





دانشگاه صنعتی اصفهان
دانشکده منابع طبیعی

بررسی تغییرات بارندگی در ایران به کمک شاخص‌های اقیانوسی - اتمسفری

پایان‌نامه کارشناسی ارشد بیابان‌زدایی

ربانه روغنی

استاد راهنما

دکتر سعید سلطانی

۱۳۸۹



دانشگاه صنعتی اصفهان
دانشکده منابع طبیعی

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته بیابان‌زدایی
تحت عنوان

بررسی تغییرات بارندگی در ایران به کمک شاخص‌های اقیانوسی - اتمسفری

در تاریخ ۱۳۸۹/۱۲/۹ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت.

- | | |
|-----------------------|-----------------------------|
| دکتر سعید سلطانی | ۱- استاد راهنمای پایان‌نامه |
| دکتر حسین بشری | ۲- استاد مشاور پایان‌نامه |
| دکتر سیدسعید اسلامیان | ۳- استاد داور |
| دکتر منیره فرامرزی | ۴- استاد داور |
| دکتر نوراله میرغفاری | سرپرست تحصیلات تکمیلی |

تشکر و قدردانی

پس از سپاس پروردگار مهربان، بر خود لازم می‌دانم مراتب تشکر و کمال سپاسگزاری خود را تقدیم کسانی نمایم که در مراحل انجام این تحقیق مرا یاری نمودند.

شایسته است از مساعدت‌های استاد راهنمایم، جناب آقای دکتر سعید سلطانی به پاس تلاش دلسوزانه، رهنمودهای ارزنده و صبر و حوصله‌ای که در پاسخگویی به نادانسته‌هایم مبذول داشته و با ارائه نظریات ارزشمندشان در هر چه پربار کردن این پایان‌نامه کوشیده‌اند، نهایت تشکر و قدردانی را ابراز نمایم.

از جناب آقای دکتر حسین بشری به سبب مشاوره در مراحل مختلف اجرای این تحقیق تشکر می‌کنم؛ همچنین از راهنمایی آقای Ian Partridge در رابطه با نرم‌افزار Rainmaan سپاسگزارم.

از اساتید گرامی، جناب آقای دکتر سعید اسلامیان و سرکار خانم دکتر منیره فرامرزی که زحمت بازنگری این پایان‌نامه را بر عهده داشتند و جناب آقای دکتر نوراله میرغفاری، سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده منابع طبیعی، کمال تشکر را دارم.

از همکاری سازمان هواشناسی کل کشور و استان اصفهان به جهت ارائه داده‌های اقلیمی قدردانی می‌گردد.

از تمامی دوستان عزیزم و کسانی که حقی بر گردن من دارند و باعث پیشرفت من شده‌اند، سپاسگزارم. برای همه عزیزان سلامتی و موفقیت را آرزو مندم.

در پایان، صمیمانه‌ترین سپاس‌ها را تقدیم به تک تک اعضای خانواده‌ام که در تمام مراحل زندگی‌م یار و همراه و مشوق من بوده‌اند، می‌نمایم.

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات،
ابتکارات و نوآوریهای ناشی از تحقیق موضوع این
پایان نامه (رساله) متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است.

تقدیم بہ

مادر عزیزم

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فهرست مطالب	هشت
فهرست جداول	پازده
فهرست شکل ها	چهارده
چکیده	۱
فصل اول: مقدمه	۲
فصل دوم: بررسی منابع	۸
۱-۲ پیشینه تحقیق در مورد تأثیر نوسانات اتمسفری- اقیانوس بر اقلیم ایران	۸
۱-۱-۲ النینو نوسان جنوبی (انسو)	۸
۲-۱-۲ نوسان اطلس شمالی (NAO)	۱۲
۳-۱-۲ الگوی دریای شمال-خزر (NCP)	۱۳
۴-۱-۲ نوسانات مختلف حوزه مدیترانه	۱۴
۵-۱-۲ دمای سطح آب (SST)	۱۴
۶-۱-۲ سایر نوسانات اتمسفری-اقیانوسی و ترکیب چند نوسان	۱۵
۲-۲ پیشینه تحقیق در مورد تأثیر نوسانات اتمسفری- اقیانوس بر اقلیم جهان و کشورهای خارجی	۱۸
۱-۲-۲ النینو نوسان جنوبی (انسو)	۱۸
۲-۲-۲ نوسان اطلس شمالی (NAO)	۲۴
۳-۲-۲ الگوی دریای شمال - خزر (NCP)	۲۶
۴-۲-۲ نوسانات مختلف حوزه مدیترانه	۲۷
۵-۲-۲ دمای سطح آب (SST)	۲۹
۶-۲-۲ سایر نوسانات اتمسفری - اقیانوسی و ترکیب چند نوسان	۳۰
فصل سوم: مواد و روش ها	۳۳
۱-۳ منطقه مورد مطالعه	۳۳
۲-۳ داده های مورد استفاده	۳۵
۳-۳ شاخص های نوسانات اتمسفری- اقیانوسی	۳۶
۱-۳-۳ شاخص نوسان جنوبی (SOI)	۳۶
۲-۳-۳ شاخص دمای سطح آب اقیانوس آرام (SST1) و اقیانوس هند (SST2)	۳۸
۳-۳-۳ شاخص نوسان اطلس شمالی (NAO)	۳۹
۴-۳-۳ شاخص الگوی دریای شمال - خزر (NCP)	۴۰
۵-۳-۳ شاخص های نوسانات مدیترانه ای	۴۱
۶-۳-۳ شاخص دمای سطح آب مدیترانه (MSST) و خلیج فارس (PGSST)	۴۳
۴-۳ روش مطالعه	۴۵

- ۴۵.....۱-۴-۳ نرم افزار Rainman.....
- ۴۸.....۲-۴-۳ همبستگی پیرسون.....
- ۴۸.....۳-۴-۳ مدل رگرسیونی چند متغیره گام به گام.....

۵۰..... فصل چهارم: نتایج و بحث.....

- ۵۰.....۱-۴ بارندگی ایران و پدیده انسو.....
- ۵۰.....۱-۴-۱ بارندگی ماهانه ایران و میانگین SOI.....
- ۶۱.....۲-۴-۱ بارندگی فصلی ایران و میانگین SOI.....
- ۶۸.....۳-۴-۱ بارندگی ماهانه ایران و فازهای پنج گانه SOI.....
- ۷۳.....۴-۴-۱ بارندگی فصلی ایران و فازهای پنج گانه SOI.....
- ۷۷.....۵-۴-۱ بارندگی ماهانه ایران و SST اقیانوس آرام.....
- ۸۲.....۶-۴-۱ بارندگی فصلی ایران و SST اقیانوس آرام.....
- ۸۳.....۷-۴-۱ بارندگی ماهانه ایران و SST اقیانوس هند.....
- ۸۸.....۸-۴-۱ بارندگی فصلی ایران و SST اقیانوس هند.....
- ۹۱.....۸-۴-۱ توانایی نرم افزار Rainman در پیش بینی ماهانه و فصلی بارش ایران.....
- ۹۱.....۲-۴-۱ بارندگی ایران و نوسانات اقیانوسی - اتمسفری نیمکره شمالی.....
- ۹۲.....۱-۲-۴ بارش ماهانه ایران و نوسان اطلس شمالی (NAO).....
- ۹۶.....۲-۲-۴ بارش فصلی ایران و نوسان اطلس شمالی (NAO).....
- ۹۹.....۳-۲-۴ بارش ماهانه ایران و الگوی دریای شمال - خزر (NCP).....
- ۱۰۴.....۴-۲-۴ بارش فصلی ایران و الگوی دریای شمال - خزر (NCP).....
- ۱۰۷.....۵-۲-۴ بارش ماهانه ایران و نوسان مدیترانه ای الجزایر- قاهره (MOac).....
- ۱۱۲.....۶-۲-۴ بارش فصلی ایران و نوسان مدیترانه ای الجزایر- قاهره (MOac).....
- ۱۱۵.....۷-۲-۴ بارش ماهانه ایران و نوسان مدیترانه ای جبل الطارق- اسرائیل (MOgi).....
- ۱۱۹.....۸-۲-۴ بارش فصلی ایران و نوسان مدیترانه ای جبل الطارق- اسرائیل (MOgi).....
- ۱۲۲.....۹-۲-۴ بارش ماهانه ایران و شاخص گردشی مدیترانه ای (MCI).....
- ۱۲۶.....۹-۲-۴ بارش فصلی ایران و شاخص گردشی مدیترانه ای (MCI).....
- ۱۲۹.....۱۱-۲-۴ بارش ماهانه ایران و نوسان غرب مدیترانه (WeMO).....
- ۱۳۳.....۱۲-۲-۴ بارش فصلی ایران و نوسان غرب مدیترانه (WeMO).....
- ۱۳۶.....۱۳-۲-۴ بارش ماهانه ایران و دمای سطح آب دریای مدیترانه (MSST).....
- ۱۴۱.....۱۴-۲-۴ بارش فصلی ایران و دمای سطح آب دریای مدیترانه (MSST).....
- ۱۴۱.....۱۵-۲-۴ بارش ماهانه ایران و دمای سطح آب دریای خلیج فارس (PGSST).....
- ۱۴۶.....۱۶-۲-۴ بارش فصلی ایران و دمای سطح آب خلیج فارس (PGSST).....
- ۳-۴ بررسی روابط معنی دار میان بارش فصلی ایران و شاخص های نوسانات اقیانوسی-جوی با استفاده از رگرسیون چند متغیره.....
- ۱۴۹.....

- ۱۵۰..... ۱-۳-۴ معادلات رگرسیونی مربوط به بارش گروه اول
- ۱۵۲..... ۲-۳-۴ معادلات رگرسیونی مربوط به بارش گروه دوم
- ۱۵۴..... ۳-۳-۴ معادلات رگرسیونی مربوط به بارش گروه سوم
- ۱۵۶..... ۴-۳-۴ معادلات رگرسیونی مربوط به بارش گروه چهارم
- ۱۵۸..... ۵-۳-۴ معادلات رگرسیونی مربوط به بارش گروه پنجم
- ۱۶۰..... ۶-۳-۴ معادلات رگرسیونی مربوط به بارش گروه ششم
- ۱۶۱..... ۷-۳-۴ معادلات رگرسیونی مربوط به بارش گروه هفتم

۱۶۳ فصل پنجم: نتیجه گیری

- ۱۶۴..... ۱-۵ پدیده انسو و بارش ایران
- ۱۶۶..... ۲-۵ نوسانات نیمکره شمالی (NAO و NCP) و بارش ایران
- ۱۶۸..... ۳-۵ نوسانات مدیترانه‌ای و بارش ایران
- ۱۷۱..... ۴-۵ دمای سطح آب (MSST و PGSST) و بارش ایران
- ۱۷۳..... ۵-۵ شاخص‌های نوسانات اتمسفری - اقیانوسی و مناطق همگن بارش در ایران
- ۱۷۴..... ۶-۵ پیشنهادات
- ۱۷۴..... ۱-۶-۵ پیشنهادات تحقیقاتی
- ۱۷۵..... ۲-۶-۵ پیشنهادات کاربردی
- ۱۷۶..... منابع

فهرست جداول

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۳۹	جدول ۳-۱ طبقه‌بندی مقادیر SST1 و SST2 و تعیین نه فاز دمایی اقیانوس آرام و هند
۴۵	جدول ۳-۲ دوره‌های سه‌ماهه SOI در زمان‌پیشی مختلف برای بارش پائیزه (اکتبر-دسامبر)
۵۲	جدول ۴-۱ نتایج آزمون‌های آماری KS، LEPS و میزان درصد احتمال میانه در مورد میانگین SOI (سپتامبر- نوامبر) و بارندگی ماه مارس ایستگاه‌های نواحی ساحلی غرب دریای خزر (زمان‌پیشی سه ماه)
۵۳	جدول ۴-۲ مقادیر احتمال KW برای بارندگی ماه‌های ژانویه، فوریه و مارس ایستگاه‌های مورد مطالعه و میانگین SOI در حالات همزمان و زمان‌پیشی صفر الی سه ماه
۵۴	جدول ۴-۳ مقادیر احتمال KW برای بارندگی ماه‌های آوریل، می و ژوئن ایستگاه‌های مورد مطالعه و میانگین SOI در حالات همزمان و زمان‌پیشی صفر الی سه ماه
۵۵	جدول ۴-۴ مقادیر احتمال KW برای بارندگی ماه‌های اکتبر، نوامبر و دسامبر ایستگاه‌های مورد مطالعه و میانگین SOI در حالات همزمان و زمان‌پیشی صفر الی سه ماه
۵۶	جدول ۴-۵ ضرایب همبستگی میان بارندگی ماه‌های ژانویه، فوریه و مارس ایستگاه‌های مورد مطالعه و میانگین SOI در حالات همزمان و زمان‌پیشی صفر الی سه ماه
۵۷	جدول ۴-۶ ضرایب همبستگی میان بارندگی ماه‌های آوریل، می و ژوئن ایستگاه‌های مورد مطالعه و میانگین SOI در حالات همزمان و زمان‌پیشی صفر الی سه ماه
۵۸	جدول ۴-۷ ضرایب همبستگی میان بارندگی ماه‌های اکتبر، نوامبر و دسامبر ایستگاه‌های مورد مطالعه و میانگین SOI در حالات همزمان و زمان‌پیشی صفر الی سه ماه
۶۳	جدول ۴-۸ مقادیر احتمال KW در مورد بارندگی فصول زمستان، بهار و پائیز ایستگاه‌های مورد مطالعه و میانگین SOI در حالات همزمان و زمان‌پیشی صفر الی سه ماه
۶۴	جدول ۴-۹ ضرایب همبستگی میان بارندگی فصول زمستان، بهار و پائیز ایستگاه‌های مورد مطالعه و میانگین SOI در حالات همزمان و زمان‌پیشی صفر الی سه ماه
۶۷	جدول ۴-۱۰ نتایج آزمون‌های آماری KS، LEPS و میزان درصد احتمال میانه بارش در مورد میانگین SOI و بارندگی زمستانه (ژانویه- مارس) ایستگاه‌های نواحی ساحلی دریای خزر و جنوب غربی کشور، زمان‌پیشی سه ماه
۷۰	جدول ۴-۱۱ مقادیر احتمال KW برای بارندگی ماه‌های ژانویه، فوریه، مارس و آوریل ایستگاه‌های مورد مطالعه و فازهای پنج‌گانه SOI در حالات زمان‌پیشی صفر الی سه ماه
۷۱	جدول ۴-۱۲ مقادیر احتمال KW برای بارندگی ماه‌های می، اکتبر، نوامبر و دسامبر ایستگاه‌های مورد مطالعه و فازهای پنج‌گانه SOI در حالات زمان‌پیشی صفر الی سه ماه
۷۵	جدول ۴-۱۳ مقادیر احتمال KW برای بارندگی فصول زمستان، بهار و پائیز ایستگاه‌های مورد مطالعه و فازهای پنج‌گانه SOI در حالات زمان‌پیشی صفر الی سه ماه
۷۹	جدول ۴-۱۴ مقادیر احتمال KW برای بارندگی ماه‌های ژانویه، فوریه، مارس و آوریل ایستگاه‌های مورد مطالعه و فازهای اقیانوس آرام در حالات زمان‌پیشی صفر الی سه ماه
۸۰	جدول ۴-۱۵ مقادیر احتمال KW برای بارندگی ماه‌های می، اکتبر، نوامبر و دسامبر ایستگاه‌های مورد مطالعه و فازهای اقیانوس آرام در حالات زمان‌پیشی صفر الی سه ماه

جدول ۴-۱۶	مقادیر احتمال KW برای بارندگی فصول زمستان، بهار و پائیز ایستگاه‌های مورد مطالعه و فازهای SST اقیانوس آرام در حالات زمان پیشی صفر الی سه ماه	۸۲
جدول ۴-۱۷	نتایج آزمون‌های آماری KS، LEPS و میزان درصد احتمال میانه بارش در فازهای SST اقیانوس آرام و بارندگی زمستانه (ژانویه-مارس) ایستگاه‌های نواحی ساحلی دریای خزر، زمان پیشی یک ماه	۸۳
جدول ۴-۱۸	مقادیر احتمال KW برای بارندگی ماه‌های ژانویه، فوریه، مارس و آوریل ایستگاه‌های مورد مطالعه و فازهای SST اقیانوس هند در حالات زمان پیشی صفر الی سه ماه	۸۵
جدول ۴-۱۹	مقادیر احتمال KW برای بارندگی ماه‌های می، اکتبر، نوامبر و دسامبر ایستگاه‌های مورد مطالعه و فازهای SST اقیانوس هند در حالات زمان پیشی صفر الی سه ماه	۸۶
جدول ۴-۲۰	مقادیر احتمال KW برای بارندگی فصول زمستان، بهار و پائیز ایستگاه‌های مورد مطالعه و فازهای SST اقیانوس هند در حالات زمان پیشی صفر الی سه ماه	۸۹
جدول ۴-۲۲	ضرایب همبستگی همزمان و غیرهمزمان مربوط به روابط معنی‌دار میان بارندگی ماهانه ایستگاه‌های مورد مطالعه و شاخص NAOi	۹۵
جدول ۴-۲۳	ضرایب همبستگی همزمان و غیرهمزمان مربوط به روابط معنی‌دار میان بارندگی فصلی ایستگاه‌های مورد مطالعه و میانگین سه ماهه NAOi	۹۸
جدول ۴-۲۴	ضرایب همبستگی همزمان و غیرهمزمان مربوط به روابط معنی‌دار میان بارندگی ماهانه ایستگاه‌های مورد مطالعه و شاخص NCP	۱۰۲
جدول ۴-۲۵	ضرایب همبستگی همزمان و غیرهمزمان مربوط به روابط معنی‌دار میان بارندگی فصلی ایستگاه‌های مورد مطالعه و میانگین سه ماهه شاخص NCP	۱۰۶
جدول ۴-۲۶	ضرایب همبستگی همزمان و غیرهمزمان مربوط به روابط معنی‌دار میان بارندگی ماهانه ایستگاه‌های مورد مطالعه و شاخص MOac	۱۱۰
جدول ۴-۲۷	ضرایب همبستگی همزمان و غیرهمزمان مربوط به روابط معنی‌دار میان بارندگی فصلی ایستگاه‌های مورد مطالعه و میانگین سه ماهه شاخص MOac	۱۱۴
جدول ۴-۲۸	ضرایب همبستگی همزمان و غیرهمزمان مربوط به روابط معنی‌دار میان بارندگی ماهانه ایستگاه‌های مورد مطالعه و شاخص MOgi	۱۱۸
جدول ۴-۲۹	ضرایب همبستگی همزمان و غیرهمزمان مربوط به روابط معنی‌دار میان بارندگی فصلی ایستگاه‌های مورد مطالعه و میانگین سه ماهه شاخص MOgi	۱۲۱
جدول ۴-۳۰	ضرایب همبستگی همزمان و غیرهمزمان مربوط به روابط معنی‌دار میان بارندگی ماهانه ایستگاه‌های مورد مطالعه و شاخص MCI	۱۲۵
جدول ۴-۳۱	ضرایب همبستگی همزمان و غیرهمزمان مربوط به روابط معنی‌دار میان بارندگی فصلی ایستگاه‌های مورد مطالعه و میانگین سه ماهه شاخص MCI	۱۲۸
جدول ۴-۳۲	ضرایب همبستگی همزمان و غیرهمزمان مربوط به روابط معنی‌دار میان بارندگی ماهانه ایستگاه‌های مورد مطالعه و شاخص WeMO	۱۳۲
جدول ۴-۳۳	ضرایب همبستگی همزمان و غیرهمزمان مربوط به روابط معنی‌دار میان بارندگی فصلی ایستگاه‌های مورد مطالعه و میانگین سه ماهه شاخص WeMO	۱۳۵

جدول ۴-۳۴ ضرایب همبستگی همزمان و غیرهمزمان مربوط به روابط معنی دار میان بارندگی ماهانه ایستگاه‌های مورد مطالعه و شاخص MSST.....	۱۳۹
جدول ۴-۳۵ ضرایب همبستگی همزمان و غیرهمزمان مربوط به روابط معنی دار میان بارندگی ماهانه ایستگاه‌های مورد مطالعه و شاخص PGSST.....	۱۴۴
جدول ۴-۳۶ ضرایب همبستگی همزمان و غیرهمزمان مربوط به روابط معنی دار میان بارندگی فصلی ایستگاه‌های مورد مطالعه و میانگین سه ماهه شاخص PGSST.....	۱۴۸
جدول ۴-۳۷ طبقه‌بندی ایستگاه‌های مورد مطالعه در مناطق همگن بارندگی.....	۱۵۰
جدول ۴-۳۸ معادلات رگرسیونی بارندگی فصلی ایستگاه‌های گروه اول.....	۱۵۱
جدول ۴-۳۹ معادلات رگرسیونی بارندگی فصلی ایستگاه‌های گروه دوم.....	۱۵۳
جدول ۴-۴۰ معادلات رگرسیونی بارندگی فصلی ایستگاه‌های گروه سوم.....	۱۵۶
جدول ۴-۴۱ معادلات رگرسیونی بارندگی فصلی ایستگاه‌های گروه چهارم.....	۱۵۷
جدول ۴-۴۲ معادلات رگرسیونی بارندگی فصلی ایستگاه‌های گروه پنجم.....	۱۵۹
جدول ۴-۴۳ معادلات رگرسیونی بارندگی فصلی ایستگاه‌های گروه ششم.....	۱۶۱
جدول ۴-۴۴ معادلات رگرسیونی بارندگی فصلی ایستگاه‌های گروه هفتم.....	۱۶۲
جدول ۵-۱ خلاصه‌ای از روابط معنی دار و مناسب جهت پیش‌بینی بارش ماهانه و فصلی ایران با استفاده از نرم‌افزار Rainman.....	۱۶۵
جدول ۵-۲ خلاصه روابط معنی دار میان شاخص‌های NAO و NCP با بارش ماهانه و فصلی ایران.....	۱۶۷
جدول ۵-۳ خلاصه روابط معنی دار میان شاخص‌های نوسانات مدیترانه‌ای (MOac، MOgi، MCI و WeMO) با بارش ماهانه و فصلی ایران.....	۱۶۹
جدول ۵-۴ خلاصه روابط معنی دار میان شاخص‌های دمای سطح آب (MSST و PGSST) و بارندگی ماهانه و فصلی ایران.....	۱۷۲

فهرست شکل‌ها

<u>عنوان</u>	<u>صفحه</u>
شکل ۱-۱ مقایسه دمای سطح آب و شرایط جوی در پهنه اقیانوس آرام در حالت (الف) نرمال و (ب) النینو.....	۴
شکل ۱-۳ توزیع مکانی میانه بارندگی (a) فصل پائیز، (b) زمستان، (c) بهار و (d) تابستان در ایران.....	۳۵
شکل ۲-۳ نام، موقعیت و طول دوره آماری ایستگاه‌های سینوپتیک مورد مطالعه.....	۳۶
شکل ۳-۳ موقعیت تقریبی داروین و تاهیتی.....	۳۶
شکل ۴-۳ مرزهای فازهای SOI.....	۳۸
شکل ۵-۳ موقعیت تقریبی ایسلند، آزروس و جبل الطارق.....	۳۹
شکل ۶-۳ موقعیت و وضعیت قطب‌های محاسباتی NCP ₁ و جهت باد هنگام فاز منفی (a) و مثبت (b) NCP.....	۴۱
شکل ۷-۳ موقعیت تقریبی قطب‌های محاسباتی شاخص‌های MOac و MCI، MOgi، WeMO.....	۴۲
شکل ۸-۳ محدوده جغرافیایی زیرمجموعه HadISST1.1 جهت محاسبه MSST.....	۴۳
شکل ۹-۳ محدوده جغرافیایی زیرمجموعه HadISST1.1 جهت محاسبه PGSST.....	۴۴
شکل ۱۰-۳ موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه در مناطق همگن بارندگی.....	۴۹
شکل ۱-۴ توزیع مکانی نتایج آزمون‌های آماری میانگین SOI ماه دسامبر و بارندگی ماه دسامبر (حالت همزمان).....	۵۹
شکل ۲-۴ ضرایب همبستگی همزمان میان بارندگی و میانگین SOI در ماه اکتبر.....	۵۹
شکل ۳-۴ توزیع مکانی نتایج آزمون‌های آماری میانگین SOI (جولای-سپتامبر) و بارندگی ماه اکتبر، (زمان پیشی صفر ماه).....	۶۰
شکل ۴-۴ توزیع مکانی نتایج آزمون‌های آماری میانگین SOI (ژوئن-آگوست) و بارندگی ماه اکتبر، (زمان پیشی یک ماه).....	۶۰
شکل ۵-۴ توزیع مکانی نتایج آزمون‌های آماری میانگین SOI (اکتبر-دسامبر) و بارندگی پائیزه (اکتبر-دسامبر)، همزمان.....	۶۵
شکل ۶-۴ توزیع مکانی نتایج آزمون‌های آماری میانگین SOI (جولای-سپتامبر) و بارندگی پائیزه (اکتبر-دسامبر)، زمان پیشی صفر ماه.....	۶۶
شکل ۷-۴ توزیع مکانی نتایج آزمون‌های آماری میانگین SOI (ژوئن-آگوست) و بارندگی پائیزه (اکتبر-دسامبر)، زمان پیشی یک ماه.....	۶۶
شکل ۸-۴ توزیع مکانی نتایج آزمون‌های آماری میانگین SOI (می-جولای) و بارندگی پائیزه (اکتبر-دسامبر)، زمان پیشی دو ماه.....	۶۶
شکل ۹-۴ توزیع مکانی نتایج آزمون‌های آماری مربوط به فازهای SOI (آگوست-سپتامبر) و بارندگی ماه اکتبر (زمان پیشی صفر ماه).....	۷۲
شکل ۱۰-۴ توزیع مکانی نتایج آزمون‌های آماری مربوط به فازهای SOI (جولای-آگوست) و بارندگی ماه اکتبر (زمان پیشی یک ماه).....	۷۲
شکل ۱۱-۴ توزیع مکانی نتایج آزمون‌های آماری مربوط به فازهای SOI (آگوست-سپتامبر) و بارندگی پائیزه (زمان پیشی صفر ماه).....	۷۶
شکل ۱۲-۴ توزیع مکانی نتایج آزمون‌های آماری مربوط به فازهای SOI (جولای-آگوست) و بارندگی پائیزه (زمان پیشی یک ماه).....	۷۶
شکل ۱۳-۴ توزیع مکانی نتایج آزمون‌های آماری مربوط به فازهای SOI (می-ژوئن) و بارندگی پائیزه (زمان پیشی سه ماه).....	۷۶
شکل ۱۴-۴ توزیع مکانی نتایج آزمون‌های آماری مربوط به فازهای SST اقیانوس آرام (سپتامبر) و بارندگی ماه اکتبر.....	۷۶

- شکل ۴-۱۵ توزیع مکانی نتایج آزمون‌های آماری مربوط به فازهای SST اقیانوس آرام (نوامبر) و بارندگی ماه فوریه (زمان پیشی دو ماه) ۸۱
- شکل ۴-۱۶ توزیع مکانی نتایج آزمون‌های آماری مربوط به فازهای SST اقیانوس هند (سپتامبر) و بارندگی ماه اکتبر (زمان پیشی صفر ماه) ۸۷
- شکل ۴-۱۷ توزیع مکانی نتایج آزمون‌های آماری مربوط به فازهای SST اقیانوس هند (ژانویه) و بارندگی ماه فوریه (زمان پیشی صفر ماه) ۸۷
- شکل ۴-۱۸ توزیع مکانی نتایج آزمون‌های آماری مربوط به فازهای SST اقیانوس هند (دسامبر) و بارندگی زمستانه (ژانویه-مارس)، زمان پیشی صفر ماه ۹۰
- شکل ۴-۱۹ توزیع مکانی نتایج آزمون‌های آماری فازهای SST اقیانوس هند (نوامبر) و بارندگی زمستانه (ژانویه-مارس)، زمان پیشی یک ماه ۹۰
- شکل ۴-۲۰ توزیع مکانی ضرایب همبستگی مربوط به روابط معنی‌دار میان بارندگی ماهانه و NAOi ۹۴
- شکل ۴-۲۱ توزیع مکانی ضرایب همبستگی مربوط به روابط معنی‌دار میان بارندگی فصلی و میانگین سه ماهه NAOi ۹۷
- شکل ۴-۲۲ توزیع مکانی ضرایب همبستگی مربوط به روابط معنی‌دار میان بارندگی ماهانه و شاخص NCP ۱۰۱
- شکل ۴-۲۳ توزیع مکانی ضرایب همبستگی مربوط به روابط معنی‌دار میان بارندگی فصلی و میانگین سه ماهه شاخص NCP ۱۰۵
- شکل ۴-۲۴ توزیع مکانی ضرایب همبستگی مربوط به روابط معنی‌دار میان بارندگی ماهانه و شاخص MOac ۱۰۹
- شکل ۴-۲۵ توزیع مکانی ضرایب همبستگی مربوط به روابط معنی‌دار میان بارندگی فصلی و میانگین سه ماهه شاخص MOac ۱۱۳
- شکل ۴-۲۶ توزیع مکانی ضرایب همبستگی مربوط به روابط معنی‌دار میان بارندگی ماهانه و شاخص MOgi ۱۱۷
- شکل ۴-۲۷ توزیع مکانی ضرایب همبستگی مربوط به روابط معنی‌دار میان بارندگی فصلی و میانگین سه ماهه شاخص MOgi ۱۲۰
- شکل ۴-۲۸ توزیع مکانی ضرایب همبستگی مربوط به روابط معنی‌دار میان بارندگی ماهانه و شاخص MCI ۱۲۴
- شکل ۴-۲۹ توزیع مکانی ضرایب همبستگی مربوط به روابط معنی‌دار میان بارندگی فصلی و میانگین سه ماهه شاخص MCI ۱۲۷
- شکل ۴-۳۰ توزیع مکانی ضرایب همبستگی مربوط به روابط معنی‌دار میان بارندگی ماهانه و شاخص WeMO ۱۳۱
- شکل ۴-۳۱ توزیع مکانی ضرایب همبستگی مربوط به روابط معنی‌دار میان بارندگی فصلی و میانگین سه ماهه شاخص WeMO ۱۳۴
- شکل ۴-۳۲ توزیع مکانی ضرایب همبستگی مربوط به روابط معنی‌دار میان بارندگی ماهانه و شاخص MSST ۱۳۸
- شکل ۴-۳۳ توزیع مکانی ضرایب همبستگی مربوط به روابط معنی‌دار میان بارندگی ماهانه و شاخص PGSST ۱۴۳
- شکل ۴-۳۴ توزیع مکانی ضرایب همبستگی مربوط به روابط معنی‌دار میان بارندگی فصلی و میانگین سه ماهه شاخص PGSST ۱۴۷
- شکل ۵-۱ شاخص‌های نوسانات اتمسفری - اقیانوسی مؤثر بر بارش زمستانه (a)، بهاره (b)، تابستانه (c) و پاییزه (d) مناطق همگن بارش در ایران ۱۷۳

چکیده

در مناطق خشک و نیمه خشک تغییرپذیری زمانی و مکانی بارش بسیار بالاست، لذا شناخت عوامل مؤثر بر بارش این مناطق از جمله ایران در جهت پیش‌بینی بارش و مدیریت منابع آب اهمیت ویژه‌ای دارد. نوسانات اقیانوسی-اتمسفری از جمله پدیده‌های نینو نوسانات جنوبی (انسو)، به عنوان یکی از عوامل تأثیرگذار بر بارش مناطق مختلف جهان شناخته شده است. در این مطالعه روابط نوسانات اقیانوسی-اتمسفری مختلف با بارش ماهانه و فصلی ایران بررسی شد. برای این منظور، از داده‌های ماهانه بارندگی ۵۰ ایستگاه سینوپتیک در ایران با حداقل ۳۰ سال طول دوره آماری تا سال ۲۰۰۷ استفاده گردید. (الف) ابتدا در نرم‌افزار Rainman، بر اساس شاخص‌های نوسان جنوبی (Southern Oscillation Index, SOI) و دمای سطح آب (Sea Surface Temperature, SST) اقیانوس آرام و هند روابط همزمان و غیرهمزمان (زمان پیشی صفر الی سه ماه) میان پدیده انسو و بارش ماهانه و فصلی ایران بررسی گردید. بدین منظور سری ماهانه و یا فصلی بارندگی طی چهار روش (میانگین SOI، فازهای SOI، فازهای SST اقیانوس آرام و فازهای SST اقیانوس هند) با در نظر گرفتن زمان پیشی معین، به گروه‌های مختلف تقسیم شد و اختلافات میان گروه‌های بارندگی به کمک آزمون‌های آماری ناپارامتری کروسکال والیس و کلوموگراف اسمیرنوف مورد ارزیابی قرار گرفت. صحت استفاده از روابط معنی‌دار در پیش‌بینی احتمالی بارش ایران به کمک آزمون (Linear Error in Probability Space, LEPS) برآورد گردید. (ب) سپس ضرایب همبستگی پیرسون همزمان و غیرهمزمان (زمان تأخیر یک الی شش ماه) میان بارش ماهانه و فصلی ایران با نوسان اطلس شمالی (North Atlantic Oscillation (NAO)، الگوی دریای شمال-خزر (North Caspian Pattern (NCP)، نوسان مدیترانه‌ای الجزایر-قاهره (Mediterranean Oscillation-Algiers/Cairo (MOAc)، نوسان مدیترانه‌ای جبل‌الطارق-اسرائیل (Mediterranean Oscillation-Gibraltar/Israel (MOgi)، و نوسان غرب مدیترانه (Western Mediterranean Oscillation (WeMO)، شاخص گردش مدیترانه (Mediterranean Circulation Index (MCI)، دمای سطح آب مدیترانه (Mediterranean SST (MSST) و دمای سطح آب خلیج فارس (Persian Gulf SST (PGSST) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. (ج) در پایان، به کمک رگرسیون چند متغیره گام‌به‌گام، در هر منطقه همگن بارش ایران شاخص‌های نوسانات مؤثر شناسایی شد. نتایج نشان داد که وضعیت پدیده انسو در فصل تابستان (جولای-سپتامبر) به طور غیرهمزمان بر بارش‌های ماه اکتبر (مهر) و پائیزه (اکتبر-دسامبر) نواحی غرب، شمال‌غرب ایران و سواحل غربی دریای خزر تأثیر معنی‌داری دارد. به طوری که فازهای النینو (منفی) و لانینا (مثبت) اغلب بترتیب با افزایش و کاهش بارش در این نواحی همراه هستند. استفاده از میانگین SOI جهت پیش‌بینی بارش نواحی ذکر شده مناسب است؛ اما استفاده از فازهای SST اقیانوس آرام و هند جهت پیش‌بینی بارش‌های ایران به دلیل وجود روابط ضعیف و ناپایدار پیشنهاد نمی‌شوند. NAO با بارندگی ماهانه نیمه غربی و شمالی ایران همبستگی معنی‌داری دارد. میان NAO و بارندگی ایران نواحی شمال‌غربی ایران در فصل زمستان و مناطق مرکزی و جنوب ایران در فصل پائیز همبستگی غیرهمزمان و معنی‌داری مشاهده شد. NCP به طور همزمان با بارندگی نواحی شمالی کشور در مقیاس فصلی و ماهانه رابطه مستقیم و معنی‌داری داشت. رابطه شاخص‌های MOgi و MOAc با بارش ایران تقریباً مشابه و ضعیف بود؛ البته در مورد MOgi ضرایب همبستگی بالاتر بود. این دو شاخص بر بارش ماه می (اردیبهشت) نیمه غربی کشور و بارندگی بهار (آوریل-ژوئن) نواحی غربی دریای خزر همبستگی معنی‌دار داشتند. شاخص WeMO و MCI به طور همزمان با بارندگی فصلی و ماهانه بخش‌های مختلف ایران همبستگی معکوسی دارند. این همبستگی در فصل زمستان (ژانویه-مارس) ماه‌های ژانویه (دی) و فوریه (بهمن) به طور وسیع‌تری در ایران معنی‌داری است. همبستگی معنی‌دار MSST و بارش ماهانه ایران در مناطق محدودی، بویژه سواحل دریای خزر، به صورت غیرهمزمان و معکوس مشاهده شد؛ اما بارش فصلی ایران در ارتباط با شاخص MSST نمی‌باشد. دمای سطح آب خلیج فارس (PGSST) با بارش فصول بهار و پائیز و ماه آوریل (فروردین) نیمه شرقی ایران به صورت پایداری همبستگی منفی و معنی‌داری داشت. ارتباط معکوس MSST و PGSST با بارش ایران واقعی بنظر نمی‌رسد. مطالعه بیشتر در جهت نشان دادن تأثیر دور نوسانات اقیانوسی-اتمسفری و اقلیم ایران پیشنهاد می‌گردد؛ همچنین از شاخص‌های نوسانات اقیانوسی-اتمسفری در مدل‌های پیش‌بینی اقلیمی ایران در جهت بهبود مدیریت ریسک کشاورزی، منابع طبیعی و منابع آب می‌توان بهره گرفت.

کلمات کلیدی: بارش، نوسانات اتمسفری-اقیانوسی، انسو، Rainman، ایران

فصل اول

مقدمه

اقیانوس (آب سپهر) و اتمسفر (هوا سپهر) بویژه در انتقال انرژی، دائماً در ارتباط با یکدیگرند [۱۴۰]. با تبخیر آب‌های گرم اقیانوس‌ها، گرمای نهان اتمسفر جذب شده و بخار آب تشکیل می‌شود، میعان این بخار آب در ارتفاعات موجب بارندگی خواهد شد. همچنین بادهای سطحی، محرک ایجاد جریانات اقیانوسی (جریان آب‌های گرم اقیانوسی به سمت قطب و آب‌های سرد اقیانوسی به سمت استوا) هستند [۱۰].

نوسانات اقیانوسی - اتمسفری از جمله واکنش‌های میان اتمسفر و اقیانوس می‌باشند. برای اولین بار واکر^۱، از دریانوردان و دانشمندان انگلیسی، به این نوسانات اشاره کرد [۱۳۶ و ۱۳۷]. او در مطالعات خود نشان داد که فشار هوا بین نواحی شمالی و جنوبی اقیانوس آرام به صورت الکلنگی^۲ نوسان می‌نماید. همچنین او توضیح داد که در زمان‌هایی که فشار سطحی هوا در شرق نواحی حاره‌ای اقیانوس آرام بیش (کمتر) از معمول می‌گردد، در نواحی غربی این اقیانوس، واقع در سواحل استرالیا، این فشار کمتر (بیشتر) از میانگین درازمدت می‌باشد. او نوسان فشار بین نواحی شرقی و غربی اقیانوس آرام را پدیده نوسانات جنوبی^۳ نامید. همچنین واکر نوسان اطلس شمالی (NAO)^۴ در حوزه اقیانوس اطلس شمالی و نوسان آرام شمالی (NPO)^۵ در حوزه اقیانوس آرام شمالی را نیز شناسایی کرد [۱۳۸]. در اوائل دهه ۱۹۶۰ محققان دریافتند که میان نوسان جنوبی و پدیده النینو^۶ ارتباط نزدیکی وجود دارد [۱۰۰ و

^۱ Walker

^۲ Seasaw

^۳ Southern Oscillation

^۴ North Atlantic Oscillation (NAO)

^۵ North Pacific Oscillation (NPO)

^۶ El Niño

۱۲۹]. النینو در ابتدا به جریان ضعیفی از آب گرم که در حوالی کریسمس (ژانویه (دی ماه)) در امتداد سواحل پرو (واقع در ناحیه حاره‌ای اقیانوس آرام جنوبی) و از شمال به سمت جنوب به حرکت درمی‌آید، اطلاق می‌گردد. لغت اسپانیایی النینو به معنی «پسر» بوده و به علت همزمانی وقوع این جریان با تولد حضرت مسیح (ع)، این جریان آب گرم در زبان عامیانه مردم پرو و اکوادور به این نام نامیده شد [۱۲۶]. النینو طی قرن‌های متمادی برای مردم ساحل‌نشین امریکای جنوبی پدیده‌ای آشنا بوده است، زیرا وقوع این پدیده بر شرایط آب و هوایی و صید آبیان آن مناطق مؤثر است. از دیدگاه مردم گرم شدن دمای سطح آب نشانگر اتمام موقتی دوره صید بوده، زیرا در این دوران مواد غذایی مورد استفاده ماهیان کاهش می‌یابد. جریان آب گرم در سال‌های مختلف از لحاظ شدت، گستره جغرافیایی و دوام متفاوت است. در بعضی از سال‌ها گستره آب‌های گرم ناشی از وقوع این پدیده محدود به نواحی ساحلی نبوده، بلکه بخش وسیعی از شرق و مرکز اقیانوس آرام حاره‌ای را نیز شامل می‌شود. بنابراین النینو از دیدگاه علمی به گرم شدن بیش از معمول آب‌های شرقی و مرکزی ناحیه آرام حاره‌ای که از دوام و پایداری کافی برخوردار است، اطلاق می‌گردد [۲۰ و ۹۷].

پس از شناسایی ارتباط نزدیک پدیده النینو و نوسان جنوبی، این دو پدیده به صورت یک مجموعه، به نام النینو نوسان جنوبی (انسو)^۱، نامیده شدند. فازهای مختلف انسو بر اساس گرادیان فشار سطح آب و یا انحراف از میانگین دمای سطح آب در امتداد شرقی- غربی ناحیه اقیانوس آرام جنوبی مشخص می‌گردند [۲۰ و ۱۲۶]. سه فاز النینو، خنثی و لانینا^۲ اصلی‌ترین فازهای انسو می‌باشند [۹۷]. در ادامه برای درک بهتر این سه فاز، شرایط اقیانوسی و جوی در گستره اقیانوس آرام حاره‌ای در حالات النینو (گرم)، معمولی (خنثی)، لانینا (سرد) مورد مقایسه قرار می‌گیرد.

در حالت معمولی (خنثی) در نواحی شرقی اقیانوس آرام دمای سطح آب و فشار هوای سطح آب بترتیب کمتر و بیشتر از مناطق غربی این اقیانوس است. علت این امر این است که جریان‌های زیرسطحی و سرد اقیانوسی که از غرب اقیانوس آرام (نواحی شرقی استرالیا) به سمت سواحل آمریکا در جریان می‌باشند، در اثر برخورد به قاره آمریکا به سمت نواحی سطحی هدایت گردیده و موجب می‌گردد تا گرادیان حرارتی و نیز اختلاف فشار هوا بین شرق و غرب اقیانوس آرام بوجود آمده و جریان باد حاصل از این امر به طور معمول از نواحی شرقی (منطقه سرد با فشار زیاد) به سوی سواحل استرالیا در غرب اقیانوس آرام (منطقه گرم با فشار کم) در حال وزش باشد (شکل ۱-۱-الف).

افزایش جریانات سرد به سمت امریکای جنوبی سبب پدید آمدن فاز لانینا (سرد) می‌شود. فاز لانینا در واقع حالت تشدید شده شرایط معمولی (خنثی) می‌باشد.

تجمع بیش از حد معمول آب‌های گرم در نواحی غربی اقیانوس آرام برای همیشه ادامه نداشته و طی فرآیندهای پیچیده‌ای با تضعیف شدن بادهای تجاری، آب‌های ذخیره شده در این استخر عظیم شروع به تخلیه شدن می‌نماید. فرآیند تخلیه با ایجاد یک جریان موجی شکل ضعیف از آب‌های این ناحیه به سمت نواحی شرقی آغاز می‌گردد. این امواج رو به شرق آب، اصطلاحاً جریان معکوس^۳ نامیده می‌شوند. جریان معکوس با به حرکت

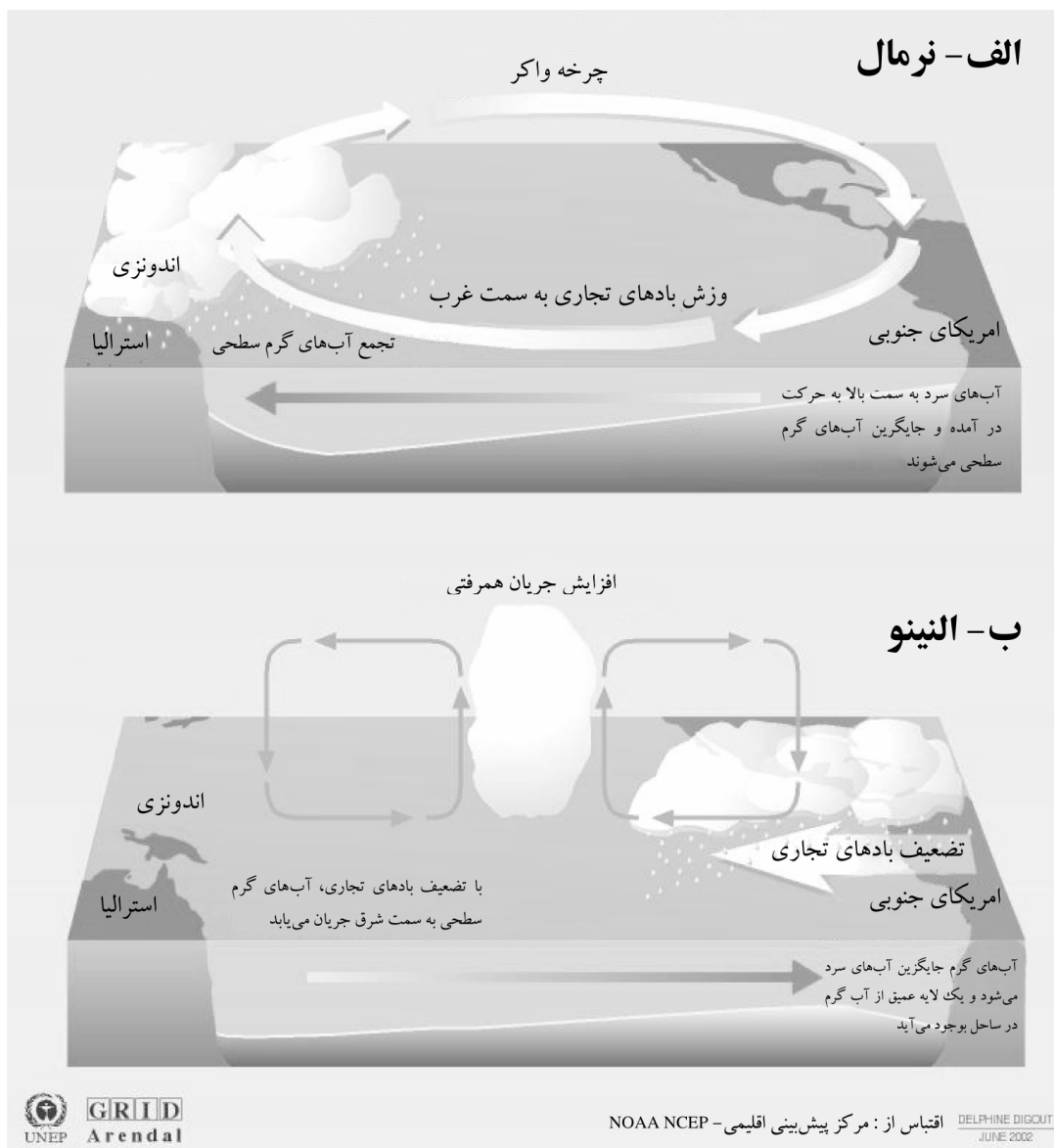
¹ El Niño-Southern Oscillation (ENSO)

² La Niña

³ Counter current

در آوردن عمقی آب‌های گرم مناطق غربی به سمت سواحل شرقی، در واقع جریانی بر خلاف حرکت رو به غرب آب‌های سطحی را بوجود می‌آورند. تقویت جریان معکوس، موجب می‌گردد تا حرکت آب‌های گرم از غرب به شرق اقیانوس از شدت زیادی برخوردار گردیده و شرایط لازم تضعیف لائینا و شروع النینو (گرم) فراهم گردد (شکل ۱-۱-ب). پدیده النینو به طور معمول هر سه تا هفت سال یکبار با شدت، دوام، بزرگی و دامنه جغرافیایی اثرات متفاوت رخ می‌دهد [۱۳۹].

در فازهای حدی النینو و لائینا، شرایط جوی شرق (امریکای جنوبی) و غرب (استرالیا) اقیانوس آرام کاملاً عکس یکدیگر است. فاز النینو با بارش بیش از معمول و سیل در بخش غربی اقیانوس آرام (استرالیا) و خشکسالی در قطب مقابل آن یعنی امریکای جنوبی همراه است. هنگام فاز لائینا شرایط در این مناطق کاملاً برعکس است، به طوری که استرالیا با بارش کمتر از معمول و امریکای جنوبی با بارش زیاد مواجه است.



شکل ۱-۱ مقایسه دمای سطح آب و شرایط جوی در پهنه اقیانوس آرام در حالت (الف) نرمال و (ب) النینو

قسمت عمده انرژی رسیده به سطح زمین توسط اقیانوس‌ها و بویژه اقیانوس آرام جذب شده و به صورت گرمای نهان وارد جو می‌شود. بنابراین عده‌ای معتقدند که این حجم عظیم انرژی می‌تواند به عنوان موتور محرک اتمسفر و اقیانوس‌ها محسوب شود و وقوع پدیده انسو برهم خوردن تراز معمولی انرژی بین جو، خشکی و اقیانوس‌های جهان را در پی داشته باشد. در بعضی از مناطق جهان تأثیر دور^۱ پدیده انسو به صورت همزمان با وقوع انسو در محل اصلی (اقیانوس آرام) و با تأخیر زمانی قابل مشاهده است. پدیده انسو و فازهای حدی آن به غیر از تأثیر بر بارش بسیاری از مناطق مختلف جهان [۱۱۲] سبب تغییرات شدید در شکل طبیعی پدیده‌های فیزیکی نظیر سیستم‌های مونسون جهان، جت استریم‌ها (جابه‌جایی سریع هوا در سطح بالایی جو)، جریان‌ات اقیانوسی، نوسانات دما، نوسانات دبی روخانه‌ها، بروز آتش‌سوزی در جنگل‌ها، رونق یا رکورد صنایع صیادی، کشاورزی و دامپروری و در نتیجه مشکلات اقتصادی اجتماعی و حتی سیاسی می‌شود که در برخی موارد منجر به اغتشاشات سیاسی در برخی کشورها نیز شده است [۲۰].

انسو بزرگترین و معروفترین نوسان اقیانوسی - اتمسفری شناخته شده است [۸۱]. علاوه بر آن، نوساناتی در حوزه‌های دیگر اقیانوسی نیز شناسایی شده‌اند. نوسان قطب شمال (AO)^۲، نوسان قطب جنوب (AAO)^۳ از جمله این نوسانات است. در مقیاس مکانی کوچک‌تر نیز نوساناتی همچون نوسان مدیترانه‌ای (MO)^۴ و الگوی دریای شمال - خزر (NCP)^۵ شناسایی شده‌اند.

امروزه با شناخت بیشتر نوسانات اقیانوسی - اتمسفری، به عنوان یکی از عوامل تأثیرگذار بر بارش هر منطقه، پیش‌بینی‌های اقلیمی بویژه در مورد بارش می‌تواند با آگاهی بیشتری انجام گیرد. برای مثال در گذشته براساس تغییر نور ستاره‌ها و رفتارهای خاص گیاهان و جانوران (برای مثال گلدهی گیاهان خاص و یا تمایل پرندگان به ساختن لانه در بخش خاصی از درختان) میزان بارش هر منطقه برآورد می‌گردید [۶۱]. کشاورزان در بعضی از روستاهای امریکای جنوبی بر اساس تغییرات میزان نور ستاره‌های صور فلکی میزان بارش و محصول خود در تابستان و پاییز را پیش‌بینی می‌نمودند. حال آنکه تحقیقات اخیر نشان داده است تغییرات نور ستاره‌ها در این منطقه به دلیل تغییر پوشش ابرها در شرایط النینو بوده است [۹۰].

بکارگیری روش‌های آماری، مدل‌سازی و همچنین استفاده از رایانه در شناخت روابط پیچیده میان نوسانات اقیانوسی - اتمسفری و اقلیم هر منطقه بویژه بارش بسیار مفید بوده است [۱۴۱]. برای مثال بسیاری از کشاورزان، دامداران و متولیان امور آب در مناطق مختلف استرالیا از نرم‌افزار Rainman [۳۹] جهت آگاهی از میزان احتمالی بارش و جریان رودخانه فصلی استفاده می‌کنند. متدولوژی پیش‌بینی در این نرم‌افزار بر اساس پدیده انسو است. با توجه به این که این پدیده مناطق وسیعی از جهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد، امکان استفاده از این نرم‌افزار و وارد کردن اطلاعات اقلیمی مناطق مختلف جهان به Rainman وجود دارد؛ از این نرم‌افزار جهت بررسی روابط اقلیم هر

¹ Teleconnection

² Arctic oscillation (AO)

³ Antarctic Oscillation (AAO)

⁴ Mediterranean Oscillation (MO)

⁵ North Caspian pattern (NCP)

منطقه با پدیده انسو و همچنین پتانسیل استفاده از این روابط در پیش‌بینی‌های اقلیمی مناطق مختلف جهان می‌توان استفاده کرد. علاوه بر استرالیا در کشورهای هند، اندونزی و زیمبابوه استفاده از این نرم‌افزار در پیش‌بینی فصلی بارش و در نتیجه بهبود مدیریت کشاورزی مفید بوده است [۳۸].

از آن جا که بیش از نیمی از وسعت ایران را مناطق خشک و نیمه خشک فرا گرفته و بارش بسیار تغییر پذیر است، لذا پیش‌بینی بارش با صحت کافی ابزاری مفید در مدیریت ریسک بویژه در عرصه‌های منابع طبیعی می‌باشد [۴۲، ۱۲۸ و ۱۳۵]. بهبود پیش‌بینی‌های اقلیمی در مناطقی که کشت دیم [۸۲] و یا کشت آبی [۱۰۶] در آنجا صورت می‌گیرد، باعث بهبود تصمیمات مدیریتی و در نتیجه افزایش بازدهی تولیدات کشاورزی می‌گردد [۱۰۵]. بروز حوادث سیل و خشکسالی و تشدید این وقایع در اثر تغییرات آب و هوایی در نقاط مختلف جهان [۸۳، ۱۲۷ و ۱۳۳]، بر جوامع انسانی و اکوسیستم‌های طبیعی خسارات جبران ناپذیری وارد ساخته است [۶۶ و ۹۵]. برای مثال خشکسالی شدید سال ۲۰۰۰-۱۹۹۹ در ایران، به طور مستقیم تنها بر محصولات کشاورزی خسارتی معادل ۱۶۰۵ میلیون دلار امریکا بر جای گذاشت [۱۱۵]. در حالی که با انجام پیش‌بینی بارش، ضمن داشتن آمادگی لازم در برابر این حوادث، می‌توان به طرق مختلف (نظیر تصمیم بر روی الگوی کشت محصولات زراعی) خسارات را تا اندازه‌ای کاهش داد [۴۵ و ۷۷].

پیش‌بینی بارش می‌تواند باعث مدیریت بهتر مراتع گردد [۷۱]، برای مثال با پیش‌بینی به موقع خشکسالی و تطبیق تعداد دام، خسارات ناشی از خشکسالی کاهش یافته و از تخریب مراتع جلوگیری می‌گردد [۱۱۹]، همچنین دامداران اگر پیش‌بینی به موقع درباره وقوع فصل مرطوب داشته باشند می‌توانند تعداد دام خود را افزایش دهند [۶۵]. اولین گام در انجام پیش‌بینی‌های اقلیمی شناخت صحیح از عوامل مؤثر بر اقلیم منطقه است [۱۱۶]. با توجه به این که نوسانات اقیانوسی-اتمسفری از جمله عوامل مؤثر بر اقلیم جهان محسوب می‌شود. شناخت روابط نوسانات اقیانوسی-اتمسفری و بارش هر منطقه در بهبود پیش‌بینی‌های بارش کاربرد فراوانی خواهد داشت. در دهه اخیر بررسی روابط این نوسانات با بارش و دمای ایران مورد توجه محققین قرار گرفته است. در این مطالعات، روابط بارش و یا دمای ایران و یا منطقه‌ای از ایران در مقیاس‌های زمانی سه ماهه (فصلی) با انسو (ENSO) [۲۰، ۵۶، ۸۶، ۸۷ و ۱۰۴]، نوسانات قطب شمال (AO) [۵۹]، الگوی دریای شمال-خزر (NCP) [۵۸]، نوسانات اطلس شمالی (NAO) [۴۴] و نوسانات غربی دریای مدیترانه (WeMO)^۱ [۵۷] را مورد تجزیه و تحلیل قرار داده‌اند.

به دلیل اهمیت تأثیر پدیده انسو بر بارش جهانی، در مورد بارش ایران نیز بیشتر روابط انسو مورد توجه محققین بوده است. تاکنون در مطالعات انجام گرفته، روابط انسو و بارش ایران تنها با بکارگیری روش همبستگی و یا همبستگی متوالی مشخص شده است. در صورتی که نتایجی که با استفاده از روش‌های آماری متفاوت و همچنین داده‌های طولانی مدت تر اخذ شود، با اطمینان بیشتری می‌تواند در بررسی ارتباطات انسو و بارش ایران در پیش‌بینی‌ها استفاده گردد. همچنین جهت پیش‌بینی لازم است قبل از بهره‌گیری از این روابط پیش‌بینی صحت و پایداری^۲ هر

^۱ Western Mediterranean Oscillation (WeMO)

^۲ Persistence