

تأثیر پدیده انسو بر تغییرپذیری منابع آب‌های سطحی استان همدان

حمید زارع ایبانه*

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۲/۱۲ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۱/۰۵

دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان

*مسئول مکاتبات. پست الکترونیکی: zareabyaneh@gmail.com

چکیده

بررسی عوامل موثر بر جریان‌های رودخانه‌ای در مطالعات منابع آب از اهمیت بسزایی برخوردار است. در این راستا تأثیر پدیده‌های بزرگ مقیاس آب و هوایی بر جریان‌های رودخانه‌ای و مطالعه تغییرات درون‌سالی آن با پدیده انسو در سال‌های اخیر مورد توجه پژوهشگران بوده است. در این مطالعه تأثیر پدیده انسو بر مقدار جریان‌های رودخانه‌ای ۱۴ ایستگاه آب‌سنجی منطقه همدان با استفاده از دو شاخص TNI و MEI بررسی گردید. نتایج نشان داد که مقادیر جریان‌های رودخانه‌ای کلیه ایستگاه‌های آب‌سنجی مورد مطالعه نسبت به پدیده انسو عکس‌العمل متفاوتی از هم نشان می‌دهند. نتایج حاکی از تأثیرپذیری تغییرات جریان ۱۱ ماه از سال‌های مورد مطالعه با شاخص TNI و به‌طور متناظر ۱۰ ماه از سال‌های مورد مطالعه با شاخص MEI ، از پدیده انسو بود. بررسی درصد تراکم یا درصد وقوع فاز لاینیای شاخص‌های انسو در سطح کل منطقه نشان داد که به‌ترتیب در ۶۴/۱۲ درصد از موارد، فاز لاینیای شاخص‌های TNI و MEI غالب بوده‌اند. همچنین برآزش مدل رگرسیونی بر داده‌های مقدار جریان ایستگاه‌های آب‌سنجی و شاخص‌های انسو نشان داد که شاخص TNI حدود ۷۵ درصد از تغییرات جریان منطقه مورد مطالعه را توصیف می‌کند. درحالی‌که شاخص MEI ، فقط قادر به توجیه حدود ۵۱ درصد از تغییرات جریان بود. در حالت کلی می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از شاخص TNI برای توجیه تغییرات جریان ماهانه رودخانه‌های استان همدان مناسب‌تر از شاخص MEI می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: انسو، جریان رودخانه، شاخص MEI ، شاخص TNI

Effect of ENSO Phenomenon on Variability of Surface Water Resources in Hamedan Province

H Zare Abianeh*

Received: 2 March 2013, Accepted: 25 January 2014

¹-Assoc. Prof., Dept. of Irrig. Eng., Faculty of Agric., Bu-Ali Sina Univ., Hamedan, Iran.

* Corresponding Author Email : zareabyaneh@gmail.com

Abstract

Investigation of the factors affecting streamflow is of great importance in water resources studies. In recent years, the impacts of large-scale climatic phenomena on river discharges and study of their variations via ENSO phenomenon have been noticed by many researchers. In this study, the influence of ENSO events on stream flow rates of 14 hydrometric stations were studied in Hamadan region using the indices of *TNI* and *MEI*. The results showed that the amounts of streamflows in the all hydrometric stations had different reactions to the ENSO phenomenon. The obtained results on the bases of the *TNI* and *MEI* indices, confirmed the variability of the streamflows from the Enso phenomenon in 11 and 10 months of the studied years, respectively. Investigation of density or percentage of the occurrence of the La Nina phases of the ENSO's indices in the studied area showed that in 64.12 and 43.89 percents of the cases, the La Nina phase of *TNI* and *MEI* indices were dominant, respectively. Also fitting a regression model to streamflow discharges in the hydrometric stations and ENSO indices showed that about 75 percent of the discharge variations could be expressed by the *TNI* index in the study region, while the *MEI* index could express about 51 percent of these variations. In general, it can be concluded that using the *TNI* index to express the monthly streamflow variations in Hamedan province is more suitable than the *MEI* index.

Keywords: ENSO, *MEI* index, River flow, *TNI* index

مقدمه

الگوی پیوند از دور، معیارهایی می‌باشند که قادر به نشان دادن تغییرات هوا کره و زمین کره هستند. این‌گونه شاخص‌ها، توان یک الگوی پیوند از دور رخ داده در یک ناحیه مشخص را در تغییرات ناحیه‌ای دورتر بیان می‌دارند. کیدسون (۱۹۹۴) تاثیرگذاری سیگنال‌های بزرگ مقیاس آب و هوایی بر پارامترهای

رودخانه یکی از سیستم‌های هیدرولوژیکی است که مقدار جریان آن‌ها در طول زمان و مکان، به‌طور پیوسته در حال تغییر است. عوامل متعددی نظیر تغییرات آب و هوایی و سیگنال‌های بزرگ مقیاس آب و هوایی بر آبدهی رودخانه‌ها موثر هستند. شاخص‌های

جریان رودخانه‌های ایالت واشنگتن آمریکا با شاخص‌های آب و هوایی^۵ SST و PDO برای سه ماه آوریل، مه و ژوئن گزارش گردید. تاثیر شاخص آب و هوایی NAO بر کاهش جریان رودخانه‌ای دجله و فرات و مناطق اطراف این دو رودخانه در ناحیه خاورمیانه توسط کالان و منوکال (۲۰۰۰) صورت گرفت. پژوهش‌های آنان نشان داد ضریب همبستگی بین جریان دو رودخانه دجله و فرات با شاخص NAO معادل ۰/۱۸- بود که حاکی از همبستگی ضعیف جریان‌های رودخانه‌ای کشور عراق با شاخص فوق می‌باشد. کاهیا و کارابورک (۲۰۰۱) در مطالعات خود نشان دادند که در بعضی از مناطق کشور ترکیه مانند شمال غربی و شرق آناتولیا واکنش قوی بین وقوع پدیده انسو و دبی رودخانه‌ها وجود دارد. همبستگی دبی با برخی شاخص‌های آب و هوایی در مطالعه کانلی (۲۰۰۱) نشان داد که ارتباط شاخص SST با آورد رودخانه در ماه‌های آوریل تا ژوئیه بیش از شاخص‌های دیگر است. تحلیل طیفی تاثیر انسو بر آورد رودخانه زاینده‌رود توسط کارآموز و حق نگهدار (۱۳۸۲) بیانگر افزایش مقدار جریان در فاز النینو و کاهش مقدار جریان در فاز لانینا است. نتایج مطالعات کارآموز و زهرایی (۲۰۰۴) نشان داد که بین سیگنال‌های بزرگ مقیاس آب و هوایی و جریان رودخانه سالت در ایالت آریزونا ارتباط تنگاتنگی وجود دارد. تاثیر شاخص‌های آب و هوایی بر جریان‌های رودخانه‌های منتهی به دریاچه ارومیه توسط فاتحی مرچ و همکاران (۱۳۸۵) مورد بررسی قرار گرفت. به-طوری‌که جریان فصل بهار اکثر رودخانه‌های منطقه متاثر از فاز منفی شاخص نوسانات جنوبی^۶ (SOI) و فازهای مثبت شاخص‌های PDO و NAO بود. مطالعه تاثیرپذیری دبی رودخانه‌های استان فارس از پدیده انسو توسط ناظم‌السادات و همکاران (۱۳۸۵) نشان داد که وقوع فاز النینو غالباً موجب افزایش آبدهی رودخانه‌ها می‌گردد. همچنین وقوع فاز لانینا افزایش

مختلف جوی را گزارش کرد. عظیمی و همکاران (۱۳۸۹) در مطالعه‌ای مشابه، شکل‌گیری این‌گونه سیگنال‌ها در محدوده‌های مکانی مشخصی از جهان و اثرگذاری آن‌ها را در مکان‌های دور دست تایید نمودند. در همین راستا مواردی از رابطه بین جریان‌های رودخانه‌ای با عوامل بزرگ مقیاس آب و هوایی در قالب الگوهای پیوند از دور گزارش شده است (فاتحی مرچ و همکاران ۱۳۸۵). پدیده انسو^۱ (ENSO)، نوسانات دهه‌ای اقیانوس آرام^۲ (PDO) و نوسانات اطلس شمالی^۳ (NAO) از جمله پدیده‌های بزرگ مقیاس آب و هوایی هستند که بر مقدار جریان‌های رودخانه‌ای تاثیر دارند. بررسی تاثیرپذیری مقدار جریان رودخانه‌ای از عوامل بزرگ مقیاس آب و هوایی، پیچیده بوده و نیازمند آمار و اطلاعات دقیق و طولانی‌مدت است. بررسی ارتباط بین پدیده‌های آب و هوایی و جریان‌های رودخانه‌ای برای تصمیم‌گیری مدیران و برنامه‌ریزان جهت مدیریت زمانی و مکانی سیستم‌های منابع آب امری لازم است (سالاس و همکاران ۱۹۸۲). ضمن آن‌که درست بودن پیش‌بینی‌ها، به اجرای سیاست‌های صحیح بهره‌برداری از منابع آب کمک می‌نماید (فاتحی و همکاران ۱۳۸۸). امروزه وجود امکانات فراوان رایانه‌ای، بانک‌های اطلاعاتی الگوهای بزرگ مقیاس آب و هوایی و ثبت اطلاعات محلی، کمک می‌نماید تا تاثیرپذیری جریان‌های سطحی یک ناحیه مشخص از پدیده انسو، مطالعه و تحلیل شود (معمودی و همکاران ۱۳۸۶). رینولدز و همکاران (۱۹۹۸) نشان دادند که وقوع پدیده النینو در طول فصل سرد در جنوب غرب ایالات متحده آمریکا موجب افزایش آبدهی رودخانه‌ها و در شمال غرب این کشور سبب کم‌شدن آبدهی رودخانه‌ها می‌شود. فری‌آس و همکاران (۲۰۰۵) تغییرات سالانه جریان در رودخانه‌های شمال و جنوب شبه جزیره ایبری را به‌ترتیب با شاخص آب و هوایی NAO و شاخص نوسان قطبی^۴ (AO) مرتبط دانسته-اند. در مطالعات آمس (۱۹۹۸) همبستگی قوی بین

¹ ElNino Southern Oscillation

² Pacific Decadal Oscillation

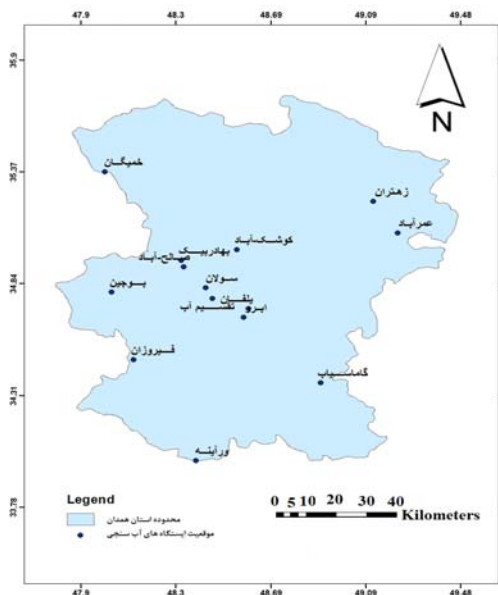
³ North Atlantic Oscillation

⁴ Arctic Oscillation

⁵ Sea Surface Temperature

⁶ Southern Oscillation Index

دیرینه‌ای دارد. شناخت رابطه منابع آب با عوامل آب و هوایی بزرگ مقیاس به دلیل وابستگی کشت و کار محصولات کشاورزی به آب و درآمدزایی بخش کشاورزی به واسطه عدم وجود طرح‌های بزرگ اقتصادی در منطقه اهمیت دارد. در این پژوهش دو سری داده پایه شامل داده‌های ماهانه مقدار جریان (دبی) و داده‌های ماهانه دو شاخص تکاملی النینو^۲ (TNI) با ساختاری دمایی و شاخص چند متغیره انسو^۳ (MEI) با ساختاری ترکیبی به دلیل توانمندی در آشکارسازی تغییرات برخی عوامل آب و هوایی مانند تعداد روزهای بارانی و تغییرات دمای هوا جهت تجزیه و تحلیل‌ها به کار گرفته شد (زارع ایبانه و بیات و رکشی ۱۳۹۱، خورشیددوست و قویدل ۱۳۸۵). سری اول داده‌ها مقادیر دبی ماهانه ۱۴ ایستگاه آب‌سنجی مناطق مختلف استان بود که از شرکت آب منطقه‌ای استان تهیه گردید (شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت ایستگاه‌های آب‌سنجی مورد مطالعه در استان همدان

مطابق شکل ۱ در شهرستان همدان اطلاعات ایستگاه‌های ابرو، سولان، تقسیم آب و یلفان، برای شهرستان بهار اطلاعات ایستگاه‌های بهادریگ، صالح-

آبدی در ماه‌های فصل زمستان و کاهش دبی در سایر ماه‌های سال را به دنبال دارد. بررسی‌های توتله و پیه-چتا (۲۰۰۴) در کالیفرنیا شرقی نشان داد که شاخص‌های SOI، PDO، NAO و SST قابلیت پیش‌بینی جریان تابستانه رودخانه آپرتروکی را دارند. سوکاپ و همکاران (۲۰۰۹) از داده‌های دمای سطح آب اقیانوس اطلس و ارتفاع فشار ۵۰۰ میلی‌بار در ترکیب با سه شاخص انسو، PDO و مادون جولای^۱ (MJO) موفق به افزایش دقت پیش‌بینی آورد رودخانه‌ای واقع در شمال مرکزی ایالت کلرادو شدند. عظیمی و همکاران (۱۳۸۹) از شاخص‌های انسو، PDO و NAO و آمار بارندگی در سطح سه ایستگاه تله‌زنگ، تنگ پنج‌سزار و تنگ پنج بختیاری از حوضه‌های آبریز دز موفق به پیش‌بینی ۴۶ تا ۶۶ درصدی تغییرات حجم آورد رودخانه شدند.

بررسی منابع نشان می‌دهند که ارتباط بین جریان‌های رودخانه‌ای با پدیده‌های آب و هوایی در مناطق مختلفی از جهان به اثبات رسیده است. محققین با مبنا قرار دادن شاخص‌های آب و هوایی به صورت مستقل یا در کنار برخی متغیرهای زمینی به مطالعه ارتباط بین این شاخص‌ها با جریان‌های سطحی پرداخته‌اند (ابریشمچی و همکاران ۱۳۸۴). آشکارسازی ارتباط سیگنال‌های بزرگ مقیاس جوی با جریان‌های رودخانه‌ای یکی از زمینه‌های مورد علاقه پژوهشگران در سطوح مختلف محلی، منطقه‌ای و جهانی است. از این رو هدف این مطالعه آشکارسازی ارتباط پدیده انسو با جریان رودخانه‌های مختلف استان همدان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

استان همدان به عنوان منطقه مورد مطالعه و بخشی از منطقه غرب ایران در محدوده ۳۳° ۵۹' تا ۴۸° ۳۵' عرض شمالی و ۴۷° ۳۴' تا ۴۹° ۳۶' طول شرقی، متأثر از سیستم‌های آب و هوایی عرض‌های میانه، به ویژه سیستم بادهای غربی است. این استان به علت داشتن آب و هوای مناسب در کشت برخی محصولات زراعی نظیر گندم، جو، سیب‌زمینی و سیر سابقه

^۲ Trans Nino Index

^۳ Multivariate ENSO Index

^۱ Madden Julian Oscillation

محاسبه‌های آماده‌سازی داده‌ها و محاسبه‌های آماری به‌ترتیب در نرم‌افزار Minitab و SPSS و رسم اشکال در نرم‌افزار Excel انجام گرفت. در این مطالعه برای بررسی ارتباط بین شاخص‌های انسو و جریان رودخانه‌ای در ایستگاه‌های آب‌سنجی روش همبستگی به‌کار گرفته شد (فولر و کیلسبی ۲۰۰۲). تاثیر پدیده انسو بر جریان رودخانه‌ای، طی دو مرحله الف) تعیین تعداد ایستگاه‌های دارای همبستگی‌های معنی‌دار ماهانه در منطقه و ب) تعیین مقدار جریان ماهانه هر ایستگاه به‌تفکیک فازهای لائینا و النینوی هر دو شاخص صورت گرفت. شیوه محاسبه تعیین تعداد ایستگاه‌های دارای همبستگی‌های معنی‌دار با شاخص‌های انسو به این شکل بود که با محاسبه ضریب همبستگی پیرسون در مقیاس ماهانه بین سری زمانی جریان و سری زمانی انسو، تعداد همبستگی‌های با سطح معنی‌داری پنج درصد و بالاتر شمارش و در قالب جدولی برای منطقه ارائه گردید. از آنجاکه ممکن است نتایج تعیین رابطه همبستگی مقدار جریان با مقدار شاخص‌های انسو در حالت کلی متفاوت از میزان تاثیر فازهای مختلف انسو بر مقدار جریان باشد، لذا تحلیل‌ها بر روی میانگین مقدار جریان ماهانه هر یک از ایستگاه‌ها در دو فاز النینو و لائینا متمرکز شد. به‌منظور بررسی تاثیرگذاری پدیده انسو بر مقدار جریان رودخانه‌ای، ابتدا فازهای مثبت (النینو) و منفی (لائینا) شاخص‌های انسو براساس روش ترنبس (۱۹۹۷) تعیین شد. در روش ترنبس مقادیر منفی هر یک از شاخص‌ها به‌عنوان فاز سرد انسو یا لائینا و مقادیر مثبت آن بیان‌کننده فاز گرم انسو یا النینو است. لذا مقادیر شاخص‌های انسو به‌صورت صعودی مرتب و مقادیر متناظر جریان نیز با مقادیر شاخص‌های انسو جابجا شدند. عملیات فوق برای هر دو شاخص *TNI* و *MEI* در تمامی ایستگاه‌های آب‌سنجی تکرار گردید. سپس میانگین مقدار جریان هر ماه از سال در فازهای منفی و مثبت به تفکیک هر ایستگاه به‌دست آمد. میانگین مقدار ماهانه جریان هر فاز در مقابل ماه‌های سال، به‌صورت نمودار ستونی ترسیم شد. برای این منظور میانگین مقدار جریان هر ماه در محور عمودی و ماه‌های سال در

آباد و کوشک‌آباد، برای شهرستان کبودرآهنگ داده‌های ایستگاه خمیگان، برای شهرستان فامنین از ایستگاه‌های زهران و عمرآباد، برای شهرستان نهاوند از اطلاعات ایستگاه‌های فیروزان، ورآئینه و گاماسیاب و برای شهرستان اسدآباد از داده‌های ایستگاه بوجین استفاده شد. طول دوره آماری داده‌های تمامی ایستگاه‌های آب‌سنجی از مهر ۱۳۴۶ تا مهر ۱۳۸۸ و برای ایستگاه آب‌سنجی ابرو از مهر ۱۳۵۹ الی مهر ۱۳۸۸ بود. بدین ترتیب با احتساب ۱۲ ماه سال و ۱۴ ایستگاه آب‌سنجی، تعداد ۳۴۸ داده ماهانه مقدار جریان از ایستگاه ابرو، ۶۵۵۲ داده در سایر ایستگاه‌ها و به‌صورت متناظر همین تعداد داده برای هر یک از دو شاخص انسو مورد بررسی قرار گرفت. طول دوره آماری مناسب و تعداد ایستگاه کافی موجب دقت و اعتبار بیشتر نتایج می‌گردد. سری دوم داده‌ها، اطلاعات ماهانه مربوط به دو شاخص *TNI* و *MEI* برای دوره زمانی مشترک با داده‌های دبی بود که از آرشیو الکترونیکی سازمان هواشناسی استرالیا^۱ و آرشیو مرکز تشخیص آب و هوایی آمریکا^۲ (CDC) دریافت گردید. از آنجایی‌که داده‌های فوق بر حسب ماه‌های میلادی هستند، از این‌رو برای یکسان‌سازی، داده‌های مربوط به ایستگاه‌های آب‌سنجی نیز به تقویم میلادی تغییر و متناظر با داده‌های انسو مرتب شدند. برای آماده‌سازی اولیه داده‌های جریان، ۱۲ ستون به‌تفکیک ماه‌های مورد مطالعه در محیط نرم‌افزار SPSS، ایجاد شد. به‌همین ترتیب ۲۴ ستون دیگر شامل ۱۲ ستون مقادیر ماهانه شاخص *MEI* و ۱۲ ستون مقادیر ماهانه *TNI* نیز متناظر با مقادیر ماهانه جریان در ردیف‌هایی به تعداد سال‌های مورد مطالعه ایجاد شد. آماده‌سازی داده‌ها به‌شیوه فوق برای تمامی ۱۴ ایستگاه آب‌سنجی انجام و در مجموع ۱۴ ماتریس ۳۶ ستونه شکل گرفت. سپس برای سنجش همگنی داده‌ها از آزمون جرم مضاعف^۳ و نرمال بودن داده‌ها از آزمون ران^۴ استفاده شد. کلیه

¹ [Http://www.bom.gov.au/index.shtm](http://www.bom.gov.au/index.shtm)

² Climate Diagnostics Center

³ Double Mass

⁴ Run Test

مقدار ماهانه جریان برآوردی از مدل رگرسیونی (مترمکعب بر ثانیه) و n تعداد داده‌ها می‌باشد. این شاخص‌ها مبین متوسطی از خطای عملکرد مدل‌های پیشنهادی هستند. r میزان درجه همبستگی بین مقادیر جریان برآوردی با مقادیر جریان مشاهداتی را نشان می‌دهد. بدیهی است هر چه این مقدار به عدد یک نزدیک‌تر باشد مناسب‌تر خواهد بود. لیکن در شرایط بروز روند یکنواختی از اشتباهات، معیار r به‌تنهایی ارزیابی خوبی از فرآیند مدل‌سازی ندارد. لذا معیار RMSE (که نشان‌دهنده دقت مدل به‌صورت بیش-برآورد یا کم برآورد است) مورد استفاده قرار گرفت. این معیار براساس تفاضل بین مقادیر مشاهداتی و مقادیر برآوردی است. مقدار RMSE در حالت ایده‌آل باید صفر باشد و هرچه جواب به‌دست آمده به صفر نزدیک‌تر باشد، دقت مدل بالاتر خواهد بود.

نتایج و بحث

برای تبیین ارتباط تغییرات ماهانه جریان رودخانه‌ای با پدیده انسو از معیار همبستگی پیرسون استفاده شد. برای این منظور مقایسه هم‌زمان بین مقادیر میانگین دبی ماهانه رودخانه‌های استان با دو شاخص MEI و TNI صورت گرفت. نتایج این قسمت از کار به‌صورت تعداد ایستگاه‌های دارای همبستگی معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد و بالاتر به تفکیک هر ماه در جدول ۱ ارائه شده است.

محور افقی (به تفکیک دو فاز از شاخص انسو) قرار گرفت. آن‌گاه فاز متناظر با حداکثر مقدار جریان در هر یک از ماه‌ها برای هر ایستگاه آب‌سنجی به‌عنوان فاز غالب تاثیرگذار بر جریان‌های ایستگاهی منظور گردید. به‌عبارت دیگر، بیشتر بودن مقدار جریان در هر یک از فازها، نشان‌دهنده غالبیت فاز مربوطه و تاثیرپذیری جریان ماهانه از فاز غالب است. در تایید تاثیرپذیری جریان رودخانه‌ای از فاز غالب، درصد سال‌های وقوع جریان در فازهای مثبت و منفی هر شاخص در سطح هر ایستگاه آب‌سنجی محاسبه و نتیجه به‌صورت جدول درصد تراکم سال‌های وقوع فاز غالب ارائه گردید.

از آنجاکه جریان رودخانه‌ای می‌تواند متاثر از تغییرات شاخص‌های انسو باشد لذا کمی‌سازی آن در قالب مدل‌های تخمین‌گر جریان رودخانه‌ای ضروری است. بدین منظور با ترسیم میانگین مقادیر ماهانه جریان در مقابل میانگین مقادیر هر یک از دو شاخص انسو در قالب مدل رگرسیونی خطی به‌صورت $Q = a + b MEI$ و $Q = a + b TNI$ مناسب بودن هر یک از آن‌ها ارزیابی گردید. نزدیک بودن ضریب a (عرض از مبدا) به صفر و ضریب b (شیب خط) به یک، نشان‌دهنده مطلوبیت مدل است (زارع ابیانه و همکاران ۱۳۸۹). این روش، میزان عددی عامل وابسته را به‌کمک داده‌های عامل مستقل نشان می‌دهد (تریگو و همکاران ۲۰۰۲، شریدان ۲۰۰۳). علاوه بر آن برای نشان دادن دقت مدل‌های رگرسیونی پیشنهادی از دو معیار ضریب همبستگی^۱ (r) و جذر میانگین مربعات خطا^۲ (RMSE) طبق معادلات ۱ و ۲ استفاده گردید.

$$r = \left(\frac{\sum_{i=1}^n [Q_i(obs) - \bar{Q}(obs)] \times \sum_{i=1}^n [Q_i(obs) - Q(est)]}{\sum_{i=1}^n [Q_i(obs) - \bar{Q}(obs)]^2} \right)^{0.5} \quad [1]$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [Q_i(obs) - Q(est)]^2} \quad [2]$$

در رابطه فوق $Q_i(obs)$ مقدار ماهانه جریان مشاهداتی (مترمکعب بر ثانیه)، $\bar{Q}(obs)$ میانگین مقدار ماهانه جریان مشاهداتی (مترمکعب بر ثانیه)، $Q(est)$

¹ Coefficient of Correlation

² Root Mean Square Error

جدول ۱- تعداد ایستگاه‌های دارای همبستگی معنی‌دار همزمان جریان رودخانه‌ای با *TNI* و *MEI*

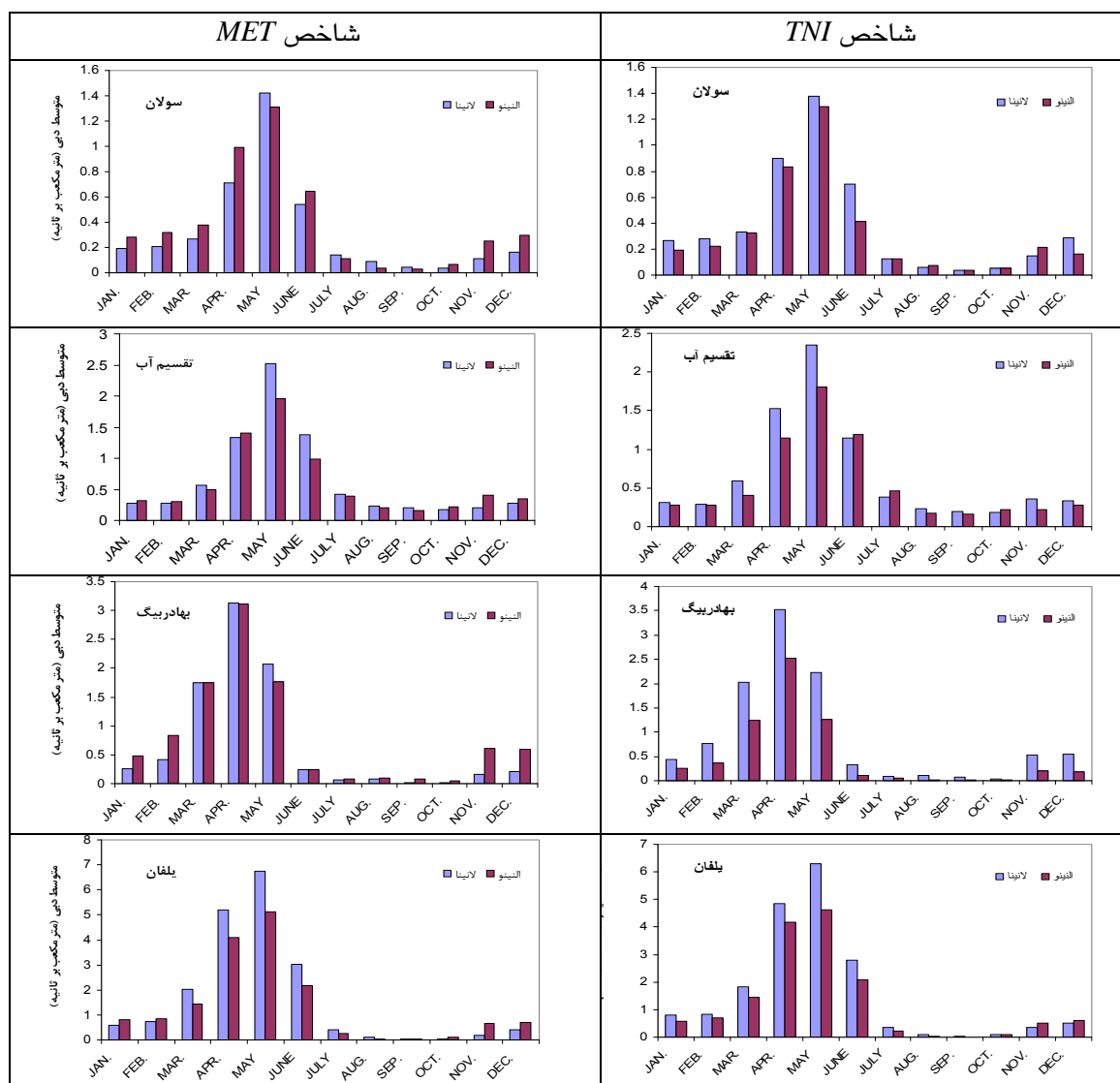
شاخص	ماه	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	مجموع
<i>TNI</i>	JAN	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	۶
<i>MEI</i>	JAN	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	۶
<i>TNI</i>	FEB	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۲	۲	۲	۱	۱	۱	۱۵
<i>MEI</i>	FEB	۱	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	۱۵
<i>TNI</i>	MAR	۲	۳	۲	۲	۱	۱	۱	۱	۱	۱	---	---	۱۸
<i>MEI</i>	MAR	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	۷
<i>TNI</i>	APR	۳	۳	۲	۲	۲	---	---	---	---	---	---	---	۱۴
<i>MEI</i>	APR	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	---	۱۳
<i>TNI</i>	MAY	۲	۲	۳	۳	۱	---	---	---	---	---	---	---	۱۲
<i>MEI</i>	MAY	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>TNI</i>	JUNE	۵	۵	۵	۵	۲	۱	---	---	---	---	---	---	۲۴
<i>MEI</i>	JUNE	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	۴
<i>TNI</i>	JULY	۲	۲	۲	۲	۱	---	---	---	---	---	---	---	۹
<i>MEI</i>	JULY	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	۹
<i>TNI</i>	AUG	۱	۱	۲	۱	---	---	---	---	---	---	---	---	۵
<i>MEI</i>	AUG	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	۲
<i>TNI</i>	SEP	۲	۲	۲	۲	۱	---	---	---	---	---	---	---	۱۶
<i>MEI</i>	SEP	۱	---	۱	۲	۲	۲	۳	۳	۳	۳	۲	---	۲۷
<i>TNI</i>	OCT	۱	---	---	۲	۱	۱	۱	۱	۱	۱	---	---	۱۵
<i>MEI</i>	OCT	۱	۱	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	---	۲۳
<i>TNI</i>	NOV	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	۸
<i>MEI</i>	NOV	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>TNI</i>	DEC	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>MEI</i>	DEC	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	۴۴

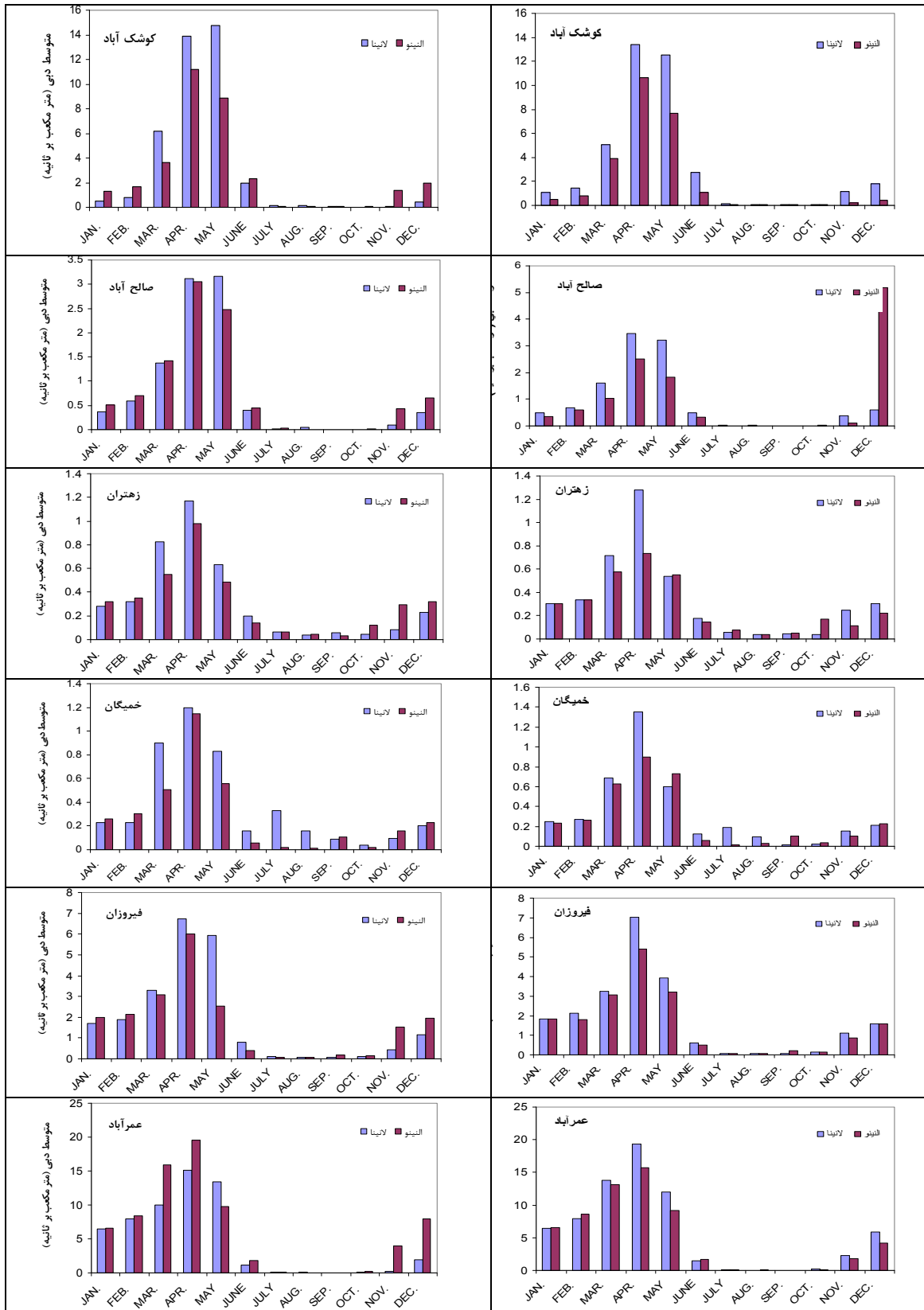
کانلی (۲۰۰۱) نیز ضمن تایید همبستگی جریان رودخانه‌ای با پدیده انسو، تاثیرات متفاوتی از شاخص‌های انسو بر مقادیر جریان رودخانه‌ای آمده است. به‌عنوان یک نتیجه کلی از جدول ۱ می‌توان نقش شاخص *TNI* بر مقدار جریان‌های رودخانه‌ای را با توجه به پوشش زمانی مقدار جریان چهار ماه از سال را مقابل پوشش زمانی مقدار جریان در یک ماه از سال با شاخص *MEI* بیشتر دانست. همچنین جدول ۱ نشان می‌دهد بین مقدار عددی شاخص *TNI* ماه ژوئیه با مقدار جریان ایستگاهی ۲۴ ماه (معادل ۱۴/۳ درصد) و مقدار عددی شاخص *MEI* ماه دسامبر با مقدار جریان ایستگاهی ۴۴ ماه (معادل ۲۶/۲ درصد) همبستگی معنی‌دار وجود دارد. از دیگر نتایج جدول ۱ می‌توان به عدم ارتباط معنی‌دار بین مقدار جریان ماهانه هیچ‌یک از

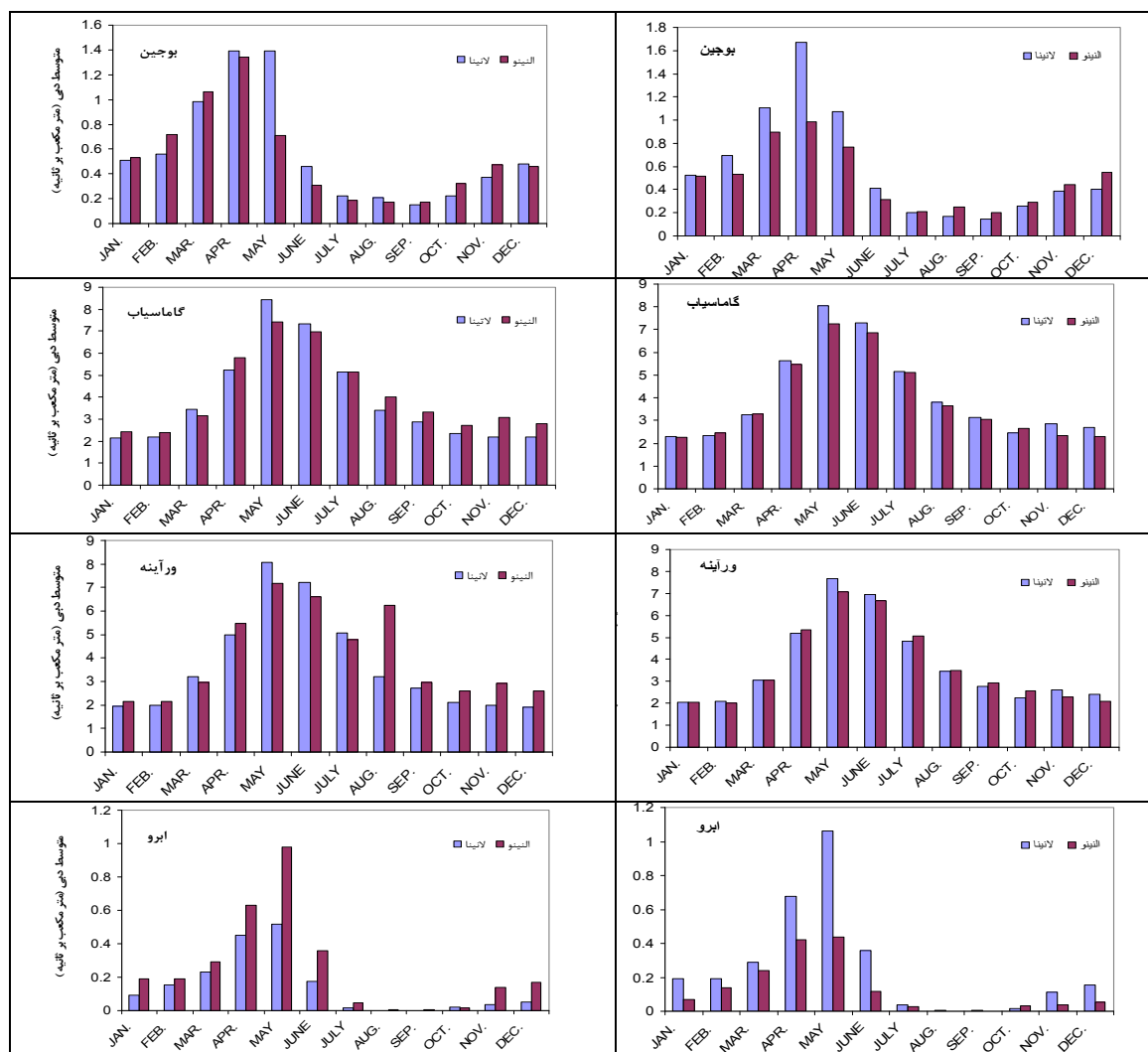
جدول ۱ نشان‌دهنده تاثیرپذیری متفاوت جریان رودخانه‌ای در اکثر ایستگاه‌های آب‌سنجی از شاخص‌های انسو است. به‌همین دلیل میزان و نحوه تغییرات دبی در ایستگاه‌های دارای همبستگی معنی‌دار با دو شاخص انسو در طول ماه‌های مختلف سال یکنواخت نمی‌باشد. به‌طوری‌که از جدول ۱ ملاحظه می‌گردد جریان رودخانه‌ای حداکثر ۱۰ ایستگاه در ماه اکتبر، معادل ۷۱/۴ درصد از ایستگاه‌های آب‌سنجی منطقه، با مقدار شاخص *MEI* ماه دسامبر دارای همبستگی معنی‌دار است. به‌همین ترتیب جریان رودخانه‌ای ماه‌های ژانویه، فوریه، مارس و آوریل حداکثر ۵ ایستگاه معادل ۳۶ درصد از ایستگاه‌های منطقه با مقدار شاخص *TNI* ماه ژوئیه همبستگی معنی‌دار دارد. در مطالعات فاتحی مرچ و همکاران (۱۳۸۵) و

در گام بعدی برای تعیین تاثیرپذیری جریان ماهانه از مقدار شاخص‌های انسو اقدام به بررسی تغییرات مقادیر جریان ایستگاه‌های آب‌سنجی در فازهای النینو و لانینای این شاخص‌ها گردید. بدین منظور پس از تعیین فازهای انسو، مقادیر متوسط دبی متناظر با هر یک از فازها محاسبه و در قالب شکل ۲ به تفکیک ایستگاه‌های آب‌سنجی آورده شد. نتایج این شکل می‌تواند اهمیت هر یک از دو شاخص را براساس غالبیت یکی از فازهای النینو و لانینا نشان دهد.

ایستگاه‌های آب‌سنجی با مقدار شاخص MEI در ماه‌های مه و نوامبر و مقدار جریان ماهانه هیچ‌یک از ایستگاه‌های آب‌سنجی با مقدار شاخص TNI ماه دسامبر اشاره داشت. نتیجه فوق در تایید برتری شاخص TNI به واسطه بیان تغییرات جریان رودخانه‌ای ۱۱ ماه از سال در مقایسه با شاخص MEI در بیان تغییرات جریان ۱۰ ماه از سال است که حاکی از پوشش زمانی بیشتر شاخص TNI نسبت به شاخص MEI دارد.







شکل ۲- متوسط دبی ماهانه ایستگاههای هیدرومتری در فازهای النینو و لانیئا دو شاخص TNI و MEI

لانیئا شاخص MEI همخوانی دارد. این ارقام ضمن تایید نتایج جدول ۱ مبنی بر پوشش جریان ماهانه تعداد بیشتری از ایستگاهها با شاخص TNI ، موید اهمیت و نقش فاز لانیئا هر دو شاخص در جریانهای رودخانه‌ای به‌واسطه بیشتر بودن جریانهای حداکثری در تعداد زیادتری از ایستگاههای آبسنجی منطقه است. در تایید این مطلب می‌توان به مطالعه حق‌نگهدار و همکاران (۱۳۸۶) در خصوص تاثیرگذاری متفاوت پدیده انسو بر رژیم هیدرولوژیکی نقاط مختلف کره زمین و غالب بودن تعداد فراوانی‌های فاز لانیئا (۱۴ مورد) در مقایسه با فاز النینو (۴ مورد) در بررسی پدیده انسو بر حداکثر سیلاب‌های جنوب غربی ایران اشاره نمود. به-

طبق شکل ۲، حداکثر مقدار میانگین جریان ماهانه ۷ ایستگاه آبسنجی و ۴ ایستگاه آبسنجی به- ترتیب در فاز لانیئا ماه مه فاز لانیئا ماه آوریل از شاخص MEI رخ داده است. در مقابل حداکثر دبی ماهانه شش ایستگاه آبسنجی در فاز لانیئا ماه مه و دبی هفت ایستگاه آبسنجی در فاز لانیئا ماه آوریل و در مجموع ۱۳ ایستگاه از شاخص TNI رخ داده است. در حالی‌که برای شاخص MEI دبی حداکثری در ۱۱ ایستگاه هم‌زمان با وقوع فاز لانیئا بوده است. بدین ترتیب تغییرات جریان رودخانه‌ای، در ۹۳ درصد از ایستگاههای آبسنجی منطقه همدان با وقوع فاز لانیئا شاخص TNI و ۷۹ درصد از ایستگاهها با وقوع فاز

همان‌گونه که از شکل ۲ ملاحظه می‌گردد اثرات سالانه شاخص *TNI* بیانگر غالب بودن فاز لانینای شاخص فوق در ۸۵ درصد از ایستگاه و یکسان بودن اثر فاز لانینا در دو ایستگاه ورآینه و بوجین در توجیه مقادیر میانگین جریان ماهانه ساهای آبی مورد مطالعه بوده است. در مقابل در ۶۴ درصد از ایستگاه‌ها فاز لانینوی شاخص *MEI* غالب، در ۱۶ درصد از ایستگاه‌ها فاز لانینا غالب و در ۲۱ درصد از ایستگاه‌ها اثرات هر دو فاز شاخص *MEI* در توصیف مقادیر جریان ماهانه یکسان بود. به‌عنوان یک نتیجه کلی می‌توان چنین اظهار داشت که شاخص *TNI* با توجه به غالب بودن فاز لانینا در رفتار زمستانه و سالانه تغییرات جریان، نسبت به شاخص *MEI* به دلیل رفتار متفاوت زمستانه و سالانه آن در بیان تغییرات جریان، مناسب‌تر به نظر می‌رسد. برای تایید مجدد و نهایی تاثیرپذیری جریان رودخانه‌ای منطقه مورد مطالعه از فاز غالب یکی از دو شاخص *TNI* و *MEI*، درصد تراکم محاسبه شد. درصد تراکم سال‌های وقوع فاز لانینا طی دوره مورد مطالعه یا درصد سال‌های وقوع فاز لانینای هر یک از ایستگاه‌های مورد مطالعه به تفکیک ماه‌های سال برای هر دو شاخص انسو محاسبه و در جدول ۲ آورده شد. همان‌گونه که از جدول ۲ مشخص است، در بررسی درصد تراکم فاز لانینای ایستگاه‌های آب‌سنجی ملاحظه می‌گردد که حداقل و حداکثر تراکم شاخص *MEI* به ترتیب معادل ۴۰ درصد برای ایستگاه ابرو و ۴۵ درصد برای ایستگاه بهادریگ است. به‌همین ترتیب در بررسی ماه به ماه تراکم فاز لانینای شاخص *MEI* نیز ماه می از حداقل تراکم ۳۳/۴۳ درصد و ماه نوامبر از حداکثر تراکم ۵۰/۱۴ درصد برخوردار بود. در مقابل برای شاخص *TNI* نیز مشخص گردید بیشترین تراکم فاز لانینا در ایستگاه ابرو به میزان ۶۹/۵۸ درصد و کمترین تراکم به ایستگاه تقسیم آب به میزان ۵۸/۵۸ درصد تعلق دارد.

همین ترتیب در خصوص برتری شاخص *TNI* با سایر عوامل آب و هوایی مانند دما نیز می‌توان به مطالعه زارع ایبانه و بیات ورکشی (۱۳۹۱) مبنی بر تاثیرگذاری شاخص *TNI* بر مقادیر ماهانه و فصلی دمای نیمه جنوبی کشور اشاره داشت. از طرفی مطالعه صورت گرفته توسط مسعودیان (۲۰۰۲) بیانگر پیوند معکوس بارش‌های سه ماه اکتبر، نوامبر و ژوئن ایران با پدیده انسو است. لذا کمتر بودن مقدار جریان‌های رودخانه‌ای منطقه همدان در سه ماه فوق به دلیل کمبود بارش قابل توجیه است. کایان و همکاران (۱۹۹۹) نیز ارتباط مقادیر جریان رودخانه‌ای شمال‌غرب و جنوب غرب آمریکا با بارش‌های رخ داده در سال‌های وقوع لانینا را گزارش نمودند.

در مطالعه‌ای دیگر، فتاحی و همکاران (۱۳۸۸) اثرات شاخص *NAO* در پوشش برفی حوضه‌های آبریز جنوب غربی ایران را به دو صورت زمستانه و سالانه بررسی نمودند. در پژوهش حاضر نیز اثرات این دو شاخص بر مقدار جریان ماهانه به صورت زمستانه (دسامبر-مارس) و سالانه بررسی گردید. در شاخص *TNI* تحت اثرات زمستانه در ۸۶ درصد از ایستگاه‌ها فاز لانینا یا فاز سرد غالب بوده و در ۱۴ درصد از ایستگاه‌ها اثرات فاز لانینا و النینو یکسان بوده است. در حالی که در اثرات زمستانه شاخص *MEI* در ۱۰۰ درصد از ایستگاه‌ها اثرات فاز النینو غالب بوده و دبی زمستانه تحت تاثیر فاز گرم بوده است. در گزارش ناظم السادات و همکاران (۱۳۸۵) افزایش آبدی رودخانه‌های استان فارس در ماه‌های زمستان سال به واسطه وقوع فاز لانینا آمده است. ناظم‌السادات و قاسمی (۲۰۰۴) در پژوهشی دیگر نشان دادند که در صورت وقوع لانینا، احتمال و شدت وقوع ترسالی‌های زمستانه در غرب و شمال غرب ایران بیش از خشکسالی‌ها که حاکی از تاثیرپذیری جریان‌های رودخانه‌ای از فاز لانینا و به تبع شاخص *TNI* است.

جدول ۲- درصد سال‌های وقوع فاز لانینای هر یک از شاخص‌های انسو در ایستگاه‌های مورد مطالعه

ایستگاه شاخص	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	مجموع
سولان	TNI	۶۲	۶۴	۶۴	۶۰	۶۴	۷۴	۷۶	۶۷	۶۴	۵۷	۵۷	۵۸/۸۳
	MEI	۵۰	۵۰	۴۳	۴۳	۳۶	۴۳	۴۵	۴۵	۴۵	۴۸	۴۸	۴۴/۸۳
تقسیم آب	TNI	۶۲	۶۴	۶۲	۵۷	۶۴	۷۴	۷۶	۶۷	۶۴	۵۷	۵۷	۵۸/۵۸
	MEI	۵۰	۵۰	۴۰	۴۰	۳۶	۴۳	۴۵	۴۵	۴۵	۴۸	۴۸	۴۴/۸۳
بهادریک	TNI	۶۲	۶۴	۶۲	۶۰	۶۴	۷۶	۷۶	۶۷	۶۴	۵۷	۵۷	۶۴/۵۸
	MEI	۵۰	۵۰	۴۳	۴۳	۳۶	۴۳	۴۵	۴۵	۴۵	۴۸	۴۸	۴۵/۰۸
یلفان	TNI	۶۲	۶۴	۶۴	۶۰	۶۴	۷۴	۷۶	۶۷	۶۴	۵۵	۵۵	۶۴/۰۸
	MEI	۵۰	۵۰	۴۳	۴۳	۳۶	۴۳	۴۵	۴۵	۴۵	۴۸	۴۸	۴۴/۸۳
کوشک-	TNI	۶۳	۶۶	۶۶	۶۱	۶۱	۷۳	۷۳	۶۶	۶۲	۵۹	۵۹	۶۴/۲۵
	MEI	۴۹	۴۹	۴۱	۴۱	۳۴	۴۴	۳۹	۴۴	۴۴	۴۱	۴۶	۴۲/۷۵
صالح‌آباد	TNI	۶۱	۶۳	۶۳	۵۹	۶۳	۷۳	۷۶	۶۶	۶۱	۵۶	۵۶	۶۳/۳۳
	MEI	۴۹	۴۹	۴۱	۴۱	۳۴	۴۱	۳۹	۴۴	۴۴	۴۶	۴۶	۴۳/۴۲
زهتران	TNI	۶۲	۶۴	۶۴	۶۰	۶۴	۷۴	۷۶	۶۷	۶۴	۵۵	۵۵	۶۴/۰۸
	MEI	۵۰	۵۰	۴۳	۴۳	۳۶	۴۳	۴۵	۴۵	۴۵	۴۸	۴۸	۴۴/۸۳
خمیگان	TNI	۶۴	۶۷	۶۷	۶۰	۶۴	۷۴	۷۷	۶۴	۶۴	۵۶	۵۶	۶۴/۹۲
	MEI	۴۹	۴۹	۴۱	۴۱	۳۱	۴۱	۴۱	۴۴	۴۱	۴۶	۴۹	۴۳/۰۸
فیروزان	TNI	۶۲	۶۵	۶۵	۵۷	۶۲	۷۳	۷۶	۶۵	۶۲	۵۷	۵۷	۶۳/۵۸
	MEI	۵۱	۵۱	۴۳	۴۳	۳۲	۴۳	۴۱	۴۳	۴۳	۴۶	۴۹	۴۳/۸۳
عمرآباد	TNI	۶۰	۶۳	۶۳	۵۵	۶۳	۷۳	۷۵	۶۵	۶۳	۵۵	۵۵	۶۲/۷۵
	MEI	۴۸	۴۸	۴۰	۴۰	۳۳	۴۰	۳۵	۴۳	۴۳	۴۸	۵۰	۴۲/۹۲
بوجین	TNI	۵۸	۶۱	۶۱	۵۵	۶۳	۷۴	۷۶	۶۶	۶۲	۵۵	۵۳	۶۲/۳۳
	MEI	۵۵	۵۵	۴۷	۴۷	۳۷	۴۵	۴۲	۴۷	۴۷	۵۳	۵۳	۴۸/۰۸
گاماسیاب	TNI	۶۰	۶۳	۶۳	۵۵	۶۳	۷۳	۷۵	۶۵	۶۲	۵۵	۵۵	۶۲/۷۵
	MEI	۴۸	۴۸	۴۰	۴۰	۳۳	۴۰	۳۸	۴۵	۴۵	۴۸	۵۰	۴۳/۱۷
ورآینه	TNI	۶۰	۶۳	۶۳	۵۸	۶۳	۷۳	۷۵	۶۵	۶۲	۵۵	۵۵	۶۳/۰۰
	MEI	۴۸	۴۸	۴۰	۴۰	۳۳	۴۰	۳۸	۴۵	۴۵	۴۸	۵۰	۴۳/۱۷
ابرو	TNI	۶۱	۶۴	۶۴	۶۱	۷۱	۷۱	۸۶	۷۵	۷۱	۶۴	۶۱	۶۹/۵۸
	MEI	۴۶	۴۶	۳۹	۳۲	۲۱	۳۶	۳۲	۴۳	۴۳	۵۴	۵۰	۴۰/۰۸
میانگین	TNI	۶۱/۳۸	۶۳/۹۳	۶۳/۷۹	۵۸/۴۳	۶۳/۷۹	۶۳/۶۴	۷۴/۵۷	۶۶/۵۷	۶۳/۷۹	۵۶/۶۴	۵۶/۵۷	۶۴/۱۲
	MEI	۴۹/۵	۴۹/۵	۴۱/۷۱	۴۱/۲۱	۳۳/۴۳	۴۱/۷۹	۳۹/۱۴	۴۳/۹۳	۴۴/۴۳	۵۰/۱۴	۴۷/۵۷	۴۳/۸۹

۲، در راستای نتایج شکل ۲ مبنی بر تأثیرپذیری جریان جاری در ایستگاه‌های آب‌سنجی منطقه از فاز لانینای شاخص TNI است.

معادله رگرسیونی برازش یافته به میانگین داده‌های ماهانه جریان در محور عمودی دستگاه مختصات و میانگین ماهانه مقادیر شاخص‌های انسو به صورت دو معادله $Q = -0.18TNI - 0.476$ و $Q = -0.099MEI + 2.90$ به دست آمد. مقدار ضریب همبستگی برای مدل رگرسیونی گسترش یافته با

بررسی ماهانه درصد تراکم‌های فاز لانینای شاخص TNI در جدول ۲ نشان می‌دهد که حداقل درصد تراکم به ماه دسامبر به میزان ۵۶/۵۷ درصد و حداکثر آن معادل ۷۶/۳۶ درصد به ماه اوت تعلق دارد. در مجموع میانگین درصد تراکم فاز لانینای شاخص TNI برابر ۶۴/۱۲ درصد و برای شاخص MEI برابر ۴۳/۸۹ درصد به دست آمد که حاکی از غالب بودن تراکم فاز لانینای شاخص TNI به میزان ۳۱/۶ درصد نسبت به شاخص MEI است. به این ترتیب نتایج جدول

زمانی سالانه، بررسی توزیع تغییرات سالانه جریان در فازهای گوناگون شاخص TNI نشان داد، فاز لانینا در بیش از نیمی از ماه‌های سال فعال بوده است. در حالی که توزیع تغییرات سالانه جریان در فازهای شاخص MEI حاکی از فعالیت فاز لانینا در کمتر از نیمی از ماه‌های سال بود. به طوری که فاز لانینای شاخص TNI قادر به توصیف ماهانه جریان ۸۵ درصد از ایستگاه‌ها و فاز النینوی شاخص MEI قادر به توصیف جریان ماهانه ۶۴ درصد از ایستگاه‌ها بود. در بررسی تاثیرپذیری جریان در رفتار زمستانه نیز مشخص گردید که فاز لانینای شاخص TNI در بیان تغییرات جریان غالب است. لیکن در رفتار زمستانه شاخص MEI فاز لانینا در بیان تغییرات جریان غالب است. یکسانی رفتار زمستانه و سالانه شاخص TNI در قالب فاز لانینا و متفاوت بودن آن برای شاخص MEI مناسب‌تر بودن شاخص TNI را نشان می‌دهد. از طرفی مقایسه درصد تراکم فازهای هر دو شاخص نشان داد میانگین درصد تراکم فاز لانینای شاخص TNI برابر ۴۳/۸۹ درصد و برای شاخص MEI برابر ۳۱/۶ درصد است که موید غالبیت تراکم فاز لانینای شاخص TNI است. در تایید نهایی تاثیرپذیری مقدار جریان از شاخص‌های انسو با برآزش یک مدل رگرسیونی به داده‌های شاخص‌های انسو و داده‌های مقادیر جریان نشان داده شد که مدل رگرسیونی $Q-TNI$ با دقت بالاتری قادر به توجیه ۷۵ درصد از تغییرات جریان‌های ماهانه است. مدل $Q-MEI$ به‌همین ترتیب ۵۱ درصد از میانگین جریان‌های ماهانه رخ داده در طول سال‌های آماری را توصیف می‌نماید. نتایج این مطالعه حاکی از توانمندی شاخص TNI در توجیه تغییرات جریان‌های ماهانه منطقه در رودخانه‌های همدان در مقایسه با شاخص MEI است. با این وجود، تکرار این پژوهش برای دیگر مناطق نیز توصیه می‌شود.

شاخص TNI برابر ۰/۷۵ و برای شاخص MEI برابر ۰/۵۱ محاسبه گردید. بدین ترتیب شاخص TNI به‌تنهایی در حدود ۷۵ درصد از تغییرات جریان منطقه و شاخص MEI در حدود ۵۱ درصد از تغییرات جریان را توجیه می‌نماید. به‌علاوه مقدار آماره $RMSE$ در مدل $Q-TNI$ و مدل $Q-MEI$ به‌ترتیب ۰/۹۷ و ۱/۲۵ مترمکعب بر ثانیه بود که نشان‌دهنده دقت بیشتر مدل $Q-TNI$ به دلیل کمتر بودن مقدار $RMSE$ آن است. زیرا خطای مدل $Q-TNI$ در برآورد مقدار دبی به اندازه ۰/۰۳- مترمکعب بر ثانیه یعنی کم‌برآورد و خطای مدل $Q-MEI$ در برآورد مقدار دبی با خطای بیش‌برآورد ۰/۲۵ مترمکعب بر ثانیه است. از طرفی بیشتر بودن مقدار شیب (b) و کمتر بودن عرض از مبدا (a) در مدل $Q-TNI$ بیان‌گر برتری مدل فوق نسبت به مدل $Q-MEI$ است. در مدل‌های رگرسیونی هر قدر مقدار عرض از مبدا به صفر و مقدار شیب به یک نزدیک باشد بیان‌گر دقت بالای مدل می‌باشد (زارع ایبانه و همکاران ۱۳۸۹). همان‌گونه که در جداول ۱ و ۲ نیز نشان داده شد شاخص TNI نسبت به شاخص MEI در بیان تغییرات جریان از توانمندی بیشتری برخوردار بود. بنابراین، می‌توان با لحاظ کردن مقدار شاخص TNI مقدار متناظر دبی رودخانه را در استان همدان برآورد گردید.

نتیجه‌گیری کلی

در این مطالعه تأثیر پدیده انسو در قالب دو شاخص TNI و MEI بر جریان رودخانه‌ای ایستگاه‌های آب‌سنجی استان همدان مورد ارزیابی قرار گرفت. بررسی نتایج در مقیاس زمانی ماهانه نشان داد میزان و نحوه تغییرات دبی ایستگاه‌ها با دو شاخص انسو در طول ماه‌های مختلف سال یکنواخت نبود. از طرفی مقایسه تغییرات جریان ماهانه در دو فاز النینو و لانینا، بیان‌گر غالب بودن فاز لانینای شاخص TNI در ۹۲ درصد از ایستگاه‌های آب‌سنجی در مقابل ۷۹ درصد از ایستگاه‌ها با فاز لانینای شاخص MEI بود. در گام

منابع مورد استفاده

- ابریشم چی، ا، تجربی م و چهره نگار ب، ۱۳۸۴. مدل های استوکستیک منطقه ای جریان سالانه حوزه های آبریز غرب ایران. دوفصلنامه تحقیقات منابع آب ایران. سال اول، شماره ۱، صفحه‌های ۴۸ تا ۵۸.
- حق نگهدار، ا، تقفیان ب و اختری ر، ۱۳۸۶. بررسی میزان تاثیر پدیده ال نینو-نوسانات جنوبی بر سیلاب‌های حداکثر سالانه جنوب غرب ایران. آب و فاضلاب شماره ۶۴، صفحه‌های ۶۶ تا ۷۸.
- خورشیددوست عم و قویدل ی، ۱۳۸۵. ارزیابی اثر پدیده انسو بر تغییرپذیری بارش‌های فصلی استان آذربایجان شرقی با استفاده از شاخص چند متغیره انسو. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی. شماره ۵۷، صفحه‌های ۱۵ تا ۲۶.
- زارع ابیانه ح، بیات ورکشی م، معروفی ص و امیری چایجان ر، ۱۳۸۹. ارزیابی سیستم‌های هوشمند عصبی در کاهش پارامترهای تخمین تبخیر تعرق گیاه مرجع. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). جلد ۲۴، شماره ۲، صفحه‌های ۲۹۷ تا ۳۰۵.
- زارع ابیانه ح و بیات ورکشی م، ۱۳۹۱. تاثیر پدیده انسو بر تغییرات دمای ماهانه و فصلی نیمه جنوبی کشور. مجله پژوهش‌های جغرافیای طبیعی. جلد ۴۴، شماره ۲، صفحه‌های ۶۷ تا ۸۴.
- عظیمی م، تجربی م و ابریشم‌چی ا، ۱۳۸۹. پیش‌بینی آورد فصلی سد دز با استفاده از سیگنال‌های بزرگ مقیاس اقلیمی. صفحه‌های ۱ تا ۸. نهمین کنفرانس هیدرولیک ایران. ۱۸ تا ۲۰ آبان ماه. دانشگاه تربیت مدرس. تهران.
- فاتحی مرج، ا، برهانی داریان عر و مهدیان ح، ۱۳۸۵. پیش‌بینی فصلی جریان رودخانه‌های دریاچه ارومیه با استفاده از شاخص‌های اقلیمی. پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی. شماره ۷۱، صفحه‌های ۴۱ تا ۵۱.
- فاتحی ا، نوحی ک و دلاور م، ۱۳۸۸. بررسی سطح پوشش برف حوضه‌های جنوب غربی ایران در ارتباط با سیگنال‌های اقلیمی. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. جلد ۲۴ (۴ پیاپی ۹۵)، صفحه‌های ۱۰۹ تا ۱۲۹.
- کارآموز م و حق نگهدار ا، ۱۳۸۲. بررسی تاثیر پدیده النینو- نوسان جنوبی بر جریان ورودی سد زاینده رود با استفاده از تحلیل طیفی. دهمین کنفرانس دانشجویی مهندسی عمران، ۳۰ مهر تا ۲ آبان ماه. دانشگاه صنعتی امیر کبیر. تهران.
- معمودی م، احترامیان ک و شهاب فر عر، ۱۳۸۶. بررسی ارتباط از دور سیگنال هواشناسی ENSO با نوسانات بارندگی و دما در استان خراسان. علوم محیطی سال چهارم، شماره ۴، صفحه‌های ۷۵ تا ۹۰.
- ناظم السادات س، رحیمی م و کشاورزی عر، ۱۳۸۵. ارزیابی تأثیر پدیده النینو نوسانات جنوبی بر آبدهی و خشکسالی (ترسالی) هیدرولوژیکی رودخانه‌های مهم استان فارس. مجله علوم کشاورزی ایران. دوره ۳۷، شماره ۲، صفحه‌های ۳۶۱ تا ۳۶۹.
- Ames DIP, 1998. Seasonal to inter annual streamflow forecasts using nonlinear time series methods and climate information. MSc. Thesis, Civil and Environmental Engineering, Utah State University. Logan, Utah. 133p.
- Cayan DR, Redmond KT and Riddle LG, 1999. ENSO and hydrologic extremes in the western United States. Journal Climate 12 (9): 2881-2893.
- Connely KB, 2001. Final report: phase II long-range streamflow forecasting using climate information. Utah State University, Utah Water Research Laboratory. Logan, Utah, 24p.
- Cullen HM and Menocal BP, 2000. North Atlantic influence on Tigris-Cuphrates streamflow. International Journal of Climatology 20: 853-863.
- Fowler H J and Kilsby C G, 2002. Precipitation and the North Atlantic Oscillation: a study of climatic variability in northern England. International Journal of Climatology 22 (7): 843 – 966.
- Frias T, Trigo R, Valente M and Pires C, 2005. The impact of the NAO and AO on the Iberian water resources. Geophysical Research. General Assembly of the European Geosciences Union. Viena, Austria.
- Kahya E and Karabork MC, 2001. The analysis of the El Niño, La Niño signals in streamflows of Turkey. International Journal of Climatology 21:1231-1250.
- Karamouz M and Zahraie B, 2004. Seasonal stream flow forecasting using snow budget and El-Nino southern oscillation climate signals: Application to the salt river basin in Arizona. ASCE – Journal of Hydrologic Engineering 9(6): 523-533.

- Kidson JW, 1994. The relation of New Zealand daily and monthly weather patterns to synoptic weather types. *International Journal of Climatology* 14: 723-737.
- Masoodian SA, 2002. The effects of ENSO on annual precipitation of Iran. Pp. 8-13. World Congress for Middle Eastern Studies, Mainz, Germany.
- Nazemosadat MJ and Ghasemi AR, 2004. Quantifying the ENSO-Related shifts in the intensity and probability of drought and wet periods in Iran. *Journal of Climatology* 17 (20): 4005-4018.
- Reynolds R, Detinger M, Eagan D, Stephens D, Highland L and Wilson R, 1998. Effects of El Niño on streamflow, Lake level, and landside potential. On line in: <http://Geochange.er.usgs.gov/sw/changes/elNiño/>
- Salas JD, Boes DC and Smith RA, 1982. Estimation of ARMA models with seasonal parameters. *Water Resources Research* 18(4): 1006-1010
- Sheridan SC, 2003. North American weather-type frequency and teleconnection indices. *International Journal of Climatology* 23: 21-45.
- Soukup TL, Aziz OA, Tootle GL, Piechota TC and Wulff SS, 2009. Long lead-time streamflow forecasting of the North Platte River incorporating oceanic-atmospheric climate variability. *Journal of Hydrology* 368: 131-142.
- Tootle G and Piechota T, 2004. Evaluation of climate factors to forecast streamflow to the upper Truckee River. *Journal of Nevada Water Resource Association* 1 (1): 7-11.
- Trenberth KE, 1997. The definition of El Niño. *Bulletin of American Meteorological Society* 78 (12): 2771-2777.
- Trigo RM, Osborn TJ and Corte-Real JM, 2002. The North Atlantic Oscillation influence on Europe: Climate impacts and associated physical mechanisms. *Climate Research* 20: 9-17.