

اثر انسو بر روی تغییرات دمای زمستان در استان تهران

مهران فرجاد^۱، مائده فتحی^{۲*}، ابوالقاسم غضنفری لاکه^۳

۱- کارشناسی ارشد هواشناسی، سازمان هواشناسی کشور

۲- دکتری هواشناسی، سازمان هواشناسی کشور

۳- دانشجوی دکتری هواشناسی، سازمان هواشناسی کشور

(تاریخ دریافت: ۹۸/۰۷/۲۲، تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۸/۲۲)

چکیده

تغییر اقلیم و گرمایش جهانی یکی از مهمترین مسایل زیست محیطی است که تأثیرات مستقیم اقتصادی و اجتماعی بر سلامت و رفاه بشر دارد و در سال‌های اخیر مطالعات زیادی در مورد آن انجام شده است. انسو (نوسان جنوبی-ال نینو) به عنوان یکی از بارزترین و قابل ملاحظه‌ترین علل تغییرپذیری سال به سال اقلیم در مقیاس جهانی شناخته شده است. انسو هم در منطقه اقیانوس آرام حاره‌ای و هم در عرض‌های برون حاره‌ای اثرگذار است. در این پژوهش، اثر انسو بر روی روند تغییرات دما در استان تهران در فصل زمستان در طول دوره آماری ۱۹ ساله (۲۰۱۸-۲۰۰۰) بررسی شده است. برای محاسبه اثر انسو بر روی دما، تحلیل رخدادهای فرین و حذف اثر سایر دورپیوندها به‌ویژه تاهوی قطبی و نوسان اقیانوس اطلس شمالی، ابتدا بی‌هنجاری‌های روزانه دما نسبت به میانگین بلند مدت فصلی محاسبه شده و سپس این بی‌هنجاری‌ها از پالایه بالاگذر و پایین‌گذر باترفورس عبور داده شده است. برای انجام این کار از داده‌های روزانه دمای هوا در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین، برای ۱۰ ایستگاه همدید در استان تهران همراه با شاخص ماهانه انسو استفاده شده است. نتایج نشان داد که در شرایط لائینا و النینو، واریانس دما نسبت به میانگین بلند مدت به ترتیب حدود 8°C^2 و 15°C^2 است. همچنین اثر لائینا و النینو، هر دو بر روی تغییرات دما به نسبت کم است. در شرایط لائینا این تغییرات به صورت منظم و در وضعیت النینو بصورت نامنظم است به طوری که در ماه فوریه نوسانات دمایی به حدود ۸ درجه سلسیوس نیز رسیده است.

واژه‌های کلیدی: نوسان جنوبی-ال نینو، پالایه باترفورس، سری زمانی، روند تغییرات دما، گرمایش جهانی

مقدمه

اقیانوسی نقش برقراری توازن انرژی گرمایی جو زمین را بر عهده دارد. تغییرات هم‌زمان دو الگوی جوی که در فاصله بسیار دور از همدیگر قرار دارند دورپیوند نامیده می‌شود. شناخت دورپیوندها نقش مهمی در پیش‌بینی متغیرهای اقلیمی با همبستگی مستقیم و یا تاخیری در مقیاس روزانه، هفتگی، ماهانه، فصلی و یا حتی سالانه دارد. نوسان اطلس شمالی، نوسان جنوبی، نوسان مادن-جولیان، نوسان قطبی و انسو^۱ (النینو-نوسان جنوبی) از جمله مهمترین دورپیوندهای شناخته شده‌اند. در سه دهه اخیر تحقیقات زیادی از سوی اقلیم شناسان و هواشناسان درباره دورپیوند انسو و اثر آن بر کمیت‌های هواشناختی در مناطق مختلف جهان صورت گرفته است که در ادامه به چند نمونه از آن‌ها اشاره می‌شود. تارتاگلین و همکاران (۲۰۰۳) اثر انسو بر فعالیت هاریکن‌ها در ایالات متحده آمریکا را بررسی کرده و نتیجه گرفتند که النینو سبب تضعیف و لائینا موجب تقویت هاریکن و شدت بارش آن در اقیانوس اطلس و دریای کارائیب می‌شود [1].

امواج گرمایی و کشندهای سرما که می‌توانند در مدت کوتاهی بر جمعیت زیادی تأثیر بگذارند به عنوان یکی از مهمترین مخاطرات و تهدیدات زیست محیطی شناخته شده‌اند. این امواج می‌توانند بر حوزه‌هایی نظیر بهداشت و سلامت، اقتصاد، انرژی، حمل و نقل و موضوعات اجتماعی اثرگذار باشند. افزایش مراجعه به مراکز درمانی در اثر تغییرات قابل ملاحظه دما و حتی مرگ و میر ناشی از تغییرات شدید دما، آسیب‌پذیری محصولات کشاورزی و دامی و همچنین مدیریت بهینه مصرف سوخت از جمله جنبه‌های بهداشتی و اقتصادی تغییرات قابل ملاحظه دما است. از طرفی تغییر اقلیم و افزایش فراوانی رخداد پدیده‌های حدی می‌تواند به افزایش مهاجرت از مناطق آسیب‌پذیر به سایر مناطق شود که طبعا پیامدهای اجتماعی گوناگونی را نیز به دنبال خواهد داشت.

گردش کلی جوی یکی از عوامل مهم تشکیل اقلیم‌های متفاوت بر روی کره زمین است که همراه با جریان‌های

¹ El Niño–Southern Oscillation

کار ابتدا بی‌هنجاری‌های روزانه دما نسبت به میانگین بلند مدت فصلی محاسبه شده و سپس این بی‌هنجاری‌ها از پالایه بالاگذر و پایین گذر باترفورس عبور داده شده است. در نهایت نتایج حاصل برای محاسبه اثر انسو، با توجه به حذف اثر سایر دورپیوندها به‌ویژه تاوهی قطبی (AO)^۳ و نوسان اقیانوس اطلس شمالی (NAO)^۴ و سامانه‌های همدیدی گذرا، مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است.

روش تحقیق

روش‌های مختلفی برای اندازه‌گیری شاخص انسو وجود دارد که مهم‌ترین روش برای مولفه اقیانوسی آن، اندازه‌گیری میانگین دمای سطح آب اقیانوس در چند منطقه است؛ این مناطق شامل NINO1+2، NINO3، NINO4 و NINO5 است که در شکل ۱ نشان داده شده‌اند. شاخصی که اغلب در تحلیل‌های اقلیمی مورد استفاده قرار می‌گیرد و در مقاله حاضر نیز از آن استفاده شده است، اندازه‌گیری نابهنجاری دمای سطح دریا (SST)° در یک مقیاس بزرگتر است که معمولاً سراسر پهنه اقیانوس آرام، از غرب تا شرق آن را دربر می‌گیرد (شکل ۱). مقدار این شاخص برای النینو مثبت و برای لائینا منفی است. یک نمونه از سال‌های فعالیت انسو در فاز گرم (سال‌های ۲۰۱۵ و ۲۰۱۶) و یک نمونه فاز سرد (سال‌های ۲۰۱۱ و ۲۰۱۲) در دوره نوزده ساله انتخاب شدند. به عبارت دیگر قوی‌ترین النینو و لائینای موجود در دوره ذکر شده، انتخاب شدند.

برای محاسبه اثر انسو بر روی دما، تحلیل رخدادهای فرین و حذف اثر سایر دورپیوندها ابتدا بی‌هنجاری‌های روزانه دما نسبت به میانگین بلند مدت فصلی محاسبه و به‌منظور تاکید بر نقش انسو و حذف پدیده‌های با دوره زمانی کمتر از ۹ ماه، این بی‌هنجاری‌ها از پالایه بالاگذر باترفورس^۵ و با حذف پدیده‌های با دوره زمانی کمتر از ۷ روز از پالایه پایین گذر باترفورس عبور داده شد [12].

پاور و همکاران (۲۰۰۶) نشان دادند که ارتباط بین انسو و کمیت‌های بارش و دما در استرالیا غیر خطی است به طوری که در لائیناهای قوی، معمولاً در استرالیا ترسالی رخ می‌دهد اما شرایط ال‌نینوی قوی لزوماً با خشکسالی همراه نبوده و میزان خشکسالی نیز ارتباط چندانی با شدت النینو ندارد [2]. نتایج مطالعه وانگ و همکاران (۲۰۰۷) نشان داد که در شرایط لائینا، یک پرفشار نابهنجار با مقیاس قاره‌ای بر روی بخش‌های زیادی از آمریکای شمالی مستقر می‌شود که پی‌آمد آن تابستانی خشک و داغ در مرکز آمریکا است؛ در حالی که اثر النینو بر روی آمریکای شمالی ضعیف و کاملاً متغیر است [3]. مطالعه شامن و تزیپیرمن (۲۰۰۷) نشان داد که ال‌نینو با افزایش نابهنجاری در جت شمال آفریقا-آسیا و گسترش غرب‌سوی آن همراه است [4]. رابطه فاز منفی نوسان اطلس شمالی با ال‌نینو و فاز مثبت با لائینا می‌باشد [5]. در مورد نتایج تحقیقات انجام شده در داخل کشور نیز می‌توان به افزایش مقدار بارش ایران در فاز منفی انسو (ال‌نینو) غالباً در ماه‌های اکتبر و نوامبر [6] و همچنین افزایش و کاهش بارش پاییزه آذربایجان شرقی به ترتیب همزمان با وقوع ال‌نینو و لائینا [7] اشاره کرد. همبستگی منفی انسو با تغییرات ماهانه و فصلی دمای نیمه جنوبی ایران و ارتباط دورپیوند انتقالی انسو بیش از نوسان جنوبی است [8].

احمدی گیوی و همکاران [9]، به منظور تاکید بر نقش (MJO)^۱ و حذف پدیده‌های با دوره زمانی کمتر از ۳۰ روز و بیشتر از ۶۰ روز، بی‌هنجاری‌ها را از یک «پالایه زمانی لنکروس»^۲ عبور دادند [10] و [11].

دما از جمله مهم‌ترین متغیرهای شناخت اقلیم‌های مختلف است و اثرات زیادی بر سلامت انسان، اقتصاد و جامعه دارد. از این رو مطالعه آن از اهمیت زیادی برخوردار است. با توجه به اینکه تغییرات دمای هر منطقه می‌تواند به دورپیوندهای مختلفی وابسته باشد، در این مقاله سعی شده است تا اثر انسو بر روی روند تغییرات دمای زمستانه استان تهران در طول دوره آماری ۱۹ ساله (۲۰۰۰-۲۰۱۸) بررسی شود. برای این

³ Arctic oscillation

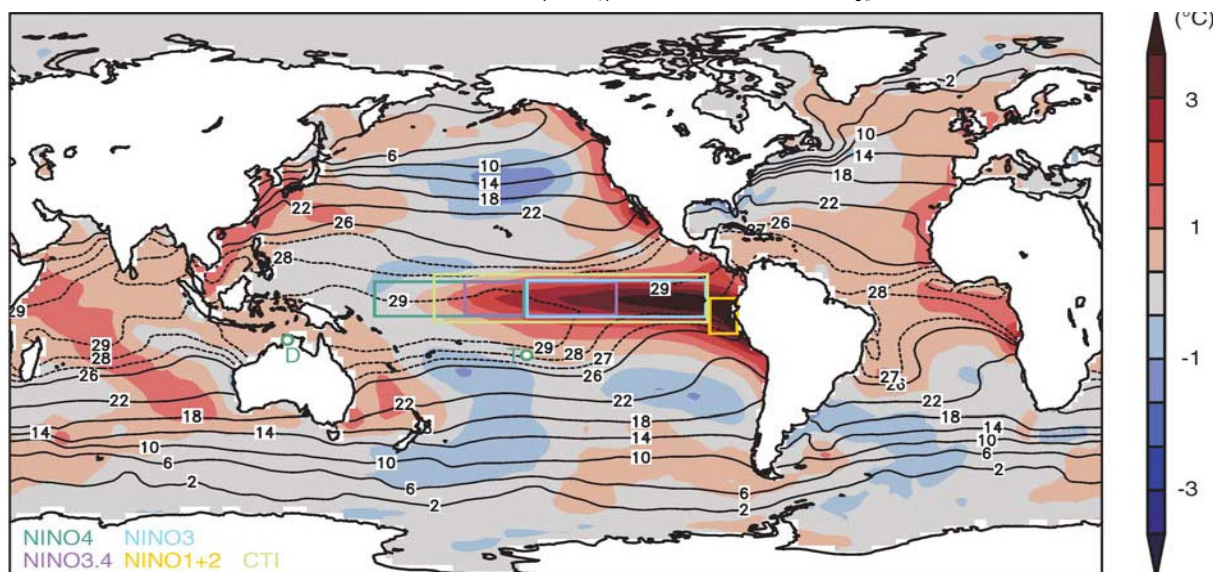
⁴ North Atlantic Oscillation

⁵ Sea Surface Temperature

⁶ Butterworth High-Low pass filter

¹ Madden-Julian Oscillation

² Lanczos bans-pass filter



شکل ۱- مقادیر مطلق (خطوط کنتوری) و بی‌هنجاری‌های (سایه‌های رنگی) بین سال‌های ۱۹۹۱ تا ۱۹۹۰ دمای سطح دریا. نشانگرهای مستطیلی مناطق میانگین استفاده شده در شاخص‌های متداول انسو را نشان می‌دهد (بیان شده در متن)

۳۵,۷۵	۵۲,۷۳۳۳	۱۹۷۶	فیروزکوه
۳۵,۴۱۶۶۷	۵۱,۱۶۶۶۷	۹۹۰,۲	فرودگاه امام خمینی
۳۵,۷۳۳۳۳	۵۱,۱۶۶۶۷	۱۳۰۵,۲	چیتگر
۳۵,۷۴۶۶۷	۵۱,۳۸۶۶۷	۱۴۱۸,۶	ژئوفیزیک
۳۵,۷۱۶۶۷	۵۲,۰۵	۲۰۵۱	دماوند
۳۵,۷۱۶۶۷	۵۲,۵	۲۹۸۵,۷	(فیروزکوه) آلودگی
۳۵,۷۱۶۶۷	۵۱,۰۱۶۶۷	۱۱۶۲,۹	شهریار
۳۵,۳۱۶۶۷	۵۱,۶۵	۹۷۳	ورامین

نتایج و بحث

در شکل ۲ سری زمانی بی‌هنجاری روزانه دما نسبت به میانگین بلند مدت فصلی (خطوط آبی رنگ) از دسامبر سال ۲۰۱۵ تا فوریه سال ۲۰۱۶ برای ایستگاه شمیرانات و مهرآباد تهران آورده شده است. با توجه به اعمال پالایه بر روی این بی‌هنجاری‌ها، مقادیر مربوط به اثر النینو و سامانه‌های همدیدی گذرا از یکدیگر تفکیک شده و در این شکل به ترتیب با خطوط خاکستری و نارنجی نشان داده است. نتیجه محاسبات بیانگر آن است که روند اثر النینو بر روی بی‌هنجاری دمای روزانه هر دو ایستگاه بسیار ناچیز و مثبت (حدود ۷ درصد) و از نظر آماری فاقد سطح معنی‌داری است. همچنین در این شکل دیده می‌شود که برای ایستگاه شمیرانات از دسامبر ۲۰۱۵ تا اوایل ماه فوریه سال ۲۰۱۶ شیب تغییرات دمایی کم و بین ۴- تا ۴ درجه سلسیوس در نوسان

داده و منطقه مورد مطالعه

جهت بررسی اثر انسو بر دمای زمستانه استان تهران، از مقادیر میانگین ماهانه شاخص انسو در یک دوره زمانی ۱۹ ساله (۲۰۰۰-۲۰۱۸) در ماه‌های دسامبر، ژانویه و فوریه استفاده شده است. این داده‌ها از وبگاه خدمات هواشناسی ملی آمریکا^۱ بخش مرکز پیش‌بینی تغییر اقلیم (CPC)^۲ استخراج شده‌اند. فازهای مختلف انسو با توجه به مقادیر شاخص $SOI \leq -5$ برای النینو و $SOI \geq +5$ برای لانینا شناسایی می‌شوند. همچنین در این کار از مقادیر میانگین دمای هوا در ارتفاع دو متری از سطح زمین در ۱۱ ایستگاه همدید استان تهران نیز متناظر با شاخص انسو استفاده شده است. این داده‌ها از سازمان هواشناسی ایران دریافت شده است. موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه در استان تهران در جدول ۱ خلاصه شده است.

جدول ۱- موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه در استان تهران

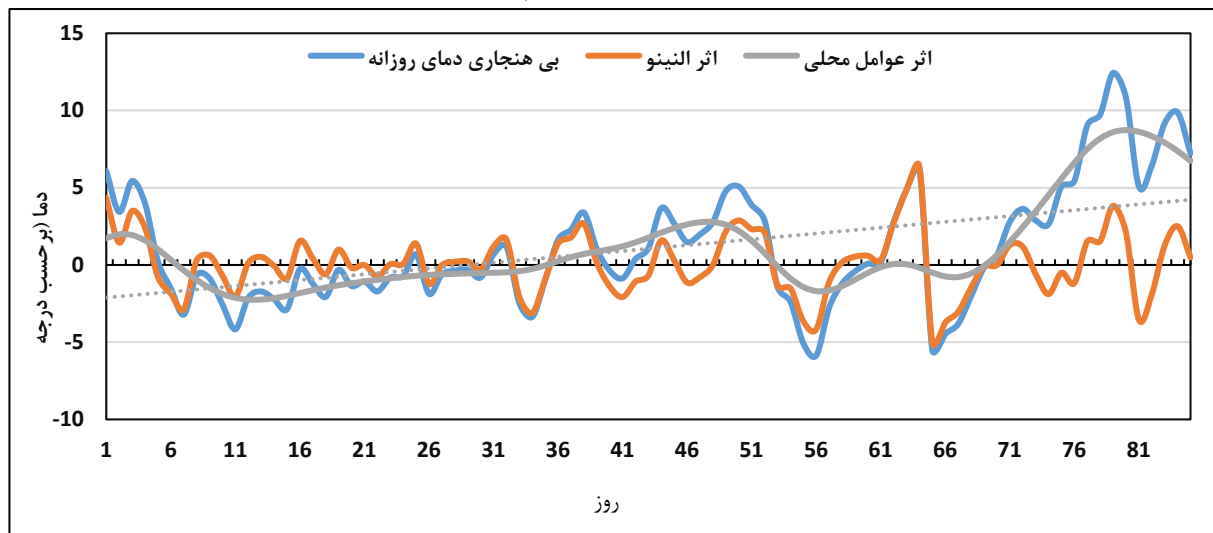
نام ایستگاه	ارتفاع (متر)	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
شمیرانات	۱۵۴۹,۱	۵۱,۴۸۵۲۸	۳۵,۷۹۸۸۹
فرودگاه مهرآباد	۱۱۹۱	۵۱,۳۰۹۴۴	۳۵,۶۹۳۳۳
آبعلی	۲۴۶۵,۲	۵۱,۸۸۳۳۴	۳۵,۷۵

^۱ National Weather Service

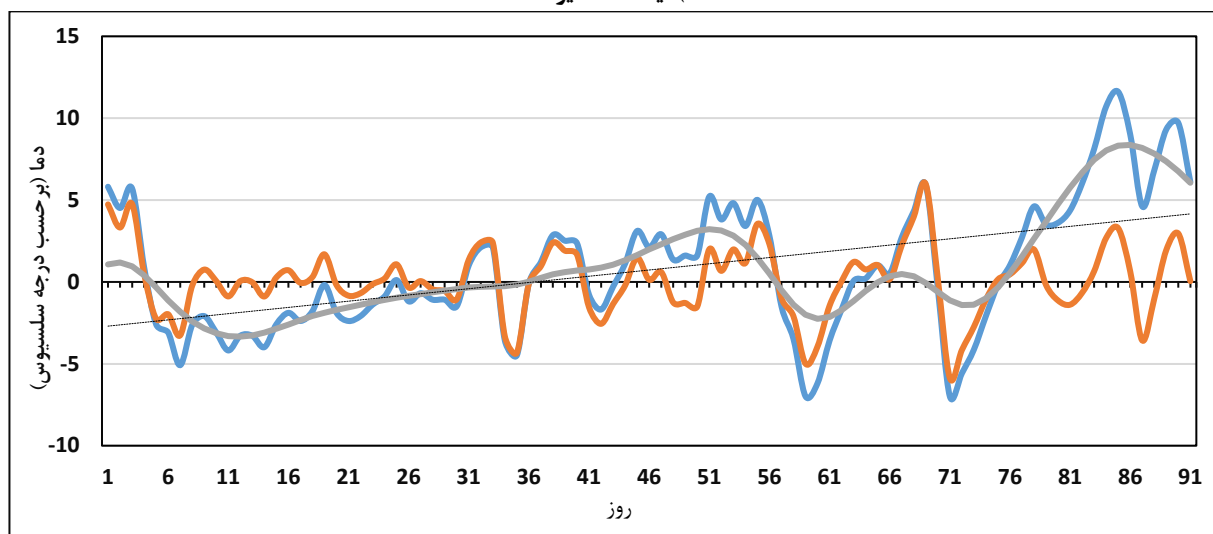
^۲ Climate Prediction Center

در دو ماه برآورد شده است؛ در حالی که از اوایل ماه فوریه سال ۲۰۱۶ تا اواسط این ماه شیب افزایش دما تند بوده و حدود ۲۰ درجه سلسیوس در ۱۴ روز است. همچنین در شکل دیده می‌شود که اثر النینو بر روی تغییرات دما در هر دو ایستگاه شمیرانات و مهرآباد تهران به نسبت کم و بصورت نامنظم است.

است؛ اما از ابتدای ماه فوریه دما با یک شیب به نسبت تند افزایش می‌یابد (حدود ۱۸ درجه سلسیوس در طی ۱۴ روز). در ایستگاه مهرآباد تهران نیز همین روند مشاهده شد. به عبارت دیگر شیب تغییرات دما از ابتدای ماه دسامبر سال ۲۰۱۵ تا ابتدای ماه فوریه سال ۲۰۱۶ با یک روند بسیار کند در حال افزایش است که مقدار آن حدود ۱۰ درجه سلسیوس



الف) ایستگاه شمیرانات



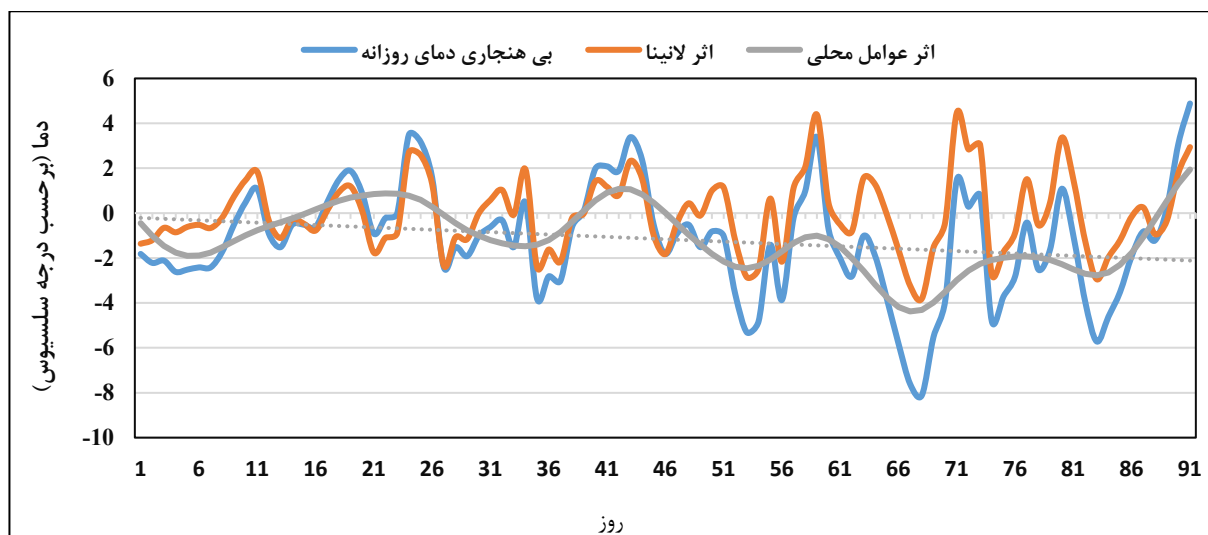
ب) ایستگاه مهرآباد

شکل ۲- سری زمانی بی هنجاری‌های روزانه دما نسبت به میانگین بلند مدت فصلی (خطوط آبی رنگ)، اثر النینو (خطوط خاکستری) و عوامل خرد مقیاس محلی (خطوط نارنجی) از دسامبر سال ۲۰۱۵ تا فوریه سال ۲۰۱۶ ایستگاه شمیرانات و ایستگاه تهران مهرآباد. خطوط خط چین روند تغییرات اثر النینو بر روی بی هنجاری دما است.

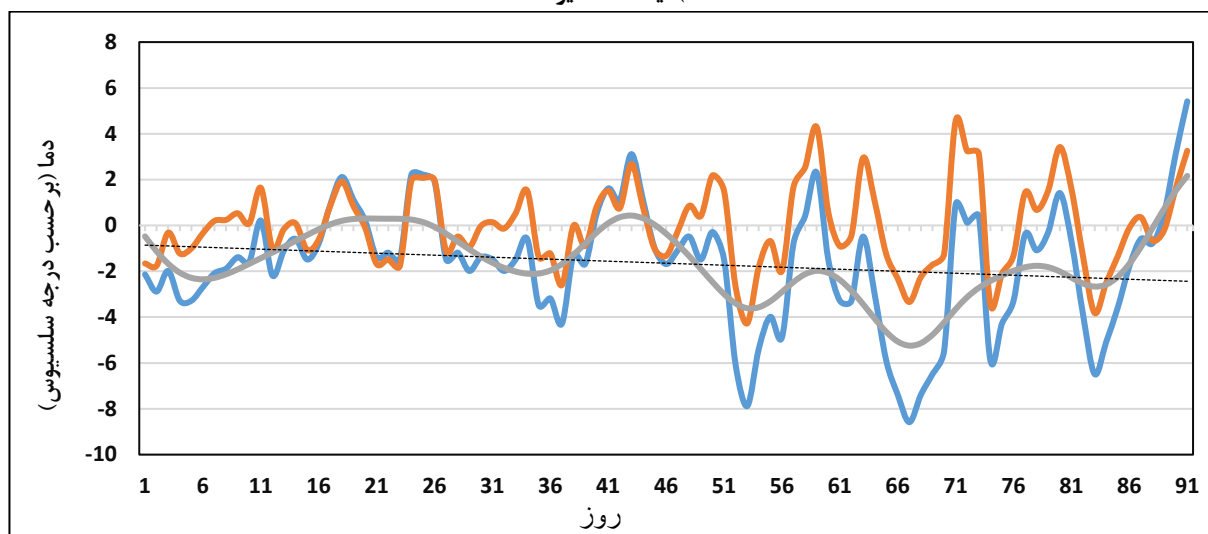
پالایه بر روی این بی هنجاری‌ها، مقادیر مربوط به اثر لانینا و سامانه‌های هم‌مدیدی گذرا از یکدیگر تفکیک شده و در این شکل به ترتیب با خطوط خاکستری و نارنجی نشان داده است. در این شکل دیده می‌شود اثر لانینا بر روی روند

در شکل ۳ سری زمانی بی هنجاری روزانه دما نسبت به میانگین بلند مدت فصلی (خطوط آبی رنگ) از دسامبر سال ۲۰۱۱ تا فوریه سال ۲۰۱۲ برای ایستگاه شمیرانات و مهرآباد تهران آورده شده است. در این شکل نیز با توجه به اعمال

بی‌هنجاری دمای روزانه ایستگاه‌های شمیرانات و مهرآباد تهران بسیار ناچیز و منفی و در حدود ۲ درصد است. همچنین در شکل دیده می‌شود که برای هر دو ایستگاه، نوسان تغییرات بی‌هنجاری دما تقریباً به صورت سینوسی منظم بوده و این نوسان در مورد اثر لانینا دارای دوره زمانی تقریبی ۲۰ روز در هر دو ایستگاه می‌باشد. در هر دو ایستگاه نیز مشاهده می‌شود که میزان تغییرات دمایی بین ۸- تا ۲ درجه سلسیوس در نوسان بوده که این نوسان در ماه دسامبر سال ۲۰۱۱ کم و در حدود ۵ درجه سلسیوس و در ماه‌های ژانویه و فوریه سال ۲۰۱۲ تقریباً زیاد و حدود ۱۰ درجه سلسیوس است.



الف) ایستگاه شمیرانات



ب) ایستگاه مهرآباد

شکل ۳- سری زمانی بی‌هنجاری‌های روزانه دما نسبت به میانگین بلند مدت فصلی (خطوط آبی رنگ)، اثر النینو (خطوط خاکستری)، عوامل خرد مقیاس محلی (خطوط نارنجی) و خطوط خط چین روند تغییرات اثر لانینا بر روی بی‌هنجاری دما؛ از دسامبر سال ۲۰۱۱ تا فوریه سال ۲۰۱۲

یکی از مهمترین متغیر شناخت اقلیم‌های مختلف است و اثرات بسیاری بر سلامت انسان، اقتصاد منطقه و جامعه می‌گذارد، در این مطالعه سعی شد تا با حذف اثر سایر پدیده‌ها، تنها اثر این دورپیوند بر روی روند تغییرات دمای زمستانه استان تهران بررسی شود.

نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه تغییرات دمایی هر منطقه به دورپیوندهای مختلفی وابسته است و از آنجا که دورپیوند انسو یکی از مهمترین و موثرترین دورپیوند در تغییرات اقلیمی و گرمایش جهانی است که می‌تواند تأثیرات مستقیم اقتصادی و اجتماعی بر سلامت و رفاه بشر بگذارد، و با در نظر گرفتن اینکه دما

implications for the Indian monsoons, *Geophysical Research Letters*, vol. 34, 2007.

- 5- Y. Li and N. C. Lau, Impact of ENSO on the Atmospheric Variability over the North Atlantic in Late Winter—Role of Transient Eddies, *Climate J. Int*, vol. 25, pp. 320-342, 2012.

۶- عزیزی، ق؛ (۱۳۷۹)، ال نینو و دوره‌های خشک سالی-ترسالی

در ایران پژوهش‌های جغرافیایی، ۳۸، ۸۴-۷۱.

۷- خورشید دوست، ع. م. و قویدل رحیمی، ی. (۱۳۸۵)، ارزیابی

پدیده انسو بر تغییرپذیری بارش‌های فصلی استان آذربایجان

شرقی با استفاده از دورپیوند چند متغیره انسو پژوهش‌های

جغرافیایی، ۵۷، ۲۶-۱۵.

۸- زارع ابیانه، ح. و بیات ورکشی، م، (۱۳۹۱)، تأثیر پدیده انسو بر

تغییرات دمای ماهانه و فصلی نیمه جنوبی کشور، پژوهش‌های

جغرافیای طبیعی، ۲، ۸۴-۶۷.

۹- احمدی گیوی، ف؛ محب الحجه، ع و غضنفری لاکه، ا.

(۱۳۸۸)، مطالعه توزیع رطوبت و بارش بر روی ایران در

زمستان ۱۳۸۶ و ارتباط احتمالی آن با همرفت در اقیانوس هند

مجموعه مقالات دوازدهمین کنفرانس دینامیک شاره‌ها،

دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل.

- 10- C. E. Duchon, Lanczos filter in one and two dimensions, *J. Appl. Meteor*, vol. 18, pp. 1016-1022, 1979.

- 11- C. Jones, D. E. Waliser and C. Gautier, The influence of the Madden-Julian Oscillation on ocean surface heat fluxes and sea surface temperature, *J. Climate*, vol. 11, pp. 1057-1072, 1997.

- 12- D. Pollock, Trend estimation and de-trending via rational square-wave filters, *Journal of Econometrics*, vol. 99, p. 317-334, 2000.

نتایج حاکی از آن است که در زمان وقوع النینو میزان

تغییرات دما کم و مثبت است و اثر النینو بر روی این تغییرات

به صورت نامنظم است. به طوری که سرمایش قابل توجهی

در این دوره دیده نشد، درحالی که در ماه فوریه یک افزایش

محسوس دما تا حدود ۱۰ درجه سلسیوس اتفاق افتاد.

همچنین واریانس دما نسبت به میانگین بلند مدت حدود

($^{\circ}\text{C}^2$) ۱۵ بود. در زمان وقوع لانینا میزان تغییرات دما کم و

منفی است که اثر لانینا بر روی این تغییرات نیز به صورت

سینوسی منظم مشاهده شد. به طوریکه واریانس دما نسبت به

میانگین بلند مدت حدود ($^{\circ}\text{C}^2$) ۸ بود. همچنین در زمان

رخداد این دوره، مقادیر دما کمتر از میانگین بود که نشان

دهنده یک روند به نسبت سرد است. به طوریکه بر خلاف

زمان رخداد النینو که در ماه فوریه دما به یکباره افزایشی بود

در این دوره تقریباً در تمام ایستگاه‌های استان تهران دما به

طور میانگین به کمتر از ۷- درجه سلسیوس رسید.

منابع

- 1- C. A. Tartaglione, S. R. Smith and J. J. O'Brien, ENSO impact on Hurricane landfall probabilities for the Caribbean, *J. Climate*, vol. 17, pp. 2925-2931, 2003.
- 2- S. Power, M. Haylock, R. Colman and X. Wang, The predictability of interdecadal changes in ENSO activity and ENSO teleconnections, *J. Climate*, vol. 19, pp. 4755-4771, 2006.
- 3- Z. Wang, C. P. Chang and B. Wang, Impacts of El Niño and La Niña on the U.S. climate during Northern Summer, *J. Climate*, vol. 20, pp. 2165-2177, 2007.
- 4- J. Shaman and E. Tziperman, Summertime ENSO—North African—Asian Jet teleconnection and