**مجله دانشکده بهداشت و انستیتو تحقیقات بهداشتی**

**دوره ۱۰، شماره ۳، صفحات: ۵۲ - ۴۱**

# شرایط اقلیمی شیوع بیماری مالاریا در ایران با استفاده از سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی

**منصور حلیمی:** کارشناس ارشد، گروه اقلیم شناسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران – نویسنده رابط: Geoscience.tmu@Gmail.com

**مهدی دلاوری:** دانشجوی دوره دکتری، گروه انگل شناسی پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

**اشرف تخت اردشیر:** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد، گروه اقلیم شناسی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

**تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۲/۵** **تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۵/۱٤**

## چکیده

**زمینه و هدف:** مالاریا به عنوان یک بیماری منتقل شده از طریق پشه تا حدود زیادی وابسته به شرایط اقلیمی می‌باشد. درجه حرارت، بارش و رطوبت نسبی از عوامل اقلیمی تاثیرگذار بر توزیع جغرافیایی این بیماری به حساب می‌آیند. این عوامل اقلیمی هم در رشد و تکثیر پشه آنوفل و هم در فعالیت انگل پلاسمودیوم نقش تعیین کننده‌ای دارند. هدف این تحقیق ارزیابی مناطق مختلف ایران از لحاظ فراهم بودن شرایط اقلیمی مناسب برای شیوع بیماری مالاریا می‌باشد.

**روش کار:** در این راستا از ۳ عامل اقلیمی میانگین ماهانه دما، بارش دوره فعالیت و نسبت اختلاط رطوبت هوا برای ۳۱ ایستگاه همدید مراکز استان‌ها در دوره آماری ۱۹۷۵ تا ۲۰۰۵ (میانگین ۳۰ ساله) استفاده شد. برای پهنه بندی کشور از لحاظ مخاطره‌ی اقلیمی شیوع بیماری مالاریا ابتدا با تعریف و اجرای فیلترهای اطلاعاتی در ابزار جبر نقشه نرم افزار GIS ایستگاه های مورد بررسی براساس درجه تناسب شرایط اقلیمی برای فعالیت و تکثیر پشه آنوفل و انگل پلاسمودیوم در ٤ طبقه ریسک اقلیمی قرار گرفتند. سپس از طریق برهم نهی لایه‌های اطلاعاتی مربوط به نواحی مساعد برای فعالیت پشه و انگل، نواحی مساعد برای بروز بیماری مالاریا براساس شرایط اقلیمی شناسایی گردید. در نهایت با استفاده از مدل درون یاب اسپیلاین داده‌های ایستگاهی به کل کشور تعمیم داده شده و نواحی مختلف کشور از لحاظ ریسک اقلیمی شیوع مالاریا پهنه بندی شد.

**نتایج:** نقشه‌های پهنه بندی ریسک اقلیمی مالاریا در ایران نشان داد که نواحی جنوبی کشور شامل استان‌های هرمزگان، بوشهر، خوزستان و نواحی جنوبی سیستان و بلوچستان مانند چابهار و نیک شهر و نیز نواحی شمالی کشور شامل استان‌های مازندران و گیلان دارای بالاترین پتانسیل اقلیمی شیوع بیماری مالاریا می‌باشند. در حالی که نواحی شمال غرب کشور شامل استان های آذربایجان غربی و شرقی، اردبیل و کردستان دارای پایین‌ترین پتانسیل اقلیمی شیوع بیماری مالاریا هستند. همچنین مشاهده شد که بخش زیادی از جمعیت کشور در پهنه با مخاطره متوسط به بالا ساکن می‌باشند.

**نتیجه گیری:** نتایج حاصل می‌تواند در شناسایی مناطق مختلف کشور از لحاظ پتانسل اقلیمی شیوع مالاریا در برنامه‌های کنترل و مبارزه با مالاریا بسیار مفید واقع گردد. اما باید خاطر نشان گردد که تحقیق حاضر بروز بیماری مالاریا در نواحی مختلف کشور را صرفا بر اساس عوامل اقلیم شناختی بررسی می‌کند، در حالی که دخالت عوامل اقتصادی- اجتماعی و فرهنگی و مسائل مربوط به مهاجرین افغانی و پاکستانی و نیز کمیت و کیفیت اجرای برنامه‌های کنترل مالاریا در منطق مختلف کشور موجب عدم انطباق کامل پهنه بندی ارائه شده با واقعیت موجود می‌گردد.

واژگان کلیدی: شرایط اقلیمی، بیماری مالاریا، پشه آنوفل، سامانه اطلاعات جغرافیایی، ایران

## مقدمه

مالاریا به عنوان بیماری که از طریق پشه انتقال می‌یابد، سالانه ۳۰۰ تا ۵۰۰ میلیون نفر از مردم جهان را در معرض ابتلا قرار داده و باعث مرگ بیش از ۱ میلیون نفر در جهان می‌شود که اغلب این مرگ ها در کودکان و

[ Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-12-26 ]

زنان باردار مشاهده شده است (WHO 1998). براساس گزارش سازمان جهانی بهداشت بیماری مالاریا مهمترین بیماری انگلی در نظر گرفته شده است که در سال ۲۰۰۹ به عنوان یکی از مشکلات ملی سلامت عمومی در ۱۰۸ کشور جهان مطرح بوده است و ۱/۷ میلیارد دلار هزینه مبارزه با این بیماری در سطح بین الملل شده است(WHO 2010). بیش از ٤٠ درصد جمعیت جهان در مناطق اندمیک مالاریا ساکن هستند. در ایران نیز قبل از شروع برنامه‌های کنترلی مالاریا حدود ٦٠ درصد مردم در مناطق اندمیک بیماری زندگی می‌کردند و سالانه ٤ تا ٥ میلیون نفر به مالاریا مبتلا می‌شدند(Edrisian 2006). با شروع برنامه‌های کنترلی مالاریا تعداد موارد بیماری سال به سال به شکل متغیری کاهش یافت به گونه‌ای که تعداد مبتلایان به این بیماری در ایران در سال ۱۳۸۹به حدود ۳ هزار نفر کاهش یافت. اغلب موارد مالاریا در ایران عمدتا در ۳ استان سیستان و بلوچستان، هرمزگان وکرمان رخ می‌دهد. مالاریای انسانی به وسیله یکی از ٤ گونه انگل پلاسمودیوم به وجود می‌آید که عبارتند از P.malariae, P.vivax, P.falciparum, P.Ovale و پشه انتقال دهنده انگل مالاریا آنوفل نام دارد که بیش از ۳۰ گونه مختلف از این پشه، انگل را انتقال می‌دهد. در ایران از ۲۵ گونه یافت شده پشه آنوفل، ۸ گونه به نام های: A. superpictus, A. stephensi, A. culicifacies, A. fluviatilis, A. maculipennis, A. dthali, A. sacharovi, A. pulcherimus بیماری را انتقال می‌دهند ( Edrisian 2006). شرایط محیطی و اقلیم شناختی نقش مهمی در طول دوره فعالیت و تکثیر پشه آنوفل ایفا می‌کنند، درجه حرارت، بارش، رطوبت نسبی و شدت باد از مهم ترین عوامل اقلیمی موثر در شیوع بیماری مالاریا می‌باشند. انگل پلاسمودیوم و نیز پشه آنوفل برای رشد، تکثیر و تکمیل فازهای تکاملی خود به شرایط اقلیمی خاصی نیاز دارند که این شرایط در میزان بروز و شیوع بیماری موثراند. ۷۰ تا ۹۰ درصد خطر شیوع مالاریا از طریق عوامل محیطی و اقلیم شناختی قابل تبیین است ( Smith et al. 1999). دو مولفه اقلیمی درجه حرارت و رطوبت، از عواملی هستند که هم در رشد و تکثیر پشه آنوفل و هم در فعالیت انگل مالاریا تاثیر گذار هستند. دما بر اکثر مراحل چرخه زیستی انگل پلاسمودیوم تاثیرگذار است. طول فاز خارجی این انگل وابسته به درجه حرارت محیط و گونه آنوفلی است که آن را منتقل می‌کند(Craig et al.1999 با کاهش دمای محیط از آستانه بهینه برای فعالیت انگل، تعداد روزهای لازم برای تکمیل سیکل خارجی انگل افزایش می‌یابد. با افزایش دما تعداد دفعات خونخواری پشه آنوفل افزایش یافته و به دنبال آن فاصله زمانی تعداد دفعات تخم گذاری پشه کاهش می‌یابد. بنابراین با افزایش دما تعداد تخم‌های گذاشته شده توسط پشه آنوفل افزایش می‌یابد (Pampana 1969). تحقیقات Mcmicheal و همکاران و همچنین Russell و همکاران نشان داد که حداقل درجه حرارت برای فعالیت انگل پلاسمودیوم ۱۹-۱٤ درجه سلسیوس است این آستانه برای گونه P.vivax کمتر از گونه P. falciparum است درحالی که آستانه حداقل دمایی برای فعالیت پشه آنوفل ۸ تا ۱۰ درجه سلسیوس می‌باشد. آن ها نشان دادند که آستانه دمای بهینه برای رشد و فعالیت پشه آنوفل ۲۵ تا ۲۷ درجه سلسیوس و برای انگل پلاسمودیوم ۲۱ تا ۲۷ درجه سلسیوس است. (Russell et al. 1963; McMichael et al. 1996) در دماهای بالای ٤٠ درجه سلسیوس فعالیت پشه و انگل کاهش می‌یابد که شاید یکی از دلایل آن کاهش رطوبت نسبی هوا باشد (Martens et al. 1995). نواحی مرطوب شرایط مناسبی برای تخم گذاری آنوفل فراهم می‌کند. بنابراین بارش‌های جوی با فراهم آوردن رطوبت خاک و نیز پهنه‌های آبی موقت در مقیاس کوچک نقش مهمی در فراهم آوردن شرایط مطلوب جهت تکثیر و رشد پشه آنوفل برعهده دارد (Oaks et al. 1991). علاوه بر حجم کلی بارش نوع بارش و توزیع زمانی آن نیز نقش مهمی در تقویت فعالیت پشه دارد. بارش‌های شدید و رگباری که موجب شستن و نابودی تخم های آنوفل می‌شوند، نتیجه معکوسی را در بر دارند

[ Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-12-26 ]

(Oaks et al. 1991). بارش همچنین از طریق افزایش رطوبت نسبی هوا و تعدیل درجه حرارت، نقش مثبتی در فعالیت پشه آنوفل ایفا می‌کند. نه تنها مقدار مطلق بارش بلکه توزیع زمانی بارش یا تعداد روزهای بارانی در دوره فعالیت پشه نیز از اهمیت بالایی برخوردار است. سطوح ایستابی آب های زیرزمینی نیز از طریق فراهم آوردن رطوبت خاک در فرآیند تخم‌گذاری پشه آنوفل نقش مثبتی را ایفا می‌کند. رطوبت نسبی بر انگل پلاسمودیوم تاثیر گذار نیست بلکه تنها در چرخه ی زندگی پشه آنوفل موثر است. تحقیقات Pampana و Russell نشان داد اگر میانگین رطوبت نسبی ماهانه کمتر از ۶۰ درصد باشد طول دوره حیات پشه کوتاه شده و پشه قادر به انتقال انگل پلاسمودیوم نیست ( ;Pampana1969 Russell et al. 1963). به دنبال تاثیر پذیری شدید بیماری مالاریا از عوامل محیطی و اقلیم شناختی، سازمان های جهانی از جمله سازمان بهداشت جهانی (WHO) همواره به دنبال ابزارها و روش‌هایی برای شناسایی، پایش، تحلیل و مدیریت عوامل محیطی و اقلیم شناختی موثر بر شیوع و گسترش این بیماری بوده‌اند. سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) به عنوان یک ابزار تحلیل اطلاعات مکانی و غیرمکانی، تکنیکی بسیار کارا در پایش و ارزیابی عوامل محیطی تاثیرگذار بر شیوع و گسترش بیماری به حساب می‌آید (Sweeney 1998). این سامانه‌ها با داشتن قابلیت ارائه نقشه‌های پهنه‌بندی مخاطره، تحلیل و پایش فضایی عوامل محیطی موثر بر شیوع بیماری، مدل‌سازی مخاطره بیماری و تحلیل توزیع فضایی بیماری در ارتباط با عوامل موثر بر شیوع آن، به ابزاری قابل اعتماد در برنامه‌های کنترل مالاریا در سطح جهانی مبدل شده است (Saxena et al. 2009). از دیگر کارهای انجام گرفته این محقق در این زمینه، می‌توان به تحقیقاتی اشاره کرد که در هند انجام گرفت و ایشان کاربردهای سامانه اطلاعات جغرافیایی را در برنامه-های کنترل و مدیریت مالاریا در هند مورد بررسی قرار داده و با استفاده از این سامانه به بررسی روندهای فضایی - بیماری و توزیع و انتشار جغرافیایی بیماری در هند پرداختند. Ceccato و همکاران به تحلیل آماری همبستگی بین تعداد مبتلایان به مالاریا و عوامل اقلیم شناختی بارش و دما و شاخص اصلاح شده پوشش گیاهی در اریتره اقدام کردند. آن ها از طریق مقایسه تطبیقی ناهنجاری های این دو شاخص اقلیمی با تعداد مبتلایان ثبت شده در طی دوره آماری ۱۹۹۶-۲۰۰۳ یک سامانه پیش هشداردهی برای بروز ماهانه مالاریا ارائه کردند(Ceccato et al. 2007). Kaya و همکاران با استفاده از سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی به پتانسیل سنجی محیطی کنیا برای شیوع بیماری مالاریا اقدام کردند (Kaya et al. 2002). از کارهای داخلی که در زمینه بررسی تاثیر شرایط اقلیمی در بروز مالاریا انجام شده است می‌توان به کار ولی پور و همکاران اشاره کرد ایشان با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) اقدام به مدلسازی شیوع بیماری مالاریا در استان هرمزگان کردند. ایشان در کار خود از چندین عامل محیطی از قبیل لایه اطلاعاتی مربوط به پوشش گیاهی، فاصله از منابع رطوبتی و دما استفاده کرده و از طریق فرآیند تحلیل سلسله مراتبی اقدام به اولویت‌بندی عوامل مختلف محیطی براساس نظر کارشناسان کردند و نتایج کار آن ها نشان داد دما و رطوبت نسبی دارای بالاترین اولویت در شیوع بیماری هستند.(Valipour et al. 2011) پیرمرادی و همکاران نیز با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی به بررسی اکولوژیکی مالاریا در شهرستان بندرعباس پرداختند. آن ها نشان دادند که شیوع بیماری مالاریا در این شهرستان دارای الگو بوده و می‌توان از طریق مدل های ریاضی خطر انتقال مالاریا را پیش بینی کرد ( Pirmoradi et al. 2011). صالحی و همکاران از طریق ارائه یک مدل رگرسیون خطی به بررسی ارتباط متغییرهای محیطی وشاخص نسبت استاندارد ابتلا (SIR) پرداختند. آن ها نشان دادند که رطوبت، دما و ارتفاع دارای همبستگی مثبت با شاخص SIR بوده در حالی که بارش دارای همبستگی منفی می‌باشد. ایشان از مدل درون یاب کریجینگ معمولی

[ Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-12-26 ]

برای برآورد شاخص SIR در نقاط فاقد داده استفاده کرده و از مدل واریوگرام برای بررسی ساختار فضایی شاخص SIR در منطقه مورد مطالعه استفاده کردند. مدل ایشان نشان داد که نواحی جنوبی منطقه مورد مطالعه دارای مخاطره بیشتری نسبت به نواحی شمالی می‌باشد (Salehi et al. 2008). هدف این تحقیق نیز ارائه یک پهنه بندی در سطح کشور براساس پتانسیل اقلیمی بروز بیماری مالاریا با استفاده از قابلیت سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی می‌باشد. به عبارت دیگر این تحقیق سعی در مشخص کردن نواحی با پتانسیل اقلیمی یکسان جهت بروز بیماری مالاریا را دارد.

## روش کار

از آنجا که مالاریا یک بیماری محیطی بوده و انتقال آن توسط پشه آنوفل انجام می‌گیرد، بنابراین عوامل اقلیمی بر فعالیت پشه و انگل پلاسمودیوم تاثیرگذار است. ۳ عامل اقلیمی درجه حرارت ماهانه، بارش و نسبت اختلاط رطوبت هوا تعیین کننده طول دوره فعالیت، رشد و تکثیر پشه آنوفل و انگل پلاسمودیوم بوده و در نهایت کنترل کننده شیوع و گسترش جغرافیایی بیماری مالاریا می‌باشند. براساس تحقیقات Mcmicheal، Russell، Oaks و همکاران می‌توان محدوده‌های عوامل اقلیمی را به صورت جدول ۱ برای فعالیت پشه آنوفل و انگل مالاریا نشان داد. ذکر این نکته نیز ضروری است که معمولا در بررسی‌های اقلیمی اپیدمولوژی مالاریا از عامل رطوبت نسبی به عنوان نمایه رطوبتی هوا استفاده می‌گردد، اما در واقع رطوبت نسبی دارای رابطه معکوسی با درجه حرارت بوده و در نزدیک بودن یک توده هوا به بارش را نشان می‌دهد و یک شاخص ثابت برای شناسایی مقدار مطلق رطوبت موجود در هوا نمی‌باشد. بنابراین در این تحقیق از شاخص نسبت اختلاط رطوبت که ثبات بیشتری داشته و گویای مقدار مطلق رطوبت هوا است، استفاده گردید که از طریق رابطه ۱ قابل محاسبه است.

۱. نسبت اختلاط

$$W = \frac{M_w}{M_d}$$

که در این رابطه W نسبت اختلاط، $M_w$ جرم بخار آب (بر حسب گرم) و $M_d$ جرم هوای خشک بر حسب گرم می‌باشد (Alizade 2003).

همان طور که اشاره شد هدف اصلی تحقیق ارائه پهنه‌های هم ارزش از لحاظ پتانسیل اقلیمی شیوع بیماری مالاریا در ایران است. در این راستا ابتدا داده‌های مربوط به ۳ فاکتور اقلیمی میانگین دمای ماهانه، مجموع بارش دوره فعالیت پشه (دوره زمانی از سال که شرایط دمایی برای فعالیت پشه انوفل برقرار است) و میانگین رطوبت نسبی ماهانه در یک دوره ۳۰ ساله (۱۹۷۵ تا ۲۰۰۵) برای ۳۰ ایستگاه سینوپتیک مراکز استان‌ها یا هر کدام از ایستگاه‌ها که دارای دوره آماری ۳۰ ساله باشند، اخذ گردید البته ذکر این نکته لازم است با توجه به اقلیم متفاوت شمال و جنوب استان سیستان و بلوچستان و همچنین سهم بالای این استان در تعداد مبتلایان ثبت شده نسبت به کل کشور که گاها به بیش از ٦٥ درصد میرسد، در این استان از ۲ ایستگاه زاهدان در شمال و چابهار در جنوب استفاده شد که در مجموع ۳۱ ایستگاه استفاده شد. سپس اقدام به تشکیل پایگاه داده برای تحقیق مذکور در نرم افزار GIS گردید. برای تفکیک ایستگاه‌های مورد بررسی از لحاظ شرایط اقلیمی مساعد برای بروز مالاریا ابتدا نواحی مساعد برای فعالیت پشه آنوفل و سپس انگل پلاسمودیوم بررسی شد. با به کارگیری توابع جبر نقشه ریاضی و منطقی نرم افزار، اقدام به تعریف و اجرای فیلترهای اطلاعاتی برای هرکدام از پارامترهای اقلیم شناختی گردید. منطقه بهینه برای فعالیت و تکثیر پشه آنوفل جایی است که شرایط دمایی و شرایط رطوبتی و بارشی به طور همزمان در آن منطقه در حالت بهینه برقرار باشند. لذا با تعریف فیلترهای اطلاعاتی و اجرای آن ها بر روی عوامل اقلیمی می‌توان ایستگاه‌های مورد بررسی را براساس درجه فراهم بودن شرایط اقلیمی برای فعالیت پشه آنوفل و همچنین انگل پلاسمودیوم تفکیک کرد. بنابراین

[ Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-12-26 ]

ابتدا کل ایستگاه‌های مورد بررسی براساس فراهم بودن شرایط اقلیمی (دمایی، بارشی و رطوبتی) برای فعالیت پشه آنوفل تفکیک گردید، سپس با آگاهی از این نکته که فعالیت و تکامل انگل پلاسمودیوم تابع شرایط دمایی بوده و رطوبت در چرخه زندگی آن تاثیر مستقیمی ندارد، فیلترهای اطلاعاتی با در نظرگیری عامل دما تعریف و اجرا گردید و براساس آن ایستگاه‌های مورد بررسی براساس شرایط دمایی مساعد برای تکامل انگل مالاریا در ٤ دسته تفکیک شدند. در نهایت اقدام به تعمیم اطلاعات ایستگاه‌های مورد بررسی به سطح کشور گردید. تعمیم داده‌های ایستگاهی به سطح کشور، برای ارائه پهنه های هم ارزش از لحاظ پتانسیل اقلیمی شیوع مالاریا، مستلزم به کارگیری مدل‌های درون یاب می‌باشد. برای این امر از مدل درون یاب اسپیلاین کششی در محیط نرم افزار ARC GIS 9.3 با در نظرگیری ٦ همسایه نزدیک استفاده شد. سازوکار استفاده شده در این مدل یک روش انترپولاسیون داده‌های مکانی است که یک سطح با حداقل انحنا را روی نقاط استفاده شده برای درون یابی برازش می‌دهد. این سطح مانند یک سطح پوششی است که امکان اتصال کلیه نقاط در فضا را با حداقل انحنا مهیا می‌کند، لذا یک تابع ریاضی را طوری بر سطح برازش می‌دهد که از نقاط کنترل بگذرد. این مدل از طریق رابطه ۲ محاسبه می‌گردد.

۲. مدل درون یاب اسپیلاین

$$Z_{(x,y)} = T_{(x,y)} + \sum_{j=1}^{N} \lambda_j R(r_j)$$

در این رابطه N تعداد نقاط نمونه، $\lambda_j$ ضریب معادله خطی $\mathbf{r}_j$ فاصله از نقطه نمونه j ام و دو مولفه $T_{(x,y)}$ و $\mathbf{R}(r_j)$ اسپیلاین کششی براساس روابط ۳و٤ به دست می‌آیند.

۳.

$$T(x, y) = a_1$$

٤.

$$R(r) = {}^{1}/_{2\pi\varphi}\left[\ln\left(\frac{r\varphi}{2}\right) + c + k_0(r\varphi)\right]$$

$\varphi$ و $\tau$ پارامترهای کنترل‌کننده مشتق اول در معیار کمینه‌سازی، r فاصله بین نقطه نمونه و نقطه برآوردشده، k تابع تعدیل‌شده بسل، C ثابتی معادل با ۰/۵۷۷۲۱۵ و a ضریبی است که از طریق حل مجموعه‌ای از معادلات خطی بدست می‌آید (Alimohamadi 2008). با به کارگیری مدل درون یاب اسپیلاین کششی پهنه‌های یکسان از لحاظ شرایط اقلیمی مساعد برای فعالیت پشه آنوفل و همچنین انگل مالاریا در سطح کشور بدست آمد. برای مشخص کردن مناطقی که مناسب ترین شرایط اقلیمی را برای شیوع بیماری مالاریا دارند یا به عبارت دیگر دارای بالاترین مخاطره اقلیمی شیوع بیماری مالاریا هستند، اقدام به برهم نهی نقشه‌های مربوط به پهنه‌بندی کشور از لحاظ فعالیت پشه آنوفل و انگل پلاسمودیوم گردید. پهنه‌های مساعد برای شیوع بیماری مالاریا جایی است که شرایط مساعد برای فعالیت پشه آنوفل و انگل پلاسمودیوم به طور همزمان برقرار باشد، مناطقی که دارای شرایط مساعد برای فعالیت پشه آنوفل نیستند و به عبارت دیگر از لحاظ شرایط اقلیمی امکان زیست و فعالیت پشه آنوفل در آنها وجود ندارد به عنوان مناطق اندمیک مالاریا در نظر گرفته نشده و مخاطره اقلیمی شیوع مالاریا در آنجا وجود ندارد اما برعکس آن صادق نیست (Gemperli 2003). بنابراین برهم نهی نقشه‌های مربوطه با درنظرگیری ضریب تاثیر ۰/۷۰ برای لایه مربوط به پشه آنوفل و ۰/۳۰ برای لایه مربوط به انگل پلاسمودیوم انجام گرفت.

## نتایج

نواحی مختلف کشور به لحاظ فراهم بودن شرایط اقلیمی مناسب برای فعالیت و تکثیر پشه آنوفل با استفاده از فیلترهای اطلاعاتی تعریف شده از طریق ابزار جبر نقشه در محیط نرم افزار ARC-GIS 9.3 و استفاده از مدل درون یاب اسپیلاین شناسایی شد و در نقشه شکل ۱ ارائه شده است. فیلترهای اطلاعاتی مذکور بر روی عوامل اقلیم

[ Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-12-26 ]

شناختی میانگین دمای دوره فعالیت پشه، نسبت اختلاط به عنوان نمایه رطوبت مطلق هوا و شاخص مجموع بارش دوره فعالیت پشه اعمال گردید. بارش در سه فاز مکانی مورد استفاده قرار گرفت: فاز مثبت بارش ایستگاه-هایی را شامل می‌شود که میانگین بارش آن ها از مجموع میانگین بارش کل ایستگاه ها و انحراف معیار آن ها بالاتر است ($P>\bar{P}+SD$). فاز منفی بارش، ایستگاه هایی را شامل می‌شود که مجموع بارش آن ها از تفاضل میانگین و انحراف معیار بارش ایستگاه ها کمتر است($P<\bar{P}-SD$). و فاز میانی بارش که ایستگاه هایی را با شرایط بینابین در نظر می‌گیرد $\bar{P}-SD<P<\bar{P}+SD$: براساس نقشه شکل۱ استان های هرمزگان، بوشهر، خوزستان، بخش جنوبی بلوچستان شامل نواحی چابهار و نیک شهر، مازندران و بخش غربی گیلان داری مساعدترین شرایط اقلیمی (دمایی، رطوبتی و بارشی به طور همزمان) برای فعالیت و تکثیر پشه آنوفل هستند و درواقع این مناطق به عنوان مناطق اندمیک بیماری مالاریا باید مورد توجه قرار گیرند. استان‌های گلستان، خراسان شمالی، تهران، مرکزی، بخش شمالی اصفهان، قم، لرستان، فارس، بخش جنوبی کرمان، بخش شمالی سیستان و بلوچستان و قزوین از لحاظ شرایط اقلیمی مناسب برای فعالیت و تکثیر پشه آنوفل در رده دوم قرار دارند. نواحی مربوط به استان‌های خراسان رضوی و جنوبی، بخش شمالی سیستان و بلوچستان و شمال کرمان، یزد، کهکیلویه و بویراحمد، کرمانشاه و ایلام از لحاظ فراهم بودن شرایط اقلیمی برای فعالیت پشه آنوفل در رده سوم قرار می‌گیرند، درحالی که نواحی مربوط به استان‌های آذربایجان غربی، آذربایجان شرقی، کردستان، بخش مرکزی یزد، چهارمحال و بختیاری، زنجان، همدان و اردبیل دارای کمترین پتانسیل اقلیمی برای فعالیت و تکثیر پشه آنوفل می‌باشند.

همچنین نواحی مختلف کشور براساس طول دوره زمانی فراهم بودن شرایط دمایی برای زیست پشه آنوفل، براساس میانگین۳۰ ساله شرایط دمایی کشور مورد بررسی قرار گرفت. همان‌طور که در نقشه شکل ۲ نشان داده شده است، براساس طول دوره زمانی که شرایط اقلیمی برای فعالیت پشه آنوفل فراهم است، کشور به ۳ پهنه تقسیم گردید. نواحی که در نقشه شکل ۱ دارای بالاترین پتانسیل اقلیمی برای فعالیت پشه آنوفل بودند، یعنی استان‌های هرمزگان، بوشهر، خوزستان، مازندران و گیلان به اضافه استان سیستان و بلوچستان و نواحی جنوبی کرمان و بخش جنوبی استان فارس از ژانویه تا دسامبر یعنی در کل سال شرایط برای فعالیت پشه فراهم است. پهنه دوم که بخش اعظم کشور را در بر می‌گیرد، شامل استان های خراسان شمالی، رضوی و جنوبی، گلستان، سمنان، اصفهان، تهران، قم، کرمان، فارس، ایلام و لرستان، شرایط فعالیت آنوفل در آن از مارس تا نوامبر (اسفند تا آبان) یعنی ۹ ماه در سال فراهم است اما در طی ماه های دسامبر، ژانویه و فوریه تا اواسط مارس (اواسط آذر تا اواسط اسفند) میانگین دمای زمستان این پهنه از حداقل آستانه دمایی لازم برای فعالیت آنوفل کمتر بوده و چرخه فعالیت آنوفل در این پهنه در زمستان قطع می‌گردد. اما پهنه سوم که شامل استان های آذربایجان غربی و شرقی، کردستان، چهارمحال و بختیاری،کهگیلویه و بویراحمد، زنجان، همدان، اردبیل، کرمانشاه و قزوین است شرایط فعالیت پشه در این پهنه از اواسط ماه می تا اواخر اکتبر (خرداد تا مهر) یعنی ۵ ماه در سال فراهم است استان های مورد بررسی براساس دوره زمانی فراهم بودن شرایط اقلیمی فعالیت پشه آنوفل در جدول ۳ نشان داده شده‌اند.

فعالیت و تکامل انگل پلاسمودیوم تابع شرایط دمایی بوده و رطوبت در چرخه زندگی آن تاثیر مستقیمی ندارد. بنابراین با اصلاح فیلترهای مذکور و اعمال مجدد آنها تنها با درنظرگیری عامل دما، نواحی مختلف کشور به صورت نقشه شکل ۳ از لحاظ تناسب شرایط اقلیمی برای فرایند تکامل انگل پلاسمودیوم مشخص گردید.

برای ارائه نقشه پتانسیل مخاطره اقلیمی بیماری مالاریا با این استدلال که منطقه مساعد اقلیمی برای شیوع مالاریا جایی است که شرایط بهینه هم برای فعالیت انگل و

[ Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-12-26 ]

هم برای تکثیر و فعالیت پشه آنوفل به طور همزمان برقرار باشد، و نیز با قبول این اصل که نقش پشه آنوفل در تعیین اندمیک بودن یک منطقه از لحاظ بیماری مالاریا بارزتر از انگل پلاسمودیوم است به عبارت دیگر نواحی اندمیک بیماری مالاریا نواحی هستند که شرایط مساعد برای فعالیت پشه آنوفل برقرار باشد و در مناطقی که فاقد شرایط اقلیمی برای فعالیت این پشه بوده و پشه وجود نداشته باشد انتقال مالاریا در آن منطقه صورت نمی‌گیرد، برای بدست آوردن نقشه پتانسیل اقلیمی مخاطره شیوع بیماری مالاریا اقدام به برهم نهی وزن دار لایه‌های مربوط به پتانسیل اقلیمی فعالیت پشه آنوفل و انگل پلاسمودیوم با ضریب تاثیر به ترتیب ۰/۷۰ و ۰/۳۰ گردید. رستر به دست آمده در واقع اشتراکی از دو نقشه مذکور بوده که پتانسیل اقلیمی مخاطره شیوع بیماری مالاریا را ارائه می‌دهد. براساس نقشه بدست آمده که به صورت شکل ٤ ارائه شده است، کل کشور از لحاظ پتانسیل اقلیمی شیوع بیماری مالاریا در ٤ پهنه قرار گرفته است. استان‌های هرمزگان، بوشهر، بخش جنوبی استان سیستان و بلوچستان، بخش‌های غربی استان خوزستان و بخش‌هایی از استان‌های شمالی کشور شامل استان‌های مازندران و گیلان دارای مساعدترین شرایط اقلیمی برای شیوع بیماری مالاریا می‌باشند به عبارت دیگر این استان ها دارای بالاترین پتانسیل اقلیمی مخاطره مالاریا هستند. بیشترین جمعیت کشور همانگونه که در نقشه شکل ٤ دیده می‌شود، در پهنه با پتانسیل مخاطره متوسط به بالا ساکن می‌باشند که شامل استان های تهران، سمنان، گلستان، قزوین، اراک، نواحی شمالی اصفهان، لرستان، نواحی مرکزی و غربی استان سیستان و بلوچستان و بخش عمده استان فارس می‌باشد. نواحی شرقی کشور در پهنه با پتانسیل مخاطره متوسط به پایین قرار گرفته‌اند که این پهنه شامل استان‌های خراسان رضوی، جنوبی، بخش شمالی سیستان و بلوچستان، کرمان و بخش هایی از استان یزد می‌باشد. اما استان‌های شمال غرب کشور شامل آذربایجان غربی، آذربایجان شرقی، اردبیل، کردستان، زنجان و همدان بخش‌هایی از استان مرتفع چهارمحال و بختیاری و نواحی مرکزی استان یزد دارای پایین‌ترین پتانسیل اقلیمی مخاطره بیماری مالاریا هستند.

## بحث

براساس مطالعات انجام گرفته در مورد شرایط اکولوژیکی بیماری مالاریا، دما، رطوبت و میزان بارش از مهم‌ترین شرایط اقلیمی موثر بر شیوع این بیماری به شمار میرود، البته بیماری مالاریا از جمله بیماری هایی است که علاوه بر شرایط اقلیمی، عوامل دیگری نظیر محل سکونت افراد، سبک زندگی فردی و اجتماعی، وضعیت اقتصادی و فرهنگی منطقه، تعداد مهاجرین ورودی منطقه و کمیت و کیفیت اجرای برنامه‌های کنترل مالاریا در منطقه در شیوع و گسترش آن موثر است. دخالت این عوامل انسانی و غیر طبیعی که به راحتی قابلیت مدل سازی و چارچوب بندی را ندارند ارائه یک سامانه هشداردهی شیوع بیماری را همواره با عدم اطمینان همراه می‌سازد. همانطور که در این تحقیق نیز مشاهده می‌گردد پهنه‌های ارائه شده از لحاظ مخاطره اقلیمی شیوع بیماری مالاریا در انطباق کامل با نقشه‌های ارائه شده در مورد نواحی پرخطر کنونی قرار نمی‌گیرند و به عبارت دیگر بالاترین آمار مبتلایان به بیماری در مناطقی که دارای بالاترین پتانسیل اقلیمی شیوع بیماری هستند، ثبت نشده است. برای نمونه استان سیستان و بلوچستان براساس گزارش وزارت بهداشت ٦٥ درصد مبتلایان به بیماری را در سال ۱۳۸۹ در خود جای داده است اما براساس نقشه‌های ارائه شده در این تحقیق، به جز نواحی جنوبی استان، شامل شهرستان‌های چابهار و نیک شهر که دارای پتانسیل اقلیمی بالا هستند و شرایط انتقال محلی بالایی دارند، بخش عمده‌ای از این استان در منطقه با مخاطره اقلیمی متوسط قرار گرفته است. این نمونه به وضوح گویای این مسئله است که مسائل اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی و بویژه موقعیت همسایگی استان سیستان و بلوچستان با دو کشور افغانستان و پاکستان و مسائل مربوط به مهاجرین افغانی و پاکستانی شرایط اقلیمی را در اینجا تحت الشعاع قرار داده-

[ Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-12-26 ]

اند. این نتایج به روشنی بیانگر این واقعیت است که علاوه بر شرایط اقلیم شناختی عوامل دیگری از قبیل شرایط اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی نیز بر توزیع جغرافیایی این بیماری در کشور تاثیر گذار است، به نحوی که این شرایط ثانوی می‌توانند شرایط اقلیم شناختی منطقه برای شیوع بیماری را به صورت مثبت یا منفی تحت شعاع قرار دهد. از جمله مهمترین عواملی که در این زمینه قابل بررسی است، وضعیت مهاجرین از کشورهای همسایه است بویژه مهاجرین افغانی و پاکستانی که تعداد زیادی از آمار ابتلا به مالاریا مربوط به این افراد است که این امر بحث مبارزه با مالاریا را با مشکلات عمده ای مواجه کرده است. مقایسه تطبیقی تعداد مبتلایان ثبت شده استان یزد که در این تحقیق در پهنه با مخاطره اقلیمی متوسط به پایین قرار دارد نشان می‌دهد که ۷۷/۳ درصد مبتلایان از اتباع افغانی بوده و تنها ۲۰/۸ درصد مبتلایان افراد ایرانی بودند ( Khalili et al. 2009). بنابراین شرایط سیاسی و اقتصادی کشورهای همسایه بخصوص در کنار مرزهای جنوب شرق کشور از مهم ترین عوامل مداخله کننده در برنامه-های کنترل بیماری مالاریا می‌باشند. در حال حاضر تمام موارد مالاریای وارده به کشور، مربوط به مهاجران افغانی و پاکستانی است، علاوه بر مناطق جنوب شرقی کشور، استان های فارس، تهران و بوشهر نیز متاثر از این مشکل-اند. همچنین تردد ایرانیان ساکن شهرستان های مرزی به مناطق مالاریا خیز کشور پاکستان در ابتلا افراد به مالاریا و افزایش آمار تعداد بیماران موثر است. بررسی آمار سال‌های اخیر به خوبی موید این ادعا است، چنانچه در این سال ها با کنترل جمعیت افراد غیر ایرانی در استان‌های جنوبی، تعداد موارد ابتلا به مالاریا بطور چشم‌گیری کاهش یافته است. شرایط بهداشتی و اوضاع اقتصادی-اجتماعی و فرهنگی هر منطقه و نیز سطح آگاهی مردم نسبت به بیماری و راه های مبارزه با آن از دیگر عوامل تاثیر گذار در شیوع بیماری مالاریا است.

## نتیجه گیری

در این تحقیق به پتانسیل سنجی اقلیمی شیوع بیماری مالاریا در نواحی مختلف ایران اقدام گردید. نتایج نشان داد که استان‌های هرمزگان، بوشهر، خوزستان، گیلان و مازندران و نواحی جنوبی سیستان و بلوچستان مانند چابهار و نیک شهر دارای بهترین شرایط اقلیمی برای شیوع بیماری مالاریا هستند. اما باید خاطر نشان گردد که تحقیق حاضر مخاطره بروز بیماری مالاریا، در نواحی مختلف کشور را صرفا بر اساس شرایط اقلیم شناختی بررسی می‌کند در حالی که دخالت عوامل اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی و مسائل مربوط به مهاجرین افغانی و پاکستانی و نیز کمیت و کیفیت اجرای برنامه‌های کنترل مالاریا در نواحی مختلف کشور موجب عدم انطباق کامل پهنه‌بندی ارائه شده با واقعیت موجود می‌گردد. نتایج این تحقیق می‌تواند در شناسایی نواحی مختلف کشور از لحاظ پتانسیل اقلیمی شیوع بیماری مالاریا و از طریق آن در اولویت بندی نواحی مختلف کشور جهت انجام برنامه‌های کنترل مالاریا مفید واقع گردد.

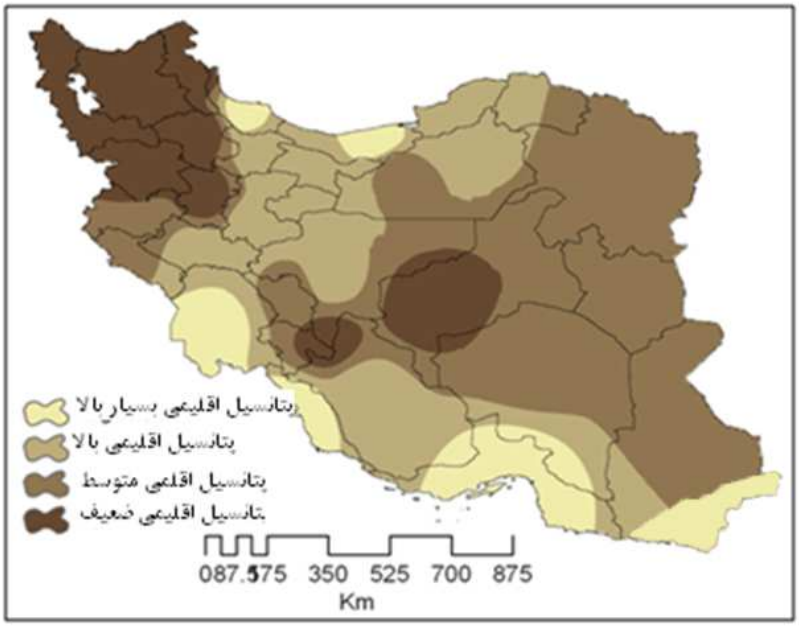
**جدول۱**- آستانه های عوامل اقلیمی موثر بر فعالیت پشه آنوفل و انگل پلاسمودیوم

| | آستانه کمینه | | آستانه بهینه | | آستانه بیشینه | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | پشه | انگل | پشه | انگل | پشه | انگل |
| درجه حرارت(میانگین ماهانه دما) | ۱۰-۸ °C | ۱۹-۱۴ °C | ۲۷-۲۵ °C | ۲۷-۲۱ °C | ۴۰ °C < | - |
| رطوبت(نسبت اختلاط) | <۵گرم | - | >۱۰گرم | - | - | - |

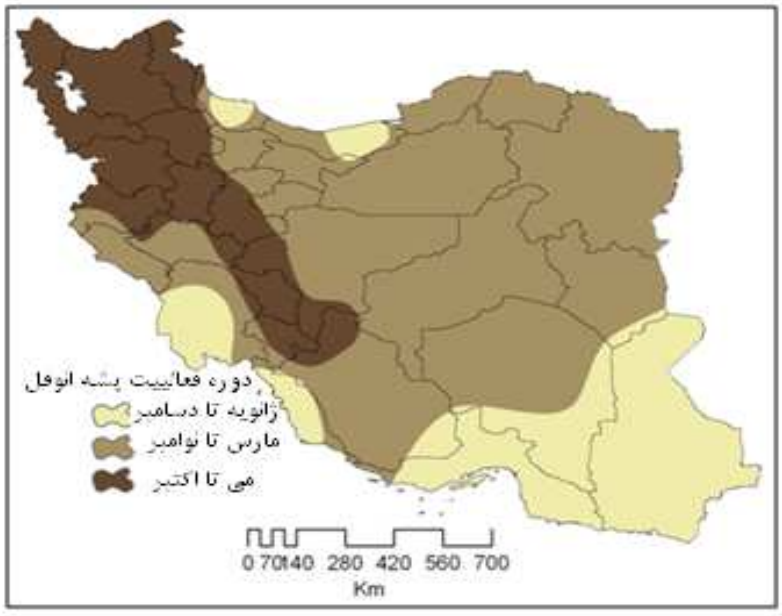
[ Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-12-26 ]

**جدول ۲**- تفکیک استان های مختلف کشور براساس طول دوره زمانی فراهم بودن شرایط اقلیمی برای فعالیت آنوفل

| دوره زمانی | استان ها |
|---|---|
| کل سال(ژانویه تا دسامبر) | سیستان و بلوچستان، جنوب کرمان و جنوب فارس، هرمزگان، بوشهر، خوزستان، گیلان و مازندران |
| اسفند تا آبان(مارس تا نوامبر ۹ ماه) | استان خراسان شمالی، رضوی و جنوبی، گلستان، سمنان، اصفهان، تهران، قم، کرمان، فارس، ایلام و لرستان |
| اردیبهشت تا مهر(می تا اکتبر ۵ ماه) | آذربایجان غربی و شرقی، کردستان، چهارمحال و بختیاری،کهکیلویه و بویراحمد، زنجان، همدان، اردبیل، کرمانشاه و قزوین |

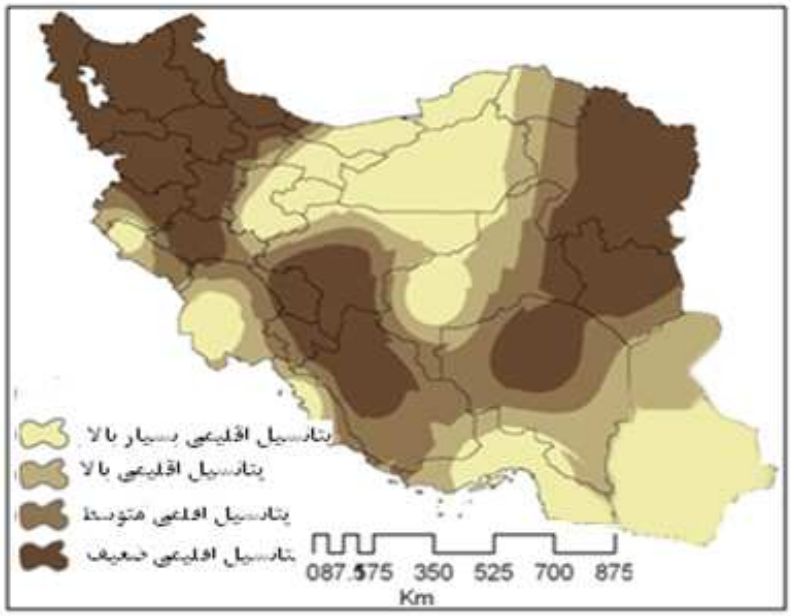



**شکل ۱**- پهنه بندی کشور براساس پتانسیل اقلیمی فعالیت و تکثیر پشه آنوفل

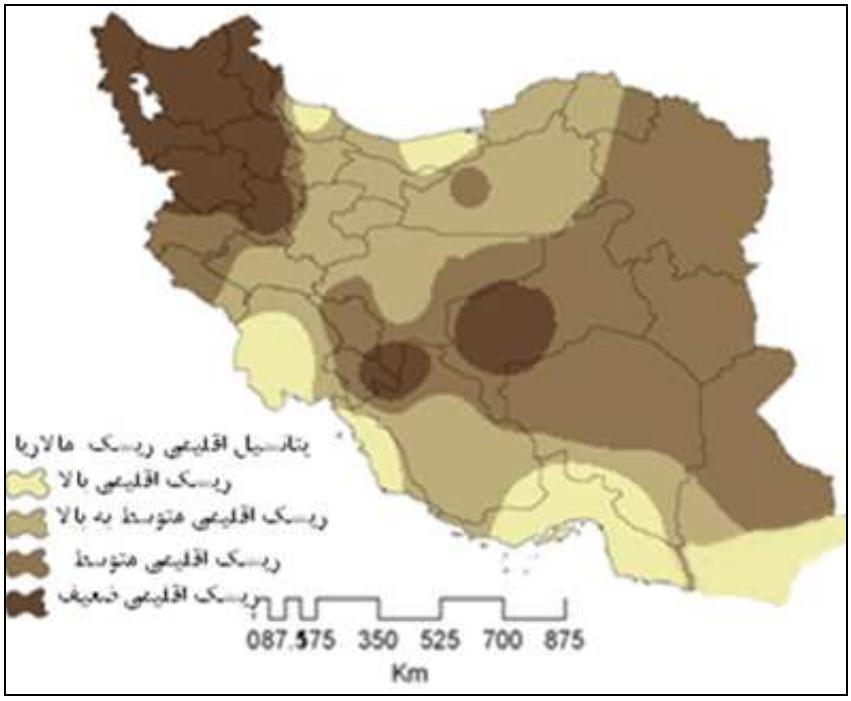



**شکل ۲**- نقشه پهنه بندی کشور از لحاظ طول دوره زمانی فراهم بودن شرایط اقلیمی برای زیست پشه آنوفل

[ Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-12-26 ]




**شکل ۳**- پهنه بندی کشور براساس پتانسیل اقلیمی فعالیت انگل پلاسمودیوم




**شکل ٤**- پتانسیل اقلیمی مخاطره شیوع بیماری مالاریا در ایران

## References

Alizade, A., Principle of applied Hydrology, Astane Ghodse, Mashhad, 2003 [In Persian].

Alimohamadi, A., 2009. The foundmental of GIS. Samt Press, Tehran [In Persian].

Ceccato, P., Ghebremeskel, T., Malanding, J., Graves, P., Marc, L. and Ghebreselassie, S., 2007. Malaria Stratification, Climate, and Epidemic Early Warning in Eritrea, American Society of Tropical Medicine and Hygiene, pp. 61–68.

[ Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-12-26 ]

Craig, M.H., Snow, R.W. and D. le Sueur, A., 1999. Climate-based Distribution Model of Malaria Transmission in Sub-Saharan Africa. *Parasitology Today*. P. 15.

Edrissian, Gh., 2006. Malaria in Iran: Past and Present Situation, *Iranian J Parasitology:* **1**(1), pp. 1-14.

Gemperli, A., 2003. Development of spatial statistic methods for modeling point-referenced spatial data in malaria epidemiology Thesis. Basel (Switzerland): University of Basel: faculty of Philosophy and natural sciences.

Kaya, S., Pultz, T.J., Mbogo, C.M., Beier, J.C. and Mushinzimana, E., 2002. The Use of Radar Remote Sensing for Identifying Environmental Factors Associated with Malaria Risk in Coastal Kenya, International Geoscience and Remote Sensing Symposium. Toronto, June, pp. 24-28.

Khalili, M., Anvari, M.H. and Sadeh, M., 2009. Epidemiological Pattern of Malarial Disease in the Province of Yazd, Iran (Since 1986-2006). *World Journal of Medical Sciences*. **4**(1), pp. 41-45.

Martens, W.J.M., Niessen, L.W., Rotmans, J., Jetten, T.H. and McMichael, A.J., 1995. Potential Impact of Global Climate Change on Malaria Risk. *Environmental Health Perspectives,* 103, pp. 458-464.

McMichael, A.J., Haines, A., Sloof, R. and Kovats, S., 1996. Climate Change and Human Health. Geneva: World Health Organization.

Oaks, S.C., Mitchell, V.S., Pearson, G.W. and Carpenter, C.C.J., 1991. Malaria: Obstacles and Opportunities. A report of the Committee for the Study on Malaria Prevention and Control: Status Review and Alternative Strategies. Division of International Health, Institute of Medicine. Washington, DC: National Academy Press

Pampana, E.A., 1969. Textbook of Malaria Eradication. London: Oxford University Press.

Pirmoradi. A.R., Noorifard, M. and Salahi Moghaddam, A.R., 2012. Ecological Study on Malaria in Bandar Abbas District Using Geospatial Information System (GIS), *journal of army university of medical science,* **10**(1), pp. 35-44 [In Persian].

Russell, P.F., West, L.S., Manwell, R.D. and MacDonald, G., 1963. Practical Malariology. London: Oxford University Press.

Salehi, M., Mohammad, K., Farahani, M., Zeraati, H., Nourijelyani, K. and Zayeri, F., 2008. Spatial modeling of malaria incidence rates in Sistan and Baluchestan provience. *Islamic Republic of Iran, Saudi Medical Journal,* 29, pp. 1791- 1796.

Saxena, R., Nagpal, B.N., Srivastava, A., Gupta, S.K. and Dash, A.P., 2009. Application of spatial technology in malaria research and control: somenew insights, *Indian J Med Res.* 130, pp. 125-132.

Smith, K.R., Corvalán, C.F. and Kjellström, T., 1999. How much global ill health is attributable to environmental factors? *Epidemiology.* 10, pp. 573-84.

Sweeney, A.W., 1998. The Application of GIS in Malaria Control programs. Presented at the 10th Colloquium of the Spatial Information Research Centre, University of Otago, New Zealand, pp. 16-19.

Valipour, A., Alesheikh, A., Gharagozlo, A. and Kheirkhah, M., 2011. Modeling of malaria outbreak by GIS and AHP in hormozgan province, National conference of Geomatic [In Persian].

World Health Organization., 1998. Expert Committee on Malaria. WHO Expert Committee on Malaria, Twentieth Report. Geneva.

[ Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-12-26 ]

# Survey of climatic condition of Malaria disease outbreak in Iran using GIS

***Halimi, M., MSc.*** **Department of Climatology, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran - Corresponding author: Geoscience.tmu@Gmail.com**
***Delavari, M.,*** **Ph.D. Student, Department of Medical Parasitology, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran**
***Takhtardeshir, A.,*** **MSc. Student, Department of Climatology, Tehran University, Tehran, Iran**

**Received: Apr 24, 2012** **Accepted: Aug 4, 2012**

## ABSTRACT

**Background and aim:** Malaria as a mosquito-borne disease is largely dependent on climatic conditions. Temperature, rainfall and relative humidity are considered as climatic factors affecting the geographical distribution of this disease. These climatic factors have definite roles not only in the growth and proliferation of the mosquito *Anopheles* but also in the parasite *Plasmodium* activity. The purpose of this study was to find in which regions of Iran climatic conditions favour spread of malaria.
**Material and Methods:** Data on 3 climatic factors, including the mean monthly temperature, rainfall and mixed ratio of humidity, obtained from 31 synoptic meteorological stations during the 30-year period 1975-2005 were used. By running the informative filters through map algebra tools in the Geographical Information System (GIS), the synoptic meteorological stations were classified into 4 groups in terms of climatic conditions favouring activity and proliferation of the mosquito *Anopheles* and the parasite *Plasmodium*. Then the regions were interpolated in terms of climate risk of malaria incidence using the tension Spiline interpolation method.
**Results:** The maps of climatic potential malaria risk indicated that the southern provinces including Hormozgan, Bushehr and Khuzestan, southern parts of Sistan-Balouchistan province, such as Chabahar and Nikshahr, as well as Northern provinces of the country, including Mazandaran and Gilan, have the highest climatic potential for risk of malaria spread. On the other hand, provinces in the North Western region, including West and East Azarbaijan, Ardebil, Kurdistan and Zanjan, have the lowest climatic potential risk of malaria spread. Further analysis of the data showed that a large segment of the population is living in regions with medium- to high-risk zones.
**Conclusion:** The findings of this study can be used when designing malaria control programs to identify different regions in terms of climate-based malaria risk. The presented risk map of malaria in this study is completely based on climatic factors. The disconformity between these presented climate-based maps and the observed high-risk map is due to such factors as socioeconomic and lifestyle changes, as well as border problems (foreign subjects entering the country).

**Key Words:** Climatic condition, Malaria disease, Anopheles mosquito, GIS, Iran

[ Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-12-26 ]