Original Article

Spatial dynamics of *Phlebotomus sand-fly* ecological condition in response to climate change

Zareichaghabaleki Z[1], Yarahmadi D[1*], Karampour M[1], Shamsipour AA[2]

1- Department of Geography, Faculty of Literature and Human Sciences, Lorestan University, Khoramabad, I.R. Iran.
2- Department of Geography, Faculty of Geography, Tehran University, Tehran, I.R. Iran.

Received: 2018/07/10 | Accepted: 2019/02/27

Abstract:

Background: Changing the climatic pattern can lead to major changes in the geographical distribution of infectious diseases. The aim of this study was to investigate the effect of climate change on the favorable bio-climatological zone for leishmaniasis sand-fly living which is a vector of *Leishmania* in Iran.

Materials and Methods: Data of the climatic factors affecting the biology of sandflies during 1986-2016 were obtained. The climate thresholds for the sand-fly living were prepared on the basis of laboratory studies. Using Boolean algebra in GIS, the favorable bio-climatological sites of sand-fly in Iran were prepared in the basic period of climate (2016-1986). The climatic conditions of 2050 were simulated using the output of the general circulation model HADGEM2-AO under four scenarios RCP2.6, RCP4.5, RCP6, RCP8.5 and the bio-climatological zones of the sand flies were re-created using the Boolean algebra function in GIS, based on simulated climatic factors.

Results: The results showed that in the climatic conditions of the base period, about 0.64 of the Iran's area includes the central and southern and southwestern parts of Iran, has the climatic conditions of sandflies. While in the simulated climate of 2050 under RCP2.6, RCP4.5, RCP6, and RCP8.5 scenarios, it will be favorable for living of this vector about 0.63, 0.68, 0.61 and 0.67 of Iran's area, respectively.

Conclusion: Spatial variations of bio-climatological zones of Phlebotomus sandflies in RCP6 scenario had the highest reduction compared to the current climate and the highest increase was observed in RCP4.5.

Keywords: Climate change, Bio-climatological zones, Phlebotomus sand-fly, Iran

***Corresponding Author:**
Email: yarahmadi.d@lu.ac.ir
Tel: 0098 916 165 4281
Fax: 0098 663 312 0003

Conflict of Interests: ***No***

Feyz, Journal of Kashan University of Medical Sciences, June, 2019; Vol. 23, No 2, Pages 158-167

Please cite this article as: Zareichaghabaleki Z, Yarahmadi D, Karampour M, Shamsipour AA. Title: Spatial dynamics of Phlebotomus sand-fly ecological condition in response to climate change. ***Feyz*** 2019; 23(2): 158-67.

[Downloaded from feyz.kaums.ac.ir on 2026-11-11]

دینامیک فضایی پهنه‌های زیستی فلبوتوموس‌های ناقل بیماری لیشمانیازیس جلدی در شرایط تغییر اقلیم

زهرا زارعی چقابلکی [۱]، داریوش یاراحمدی [۲*]، مصطفی کرمپور [۳]، علی‌اکبر شمسی‌پور [۴]

خلاصه:

سابقه و هدف: تغییر الگوهای اقلیمی مناطق مختلف، تغییرات عمده‌ای در توزیع جغرافیایی بروز بیماری‌های عفونی ایجاد می‌کند. هدف اساسی این تحقیق، بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر پهنه‌های بیوکلیمایی مساعد زیست پشه خاکی ناقل بیماری لیشمانیازیس جلدی در ایران می‌باشد.

مواد و روش‌ها: داده‌های مربوط به عوامل اقلیمی تأثیرگذار در بیولوژی پشه خاکی به صورت میانگین در دوره ۲۰۱۶-۱۹۸۶ اخذ شد. آستانه‌های اقلیمی زیست پشه خاکی مذکور براساس مطالعات آزمایشگاهی، و با استفاده از جبر بولین GIS، نواحی بیوکلیمایی مساعد زیست پشه خاکی در ایران در اقلیم دوره پایه (۲۰۱۶-۱۹۸۶) تهیه شد. شرایط اقلیمی سال ۲۰۵۰ با استفاده از خروجی مدل گردش عمومی جو HADGEM2-AO تحت ۴ سناریوی RCP2.6، RCP4.5، RCP6، RCP8.5 شبیه‌سازی، و پهنه‌های بیوکلیمایی زیست پشه خاکی با توجه به فاکتورهای اقلیمی شبیه‌سازی‌شده مجدداً با استفاده از تابع جبر بولین در GIS تولید شد.

نتایج: نتایج نشان داد در شرایط اقلیمی دوره پایه حدود ۰/۶۴ از مساحت کشور که شامل نواحی مرکزی و جنوبی و جنوب‌غرب کشور می‌شود، شرایط اقلیمی زیست پشه خاکی وجود دارد. در حالی‌که در اقلیم شبیه‌سازی‌شده سال ۲۰۵۰ تحت سناریوهای RCP2.6، RCP4.5، RCP6، RCP8.5، به‌ترتیب ۰/۶۳، ۰/۶۸، ۰/۶۱ و ۰/۶۷ از مساحت ایران مساعد زیست این ناقل خواهد بود.

نتیجه‌گیری: تغییرات فضایی پهنه‌های بیوکلیمایی زیست پشه خاکی فلبوتوموس در سناریوی RCP6، بیشترین کاهش را نسبت به اقلیم کنونی داشت و بیشترین افزایش نیز در سناریوی RCP4.5 مشاهده شد.

واژگان کلیدی: تغییر اقلیم، پهنه‌های بیوکلیمایی، پشه خاکی فلبوتوموس، ایران

دو ماه‌نامه علمی- پژوهشی فیض، دوره بیست و سوم، شماره ۲، خرداد-تیر ۹۸، صفحات ۱۶۷-۱۵۸

مقدمه

عناصر آب‌وهواشناختی و اکولوژیکی همواره یکی از عواملی هستند که می‌توانند محدودیت‌ها یا زمینه‌هایی را برای بروز بیماری‌های حساس به اقلیم Climate Sensitive Disease (به‌ویژه بیماری‌های عفونی و گرمسیری که دارای مخزن و ناقل واسط می‌باشند)، ایجاد کنند. در میان بیماری‌های تک‌یاخته‌ای، طیف وسیعی از بیماری‌ها از جمله: مالاریا، لیشمانیازیس و ... به جهت وجود ناقلین و مخازن متعدد در سیکل انتقال خود، در برابر اقلیم و به تبع آن، تغییر اقلیم حساس می‌باشند.

۱. دانشجوی دکترای اقلیم‌شناسی، گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران

۲. دانشیار، گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران

۳. استادیار، گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران

۴. دانشیار، گروه جغرافیا، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران

*** نشانی نویسنده مسؤول:**

لرستان، دانشگاه لرستان، دانشکده جغرافیا، گروه جغرافیا

تلفن: ۰۹۱۶۱۶۵۴۲۸۱ **دورنویس:** ۰۶۶۳۳۱۲۰۰۰۳

پست الکترونیک: yarahmadi.d@lu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۴/۱۹ **تاریخ پذیرش نهایی:** ۱۳۹۷/۱۲/۸

بسیاری از بیماری‌های انگلی، دارای پتانسیل بالایی جهت آسیب‌پذیری در برابر شرایط آب و هوایی جدید هستند، که این امر به‌دلیل وجود چرخه زندگی آزاد و میزبانان متعدد جانوری است که به‌طور مستقیم در معرض این شرایط آب و هوایی قرار دارند. در این بیماری‌ها، تغییر اقلیم می‌تواند شرایط اکولوژیک زیست ناقلین و مخازن را تغییر داده، مرزهای جغرافیایی را برای اجزای اکوسیستم زیست ناقل و مخزن بیماری تغییر دهد و حتی شرایط را به سمت تکامل انگل‌ها و ناقل‌های جهش یافته و مقاوم جلو ببرد و یا در شرایط عکس ممکن است موجب نابودی و تضعیف برخی ناقلین، مخازن و یا انگل‌ها شود [۱]. در واقع انتقال و توزیع زمانی-مکانی بسیاری از بیماری‌های منتقل‌شده توسط پشه‌ها از قبیل: مالاریا، تب دنگی و تب زرد، همچنین منتقل‌شده توسط پشه خاکی مانند: لیشمانیوزها و یا منتقل‌شده از طریق کنه‌ها از جمله: بیماری لایم و آنسفالیت کنه‌ای، به احتمال زیاد به دلیل تغییرات اقلیم تغییر خواهند کرد [۳،۲]. لیشمانیازیس جلدی نوعی بیماری انگلی بومی می‌باشد که در ۹۸ کشور از جهان شایع است. این بیماری توسط گونه‌های مختلفی از ناقلین ایجاد می‌شود [۴]. بیماری سالک جلدی دارای سه مؤلفه اساسی به نام انگل- مخزن- ناقل parasite-reservoir-vector است که شرایط آب‌وهواشناسی رخداد

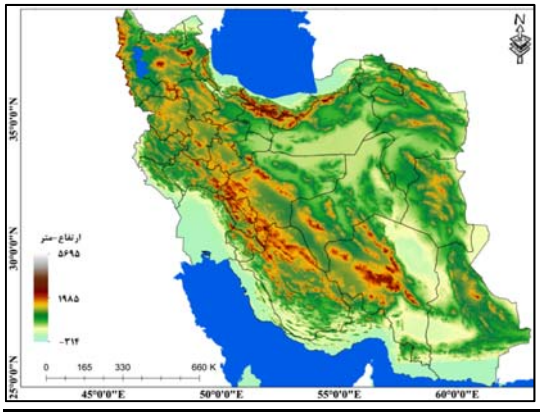
[Downloaded from feyz.kaums.ac.ir on 2026-11-11]

بیماری را در هر منطقه از طریق تأثیرگذاری بر این مؤلفه‌ها، کنترل می‌کند. انگل این بیماری از طریق پشه خاکی فلبوتوموس Phlebotomus که قبلاً از خون یک مخزن آلوده به انگل لیشمانیا خون‌خواری blood Meal کرده است، به انسان انتقال می‌یابد [۵]. تغییرات زمانی- مکانی جمعیت پشه خاکی ناقل انگل لیشمانیوز ارتباط نزدیک و مستقیم‌تری با شرایط آب‌وهوایی دارد. این عوامل از طریق فراهم‌سازی یا محدودسازی محل‌های تخم‌گذاری، کنترل میزان مرگ پشه خاکی‌ها، نسبت تبدیل تخم‌ها به پشه خاکی‌های بالغ، افزایش تعداد دفعات خون‌خواری و تخم‌گذاری، جمعیت این ناقل را تنظیم می‌نمایند [۶]. تغییرات آب‌وهوایی ناشی از گرمایش جهانی Global Worming می‌تواند توزیع جغرافیایی ناقلین این بیماری یعنی پشه خاکی فلبوتوموس را تغییر دهد و حتی توزیع جغرافیایی مخازن این بیماری از جمله: جوندگان و سگ‌ها را نیز تا حدّ کمتری کنترل کند. نتیجه نهایی دگرگونی در فضاهای زیستی ناقل و مخزن این بیماری، تغییر در الگوهای زمانی- مکانی انتقال بیماری را در پی دارد. پهنه‌بندی بیوکلیمایی در واقع نوعی ارزیابی مکانی از قابلیت زیست یک گونه خاصّ زیستی (اعم از: گیاهی یا جانوری) با توجه به شرایط آب و هوایی است. برای مثال شرایط دمایی و بارشی محیط می‌تواند امکان زیست یک ناقل خاص را در یک منطقه فراهم آورد یا این‌که برای زیست آن محدودیت ایجاد کند و آن، گونه را از بین ببرد. نظر به اهمیت تأثیرگذاری تغییرات آب‌وهوایی در بروز بیماری‌های حساس به اقلیم و به‌ویژه سالک جلدی، مطالعات متعددی در این زمینه در نواحی مختلف انجام گرفته است. Singer و همکاران [۷] شیوع بیماری سالک جلدی را در اسرائیل مطالعه کردند و نشان دادند گرمایش جهانی موجب گسترش بیشتر این بیماری شده است. Morillas-Márquez و همکاران [۸] تغییرات اقلیمی و بیماری‌های عفونی (سالک و تغییرات آن) را در اسپانیا مطالعه کردند و به این نتیجه رسیدند که با توجه به رابطه قوی عناصر اقلیمی با بیماری‌های عفونی، تغییرات اقلیمی (گرمایش جهانی) می‌تواند نقش بسیار مؤثری در توسعه این بیماری‌ها داشته باشد. González و همکاران [۹] تغییرات آب‌وهوا و خطر لیشمانیوز را در شمال امریکا مطالعه کرده، به پیش‌بینی آن با استفاده از مدل اکولوژیکی نیچ Ecological niche model پرداختند. این مدل پیش‌بینی می‌کند که تغییرات آب‌وهوا، خطر زیست‌محیطی مبتلا شدن انسان به سالک را در تگزاس ایالات متحده و احتمالاً بخش‌هایی از جنوب کانادا را افزایش می‌دهد. Toumi و همکاران [۱۰] تغییرات زمانی و تأثیرات عوامل آب‌وهوایی در بروز لیشمانیوز جلدی در تونس مرکزی را مطالعه کردند و نشان دادند افزایش بارش منجر به ایجاد باتلاق و رشد نوعی گیاه می‌شود که محلّ زیست پشه انتقال‌دهنده سالک است؛ بنابراین نتیجه‌گیری می‌شود که عوامل آب‌وهوایی نقش مؤثری در گسترش بیماری سالک جلدی دارد. Salomón و همکاران [۱۱]، سالک و تغییر اقلیم را در آرژانتین مطالعه کرده‌اند. نتایج تحقیق ایشان نشان داد تغییر در روند انتقال متأثر از تغییر اقلیم یا افزایش فراوانی و یا تغییر شدت پایداری اقلیمی به‌صورت متوالی می‌تواند میزان تحمل‌پذیری انسان نسبت به بیماری را تحت تأثیر قرار دهد. اما در این زمینه در داخل کشور تحقیقی انجام نگرفته است. بنابراین هدف اساسی این تحقیق، بررسی تغییرات پهنه‌های بیوکلیمایی مساعد زیست پشه خاکی ناقل بیماری لیشمانیازیس در ایران در شرایط اقلیم کنونی و در شرایط اقلیم آینده (سال ۲۰۵۰) تحت ۴ سناریوی تغییر اقلیم گزارش پنجم هیأت بین‌المللی تغییر اقلیم Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) می‌باشد.

مواد و روش‌ها

موقعیت منطقه

این تحقیق در مقیاس کلّ کشور انجام گرفت. توزیع جغرافیایی توپوگرافی ایران بر اساس تصویر ۳۰ متر سنجنده ASTER در شکل شماره ۱ ارائه شده است. توزیع جغرافیایی ارتفاعات دو رشته کوه اصلی البرز و زاگرس در مدل ارتفاع رقومی زمین کاملاً مشهود است. توزیع فضایی توپوگرافی در ایران تنوع بسیار وسیعی از اقلیم و شرایط اکولوژیکی گیاهی و جانوری را فراهم آورده است. دامنه ارتفاعی در پهنه ایران بین ۳۱۴- متر تا ۵۶۹۵ متر می‌باشد. این اختلاف ارتفاع تأثیر خود را در اقلیم، پوشش گیاهی، زیستگاه‌های انسانی و ... نشان داده است.



شکل شماره ۱- مدل ارتفاع رقومی زمین ایران (منبع: تهیه‌شده از تصویر DEM سنجنده ASTER)

[Downloaded from feyz.kaums.ac.ir on 2026-11-11]

داده‌ها

داده‌های مورد استفاده در این تحقیق همان‌طور که در جدول شماره ۱ اشاره شده است، عبارتند از: عناصر اقلیمی تأثیرگذار در فرآیندهای بیولوژیکی پشه خاکی ناقل بیماری لیشمانیازیس جلدی که شامل داده‌های میانگین دما، رطوبت نسبی، دمای سطح خاک و رطوبت عمق ۰ تا ۱۰ سانتی‌متری خاک در مقیاس سالانه می‌باشد. داده‌های مورد استفاده به صورت لایه‌های GIS مبتنی بر میانگین ۳۰ ساله (۲۰۱۶-۱۹۸۶) با دقت فضایی ۰/۱۲۵ درجه قوسی فراهم شد.

جدول شماره ۱- داده‌های مورد استفاده در تحقیق

نوع داده	محصول	دوره	فرمت	رزولوشن فضایی	منبع
میانگین دمای هوا	ECMWF	۱۹۸۶-۲۰۱۶	.NC	۰/۱۲۵ درجه قوسی	http://www.ecmwf.int/
رطوبت نسبی هوا	ECMWF	۱۹۸۶-۲۰۱۶	.NC	۰/۱۲۵ درجه قوسی	http://www.ecmwf.int/
رطوبت عمق ۰ تا ۱۰ سانتی‌متری خاک	NOAA	۱۹۸۶-۲۰۱۶	.NC	۰/۵ درجه قوسی	www.esrl.noaa.gov
دمای خاک	MOD13A3	۱۹۸۶-۲۰۱۶	.HDF	۰/۰۵ درجه قوسی	MODIS Website
داده‌های تغییر اقلیم در سناریوهای چهارگانه	HADGEM2-AO	۲۰۱۸-۲۰۵۰	.NC	۱ درجه ریز مقیاس شده	https://gisclimatechange.ucar.edu

از آن‌جا که لیشمانیازیس جلدی یک بیماری عفونی وابسته به عوامل محیطی بوده و انتقال آن توسط پشه فلبوتوموس انجام می‌گیرد، بنابراین عوامل اقلیمی بر فعالیت پشه فلبوتوموس تأثیرگذار است. عوامل اقلیمی دمای ماهانه، رطوبت نسبی، رطوبت عمق ۱۰-۰ سانتی‌متری خاک و دمای سطح خاک تعیین‌کننده طول دوره فعالیت، رشد و تکثیر پشه فلبوتوموس بوده، در نهایت کنترل کننده شیوع و گسترش جغرافیایی پشه فلبوتوموس و بیماری لیشمانیازیس جلدی می‌باشند. بر اساس تحقیقات ELnaiem و همکاران [۱۲]، Salomon و همکـاران [۱۳]، Bounoua و همکاران [۱۴]، Singh و همکاران [۱۵] و Halimi و همکاران [۱۶] می‌توان محدوده‌های عوامل اقلیمی را به‌صورت جدول شماره ۲ برای فعالیت زیستی پشه خاکی فلبوتوموس نشان داد. همان‌طور که اشاره شد، هدف اصلی تحقیق بررسی تغییرات پهنه‌های بیوکلیمایی مساعد زیست پشه خاکی فلبوتوموس در شرایط تغییرات اقلیمی در ایران است. در این راستا ابتدا داده‌های مربوط به ۴ فاکتور اقلیمی میانگین دمای سالانه، میانگین رطوبت نسبی سالانه، میانگین رطوبت عمق ۱۰-۰ سانتی‌متری خاک و میانگین دمای سطح خاک برای دوره آماری ۲۰۱۶-۱۹۸۶ (۳۰ ساله که مبنای تحلیل تغییر اقلیم می‌باشد)، اخذ شد. ابتدا با توجه به آستانه‌های بیوکلیمایی زیست پشه فلبوتوموس در شرایط اقلیم کنونی در محیط GIS از تابع جبر بولین مناطق مساعد زیست پشه، شناسایی شد. در نهایت با استفاده از سناریوهای گزارش پنجم هیأت بین‌المللی تغییر اقلیم، یعنی (RCP2.6، RCP4.5، RCP6،RCP8.5) نقشه مناطق مستعد زیست پشه فبلوتوموس برای اقلیم آینده (۲۰۵۰-۲۰۱۸) با استفاده از تابع جبر بولین در GIS تولید شد.

جدول شماره ۲- آستانه‌های عوامل اقلیمی مؤثر بر فعالیت پشه فلبوتوموس ناقل لیشمانیازیس جلدی (ELnaiem و همکاران [۱۲]، Salomon و همکاران [۱۳]، Bounoua و همکاران [۱۴]، Singh و همکاران [۱۵] و Halimi و همکاران [۱۶])

متغیرهای بیوکلیمایی	آستانه بهینه زیست پشه فلبوتوموس
دما	۳۰-۱۷
رطوبت نسبی	۷۰-۳۱
رطوبت عمق ۰ تا ۱۰سانتی‌متری خاک	۸۰-۵۰
دمای سطح خاک	۴۰-۲۰

در جدول شماره ۳ میزان انتشار مهم‌ترین گازهای گلخانه‌ای مؤثر بر وقوع تغییر اقلیم ارائه شده است که نشان می‌دهد بیشترین میزان انتشار این گازها در سناریوی RCP8.5 است.

[Downloaded from feyz.kaums.ac.ir on 2026-11-11]

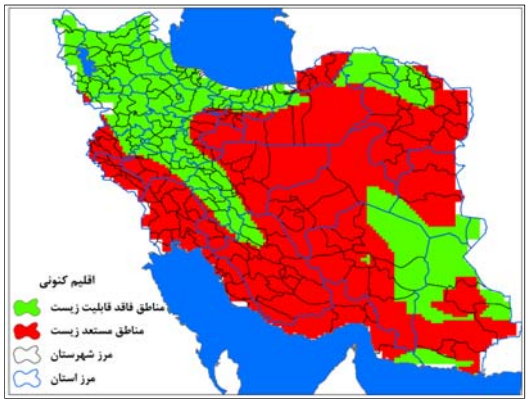
جدول شماره ۳- سناریوی تغییر اقلیم مورد استفاده در این تحقیق برای شبیه‌سازی شرایط بیوکلیمایی زیست پشه فلبوتوموس ناقل لیشمانیازیس جلدی سال ۲۰۵۰

سناریو	واداشت تابشی	بالانس کربن برحسب PPM	آنومالی دما به سانتی‌گراد	روند	سری‌های معادل
RCP8.5	۸/۵ وات بر متر مربع در سال ۲۱۰۰	۱۳۷۰	۴/۹	افزایشی	سناریوی A1F1
RCP6.0	۶ وات بر متر مربع بعد از سال ۲۱۰۰	۸۵۰	۳	روند ثابت بدون جهش	سناریوی B2
RCP4.5	۴/۵ وات بر متر مربع بعد از سال ۲۱۰۰	۶۵۰	۲/۴	روند ثابت بدون جهش	سناریوی B1
RCP2.6	۳ وات بر متر مربع تا قبل از سال ۲۰۵۰ و ۲/۶ وات بر مترمربع تا سال ۲۱۰۰	۴۹۰	۱/۵	ابتدا افزایشی سپس کاهشی	-

در این تحقیق مقادیر شبیه‌سازی‌شده متغیرهای بیوکلیمایی منطقه تحت ۴ سناریوی مذکور برای سال ۲۰۵۰، شبیه‌سازی شده، خروجی مدل تغییر اقلیم گردش عمومی جو HADGEM2-AO تحت سناریوهای مذکور استفاده شد. در این تحقیق برای شناسایی پهنه‌های بیوکلیمایی بهینه زیست پشه خاکی فلبوتوموس از توابع جبر بولین در نرم‌افزار GIS استفاده شد. توابع تلفیق لایه‌های اطلاعاتی در منطق بولین، بر پایه چهار اصل منطقی استوار است و نتایج به صورت یک نقشه بولین جدید ارائه می‌شود [۱۷]. مدل بولین، یک پرس‌وجوی چند شرطی است که روابط را براساس برقرار بودن یا نبودن شرایط اقلیمی مساعد زیست پشه خاکی فلبوتوموس منطقه مورد نظر تفکیک می‌کند. مدل بولین مناسبت مکانی را بر اساس عملکردهای شرطی به صورت صفر (عدم برقراری شرایط مساعد زیست اقلیمی) یا یک (برقرای شرایط مساعد زیست پشه خاکی) نمایش می‌دهد [۱۸]. در این روش، به‌وسیله توابع جبری AND و OR، لایه‌های اطلاعات اقلیمی در نرم‌افزار GIS با هم ترکیب و مناطق مساعد و نامساعد از هم تفکیک خواهد شد. در این تحقیق با استفاده از عملگر AND لایه‌های بیوکلیمایی مورد استفاده ترکیب شده و پهنه‌های مساعد (۱) و نامساعد (صفر) زیست پشه خاکی‌ها شناسایی شد.

نتایج

در شکل شماره ۲ پهنه‌های بیوکلیمایی زیست پشه خاکی فلبوتوموس ناقل لیشمانیازیس جلدی در شرایط اقلیم کنونی ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، براساس جبر بولین در GIS کشور به دو پهنه با شرایط مساعد بیوکلیمایی برای زیست پشه خاکی فلبوتوموس و فاقد شرایط بیوکلیمایی برای زیست پشه خاکی فلبوتوموس تقسیم شده است. همان‌طور که در نقشه شکل شماره ۲ مشاهده می‌شود، بخش وسیعی از کشور که شامل: استان‌های گرگان، سمنان، خراسان جنوبی، خراسان رضوی، جنوب تهران، قم، شرق اصفهان، یزد، شرق و شمال شرق استان مرکزی، خوزستان، بوشهر، ایلام، غرب کرمانشاه، غرب لرستان، شیراز، یاسوج، بندرعباس، کرمان (به‌جز شرق)، جنوب سیستان و بلوچستان (به‌جز چابهار) می‌باشد، در پهنه بیوکلیمایی قابل زیست برای پشه خاکی فلبوتوموس قرار گرفته است.

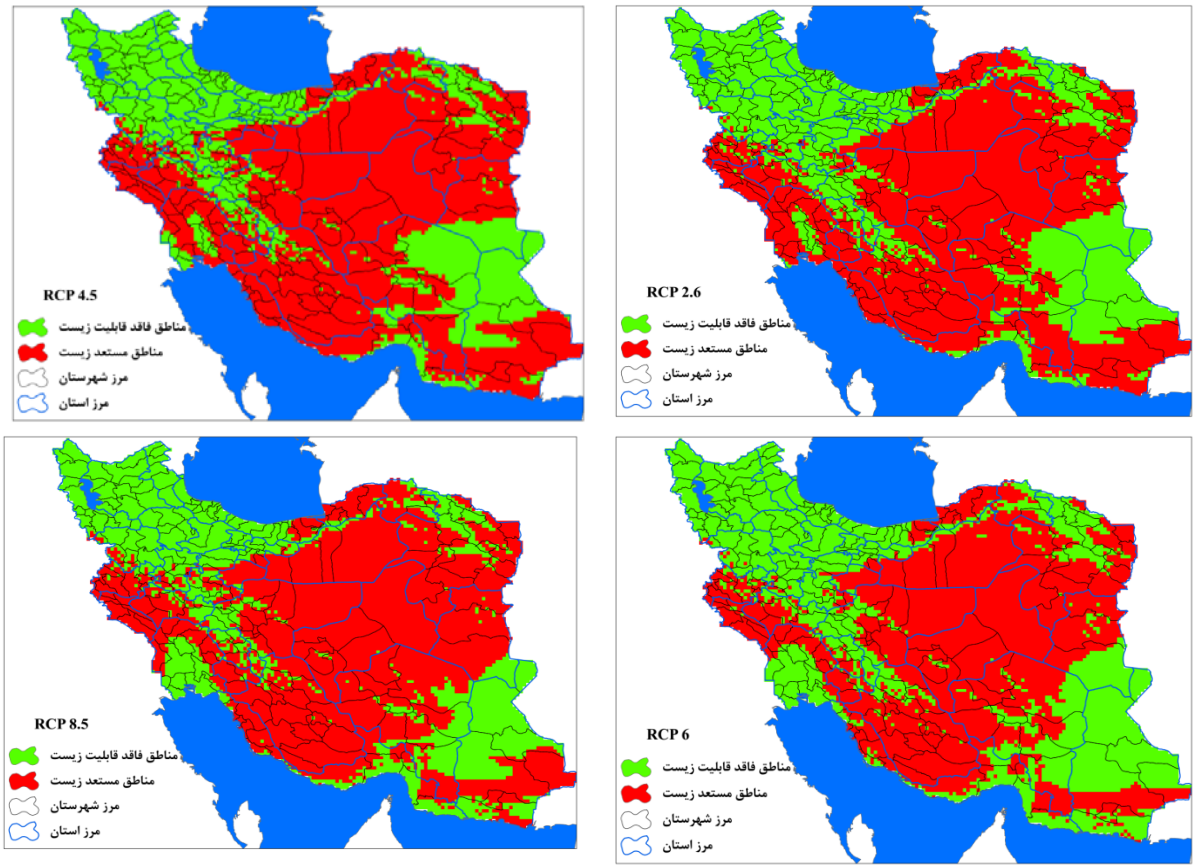


شکل شماره ۲- نقشه پهنه‌های بیوکلیمایی زیست پشه خاکی فلبوتوموس ناقل لیشمانیازیس جلدی در شرایط اقلیم کنونی (شرایط اقلیمی میانگین ۲۰۱۶-۱۹۸۶)

در نقشه شکل شماره ۳ پهنه‌های بیوکلیمایی زیست پشه خاکی فلبوتوموس ناقل لیشمانیازیس جلدی در شرایط اقلیم سال ۲۰۵۰ تحت ۴ سناریوی تغییر اقلیم ارائه شده است. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود پهنه‌های بیوکلیمایی مساعد زیست و فعالیت پشه خاکی فلبوتوموس در سناریوی RCP2.6 شامل استان‌های گرگان، سمنان، شرق مازندران، شمال خراسان جنوبی، خراسان رضوی (به‌جز شمال)، شمال و جنوب خراسان شمالی، شرق قم، شرق اصفهان، یزد، شرق و شمال شرق استان مرکزی، خوزستان (به‌جز مناطق مرکزی)، بوشهر، ایلام، غرب کرمانشاه، غرب لرستان، شیراز (به‌جز محدوده کوچکی در شمال)، غرب شهرکرد، یاسوج، غرب بندرعباس، نیمه شرقی کرمان، جنوب سیستان و بلوچستان می‌باشد. در حالی‌که در سناریوی RCP4.5 استان‌های گرگان، سمنان، شرق مازندران، شمال خراسان جنوبی، خراسان-رضوی (به‌جز بخش کوچکی در شمال)، غرب خراسان شمالی،

[Downloaded from feyz.kaums.ac.ir on 2026-11-11]

قم، شرق اصفهان، یزد، خوزستان (به‌جز بخش کوچکی در مرکز و غرب)، بوشهر، ایلام، کرمانشاه، غرب لرستان، شیراز (به‌جز محدوده کوچکی در شمال)، جنوب غرب شهرکرد، جنوب تهران، یاسوج، غرب بندرعباس، نیمه شرقی کرمان (به‌جز بخش شمال شرقی)، جنوب سیستان‌وبلوچستان در پهنه بیوکلیمایی مساعد زیست پشه خاکی فلبوتوموس قرار گرفته‌اند. براساس نقشه ارائه شده، سناریوی RCP6 استان‌های گرگان، سمنان، شرق مازندران، شمال خراسان جنوبی، خراسان رضوی (به‌جز بخش کوچکی در شمال)، جنوب و شمال غرب خراسان شمالی، قم، شرق اصفهان، یزد، شمال و شمال شرق خوزستان، بوشهر (به‌جز محدوده کوچکی در شمال)، ایلام، کرمانشاه، جنوب غرب لرستان، شیراز (به‌جز محدوده کوچکی در شمال)، شهرکرد، جنوب تهران، یاسوج، غرب بندرعباس، نیمه غربی کرمان، بخش کوچکی در جنوب سیستان و بلوچستان از نظر بیوکلیمایی دارای شرایط مساعد زیست پشه خاکی فلبوتوموس می‌باشد. و سناریوی RCP8.5 استان‌های گرگان، سمنان، شرق مازندران، خراسان جنوبی (به‌جز بخش کوچکی در جنوب)، خراسان رضوی (به جز شمال)، خراسان‌شمالی (به‌جز شرق)، قم، شرق اصفهان، یزد، خوزستان (به‌جز مرکز و بخشی از جنوب)، بوشهر، ایلام، کرمانشاه، غرب لرستان، شیراز، غرب شهرکرد، جنوب تهران، یاسوج، غرب بندرعباس، شمال غربی کرمان، بخش کوچکی در جنوب سیستان و بلوچستان شرایط زیست پشه خاکی فلبوتوموس از نظر بیوکلیمایی فراهم است.



شکل شماره ۳- نقشه پهنه‌های بیوکلیمایی زیست پشه خاکی فلبوتوموس ناقل لیشمانیازیس جلدی در شرایط اقلیم سال ۲۰۵۰ تحت ۴ سناریوی تغییر اقلیم

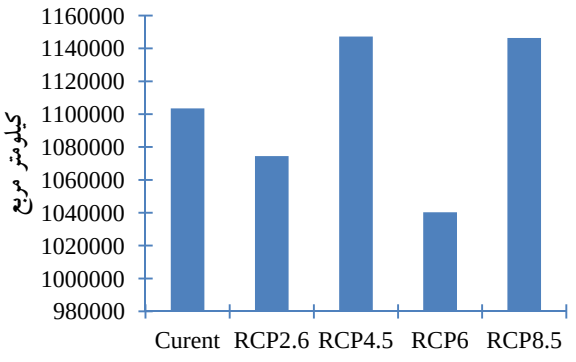
در جدول شماره ۴ و نمودار شکل شماره ۴ الف و ب، مساحت پهنه‌های بیوکلیمایی زیست پشه خاکی فلبوتوموس در اقلیم کنونی و سال ۲۰۵۰ تحت ۴ سناریوی تغییر اقلیم ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود در شرایط اقلیم کنونی مساحت پهنه بیوکلیمایی زیست پشه خاکی فلبوتوموس ۱۱۰۳۵۴۶ کیلومتر مربع بوده است که برابر ۶۴ درصد از کلّ پهنه مساحت ایران می‌باشد. درحالی‌که شرایط اقلیمی شبیه‌سازی شده تحت سناریوی RCP2.6 در سال ۲۰۵۰ مساحت پهنه بیوکلیمایی زیست پشه خاکی فلبوتوموس ۱۰۷۴۴۸۷ کیلومتر مربع می‌باشد که برابر ۶۳ درصد از کلّ مساحت پهنه ایران می‌باشد. بنابراین در این سناریو پهنه‌های مساعد زیست پشه خاکی فلبوتوموس تقریباً ۲۹۰۵۹ کیلومتر مربع کاهش پیدا کرده است.

[Downloaded from feyz.kaums.ac.ir on 2026-11-11]

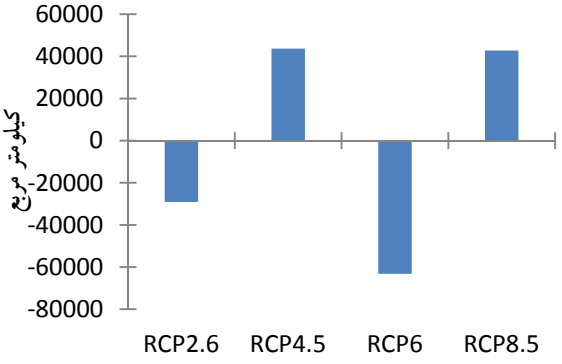
جدول شماره ۴- پهنه‌های بیوکلیمایی زیست پشه خاکی فلبوتوموس ناقل لیشمانیازیس جلدی در اقلیم کنونی و سال ۲۰۵۰ تحت ۴ سناریوی تغییر اقلیم

سناریوها	پهنه‌های مستعد زیست کیلومتر مربع	میزان تغییرات پهنه‌های مستعد نسبت به اقلیم کنونی کیلومتر مربع
اقلیم کنونی	۱۱۰۳۵۴۶	
RCP2.6	۱۰۷۴۴۸۷	-۲۹۰۵۹
RCP4.5	۱۱۴۷۲۲۵	۴۳۶۷۸/۷
RCP6	۱۰۴۰۳۴۳	-۶۳۲۰۲/۸
RCP8.5	۱۱۴۶۳۲۲	۴۲۷۷۵/۶۶

تحت سناریوی RCP4.5 مساحت پهنه بیوکلیمایی زیست پشه-خاکی‌ها ۱۱۴۷۲۲۵ کیلومتر مربع بوده که برابر با ۶۷ درصد از کلّ مساحت پهنه ایران می‌باشد. بنابراین در این سناریو پهنه‌های مساعد زیست پشه خاکی فلبوتوموس تقریباً ۴۳۶۷۸ کیلومتر مربع نسبت به اقلیم کنونی افزایش یافته است. تحت سناریوی RCP6 پهنه مساحت بیوکلیمایی مساعد زیست ۱۰۴۰۳۴۳ کیلومتر مربع بود و برابر با ۶۱ درصد از کلّ مساحت پهنه ایران می‌باشد که ۶۳۲۰۲ کیلومتر مربع نسبت به اقلیم کنونی کاهش یافته است و در سناریوی RCP8.5 مساحت پهنه بیوکلیمایی زیست پشه خاکی‌ها ۱۱۴۶۳۲۲ کیلومتر مربع بود که برابر با ۶۷ درصد از کلّ مساحت پهنه ایران می‌باشد. در مقایسه با اقلیم کنونی ۴۲۷۷۵ کیلومتر مربع افزایش را نشان می‌دهد. در شکل شماره ۳ (الف و ب) تغییرات فضایی پهنه‌های بیوکلیمایی زیست پشه خاکی فلبوتوموس در سال ۲۰۵۰ تحت ۴ سناریوی تغییر اقلیم نسبت به اقلیم کنونی ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود در سناریوی RCP6 نواحی مساعد زیست پشه خاکی فلبوتوموس بیشترین کاهش را نسبت به اقلیم کنونی داشته است که برابر با ۶۳۲۰۲ کیلومتر مربع بوده است و بیشترین افزایش را نیز در سناریوی RCP4.5 نسبت به اقلیم کنونی داشته است که برابر با ۴۳۶۷۸ کیلومتر مربع بوده است.



شکل شماره ۴ الف) مساحت پهنه‌های بیوکلیمایی زیست پشه خاکی فلبوتوموس ناقل لیشمانیازیس جلدی در اقلیم کنونی و سال ۲۰۵۰ تحت ۴ سناریوی تغییر اقلیم

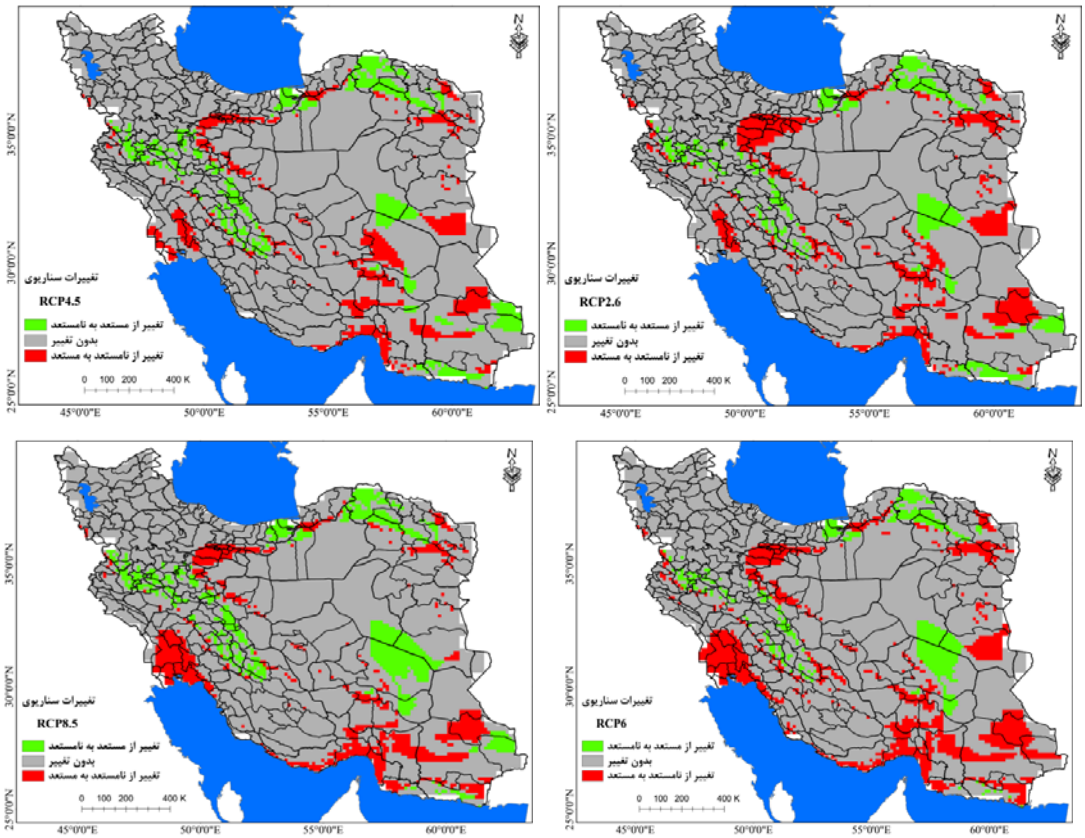


شکل شماره ۴ ب) تغییرات فضایی پهنه‌های بیوکلیمایی زیست پشه خاکی فلبوتوموس ناقل لیشمانیازیس جلدی در سال ۲۰۵۰ تحت ۴ سناریوی تغییر اقلیم نسبت به اقلیم کنونی

در شکل شماره ۵ جابه‌جایی‌ها یا دینامیک فضایی پهنه بیوکلیمایی قابل زیست پشه خاکی فلبوتوموس ناقل لیشمانیازیس جلدی در سال ۲۰۵۰ نسبت به اقلیم کنونی ارائه شده است. بیشترین جابه-جایی‌های فضایی در نواحی قابل زیست ناقل بیماری لیشمانیازیس جلدی در سناریوهای ۴/۵ (بیشترین افزایش) و ۶ (بیشترین کاهش) مشاهده شده است. در اقلیم شبیه‌سازی شده سال ۲۰۵۰ تحت سناریوی RCP4.5 نیز تغییرات فضایی قابل توجهی در پهنه بیوکلیمایی مساعد زیست پشه خاکی‌ها نسبت به اقلیم کنونی مشاهده می‌شود؛ به گونه‌ای که در اقلیم کنونی در استان‌های غرب و مرکز خوزستان، جنوب بندرعباس، مرکز استان کرمان، مرکز استان سیستان‌وبلوچستان، جنوب خراسان جنوبی، مرکز خراسان-رضوی و بخش‌های کوچکی در جنوب تهران شرایط مساعد بیوکلیمایی زیست پشه خاکی فلبوتوموس فراهم نبود در حالی‌که در سناریوی RCP4.5 نواحی ذکر شده به مناطق بیوکلیمایی

[Downloaded from feyz.kaums.ac.ir on 2026-11-11]

مساعد برای زیست پشه خاکی فلبوتوموس اضافه شده‌اند. درحالی‌که نواحی دیگری از جمله: شرق استان کرمانشاه، شرق مازندران، چابهار، جنوب شرقی یزد، بخش‌هایی از شمال و مرکز خراسان شمالی، بخش کوچکی در شرق سیستان‌وبلوچستان و محدوده کوچکی از شمال شیراز که در اقلیم کنونی در پهنه با شرایط مساعد بیوکلیمایی برای زیست پشه خاکی فلبوتوموس قرار داشتند، در اقلیم شبیه‌سازی‌شده سال ۲۰۵۰ تحت سناریوی RCP4.5 به مناطق نامساعد برای زیست پشه خاکی فلوبوتوموس تبدیل شده‌اند. در اقلیم شبیه‌سازی‌شده سال ۲۰۵۰ تحت سناریوی RCP6 تغییرات فضایی‌ای در پهنه بیوکلیمایی مساعد زیست پشه خاکی نسبت به اقلیم کنونی مشاهده شد، به‌گونه‌ای که استان‌های خوزستان، بخش‌های کوچکی در جنوب تهران و استان مرکزی، مرکز خراسان رضوی، بندرعباس، جنوب استان کرمان، مرکز و جنوب استان سیستان‌وبلوچستان و شمال خراسان جنوبی که در اقلیم کنونی، شرایط مساعد بیوکلیمایی برای زیست پشه خاکی فلبوتوموس را نداشته‌اند، به مناطق مساعد تبدیل شده‌اند. در حالی‌که در این سناریو نواحی دیگری از جمله: خراسان شمالی، جنوب شرقی یزد، شمال شرقی کرمان، شرق استان کرمانشاه، شرق مازندران و محدوده کوچکی از شمال شیراز که در اقلیم کنونی در پهنه با شرایط مساعد بیوکلیمایی برای زیست پشه خاکی فلبوتوموس قرار داشتند، به مناطق نامساعد بیوکلیمایی زیست پشه خاکی فلبوتوموس تبدیل شدند.



شکل شماره ۵- تغییرات فضایی پهنه بیوکلیمایی قابل زیست پشه خاکی فلبوتوموس ناقل لیشمانیازیس جلدی

بحث

گرم‌شدن کره زمین می‌تواند گسترش و شیوع عفونت‌های انگلی را افزایش دهد. بسیاری از نواحی مختلف جهان که مستعد بروز برخی بیماری‌های عفونی مانند: مالاریا و سالک نیستند، ممکن است در سناریوهای مختلف تغییرات اقلیمی در آینده به نواحی اندمیک بروز این بیماری‌ها تبدیل شوند و انتقال محلی بیماری در آن‌ها مشاهده شود و در حالت عکس نیز امکان بروز بیماری‌های مذکور در پی تغییرات آب‌وهوایی در بسیاری از نواحی مختلف به صورت طبیعی برطرف شود. شناخت تأثیر تغییرات اقلیمی بر شیوع بیماری‌ها به طور کلی نیاز به درک این موضوع دارد که چگونه تغییرات اقلیم باعث تغییر مکانیسم‌های مختلفی می‌شود که درنهایت در چرخه انتقال انگل‌ها تأثیر می‌گذارند. به طور کلی، تغییرات اقلیم به چهار روش مختلف می‌تواند بر انتقال بیماری تأثیر بگذارد: ۱- از طریق تأثیر مستقیم بر

[Downloaded from feyz.kaums.ac.ir on 2026-11-11]

نرخ رشد، مرگ‌ومیر و تکثیر انگل‌های آزادزی و انگل‌هایی که دارای میزبان واسط خونِ سرد می‌باشند. ۲- با تأثیر بر رشد، مرگ-ومیر و تولید مثل ناقلین و میزبان‌های واسط. ۳- القا و ایجاد تغییرات رفتاری در میزبان‌ها، ناقلین و یا انگل‌ها که منجر به تغییر الگوی تماس و ارتباط بین آن‌ها و در نتیجه تغییر میزان انتقال می-شود. ۴- از طریق تغییر حساسیت میزبان، به عنوان مثال، تغییرات در فیزیولوژی، استرس و یا ایمنی میزبان [۱۹،۲۰]. علی‌رغم اهمیت تغیرات آب‌وهوایی و تأثیر بارز آن در تحریک برخی ناقلین و توسعه فضایی بیماری‌های عفونی، اما در داخل کشور مطالعات قابل توجهی در این زمینه صورت نگرفته است. حلیمی و همکاران (۱۳۹۱) شرایط اقلیمی شیوع بیماری مالاریا در ایران را بررسی کرده، پهنه‌هایی را که پتانسیل اقلیمی شیوع بیماری و فعالیت ناقل بیماری (پشه آنوفل) در آن بالا بود، مشخص نمودند؛ اما تحقیق ایشان تنها اقلیم کنونی را در نظر گرفته و شرایط تغییر اقلیم را در آن منظور نکرده‌اند [۲۱]. بحث تأثیر تغییرات آب‌وهوایی بر دینامیک فضایی کلونی‌های زیستی ناقلین بیماری، پررنگ‌تر بوده است به‌طوری‌که Trajer و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند که در شرایط اقلیمی سال ۲۰۶۰، بخش وسیعی از جنوب اروپا شامل جنوب آلمان و انگلیس و کلّ فرانسه، مساعد زیست این پشه خاکی خواهد شد و دوره فعالیت آن نیز بین یک الی دو ماه در سال افزایش خواهد یافت [۲۲]. مطالعات محدودی در جهت شناسایی تأثیر تغییر انجام شد و در نهایت باید ذکر شود مهم‌ترین مزیت این تحقیق ارائه یک دید کلی‌نگر نسبت به توزیع فضایی پهنه‌های زیستی ناقل بیماری لیشمانیازیس جلدی تنها براساس شرایط اقلیم شناختی منطقه بوده است و تأثیر برخی فاکتورهای مداخله‌گر از قبیل: فعالیت‌های انسانی، برنامه کنترل ناقل و تغییرات پوشش کاربری اراضی، مدّ نظر قرار نگرفته است. بنابراین با مقادیر زیادی عدم قطعیت همراه خواهد بود. از مواردی که می‌تواند به شدت، میزان عدم قطعیت پهنه‌های ارائه شده را کاهش داده، نتایج را واقعی‌تر سازد، تهیه پایگاه داده‌های مکانی از توزیع فراوانی این ناقلین در نواحی مختلف کشور است که هر چه دقت زمانی و مکانی این پایگاه داده بیشتر باشد، نتایج حاصل از به‌روز رسانی این نقشه‌ها نیز به واقعیت نزدیک‌تر خواهد شد.

نتیجه‌گیری

امروزه مطالعه تأثیر تغییر اقلیم بر بروز بیماری‌های عفونی و گرمسیری از مهم‌ترین و کاربردی‌ترین مطالعاتی هستند که در زمینه پیشگیری و پیش هشداردهی بروز این بیماری‌ها در نواحی مختلف جهان انجام می‌گیرد. تغییر شرایط آب‌وهوایی در ایران نیز توزیع جغرافیایی بسیاری از بیماری‌های مرتبط با اقلیم را تحت تأثیر قرار می‌دهد. هدف اساسی این تحقیق بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر پهنه‌های بیوکلیمایی مساعد زیست پشه خاکی ناقل بیماری لیشمانیازیس در ایران می‌باشد. نتایج بیانگر آن بود که در شرایط اقلیمی دوره پایه (اقلیم کنونی) در حدود ۰/۶۴ از مساحت کشور که شامل نواحی مرکزی و جنوبی و جنوب غرب کشور می‌شود، شرایط اقلیمی زیست پشه خاکی، وجود دارد. در حالی که در اقلیم شبیه‌سازی شده سال ۲۰۵۰ تحت سناریوهای RCP2.6، RCP4.5، RCP6، RCP8.5، به‌ترتیب ۰/۶۳، ۰/۶۸، ۰/۶۱ و ۰/۶۷ از مساحت ایران مساعد زیست این ناقل خواهد بود. بنابر نتایج این تحقیق مشخص شد که در شرایط اقلیمی شبیه‌سازی شده تحت سناریوی RCP6 پهنه بیوکلیمایی مساعد زیست پشه خاکی ناقل لیشمانیازیس جلدی در ایران حدود ۰/۰۳ (برابر ۶۳۲۰۲/۸ کیلومتر مربع) کاهش نشان می‌دهد، در حالی که در سناریوی RCP4.5 پهنه بیوکلیمایی مساعد زیست پشه حدود ۰/۰۴ (برابر ۴۳۶۷۸/۷ کیلومتر مربع) افزایش مساحت داشته است.

تشکر و قدردانی

در این مقاله از نظرات و راهنمایی‌های ارزشمند جناب آقای دکتر منصور حلیمی استفاده شد که بدین‌وسیله از نظرات ارزشمند ایشان تقدیر و تشکر می‌شود.

References:

[1] Barati M, Rajabi J, Azizi M. The Impact of Climate Change on Parasitic Diseases. ***Paramed Sci Military Health*** 2017;12(2): 42-54. [in Persian]

[2] Poulin R. Global warming and temperature-mediated increases in cercarial emergence in trematode parasites. ***Parasitology*** 2006; 132(1): 143-51.

[3] Rose JB. Environmental ecology of Cryptosporidium and public health implications. ***Annual Review Public Health*** 1997; 18(1): 135-61.

[4] Shirzadi MR, Esfahania SB, Mohebalia M, Ershadia MR, Gharachorlo F, Razavia M, et al. Epidemiological status of leishmaniasis in the Islamic Republic of Iran, 1983-2012/Situation epidemiologique de la leishmaniose en Republique Islamique d'Iran, 1983-2012. ***Eastern Mediterranean Health J*** 2015; 21(10): 736.

[5] Yarahmadi D, Halimi M, Zarei Chaghabalki Z, Jems H. El Niño Southern Oscillation and Cutaneous Leishmaniasis Incidence in Iran. ***J Sch Public Health Institute Public Health Res*** 2017; 15(1): 61-72. [in Persian]

[6] Ready PD. Leishmania manipulates sandfly feeding to enhance its transmission. ***Trends***

[Downloaded from feyz.kaums.ac.ir on 2026-11-11]

Parasitol 2008; 24(4): 151-3.
[7] Singer SR, Abramson N, Shoob H, Zaken O, Zentner G, Stein-Zamir C. Ecoepidemiology of cutaneous leishmaniasis outbreak, Israel. ***Emerging Infectious Dis*** 2008; 14(9): 1424.
[8] Morillas-Márquez F, Martín-Sánchez J, Díaz-Sáez V, Barón-López S, Morales-Yuste M, de Lima Franco FA, et al. Climate change and infectious diseases in Europe: leishmaniasis and its vectors in Spain. ***Lancet Infectious Dis*** 2010; 10(4): 216-7.
[9] González C, Wang O, Strutz SE, González-Salazar C, Sánchez-Cordero V, Sarkar S. Climate change and risk of leishmaniasis in North America: predictions from ecological niche models of vector and reservoir species. ***PLoS Negl Trop Dis*** 2010; 4(1): e585.
[10] Toumi A, Chlif S, Bettaieb J, Alaya NB, Boukthir A, Ahmadi ZE, et al. Temporal dynamics and impact of climate factors on the incidence of zoonotic cutaneous leishmaniasis in central Tunisia. ***PLoS Negl Trop Dis*** 2012; 6(5): e1633.
[11] Salomón OD, Quintana MG, Mastrángelo AV , Fernández MS. Leishmaniasis and climate change—case study: Argentina. ***J Tropical Med*** 2012; 2012.
[12] Elnaiem DE, Schorscher J, Bendall A, Obsomer V, Osman ME, Mekkawi AM, Connor SJ, Ashford RW, Thomson MC. Risk mapping of visceral leishmaniasis: the role of local variation in rainfall and altitude on the presence and incidence of kala-azar in eastern Sudan. ***Am J Tropical Med Hygiene*** 2003; 68(1): 10-7.
[13] Salomon O, Wilson M, Munstermann L, Travi B. Spatial and temporal patterns of phlebotomine sand flies (Diptera: Psychodidae) in a cutaneous leishmaniasis focus in northern Argentina. ***J Med Entomol*** 2004; 41(1): 33-9.
[14] Bounoua L, Kahime K, Houti L, Blakey T, Ebi KL, Zhang P, et al. Linking climate to incidence of zoonotic cutaneous leishmaniasis (L. major) in pre-Saharan North Africa. ***Int J Environ Res Public Health*** 2013; 10(8): 3172-91.
[15] Singh KV. Studies on the role of climatological factors in the distribution of phlebotomine sandflies (Diptera :Psychodidae) in semi-arid areas of Rajasthan, India. ***J Arid Environ***1999; 42(1): 43-8.
[16] Halimi M, Cheghabaleki ZZ, Modrek MJ, Delavari M. Temporal Dynamics of Phlebotomine Sand Flies Population in Response to Ambient Temperature Variation, Bam, Kerman Province of Iran. ***Ann Glob Health***2016; 82(5): 824-31.
[17] Moradi M, Ghonchepour D, Vavparfard H, Khourani A. Determining the Suitable Areas for Groundwater Artificial Recharge Using Boolean and Fuzzy Models (Case Study: Sefiddasht Aquifer). ***Desert Ecosystem Engin J*** 2013; 2(2): 8.
[18] Olazade Anvar, 2005, of Process Evalvation Physical Development and Determination of Optimal Directions for Future Development in Saqez Using GIS, MS Thesis, the Guidance of Gholamali Mozafari, Department of Geography, Yazd University. [in Persian]
[19] Dobson A, Molnár PK, Kutz S. Climate change and Arctic parasites. ***Trends Parasitol*** 2015; 31(5): 181-8.
[20] Gallana M, Ryser-Degiorgis MP, Wahli T, Segner H. Climate change and infectious diseases of wildlife: altered interactions between pathogens, vectors and hosts. ***Curr Zool*** 2013; 59(3): 427-37.
[21] Halimi M, Delavari M, Takhtardeshir A. Survey of climatic condition of Malaria disease outbreak in Iran using GIS. ***J Sch Public Health Institute Public Health Res*** 2013; 10(3): 41-52.
[22] Trájer AJ, Bede-Fazekas Á, Hufnagel L, Horváth L, Bobvos J, Páldy A. The effect of climate change on the potential distribution of the european phlebotomus species. ***Applied Ecol Environ Res*** 2013; 11(2): 189-208.

[Downloaded from feyz.kaums.ac.ir on 2026-11-11]