشی معنی دار از خود نشان دادند، در بازه فصلی تقریباً در تمام ایستگاه‌ها روند کاهشی مشاهده شد و در بازه ماهانه تمامی ایستگاه‌ها در سطح معنی‌داری ۱۰ درصد روند کاهشی از خود نشان دادند. میرعباسی نجف آبادی و دین پژوه (۱۳۸۹) در مطالعه‌ای روند ۱۶ ایستگاه هیدرومتری شمال غرب کشور را در بازه زمانی (۱۳۵۳-۱۳۸۳) در مقیاس سالانه، فصلی و ماهانه مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد تمام ایستگاه‌ها در مقیاس سالانه دارای روند نزولی هستند و در مقیاس فصلی تمامی ایستگاه‌ها دارای روند نزولی معنی‌دار می‌باشند. نیک‌قوجق و یارمحمدی (۱۳۸۷) داده‌های دما، بارش و دبی رودخانه زیارت در استان گلستان را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. نتایج آنها نشان داد که میانگین دمای هوا به ازای هر ۱۰ سال ۱/۹ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته است. درحالی که میانگین بارش در هر سال ۹ میلی‌متر و میانگین دبی متوسط سالانه در هر ۱۰ سال حدود ۰/۲ مترمکعب کاهش یافته است. نف و نیکلاس (۲۰۰۵) در تحقیقی اعلام نمودند، رواناب حاصل از برف و یخ در حوضه باعث یک تغییر چرخشی در سطح آب دریاچه بزرگ آمریکا می‌گردد، بطوریکه باعث افزایش سطح آب دریاچه در تابستان به دلیل آب حاصل از ذوب برف و یخ و کاهش آن در زمستان می‌گردد. شاهرخوندی و همکاران (۱۳۸۸) ضریب همبستگی بین بارش و خشکسالی هیدروژیک در حوضه رودخانه خرم‌آباد را بررسی کردند. نتایج حاکی از ارتباط معنی‌دار بارش و نمره Z دبی سالانه و بارش ماه‌های آبان، آذر، و اردیبهشت با نمره Z دبی این ماه‌ها



شکل ۱ - تغییرات تراز آب دریاچه ارومیه در سال‌های مختلف.

غربی و جنوبی کوه سهند احاطه شده است. این حوضه بین مختصات $۳۸^{\circ}۲۹'۴۶''$ تا $۳۵^{\circ}۳۹'۴۷''$ عرض شمالی و $۴۴^{\circ}۱۳'۱۳''$ تا $۴۷^{\circ}۵۴'۵۶''$ طول شرقی واقع شده است (شکل ۲). بر اساس تقسیم‌بندی حوضه‌های آبریز کشور، حوضه دریاچه ارومیه یکی از شش حوضه آبریز اصلی ایران است که از سمت شمال به حوضه آبریز رودخانه ارس، از سمت شرق به حوضه آبریز رودخانه قزل اوزن، از سمت جنوب به حوضه‌های آبریز قزل اوزن و سیروان و از غرب به حوضه آبخیز زاب و قسمت‌هایی از مرز ایران با کشورهای عراق و ترکیه محدود است. این حوضه با سطحی در حدود ۵۱۸۷۶ کیلومتر مربع، حدود نیمی از استان آذربایجان غربی، بخش وسیعی از استان آذربایجان شرقی و قسمتی از استان کردستان را شامل می‌شود. حدود ۳۳۴۶۹ کیلومتر مربع از سطح حوضه دریاچه ارومیه را مناطق کوهستانی و ۱۲۵۶۴ کیلومتر مربع آن را دشت‌ها و کوهپایه‌ها تشکیل داده، ۲۷۲۳ کیلومتر مربع آن نیز پیکره آبی دریاچه ارومیه (مساحت دریاچه در سال ۱۳۸۸) و تقریباً ۳۰۰۰ کیلومترمربع آن را نیز شوره زارهای ساحلی در بر گرفته است. مساحت دریاچه ۵۰ درصد در مقایسه با سال ۱۳۶۸ کاهش یافته است. صالحی پور و همکاران (۱۳۹۰).

با توجه به اینکه دریاچه ارومیه یک سیستم هیدرولوژیکی بسته می‌باشد، محتمل‌ترین عامل افت سطح آب دریاچه کاهش میزان آب‌های ورودی به آن است که خود تابعی از تغییرات طبیعی یا دخالت‌های انسانی در عملکرد سیستم حوضه آبریز دریاچه است. به همین دلیل در این مطالعه ابتدا میزان تغییرات آبدهی آبریزهای منتهی به دریاچه بررسی شده و در صورت معنی دار بودن این تغییرات، عوامل احتمالی تاثیرگذار بر آن که بدیهی‌ترین آن‌ها میزان بارندگی است، مورد بررسی آماری قرار می‌گیرد. بنابراین، هدف اصلی این تحقیق بررسی روند تغییر دبی و بارش در حوضه آبریز دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن تغییرات مکانی به منظور مدیریت بلندمدت منابع آب منطقه می‌باشد. برای همین منظور اطلاعات مربوط به ۲۱ ایستگاه آب سنجی در بازه زمانی ۳۷ ساله و همینطور ۶۶ ایستگاه بارانسنجی در همین بازه زمانی مورد مطالعه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز دریاچه ارومیه در شمال غرب ایران قرار گرفته و به وسیله بخش شمالی کوه‌های زاگرس و دامنه‌های جنوبی کوه سبلان و نیز دامنه‌های شمالی،



شکل ۲: موقعیت حوضه آبریز دریاچه اورمیه در ایران.

روش بررسی

برای انتخاب ایستگاه‌های هیدرومتری از منابع موجود در بانک اطلاعاتی سازمان مدیریت منابع آب ایران (وزارت نیرو) استفاده گردید. برای انتخاب طول دوره مشترک آماری، ایستگاه‌هایی که دارای آمار کامل‌تر و طولانی‌تر بودند (ایستگاه‌هایی که حداقل شامل ۳۷ سال آمار بودند)، انتخاب شدند. مشخصات ایستگاه‌های هیدرومتری منتخب در جدول ۱ آمده است. حوضه مورد مطالعه با توجه به ایستگاه‌های هیدرومتری انتخاب شده به ۲۱ زیر حوضه کوچکتر تقسیم گردید. برای انتخاب ایستگاه‌های بارانسنجی از داده‌های ۲۷ ساله تعداد ۶۶ ایستگاه منتخب در حوضه آبریز دریاچه اورمیه در طی دوره آماری ۱۳۵۲-۱۳۸۸ که دارای آمار کامل‌تر و طولانی‌تری بودند، استفاده گردید. مشخصات ایستگاه‌های بارانسنجی در جدول ۲ آمده است. برای تعیین میانگین بارش هر زیر حوضه از روش پلیگون بندی تیسن استفاده گردید (شکل ۳). به این ترتیب با استفاده از ایستگاه‌های بارانسنجی موجود بارش متوسط در مقیاس فصلی و سالانه برای هر زیر حوضه بر اساس چند ضلعی‌های تیسن تعیین گردید.

تغییرات میانگین بارش و دبی از عوامل مهم هیدرو اقلیمی هر منطقه است، به طوری که مشخصه‌های دیگر اقلیمی را هم تحت تأثیر قرار می‌دهد. به همین جهت از آزمون من-کندال که یکی از مزایای آن، تشخیص تغییرات تدریجی روند نسبت به میانگین می‌باشد، استفاده شد.

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های هیدرومتری مورد مطالعه.

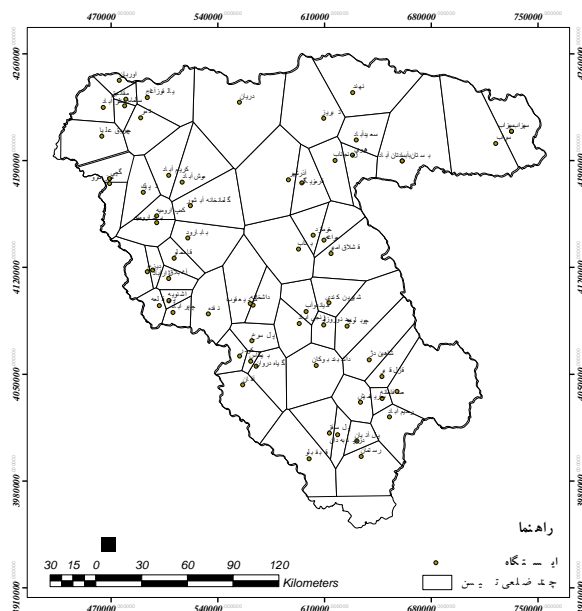
ردیف	ایستگاه	طول جغرافیایی (m)	عرض جغرافیایی (m)	رود	مساحت حوضه (ha)	محیط حوضه (m)
۱	بی کران	۴۹۵۷۱۰	۴۱۳۲۶۱۸	بارندوزچای	۵۵۳۹۴	۹۶۳۸۸
۲	بیطاس	۵۶۰۶۸۳	۴۰۶۳۶۸۴	مهباد چای	۲۲۵۵۶	۷۶۸۶۸
۳	بستان آباد	۶۷۰۲۷۵	۴۲۲۰۶۳۲	اوجان چای	۱۰۵۷۳۱	۱۶۸۱۴۶
۴	بردوک	۴۶۰۹۴۴	۴۲۱۱۶۵۱	زولا چای	۵۸۹۱۰	۱۱۳۳۵۴
۵	دریان	۵۴۷۱۳۰	۴۲۲۲۶۹۰	دریان چای	۱۳۱۳۵۹	۱۶۴۷۳۳
۶	سعیدآباد	۶۲۹۶۳۷	۴۱۹۷۱۲۵	سعیدآباد	۱۳۱۴۵	۴۸۴۷۰
۷	خرمازرد	۶۰۰۶۱۳	۴۱۳۸۴۹۱	ماهیری	۳۰۶۵۵	۱۰۷۵۴۸
۸	کوثر	۵۵۶۷۴۹	۴۰۶۷۳۶۷	مهباد چای	۵۲۰۷۳	۱۱۷۸۴۰
۹	آذرشهر	۶۰۸۱۷۱	۴۲۱۹۱۴۷	مهران رود	۲۷۱۹۱۴	۳۰۲۵۸۵
۱۰	میرآباد	۴۹۲۷۸۳	۴۱۴۵۲۳۹	شهرچای	۷۷۵۹۱	۱۲۹۸۰۳
۱۱	نهند	۶۲۹۰۸۶	۴۲۳۳۷۸۵	نهند چای	۲۲۵۰۸	۷۵۴۹۲
۱۲	اشنویه	۵۱۵۱۰۰	۴۰۹۵۹۹۱	گلازچای	۹۲۳۴۷	۱۵۷۷۱۶
۱۳	جان آقا	۶۳۹۷۸۴	۴۰۸۶۳۲۱	آجرلو	۱۰۴۰۲۰۶	۱۷۰۷۱۲
۱۴	پل آنبان	۶۴۲۸۲۵	۴۰۱۹۸۹۴	زرینه رود	۳۴۵۷۵۵	۳۰۱۸۰۲
۱۵	سرو	۴۷۷۹۰۵	۴۱۷۲۵۰۵	نازلوچای	۱۴۴۱۲۷	۲۴۱۸۵۴
۱۶	پل سنخ	۶۰۲۴۳۸	۴۲۲۴۲۶۲	سنخ چای	۵۵۱۳۶	۱۱۹۳۱۷
۱۷	سهباب	۷۰۳۴۴۸	۴۱۹۹۷۷۵	تاجیار	۲۱۹۱۳۱	۲۳۱۴۲۲
۱۸	گلکنی	۴۸۹۵۴۷	۴۲۱۷۹۶۹	خرخره چای	۱۴۷۵۳۶۹	۶۰۳۴۶
۱۹	مغانجیق	۶۱۹۷۳۴	۴۱۳۱۷۲۰	مغانجیق	۳۳۴۰۴	۱۲۱۳۲۷
۲۰	چراغ ویس	۶۱۳۵۶۷	۴۰۲۲۲۵۲	سقز	۱۲۰۶۹۱۰۳	۱۸۱۱۵۳
۲۱	زینجناب	۵۸۷۷۵۰	۴۲۰۶۱۶۵	سردرود	۱۷۷۳۳۱	۲۲۳۱۹۲

جدول ۲- مشخصات ایستگاه‌های باران‌سنجی مورد مطالعه.

ایستگاه	سال تأسیس	طول جغرافیایی (m)	عرض جغرافیایی (m)	ایستگاه	سال تأسیس	طول جغرافیایی (m)
ساریقمیش	۱۳۴۵	۶۳۳۵۷۹	۴۰۳۱۵۶۶	چوبلوچه	۱۳۴۹	۴۰۸۱۳۶۶
سهباب	۱۳۵۳	۷۳۲۶۸۳۰۲	۴۲۰۹۱۲۹	بناب	۱۳۴۶	۴۱۳۱۹۹۸
زینجناب	۱۳۴۵	۶۱۷۰۱۰۵	۴۱۹۰۰۰۶	مراغه	۱۳۴۵	۴۱۳۷۷۵۰
کریم آباد	۱۳۵۰	۵۰۷۹۲۶۰۴	۴۱۸۰۳۰۰	نقده	۱۳۴۵	۴۰۸۹۳۹۳
اوربان	۱۳۴۹	۴۷۵۵۲۷۰۳	۴۲۴۲۴۶۷	گرد یعقوب	۱۳۴۶	۴۰۹۵۱۰۸
نهند	۱۳۵۱	۶۲۸۶۲۶	۴۲۳۴۵۷۵	عجبشیر	۱۳۴۵	۴۱۴۷۳۸۵
کلهور	۱۳۴۹	۶۷۷۲۴۰۰۳	۴۲۵۳۲۵۸	بی‌بکران	۱۳۴۹	۴۱۲۱۵۰۲
بستان آباد	۱۳۵۱	۶۶۱۰۲۴۰۴	۴۱۸۹۶۴۱	قاسملو	۱۳۴۷	۴۱۲۵۹۴۲
دریان	۱۳۵۱	۵۵۴۲۸۶۰۴	۴۲۲۸۱۸۸	زارآباد	۱۳۴۷	۴۱۱۸۱۶۹
دیزج	۱۳۴۵	۴۹۳۷۸۸	۴۱۱۷۰۶۲	دوریه	۱۳۵۸	۴۱۰۷۰۷۶
داشخانه	۱۳۴۹	۵۶۱۳۸۵۰۹	۴۰۹۶۲۰۴	چپر آباد	۱۳۴۵	۴۰۹۰۴۴۲
قشلاق	۱۳۵۱	۶۱۴۳۲۹۰۲	۴۱۲۸۹۳۳	پی قلعه	۱۳۴۵	۴۰۹۴۸۷۳
باغچه میشه	۱۳۴۶	۶۵۷۶۶۵۰۱	۴۰۳۸۶۳۰	بند ارومیه	۱۳۴۵	۴۱۴۹۲۳۲

ادامه جدول ۲- مشخصات ایستگاه‌های باران‌سنجی مورد مطالعه.

۴۱۳۹۲۷۲	۵۲۰۳۵۶.۸	۱۳۴۵	بابارود	۴۰۴۲۹۲۰	۵۵۶۳۹۸.۴	۱۳۴۵	آفان
۴۱۱۲۶۲۶	۵۰۷۹۹۱	۱۳۴۶	آق‌بلاغ	۴۰۵۵۱۸۶	۵۶۵۲۵۸	۱۳۴۵	گیاه دروان
۴۰۹۸۲۰۴	۵۰۸۰۰۴.۷	۱۳۴۵	اشنویه	۴۰۶۱۷۶۷	۵۵۴۴۸۸.۲	۱۳۴۹	کوثر
۴۲۲۴۷۵۳	۴۶۴۹۶۲.۲	۱۳۴۹	نظر آباد	۴۰۷۱۸۰۵	۵۶۲۴۵۴.۶	۱۳۴۵	پل سرخ
۴۱۷۵۸۷۶	۵۱۶۷۴۲.۵	۱۳۴۶	موش آباد	۴۰۵۸۴۸۷	۵۶۱۶۵۸.۲	۱۳۴۵	بیطاس
۴۲۳۰۲۵۰	۴۷۹۸۶۷.۱	۱۳۵۹	مقانجق	۴۰۴۸۴۴۰	۶۴۷۶۳۹	۱۳۴۶	قزل قبر
۴۱۷۴۸۰۷	۴۶۹۱۵۴.۴	۱۳۴۹	مرز سرو	۳۹۹۴۵۰۱	۵۹۹۹۲۹.۸	۱۳۴۸	قبقلو
۴۱۶۰۳۵۶	۵۲۲۰۷۱	۱۳۵۰	گلمانخانه	۴۰۳۴۰۱۸	۶۴۷۸۸۶.۲	۱۳۵۰	صفاخانه
۴۱۷۸۱۳۵	۴۶۹۱۶۶.۹	۱۳۴۸	گچی	۴۰۵۹۳۹۹	۶۳۹۴۰۵.۲	۱۳۵۸	شاهین دز
۴۱۵۳۶۷۰	۵۰۰۰۰۰	۱۳۴۶	کمپ ارومیه	۳۹۹۶۰۶۸	۶۳۴۱۲۵.۱	۱۳۴۶	رستمان
۴۲۲۵۸۱۴	۴۷۸۹۸۰.۲	۱۳۵۶	سلماس	۴۰۲۱۸۹۳	۶۵۲۵۸۲.۸	۱۳۵۷	رحیم آباد
۴۲۰۵۸۹۴	۴۶۴۰۰۳	۱۳۴۶	چهریق علیا	۴۰۱۰۲۶۷	۶۱۸۶۲۵.۲	۱۳۵۰	دره پنبه
۴۲۱۸۰۲۷	۴۸۹۴۸۰.۱	۱۳۴۹	تمر	۴۰۵۵۵۷۵	۶۰۴۵۹۲.۸	۱۳۴۵	داشبند
۴۱۶۹۲۰۷	۴۹۱۱۸۱.۱	۱۳۴۵	تپیک	۴۰۱۱۳۰۵	۶۱۳۲۱۸.۵	۱۳۴۵	پل سقز
۴۱۷۷۴۲۰	۵۸۶۳۴۵.۳	۱۳۵۱	آذرشهر	۴۰۰۶۰۱۰	۶۳۱۲۷۴.۳	۱۳۵۰	پل آنیان
۴۱۷۵۲۹۸	۵۹۵۱۸۱.۹	۱۳۴۵	قرمزگل	۴۰۹۱۰۰۰	۵۹۷۹۲۶.۶	۱۳۴۵	میاندوآب
۴۱۹۳۵۰۶	۶۲۸۳۹۶.۱	۱۳۵۱	هروی	۴۰۹۶۷۳۶	۶۱۲۹۸۷.۴	۱۳۵۰	شیرین کندی
۴۲۰۳۵۳۴	۶۳۰۸۷۴.۹	۱۳۴۶	سعیدآباد	۴۰۸۲۲۶۷	۶۰۹۶۱۴.۷	۱۳۵۶	سد نوروزلو
۴۲۱۷۶۴۸	۶۰۹۵۹۹.۶	۱۳۴۷	تبریز	۴۰۸۳۱۸۵	۵۹۳۵۶۰.۸	۱۳۵۲	زنجی آباد
۴۲۳۱۳۳۷	۴۹۳۸۷۳.۴	۱۳۵۶	یالقز آغاج	۴۱۴۰۹۸۸	۶۰۲۶۵۷.۳	۱۳۵۷	خرمازد



شکل ۳- پلی‌گون بندی تیسین برای ایستگاه‌های باران‌سنجی حوضه آبریز دریاچه ارومیه.

آزمون من - کندال

این آزمون برای اولین بار توسط من (۱۹۴۵) استفاده شد و کندال (۱۹۷۵) توزیع آماری این آزمون را

$$\text{sgn}(x) = \begin{cases} +1 & \text{if } (x_j - x_k) > 0 \\ 0 & \text{if } (x_j - x_k) = 0 \\ -1 & \text{if } (x_j - x_k) < 0 \end{cases} \quad [4]$$

$$\beta = \sum_{i=1}^m t(t-1)(2t-5) \quad [5]$$

(t) تعداد داده‌های مشابه مشاهده شده در دسته i ام و m معرف تعداد کل دستجات است که در آن‌ها حداقل یک داده‌ی تکراری وجود دارد. در یک آزمون دو دامنه ای برای روند یابی سری داده‌ها، فرض صفر (مبنی بر عدم وجود روند) در حالتی پذیرفته می‌شود که رابطه زیر برقرار باشد:

$$|Z| \leq Z_{\alpha/2} \quad [6]$$

که α سطح معنی‌داری است که برای آزمون در نظر گرفته می‌شود و Z_{α} آماره توزیع نرمال استاندارد در سطح معنی‌داری α می‌باشد که با توجه به دو دامنه بودن آزمون، از $\alpha/2$ استفاده شده است. در صورتی که آماره Z (tau) مثبت باشد روند داده‌ها صعودی و در صورت منفی بودن آن نزولی در نظر گرفته می‌شود.

نتایج و بحث

آزمون من-کندال، روشی است معتبر در سطح دنیا که در بسیاری از مطالعه‌های به کار گرفته شده است. هر دو سری داده‌های بارندگی و دبی در مقیاس‌های سالانه و فصلی توسط آزمون من-کندال مورد مطالعه قرار گرفت، سپس معنی‌داری این آزمون برای تمامی نتایج به دست آمده در سطح معنی‌داری ۵ درصد مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۳ و ۴). نتایج بدست آمده در مقیاس سالانه و فصلی بشرح زیر می‌باشد.

بدست آورد. این روش یکی از بهترین روش‌های آشکارسازی و تعیین روند داده‌هاست و محققین زیادی از این روش برای تشخیص روند پارامترهای اقلیمی و هیدرولوژی استفاده نموده‌اند.

آزمون ناپارامتری من - کندال برخلاف آزمون‌های پارامتریک همچون t-test، تابع توزیع مشخصی برای سری داده‌ها فرض نمی‌کند، این در حالیست که قدرت تشخیص آن نیز به اندازه آزمون‌های پارامتریک است. به همین دلیل سازمان جهانی هواشناسی آزمون من - کندال را برای بررسی و تشخیص روند در سری‌های زمانی اکیدا توصیه می‌کند (میت شل و همکاران ۱۹۶۶).

در این روش داده‌ها به ترتیب زمان وقوع مرتب می‌شوند و هر داده با تمام داده‌های بعد از خود مقایسه می‌شود. مراحل انجام این آزمون به ترتیب زیر است:

$$Z = \begin{cases} x = \frac{s-1}{\sqrt{\text{var}(s)}} & \text{if } s > 0 \\ x = \frac{s+1}{\sqrt{\text{var}(s)}} & \text{if } s < 0 \end{cases} \quad [1]$$

در این رابطه S نشانه تفاوت مقادیر با یکدیگر و var(s) پراش S است:

$$s = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k) \quad [2]$$

$$\text{Var}(s) = \frac{n-(n-1)(2n+5)-\beta}{18} \quad [3]$$

در این رابطه n تعداد مشاهدات سری، x_j و x_k به ترتیب j امین و k امین داده، (مرتب شده به ترتیب وقوع)، sign (۲) تابع علامت (رابطه ۴) و β عاملی مربوط به تصحیح پراش در صورتی که داده‌های تکراری در اطلاعات وجود داشته باشد (رابطه ۵) می‌باشد.

جدول ۳- نتایج حاصل از آزمون من-کندال برای متغیر بارش.

تابستان		بهار		زمستان		پاییز		سالانه		ایستگاه
P-value	tau	P-value	tau	P-value	tau	P-value	tau	P-value	tau	
*۰/۰۴	۰/۲۴۱	۰/۲۰۰	-۰/۱۴	*۰/۰۲۵	-۰/۲۶	۰/۱۵۹	۰/۰۶	۰/۳۶	-۰/۱۰۶	آذرشهر
*	۰/۵۲	۰/۷۹	-۰/۰۳	۰/۲۲	۰/۱۴	*۰/۰۵	۰/۲۲	۰/۱۲	۰/۱۸۳	بستان‌آباد

ادامه جدول ۳- نتایج حاصل از آزمون من-کندال برای متغیر بارش.

*-/۰۵	-/۲۱	-/۶۷	-/۰۴	۰/۹۴	-/۰۰۸	۰/۴۳	-/۰۹	۰/۱۸	۰/۱۵۳	دریان
۰/۷۱	-/۰۳	*-/۰۲	-/۰۲۳	۰/۲۳	-/۰۱۲	۰/۲	۰/۱۳	۰/۱	-/۰۱۷۵	قرمیزی گل
*-/۰۱۴	۰/۳۱	*-/۰۲	-/۰۲۵	۰/۶۴	-/۰۰۵	۰/۹۵	-/۰۰۶	۰/۰۹	-/۰۱۹۴	قشلاق امیر
*-/۰۲	-/۲۷	-/۳۲	-/۰۱۱	*-/۰۰	-/۰۳۲	۰/۶۹	-/۰۰۴	۰/۳	-/۰۱۲	هروی
۰/۳۲	-/۲۱	۰/۳۶	-/۰۱۶	*-/۰۰۵	-/۰۱۲	۰/۲۴	-/۰۱۱	۰/۳۰	-/۰۲۲	خرمازرد
۰/۱۲	-/۱۷	۰/۲	-/۰۱۴۴	۰/۳۹	-/۰۰۹	۰/۹۶	۰/۰۰	۰/۲۱	-/۰۱۴۴	بناب
۰/۲۶	-/۱۲	*-/۰۰	-/۰۲۹	۰/۲۸	-/۰۱۱۷	۰/۸۲	-/۰۰۲	*-/۰۲	-/۰۲۲۴	مراغه
*-/۰۰۵	-/۲۴	-/۸۷	۰/۰۲	۰/۰۶	۰/۲۵	۰/۵۶	۰/۰۷	۰/۱۶	۰/۱۸	نهند
-/۰۹	-/۴۳	۰/۱۱	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۱۴	۰/۳۲	-/۰۰۹	۰/۴۵	۰/۳۲	عجبشیر
*-/۰۰	۰/۲۸	*-/۰۲	-/۰۲۲۰	۰/۳۱	-/۰۱	۰/۸	-/۰۰۲	۰/۱۵	-/۰۱۵۲	سعیدآباد
۰/۱۱	-/۱۸	-/۴۹	-/۰۰۷	۰/۴۹	-/۰۰۷	۰/۲۴	-/۰۱۳	۰/۳۲	-/۰۱۱۶	دوربه
*-/۰۰۹	-/۴۹	۰/۸۳	۰/۰۲	۰/۲۱	-/۰۱۴	۰/۲۱	۰/۱۴	۰/۱۶	۰/۲۶	سبزاب
۰/۲۶	-/۱۴	-/۶۷	-/۰۰۵	۰/۱۵	-/۰۱۷	۰/۵۴	-/۰۰۷	۰/۲۹	-/۰۱۳۵	تبریز
*-/۰۰	-/۲۷	-/۱۸	-/۰۰۴	۰/۸۰	-/۰۰۲	۰/۶۹	-/۰۰۴	۰/۶۵	-/۰۰۴۸	زینجناب
۰/۱۴	-/۱۹	-/۱۴	۰/۱۹	۰/۶۷	-/۰۰۵	۰/۲	-/۰۱۵	۰/۵۸	۰/۰۷	آفان
۰/۲۳	-/۱۴	۰/۱۲۳	-/۰۱۶	۰/۷۷	-/۰۰۳	۰/۵۳۶	۰/۰۶۷	۰/۴۴	-/۰۰۸۴	بیطاس
۰/۲۳	-/۱۴	-/۴۳	۰/۱	*-/۰۰۵	-/۰۲۱	۰/۳۷	-/۰۱	۰/۵۶	۰/۰۷	گردیعقوب
*-/۰۰	۰/۴	-/۴۳	۰/۱	۰/۹۳	۰/۰۰	۰/۴۲	-/۰۰۹	۰/۵۴	-/۰۰۶۹	کوثر
۰/۱۷	-/۵۱	-/۱۴	-/۰۱۶	۰/۵۴	-/۰۰۶	۰/۵۸	-/۰۰۶	۰/۲۹	-/۰۱۲	اشنویه
*-/۰۱	-/۲۷	*-/۰۰۵	-/۰۲۱	*-/۰۰۵	-/۰۱۹	۰/۹۲	-/۰۰۱	۰/۱۵	-/۰۱۵۵	پی قلعه
*-/۰۱	-/۲۷	*-/۰۱	-/۰۲۷	۰/۳۵	-/۰۰۹	۰/۴۲	-/۰۰۸	۰/۴۴	۰/۰۸	پل سرخ
*-/۰۰۵	-/۱۹	-/۰۰۸	۰/۱۹	۰/۴۲	-/۰۰۸	۰/۴۴	-/۰۰۸	۰/۵۳	۰/۰۷	اوربان
۰/۳۶	۰/۱	۰/۳۶	۰/۰۵	*-/۰۰۵	-/۰۲۱	۰/۱۷	۰/۱۵	۰/۷۹	۰/۰۳	آق بلاغ
۰/۳۸	۰/۱	۰/۳۸	۰/۱	۰/۶	-/۰۰۵	۰/۵۸	-/۰۰۵	۰/۰۸	۰/۰۱	بابارود
۰/۴۶	-/۰۰۸	-/۴۶	۰/۰۸	*-/۰۰	-/۰۲۹	۰/۲۹	-/۰۱۲	۰/۷۸	۰/۰۳	بند
۰/۰۹	-/۱۹	-/۲۲	۰/۱۳	*-/۰۰۵	-/۰۲	۰/۱۳	۰/۱۶۲	*-/۰۰۲	۰/۲۳	چپرآباد
۰/۷۹	-/۰۲	*-/۰۰۵	-/۰۱۹	۰/۹۳	۰/۰۰	۰/۵۲	-/۰۰۷	۰/۲۷	-/۰۱۲۱	دیزج
۰/۲	-/۰۱	*-/۰۰۵	-/۰۸۹	۰/۵۳	۰/۰۲	۰/۵۶	-/۰۰۹	۰/۷	-/۰۱۱	گچی
۰/۱۵	-/۱۶	-/۸۷	۰/۰۱۶	۰/۹۹	۰/۰۰	۰/۳۵	۰/۱	۰/۵۶	۰/۰۶	قاسملو
۰/۳۸	۰/۱	-/۱۹	-/۰۱۵	۰/۶۵	-/۰۰۵	۰/۹۵	-/۰۰۰۷	۰/۳۲	-/۰۱۱۸	گلمنخانه
۰/۵۱	-/۰۷	-/۴۳	-/۰۰۸	۰/۲۸	-/۰۱۱	۰/۶۱	-/۰۰۵	۰/۴۲	-/۰۰۹	زارآباد
۰/۵۲	۰/۰۷	-/۳۳	-/۰۱۱	*-/۰۰۵	-/۰۰۴	۰/۵۱	۰/۰۷	۰/۶۸	-/۰۰۴۸	کمپ اورمیه
*	-/۴۴	-/۳۳	۰/۰۹	*-/۰۰۴	-/۰۱۸	۰/۳۱	-/۰۰۹	۰/۳۳	-/۰۰۹۲	کریم آباد
۰/۱۶	-/۰۱۵	*-/۰۰۲	-/۰۲۵	*-/۰۰۲	-/۰۲۵	۰/۳۵	-/۰۱	*-/۰۰	-/۰۳۱۵	بی بکران
۰/۷۸	-/۰۰۳	*-/۰۰۱	-/۰۲۶	*-/۰۰۵	-/۰۱۹	۰/۴۴	-/۰۰۸	*-/۰۰۲	-/۰۲۳۶	موشآباد
۰/۷۸	-/۰۰۳	*-/۰۰۱	۰/۲۹	۰/۲۱	-/۰۱۳	۰/۴۷	-/۰۰۷	۰/۷۸	۰/۰۳	نقده
۰/۵۷	-/۰۰۶	-/۴۵	۰/۰۰۸	۰/۴۵	۰/۰۰۸	۰/۷۴	-/۰۰۳	۰/۹۲	۰/۰۱	سرو
*-/۰۱	-/۲۹	*	۱	۰/۱۵	۰/۱۶	۰/۱۴	-/۰۱۶	۰/۳۹	۰/۰۹	تمر
۰/۷۹	-/۰۰۳	*-/۰۰	-/۰۳۵	*-/۰۰۵	-/۰۲۱	۰/۱۹	-/۰۱۴۴	*-/۰۰	-/۰۳۶۸	تیپیک
*-/۰۱۳	-/۲۷	۰/۹۱۹	۰/۰۱۱	*-/۰۰۵۱	۰/۲۱	۰/۳۵	۰/۱	۰/۲۷	۰/۱۲	چهریق علیا
*-/۰۱	-/۲۷	-/۹۵	-/۰۰۰۸	۰/۳۴	-/۰۱۲۳	۰/۸۳	-/۰۰۲	۰/۳۷	-/۰۱۱۸	مقانیق
۰/۹۶	-/۰۰	*-/۰۰	-/۰۳۱	۰/۶۶	۰/۰۴	۰/۹۱	-/۰۰۱	*-/۰۰	-/۰۲۹۷	نظرآباد
۰/۹۶	-/۰۰	*-/۰۰۵	۰/۲۴	۰/۱۸	۰/۱۶	۰/۴۹	-/۰۰۸	-/۰۶	-/۰۰۶	سلماس
۰/۹۶	-/۰۰	-/۷۳	۰/۰۴۲	۰/۳۲	-/۰۱۲۵	۰/۶۲	-/۰۰۶	۰/۶۱	-/۰۰۶	یالقوز آغاج
*-/۰۰۵	-/۰۲۲	*-/۰۰۵	-/۰۲۲	۰/۷۲	-/۰۰۴	۰/۴۷	-/۰۰۸	*-/۰۰۳	-/۰۱۲۲	کلهور
۰/۱۸	-/۰۱۴	-/۱۸	-/۰۱۴	۰/۵۱	-/۰۰۷	۰/۱۲	۰/۱۶	۰/۵۲	-/۰۰۷	باغچه میشه
۰/۸۴	-/۰۰۲	*-/۰۰۵	-/۰۰۲	۰/۲۴	-/۰۱۶	۰/۳۲	-/۰۱۱	۰/۲۶	-/۰۱۲۹	چولبوچه
۰/۲۷	-/۱۵	*-/۰۰۱	-/۰۳۴	۰/۲۲	-/۰۱۳	۰/۸۷	-/۰۰۲	*-/۰۰۷	-/۰۲۴۳	دره پنبه

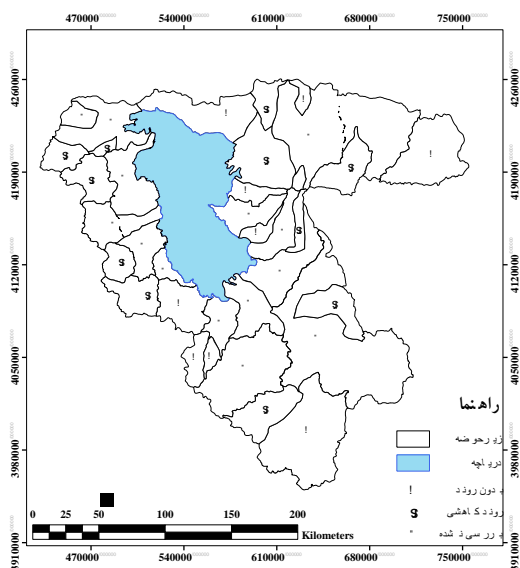
ادامه جدول ۳- نتایج حاصل از آزمون من-کندال برای متغیر بارش.

۰/۱	۰/۱۸	۰/۱۱	۰/۱۷	۰/۴۷	۰/۰۷	۰/۴۲	۰/۰۸	۰/۴۷	۰/۰۷	داشبند
۰/۱	۰/۱۸	۰/۳۹	۰/۱۲	۰/۷	۰/۰۵	۰/۶۷	۰/۰۵	۰/۳۹	۰/۱۲	داشخانه
*۰/۰۰	۰/۳۲	۰/۹۱	۰/۰۱	*۰/۰۱	۰/۲۸	۰/۰۷	۰/۱۹	*۰/۰۵	۰/۲۱	قیقیلو
*۰/۰۵	۰/۲	۰/۱۷	۰/۱۴	۰/۵۵	۰/۰۶۳	۰/۴۱	۰/۰۸	۰/۹۷	۰/۰۰	قزل بلاغ
*۰/۰۰	۰/۳۹	*۰/۰۵	۰/۱۸	*۰/۰۵	۰/۱۸	۰/۹۳	۰/۰۰۹	*۰/۰۲	۰/۲۵	گیاه دوران
*۰/۰۵	۰/۲۲	*۰/۰۱	۰/۲۶	۰/۵۴	۰/۰۶	۰/۱۵	۰/۱۵۵	۰/۴۴	۰/۰۸	میاندوآب
۰/۹۵	۰/۰۰۸	۰/۳۴	۰/۱۲	۰/۸۳	۰/۰۲	۰/۳۶	۰/۰۱۱	۰/۴۸	۰/۰۹	زنجی آباد
*۰/۰۰	۰/۳۴	*۰/۰۵	۰/۲۲	۰/۷۲	۰/۰۴	۰/۴۸	۰/۰۸	۰/۳	۰/۱۲۲	پل آنیان
*۰/۰۰	۰/۳۴	*۰/۰۵	۰/۲۲	۰/۷۲	۰/۰۴	۰/۴۸	۰/۰۸	۰/۳	۰/۱۲۲	پل سقز
۰/۰۷	۰/۲۵	۰/۷۷	۰/۰۳	۰/۱۳	۰/۱۹	۰/۵۵	۰/۰۷	۰/۹۸	۰/۰۰	رحیم آباد
۰/۲۴	۰/۱۴	*۰/۰۲	۰/۲۶	۰/۳۰	۰/۱۱	۰/۴۷	۰/۰۸	۰/۲۷	۰/۱۲۴	رستمان
۰/۵۵	۰/۰۸	۰/۴۱	۰/۱	۰/۷۹	۰/۰۳	۰/۸۸	۰/۰۲	۰/۹۵	۰/۰۱	سدنوروزل
۰/۵۵	۰/۰۸	*۰/۰۳	۰/۲۵۵	۰/۳۸	۰/۱	*۰/۰۰	۰/۲۹	*۰/۰۲	۰/۲۵	صفاخانه
۰/۵۵۴	۰/۰۸	*۰/۰۱۳	۰/۲۹	۰/۵۲	۰/۰۶	۰/۷۷	۰/۰۳	۰/۱۵	۰/۱۵۷	سارقمیش
*۰/۰۰	۰/۳۷	۰/۸۸	۰/۰۱۹	۰/۹۲	۰/۰۱	۰/۷۹	۰/۰۳۴	۰/۴۸	۰/۰۹	شاهین دژ
۰/۷۱	۰/۰۵	۰/۲	۰/۱۵	*۰/۰۳۲	۰/۰۸	۰/۵۵	۰/۰۷	۰/۵۴	۰/۰۷	شیرین کندی

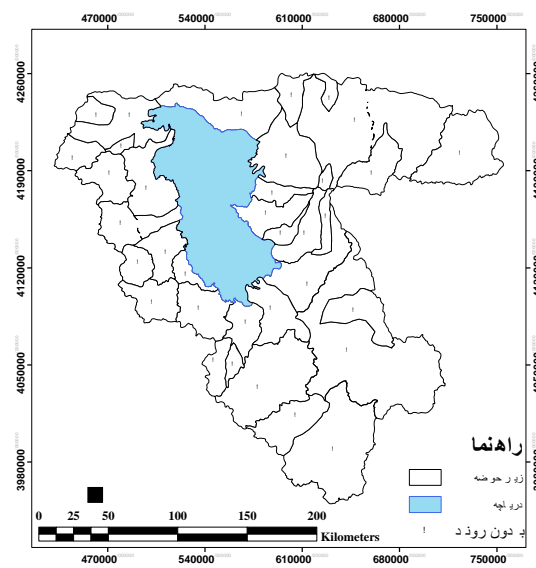
*معنی داری در سطح ۵ درصد

جدول ۴- نتایج حاصل از آزمون من-کندال برای متغیر دبی.

تابستان		بهار		زمستان		پائیز		سالانه		ایستگاه
p-value	tau	p-value	tau	p-value	tau	p-value	tau	p-value	tau	
*۰/۰۰۱	۰/۴۰۸	*۰/۰۲۵	۰/۲۶۹	۰/۰۷۳	۰/۲۱	*۰/۰۲۵	۰/۲۶	*۰/۰۱۱	۰/۳۰۸	بی کران
۰/۲	۰/۱۴۶	۰/۱۴۲	۰/۱۶۸	۰/۹۳۷	۰/۰۹	۰/۸۹۶	۰/۰۱۵	۰/۵۷۴	۰/۰۶	بیطاس
*۰/۰۳۲	۰/۲۷۶	*۰/۰۰	۰/۴۶۷	*۰/۰۰	۰/۵۴۳	*	۰/۶۳	*۰/۰۰	۰/۵۷۲	اوجان
۰/۰۸۶	۰/۲۱	۰/۱۴۴	۰/۱۸۱	*۰/۰۱	۰/۲۹۸	*۰/۰۲	۰/۲۷۴	*۰/۰۵۷	۰/۲۳	بردوک
۰/۴۵۶	۰/۰۹	۰/۰۸	۰/۲۱۸	۰/۵۳۸	۰/۰۷۷	۰/۴۳۶	۰/۰۹	۰/۲۹۲	۰/۱۳۳	دریان
۰/۱۳	۰/۱۵	۰/۲۵	۰/۱۲۱	۰/۲۲	۰/۱۳	*۰/۰۵	۰/۱۸	۰/۲۶	۰/۱۱	آذرشهر
*۰/۰۲	۰/۲۶	۰/۳	۰/۱۱	*۰/۰۰۳	۰/۳۴	۰/۱۱	۰/۱۸	*۰/۰۵	۰/۲	سعیدآباد
*۰/۰۱	۰/۳۲	۰/۳۴	۰/۱۲۲	۰/۱	۰/۲	*۰/۰۵	۰/۲۲	۰/۴۳۲	۰/۱	خرمازرد
*۰/۰۵	۰/۲۴	۰/۳۲	۰/۱۲۶	۰/۶۵	۰/۰۵۸	۰/۴۴	۰/۰۹	۰/۴۹	۰/۰۹	کوتر
۰/۵۶	۰/۰۶	۰/۲۱	۰/۱۴	۰/۴۱	۰/۰۹	۰/۲۳	۰/۱۳	۰/۲۳۴	۰/۱۳۸	میرآباد
۰/۱۹۳	۰/۱۶۸	۰/۰۹	۰/۲۱۸	۰/۰۸	۰/۲۲	۰/۱۲	۰/۱۹	۰/۱۰۸	۰/۲	نهند
*۰/۰۰۳	۰/۲	*۰/۰۴	۰/۲	۰/۴	۰/۱	*۰/۰۵	۰/۰۸	*۰/۰۳	۰/۲۷	اشنویه
*۰/۰۵	۰/۲۲	۰/۳۸	۰/۰۹	۰/۹۷	۰/۰۰۳	۰/۸۱۴	۰/۰۲۷	۰/۵۶	۰/۰۶	پل آنیان
۰/۵۹۶	۰/۰۴	۰/۵۹	۰/۰۷	*۰/۰۰۶	۰/۳۸۵	*۰/۰۰۱	۰/۴۵	*۰/۰۳	۰/۲۹	سرو
۰/۶۰۶	۰/۰۵	*۰/۰۴	۰/۲۲	*۰/۰۱	۰/۲۷	*۰/۰۳۸	۰/۲۳۵	*۰/۰۰۵	۰/۳۱۷	پل سنیخ
۰/۱۲	۰/۱۸	۰/۴۱	۰/۰۹	۰/۵۴	۰/۰۷۳	۰/۵۸	۰/۰۶	۰/۶۷	۰/۰۵	سهراب
۰/۱۵۲	۰/۲	*۰/۰۰۶	۰/۳۸	*۰/۰۲	۰/۳۱	*۰/۰۰۲	۰/۴۴	*۰/۰۰۷	۰/۳۷	گلکنی
۰/۷۶	۰/۰۳	*۰/۰۳	۰/۲۳	*۰/۰۱	۰/۲۸	*۰/۰۳۲	۰/۲۳	*۰/۰۰۴	۰/۳۲	زینچناب
*۰/۰۰۵	۰/۳۷	*۰/۰۳	۰/۲۷	۰/۲۶	۰/۱۴	۰/۱	۰/۲۲	*۰/۰۵	۰/۲۵	مغانجیق
*۰/۰۰۴	۰/۱۷	*۰/۰۴	۰/۴۵	۰/۶۸	۰/۱۸	*۰/۰۳	۰/۵۲	*۰/۰۳	۰/۰۵	چراغ ویس
۰/۷۶	۰/۰۳	*۰/۰۳	۰/۲۳	*۰/۰۰۹	۰/۲۸	*۰/۰۳	۰/۲۳	*۰/۰۳	۰/۲۹	جان آقا



شکل ۵- پراکنش مکانی روند دبی سالانه.



شکل ۴- پراکنش مکانی روند بارش سالانه.

تغییرات مکانی روندهای فصلی

تجزیه و تحلیل فصلی دبی و بارش فهم بهتری از تغییرات الگوی زمانی روند دبی و بارش در حوضه آبریز دریاچه اورمیه ارائه خواهد نمود. جداول ۳ و ۴ هرکدام نتایج بررسی روند فصلی را در حوضه نشان می‌دهند.

پاییز - نتایج بدست آمده برای سری زمانی دراز مدت بارندگی فصل پائیز نشان می‌دهد که در هیچ کدام از ایستگاه‌ها روند کاهشی و افزایشی معنی‌داری مشاهده نمی‌شود. برای سری زمانی دبی فصل پائیز ۴۲ درصد ایستگاه‌های مورد مطالعه در سطح معنی‌داری ۵ درصد روند کاهشی نشان می‌دهند.

زمستان - نتایج بدست آمده برای سری زمانی دراز مدت بارندگی فصل زمستان نشان می‌دهد که ۱۲ درصد ایستگاه‌ها در سطح معنی‌داری ۵ درصد دارای روند کاهشی می‌باشند که بیشتر این ایستگاه‌ها در قسمت غرب دریاچه می‌باشند و بقیه ایستگاه‌ها فاقد روند می‌باشند. در مورد سری زمانی دبی فصل زمستان از بین ایستگاه‌های مورد مطالعه ۳۸ درصد

تغییرات مکانی روند سالانه

شکل‌های ۴ و ۵ تغییرات مکانی روند سالانه در ایستگاه‌های بارانسنجی و هیدرومتری مورد مطالعه را نشان می‌دهند. در شکل ۳ از آنجائی‌که ایستگاه‌های بارانسنجی در سطح حوضه پراکنده شده‌اند، برای نشان دادن سطح اثر هر ایستگاه از پلیگون بندی تیسن استفاده گردید و نوع روند هر ایستگاه را به پلیگون مربوط به آن ایستگاه نسبت داده شد. از روی شکل ۳ مشاهده می‌گردد که بارش در بیشتر ایستگاه‌های مورد مطالعه فاقد روند می‌باشد، بطوریکه که از بین ۶۶ ایستگاه مورد مطالعه پنج ایستگاه دارای روند منفی و یک ایستگاه دارای روند مثبت معنی دار و بقیه ایستگاه‌ها فاقد روند معنی دار در سطح ۹۵ درصد می‌باشند. بدین ترتیب می‌توان نتیجه گرفت بارندگی در سطح حوضه مورد مطالعه در مقیاس سالانه در دوره آماری ۳۷ ساله تغییر معنی‌داری نداشته است. ولی مشاهده می‌گردد دبی در بیش از ۶۰ درصد ایستگاه‌های مورد مطالعه دارای روند نزولی (در مقیاس سالیانه) می‌باشد. بطوری‌که از بین ۲۱ ایستگاه مورد مطالعه ۹ ایستگاه فاقد روند و ۱۲ ایستگاه دارای روند نزولی معنی دار می‌باشد.

ایستگاه‌ها در سطح معنی داری ۵ درصد دارای روند کاهشی می‌باشند.

بهار - نتایج بدست آمده برای سری زمانی دراز مدت بارندگی فصل بهار نشان می‌دهد که ۱۹ درصد در سطح معنی‌داری ۵ درصد دارای روند کاهشی می‌باشند. و این کاهش شامل ایستگاه‌هایی می‌شود که بصورت یک کمر بند از شمالغرب تا جنوب شرق حوضه کشیده شده است. برای سری زمانی دبی فصل بهار از بین ایستگاه‌های مورد مطالعه ۴۳ درصد در سطح معنی-داری ۵ درصد دارای روند کاهشی می‌باشند.

تابستان - نتایج بدست آمده برای سری زمانی دراز مدت بارندگی فصل تابستان نشان می‌دهد که ۴۲ درصد ایستگاه‌ها در سطح معنی‌داری ۵ درصد دارای روند افزایشی می‌باشند و این افزایش بیشتر در مناطق شمالی حوضه اتفاق افتاده است. برای سری زمانی دبی فصل تابستان از بین ایستگاه‌های مورد مطالعه ۳۸ درصد ایستگاه‌های مورد مطالعه در سطح معنی‌داری ۵ درصد دارای روند کاهشی می‌باشند.

نمودار فراوانی بزرگی (مقدار عددی) تغییرات سالانه و فصلی بارندگی به صورت نمودار جعبه‌ای در شکل ۵ نشان داده شده است. در این نمودار مشاهده می‌گردد فراوانی بزرگی روند در فصل زمستان و بهار که بیشترین مقدار بارندگی اتفاق می‌افتد، نزولی و در فصل تابستان و پائیز صعودی است. بطور کلی در مقیاس سالانه روند بارش صعودی است، هرچند که از نظر آماری معنی دار نیست.

در نمودار زیر بیشترین تغییرات مربوط به فصل بهار است که دارای روند منفی می‌باشد.

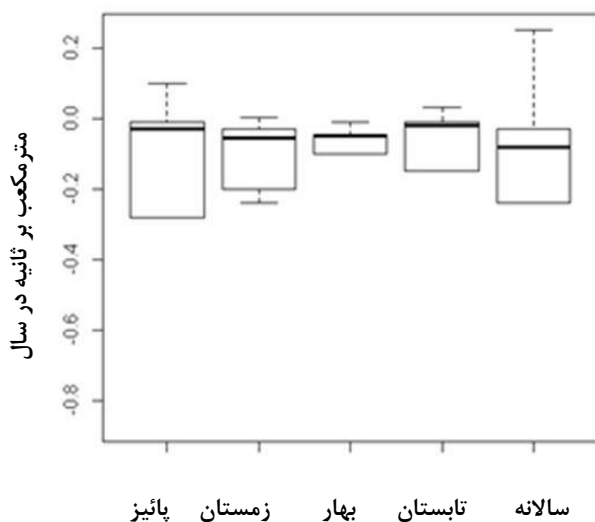
بزرگی تغییرات سالانه و فصلی دبی به صورت نمودار جعبه‌ای در شکل ۶ نشان داده شده است. از این

نمودار مشاهده می‌گردد غالبیت روند در بازه سالانه و فصلی کاهشی می‌باشد.

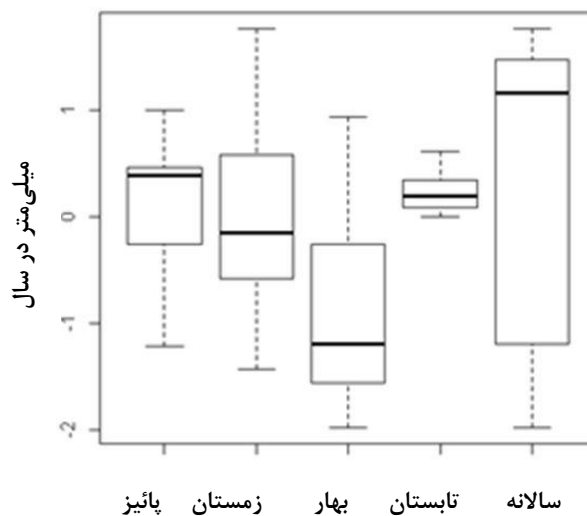
نتیجه گیری کلی

ارزیابی اثرات تغییر اقلیم امری مهم در برنامه ریزی منابع آب بحساب می‌آید (شیخ ۱۳۸۸). در این تحقیق، اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب های سطحی از طریق تعیین روندهای سالانه و فصلی در داده‌های بارندگی و دبی حوضه آبریز دریاچه اورمیه طی چهار دهه اخیر مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. بدین-منظور با بکارگیری داده‌های ۶۶ ایستگاه بارانسنجی و ۲۱ ایستگاه هیدرومتری روند تغییرات داده‌های مزبور با استفاده از آزمون من-کندال بررسی شد.

نتایج بدست آمده توسط این آزمون بر روی داده-های سالانه بارندگی نشان می‌دهد که توزیع مکانی روند بارش در این حوضه از نظم مشخصی تبعیت نمی‌کند. ایستگاه‌های دارای روند تعداد بسیار محدودی هستند و درصد بسیار کمی از حوضه آبریز را شامل می‌شوند. این یافته با نتایج یافته‌های بسیاری از محققان از جمله بختیارمحمدی و همکاران (۱۳۸۹)، رضایی و همکاران (۲۰۰۵)، طیب رضیئی و همکاران (۱۳۸۴) و حجازی‌زاده و پروین (۱۳۸۸) و برخی محققان خارجی همچون ترکیش (۱۹۹۶) و راموس (۲۰۰۱) که معنی‌داری روند بارش سالانه در منطقه مدیترانه را بررسی کردند، مولنار و رامیز (۲۰۰۱) و ماندال و همکاران (۲۰۱۲) همخوانی دارد. همین‌طور در مقیاس فصلی نیز نظم خاصی بر روی توزیع مکانی روند بارندگی مشاهده نمی‌گردد. بررسی فصلی نشان داد بارندگی بیشتر در فصول زمستان و بهار روند منفی‌تری نسبت به بقیه فصول دارد.



شکل ۷- نمودار جعبه‌ای بزرگی تغییرات روند دبی



شکل ۶- نمودار جعبه‌ای بزرگی تغییرات روند بارش

نتایج تحلیل صورت گرفته توسط آزمون من - کندال بر روی داده‌های دبی سالانه نشان می‌دهد، دبی تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه در چهار دهه اخیر روند کاهشی داشته اما این کاهش فقط در ۲۸ درصد از ایستگاه‌ها معنی دار است و بقیه ایستگاه‌ها کاهش نامحسوسی داشته‌اند. این یافته با نتایج بسیاری از محققان داخلی و خارجی از جمله: میرعباسی و دین پژوه (۱۳۸۸)، شیخ و همکاران (۱۳۸۹)، معروفی و طبری (۱۳۹۰)، زیونگ گیو (۲۰۰۴) و لورنزو و همکاران (۲۰۱۰) همسو می‌باشد.

ایستگاه‌های هیدرومتری انتخاب شده برای این مطالعه در بالادست سدهای احداث شده قرار داشتند. بنابراین عامل کاهش دبی در این ایستگاه‌ها را نمی‌توان احداث سدها و مدیریت منابع آب آن‌ها نسبت داد. از دلایل کاهش آبدی رودخانه‌ها می‌توان تغییرات نظم زمانی بارندگی در فصول مختلف، افزایش متوسط درجه حرارت که موجب افزایش تبخیر و تعرق گردیده و همچنین تغییر کاربری اراضی اشاره نمود. بطوری‌که در چهار دهه اخیر اراضی بسیاری از کاربری مرتعی به کاربری کشاورزی تبدیل شده است و با توجه به افزایش مصرف میزان آب در کاربری کشاورزی

بارندگی در فصل زمستان بیشتر بصورت برف می‌باشد و در بهار و تابستان نیز ذوب برف موجب آبدی بیشتر رودخانه‌ها می‌گردد، نتیجه کاهش بارش در فصل زمستان باعث کاهش دبی رودخانه‌ها گردیده است. با توجه به این که اکثر بارش‌های منطقه در فصول زمستان و بهار اتفاق می‌افتد و جریان پایه رودخانه‌ها را تنظیم می‌کنند، روند نزولی بارش در تعداد قابل ملاحظه‌ای از ایستگاه‌ها در این فصول می‌تواند اثرات چشمگیری در کاهش آبدی رودخانه‌ها داشته باشد. در فصل تابستان در تمام ایستگاه‌ها روند بارش افزایش یافته است اما این افزایش در تعداد کمی از ایستگاه‌ها معنی دار می‌باشد. با توجه به اینکه اکثر بارش‌های تابستانه بصورت رگبارهای کوتاه و شدید اتفاق می‌افتد و تلفات بارش از طریق تبخیر و تعرق نیز بالاست نمی‌توان انتظار داشت که این افزایش در مقدار بارش تابستانه باعث افزایش آبدی رودخانه گردد. بطور کلی، در تحقیق حاضر مشاهده می‌گردد نظم تغییرات بارش بصورتی است که موجب کاهش بارندگی در فصول سرد و پر باران و افزایش آن در فصول گرم و کم باران گردیده است.

میزان بهره‌برداری از این گونه آب‌ها باعث کاهش سطح ایستابی در سفره‌های زیرزمینی گردیده است، بخشی از این کمبود توسط دبی پایه رودخانه‌ها تأمین می‌شود که خود باعث کاهش در دبی منتهی به دریاچه می‌شود.

احداث سد علاوه بر کاهش میزان آب ورودی به دریاچه میزان آب بیشتری را از راه تبخیر از دست می‌دهد. تغییر کاربری اراضی از یک سو باعث افزایش مصرف آب از جریان‌های سطحی و سفره‌های زیرزمینی می‌گردد و از سوی دیگر باعث افزایش میزان تبخیر و تعرق می‌گردد.

لازم به ذکر است وجود برخی صنایع از جمله ذوب آهن و صنایع وابسته به فولاد همچنان وجود برخی معادن که حجم آب مصرفی بالایی دارند و آب مورد نیاز خود را معمولاً از رودخانه‌های جاری و یا چاه‌های عمیق استحصال می‌کنند موجب کاهش دبی رودخانه‌ها می‌گردند. که با توجه به محدودیت‌های موجود در این تحقیق از ذکر آنها خودداری گردیده است.

و همین‌طور افزایش تبخیر و تعرق، میزان تلفات آب افزایش پیدا کرده است و میزان حجم جریان‌های رودخانه‌ها کاهش پیدا کرده است.

آب دریاچه اورمیه توسط رودخانه‌های منتهی به دریاچه و بارندگی بر روی آن تغذیه می‌گردد. در مطالعه صورت گرفته مشخص گردید هرچند در مقیاس سالانه کمیت بارش تغییری نکرده است، اما تغییر زمانی بارش یکی از دلایل محکمی می‌تواند بر میزان افت تراز آب دریاچه باشد. همان‌طور که گفته شد کاهش بارندگی در فصل زمستان باعث کاهش آبدهی رودخانه‌ها گردیده است. علاوه بر نوسانات فصلی بارش میزان دبی نیز افت شدیدی را در دوره مورد مطالعه نشان می‌دهد، که خود این نیز دلیل محکمی بر افت تراز آب دریاچه می‌باشد.

آب‌های زیرزمینی از جمله آب‌هایی هستند که با هزینه نسبتاً اندک در بیشتر مناطق قابل دسترسی می‌باشند و کنترل کمتری بر روی این‌گونه منابع صورت می‌گیرد. از اینرو افزایش در

منابع مورد استفاده

- anonymous, 2015. Annual Australian Climate Statement 2015. <http://www.bom.gov.au/announcements-media-releases-climate-change>.
- Carbajal LR, Pellicciotti F and Molnar P. 1993. Analysis of Hydro-climatic Trends in the Aconcagua River Basin, central Chile. Institute of Environmental Engineering, Ethz Zurich, CH-8093, Switzerland.
- Fathian F, Morid S and Kahya E, 2015. Identification of trend in hydrological and climatic variables in Urmia lake basin, Iran. *Theoretical and Applied Climatology* 119(3-4): 443-464.
- Fujihara Y, Tanaka K, Watanabe T, Nagano T and Kojiri T 2008. Assessing the impacts of climate change on the water resources of the Seyhan River Basin in Turkey. *Water Resources Management* 21(3):533-556
- Ghezel Seflo M, Dinpashoh Y, Ghorbani M and Fakheri Far A, 2011. Analysis of rivers flow time trend in East Azarbaijan province. *Journal of Irrigation Science and Engineering* 35(4):59-73. (In Persian)
- Jones R, McMahon TA and Bowler JM, 2001. Modeling historical lakes levels and recent climate change at three lakes Western Victoria Australia. *Journal of Hydrology* 246: 159-180.
- Kelt K and Sharabi M, 1986. Holocene sedimentology of hypersaline Lake Urmia northwestern Iran. *Paleogeography Journal* 54: 105-130.
- Kendall MG, 1975. Rank Correlation Methods. Griffinco, London.
- Lak R, Mohamadi A and Darvish Khatoni J, 2011. Cases of decreasing of the Urmia Lake level paleology studies. *Journal of Geotechnical Geology* 4:243-258.

- Mann HB, 1945. Nonparametric tests against trend. *Econometrical* 13: 245–259.
- Mirabbasi Najafabadi R and Dinpashoh Y, 2010. Trend analysis of streamflow across the North West of Iran in recent three decades. *Journal of Water and Soil* 24(4): 758-768. (In Persian)
- Mitchell JM, Dzerdzeevskii B, Flohn H, Hoftneyer WL, Lamb HH, Rao KN and Wallen CC, 1966. Climatic Change WMO Technical. World Meteorological Organization No. 79.
- Neff BP and Nicholas JR, 2005. Uncertainty in the Great Lakes water balance. Scientific Investigation Report 2004-5100 US Geological Survey Lansing MI No. 42.
- Nik Ghojagh Y and Yarmohamadi M, 2008. Assessment climate change and survey its impacts on flow streams resources in Ziarat of Golestan Province. 3rd Iran Water Resources Management Conference Tabriz University. (In Persian)
- Salehi Pour Milani A, Darvish Khatoni J and Mohamadi A, 2011. Survey of Fluctuations level of Urmia Lake from 1976 to 2011. Geological Organization. (In Persian)
- Shahrokhvandy SM, Lashtivand M and khakpuor M, 2008. Hydrological drought investigation and its relationship with precipitation in Khoram Abad River Basin. *Water and Soil Science – University of Tabriz* 27(2): 1-15. (In Persian)
- Sheikh V and bahrehmand A, 2009. Investigation of the hydrological processes in the Atrak Basin. Report of research project. Gorgan University of Agriculture & Natural Reassure Science. (In Persian)
- Sheikh V, Bahrehmand A, Moshakhian Y, 2011. Comparison of hydrological variable trend by non-parametric test in the Atrak Basin. *Journal of Soil & Water Conservation*. 18(2): 1-21. (In Persian)
- Vincent-Serrano SM, and Lopez-Moreno JI, 2005. Hydrological response to different time scales of climatological drought: an evaluation of the Standardized Precipitation Index in a mountainous Mediterranean basin. *Hydrology and Earth System Sciences* 9: 523-533.
- Werritty A, 2002. Living with uncertainty: Climate change river flows and water resource management in Scotland. *The Science of the Total Environment* 1-3:29-40.
- Wu K and Johnston CA, 2007. Hydrological response to climatic variability in the Great Lakes watershed: a case study with the SWAT model. *Journal of Hydrology* 337: 187-199.
- Xu CY, 2000. Modelling the effects of climate change on water resources in Central Sweden. *Water Resources Management* 14:177-189.
- Yar ahmadi D, 2014. Hydro climatology analysis of water level fluctuations in Urmia Lake. *Physical Geography Research Quarterly* 46(1): 13-25. (In Persian)