

مطالعه تطبیقی تبعات پدیده انسو (النینو، لانینا) بر دما و بارش مشهد

وجیهه محمدی ثابت¹ - محمد موسوی بایگی^{2*} - حجت رضائی پزند³

تاریخ دریافت: 1395/05/04

تاریخ پذیرش: 1395/07/03

چکیده

نوسانات جنوبی پدیده‌ای بزرگ مقیاس است که وضعیت نرمال الاکلنگی فشار هوا را در دو طرف اقیانوس آرام تغییر می‌دهد. این جریان شرایط عادی را بر هم زده و در الگوی بارش و دمای منطقه و سایر مناطق جهان تغییراتی ایجاد می‌کند. این پژوهش میزان تأثیرگذاری انسو بر دما و بارش مشهد بررسی می‌کند. شدت پدیده انسو با شاخصی به نام شاخص انسو شناخته می‌شود. این شاخص معادل آنومالی (انحراف از میانگین، بهنجار) دمای سطح آب در اقیانوس آرام است. آمار طولانی مدت بارش (2016-1893) و دمای مشهد (2016-1885) برای هم سنگ‌شدن با شاخص انسو به ترتیب استاندارد و آنومالی (انحراف از میانگین) شدند. بارش مشهد بی‌روند، اما دما روند غیرخطی دارد (آزمون دیکی فولر، همبستگی سامانه خاکستری) که حذف روند انجام شده است. دما و بارش ماهانه مشهد با مقادیر حدی شاخص انسو در دوره‌های رخداد این پدیده مقایسه شده‌اند. علاوه بر این، همبستگی و همبستگی متقابل بین شاخص انسو - بارش و انسو - دما برای دوره‌های وقوع محاسبه شده است. نتایج تحلیل الینوهای شدید نشان داد که افزایش بارش ماهانه با تأخیر 3 تا 5 ماه و افزایش دما 1 تا 4 ماه وجود دارد. نتایج تحلیل لانیناهای شدید نشان داد که کاهش بارش ماهانه با تأخیر صفر تا 4 ماه و کاهش دما با تأخیر 2 تا 5 ماه وجود دارد. همچنین زمانی که شاخص انسو در بازه (+1, -1) قرار دارد، هماهنگی مشخصی با بارش و دمای مشهد ندارد.

واژه‌های کلیدی: النینو، بارش، دما، لانینا، مشهد

مقدمه

پرفشار در شرق و کم‌فشار در غرب اقیانوس آرام نشان دهنده شرایط عادی است (چرخه واکر جاری است). بادهای تجاری نیز از شرق به غرب با شدت زیاد می‌وزند. شروع انسو زمانی است که بادهای تجاری ضعیف شده و تعادل دما و فشار در دو طرف اقیانوس آرام به هم می‌خورد (پرفشار در غرب و کم‌فشار در شرق تشکیل می‌شود). این سبب معکوس شدن چرخه واکر است. نتیجه اینکه شرق پربارش و غرب کم بارش می‌شود. دمای این دو محل تغییر می‌کند. انسو حدود 6 تا 18 ماه طول می‌کشد. دوباره شرایط طبیعی پس از اتمام شرایط الینو و بازگشت به حالت اولیه حاکم می‌شود. اگر این شرایط طبیعی تقویت شده و شدید شود، شرایط لانینا (حالت سرد انسو) رخ می‌دهد. این حالت باران‌های جنوب شرق آسیا را تشدید می‌کند و دما را در پرو و اکوادور کاهش می‌دهد. شدت و ضعف انسو با نمایه‌ای به نام شاخص انسو سنجیده می‌شود. این شاخص معادل میانگین آنومالی شده دمای سطح آب (SST) تمام ایستگاه‌های دماسنجی بین شرق و غرب اقیانوس آرام است. محققین مختلف رابطه بین SST (شاخص انسو) را با تغییرات بارندگی و دما در اکثر نقاط دنیا بررسی کرده‌اند. آنها نتیجه گرفتند که دما و بارش نقاط مختلفی از جهان همبستگی خوبی با الینو دارد (1، 2، 9 و 11). ناظم السادات و همکاران (11)

النینو و لانینا (ENSO) دو پدیده بزرگ مقیاس جهانی است که می‌تواند تأثیرگذار بر دما و بارش مناطق مختلف کره زمین باشد. این پدیده با تغییر شیب آب اقیانوس آرام واقع در بین پرو (شمال غربی آمریکا جنوبی) و شمال استرالیا (حدود اندونزی و مالزی) به وجود می‌آید. پدیده انسو از دو پدیده الینو (حالت گرم) و لانینا (حالت سرد) تشکیل شده و محققین در ابتدا تصور می‌کردند که این دو پدیده مستقل‌اند. دو پژوهشگر به نام هایپرستلی (14) و تروپ (16) نشان دادند که این دو پدیده وابستگی زیادی به هم دارند. الینو در زبان اسپانیولی (در زبان عربی ال نی نی) به معنی پسر بوده (حضرت مسیح) زیرا در شروع سال میلادی (تولد حضرت مسیح) رخ داده است. الگوی فشار هوا و حرکت باد (بادهای تجاری) در شرایط انسو و در عرض‌های استوایی اقیانوس آرام دچار تغییر می‌شود (12). وجود

1 و 2- دانشجوی دکتری و استاد هواشناسی کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

* - نویسنده مسئول: (Email: mousavi@um.ac.ir)

3- مربی هیدرولوژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد

دما و بارش مشهد با داده‌های 65 ساله بررسی شده است. ابتدا ایستایی داده‌ها با استفاده از آزمون‌های آماری و رگرسیون مارس بررسی شد، حذف روند از داده‌های دما صورت پذیرفت. سپس برای مقایسه شاخص انسو با بارش و دمای مشهد، داده‌های دما به‌هنجار و داده‌های بارش استاندارد شدند. برای مقایسه شاخص انسو با دمای ماهانه 2016 مشهد، با استفاده از روش سری‌های زمانی دمای سالانه 2016 مشهد پیش‌بینی و با استفاده از عمل انشقاق دمای ماه‌های مورد بررسی محاسبه شدند. همبستگی و همبستگی متقابل بین شاخص انسو با دما و بارش متقابل مشهد در بازه‌های رخداد النینو و لاینهای قوی محاسبه شدند.

رگرسیون مارس

فریدمن (1991) رگرسیونی کمانکی تطبیقی چندمتغیره (MARS) را معرفی کرده است (3). این روش به‌طور گسترده در داده‌کاوی و الگوسازی به کار می‌رود. می‌توان آن را تعمیمی از رگرسیون خطی گام‌به‌گام و یا شکل اصلاح شده درخت رگرسیونی¹ انگاشت (6). رگرسیون مارس برای تشخیص روند دمای مشهد استفاده شد و مطابق رابطه (3) می‌باشد. همانطور که مشخص است در این رابطه دما تابعی از زمان است.

بررسی روند دمای و بارش مشهد

داده‌های مورد بررسی، آمار ماهانه بارش و دمای ایستگاه سینوپتیک شهر مشهد است. ایستایی سری‌های زمانی بارش و دمای سالانه مشهد بررسی شد. نمودارها نشان می‌دهند که بارش فاقد روند و ایستا است (شکل 1)، اما دما نایستا است (نقطه تغییر سال 1976). فرزندی و همکاران (4) وجود جزیره حرارتی را در مشهد تأیید کردند. آزمون دیکی فولر آزمون انجام پایایی است. به عبارت دیگر این آزمون برای بررسی وجود یا عدم وجود ریشه واحد در سری زمانی به کار می‌رود. به این معنا که آیا داده‌های سری زمانی ایستا هستند یا خیر؟ فرضیه صفر آزمون، نایستایی سری است و فرضیه متقابل ایستا بودن سری است. آماره آزمون از رابطه (1) محاسبه می‌شود. در این رابطه γ ضریب فرآیند اتورگرسیو در رابطه (2) است. آزمون آماری دیکی فولر برای رد یا تأیید ایستایی دما و بارش سالانه مشهد انجام و نایستایی در دما و ایستا بودن بارش را تأیید کرد (جدول 1). مقادیر بیشتر از 0/05 در جدول (1) نشان دهنده ایستا نبودن سری زمانی مورد نظر است. به عبارت دیگر این مقادیر باعث پذیرش فرضیه صفر مبنی بر ایستا نبودن و مقادیر کمتر از 0/05 باعث رد فرضیه صفر یعنی ایستایی سری زمانی مورد بررسی است. معادله روند برای دما با رگرسیون مارس به دست آمده است. معادله رگرسیون مارس برای

ضریب همبستگی شاخص انسو - بارندگی پاییزه ایران را محاسبه کردند. آنها نتیجه گرفتند در اکثر نقاط همبستگی منفی است و بارش‌ها در سواحل خزری متأثر از پدیده انسو است. ناظم السادات (12) نسبت میانگین طولانی مدت بارش در دوره‌های سرد و گرم انسو بر میانگین بارش طولانی مدت ایستگاه‌های فارس و خوزستان را بررسی کرد. او نتیجه گرفت که النینو سبب کاهش بارش شده است. همچنین موقعیت جغرافیایی تأثیرگذار بر بارش است. دزفول و آباده کمترین تأثیر را از این پدیده داشته‌اند. ناظم السادات و همکاران (13) تأثیر پدیده انسو بر آبدهی 5 رودخانه را در استان فارس بررسی کردند. نتایج کار آنها نشان داد که النینو سبب افزایش دبی رودخانه‌ها در بهار و تابستان (به علت افزایش بارش) و لایننا سبب کاهش دبی در بهار و تابستان (به علت کاهش بارش) و افزایش دبی در زمستان می‌شود. حضرتی و همکاران (8) تأثیر پدیده انسو و نانو را در بارش و دمای ایستگاه‌های هواشناسی دریاچه ارومیه با روش همبستگی بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد که دما و بارش با این دو پدیده رابطه دارد. میرموسودی و همکاران (10) رابطه پدیده انسو با دمای سه شهر تبریز، سقز و قزوین را با معدل سه ماهه بررسی کردند. نتایج نشان داد که دمای هوای تبریز و قزوین با تأخیر سه ماهه از فازهای تابستانه تأثیر گرفته‌اند. دمای هوای شهر سقز در شرایط النینو در تابستان و پاییز کاهش معنی‌داری دارد. سالاتو و همکاران (15) رابطه بین پدیده انسو و بارش و دمای فصلی نیجریه را تحلیل کردند. آنها اظهار کردند که پدیده انسو با دما و بارش فصلی در این منطقه ارتباط معنی‌داری دارد.

بررسی مقالات فوق نشان می‌دهد پدیده انسو بر دما و بارش فصلی و سالانه در نقاط مختلف جهان مؤثر بوده و ارتباط معنی‌داری دارد. هدف و نوآوری این تحقیق بررسی تأثیر پدیده النینو و لایننا (ENSO) بر بارش و دمای ماهانه شهر مشهد در فاصله زمانی 1950-2016 است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه و داده‌ها

ایستگاه هواشناسی همدید مشهد در شرق این شهر و در مجاورت فرودگاه شهید هاشمی نژاد با طول جغرافیایی 59 درجه و 38 دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی 36 درجه 16 دقیقه شمالی و ارتفاع 999/2 متر قرار دارد. آمار دمای ماهانه این ایستگاه از 1885-2016 به مدت 132 سال و آمار بارش ماهانه نیز از 1893-2016 به مدت 124 سال در اختیار است (5). شاخص النینو و لایننا به صورت ماهانه از سایت NOAA از 1950-2016 اخذ شده است (طول داده‌های ماهانه دما و بارش مشهد بیش از 120 سال است. اما طول داده‌های انسوی در دسترس 65 سال است (1950-2016). به ناچار تأثیر پدیده انسو بر

روندزدایی با رگرسیون مارس انجام شده است. روند از سال 1976 شروع و با دونقطه شکست مشخص شده است (شکل 3). روندزدایی برای داده‌های سالانه انجام شده است. درحالی‌که ما با داده‌های ماهانه کار می‌کنیم. لذا نیاز به انشقاق داده‌های بی‌روند سالانه به ماهانه است. رابطه (2) روش انشقاق را برای ماه ژانویه به صورت نوعی نشان می‌دهد. %a سهم هر ماه از سال مربوط برای داده‌های با روند است. ماه بی‌روند پس از ضرب %a در مقدار سالانه بی‌روند مربوط به دست می‌آید. روش‌های انشقاق بسیار متنوع هستند.

$$\%a = \frac{\text{jan, obs1951}}{\text{annual, obs1951}} \Rightarrow \text{jan1951(Non-Trend)} = \quad (2)$$

$$\%a * \text{Annual1951(Non-Trend)}$$

تشخیص روند دمای مشهد مطابق رابطه (3) به دست آمده است (4). نتایج نشان دهنده وجود دو نقطه شکست در سال 1976 و 2000 است.

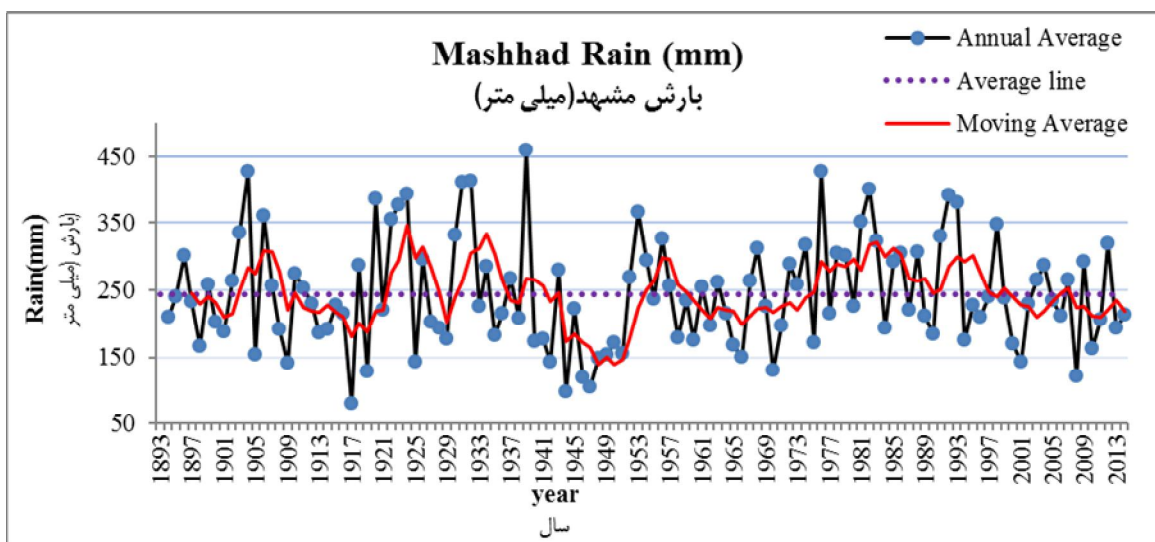
$$DF = \frac{\hat{\gamma}}{SE(\hat{\gamma})} \quad (1)$$

$$\Delta y_t = \alpha + \beta t + \gamma y_{t-1} + \delta_1 \Delta y_{t-1} + \dots + \delta_p \Delta y_{t-p+1} + \varepsilon_t \quad (2)$$

$$\text{Temp} = 13/27 + 0/0999 * h(\text{year} - 1976) - 0/0809 * h(\text{year} - 2000) \quad (3)$$

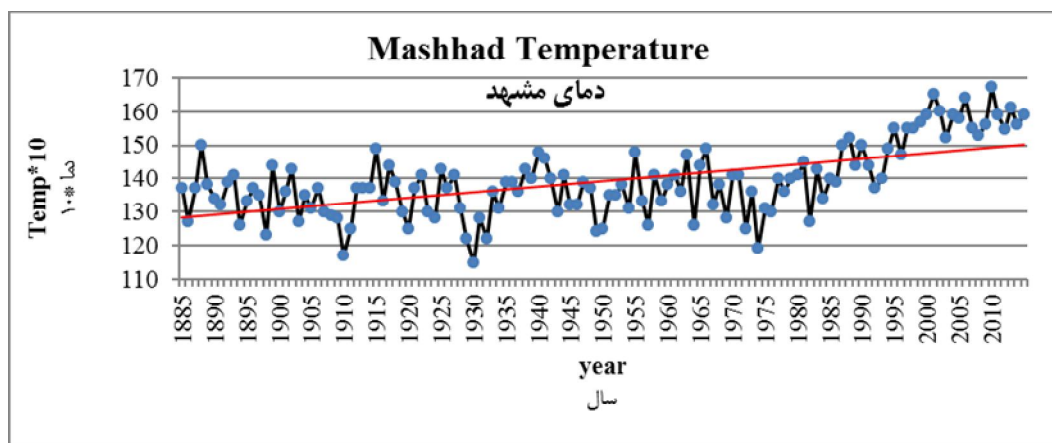
حذف روند دمای مشهد

دمای سالانه مشهد نالیستا و روند خطی دارد (شکل 2، جدول 1).



شکل 1- سری زمانی بارش سالانه ایستگاه مشهد

Figure 1- The Time series of annual precipitation of Mashhad



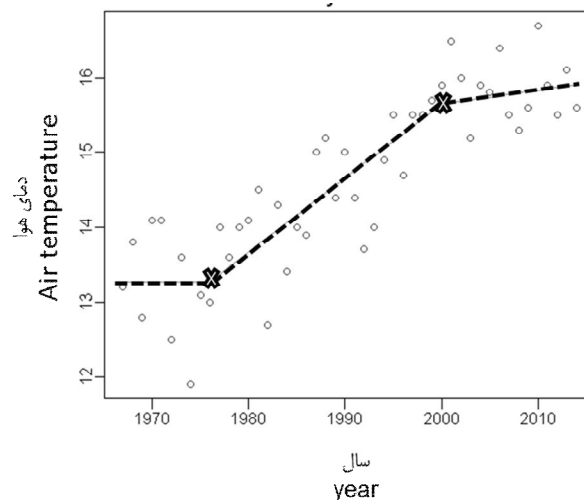
شکل 2- سری زمانی میانگین دمای سالانه ایستگاه مشهد

Figure 2- The Time series of annual average Temperature of Mashhad

جدول 1- مقدار آزمون دیکي فولر برای بررسی وجود روند در بارش و دمای سالانه مشهد

Table 1- The P-Value of adjusted dickey fuller -test for existence of trends in annual precipitation and temperatures of Mashhad

مقدار - p	
0.01	بارش (Precipitation)
0.5	دما (Temperature)



شکل 3- نقاط شکست دمای سالانه مشهد با رگرسیون مارس

Figure 3- Mashhad annual temperature break points by MARS Regression

(+3 و -3) قرار دارد. دمای ماهانه مشهد نیز برای همسان‌سازی به‌هنجار شده است. اما آنومالی بارش نمی‌تواند مقایسه خوبی با شاخص انسو باشد، زیرا مقادیر بارش اعداد بزرگ و شاخص انسو کوچک، لذا بارش ماهانه استاندارد شده است تا در محدوده بازه شاخص انسو قرار گیرد.

نتایج و بحث

هدف در این تحقیق بررسی تأثیر پدیده انسو بر دما و بارش مشهد است. بدین منظور نمودارهای شاخص حدی منفی انسو (لانینا) و مثبت انسو (النینو) را با شاخص‌های استاندارد شده بارش و به‌هنجار شده دما رسم می‌کنیم. تا نحوه تغییرات این دو شاخص با یکدیگر به دست آید و همچنین همبستگی و همبستگی متقابل (همبستگی، میزان همبستگی بین هر دو مقدار متناظر محاسبه می‌شود و همبستگی متقابل بین یک متغیر با مقدارهای ثابت و مقدارهای تأخیری متغیر دیگری است) بین این شاخص‌ها محاسبه شده است. تحلیل‌ها نشان داد که بین انسو و بارش، همچنین انسو و دمای مشهد در بازه (1+ و 1-) رابطه معنی‌داری به چشم نمی‌خورد. به همین دلیل این بازه حذف و رخدادهای انسو در خارج این بازه به عنوان

نتیجه داده‌های ماهانه بدون روند از سال 1976-2015 است، که با الحاق به داده‌های 1950-1975 داده‌های ماهانه بدون روند دما از سال 1950-2015 به دست می‌آید. دمای چند ماه اخیر سال 2016 در اختیار است. این داده‌ها با روند هستند. بنابراین ناچار هستیم دمای بی‌روند 2016 را پیش‌بینی، عمل انشقاق را انجام و داده‌های دمای بدون روند چند ماه اخیر را به دست آوریم. بارش بدون روند است، لذا نیاز به کارهای فوق نیست. پیش‌بینی دمای 2016 با الگوی سری زمانی $ARMA(p,q)$ این روش تحقیق است و داده‌های بدون روند 131 سال تناقض با داده‌های مورد استفاده (1885-2015) انجام شده است. جدول (2) مدل‌های برازش شده را به میانگین دمای سال 2016 نشان می‌دهد. انتخاب الگوی برتر بر اساس کمترین معیار آکائیک و واریانس انجام شده است. الگوی نهایی $ARMA(1,1)$ است. میانگین دمای بدون روند سال 2016 مشهد با الگوی انتخابی، $13/2$ درجه سانتی‌گراد پیش‌بینی شده است آسیب‌شناسی (تحلیل باقی‌مانده‌ها) در شکل (4) آمده است. باقی‌مانده‌ها همگن (توزیع نرمال)، دارای واریانس پایا و مستقل‌اند.

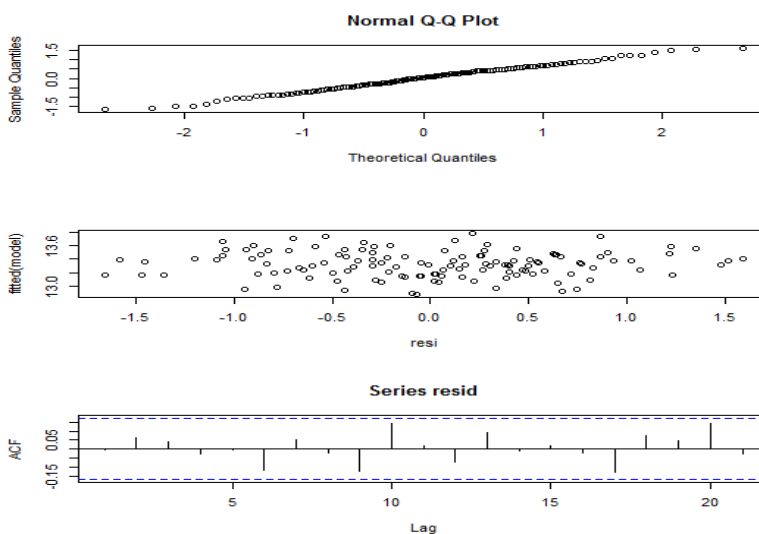
استانداردسازی بارش و دما

شاخص انسو به‌هنجار دمای سطح آب است. این شاخص در دامنه

رخدادهای شدید با دما و بارش مشهد بررسی شده است. ادامه نتایج و بحث برای درک بهتر به چند زیر بخش مطابق زیر تقسیم شده است.

جدول 2- الگوهای ARMA برازشی بر دمای سالانه مشهد 1885-2015
Table 2- The fitted ARMA models to Mashhad annual temperature (1885-2015)

Time series Model	Variance Model	AIC Model
مدل سری زمانی	واریانس مدل	مدل آکائیک
Model1=arma(temp,c(1,1))	0.479	281.56
Model1=arma(temp,c(1,0))	0.492	282.93
Model1=arma(temp,c(0,1))	0.496	284.14
Model1=arma(temp,c(2,1))	0.408	283.86
Model1=arma(temp,c(1,2))	0.481	283.97



شکل 4- تحلیل باقی مانده‌های دمای سالانه مشهد

Figure 4- Residualsdiagnostic of Mashhad annual temperature

صفر تا 4 ماه در لاینیا- بارش وجود دارد. چون ضرایب خودهمبستگی مثبت‌اند (یا پس از چند تأخیر مثبت می‌شوند)، پس انتظار داریم که کاهش بارش با کاهش شاخص انسو همراه باشد. مقادیر منفی نشان دهنده همبستگی مستقیم مثبت هستند. از طرفی چون قدرمطلق این مقادیر در مرتبه اول نیز کوچک هستند نشان از نبود همبستگی بین انسو- بارش در مرتبه اول دارند (یا عبارتی هنوز همبستگی‌ای ایجاد نشده است، که مثلاً در سال 56-1954 با گذشت زمان هم همبستگی‌ای ایجاد نمی‌شود). با افزایش مراتب تأخیر این همبستگی مثبت شده و در یک جا به حداکثر خود می‌رسد و از آن پس مجدد کوچک (و یا منفی) می‌شود. که نشان از قطع همبستگی بین دو متغیر است. این نتیجه با نتایج حاصل از (9 و 14) همخوانی دارد.

لانینا- دما

تأثیر لاینیا بر دمای مشهد با نمودار و ضرایب خودهمبستگی بررسی شد. نتایج هر قسمت ذکر شده است.

تحلیل لاینیا- بارش

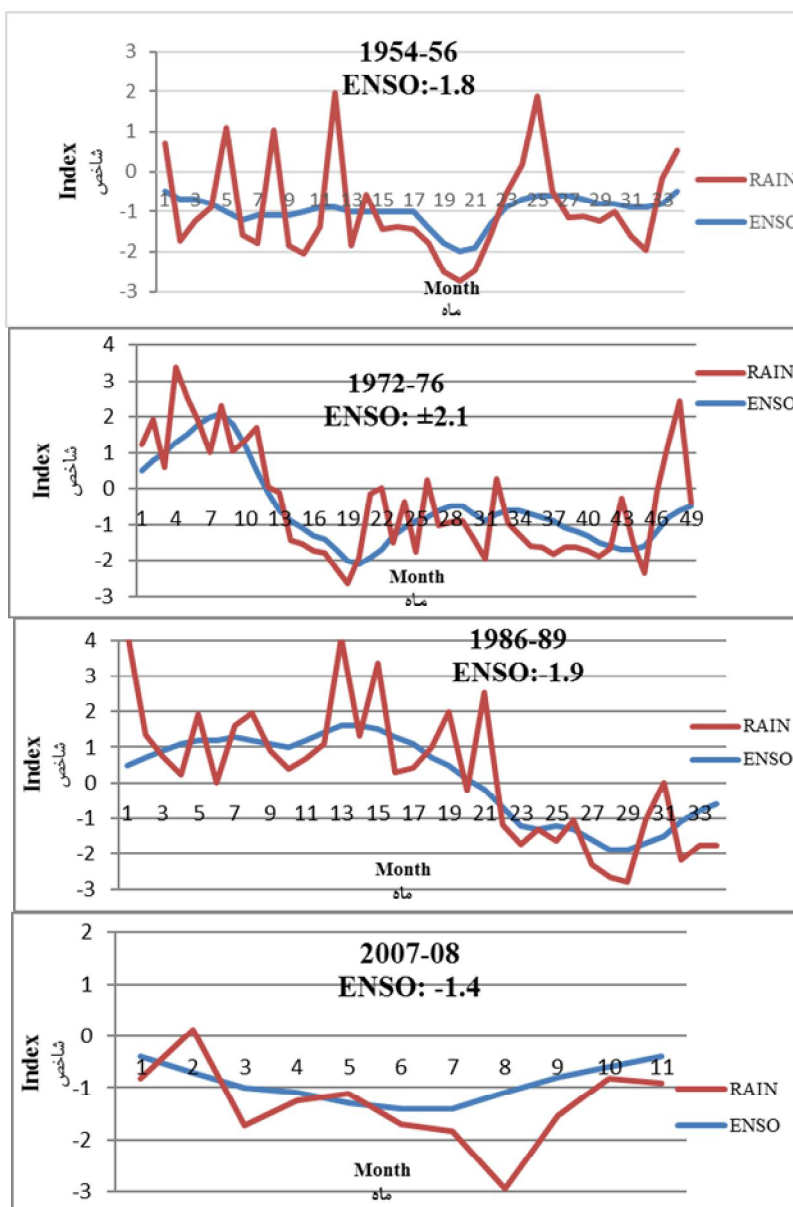
بررسی تأثیر لاینیا بر بارش مشهد با نمودار و ضرایب خودهمبستگی انجام شد. نتایج هر قسمت ذکر شده است.

تحلیل نموداری

نمودارهای جفتی لاینیا- بارش برای شاخص‌های کمتر از 1- مطابق شکل (5) رسم شده است. نتایج زیر از این شکل‌ها به دست می‌آید. الف) همبستگی مستقیم با تأخیر چند ماه در لاینیا- بارش دیده می‌شود. یعنی بارش مشهد با شروع لاینیا (کاهش شاخص انسو) با تأخیر کاهش می‌یابد. ب) کاهش بارش مشهد در لاینی‌های قوی مشهودتر است. ج) چون هنوز در سال 2016 در رخداد لاینیا قرار داریم، لذا نمی‌توان تأثیر لاینیا را در این سال بررسی کرد.

تحلیل همبستگی متقابل (لانینا- بارش)

آماره همبستگی متقابل تا تأخیر 6 انجام که نتایج مطابق جدول (3) است. نتیجه اینکه: در بیشتر موارد همبستگی مستقیم با تأخیر



شکل 5- نمودارهای جفتی لانینا - بارش مشهد
Figure 5- Thepaired graph of Mashhad Lanina-Rrain

جدول 3- همبستگی و همبستگی متقابل لانینا - بارش

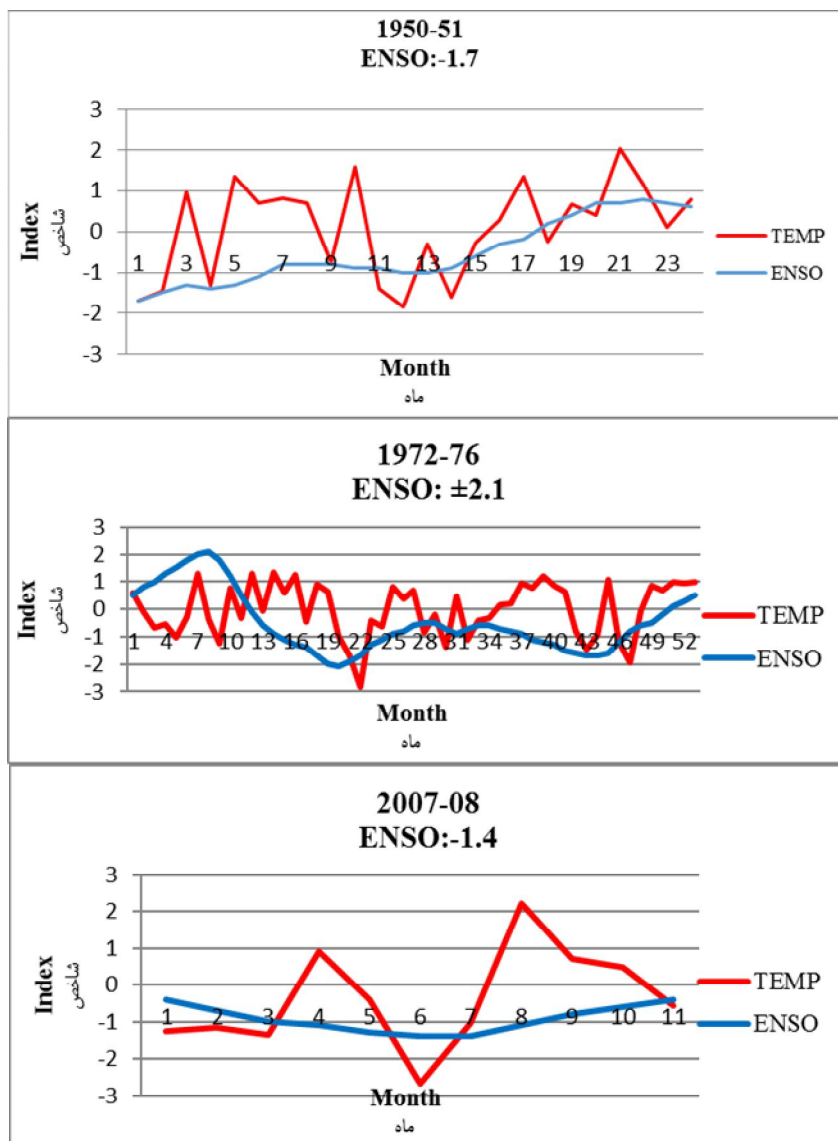
Table 3- The correlation and cross correlation of Lanina- Rain

Lag	1954-56	1972-76	1986-89	1999-2000	2007-08
تاخیر	-1.8	-2.1	-1.9	-1.6	-1.4
0	0.27	-0.30	0.42	0.22	-0.03
1	0.14	-0.64	0.42	0.2	0.32
2	-0.01	-0.86	0.42	0.1	0.48
3	-0.17	-0.37	0.42	0.27	0.26
4	-0.27	0.38	0.40	0.25	-0.6
5		0.81	0.35	0.22	-0.6
6		0.69		0.04	

تحلیل نموداری

می‌شود. یعنی دمای مشهد با شروع لائینا (کاهش شاخص انسو) با تأخیر کاهش می‌یابد. ب) کاهش دمای مشهد در لائیناهای قوی مشهودتر است. ج) چون هنوز در سال 2016 در رخداد لنینو قرار داریم، لذا نمی‌توان تأثیر لائینا را در این سال بررسی کرد.

نمودارهای جفتی لائینا-دما برای شاخص‌های کمتر از 1- مطابق شکل (6) رسم شده است. نتایج زیر از این شکل‌ها به دست می‌آید. الف) همبستگی مستقیم با تأخیر چندماهه در لائینا-دما دیده



شکل 6- نمودارهای جفتی لائینا- دمای مشهد
Figure 6- The paired graph of Mashhad Lanina-Temperature

لائینا- دما وجود دارد. چون ضرایب خودهمبستگی مثبت‌اند، پس انتظار داریم که کاهش دما با کاهش شاخص انسو همراه باشد.

تحلیل همبستگی متقابل لائینا- دما

آماره همبستگی متقابل تا تأخیر 6 انجام که نتایج مطابق جدول (4) است. نتیجه اینکه: همبستگی مستقیم با تأخیر 1 تا 5 ماهه در

جدول 4- همبستگی و همبستگی متقابل لانینا - دما

Table 4- The correlation and cross correlation of Lanina- Temperature

Lag	1950-51	1954-56	1972-76	1999-2000	2007-08
تاخیر	-1.7	-1.8	-2.1	-1.6	-1.4
0	0.47	-0.28	0.16	-0.2	0.08
1	0.40	-0.1	0.38	0.15	-0.4
2	0.26	-0.01	0.46	0.2	-0.7
3	0.25	0.21	0.38	0.4	0.2
4			0.25	0.53	0.8
5			0.16	0.56	
6				0.24	

افزایش شاخص انسو همراه باشد. لذا در النینوهای قوی افزایش بارش با فاصله 3 تا 5 ماه پس از بیشینه شاخص النینو مشاهده می‌شود. شایان توجه است که بیشینه شاخص انسو (2/3) در آذر و دی ماه سال گذشته (1394) رخ داده و بارش‌های شدید و سیل‌آسای فروردین و اردیبهشت مشهد با تأخیر حدود 4 ماه نیز رخ داده است.

النینو - دما

بررسی تأثیر النینو بر دمای مشهد با نمودار و ضرایب خودهمبستگی انجام شد. نتایج هر قسمت ذکر شده است.

تحلیل نموداری

نمودارهای جفتی النینو- دما برای شاخص‌های بیشتر از +1 مطابق شکل (8) رسم شده است. نتایج زیر از این شکل‌ها به دست می‌آید. الف) همبستگی مستقیم با تأخیر چند ماه در النینو- دمادیده می‌شود. یعنی دمای مشهد با شروع النینو (افزایش شاخص انسو) با تأخیر افزایش می‌یابد. ب) افزایش دمای مشهد در النینوهای قوی مشهودتر است.

النینو - بارش

بررسی تأثیر النینو بر بارش مشهد با نمودار و ضرایب خودهمبستگی انجام شد. نتایج هر قسمت ذکر شده است.

تحلیل نموداری

نمودارهای جفتی النینو- بارش برای شاخص‌های بیشتر از +1 مطابق شکل (7) رسم شده است. نتایج زیر از این شکل‌ها به دست می‌آید. الف) همبستگی مستقیم با تأخیر چندماه در النینو- بارش دیده می‌شود. یعنی بارش مشهد با شروع النینو (افزایش شاخص انسو) با تأخیر افزایش می‌یابد. ب) افزایش بارش مشهد در النینوهای قوی مشهودتر است. ج) چون شاخص النینو رو به کاهش است (فروردین 1395 حدود 1/6) و این شاخص به سمت کمتر از 1 میل می‌کند، لذا نمی‌توان در مورد النینو- بارش ماه‌های آینده 2016 اظهار نظر کرد.

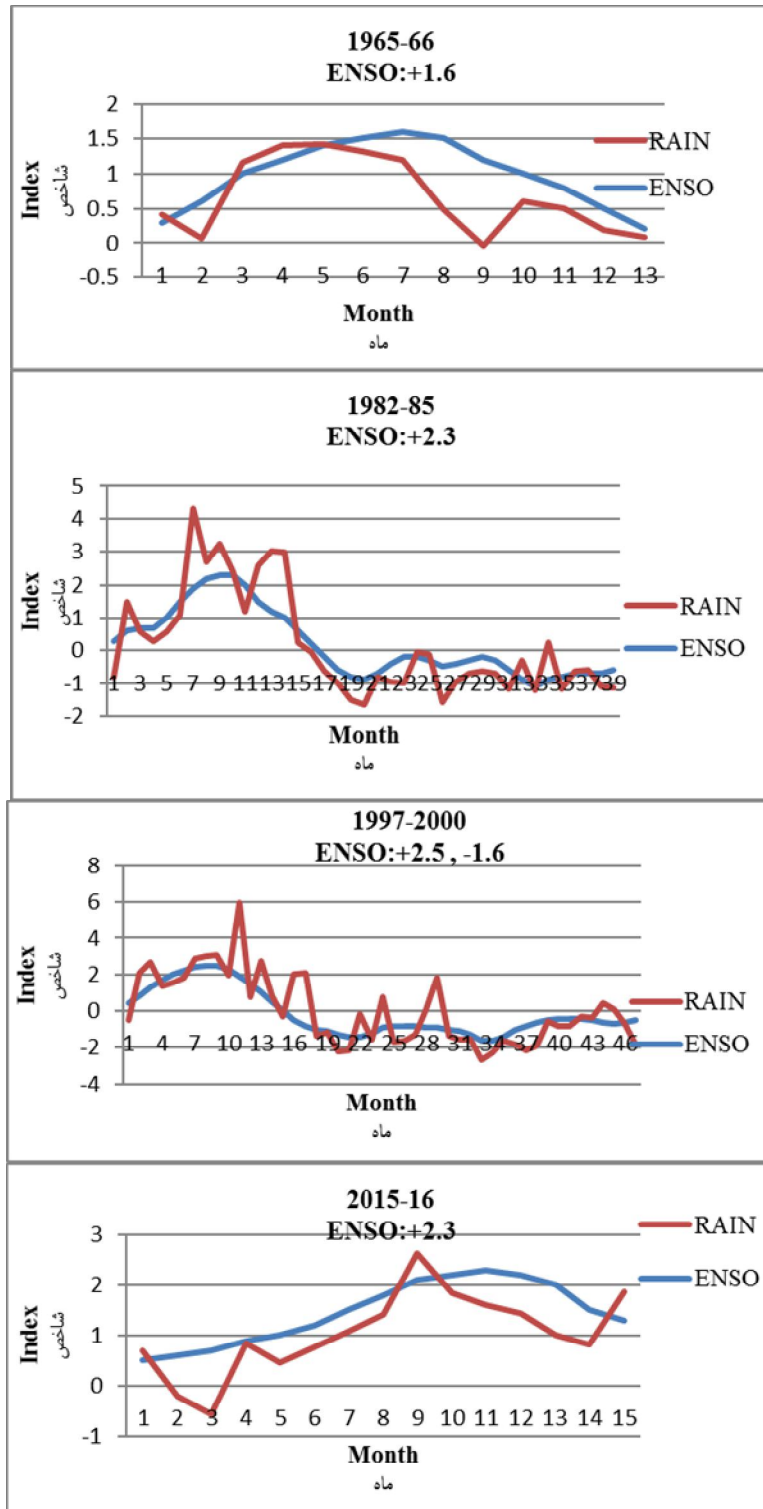
تحلیل همبستگی متقابل النینو - بارش

آماره همبستگی متقابل تا تأخیر 6 انجام که نتایج مطابق جدول (5) است. نتیجه اینکه: همبستگی مستقیم با تأخیر 3 تا 5 ماه در النینو - بارش وجود دارد. چون ضرایب خودهمبستگی مثبت‌اند (یا پس از چند تأخیر مثبت می‌شوند)، پس انتظار داریم که افزایش بارش با

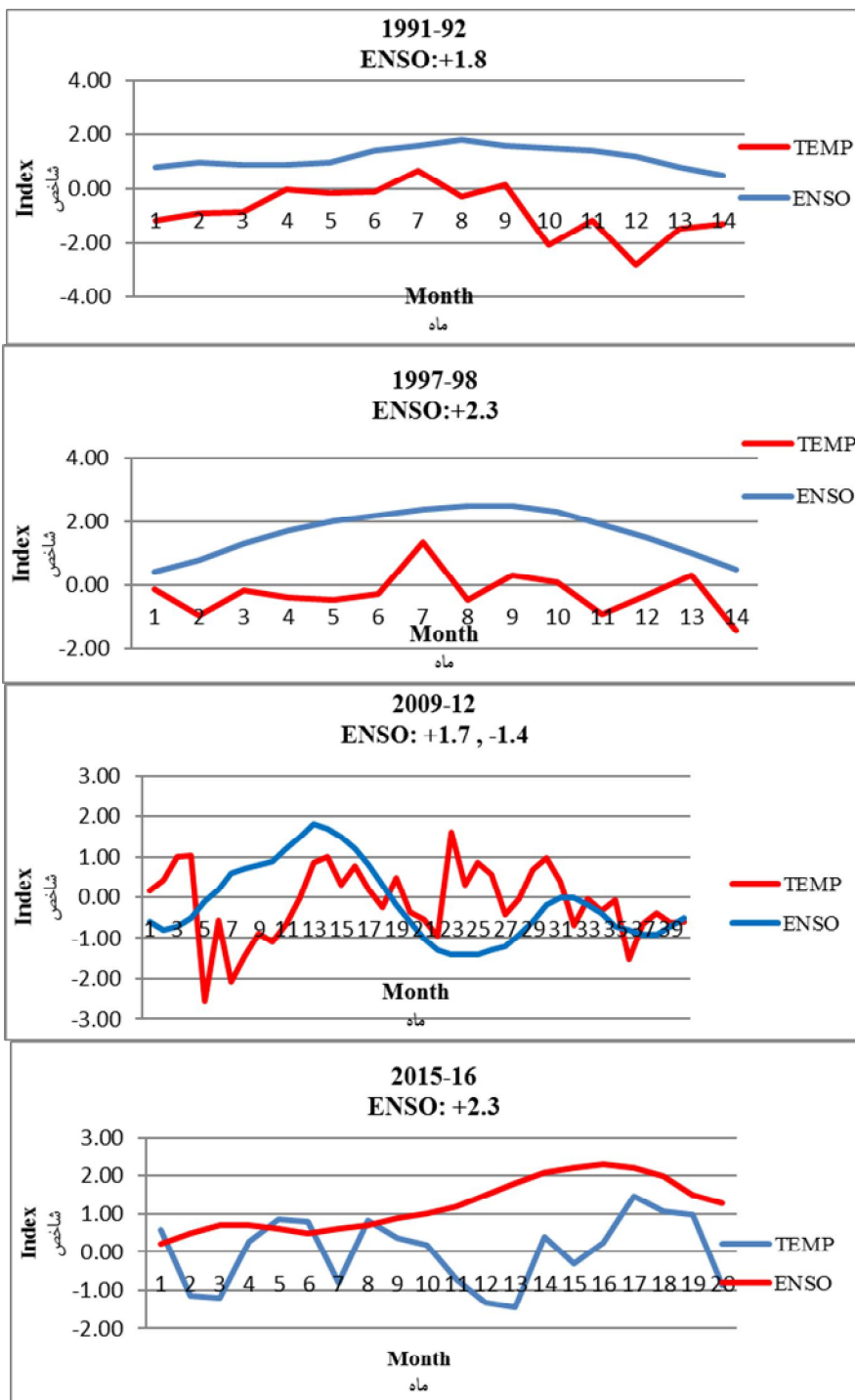
جدول 5- همبستگی و همبستگی متقابل النینو- بارش

Table 5- The correlation and cross correlation of Elnino- Rain

Lag	1965-66	1972-76	1982-85	1997-98	2015-16
تاخیر	+1.6	+2.1	+2.3	+2.5	+2.3
0	-0.07	-0.51	0.421	0.0004	-0.16
1	-0.7	-0.56	0.420	-0.05	-0.11
2	-0.8	-0.27	0.428	0.17	0.08
3	-0.6	-0.4	0.422	0.44	0.01
4	-0.2	0.08	0.40	0.41	-0.02
5	0.27	0.52	0.35	0.28	
6	0.8				



شکل 7- نمودارهای جفتی النینو- بارش مشهد
Figure 7- The paired graph of Mashhad Elnino-Rain



شکل 8- نمودارهای جفتی الینو - دمای مشهد

Figure 8- The paired graph of Mashhad Elينو-Temperature

(6) است. نتیجه اینکه: همبستگی مستقیم با تأخیر 1 تا 4 ماه در الینو - دما وجود دارد. چون ضرایب خودهمبستگی مثبت‌اند (یا پس از چند تأخیر مثبت می‌شوند)، پس انتظار داریم که افزایش دما با افزایش

تحلیل همبستگی متقابل الینو - دما

آماره همبستگی متقابل تا تأخیر 6 انجام که نتایج مطابق جدول

مشاهده می‌شود. ج) زمستان نسبتاً گرم سال 1394 و خرداد ماه 1395 می‌تواند متأثر از بیشینه شاخص النینو باشد.

شاخص انسو همراه باشد. البته سال 1991-92 از این شرایط تبعیت نمی‌کند. لذا به صورت کلی می‌توان نتیجه گرفت. لذا در النینوهای قوی افزایش دما با فاصله 1 تا 4 ماه پس از بیشینه شاخص النینو

جدول 6- همبستگی و همبستگی متقابل النینو- دما

Table 6- The correlation and cross correlation of El Niño-Temperature

Lag	1972-73	1982-86	1991-92	1997-98	2009-12	2015-16
تأخیر	+2.1	+2.3	+1.8	+2.3	+1.7	+2.3
0	-0.08	-0.19	0.29	0.444	0.12	0.08
1	0.16	-0.15	-0.07	0.445	0.16	0.17
2	0.3	-0.09	-0.5	0.16	0.12	0.23
3	0.21	-0.01	-0.7	0.06	0.008	0.32
4	0.15	0.05	-0.8	-0.1		0.38
5		0.12	-0.6			0.36
6		0.14				
7		0.18				
		0.19				

تا 4 ماهه وجود خواهد داشت (شکل 5، جدول 3) و کاهش دما با شروع فاز لائینا و کمینه شدن آن و با تأخیر 1 تا 5 ماهه وجود خواهد داشت (شکل 6، جدول 4). همچنین افزایش بارش با شروع فاز النینو و بیشینه شدن آن و با تأخیر 3 تا 5 ماهه به وجود خواهد آمد (شکل 7، جدول 5). از طرفی افزایش دما با شروع فاز النینو و بیشینه شدن آن و با تأخیر 1 تا 4 ماهه وجود خواهد داشت (شکل 8، جدول 6). همچنین شاخص انسو در بازه (1,+1) هماهنگی ضعیفی با بارش و دما مشهد دارد. احتمالاً تأثیرات محلی یا سایر پدیده‌ها غلبه دارد. نتیجه نهایی اینکه دما و بارش مشهد با انسو در فواصل خارج بازه (1,+1) رابطه خوبی با تأخیر صفر تا 5 ماه دارد. این مطلب برای پیش‌بینی بارش و دمای ماه‌های آینده سال 2016 مفید است. اگر شاخص انسو در ماه‌های آینده به ویژه در پاییز و زمستان وارد مرحله لائینا شود، انتظار زمستان سرد و کم بارش در پیش است.

نتیجه‌گیری

هدف این مقاله بررسی تأثیر پدیده انسو بر بارش و دمای ماهانه مشهد است. دما و بارش ماهانه مشهد به ترتیب به مدت 132 و 124 سال در اختیار است. بارش ایستا و بدون روند، اما دما نایستا و در سال‌های 1976 و 2000 نقطه شکست دارد. رگرسیون مارس برای الگوبندی این روند استفاده شد. حذف روند با الگوی مارس انجام و داده‌های بدون روند به دست آمد. شاخص انسو از سال 1950 تاکنون به صورت ماهانه از پایگاه‌های معتبر جهانی (NOAA) اخذ شد. داده‌های دمای ماهانه مشهد به‌هم‌تجارو داده‌های بارش استاندارد شدند. این عمل برای قابل مقایسه بودن با شاخص انسو انجام شد. بررسی تأثیر پدیده انسو بر بارش و دمای مشهد به دو صورت نموداری و همبستگی متقابل انجام شد. کاهش بارش با شروع فاز لائینا و کمینه شدن آن و با تأخیر صفر

منابع

- 1- Cordery I., and Opoku-Ankomah Y. 1994. Temporal variation of relations between sea surface, temperature and new south Wale rainfall. Aust. Met. 43:73-80.
- 2- Frederiksen C. S., and Balgovind R. C. 1994. The influence of the Indian ocean Indonesian SST gradient on the Australian winter rainfall and circulation in an Atmospheric GCM, Q. J. R. Meteorol. Soc, 120: 923- 952.
- 3- Friedman J. H. 1991. Multivariate Adaptive Regression Splines. The Annals of Statistics, 19(1): 1-67.
- 4- Farzandi M., Rezaee Pazhand H., and Seyyednejad N. 2014. Determine the change point of annual temperature of Mashhad by using dependency gray system model for analyzing the Mashhad heat island. Journal of environmental hazards, 4:49-59. (in Persian)
- 5- Farzandi M., Rezaee Pazhand H., and Seyyednejad N. 2014. Restoration and expansion of Statistics monthly temperature of 127 Mashhad. Journal of Climatology, Fifth year, no 17, 18:123-135.
- 6- Farzandi M., and Seyyednejad N., Rezaee Pazhand H., and Faridhosseini A. 2016. The application of adaptive Arc Mars and spline regression to study nonlinear pattern in annual temperature in cities of Iran. 2nd International Conference of search in Engineering, Science and Technology. United Arab Emirates Dubai.
- 7- Hastie T., Tibshirani R., and Friedman J. 2009. The Elements of Statistical Learning Data Mining, Inference, and Prediction. Second Edition, Springer Series in Statistics. Stanford, California (in Persian).

- 8- Hazrati Sh., Abrishamchi A., Tachrishi M. 2004. First National Congress of Civil Engineering.
- 9- Mofidi Abbas. 2004. The El Nino and Southern Oscillation. *Journal of Teaching Geography*, 68:15-20. (in Persian)
- 10- Masoudi Sh., Marofi S., Sabziparvar A.A., and Tanian S. 2009. "Second National Conference on Management of Irrigation and Drainage Networks. Ahwaz.
- 11- Nazemosadat S.M.J. 1999. The effect of the El Nino - Southern Oscillation (ENSO) on autumn rainfall in Iran. The second regional conference on climate change, Tehran, Iran Meteorological Organization, the National Center for climatology.
- 12- Nazemosadat M. J. 2001. Application of Elnino-southern oscillation index integrated method for investigation of the influence of this event on the drought and winter excess rainfall at the Fars and Khuzestan provinces. Proceedings of crop insurance, security and investment conference.
- 13- Nazemosadat M. J., Rahimi M., and Keshavarzi A.R. 2006. Assessing the impact of El Nino Southern Oscillation phenomenon on the yield and Hydrological drought (wet) year on important rivers in Fars province. *Iran Agricultural Sciences*, 37(2): 361-369. (in persian)
- 14- Priestley C.H. B., and Truup A.J. 1966. Droughts wet period and their association with Sea surface Temperature. *Australian J. of Science*. 29: 76-57.
- 15- Salau O., Fasuba A., Kelvin A., Adaskin G., and Fatigun A. 2016. Effect of changes in ENSO on seasonal Mean temperature and rainfall in Nigeria. *Climate science Journal*. 4 (1): 5-17.
- 16- Troup A.J. 1965. The Southern Oscillation. *Q.J.R. Meteorol Soc.* 91:490-506.

Comparative Study of the Effects of ENSO Phenomenon (El Niño, La Niña) on Temperature and Precipitation of Mashhad

V. Mohammadi Sabet¹ - M. Mousavi Baygi*² - H. Rezaee Pazhand³

Received: 25-07-2016

Accepted: 24-09-2016

Introduction: The Southern Oscillation is a large scale phenomenon that changes the Normal oscillating air pressure on both sides of the Pacific Ocean. It disrupted the normal conditions and the patterns of temperature and precipitation change in the nearby region and other regions of the world. This phenomenon is caused by changing the water slope in the Pacific Ocean between Peru (northwestern South America) and Northern Australia (about Indonesia and Malaysia). ENSO phenomenon is formed of Elnino (warm state) and La Niña (cold state). There is high pressure system in the East and low pressure system in the West Pacific Ocean in normal conditions (Walker cycle). The trade winds blow from East to West with high intensity. ENSO start when the trade winds and temperature and pressure balance on both sides of the Pacific Ocean change. High pressure will form in the west and low pressure will form in the East. As a result, west will have high and east will have low rainfall. Temperature will change at these two locations. Enso longs about 6 to 18 months. This research investigated the impact of ENSO on monthly precipitation and temperature of Mashhad. The results showed that temperature and rainfall have a good relation with ENSO. This relation occurs in 0-5 month lag.

Materials and Methods: The severity of ENSO phenomenon is known by an index which is called ENSO index. The index is the anomaly of sea surface temperature in the Pacific. The long-term temperature and precipitation data of Mashhad selected and analyzed. The Rainfall has no trend but temperature has trend. The trend of temperature modeled by MARS regression and trend was removed. The rainfall data changed to standard and temperature changed to anomaly for comparison with ENSO index. The 2016 annual and monthly temperature of Mashhad is not available. The 2016 Annual temperature was forecasted by ARMA (1,1) model. Then this forecast disaggregated to monthly temperature. For each period of occurring high ENSO, these three indexes (ENSO index, standardized rainfall and anomalies temperature) were compared. The co-variation of these indexes was compared. Also, the correlation and cross correlation for each period of occurring ENSO, with rain and temperature of Mashhad was calculated.

Results and Discussion: Mashhad monthly temperature and precipitation were compared with the extreme values of ENSO index in periods of the occurrence this phenomenon (1950-2016). In addition, the correlation and cross-correlation between ENSO-Rainfall index and ENSO-temperature index for this period were calculated. Forecasted temperature for 2016 by ARMA (1,1) was 13.2 Degrees Celsius, which has 0.2 degree increase in comparison to last year. Results showed that there is no an obvious relation between ENSO-Temperature and ENSO-Rainfall in interval (-1, +1). But there are good relation between ENSO-Temperature and ENSO-Rainfall beyond of (-1,+1). The results of Elnino showed that the monthly precipitation and temperature increase with a lag of 2 to 5 months and 0 to 4 months, respectively. The results of Lanina showed that the monthly precipitation and temperature decrease with a lag of 3 to 5 months and 1 to 4 months, respectively. Also when ENSO index is located in the interval (-1, +1), there is no certain harmony with temperature and precipitation of Mashhad.

Conclusion: The aim of this study was evaluating the effect of the ENSO phenomenon on monthly temperature and precipitation of Mashhad. Mashhad monthly temperature and precipitation, respectively, for 132 and 124 years were available. Precipitation was static and has no trend, but temperature was not static and has two changed (jumped) point in 1976 and 2000. MARS regression was used for patterning the process. Removing the trend was done by MARS model and the data was obtained without trend. Monthly ENSO index since 1950 from reliable websites worldwide (NOAA) was obtained. Mashhad monthly temperature data was animalized and precipitation data was standardized. This was performed for comparing Temperature and Rain with ENSO index. The effect of the ENSO phenomenon on Mashhad precipitation and temperature in both graphical and cross-correlation was performed. As a final result, there is a good relation with latency zero up to 5 months for temperature and precipitation of Mashhad beyond the interval (-1, + 1). It cannot be claimed that after the phase of La Nina, El Nino must be entered and vice versa. This note is important for forecasting the temperature and

1 and 2- Ph.D. Candidate and Professor of Agro Meteorology, Ferdowsi University of Mashhad

(*- Corresponding Author Email: mousavi@um.ac.ir)

3- M.Sc. of Hydrology, Azad University of Mashhad

precipitation of 2016 coming months. If ENSO index in the coming months, especially in autumn and winter, decrease and enter in La Nina phase, the winter will be cold with low rainfall.

Keywords: El Niño, La Niña, Mashhad, Precipitation, Temperature