



Available online: <http://ijhe.tums.ac.ir>

مقاله پژوهشی

## تأثیرپذیری رخداد بیماری مالاریا در ایران از شاخص اقلیمی ENSO

منصور حلیمی<sup>۱\*</sup>، زهرا زارعی چقابلکی<sup>۲</sup>، محمد جعفری مدرک<sup>۳</sup>

۱. (نویسنده مسئول): دانشجوی دکترا، گروه جغرافیا، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

۲. دانشجوی دکترا، گروه جغرافیا، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه لرستان، لرستان، ایران

۳. عضو مرکز تحقیقات بیماری‌های عفونی و گرمسیری، دانشگاه علوم پزشکی زاهدان، زاهدان، ایران

۴. استادیار گروه انگل شناسی و قارچ شناسی پزشکی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی زاهدان، زاهدان، ایران

### چکیده

زمینه و هدف: بیماری مالاریا که در ایران نیز به عنوان یکی از مشکلات سلامت عمومی کشور مطرح بوده تا حدود زیادی وابسته به شرایط آب و هوایی است. این وابستگی هم از جهت پشه انتقال‌دهنده بیماری و هم از جهت طول فازه‌های تکاملی مختلف انگل پلاسمودیوم است. هدف این پژوهش، بررسی تأثیر الگوی جوی-اقیانوسی نوسان جنوبی، به عنوان یک عامل تأثیرگذار در شرایط آب و هوایی کشور، در رخداد بیماری مالاریا به عنوان یک بیماری متأثر از شرایط آب و هوایی، در ایران است.

روش بررسی: در این راستا داده‌های مربوط به الگوی نوسان جنوبی از سایت دانشگاه East Anglia برای دوره آماری ۱۳۵۲ تا ۱۳۹۰ اخذ گردید. داده‌های مربوط به رخداد سالانه بیماری مالاریای کل کشور نیز از منابع زیربند بدست آمد. برای تحلیل ارتباط داده‌های مذکور، از تحلیل همبستگی Pearson در سطح اطمینان ۰/۹۵ ( $P\text{-value} = 0/05$ ) به صورت ماهانه و سالانه استفاده گردید. در نهایت برای ارزیابی تأثیر فازه‌های سرد و گرم این الگوی کلان مقیاس جوی، داده‌های رخداد بیماری براساس فازه‌های مذکور ماهانه تفکیک شده و با اجرای آزمون پارامتریک *T-student* دو طرفه مستقل، معنی‌دار بودن تفاوت داده‌های رخداد بیماری در فازه‌های گرم و سرد ENSO، بررسی گردید.

یافته‌ها: نتایج گویای آن بود که داده‌های رخداد سالانه بیماری مالاریا در ایران، اولاً دارای همبستگی معکوسی با شاخص ENSO است و ثانیاً این همبستگی تنها برای ماه‌های May و October معنی‌دار است و برای ماه‌های دیگر همبستگی معنی‌داری مشاهده نگردید. نتایج اجرای آزمون *T-student* دو طرفه مستقل بر روی دو سری تعداد موارد بیماری تفکیک شده براساس فازه‌های گرم و سرد ENSO در ماه‌های May و October گویای آن بود که در سال‌هایی که همراه با فاز گرم ENSO (*El Niño*) است، رخداد بیماری در کشور بطور متوسط تا ۲۰ درصد بالاتر از سال‌هایی است که در ماه‌های October و May آنها فاز سرد ENSO یعنی *La Niña* حاکم بوده است.

نتیجه‌گیری: ENSO به عنوان یکی از چندین شاخص پیوند از دور تأثیرگذار در آب و هوای ایران، می‌تواند تغییرات نسبتاً محسوس در رخدادهای سالانه مالاریا و برخی دیگر از بیماری‌های حساس به اقلیم ایجاد کند.

### اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۳/۰۸  
تاریخ ویرایش: ۹۵/۰۵/۲۴  
تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۶/۰۳  
تاریخ انتشار: ۹۵/۰۹/۳۰

واژگان کلیدی: مالاریا، الگوی نوسان جنوبی، El Niño، La Niña، ایران

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:  
Geosience.tmu@gmail.com

## مقدمه

مالاریا یکی از مهمترین و پرهزینه‌ترین بیماری‌های عفونی در سطح جهان است، که علی‌رغم برنامه‌های کنترلی بلند مدت سازمان بهداشت جهانی، مقاومت دارویی به این بیماری و نیز گونه‌های پشه‌های مقاوم، در نواحی مختلف جهان به ویژه کشورهای آفریقای حاره‌ای، رو به افزایش است (۱). با توجه به طولانی بودن و پرهزینه بودن پروسه درمان بیماری مالاریا، بالا بودن شدت آزار بیماری، و نیز امکان ایجاد مقاومت‌های دارویی در بیماران، رویکردهای پیشگیری و کنترلی در مورد این بیماری از اهمیت بالایی برخوردار است (۲). نظر به این‌که راهکارهای درمانی و دارویی برای مقابله با بیماری مالاریا (و با توجه به اینکه کشورهای درگیر با این بیماری غالباً کشورهای آفریقایی و در حال توسعه هستند) بسیار پرهزینه بوده، و نیز کارایی بلند مدت ندارد، لذا این راهکارها تاکنون موفق به ریشه‌کنی بیماری نشده‌اند حتی در بسیاری از موارد باعث ایجاد و گسترش مقاومت‌هایی دارویی شده‌اند، لذا امروزه توجه به عوامل پیشگیری نظیر کنترل زیستگاه‌های ناقل بیماری، عقیم‌سازی ناقل، مصون‌سازی پشه، مورد توجه سازمان بهداشت جهانی قرار گرفته است (۳). این بیماری در ایران نیز یکی از مهمترین بیماری‌های عفونی به حساب می‌آید. از سال ۱۹۵۸، زمانی‌که برنامه‌های ریشه‌کنی مالاریا در ایران به طور رسمی آغاز شد تاکنون گام‌های بزرگی در این زمینه برداشته شده است، با این حال به دلیل برخی مشکلات فنی، عملیاتی و اجرایی مالاریا هنوز در نواحی جنوب شرقی ایران شایع است. این نواحی در جنوب با دریای عمان و خلیج فارس و در شرق با افغانستان و پاکستان هم مرز هستند، جنوب شرق ایران شامل استان‌های سیستان و بلوچستان، هرمزگان و قسمت‌های گرمسیری کرمان است که جمعیتی حدود سه میلیون نفر دارد و منطقه "مالاریای مقاوم" ایران نامیده شده که کنترل مالاریا در آن نسبت به قسمت‌های دیگر کشور مشکل‌تر است (۴). در حال حاضر نیز بیش از ۹۵ درصد موارد رخداد مالاریا در ایران در همان مناطق مذکور

گزارش می‌شود (۵). در ایران اکثر موارد مالاریای گزارش شده ناشی از پلاسمودیوم ویواکس است (۶) به گونه‌ای که در سال ۲۰۰۹ موارد مالاریای فالسیپاروم در ایران کمتر از ۱۰ درصد بوده است (۷) از ۴۸۴ گونه آنوفل شناخته شده در دنیا، ۳۲ گونه و زیر گونه و فرم بیولوژیک آن در ایران وجود دارند که ۸ گونه آن بعنوان ناقلین مالاریا در ایران شناخته شده‌اند (۸). آگاهی از تأثیرات شرایط محیطی و آب و هوایی بر رخداد بیماری‌های حساس به آب و هوا (Climate-Sensitive Diseases) به ویژه مالاریا، و شناخت و کمی سازی دقیق تأثیرات این الگوهای آب و هوایی و تأثیرگذاری زمانی مکانی آنها بر رخداد بیماری مالاریا، می‌تواند نقش مهمی در اجرای هرچه بهتر و دقیق‌تر برنامه‌های کنترل مالاریا داشته باشد. به عبارت دیگر ملاحظات اقلیم شناختی که نقش مهمی در رخداد بیماری مالاریا دارد، باید به عنوان یکی از بخش‌های مهم برنامه‌های کنترل مالاریا مدنظر قرار گیرد و اجرای این برنامه‌ها باید با توجه به این مطالعات زیربنایی انجام گیرد. سازمان بهداشت جهانی، پیش‌بینی می‌کند، که در کشورهای در حال توسعه درگیر با مالاریا، تغییرات آب و هوایی تا سال ۲۰۲۰ می‌تواند، رخداد بیماری مالاریا را ۰/۰۶ افزایش دهد (۹). نظر به این‌که بیماری مالاریا تأثیرپذیری بالایی از شرایط آب و هوایی هر منطقه دارد، لذا هر عاملی که تغییرات محسوس و معنی‌داری را در آب و هوای منطقه ایجاد نماید، این قابلیت را دارد که تغییرات قابل توجهی را رخداد بیماری مالاریا در آن منطقه ایجاد نماید (۱۰). پدیده ENSO (گرم و سرد شدن دمای سطح آب و تغییرات فشار سطح دریا در امتداد شرقی و غربی بخش استوایی اقیانوس آرام است) مهمترین برهم‌کنش پیچیده اقیانوس و جو است که بخش اقیانوسی آن El Niño و بخش جوی آن نوسان جنوبی است و سبب تغییرات اقلیمی جهانی در مقیاس درون سالی می‌شود (۱۱). ENSO این توانایی را دارد که تغییرات دمایی و بارشی قابل ملاحظه‌ای را در نواحی بسیار دورتر از کانون فعالیت خود، بر آب و هوای منطقه تحمیل نماید. تغییرات

می‌شود در حالی که در گویان و کلمبیا، شرایط خشکسالی ناشی از ENSO، با تاخیر یک ساله، موجب بالارفتن رخداد بیماری مالاریا می‌شود. Bouma و همکاران (۱۳) با بررسی ارتباط بین رخدادهای سالیانه بیماری مالاریا و فازهای گرم و سرد ENSO، در کلمبیا، نشان دادند که ارتباط نزدیک و معنی‌داری بین رخداد بیماری پدیده ENSO مشاهده نمودند. آنها نشان دادند که در سال‌های حاکمیت El Niño، رخداد بیماری ۰/۱۷ نسبت به سال‌های عادی بالاتر بوده و در سال بعد از رخداد El Niño نیز میزان رخداد بیماری به صورت معنی‌داری تا ۰/۳۵ بالا رفته است. از مطالعات داخلی که در این زمینه انجام گرفته است می‌توان به کار Hanafi-Bojd و همکاران (۱۶) اشاره نمود که ایشان به تحلیل توزیع زمانی مکانی پشه‌های ناقلی مالاریا در ارتباط با شرایط اقلیمی کشور اقدام نمودند، نتایج تحقیق گویای آن بود که از لحاظ زمانی پشه‌های آنوفل در نواحی شمالی کشور طی دوره April تا December امکان فعالیت دارند در حالی که در نواحی جنوبی طی کل سال امکان فعالیت این ناقلین فراهم است. از لحاظ توزیع مکانی نیز تحقیق نشان داد بسته به گونه‌های آنوفل توزیع جغرافیای هر گونه متفاوت بود اما وجود اکثر آنها در نواحی جنوبی کشور گزارش شده است. Hanafi-Bojd و همکاران (۱۷) نقشه‌های ریسک رخداد بیماری مالاریا را برای استان هرمزگان تهیه نمودند. ایشان با به کارگیری روش وزن‌دهی مبتنی بر شواهد، و استفاده از متغیرهای محیطی و اقلیم‌شناختی، کانون‌های اصلی رخداد بیماری را در این استان آشکارسازی نمودند. نتایج کار گویای آن بود که نواحی شمالی و شرقی استان رخداد بیماری بالاتر از سایر نواحی است. هدف اساسی این تحقیق بررسی و آشکارسازی ارتباط بین شاخص نوسان جنوبی به عنوان یک پدیده تاثیرگذار بر شرایط اقلیمی ایران، و رخدادهای سالانه بیماری مالاریا در ایران است تا از طریق این سیگنال آب و هواشناختی بتوان سال‌هایی را که ریسک رخداد بیماری بالاست را تا حدی پیش‌بینی نمود.

آب و هوایی ناشی از ENSO بعد از تغییرات اقلیمی فصلی (جابجایی فصول اقلیمی هر منطقه) مهم‌ترین تغییرات آب و هوایی درون سالی (Intra-annual) در هر منطقه به حساب می‌آیند (۱۲). با توجه به اهمیتی که پدیده ENSO از لحاظ تغییرات کوتاه مدت در آب و هوای مناطق مختلف دارد، لذا این امکان را دارد که از طریق فراهم آوری شرایط زیستی پشه ناقل بیماری (آنوفل)؛ گسترش جغرافیایی زیستگاه‌های پشه ناقل، طولانی کردن دوره زمانی مساعد برای فعالیت و تکثیر پشه ناقل، جابجایی دوره‌های زمانی فعالیت پشه‌های آنوفل، تسریع فازهای اسپروگونی پلاسمودیوم در بدن پشه و ... امکان گسترش زمانی مکانی رخداد بیماری مالاریا و همچنین ایجاد اپیدمی‌های وسیع مالاریا را در پی داشته باشد (۱۳). تحقیقات فراوانی در راستای بررسی نقش این مکانیسم آب و هوایی در رخداد بیماری‌های مبتنی بر ناقل (Vecor) (Born Disease)، در سطح جهان انجام گرفته است که به موارد زیر اشاره می‌شود. Musawenkosi و همکاران (۱۴) به بررسی ارتباط بین شیوع سالانه مالاریا و ENSO در ۵ کشور آفریقایی از سال ۱۹۸۸ تا ۱۹۹۹ پرداخته‌اند نتایج کار آنها نشان داد که طی دوره آماری مورد بررسی در همه کشورها، رخدادهای سالیانه بیماری مالاریا که پایین‌تر از میانگین بلند مدت بوده است، با فاز منفی یا El Niño همراه بوده است که شرایط خشکسالی و کمبود بارش را برای این کشورها در پی داشته است در حالی که سال‌هایی که رخداد بیماری بالاتر از میانگین بلند مدت بوده است در اکثر سال‌ها فاز مثبت ENSO یعنی La Niña حاکم بوده است که شرایط افزایش بارش و ترسالی را برای این کشورهای آفریقایی در پی داشته است. Gagnon و همکاران (۱۵) به بررسی رابطه بین رویدادهای ENSO و بیماری مالاریا را در تعدادی از کشورهای آمریکای جنوبی (کلمبیا، اکوادور، گویان فرانسه، گویان، پرو، سورینام و ونزوئلا) را تجزیه و تحلیل کردند، ایشان نشان دادند که وقوع سیل‌های ناشی از ENSO در شمال پرو، باعث گسترش رخداد بیماری مالاریا

## مواد و روش‌ها

## داده‌های مورد استفاده

در این تحقیق از دو دسته از داده‌ها استفاده گردید که عبارتند از داده‌های مربوط به موارد رخداد سالانه بیماری و داده‌های مربوط به الگوی پیوند از دور نوسان جنوبی:

## داده‌های موارد رخداد سالانه بیماری

داده‌های مربوط به تعداد مبتلایان به بیماری مالاریا در هر سال در کل کشور مورد استفاده قرار گرفت. این داده‌ها طی دوره آماری ۱۳۵۲ تا ۱۳۹۰ (۳۸ سال) از مقالات و گزارشات چاپ شده داخلی و خارجی کشور اخذ گردید. این داده‌ها در واقع عبارتند از تعداد کل افرادی که در یک سال در کل کشور به بیماری مالاریا مبتلا شده‌اند و به مراکز بهداشتی مراجعه کرده‌اند و مشخصات آنها ثبت شده است و در گزارشات و مقالات چاپ شده به این آمار ارجاع داده شده است.

## داده‌های نوسان جنوبی

شاخص نوسان جنوبی عبارت است از اختلاف فشار سطح دریا بین دو ایستگاه تاهیتی در مرکز اقیانوس آرام جنوبی استوایی و داروین شمال استرالیا و از معادله ۱ بدست می‌آید:

$$SOI = \frac{(ST - SD)}{MSD} \quad (1)$$

که در آن MSD (معادله ۶) عبارت است از انحراف معیار ماهانه فشار سطح دریا بین دو ایستگاه تاهیتی و داروین در بلند مدت. ST و SD به ترتیب عبارتند از فشار استاندارد شده سطح دریا (Sea Level Pressure (SLP)) در موقعیت ایستگاه‌های تاهیتی و داروین که به صورت زیر بدست می‌آیند (معادلات ۲، ۳):

$$ST = \frac{(\text{Actual Tahiti SLP} - \text{Mean Tahiti SLP})}{SDD} \quad (2)$$

$$SD = \frac{(\text{Actual Darwin SLP} - \text{Mean Darwin SLP})}{SDD} \quad (3)$$

که در معادلات ۴ و ۵، SDT و SDD به ترتیب عبارتند از انحراف معیار فشار سطح دریا برای دو ایستگاه تاهیتی و داروین:

$$SDT = \left( \frac{\sum (\text{actual Tahiti SLP} - \text{mean Tahiti SLP})^2}{N} \right)^{1/2} \quad (4)$$

$$SDD = \left( \frac{\sum (\text{actual Darwin SLP} - \text{mean Darwin SLP})^2}{N} \right)^{1/2} \quad (5)$$

که در تمامی معادلات N عبارت است از تعداد ماه‌های دوره آماری.

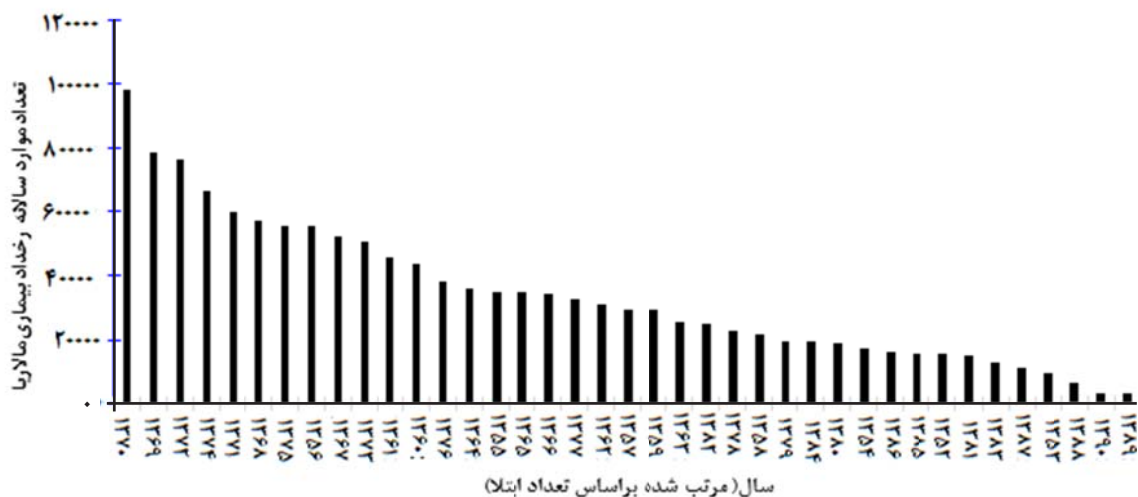
$$MSD = \sqrt{\frac{\sum (\text{Standardized Tahiti} - \text{Standardized Darwin})^2}{N}} \quad (6)$$

در صورتی که مقدار عددی شاخص SOI مثبت باشد، یعنی میزان فشار تاهیتی بالاتر از فشار داروین باشد در این صورت فاز سرد یا La Niña حاکم بوده و در صورتی که میزان فشار سطح دریا در موقعیت داروین بالاتر باشد مقدار عددی شاخص SOI منفی شده و در این صورت، فاز گرم یا El Niño حاکم است. در این تحقیق داده‌های مربوط به شاخص نوسان جنوبی از سایت دانشگاه East Anglia اخذ گردید، (<http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/soi/>) که در این مرکز از روش ابداع شده توسط Ropelewski و همکار (۱۱) برای محاسبه شاخص SOI استفاده شده است.

## روش کار

برای تحلیل ارتباط بین شاخص نوسان جنوبی به عنوان مهمترین عوامل تغییرات آب و هوایی درون سالی (بعد از تغییرات آب و هوایی ناشی از جابجایی فصول سال) از تحلیل همبستگی Pearson در سطح اطمینان، ۰/۹۵ (= ۰/۰۵ P-value) به صورت ماهیانه استفاده گردید. در واقع از این طریق می‌توان تا حد زیادی تعیین نمود که تغییرات آب و هوایی در کدام ماه‌ها تاثیر بارزی بر رخداد سالانه بیماری دارد. در نهایت،

همانطور که مشاهده می‌گردد، بالاترین تعداد ابتلا به بیماری مالاریا، مربوط به سال ۱۳۷۰ است، که تعداد کل موارد ثبت شده بیماری در کل کشور، به ۹۷۹۷۱ نفر رسیده است در حالی که در سال‌های ۱۳۸۹ کمترین تعداد موارد بیماری ثبت شده‌اند که برابر ۳۰۳۱ نفر بوده‌اند. نمودار مذکور براساس تعداد موارد سالیانه بیماری مالاریا به صورت نزولی مرتب شده است. همانطور که از نمودار ۱ مشاهده می‌گردد، توالی خاص و معنی‌داری که نشان‌دهنده کاهش منظم تعداد موارد بیماری باشد، در سال‌های مورد بررسی مشاهده نمی‌شود و سال‌ها تقریباً به صورت تصادفی توزیع شده‌اند. آزمون ناپارامتریک Run Test در سطح اطمینان ۰/۹۵ نشان‌دهنده تصادفی بودن سال‌های مرتب شده براساس تعداد رخداد مالاریا بود.



نمودار ۱- تعداد موارد سالانه ثبت شده بیماری مالاریا در کل کشور برحسب نفر

سالانه رخداد بیماری مالاریا در ایران، با شاخص ماهانه نوسان جنوبی شده است، همانطور که مشاهده می‌گردد، میزان همبستگی رخداد سالانه بیماری مالاریا با همه ماه‌ها، منفی است که این به معنی این است که سال‌هایی که میزان رخدادهای بیماری مالاریا در آنها بالاتر بوده است، در واقع سال‌هایی بوده‌اند که در آنها فاز گرم ENSO یعنی El Niño

برای تبیین این که آیا تفاوت معنی‌داری بین رخداد بیماری در سال‌هایی که همراه با فاز گرم ENSO بوده‌اند، نسبت به سال‌هایی که فاز سرد ENSO حاکم بوده است وجود دارد یا خیر، ابتدا داده‌های رخداد سالیانه بیماری براساس فازهای گرم و سرد ماه‌هایی که همبستگی معنی‌داری با رخداد بیماری داشتند، تفکیک شده و سپس از آزمون پارامتریک T-student دو طرفه مستقل (با توجه به نرمال بودن توزیع سری زمانی رخدادهای بیماری مالاریا براساس دو آزمون Shapiro-Wilk و Kolmogorov-Smirnov)، استفاده گردید.

### یافته‌ها

در نمودار ۱ مجموع سالانه تعداد موارد ابتلا به بیماری مالاریا در کل کشور، طی دوره آماری ۱۳۵۲ تا ۱۳۹۰ ارائه شده است.

نمودار بر حسب تعداد موارد بیماری به صورت نزولی مرتب شده است، آزمون Run Test نشان داد که روند نزولی معنی‌داری طی دوره آماری مورد بررسی در سری زمانی سال‌های مرتب شده براساس رخداد بیماری مشاهده نگردید و سال‌ها به صورت تصادفی توزیع شده‌اند. در جدول ۱ اقدام به بررسی تحلیل همبستگی تعداد موارد

در ایران، و سری زمانی مربوط به شاخص نوسان جنوبی) مشاهده نمود. بگونه‌ای که در سال‌هایی که رخداد بیماری پایین‌تر از میانگین بوده است، مقادیر مثبت شاخص نوسان جنوبی یا فاز سرد حاکم بوده است در حالی که در سال‌هایی که رخداد بیماری، بالاتر از میانگین بوده است غالباً سال‌هایی بوده است که مقادیر منفی شاخص نوسان جنوبی یا فاز گرم حاکم بوده است.

همانطور که نتایج آزمون همبستگی نشان داد، رخداد های سالانه بیماری مالاریا در ایران، تنها با شاخص نوسان جنوبی در ماه‌های May و October، همبستگی منفی معنی‌داری را نشان داد و در سایر ماه‌ها همبستگی معنی‌داری مشاهده نگردید، در جدول ۲ سری‌های زمانی رخداد بیماری مالاریا براساس فازهای گرم و سرد ENSO تفکیک شده‌اند.

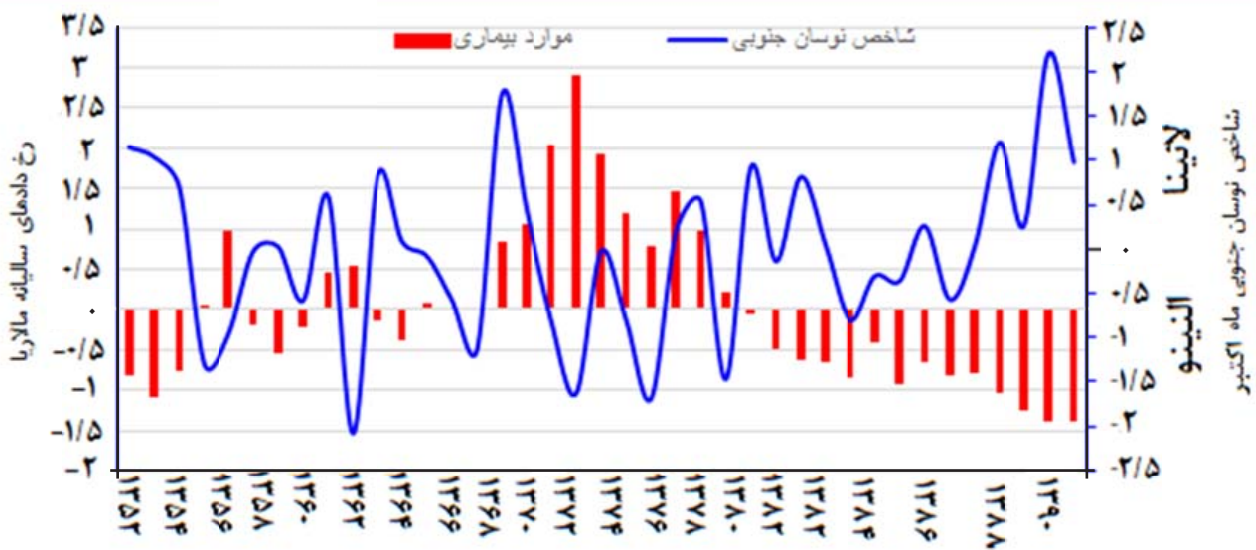
نتایج اجرای آزمون، T-student دو طرفه مستقل روی سری‌های تعداد رخداد های بیماری تفکیک شده براساس سال‌های حاکمیت فازهای گرم و سرد ENSO در دو ماه May و October، در جدول ۳ ارائه شده است، همانطور که مشاهده می‌گردد، در ماه May، میزان آماره T محاسباتی برابر،  $2/7 -$  است، و خارج از دامنه T بحرانی که برابر،  $2/02 \pm$  است، قرار گرفته است، و مقدار آماره معنی‌داری آزمون نیز برای ماه April، برابر  $0/03$  است، در سطح اطمینان  $0/95$  ( $P\text{-value} = 0/05$ ) معنی‌دار است و گویای آن است که دو سری تفکیک شده از رخداد های سالانه بیماری مالاریا که براساس فازهای گرم و سرد شاخص نوسان جنوبی ماه May از هم تفکیک شده بودند، تفاوت معنی‌داری با هم دارند و نمی‌توان تفاوت بین آنها را تصادفی دانست. در مورد ماه October نیز شرایط مشابهی وجود دارد به گونه‌ای که میزان T محاسباتی آزمون که برابر  $2/42 -$  است که خارج از دامنه دو طرفه T بحرانی که برابر  $2/02$ ، قرار گرفته است و آماره معنی‌داری نیز برابر  $0/05$  بوده و در سطح اطمینان  $0/95$  تفاوت معنی‌داری را بین دو سری تفکیک شده براساس فازهای سرد و گرم ماه October نشان داد.

حاکم بوده است در حالی که در سال‌هایی که دارای مقادیر مثبت و بالای شاخص نوسان جنوبی بوده‌اند (سال‌های همراه با فاز سرد یا La Niña رخداد های بیماری مالاریا در آن سال‌ها به نسبت پایین‌تر بوده است. براساس جدول ۱، میزان همبستگی رخداد سالانه بیماری مالاریا در کشور با شاخص نوسان جنوبی ماهانه، تنها در دو ماه، May و October، معنی‌دار است که به ترتیب برابر  $0/57 -$  و  $0/52 -$  هستند. در سایر ماه‌ها همانطور که مشاهده می‌گردد، همبستگی معنی‌داری بین رخداد سالانه بیماری در کشور، شاخص نوسان جنوبی مشاهده نگردید.

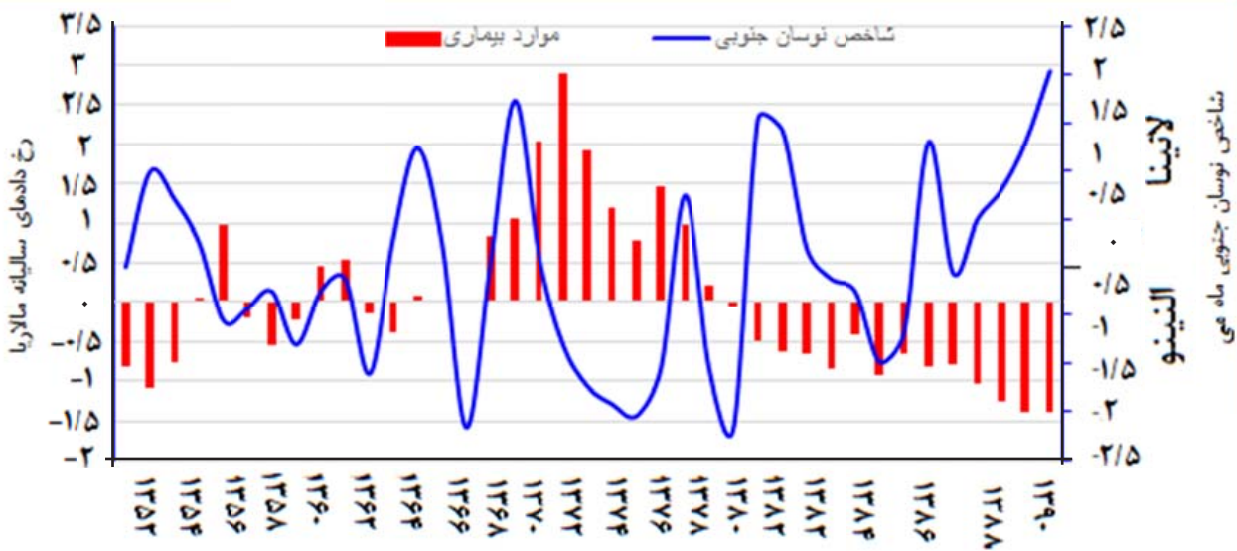
جدول ۱- ماتریس همبستگی رخداد سالانه بیماری مالاریا و شاخص ماهانه نوسان جنوبی

ماه	میزان همبستگی	Sig
January	-0/21	0/16
February	-0/25	0/18
March	-0/38	0/089
April	-0/18	0/26
May	-0/57	0/011
June	-0/19	0/20
July	-0/19	0/20
August	-0/22	0/18
September	-0/22	0/023
October	-0/52	0/009
November	-0/33	0/19
December	-0/32	0/19

در نمودارهای ۲ و ۳، اقدام به بررسی ارتباط سالانه، رخداد های بیماری مالاریا در ایران و شاخص نوسان جنوبی در ماه October و May شده است، همانطور که مشاهده می‌گردد، می‌توان ارتباط معکوسی را در هر دو ماه بین دو سری زمانی استاندارد شده (سری زمانی رخداد های سالانه بیماری مالاریا



نمودار ۲- ارتباط سالانه، رخ دادهای بیماری مالاریا در ایران و شاخص نوسان جنوبی در ماه October (داده‌ها جهت مقایسه پذیری استاندارد شده‌اند)



نمودار ۳- ارتباط سالانه، رخ دادهای بیماری مالاریا در ایران و شاخص نوسان جنوبی در ماه May (داده‌ها جهت مقایسه پذیری استاندارد شده‌اند)

جدول ۲- تفکیک رخداد سالانه بیماری مالاریا در ایران، براساس فازهای گرم و سرد شاخص نوسان جنوبی ماه‌های April و September (تفکیک ها صرفاً با توجه به علامت شاخص SOI ماه‌های May و October انجام شده است).

ماه October				ماه May				میانگین
فاز گرم (El Niño)		فاز سرد (La Niña)		فاز گرم (El Niño)		فاز سرد (La Niña)		
تعداد رخداد مالاریا در سال (سال(نفر)	تعداد رخداد مالاریا در سال (سال(نفر)	تعداد رخداد مالاریا در سال (سال(نفر)	تعداد رخداد مالاریا در سال (سال(نفر)	تعداد رخداد مالاریا در سال (سال(نفر)	تعداد رخداد مالاریا در سال (سال(نفر)	تعداد رخداد مالاریا در سال (سال(نفر)	تعداد رخداد مالاریا در سال (سال(نفر)	
۳۵۰۵۷	۱۳۵۵	۱۵۸۴۹	۱۳۵۲	۱۵۸۴۹	۱۳۵۲	۹۸۹۳	۱۳۵۳	
۵۵۳۳۷	۱۳۵۶	۹۸۹۴	۱۳۵۳	۵۵۳۳۷	۱۳۵۶	۱۷۰۴۳	۱۳۵۴	
۲۹۰۶۹	۱۳۵۹	۱۷۰۴۴	۱۳۵۴	۲۹۴۷۵	۱۳۵۷	۳۵۰۵۷	۱۳۵۵	
۴۵۷۹۹	۱۳۶۱	۲۹۴۷۵	۱۳۵۷	۲۱۹۲۹	۱۳۵۸	۲۵۶۳۶	۱۳۶۳	
۳۴۶۱۲	۱۳۶۵	۲۱۹۲۹	۱۳۵۸	۲۹۰۶۹	۱۳۵۹	۳۵۶۷۳	۱۳۶۴	
۳۴۴۶۳	۱۳۶۶	۴۳۶۷۲	۱۳۶۰	۴۳۶۷۲	۱۳۶۰	۳۴۶۱۱	۱۳۶۵	
۷۸۵۹۲	۱۳۶۹	۳۰۸۴۲	۱۳۶۲	۴۵۷۹۹	۱۳۶۱	۵۶۹۷۴	۱۳۶۸	
۹۷۹۷۱	۱۳۷۰	۲۵۶۳۶	۱۳۶۳	۳۰۸۴۲	۱۳۶۲	۵۵۵۶۰	۱۳۷۵	
۶۰۱۱۶	۱۳۷۲	۳۵۶۷۳	۱۳۶۴	۳۴۴۶۳	۱۳۶۶	۲۳۰۳۰	۱۳۷۸	
۵۰۸۵۲	۱۳۷۳	۵۲۴۶۸	۱۳۶۷	۵۲۴۶۸	۱۳۶۷	۱۹۷۵۷	۱۳۷۹	
۳۸۲۸۹	۱۳۷۶	۵۶۹۷۴	۱۳۶۸	۷۸۵۹۲	۱۳۶۹	۱۹۱۶۱	۱۳۸۰	
۲۳۰۳۰	۱۳۷۸	۷۶۳۵۰	۱۳۷۱	۹۷۹۷۱	۱۳۷۰	۱۵۸۹۶	۱۳۸۵	
۱۵۳۷۸	۱۳۸۱	۶۶۳۶۲	۱۳۷۴	۷۶۳۵۲	۱۳۷۱	۱۱۳۳۳	۱۳۸۷	
۲۵۰۲۷	۱۳۸۲	۵۵۵۶۱	۱۳۷۵	۶۰۱۱۶	۱۳۷۲	۶۱۲۲	۱۳۸۸	
۱۳۱۶۶	۱۳۸۳	۳۲۵۹۸	۱۳۷۷	۵۰۸۵۲	۱۳۷۳	۳۰۳۱	۱۳۸۹	
۱۵۸۹۶	۱۳۸۵	۱۹۷۵۷	۱۳۷۹	۶۶۳۶۲	۱۳۷۴	۳۲۳۹	۱۳۹۰	
		۱۹۱۶۲	۱۳۸۰	۳۸۲۸۹	۱۳۷۶			
		۱۹۲۸۵	۱۳۸۴	۳۲۵۹۸	۱۳۷۷			
		۱۶۴۷۶	۱۳۸۶	۱۵۳۷۸	۱۳۸۱			
		۱۱۳۳۳	۱۳۸۷	۲۵۰۲۷	۱۳۸۲			
		۶۱۲۲	۱۳۸۸	۱۳۱۶۶	۱۳۸۳			
		۳۰۳۱	۱۳۸۹	۱۹۲۸۵	۱۳۸۴			
		۳۲۳۹	۱۳۹۰	۱۶۴۷۶	۱۳۸۶			
۴۰۷۹۱	۲۹۰۷۵		۴۱۲۷۷		۲۳۲۵۱		میانگین تعداد ابتلا در هر سال	

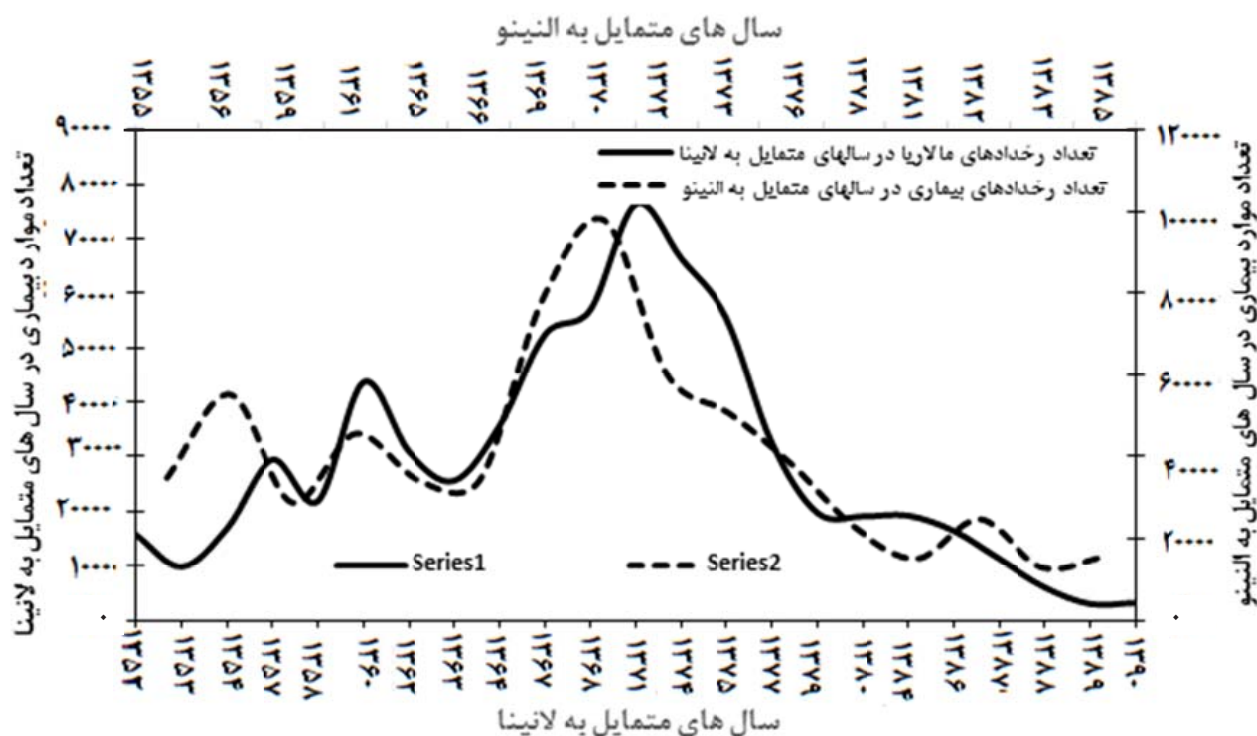
جدول ۳- نتیجه اجرای آزمون T-student دو طرفه مستقل بر روی دو سری تعداد موارد بیماری تفکیک شده براساس

فازهای گرم و سرد ENSO در ماه‌های May و October

ماه	T محاسباتی آزمون	T بحرانی دو طرفه	درجه آزادی	Sig
May	-۲/۷	±۲/۰۲	۳۷	۰/۰۰۳
October	-۲/۴۲	±۲/۰۲	۳۷	۰/۰۰۵

منحنی مربوط به تعداد رخداد‌های سالانه بیماری مالاریا در فاز گرم ENSO یعنی سال‌های همراه با El Niño به صورت معنی‌داری بالاتر از منحنی سال‌های همراه با La Niña است.

در نمودارهای ۴ و ۵، مقایسه گرافیکی دو سری رخداد‌های سالانه بیماری مالاریا در کشور که براساس فازهای گرم و سرد ماه May و October تفکیک شده‌اند، نمایش داده شده است. همانطور که مشاهده می‌گردد، در هر دو نمودار

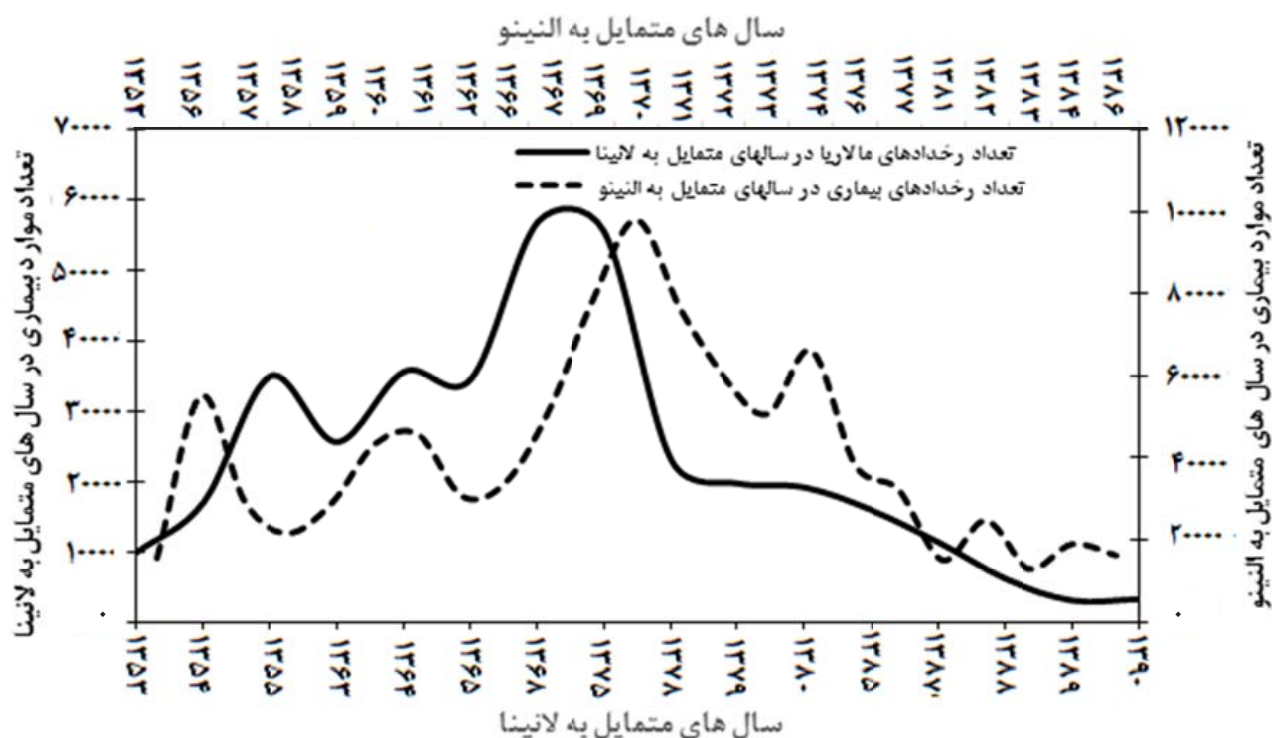


نمودار ۴- دو سری رخداد‌های سالانه بیماری مالاریا در ایران، که براساس فاز سرد و گرم شاخص نوسان جنوبی ماه May تفکیک شده‌اند

ایجاد ناهنجاری‌های آب و هوایی در مناطق مختلف، در سایر جنبه‌های مرتبط با آب و هوا نیز از جمله رخداد بیماری‌های حساس به آب و هوا مانند مالاریا تأثیرات قابل توجهی را

### بحث

پدیده ENSO به عنوان یکی از ساز و کارهای اصلی تغییرات درون سالی آب و هوای مناطق مختلف زمین، به واسطه



نمودار ۵- دو سری رخداد های سالانه بیماری مالاریا در ایران، که براساس فاز سرد و گرم شاخص نوسان جنوبی ماه **October** تفکیک شده اند

آن بوده اند که فاز گرم ENSO یعنی El Niño، افزایش بارش را به ویژه در پاییز برای اکثر نواحی ایران به ویژه نواحی جنوبی و شرقی کشور به همراه داشته است و غالب خشکسالی های ایران، توأم با فاز سرد ENSO بوده است. بنابراین می توان گفت در شرایط فاز گرم ENSO یعنی در سال هایی که El Niño حاکم است، با افزایش بارش به ویژه در نواحی جنوب و جنوب شرق کشور، لاگون ها و پهنه های آبی وسیعی به صورت موقتی تشکیل شده که سایت های مناسبی برای تخم گذاری آنوفل ها است. نکته مهمی که باید به آن توجه کرد این است که هر ساله بخش قابل توجهی از رخداد های بیماری مالاریا مربوط به نواحی جنوب و به ویژه جنوب شرق ایران است که در این نواحی براساس تحقیقات Farajzadeh همکاران و Halimi و همکاران (۲۷-۲۵)، از لحاظ شرایط دمایی و حرارتی محیط امکان فعالیت و تکثیر پشه آنوفل، در تمام طول سال وجود داشته و محدودیت دمایی

ایجاد خواهد نمود. لذا محققین متعددی سعی داشته اند تا با آشکار سازی ارتباط بین رخداد بیماری مالاریا در مقیاس های زمانی مختلف، و پدیده جوی- اقیانوسی ENSO، بتوانند یک سیستم پیش هشدار مبتنی بر این سیگنال اقلیمی برای رخداد بیماری مالاریا ارائه بدهند که براساس آن دوره های زمانی که ریسک رخداد بیماری بالاست قابل پیش بینی و برنامه ریزی باشد (۱۸). تغییرات درون سالی دمایی و بارشی ناشی از ENSO، می تواند از طریق تاثیر گذاری بر دینامیک زمانی مکانی پشه های ناقل بیماری، تکثیر و طول عمر پشه های ناقل و کوتاه سازی فاز اسپروگونی انگل در بدن پشه از طریق بالا نگهداشتن دمای محیط، نقش مهمی را در افزایش جمعیت پشه های آنوفل و همچنین افزایش دوره زمانی فعالیت آنها ایفا نموده و از این طریق باعث بالارفتن رخداد بیماری شود (۱۹). تقریباً تمامی تحقیقات انجام شده در ایران، در مورد تاثیر ENSO در شرایط آب و هوایی ایران (۲۴-۲۰) گویای

### نتیجه گیری

در این تحقیق به بررسی تاثیر شاخص نوسان جنوبی به عنوان یکی از مهمترین عوامل تغییرات آب و هوایی درون سالی، بر روی رخدادهای سالانه بیماری مالاریا در کشور اقدام گردید. نتایج تحقیق گویای آن بود اولاً رخدادهای سالانه بیماری مالاریا در ایران تنها در دو ماه May و October همبستگی یا ارتباط معنی داری را با شاخص نوسان جنوبی نشان می دهند و در سایر ماههای سال ارتباط معنی داری مشاهده نگردید. در ماههای May و October نیز ارتباط معکوسی بین سالهای حاکمیت فاز گرم و سرد نوسان جنوبی با رخداد سالانه بیماری مالاریا در ایران مشاهده شد که گویای آن است، در سالهایی که در ماههای May و October آنها El Niño حاکم است، میزان رخدادهای سالانه بیماری مالاریا در ایران، بطور متوسط می تواند تا ۰/۲۰ بالاتر از سالهای باشد که فاز سرد ENSO یعنی La Niña در این دو ماه حاکم بوده است. از نتایج این تحقیق می توان برای تعیین سالهایی که با توجه به سیگنالهای آب و هواشناختی، امکان رخداد گسترده بیماری مالاریا وجود دارد، استفاده نمود.

در این ناحیه در هیچ موقع از سال منجر به قطع شدن سیکل زیستی پشه آنوفل نمی شود، لذا در این نواحی بارش مهمترین و کلیدی ترین اهرم اقلیم شناختی کنترل کننده فراوانی جمعیت پشه های آنوفل است. El Niño که همراه با افزایش بارش در این نواحی است، می تواند به صورت قابل توجهی منجر به تکثیر و افزایش جمعیت آنوفل های ناقل مالاریا شده و در همان سال رخداد بیماری را به صورت چشمگیری بالا ببرد. نتایج این تحقیق نشان داد که در دو سری زمانی که براساس فازهای گرم و سرد ENSO در ماههای May و October تفکیک شده بودند، به طور متوسط تعداد رخ دادهای بیماری در سالهای توام با El Niño حدود ۲۰ تا ۳۰ درصد بالاتر از سالهای با حاکمیت La Niña بوده است. بنابراین در سالهایی که همراه با فازهای گرم شدید نوسان جنوبی هستند، یعنی El Niño بارزی حاکم است، این سیگنالهای پیوند از دور اقلیمی می توانند از طریق افزایش بارش های پاییزه، انفجار جمعیت آنوفل ها را به ویژه در نواحی جنوب و جنوب شرق کشور ایجاد کنند و رخداد گسترده بیماری مالاریا را در همان سال به همراه آورند.

### منابع

1. Hanf M, Adenis A, Nacher M, Carme B. The role of El Niño southern oscillation (ENSO) on variations of monthly Plasmodium falciparum malaria cases at the cayenne general hospital, 1996-2009, French Guiana. *Malaria Journal*. 2011;10:100.
2. WHO. World malaria report 2013. Geneva: World Health Organization; 2013.
3. Global Partnership to Roll Back Malaria. A frame-

work for field research in Africa: malaria early warning systems: concepts, indicators and partners. Geneva: World Health Organization.

4. Holakouie Naieni K, Nadim A, Moradi G, Teimori S, Rashidian H, Kandi Kaleh M. Malaria epidemiology in Iran from 1941 to 2006. *Journal of School of Public Health and Institute of Public Health Research*. 2012;10(1):77-90 (in Persian).

5. Raiesi A, Nikpour F, Ansari-Moghaddam A, Ranjbar M, Rakhshani F, Mohammadi M, et al. Baseline results of the first malaria indicator survey in Iran at the health facility level. *Malaria Journal*. 2011;10(1):319.
6. Reza YM, Taghi RM. Prevalence of malaria infection in Sarbaz, Sistan and Bluchistan province. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*. 2011;1(6):491-92.
7. Aregawi M, Cibulskis RE, Otten M, Williams R. *World Malaria Report 2009*. Geneva: World Health Organization; 2009.
8. Edrissian G. Malaria in Iran: Past and present situation. *Iranian Journal of Parasitology*. 2006;1(1):1-14.
9. Mantilla G, Oliveros H, Barnston AG. The role of ENSO in understanding changes in Colombia's annual malaria burden by region, 1960–2006. *Malaria Journal*. 2009;8(1):6.
10. Bouma M, Poveda G, Rojas W, Chavasse D, Quinones M, Cox J, et al. Predicting high-risk years for malaria in Colombia using parameters of El Niño Southern Oscillation. *Tropical Medicine & International Health*. 1997;2(12):1122-27.
11. Ropelewski C, Jones P. An extension of the Tahiti-Darwin southern oscillation index. *Monthly Weather Review*. 1987;115(9):2161-65.
12. Blanford JI, Blanford S, Crane RG, Mann ME, Paaijmans KP, Schreiber KV, et al. Implications of temperature variation for malaria parasite development across Africa. *Scientific Reports*. 2013;3:doi: 10.1038/srep01300.
13. Bouma MJ, Kaay HJ. The El Niño Southern Oscillation and the historic malaria epidemics on the Indian subcontinent and Sri Lanka: an early warning system for future epidemics? *Tropical Medicine & International Health*. 1996;1(1):86-96.
14. Mabaso ML, Kleinschmidt I, Sharp B, Smith T. El Nino Southern Oscillation (ENSO) and annual malaria incidence in Southern Africa. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*. 2007;101(4):326-30.
15. Gagnon AS, Smoyer-Tomic KE, Bush AB. The El Nino southern oscillation and malaria epidemics in South America. *International Journal of Biometeorology*. 2002;46(2):81-89.
16. Hanafi-Bojd AA, Azari-Hamidian S, Hassan V, Zabihollah C. Spatio—temporal distribution of malaria vectors (Diptera: Culicidae) across different climatic zones of Iran. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*. 2011;4(6):498-504.
17. Hanafi-Bojd A, Vatandoost H, Oshaghi M, Charrahy Z, Haghdoost A, Zamani G, et al. Spatial analysis and mapping of malaria risk in an endemic area, south of Iran: a GIS based decision making for planning of control. *Acta Tropica*. 2012;122(1):132-37.
18. Grillet M-E, El Souki M, Laguna F, León JR. The periodicity of *Plasmodium vivax* and *Plasmodium falciparum* in Venezuela. *Acta Tropica*. 2014;129:52-60.
19. Gilbert M, Brindle R. El Niño and variations in the prevalence of *Plasmodium vivax* and *P. falciparum* in Vanuatu. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*. 2009;103(12):1285-87.
20. Modarespoor A. *Climatic anomalies and ENSO [dissertation]*. Tehran: Islamic Azad University, Tehran North Branch; 1996 (in Persian).
21. Khoshkhlagh F. ENSO and its impact on precipitation regime of Iran. *Geographical Research Quarterly*. 1998;51:121-39.
22. Ostovarmaimandi E. *El Nino and its relationship with precipitation in Iran [dissertation]*. Tehran: Tarbiat Modarres University; 2000 (in Persian).
23. Azizi G. *El Nino and drought and wet years in Iran*. *Geographical Research Quarterly*. 2000;38:71-84.
24. Masoodian SA. *Impact of ENSO on precipitation in Iran*. *Regional Geography and Development*. 2005;4:73-82 (in Persian).
25. Farajzadeh M, Halimi M, Ghavidel Y, Delavari M. *Spatiotemporal Anopheles Population Dynamics, Response to Climatic Conditions: The Case of Chabahar, South Baluchistan, Iran*. *Annals of Global Health*. 2015;5(81):694-704.
26. Halimi M, Delavari M, Takhtardeshir A. *Survey of climatic condition of Malaria disease outbreak in Iran using GIS*. *Journal of School of Public Health and Institute of Public Health Research*. 2013;10(3):41-52 (in Persian).
27. Halimi M, Farajzadeh M, Delavari M, Takhtardeshir A, Moradi A. *Modelling spatial relationship between climatic conditions and annual parasite incidence*

of malaria in southern part of Sistan&Balouchistan Province of Iran using spatial statistic models. Asian Pacific Journal of Tropical Disease. 2014;4:S167-72.



Available online: <http://ijhe.tums.ac.ir>

Original Article



## Impact of El Niño Southern Oscillation (ENSO) on Annual Malaria Occurrence in Iran

M Halimi<sup>1,\*</sup>, Z Zarei Cheghabalehi<sup>2</sup>, M Jafari Modrek<sup>3,4</sup>

1. Ph.D. Student, Department of Geography, School of Humanity, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

2. Ph.D. Student, Department of Geography, School of Humanity, Lorestan University, Lorestan, Iran

3. Infectious Diseases and Tropical Medicine Research Center, Zahedan University of Medical Sciences Zahedan, Iran

4. Associated professor of Medical Parasitology, Faculty of Medicine, Zahedan University of Medical Sciences, Zahedan, Iran

### ARTICLE INFORMATIONS:

**Received:** 28 May 2016

**Revised:** 14 August 2016

**Accepted:** 24 August 2016

**Published:** 20 December 2016

**Key words:** Malaria, Southern Oscillation (ENSO), El Niño, La Niña, Iran

**\*Corresponding Author:**

*Geosience.tmu@gmail.com*

### ABSTRACT

**Background and Objective:** Malaria is a disease affecting 300–500 million people in tropical and subtropical regions and causes approximately 2.7 million deaths annually. Currently, no vaccine protects against malaria and resistance to anti-malaria drugs such as chloroquine is increasing and spreading geographically. Moreover, anti-malarial drugs are expensive and often unaffordable to low-income populations. A better understanding of the relationship between the El Niño Southern Oscillation (ENSO), the climatic anomalies it engenders, and malaria epidemic could help mitigate the world-wide increase in incidence of this mosquito transmitted disease. There is evidence of a relationship between climate variability and the transmission of mosquito-transmitted diseases. Therefore, in this study we intended to analyze the relationship between ENSO events and annual malaria occurrence (AMO) in Iran to assess the possibility of using ENSO forecasts for improving malaria control.

**Martials and Methods:** Two types of data were used: The data of annual malaria incidence in Iran were collected from the national and international reports of malaria occurrence in Iran; the annual malaria occurrence data for 38 years (1974-2013) were collected from related sources. ENSO is a cyclic phenomenon, which its frequency is 2 to 7 years (i.e., irregular) and is the second strongest natural driver of climate variability, the first being normal seasonal variability. This oscillation has two different phases: a warm episode known as El Niño; and a cold episode called La Niña, where warm and cold refer to the direction of departure from average of the equatorial Pacific Sea surface temperature (SST), a fundamental indicator of the ENSO state. The Pearson correlation analysis at 0.95 confident level (P-value=0.05) on monthly timescale was used in order to understand the relationship between ENSO and annual malaria occurrence in Iran. The 2-tailed independent parametric T-test was used knowing that whether there is a significant difference between the La Nina years occurrence and El Nino years occurrence.

**Results:** The results indicated that a slight negative association could be detected between ENSO and annual Malaria occurrence in Iran. Our finding showed that the detected correlation between monthly ENSO and annual malaria occurrence is statistically significant only in months October and May while no significant relationship between ENSO and AMO at 0.95 confident level was found for other months.. The inverse relationship between ENSO and AMO means that the years having higher malaria occurrence coincides with the warm ENSO phases or EL Nino episode while the years having lower malaria occurrence coincides with the cool ENSO phases or La Nina episode. In El Niño episode, the annual occurrence of malaria is about 0.2 to 0.3 higher than La Niña episode years.

**Conclusion:** The positive association between El Niño and rainfall of Iran resulted in higher occurrence of malaria by proliferation of Anopheles mosquito especially in southern and southeastern region of Iran.