

مطالعه بی‌هنجاری الگوهای فشار و بارش پائیزه ایران در حالت‌های مختلف تغییر فاز انسو با شدت‌های مختلف

فرانک بهرامی^۱، عباس رنجبر سعادت آبادی^{۲*}، امیرحسین مشکوتی^۱

^۱ گروه علوم زمین، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
^۲ گروه آلودگی هوا و شیمی جو، پژوهشکده هواشناسی و علوم جو، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۱/۲۰ ، تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۵/۱۴

چکیده

به منظور تعیین اثر دوره‌های تغییر فاز انسو بر روی الگوهای گردش جوی و بی‌هنجاری بارش پائیزه ایران، دوره‌های تغییر فاز انسو (از حالت النینو به لائینا-تغییر فاز از نوع ۱ و از حالت لائینا به النینو-تغییر فاز از نوع ۲) بر اساس شاخص نینوی اقیانوسی طی بازه زمانی ۱۹۵۰-۲۰۱۸ تعیین گردید. هر نوع تغییر فاز به چهار مورد مجزا تقسیم بندی و بر این اساس: الگوی نوع ۱ به چهار حالت مختلف تغییر از دوره النینوی قوی به لائینای قوی، النینوی ضعیف به لائینای قوی، النینوی قوی به لائینای ضعیف و از النینوی ضعیف به لائینای ضعیف و برای تغییر فاز از نوع ۲ به حالت‌های تغییر از لائینای قوی به النینوی قوی، لائینای ضعیف به النینوی قوی، لائینای قوی به النینوی ضعیف و لائینای ضعیف به النینوی ضعیف تقسیم بندی گردیدند. مقادیر میانگین و بی‌هنجاری پارامترهای فشار سطح دریا و بارش با کمک داده‌های مرکز ملی پیش‌بینی‌های محیطی مربوط به اداره ملی جوی و اقیانوسی آمریکا و با برنامه نویسی در محیط نرم افزار Grads برای دوره‌های مختلف تغییر فاز انسو محاسبه شد. همچنین جهت مقایسه معنی‌داری تغییرات الگوها آزمون آماری تی-استیودنت برای تمام نقاط شبکه‌ای بکار گرفته شد. نتایج نشان‌دهنده تقویت مراکز فشاری ایسلند و آزرور بر روی شمال و جنوب اقیانوس اطلس در الگوی نوع ۲ و تضعیف آنها در الگوی نوع ۱ در سطح معنی‌داری ۹۹ درصد و مقادیر شدیداً کمتر از میانگین (بی‌هنجاری منفی) و نزدیک به مقادیر میانگین و معنی‌داری از لحاظ آماری در سطح ۷۵ درصد به ترتیب در الگوی نوع ۲ و نوع ۱ بر روی ایران بوده است. همچنین مقادیر بی‌هنجاری شدید مثبت بارش در دوره تغییر فاز نوع ۲ و بی‌هنجاری شدید منفی در نوع ۱ بر روی عمده مناطق ایران بدست آمد که این تغییرات برای نیمه شمالی کشور در سطح آماری ۹۵ درصد و برای بقیه مناطق در سطح ۷۵ درصد معنی‌دار بوده است.

کلمات کلیدی: تغییر فاز انسو، فشار سطح دریا، بارش، بی‌هنجاری، ایران

کشور ایران از لحاظ موقعیت جغرافیایی در منطقه جنب حاره و کمربند خشک جهان قرار گرفته است. به همین دلیل شرایط جوی آن متأثر از سامانه‌های جوی جنب حاره و عرض‌های میانه می‌باشد. علاوه بر مقدار کم بارش در بخش وسیعی از کشور، تغییرپذیری بارش در این مناطق علاوه بر عدم قطعیت در برنامه‌ریزی‌های کلان زیست محیطی، موجب پدید آمدن تبعات اقتصادی و اجتماعی زیادی، هم در دوره‌های خشک که منجر به خشکسالی و هم در دوره‌های تر به سبب بارش‌های رگباری و رخداد سیلاب می‌گردد (پاراحمدی و عزیزی ۱۳۸۶). به همین دلیل مطالعه تغییرات بارش و عوامل اثرگذار بر آن، همواره مورد توجه محققان بوده است. یکی از موضوعاتی که برای تبیین تغییرپذیری اقلیمی بارش در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است، بررسی تغییرپذیری اقلیم مناطق مختلف جهان بر اساس سازوکارهای ارتباط از دور^۱ است. یکی از سازوکارهای مورد توجه، پدیده ارتباط از دور النینو-نوسانات جنوبی^۲ (انسو) است که در مقیاس‌های زمانی چند ساله پدیده غالب تغییرات آب و هوایی است. در این پدیده، ماه‌هایی با دمای سطح دریای بالاتر از نرمال (النینو) و پایین‌تر از نرمال (لانینا) در اقیانوس آرام حاره‌ای، هستند که با تغییرات در گردش جوی همراهند و از طریق فرآیندهای دینامیکی جو، این تغییرات، به مراتب به مناطقی فراتر از اقیانوس آرام حاره‌ای گسترش می‌یابند (گلانتس ۱۹۹۶)^۳. انسو می‌تواند موجب تغییرات شدید در پارامترهای مختلف جوی و اقیانوسی، مانند تغییرات فشار سطحی، باد، دما، بارش و ... گردد که بسته به شدت پدیده و همچنین فاصله از محل وقوع، تأثیرات متفاوتی بر مناطق مختلف کره زمین می‌گذارد. این نوسان جهت تعدیل علت‌های واقعی اثرگذار بر چرخه آب و فرآیندهای محیطی مورد بررسی قرار می‌گیرد (دلیتالو^۴ و همکاران ۲۰۰۰). به اعتقاد ویلس و گودی^۵ (۲۰۰۳)، از آنجایی که انسو می‌تواند متأثر از وضع جهانی اقلیم باشد، بنابراین

الگوهای بارش در سرتاسر کره زمین متأثر از این پدیده دستخوش تغییرات می‌گردند. به دلیل اهمیت بالای این پدیده و تأثیرات احتمالی آن بر الگوهای مختلف جوی همواره محققان زیادی در مناطق مختلف کره زمین در این باره مطالعاتی انجام داده‌اند. به عنوان مثال هندون^۶ (۲۰۰۳)، با استفاده از داده‌های مشاهداتی در دوره ۹۷-۱۹۵۷ ارتباط بین انسو و بارش اندونزی و همچنین دمای سطحی دریا و بی‌هنجاری‌های گردش جوی را بررسی کرد و نشان داد که، بی‌هنجاری‌های بارش فصل خشک از نظر مکانی هم‌دوس^۷ است و به شدت با دمای سطح دریا و فاز گرم انسو (النینو) همبستگی دارد. شرایط خشکسالی به طور معمول در دوره النینو رخ می‌دهد و در این فاز، دمای سطح آب اطراف اندونزی خنک و گردش واکر نیز ضعیف‌تر است. عکس این روند در فاز سرد انسو صورت می‌گیرد، به گونه‌ای که از نظر مکانی، نا هم‌دوس^۸ است و همبستگی با دمای سطحی آب وجود ندارد. لیم و کیم^۹ (۲۰۰۷) با بررسی اثرات انسو بر تحولات مکانی و زمانی بارش و کمیت‌های هم‌دیدگی مرتبط با مونسون تابستانی آسیایی به این نتیجه رسیدند که مونسون به شکل پیچیده‌ای به فازهای مختلف انسو پاسخ می‌دهد. این پاسخ به عواملی چون مرحله آغاز یا بلوغ مونسون، بی‌هنجاری گردش واکر، بی‌هنجاری گردش هادلی و فشار سطحی دریا در غرب اقیانوس آرام بستگی دارد. نتایج آنها حاکی از آن است که بی‌هنجاری بارش مشاهده شده همراه با مونسون تابستانه آسیا را نمی‌توان فقط متأثر از فازهای گوناگون انسو در نظر گرفت، بلکه این پدیده با دیگر عوامل جوی و اقیانوسی ارتباط دارد. باریوپدرو^{۱۰} و همکاران در سال ۲۰۱۴ پژوهشی در خصوص ارتباط پدیده انسو، گرمایش ناگهانی پوشش سپهری و بندال‌ها انجام دادند. از جمله نتایج آنها حاکی از آن است که بندال‌های اطلس و اروپا تمایل دارند قبل

6 Hendon

7 Coherent

8 Non-Coherent

9 Lim and Kim

10 Barriopedro

5 Viles & Goudie

منطقه ای در زمان استقرار لاینای ضعیف بعد از النینوی قوی پرداختند و از جمله نتایج آنها بی هنجاری های شدید منفی بارش (از ۱ تا ۱۰۰ درصد)، در بیش از ۷۰ درصد ایستگاه های همدیدی ایران در این دوره بوده است. بررسی منابع مختلف نشان داد که مطالعه اثرات فازهای مختلف انسو بر روی پارامترهای متفاوت در نقاط مختلف کره زمین بخوبی انجام شده اما مطالعه بی هنجاری الگوهای جوی و پارامترهای هواشناختی در دوره های تغییر فاز انسو کمتر مورد توجه قرار گرفته است. بنابراین در این پژوهش هدف اصلی مطالعه اثر دوره های انتقال فاز انسو (از حالت های مختلف لاینای به النینو و برعکس) بر روی الگوهای گردش جوی و بارش پائیزه بر روی ایران است.

مواد و روش ها

الف- شاخص ENSO

چندین شاخص مختلف برای تعریف پدیده انسو و شرایط آن مانند شاخص نوسان جنوبی (SOI)، (Trenbert, 1984)، شاخص انسو چند متغیره¹⁴ (MEI, Wolter and Timlin) و (Stepaniak, 2001) وجود دارد. در این پژوهش شاخص نینوی اقیانوسی (ONI¹⁶)، که توسط مرکز پیش بینی آب و هوا (CPC¹⁷) از اداره ملی اقیانوسی و جوی¹⁸ توسعه یافته است، برای تعریف وضعیت های مختلف انسو استفاده گردیده است (شکل ۱). لازم به توضیح است که بکارگیری شاخص های دیگری مانند SOI یا MEI و... در نتایج بررسی شرایط النینو و لاینای تفاوت چشمگیری نخواهد داشت (پنالبا و ریورا ۲۰۱۶)¹⁹. مقدار شاخص NOI با تفاضل مقدار میانگین دمای سطح دریا در منطقه نینو ۳،۴ از میانگین متحرک سه ماهه آن بدست می آید. این منطقه بین عرض های جغرافیایی ۵

از وقوع گرمایش ناگهانی پوشش سپهری در حین فاز لاینای رخ دهند، در صورتی که بندانال های منطقه شرق آرام و سیبری قبل از وقوع گرمایش ناگهانی پوشش سپهری در زمستان ها در حین فاز لاینای رخ دهند. شامن¹¹ در سال ۲۰۱۴ با بررسی تأثیر فصلی انسو بر بارش های اروپا، اظهار داشت که پدیده انسو تأثیرات کمی بر بارش های زمستانه اروپا دارد. داوی¹² و همکاران در سال ۲۰۱۴، اثر پدیده انسو بر بارندگی و دمای نزدیک سطح زمین را طی سال های گذشته را مطالعه نمودند. شیمیزو و آمبریزی¹³ در سال ۲۰۱۵ اثر انسو بر بارندگی و دمای هوا در آمریکا را مطالعه کردند و نشان دادند که میزان بارش و دمای هوا در آمریکا به شدت متأثر از این پدیده است. بهرامی و همکاران (۲۰۱۹) نشان دادند که الگوی بارش بر روی منطقه خاورمیانه کاملاً در دوره های تغییر فاز انسو تغییرات معنی داری دارد در حالی که بررسی های آنان هیچگونه تغییرات معنی داری را در پارامتر دما نشان نداد. مطالعاتی نیز در ایران انجام شده است به عنوان مثال احمدی گیوی و پرهیزکار (۱۳۸۷)، به بررسی نقش انسو در بارش سالانه ایران در دوره ۲۰۰۰-۱۹۷۱ پرداختند که نتایج آنان نشان داد که در هیچ یک از فازها، توزیع سالانه بارش از الگو و روندی خاص تبعیت نمی کند. شیر محمدی و همکاران (۱۳۹۱) به بررسی ارتباط پدیده انسو با مقادیر حدی بارش های فصلی در استان های خراسان پرداختند. آنان میزان همبستگی میان مقادیر حدی بارش در فصول مختلف سال، با دمای سطح اقیانوس در ناحیه نینو ۳،۴ در وقفه های زمانی مختلف را بررسی کردند. نتایج مطالعات آنان نشان داد که شاخص های بارش فصل بهار و پائیز بیشترین همبستگی در وقفه زمانی ۱ ماهه به دست می دهند، همچنین بیشترین همبستگی برای وقایع غیر قابل انتظار بارش در فصل زمستان مانند تعداد بارش های بیشتر از ۵۰ میلی متر، در وقفه زمانی ۵ تا ۶ ماهه به دست آمد. بهرامی و همکاران (۱۳۹۷) به مطالعه بی هنجاری های بارش پائیزه ایران و گردش های جوی

11 shaman

12 Davey

13 Shimizu & Ambrizzi

14 Multivariate ENSO Index

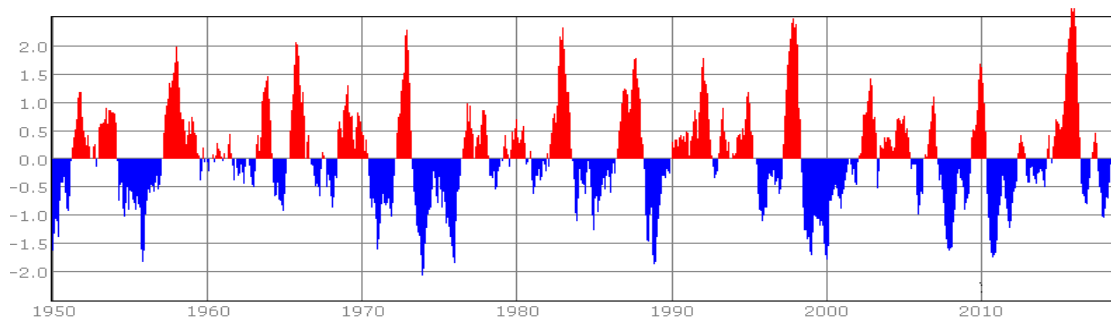
15 Trans-Nino Index

16 Oceanic Nino Index

17 Climate Prediction Center

18 National Oceanic And Atmospheric Administration

19 Penalba & Rivera



شکل ۱. شاخص NOI از سال ۱۹۵۰ تاکنون (http://www.cpc.ncep.noaa.gov)

جدول ۱. رخداد‌های مختلف آنسو

الگوی تغییر فاز نوع ۱			
الگویی ضعیف به لاینی ضعیف	الگویی ضعیف به لاینی قوی	الگویی قوی به لاینی ضعیف	الگویی قوی به لاینی قوی
۱۹۹۵، ۲۰۰۵	۱۹۵۴، ۱۹۷۰، ۲۰۰۷	۱۹۶۴، ۱۹۸۳، ۲۰۱۶	۱۹۷۳، ۱۹۸۸، ۱۹۹۸، ۲۰۱۰
الگوی تغییر فاز نوع ۲			
الگویی ضعیف به لاینی ضعیف	الگویی ضعیف به لاینی قوی	الگویی قوی به لاینی ضعیف	الگویی قوی به لاینی قوی
۲۰۰۶	۱۹۶۵، ۱۹۹۶، ۱۹۹۷، ۲۰۰۹	۱۹۷۶	۱۹۵۰، ۱۹۵۱، ۱۹۵۶، ۱۹۵۷، ۱۹۷۲، ۱۹۸۵، ۱۹۸۶، ۲۰۰۱، ۲۰۰۲

بررسی قرار گرفت. ملاک تقسیم بندی دوره های النینو قوی و لاینی قوی در جدول ۱ بر اساس مقادیر بالاتر از ۱ (کمتر از -۱) شاخص NOI می باشد و مقادیر کمتر از ۱ یا -۱ به عنوان دوره های ضعیف در نظر گرفته شده است.

ب- داده های مورد استفاده

داده های میانگین ماهانه و اقلیمی پارامترهای بارش و فشار سطح دریا برای دوره ۲۰۱۸-۱۹۵۰ از داده های تحلیل مجدد مرکز ملی هواشناسی آمریکا دریافت گردید. با کمک این داده ها مقادیر میانگین و بی‌هنجاری پارامترهای فشار سطح دریا و بارش ایران برای دوره های تغییر فاز مورد نظر بدست آمد. سپس هر نمونه مطابق با جدول ۱ به چهار مورد مجزا تقسیم شد. معیار ضعیف یا قوی بودن رخدادها بر اساس شاخص نینوی اقیانوسی مشخص گردید، بدین صورت که اگر این شاخص بین ۵ و ۱ قرار داشت رخداد ضعیف، بین ۱ و ۲ متوسط و بالاتر از ۲ قوی در نظر گرفته شد. مناطق واقع در عرض جغرافیایی ۴۴ تا ۶۴ درجه شرقی و ۲۲ تا ۴۲ درجه شمالی به عنوان

درجه جنوبی تا ۵ درجه شمالی و طول های جغرافیایی ۱۲۰ تا ۱۷۰ درجه غربی قرار دارد. بر اساس این شاخص زمانی که بی‌هنجاری دمای سطح دریا در منطقه نینو ۳،۴ در ۵ دوره متوالی بالاتر از ۰،۵ (کمتر از ۰،۵-) باشد به ترتیب با رخداد‌های النینو (لانینا) همراه هستند.

به منظور تعیین حالت های انتقال فاز آنسو از دوره های گرم به سرد و بالعکس و همچنین تعیین دوره های مورد نظر از روش زیر استفاده گردید: پائیزهای که در زمان انتقال فاز از حالت النینو به لانینا یا در ابتدای دوره لانینا قرار داشتند به عنوان تغییر فاز از نوع ۱ و همچنین انتقال فاز از دوره لانینا به النینو یا قرار گرفتن در ابتدای دوره النینو به عنوان تغییر فاز از نوع ۲ مشخص گردید. با توجه به شرایط آب و هوایی منطقه ایران در این تحقیق ماه های اکتبر، نوامبر و دسامبر به عنوان دوره پائیز انتخاب گردیدند. در نهایت هشت نمونه مختلف از تغییر فاز با شرایط ذکر شده، مطابق با جدول ۱ یافت شد. ۴ مورد برای انتقال فاز از نوع ۱ و ۴ مورد برای نوع ۲. شرایط و ویژگی های هر مورد و همینطور میانگین هر ۴ مورد برای نوع های مختلف انتقال فاز بطور جداگانه مورد

جدول ۲. رخداد‌های مختلف النینو و لانینا طی دوره (۲۰۱۸-۱۹۵۰)

فاز انسو	زمان آغاز	زمان اوج	زمان پایان
El Nino	MJJ 1951	SON 1951	DJF 1952
El Nino	JFM 1953	SON 1953	JFM 1954
La Nina	AMJ 1954	OND 1955	ASO 1956
El Nino	AMA 1957	DJF 1958	FMA 1959
El Nino	MJJ 1963	OND 1963	JFM 1964
La Nina	AMJ 1964	OND 1964	DJF 1965
El Nino	AMJ 1965	SON 1965	MAM 1966
El Nino	SON 1968	DJF 1969	DJF 1970
La Nina	JJA 1970	DJF 1971	DJF 1972
El Nino	AMJ 1972	NDJ 1972	FMA 1973
La Nina	AMJ 1973	NDJ 1973	JJA 1974
La Nina	SON 1974	NDJ 1975	MAM 1976
El Nino	ASO 1976	OND 1976	JFM 1977
El Nino	SON 1979	NDJ 1979	JFM 1980
El Nino	MAM 1982	NDJ 1982	MJJ 1983
La Nina	ASO 1983	OND 1983	DJF 1984
La Nina	SON 1984	NDJ 1984	JAS 1985
El Nino	ASO 1986	JAS 1987	JFM 1988
La Nina	AMJ 1988	NDJ 1988	AMJ 1989
El Nino	AMJ 1991	DJF 1992	MJJ 1992
El Nino	ASO 1994	NDJ 1994	FMA 1995
La Nina	JAS 1995	NDJ 1995	FMA 1996
El Nino	AMJ 1997	NDJ 1997	AMJ 1998
La Nina	JJA 1998	NDJ 1999	JFM 2001
El Nino	MJJ 2002	OND 2002	JFM 2003
El Nino	JJA 2004	OND 2004	JFM 2005
La Nina	OND 2005	DJF 2006	FMA 2006
El Nino	ASO 2006	NDJ 2006	DJF 2007
La Nina	JJA 2007	DJF 2008	MJJ 2008
La Nina	OND 2008	DJF 2009	FMA 2009
El Nino	JJA 2009	NDJ 2009	FMA 2010
La Nina	MMJ 2010	OND 2010	AMJ 2011
La Nina	JJA 2011	OND 2011	FMA 2012
El Nino	OND 2014	NDJ 2015	AMJ 2016
La Nina	JAS 2016	SON 2016	NDJ 2016
La Nina	SON 2017	NDJ 2017	FMA 2018

موارد تغییر فاز مورد نظر استفاده گردید.

نتایج و بحث

الف: رخداد‌های مختلف النینو و لانینا طی دوره ۲۰۱۸-۱۹۵۰

از سال ۱۹۵۰ تا ۲۰۱۸ مجموعاً ۲۱ مورد النینو و ۱۷ مورد لانینا بدست آمد (جدول ۲). مطابق با بررسی‌ها، تمام رخداد‌های لانینا تمایل دارند که در اواخر بهار یا ابتدای زمستان رخ دهند و اوج فعالیت آنها نیز در آخر پاییز یا ابتدای زمستان است. برای دوره‌های النینو نیز به

منطقه مورد مطالعه مشخص شدند. به منظور بررسی هر چه بهتر الگوهای فشاری مؤثر بر منطقه، برای پارامتر فشار سطح دریا منطقه وسیع تری انتخاب گردید. در ادامه آزمون تی-استیودنت جهت مقایسه میانگین‌های ترکیبی الگوها در نقاط مختلف شبکه ای بکار گرفته شد. بر این اساس یک سیگنال زمانی معنی دار در نظر گرفته شد که در سطوح مختلف آماری ۰/۷۵، ۰/۸۵، ۰/۹۵ و ۰/۹۹ برای یک آزمون دو طرفه فرضیه صفر با عدم وجود اختلاف از میانگین معنی دار باشد. از این آزمون برای مقایسه معنی داری مقادیر بارش و فشار سطح دریا در

استثنای سال‌های ۱۹۵۸، ۱۹۶۸، ۱۹۷۹ و ۲۰۱۴ بقیه دوره‌ها شرایطی مشابه با دوره‌های رخداد لایننا دارند. استثنای دیگر در دوره‌های النینو مربوط به سال ۱۹۸۷ است که با وجود اینکه در تمام دوره‌ها، النینو در اواخر پائیز یا اوایل زمستان به اوج می‌رسند و در این سال بیشینه فعالیت در تابستان بوده است. در این تحقیق رخدادهایی را انتخاب کرده ایم که در فصل پائیز النینو (لایننا) دقیقاً بعد از لایننا (النینو) یا در حین انتقال فاز بوقوع می‌پیوندند (جدول ۱).

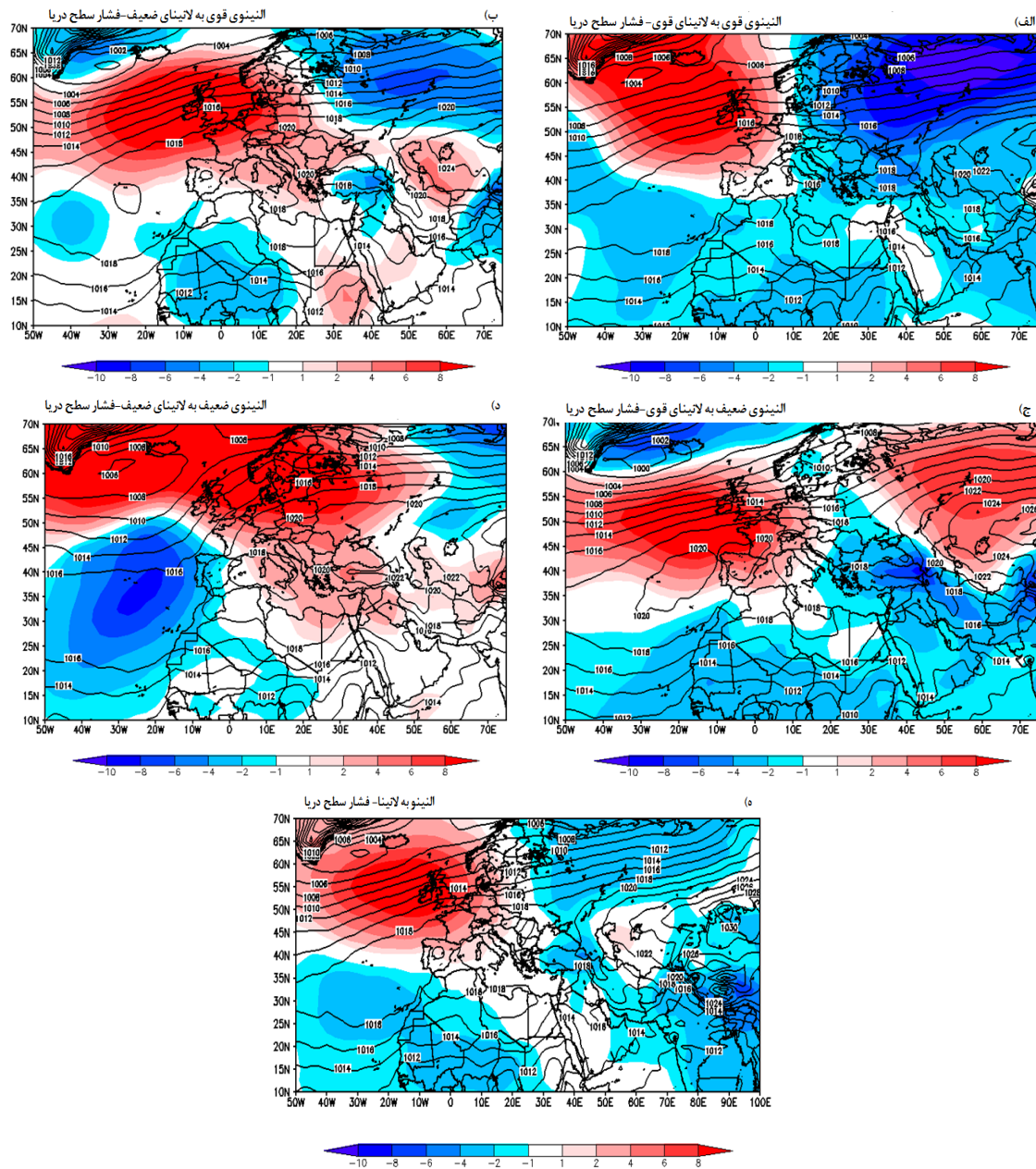
ب: بررسی الگوها طی فصل پائیز

فشار سطح دریا

مقادیر میانگین و بی‌هنجاری الگوی فشار سطح دریا در دوره‌های مختلف تغییر فاز انسو در شکل ۲- الف تا شکل ۲- هـ آمده است. شکل ۲- الف نشان دهنده تضعیف در مقدار مرکزی کم فشار ایسلند بر روی شمال اقیانوس اطلس و همچنین تضعیف پرفشارهای سیبری و آزرورز در مقایسه با میانگین بلند مدت در دوره تغییر فاز از حالت النینوی قوی به لایننای قوی است. در این دوره، کم فشار ایسلند به سمت شرق موقعیت خود جابه‌جا شده و نسبت به میانگین ۳۰ ساله تضعیف حدود ۸ هکتوپاسکالی را نشان می‌دهد. از طرفی زبانه‌های واچرخند سیبری کشیدگی به سمت غرب و جنوب داشته و کاهشی حدود ۴ هکتوپاسکال را نشان می‌دهد، در حالی که آزرورز کشیدگی شرق سو داشته و در عین حال بیش از ۴ هکتوپاسکال نیز نسبت به بلند مدت تضعیف شده است. بطور کلی الگوی بی‌هنجاری فشار سطح دریا در این دوره، نشان دهنده مقادیر کمتر از نرمال بر روی ایران بوده و الگوهای فشاری مؤثر بر منطقه (کم فشار ایسلند، پرفشار آزرورز و سیبری) (اقبال ۲۰۱۲)، نسبت به میانگین بلند مدت شدیداً تضعیف شده‌اند. برای حالت انتقال فاز از النینوی قوی به لایننای ضعیف، الگوی پرفشار سیبری به سمت شمال و شمال شرق ایران تقویت شده است، به گونه‌ای که در این مناطق الگوی بی‌هنجاری فشار بر روی شمال ایران بیش از ۲ هکتوپاسکال افزایش داشته

است (شکل ۲- ب). آنالیز ترکیبی الگوی فشار برای حالت انتقال فاز از النینوی ضعیف به لایننای قوی نشان دهنده تضعیف کم فشار ایسلند و کشیدگی آن به سمت شرق و جنوب و همچنین تقویت جنوب و غرب سوی پرفشار سیبری است. پرفشار آزرورز نیز نسبت به میانگین بلند مدت خود نسبتاً ضعیف شده است. در تمام محدوده ایران الگوی فشار کمتر از نرمال بوده به گونه‌ای که تغییرات بی‌هنجاری فشار از ۲- تا ۸- هکتوپاسکال بر روی کشور متغیر بوده است. (شکل ۲- ج). زمانی که انسو از حالت النینوی ضعیف به لایننای ضعیف تغییر فاز می‌دهد پرفشار سیبری به سمت شمال و شمال شرق ایران تقویت شده و همچنین حدود ۲ هکتوپاسکال نسبت به میانگین بلند مدت افزایش در مقدار فشار مرکزی را نشان می‌دهد. در این دوره مقادیر مرکزی فشار در دو مرکز کم فشار و پرفشار ایسلند و آزرورز حدود ۸ هکتوپاسکال تضعیف را نشان می‌دهند (شکل ۲- د). بطور کلی در تمام دوره‌های تغییر فاز انسو از نوع اول کم فشار ایسلند بر روی اقیانوس اطلس و همچنین پرفشارهای سیبری و آزرورز نسبت به بلند مدت تضعیف شده‌اند. کم فشار ایسلند کشیدگی شرق سو داشته و بیش از ۸ هکتوپاسکال تضعیف شده است. در تغییر فاز از نوع ۱ مجموعاً مشاهده گردیده که الگوی فشار سطح دریا مقادیر نرمال تا کمتر از نرمال را بر روی ایران داشته است، در حالی که الگوهای فشاری مؤثر بر روی منطقه (کم فشار ایسلند و پرفشار آزرورز و پرفشار سیبری) همگی تضعیف شده‌اند. (شکل ۲- هـ).

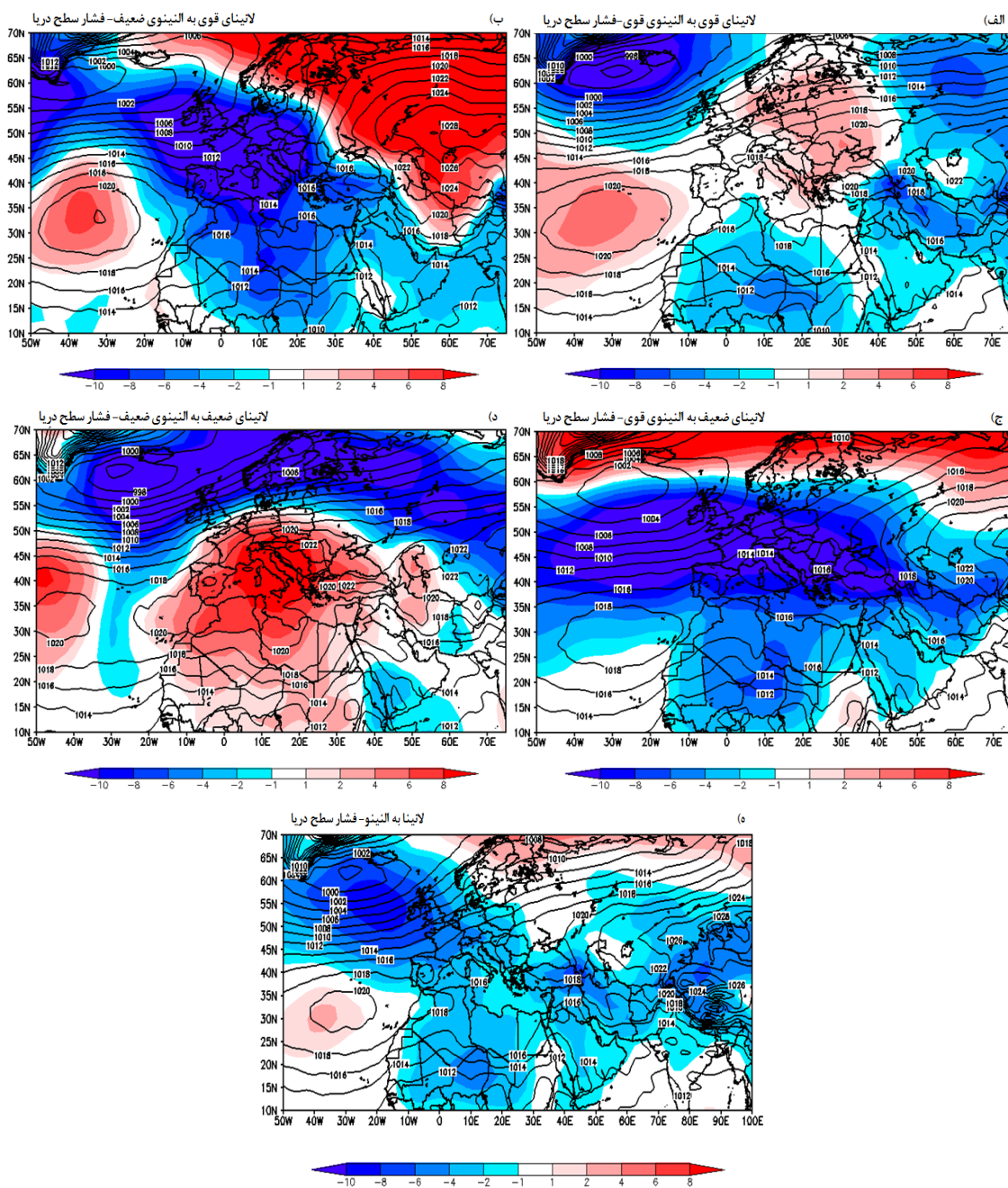
بررسی مقادیر میانگین و بی‌هنجاری الگوی فشار سطح دریا برای تغییر فاز از حالت لایننای قوی به النینوی قوی نشان دهنده تقویت شرق سوی کم فشار ایسلند به سمت شرق تا حدود ۸- هکتوپاسکال می‌باشد. واچرخند آزرورز تقویت بیش از ۶ هکتوپاسکالی را نشان می‌دهد اما مطابق با نتایج خلاصه شده در شکل ۳- الف پرفشار سیبری نسبت به میانگین بلند مدت تضعیف شدید بیش از ۶ هکتوپاسکالی داشته است. بر روی ایران نیز مقادیر بی‌هنجاری فشار بر روی شمال غرب و مرکز شدیداً منفی بوده و تا بیش از ۸- هکتوپاسکال کاهش را نشان می‌دهد.



شکل ۲. مقادیر میانگین و بی‌هنجاری الگوی فشار سطح دریا (هکتوپاسکال) در دوره‌های تغییر فاز نوع ۱

به سمت شرق و جنوب گسترش یافته و تا روی دریای مدیترانه کشیده شده است. همچنین پرفشار آزرورز در مقایسه با مقادیر بلند مدت میانگین تقویت نسبی را نشان می‌دهد (شکل ۳-ب). در مورد تغییر فاز از حالت لاینیای ضعیف به الینوی قوی یافته‌ها بیانگر تضعیف هر دو مرکز پرفشار آزرورز و سبیری به ترتیب تا حدود

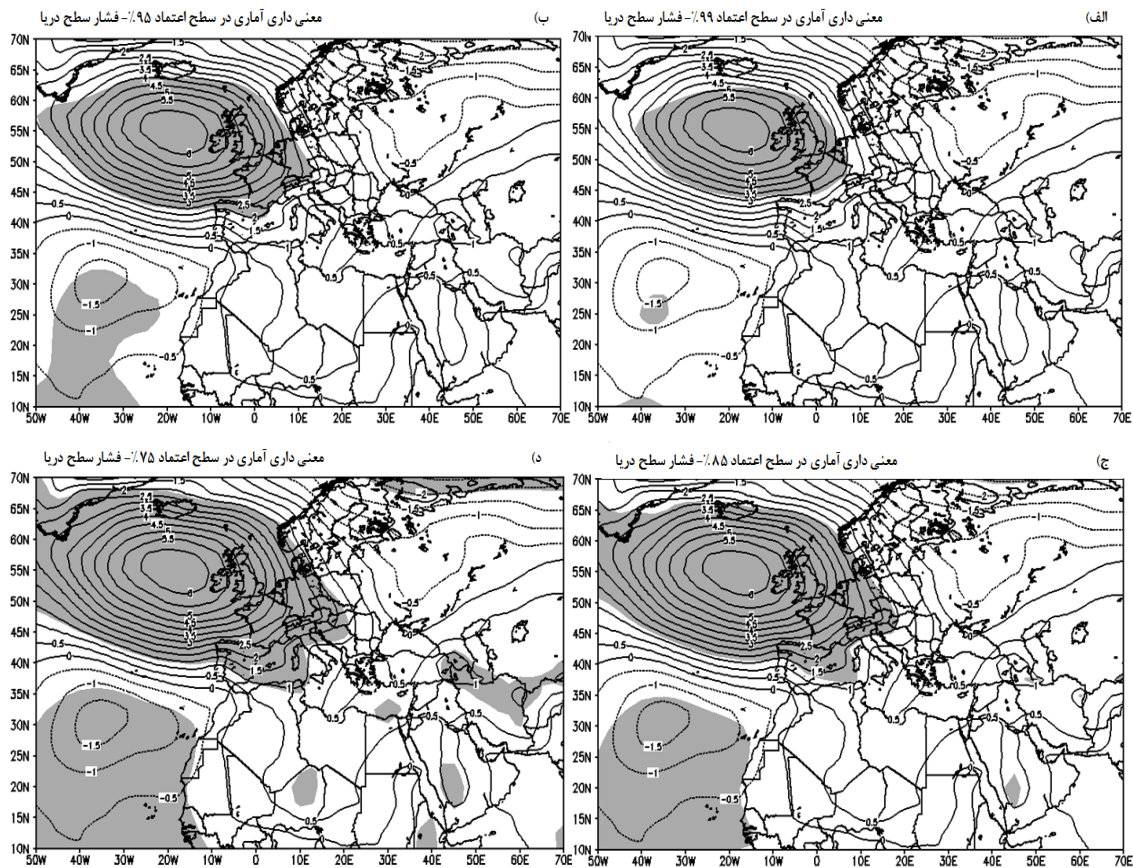
زمانی که دورپیوند انسو در حالت تغییر فاز از لاینیای قوی به الینوی ضعیف است (که تنها یک مورد سال ۱۹۷۶ در این شرایط قرار داشته است)، همزمان با تقویت و جابه‌جایی واچرخند سبیری به سمت جنوب و شرق مقادیر بیشتر از نرمال فشار بر روی نیمه شرقی ایران بدست آمد. طی این رخداد تغییر فاز کم فشار ایسلند



شکل ۳. مقادیر میانگین و بی‌هنجاری الگوی فشار سطح دریا در دوره‌های تغییر فاز نوع ۲

فشار از ۲- هکتوپاسکال در جنوب تا بیشینه کاهش ۱۰- هکتوپاسکال در شمال غرب یافت شد (شکل ۳-ج). مطابق با جدول ۱، تنها مورد تغییر فاز از حالت لاینای ضعیف به النینوی ضعیف مربوط به سال ۲۰۰۶ بوده است. در این سال مرکز پرفشار آزرز در ضمن تقویت در

۴- و ۸- هکتوپاسکال می‌باشد. در حالی که در همین دوره کم فشار ایسلند با جابه‌جایی به سمت جنوب و شرق مکان خود بیش از ۸- میلی‌بار کاهش در فشار مرکزی را نشان داده که بیانگر تقویت این مرکز است. بر روی عمده مناطق ایران مقادیر بی‌هنجاری منفی



شکل ۴. معنی داری آماری الگوی فشار سطح دریا در سطوح اعتماد مختلف

کاهش فشار ۴ هکتوپاسکالی که به معنای تضعیف این واچرخند است را داشته است. در همین دوره ها کم فشار ایسلند و همینطور پرفشار آزرورز به ترتیب حدود ۸- و ۴+ هکتوپاسکال تغییر در مقدار فشار نسبت به میانگین بلند مدتشان را نشان می دهند که بیانگر تقویت این دو مرکز است. بر روی ایران نیز بطور کلی مقادیر بی هنجاری فشار منفی بوده که شدیدترین کاهش مربوط به شمال غرب می باشد.

شکل ۴-الف تا ۴-د اختلاف الگوهای فشار سطح دریا به همراه معنی داری آنها را در دو نوع مختلف انتقال فاز دورپیوند انسو بر اساس آزمون آماری تی-استیودنت در سطوح مختلف آماری ۷۵٪، ۸۵٪، ۹۵٪ و ۹۹٪ نشان می دهد. مناطق معنی داری از لحاظ آماری با مقایسه دو شکل ۲-ه و ۳-ه برای مناطق مختلف بدست آمد.

غرب مکان نیمه دائمی خود قرار گرفته است (شکل ۳-د) و بر روی مدیترانه نیز مقادیر فشار شدیداً افزایشی بوده است (بیش از ۸+ هکتوپاسکال) در حالی که بررسی ها بر روی واچرخند سیبری و همینطور مرکز کم فشار ایسلند نشان دهنده به ترتیب تضعیف و تقویت این دو مرکز است. مقادیر بی هنجاری فشار بر روی نیمه شمالی ایران بخصوص شمال غرب نشان دهنده مقادیر مثبت و بر روی جنوب غرب منفی و در دیگر بخش ها مقادیر نزدیک به نرمال است. بطور کلی تغییر فاز از کلیه حالت های لانینا به النینو (تغییر فاز از نوع ۲)، نشان دهنده تقویت شرق سوی مرکز کم فشار ایسلند بر روی شمال اقیانوس اطلس و پرفشار آزرورز بر روی جنوب آن است در حالی که در این دوره ها پرفشار سیبری تضعیف شده است (شکل ۳-ه). شکل نشان می دهد که واچرخند سیبری

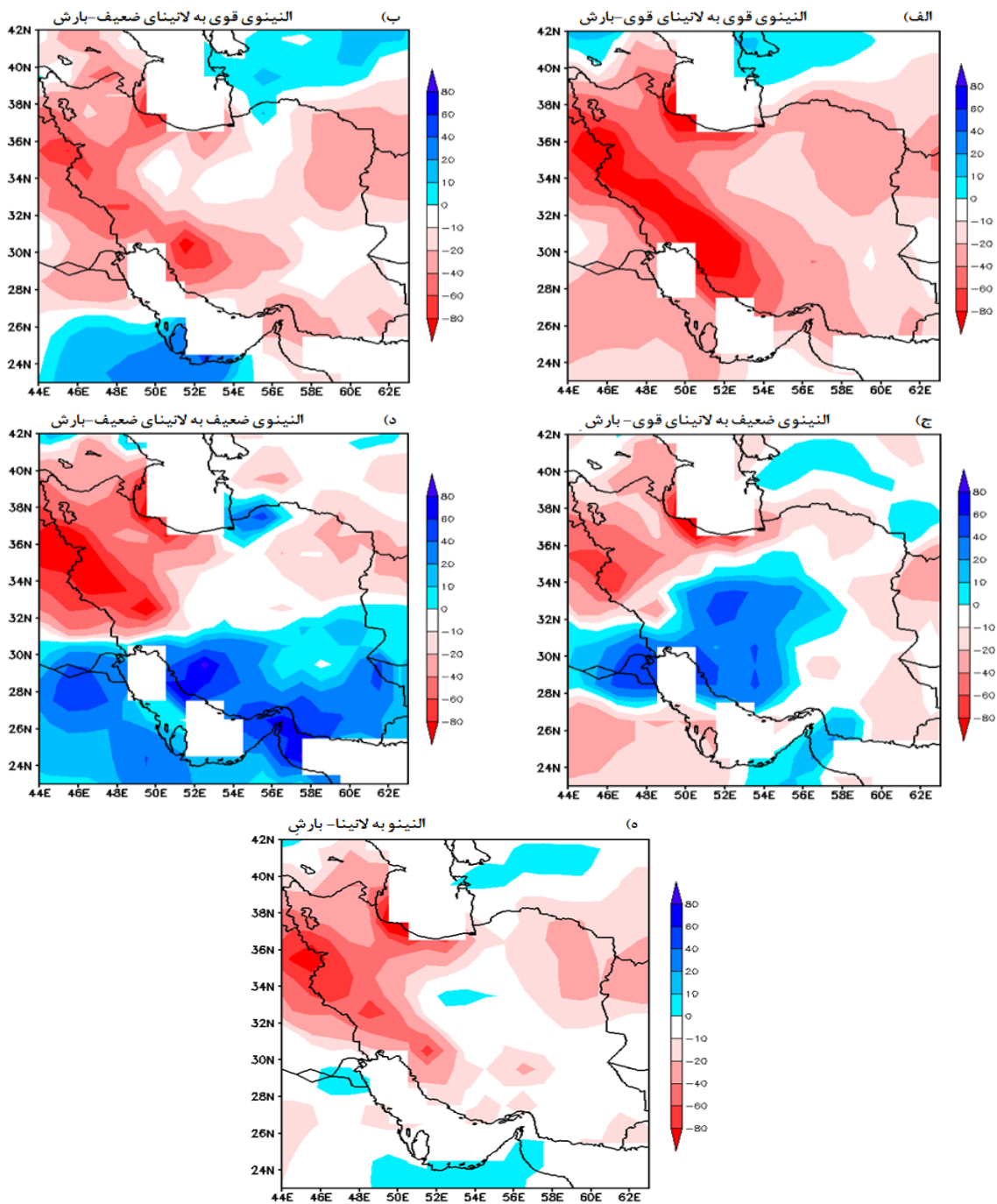
فاز از حالت النینوی قوی به حالت لانینای قوی با کاهش بارشی حدود ۸۰- میلی متر در فصل بر روی غرب، جنوب غرب و شمال ایران بدست آمده است. بطور کلی در این دوره بی‌هنجاری منفی بارش برای تمام کشور تجربه شده است که بیشترین کاهش مربوط به غرب تا بیش از ۸۰- میلی متر و کمترین کاهش حدود ۱۰- میلی بار بر روی جنوب شرقی بوده است (شکل ۵- الف). شکل ۵- ب مقادیر بی‌هنجاری بارش را برای مورد النینوی قوی به لانینای ضعیف نشان می‌دهد. در این دوره به استثنای بخش‌هایی از شرق و شمال شرق دیگر مناطق ایران بی‌هنجاری منفی بارش را تا بیش از ۶۰- میلی متر تجربه کرده‌اند. مطابق با جدول ۱ در پائیز سال‌های ۱۹۵۴، ۱۹۷۰ و ۲۰۰۷ الگوی دورپیوند انسو در شرایط تغییر فاز از حالت النینوی ضعیف به لانینای قوی قرار داشته است. در این سال‌ها مرکز و جنوب غرب ایران تا حدود ۶۰ میلی متر افزایش بارش را نشان داده‌اند و برای دیگر مناطق مقادیر بی‌هنجاری منفی بارش بدست آمده است (شکل ۵- ج). در حالت تغییر فاز از النینوی ضعیف به لانینای ضعیف مطابق با (شکل ۵- د) بارش در نیمه جنوبی ایران بطور چشمگیری مقادیر افزایشی را نشان می‌دهد و بر عکس در غرب، شمال غرب و شمال شرق بارش شدیداً کاهش یافته و در بخش‌هایی از مرکز نزدیک به نرمال بوده است. بطور کلی شکل ۵- هـ نشان می‌دهد که در میانگین دوره‌های انتقال فاز از نوع ۱ بارش در بیشتر مناطق ایران کاهشی و یا نزدیک به نرمال است که بیشترین کاهش مربوط به نیمه شمالی کشور است.

مطابق با (شکل ۶- الف) به استثنای بخش‌های کوچکی در جنوب شرقی، دیگر مناطق ایران در دوره انتقال فاز از حالت لانینای قوی به النینوی قوی مقادیر بی‌هنجاری مثبت بارش را تجربه کرده‌اند. همچنین بیشترین پراکندگی بارش بر روی ایران در دوره انتقال فاز از لانینای قوی به النینوی ضعیف وجود داشته است. در این دوره برخی از مناطق واقع در جنوب، شمال و شمال شرق و همینطور مرکز ایران تا بیش از ۶۰ میلی متر

بدین منظور آزمون تی دو طرفه^{۲۰} در سطوح معنی‌داری مختلف بکار گرفته شده است و مناطق با مقادیر معنی‌دار و بی‌معنی مشخص گردید. همانطور که شکل ۴ نشان می‌دهد تغییرات الگوی فشاری ایسلند بر روی شمال اقیانوس اطلس و همینطور آزرورز بر روی جنوب آن به ترتیب در سطوح آماری ۹۹٪ و ۹۵٪ معنی‌دار هستند (شکل ۴- الف و ۴- ب). بر روی ایران و محدوده دریای مدیترانه مقادیر بدست آمده در این دو سطح نشان‌دهنده بی‌معنی بودن تغییرات است. در واقع در این دو سطح (۹۹ و ۹۵ درصد)، تغییرات الگوی فشار بدست آمده بر روی محدوده خاورمیانه مقادیر معنی‌داری را نشان نمی‌دهد. در حالی که مطابق با شکل ۴- د تغییرات در الگوی فشار بر روی نیمه شمالی و همینطور بخش‌هایی از شرق ایران و دریای مدیترانه در سطح آماری ۷۵٪ معنی‌دار است.

بنابراین تغییرات در الگوی فشار در مراکز فشاری ایسلند و آزرورز به عنوان الگوهای مؤثر بر خاورمیانه و همینطور ایران که در بخش قبل مورد بررسی قرار گرفت از لحاظ آماری در سطح بالایی معنی‌دار هستند. بطور کلی تغییرات در الگوی فشار بر روی محدوده اقیانوس اطلس، دریای مدیترانه و همینطور شمال، شمال غرب و شمال شرق ایران (مطابق با آنچه در بخش قبل بیان گردید) در هر دو نوع الگوی تغییر فاز انسو معنی‌دار هستند. در حالی که مقادیر بی‌هنجاری‌های بدست آمده برای الگوی پرفشار سبیری و همینطور نیمه جنوبی ایران در هیچ‌کدام از سطوح آماری مقادیر معنی‌داری را نشان نداد.

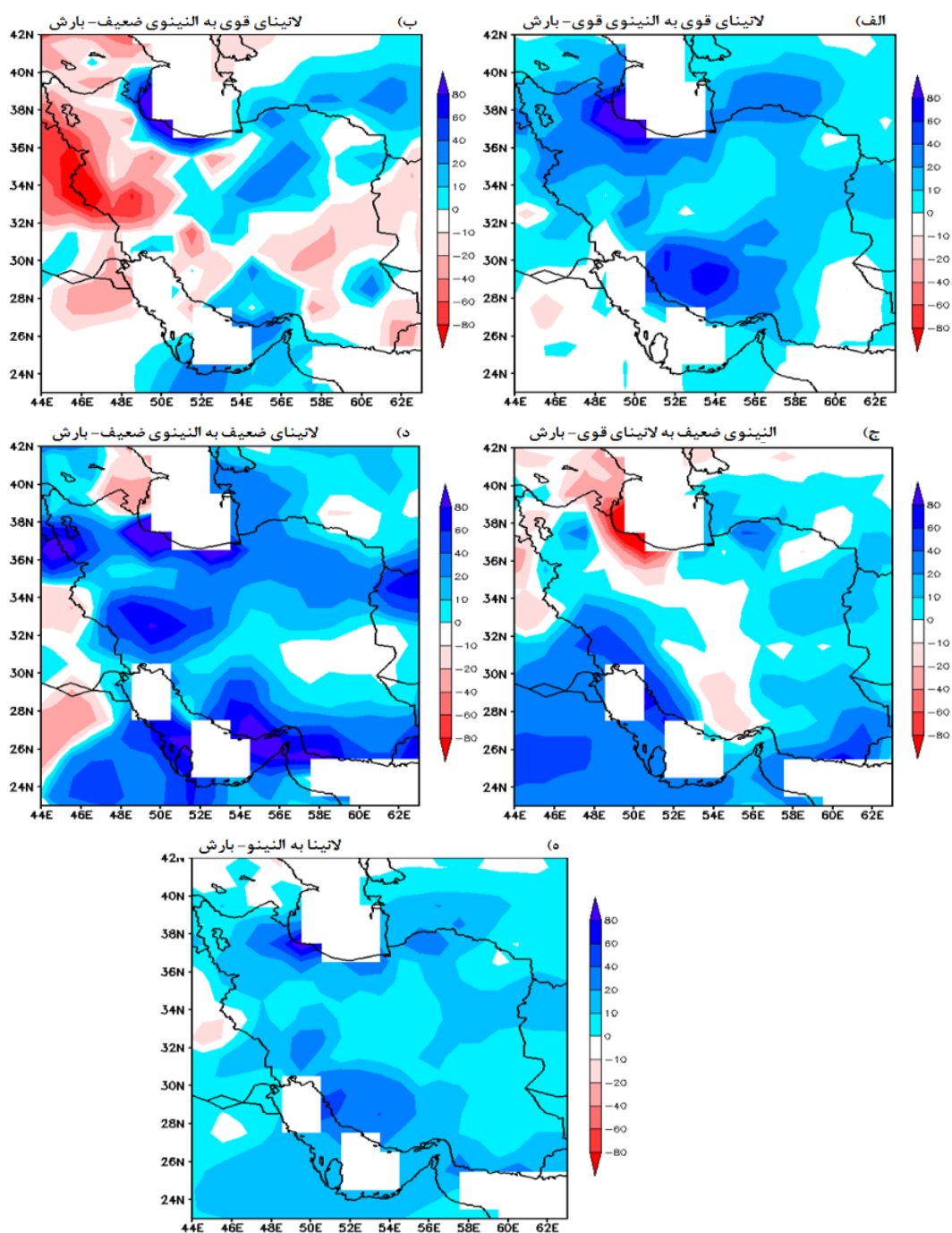
مشابه با بررسی‌های انجام شده برای فشار سطح دریا در بخش قبل، در این بخش نیز الگوی بی‌هنجاری بارش برای دوره‌های مختلف تغییر فاز انسو بر اساس جدول ۱ محاسبه و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. شکل ۵- الف تا ۵- هـ نشان‌دهنده الگوی بی‌هنجاری بارش برای دوره‌های مختلف تغییر فاز نوع ۱ می‌باشد. بیشترین مقدار بی‌هنجاری منفی بارش در دوره تغییر



شکل ۵. الگوی بی‌هنجاری بارش (میلیمتر بر ماه) در دوره‌های تغییر فاز از نوع ۱

۶۰- میلی متر بوده است (شکل ۶- ب). زمانی که انسو در حالت انتقال فاز از لاینای ضعیف به النینوی قوی قرار دارد، تقریباً در تمام مناطق ایران مقدار بی‌هنجاری

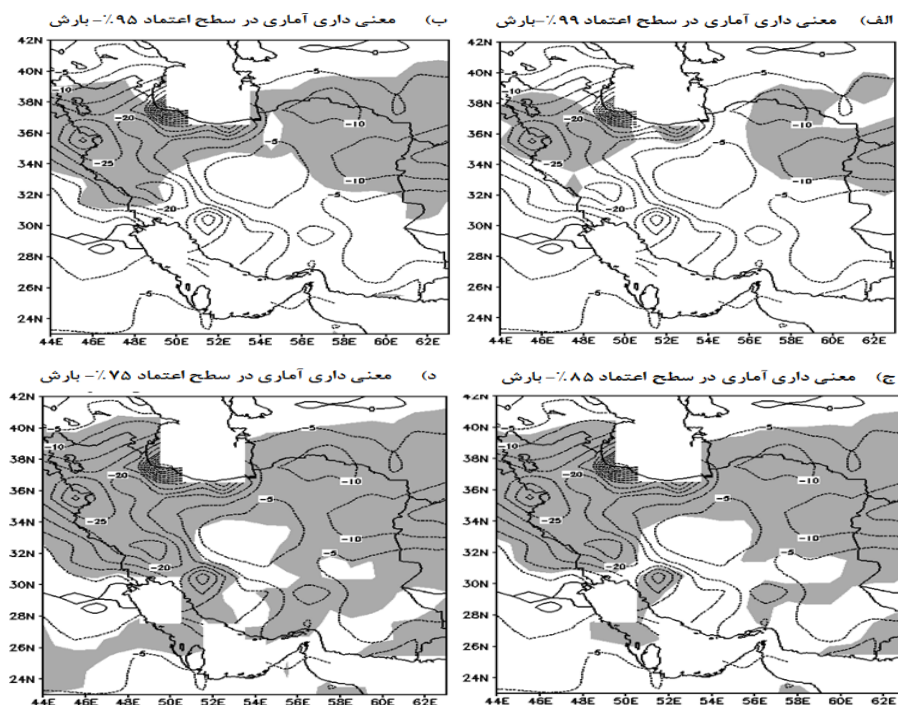
افزایش بارش را نشان می‌دهند و در دیگر مناطق بارش کمتر از نرمال است. بیشترین میزان بی‌هنجاری منفی در این دوره نیز بر روی بخش‌هایی از غرب و تا بیش از



شکل ۶ الگوی بی‌هنجاری بارش در دوره‌های تغییر فاز از نوع ۲

کاهش بیش از ۶۰ هکتوپاسکال را نشان می‌دهد. در مقابل بیشینه افزایش بارش مربوط به جنوب شرق و جنوب غرب و حدود ۶۰ میلی متر می‌باشد. در بخش‌هایی از مرکز کشور نیز بارش‌ها نزدیک به نرمال بوده است.

بارش مثبت بوده است (شکل ۶-ج). این شکل نشان دهنده بی‌هنجاری مثبت بارش برای بخش‌هایی از نیمه شرقی و غربی کشور است. برای شمال شرق و همینطور بخش‌هایی از شمال بارش نسبت به میانگین بلند مدت



شکل ۷. معنی داری آماری الگوی بی هنجاری بارش در سطوح مختلف اعتماد

واقع در محدوده ۴۴ تا ۵۱ درجه طول جغرافیایی شرقی و ۳۴ تا ۳۸٫۵ درجه عرض جغرافیایی شمالی واقع در شمال غرب و شمال شرق ایران تغییرات الگوی بارش معنی دار بوده است. در سطح ۹۵٪ علاوه بر مناطق ذکر شده برخی مناطق از غرب و شرق کشور نیز از لحاظ آماری مقادیر معنی داری را نشان می دهند (شکل ۷-ب). در سطح اعتماد ۸۵٪ نیمه شمالی ایران و سرانجام در سطح ۷۵٪ تقریباً تمام کشور مقادیر معنی داری را برای تغییرات الگوی بارشی در دوره های تغییر فاز انسو نشان می دهند. بطور کلی نتایج نشان داد که تغییرات پارامتر بارش بر روی عمده مناطق ایران در دوره های انتقال فاز در سطح اعتماد ۷۵٪ و بالاتر معنی دار هستند. که بیشترین معنی داری مربوط به شمال شرق و شمال غرب در تمام سطوح مختلف اعتماد بوده است. بنابراین می توان نتیجه گرفت که برای تمام کشور تغییرات بارش در دوره های انتقال فاز دورپیوند انسو معنی دار و قابل اعتماد است.

بطور کلی در این دوره به استثنای بخش هایی از شمال و شمال شرق در بقیه مناطق بارش ها نرمال و بیشتر از نرمال بوده است. یکی از پر بارش ترین دوره ها برای کل ایران دوره تغییر فاز از حالت لاینیای ضعیف به النینوی ضعیف بوده است. مطابق با شکل ۶-د در این دوره تمام کشور بارش های نرمال و بالاتر از نرمال را داشته اند. بیشینه مقدار مربوط به جنوب و جنوب غرب و بیش از ۸۰ میلی متر بوده است. به استثنای بخش هایی از جنوب شرق که بارش نزدیک به نرمال است بقیه مناطق کشور افزایش بارش از ۱۰ تا ۶۰ میلی متر را نشان می دهند. معنی داری آماری الگوی بی هنجاری بارش میان اختلافات در دو حالت کلی تغییر فاز نوع ۱ و نوع ۲ در سطوح مختلف آماری ۷۵٪، ۸۵٪، ۹۵٪ و ۹۹ درصد محاسبه گردید. با مقایسه الگوهای شکل ۵-ه و شکل ۶-ه مناطق معنی داری از لحاظ آماری بدست آمد که نتایج آنها در شکل ۷-الف تا ۷-د آمده است. شکل ۷-الف نشان می دهد که در سطح اعتماد ۹۹٪ مناطق

جمع‌بندی

هدف اصلی در این تحقیق بررسی بی‌هنجاری الگوی فشار سطح دریا و بارش در فصل پائیز ایران در دوره های تغییر فاز انسو و همچنین بررسی معنی داری تغییرات الگوها طی دوره ۲۰۱۸-۱۹۵۰ می باشد. بر این اساس دوره هایی که انسو از حالت النینو به لانینا انتقال یافته است به عنوان تغییر فاز از نوع ۱ و برعکس انتقال فاز از حالت لانینا به النینو به عنوان تغییر فاز از نوع ۲ نامیده شده که هر کدام از این دوره ها نیز به چهار دوره کوچکتر تقسیم گردید. مقادیر میانگین و بی‌هنجاری الگوها برای تمامی دوره های انتقال فاز محاسبه گردید که تحلیل ترکیبی مقادیر میانگین و بی‌هنجاری الگوی فشار سطح دریا نشان دهنده تضعیف کم فشار ایسلند همزمان با جابه جایی شرق سوی آن و همینطور تضعیف مرکز پرفشار آزرور بر روی جنوب اقیانوس اطلس در الگوی تغییر فاز نوع ۱ است، در حالی که هر دو الگوی فشاری در شرایط تغییر فاز نوع ۲ به طور معنی داری تقویت شده است. محاسبات معنی داری آماری در سطوح مختلف نشان دهنده معنی دار بودن هر دو الگوی فشاری ایسلند و آزرور به ترتیب در سطوح اعتماد ۹۹٪ و ۹۵٪ است. همچنین مقادیر بی‌هنجاری فشار بر روی ایران در سال های رخداد انتقال فاز نوع ۱ نشان دهنده مقادیر نرمال و کمتر از نرمال و در نوع ۲ شدیداً کمتر از نرمال است. از لحاظ معنی داری آماری تنها تغییرات فشار در مناطق شمال غرب و شمال شرق کشور و تنها در سطح اعتماد ۷۵ درصد قابل اعتماد و معنی دار است. بطور کلی مقادیر بی‌هنجاری فشار در مراکز فشاری ایسلند و آزرور و همچنین شرق مدیترانه و نیمه شمالی ایران در سطوح مختلف آماری برای هر دو نوع الگوی ۱ و ۲ معنی دار بوده در حالی که تغییرات فشار بر روی مرکز پرفشار سیبری و همینطور دیگر بخش های ایران در هیچ سطحی مقادیر قابل اعتمادی را نشان نمی دهد.

تحلیل ترکیبی مقادیر میانگین و بی‌هنجاری پارامتر بارش نیز مقادیر منفی و معنی دار بی‌هنجاری بارش تا

بیش از ۶۰ میلی متر را بر روی شمال غرب ایران در دوره تغییر فاز نوع ۱ نشان می دهد. بیشینه مقادیر بی‌هنجاری در الگوی تغییر فاز نوع ۱ در دوره های انتقال فاز از حالت النینوی قوی به لانینای قوی و همچنین از حالت النینوی قوی به لانینای ضعیف رخ داده است که در هر دو مورد عمده مناطق کشور مقادیر کمتر از نرمال بارش را داشته اند در حالی که در دو مورد دیگر بخش هایی از جنوب و مرکز شرایط متفاوتی را نشان می دهند. بنابراین در الگوی نوع اول مناطق واقع در محدوده ۴۴ تا ۵۱ درجه طول جغرافیایی شرقی و ۳۴ تا ۳۸٫۵ درجه عرض جغرافیایی شمالی بارش بطور چشمگیر و معنی داری در سطح اعتماد ۹۹٪ کاهش یافته است. در حالت انتقال فاز از نوع ۲، به استثنای بخش هایی در مرکز و جنوب کشور، بارش در دیگر مناطق بطور معنی داری افزایش یافته است. بیشینه بی‌هنجاری مثبت در الگوی نوع ۲ مربوط به تغییر فاز از حالت لانینای ضعیف به النینوی ضعیف و سپس لانینای قوی به النینوی قوی بوده است. بطور میانگین طی رخداد انتقال فاز از نوع ۲ تقریباً تمام ایران بی‌هنجاری مثبت و معنی دار بارش در سطح اعتماد ۷۵ درصد و بالاتر را تجربه کرده است. بیشینه بی‌هنجاری مثبت مربوط به شمال غرب در سطح اعتماد ۹۹ درصد بوده است. بطور کلی طی رخدادهای تغییر فاز انسو نوع ۱ عمده مناطق ایران بی‌هنجاری منفی بارش را تجربه کرده در حالی که در الگوی نوع ۲ در اکثر مناطق بارش ها بالاتر از نرمال بوده است. این تغییرات در سطوح مختلف آماری معنی دار و قابل اعتماد بوده است. بیشینه معنی داری نیز در سطح اعتماد ۹۹٪ برای نیمه شمالی و برای بقیه مناطق در سطح اعتماد ۷۵٪ بدست آمده است. بنابراین در الگوی نوع ۱ (نوع ۲) تضعیف (تقویت) معنی دار الگوهای فشاری واقع بر شمال و جنوب اقیانوس اطلس در سطح اعتماد ۹۹ درصد و مقادیر نزدیک به نرمال (کمتر از نرمال) و معنی دار در سطح ۷۵ درصد بر روی ایران، به وقوع بی‌هنجاری شدید منفی (مثبت) بارش در فصل پائیز ایران کمک نموده است.

- variation; *Int. J. Climatol.*, 20, 519-541.
- Glantz, Michael H. (1996): *Currents of Change: El Niño's Impact on Climate and Society*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Hendon, H. H. (2003): Indonesian rainfall variability: Impacts of ENSO and local air-sea interaction. *J. Climate.*, 16, 1775-1790.
[Http://www.cpc.ncep.noaa.gov](http://www.cpc.ncep.noaa.gov).
- Iqbal, M. J, Hameed, S and Khan, F. (2012): Influence of Azores High pressure on Middle Eastern rainfall. *Theor Appl Climatol.*, 111, 211-221.
- Lim, Y., K, and Kim, K., Y (2007): ENSO Impact on the Space-Time Evolution of the Regional Asian Summer Monsoons. *J. Climate.*, 20, 2397-2415.
- Penalba, O. C., & Rivera, J., A. (2016): Precipitation response to El Niño/La Niña events in Southern South America – emphasis in regional drought occurrences, *Adv. Geosocial.*, 42, 1–14.
- Shaman J. (2014): The seasonal effects of ENSO on European precipitation: Observational analysis. *Journal of Climate.*, 27(3): 1010-1028.
- Shimizu M and Ambrizzi T. (2015): MJO influence on ENSO effects in precipitation and temperature over South America. *Theoretical and Applied Climatology.*, 124 (1): 291-30.
- Trenberth, K.E. (1984): Signal versus noise in the Southern Oscillation. *Mon. Wea. Rev.*, 112, 326–332.
- Trenberth, K. E and Stepaniak, P.D. (2000): Indices of El Nino Evolution, *J. Climate.*, 14, 1697-1701.
- Viles, H.A., and Goudie, A.S. (2003): International, decadal and multidecadal scale climatic variability and geomorphology. *Earth-Science Review.*, 61:105-131.
- Wolter K., Timlin, and M.S. (2011): Measuring the strength of ENSO El Niño/Southern Oscillation behavior since 1871 as diagnosed in an extended multivariate ENSO index (MEI.ext). *Int. J. Climatol.*, 31, 1074-1087.
- مراجع**
- احمدی گیوی، ف و پرهیزکار، د (۱۳۸۷): بررسی نقش ENSO در بارش سالانه ایران در دوره ۲۰۰۰-۱۹۷۱، *مجله ژئوفیزیک ایران*، جلد ۲، شماره ۲، ص ۳۷-۲۵
- شیرمحمدی، ز، اکبرخانی، ع، انصاری، ح.، علیزاده، ا و محمدیان، (۱۳۹۱): بررسی ارتباط پدیده انسو (ENSO) با مقادیر حدی بارش‌های فصلی در استان‌های خراسان، پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، ص: ۸۰-۶۱.
- یاراحمدی، د و عزیزی، ق (۱۳۹۱): تحلیل چند متغیره ارتباط میزان بارش فصلی ایران و شاخص‌های اقلیمی، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۶۲.
- Bahrami, F., Ranjbar saadatabadi, A., Meshkatee, A.M., Kamali, Gh.A. (2018): Autumn rainfall anomalies and regional atmospheric circulation along establishment of weak la Nina after strong El Nino in Iran. *Iranain journal of geophysics*.
- Bahrami, F., Ranjbar saadatabadi, A., Meshkatee, A.M., Kamali, Gh.A. (2019): The impact of ENSO phase transition on the atmospheric circulation, precipitation and temperature in the Middle East Autumn. *Asia-Pacific J Atoms Sci*. DOI: 10.1007/s13143-019-00149-2.
- Barriopedro D., Calvo N. (2014): On the relationship between ENSO, Stratospheric Sudden Warmings and Blocking. *J. Clim.*, 27, 4704-4720, doi: 10.1175/JCLI-D-13-00770.
- Danielson, R. E., Gyakum, J. R. and Straub, D. N. (2006): A case study of downstream baroclinic development over the North Pacific Ocean. Part II: diagnoses of eddy energy and wave activity, *Mon. Wea. Rev.*, 134, 1549-1576.
- Davey MK, Brookshaw A and Ineson S. (2014): The probability of the impact of ENSO on precipitation and near-surface temperature. *Climate Risk Management* 1: 5–24.
- Delitala, A., Cesari, D., Chesa, P., Ward, M. (2000): Precipitation over Sardinia (Italy) during the 1946-1993 rainy season and associated large scale climate

Study of Iran autumn pressure and precipitation anomalies during ENSO phase transition with different intensities

Faranak Bahrami¹, Abbas Ranjbar Saadatabadi^{2,*}, Amirhossein Meshkati¹

¹Department of Earth Sciences, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

²Department of Atmospheric Chemistry and Air Pollution, Institute of meteorology and Science, Tehran, Iran

*Corresponding Author Email: aranjbar@gmail.com

Received: 09 April 2019, accepted: 05 August 2019

ABSTRACT

In order to determine the impact of ENSO phase transition on the atmospheric circulation and autumn precipitation anomaly in Iran, The Oceanic Nino Index (ONI) used to select ENSO events and also ENSO phase transition from El Nino to La Nina events (type 1) and vice versa (type 2) during the period of (1950-2018). Each case is divided in to four cases individually as following for type 1: Strong El Nino to Strong La Nina, strong El Nino to weak La Nina, weak El Nino to strong La Nina, weak El Nino to weak La Nina and also for type 2: strong La Nina to strong El Nino, Strong La Nina to weak El Nino, weak La Nina to strong El Nino and weak La Nina to weak El Nino. With these datasets, composites of means and also precipitation and SLP anomalies in Autumn made based on each cases of ENSO phase transition. Finally, the student's t-test used to compare the significance of the composites means in each grid point. Results revealed the weakening of the Iceland low and Azores high pressure in type 1 and reinforcement of both in type 2 with statistically significant of 99% confidence level. Pressure anomaly values over Iran was normal or less than normal in type 1 event and less than normal in type 2. Changes over north and east of country were significant at 75% confidence level during both transition types. The composite analysis of precipitation anomaly showed, during ENSO phase transition type 1 most regions of Iran experienced low amount of precipitation while in type 2 in the nearly all region precipitation was more than normal and also statistically significant at 75% confidence level or higher, spatially in north half for both types.

Keywords: ENSO phase transition, sea level pressure, precipitation, anomaly, Iran

HOW TO CITE THIS ARTICLE

Bahrami, F.; Ranjbar Saadatabadi, A.; Meshkati, A.H. (2019). Study of Iran autumn pressure and precipitation anomalies during ENSO phase transition with different intensities. *J. Meteorol. Atmos. Sci.*, 2(3): 214-228

COPYRIGHTS

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to the JMAS Journal. This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

