

همه گیرشناسی و تحلیل اکولوژیکی بیماری تب برفکی مبتنی بر تحلیل های مکانی (مطالعه موردی: کشور ایران)

سیامک علی پور^{۱*}، علی اصغر آل شیخ^۲

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد سیستم های اطلاعات مکانی - دانشکده مهندسی نقشه برداری - دانشگاه صنعتی خواجه

نصیرالدین طوسی

siamak.alipour@email.kntu.ac.ir

^۲ استاد دانشکده مهندسی نقشه برداری - دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

alesheikh@kntu.ac.ir

(تاریخ دریافت تیر ۱۳۹۹، تاریخ تصویب آذر ۱۳۹۹)

چکیده

بیماری تب برفکی یک بیماری ویروسی و مسری است که حیوانات زوج سم اهلی و وحشی را در معرض خطر قرار می دهد. با توجه به بومی بودن این بیماری در ایران، هدف اصلی این تحقیق بررسی روند زمانی، کشف خوشه های مکانی و مکانی-زمانی و تعیین تأثیر عوامل محیطی جهت درک بهتر همه گیرشناسی آن در کشور ایران می باشد. این مطالعه بر روی ۱۲۴۴۲ تعداد رخداد بیماری ثبت شده در سال های ۱۳۸۷-۱۳۹۶ در سطح شهرستان برای کل ایران انجام شد. ابتدا با تحلیل موران عمومی خودهمبستگی مکانی بیماری در منطقه مورد مطالعه مورد بررسی قرار گرفت و خوشه ای بودن توزیع مکانی این بیماری در منطقه مورد مطالعه مشخص گردید. برای کشف مناطق داغ و سرد از موران محلی و شاخص گیتس-اورد جی استار استفاده شد. سپس با کمک نقاط رخداد و زمان رخداد، خوشه های مکانی و مکانی-زمانی بیماری کشف شدند. در نهایت از همبستگی اسپیرمن و آنالیز رگرسیون خطی برای بررسی تأثیر پارامترهای محیطی استفاده شد. نتایج نشان داد که حداکثر بروز در فصل بهار (۴۴٪) و حداقل بروز در تابستان (۱۵٪) است. ماه های اردیبهشت، فروردین، خرداد و دی، با مجموع ۶۶۵۰ مورد، به ترتیب مستعدترین ماه های سال بودند. نتایج شاخص موران محلی و شاخص گیتس-اورد جی استار مشخص ساخت که کانون های این بیماری در ایران همچنان فعال بوده و قسمت هایی از استان های سمنان، تهران، مرکزی، فارس، لرستان، خراسان رضوی و آذربایجان شرقی نقاط داغ بیماری تب برفکی هستند. در اسکن مکانی تعداد ۸ خوشه شناسایی شد که موید نتایج موران و شاخص گیتس-اورد جی استار بودند. در اسکن مکانی-زمانی ۵ خوشه کشف شد که مطابق نتایج اسکن مکانی بود. آنالیز اسپیرمن نشان داد که همبستگی مثبتی بین موارد وقوع بیماری با پوشش گیاهی وجود دارد که از ابتدا تا انتهای سال کاهشی است و در فصل زمستان ارتباط منفی پیدا می کند. همچنین همبستگی مثبت و افزایشی با سرعت باد و بارش از ابتدا تا انتهای سال مشاهده شد. به علاوه همبستگی مثبت بین وقوع بیماری با ارتفاع و رابطه منفی با جهت شیب محاسبه شد. همچنین از آنالیز رگرسیون خطی برای ارزیابی نحوه تأثیرگذاری متغیرها استفاده شد که نتایج آن در تایید خروجی های همبستگی اسپیرمن بود. نتیجه این مطالعه نشان می دهد که بیشتر شهرهای مرزی و شهرهای با تراکم دام زیاد به عنوان آسیب پذیرترین شهرهای ایران شناسایی شدند که شامل مناطق کوهستانی با آب و هوای معتدل و دارای شرایط نامناسب اجتماعی-اقتصادی و دسترسی محدودتر به امکانات بهداشتی بودند.

واژگان کلیدی: بیماری تب برفکی، سامانه اطلاعات مکانی، شاخص موران، آماره اسکن مکانی-زمانی، همبستگی اسپیرمن

۱- مقدمه

با توجه به اهمیتی که مسئله همه گیرشناسی^۱ در بهداشت جوامع بشری دارد، در چند دهه ی اخیر، تلاش های میان رشته ای زیادی برای مطالعه بر روی فرایند انتشار بیماری ها صورت گرفته است. یکی از نیازهای اساسی در مدیریت سلامت، یافتن عوامل بیماریزا و نحوه انتشار آنها در محیط است [۱]. فرض پایه در علم همه گیرشناسی بدین صورت است که بیماری به صورت تصادفی توزیع نمی شود، بلکه هر موجود دارای یکسری ویژگی هایی است که او را مستعد به بیماری خاص و یا او را از مبتلا شدن به بیماری خاص حفظ می کند. این ویژگی ها می تواند به صورت ذاتی بوده و یا مرتبط با یک سری عوامل محیطی باشد [۲]. وجود عوامل طبیعی نظیر کوهستان ها و دریاها و وابستگی برخی از عوامل بیماری به شرایط محیطی و اقلیمی خاص، باعث محدود شدن برخی از بیماری ها به مناطق خاصی از کره زمین گردیده است، بنابراین جغرافیا و مکان در بررسی بیماری ها اهمیت خاصی پیدا می کنند [۳].

با ارائه سامانه ای که با استفاده از آن شیوع بیماری قابل پیش بینی باشد، می توان با اقدامات پیشگیرانه از آن جلوگیری نمود. سیستم اطلاعات مکانی^۲ (GIS) یک سیستم کامپیوتری برای مدیریت و تجزیه و تحلیل اطلاعات مکانی است که قابلیت جمع آوری، ذخیره و تحلیل و نمایش اطلاعات جغرافیایی را دارد. با توجه به گسترش روزافزون دانش و اطلاعات و سهولت در دسترسی به سخت افزارها و نرم افزارهای کامپیوتری، استفاده از سیستم های اطلاعات مکانی می تواند به عنوان ابزاری مناسب با قابلیت بالا با سرعت و سهولت در تصمیم گیری در خدمت سیستم بهداشتی قرار گیرد [۴]. از آنجایی که مسائل بهداشت عمومی و انتشار بیماری ها با جغرافیای منطقه رابطه مستقیم دارند و همواره دارای بعد مکانی هستند، سیستم اطلاعات مکانی می تواند نقش بسزایی در مدیریت و برنامه ریزی مسائل بهداشت عمومی و مطالعه انتشار بیماری ها داشته باشد [۵].

بیماری تب برفکی یا FMD^۳ یک بیماری ویروسی و مسری است که بر روی حیوانات زوج سم اهلی مانند گاو، گوسفند و گاومیش و حیوانات وحشی مانند گراز و گوزن تأثیر می گذارد و تابه حال حساسیت ۷۰ نوع گونه جانوری به ثبت رسیده است [۶] در این میان حساسیت گاو و خوک بیشتر از سایر حیوانات شناسایی شده است [۷]. عامل مولد بیماری تب برفکی، ویروس از خانواده پیکورناویریده^۴ از جنس آفتوویروس^۵ است که باعث ایجاد عفونت های طولانی مدت معمولاً در زبان، لب ها و پاها می شود که تشخیص آن می تواند بسیار مشکل باشد و همین عوامل کنترل بیماری را پیچیده می کند [۸]. این بیماری دارای ۷ نوع سروتیپ A، O، C، Asia1، SAT1^۶، SAT2 و SAT3 می باشد که از بین آنها معمولاً سروتیپ های A و O در همه کشورهایی که بیماری وجود دارد دیده می شود. نوع های SAT2 و SAT3 به آفریقا محدود می شود و Asia1 مخصوص قاره آسیا است. سروتیپ SAT1 اگرچه مربوط به آفریقا است اما گاهی وارد آسیا می شود. حال آنکه دوام چندانی در آسیا ندارد و بعد از مدتی خود به خود ریشه کن می شود [۹]. تب برفکی از جمله خطرناک ترین بیماری ها برای دام می باشد و هنگام شیوع بیماری، دام های حساس سریعاً مبتلا می شوند. میزان واگیری در گاوها حتی ممکن است صد درصد باشد؛ میزان مرگ و میر بالغین کمتر از ۵ درصد و در گاوها گاهی به ۳۰ درصد می رسد. در دام های جوان اغلب میزان مرگ و میر بیش از ۹۰ درصد است [۱۰]. همه ترشحات بدن دام آلوده می تواند دارای ویروس باشد. بیماری تب برفکی به آسانی از یک دام به دام دیگر منتقل می شود، زیرا مقدار ویروس در هوای بازدم و ذرات ریز تنفسی دام ها زیاد است [۱۱]. دفع ویروس از بدن دام آلوده می تواند ۴ روز قبل از ظهور علائم بالینی شروع و تا ۵ روز بعد از آن ادامه داشته باشد و میزان واگیری بیماری در روز بروز علائم بیشینه است [۱۲]. انسان ها نیز می توانند ویروس FMD را در دستگاه تنفسی و بزاق و مخاط خود به مدت ۲۴ تا ۴۸ ساعت حفظ کنند و عامل انتقال به دیگر حیوانات باشند [۱۲].

^۳ Foot-and-Mouth Disease^۴ Picornaviridae^۵ Aphtovirus^۶ South Africa Territory^۱ Epidemiology^۲ Geographic Information Systems

بیماری تب برفکی در ایران بومی^۱ است و تقریباً همیشه می‌توان نشانه‌هایی از آن را در دام‌ها مشاهده کرد. تیپ‌های A و O در ایران شایع هستند و گاهی نیز تیپ Asia1 دیده می‌شود. آلودگی با تیپ SAT1 در سال ۱۳۴۱ در ایران شایع شد اما طی دو سال از بین رفت [۱۳]. با وجود اطلاعات قابل توجه در مورد ویروس FMD و نحوه توزیع آن، این بیماری یک تهدید جدی برای بخش دام در سرتاسر جهان است [۱۴]. این امر لزوم بررسی شرایط فعلی برای شناسایی عوامل مؤثر بر گسترش بیماری را تضمین می‌کند. هر چند میزان کشندگی این بیماری پایین (۵ درصد) است، اما این بیماری به دلیل تأثیر سوء بر اقتصاد از طریق کاهش تولید و ایجاد منع تجارت جهانی برای صادرات دام زنده و محصولات دامی، از اهمیت بالایی برخوردار است [۱۴]. نخستین گام در کنترل تب برفکی در مناطق آلوده، واکسیناسیون جمعی دام‌های حساس با استفاده از سویه‌های در گردش هر منطقه است [۱۵]. دستورالعمل سازمان دامپزشکی کشور برای تب برفکی شامل اعمال اقدامات قرنطینه و بهداشتی، مراقبت بالینی و سرولوژی به منظور شناخت تغییرات بیماری و ماهیت سویه‌های در گردش و انجام واکسیناسیون جمعی دام‌ها حداقل هر ۴ ماه یک بار است. با توجه به موارد مذکور باید در نظر داشت که واکسیناسیون هزینه‌بر است و گاهی برای جلوگیری از بیماری مؤثر واقع نمی‌شود. تنها هزینه مربوط به بخش سوم از دستورالعمل، یعنی واکسیناسیون، در ده سال منتهی به سال ۱۳۸۹، به طور متوسط ۲۱۰ میلیارد ریال در سال برآورد شده است [۱۶]. این هزینه جدا از ضرر و زبانی است که به طور مستقیم به واسطه تلفات دام‌های جوان، کاهش تولید شیر، سقط در دام‌های آبستن، کاهش توان دام، کاهش کیفیت و کمیت گوشت، کاهش باروری و به طور غیر مستقیم به علت منع صادرات بر دامدار و اقتصاد ملی کشورهای اندمیک از جمله ایران وارد می‌شود [۱۷]. بنابراین ریشه‌کشی، بهترین گزینه برای همه کشورها می‌باشد. برای اجرای برنامه‌های ریشه‌کشی در کشورهایی که در قاره‌های بزرگ قرار دارند همکاری بین‌المللی و بین کشورها ضروری است. بنا به اهمیت بالای بیماری در جهان و کشور ایران به عنوان یک کشوری که این بیماری

^۱ Endemic

در آن اندیمیک بوده و هیچ تحلیل زمانی و مکانی بر روی این بیماری در کشور صورت نگرفته است ضرورت این تحقیق در ایران را بیش از پیش پررنگ‌تر جلوه می‌دهد. این مطالعه، بر اساس دانش نویسندگان، برای اولین بار به مسئله همه‌گیرشناسی بیماری تب برفکی در سطح کشور ایران با استفاده از ابزارهای سیستم اطلاعات مکانی می‌پردازد. در این مطالعه، با استفاده از اسکن مکانی، اسکن مکانی-زمانی و همبستگی اسپیرمن به بررسی همه‌گیرشناسی مکانی و زمانی و تحلیل اکولوژیکی بیماری تب برفکی پرداخته می‌شود. برای این منظور، سؤالات این تحقیق بدین صورت می‌باشد: الگوی توزیع مکانی تب برفکی در کشور ایران چگونه است؟ و کدام مناطق از نظر شیوع بیماری وضعیت بحرانی دارند؟ تغییرپذیری زمانی نواحی بحرانی چگونه است؟ خوشه‌های زمانی این بیماری چه الگویی دارند و روند تغییرات میزان بروز در سال‌های اخیر چگونه است؟ هر یک از پارامترهای محیطی چه رابطه‌ای در توزیع و شیوع بیماری دارند و این رابطه چگونه است؟

این مقاله در ۵ بخش به شکل زیر ارائه گردیده است: در بخش دوم بعد از مقدمه، به تشریح کارهای پیشین انجام شده و نوآوری کار پرداخته می‌شود. در بخش سوم بیان مواد و روش‌های استفاده شده اعم از منطقه مورد مطالعه، داده‌های جمع‌آوری شده و مفاهیم پایه روش‌های تحلیلی بکارگرفته شده آمده است. نتایج حاصل و بحث پیرامون آن‌ها در بخش چهارم آورده شده است. در نهایت، در بخش آخر نتیجه‌گیری بیان می‌شود.

۲- پیشینه تحقیق

مطالعه همه‌گیرشناسی بیماری‌ها از دید مکانی برای حل مشکلات سلامت جامعه، دارای سابقه‌ای طولانی می‌باشد که نشانگر اهمیت بسیار بالای مکان در وقوع یک پدیده می‌باشد که طی آن پژوهشگران بسیاری را واداشته تا با استفاده از ابزارهای سامانه اطلاعات مکانی به بررسی نقش مکان در الگوهای توزیع بیماری‌ها در مطالعات خود بپردازند. به‌عنوان مثال، سید علیزاده و همکاران با استفاده از اسکن مکانی و مکانی-زمانی به خوشه‌یابی برای بیماری تب مالت در شمال ایران پرداخته‌اند و همچنین به‌وسیله همبستگی اسپیرمن، رابطه بین این بیماری با المان‌های

اکولوژیکی را بررسی کرده‌اند [۱۸]. آهنگرکانی و همکاران به مطالعه بر روی بیماری تب شالیزار در خلال سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۳ پرداختند و برای مدل‌سازی بیماری، دو روش رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی و شبکه عصبی پروسپترون را چندلایه با یکدیگر مقایسه کردند. نتایج نشان‌دهنده‌ی عملکرد بهتر شبکه عصبی نسبت به روش رگرسیون بود [۱۹]. انتظاری و همکاران به نمایش توزیع مکانی بیماری تب مالت و بررسی تأثیر عوامل جغرافیایی با استفاده از همبستگی پیرسون در استان چهارمحال و بختیاری طی سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۱ پرداختند. خروجی پژوهش مشخص ساخت که ارتباط معناداری بین دما، بارش و رطوبت با میزان بروز تب مالت وجود دارد [۲۰].

لاوسن و ژو با استفاده از مدل‌های مکانی، آمار شیوع بیماری FMD در انگلستان در سال ۲۰۰۱ را بررسی کردند. آن‌ها از ابزارهای آماری اکتشافی مانند محاسبه تراکم و رگرسیون غیر پارامتریک استفاده کردند، سپس با مدل‌های توصیفی مکانی، زمانی و مکانی-زمانی به بررسی همه‌گیرشناسی آن پرداختند. در نهایت کاربرد مدل‌های مختلف بیزین برای بررسی گسترش بیماری آزمایش شده است [۲۱]. برانسکوم و همکاران یک رگرسیون بیزین انعطاف‌پذیر مکانی-زمانی استفاده کردند تا ارتباط بین شیوع بیماری تب برفکی و فاکتورهای اپیدمیولوژیکی در ترکیه بین سال‌های ۲۰۰۳-۱۹۹۶ بررسی کنند. با این مدل استان‌های با بیشترین و کمترین خطر رخداد بیماری را شناسایی کردند. همچنین در این تحقیق روند زمانی وقوع بیماری در سراسر کشور ترکیه بررسی شد و نشان داده شد که یک روند افزایشی در شرق و یک روند کاهشی در غرب کشور ترکیه در این بازه زمانی وجود داشته است [۲۲]. وارد و همکاران برای منطقه جنوبی تگزاس آمریکا با استفاده از مدل جغرافیایی خودکار سناریوهای شیوع تب برفکی از طریق مخازن این ویروس چون خوک‌ها و آهوه‌های وحشی به دام‌های اهلی را به‌صورت مکانی پیش‌بینی کردند [۲۳]. دیون و همکاران جهت درک تأثیر تنوع منظره طبیعی در شیوع بیماری‌های مسری در آفریقای جنوبی، یک شبیه‌سازی چند عامله توسعه دادند تا پویایی مکانی-زمانی بین دام اهلی و حیوانات وحشی در مرز منطقه حفاظت‌شده بزرگ کروگر را نمایش دهند. این مدل با استفاده از پارامترهای محیطی و ویژگی‌های عامل‌ها تنظیم شد تا انتقال بیماری تب برفکی از طریق

ارتباط مستقیم در مرزها نمایش داده شود. نتایج این تحقیق نشان داد که ارتباط بین دام‌ها و بوفالوهای وحشی، به‌عنوان مخزن بیماری، بیشتر به دامنه جابه‌جایی آن‌ها، ساختار منطقه، تعداد خرابی توری‌ها و همچنین زمان بین خرابی و تعمیر آن‌ها بستگی دارد و همچنین برخوردها تنها در مناطق نزدیک آب نبوده و در مناطق چرا نیز اتفاق افتاده است [۲۴]. نودکه و همکاران برای اقدام در راستای مقابله و ریشه‌کنی بیماری FMD در کشور بنین از تحلیل مکانی-زمانی استفاده کردند تا مناطق با ریسک‌پذیری بالا و ریسک‌پذیری پایین را شناسایی کنند و ایشان همچنین تأثیر عواملی چون فصول و کوچ دام‌ها بر روی شیوع بیماری را مشخص کردند. برای تحلیل مکانی-زمانی از نرم‌افزار SaTscan استفاده شده و همچنین برای شناسایی تأثیر کوچ دام‌ها، مسیرهای حمل‌ونقل آن‌ها در نرم‌افزار R شبیه‌سازی شده تا تحلیل جدید بر اساس اندازه جدید دام‌ها در مناطق مختلف انجام شود [۲۵]. مطالعه لی و همکاران، اولین تحقیق در سطح ملی برای بیماری تب برفکی در کشور ویتنام است. این بیماری در کشور ویتنام بومی بوده و در این پژوهش تغییرات بیماری را در سطح منطقه‌ای به صورت ماهانه بررسی کردند و با آماره اسکن مکانی-زمانی خوشه‌های رخداد بیماری تب برفکی را طی سال‌های ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۷ مشخص کردند. همچنین میزان تأثیر بر روی گونه‌های مختلف از دام، نوع سروتیپ‌های مشاهده شده و توزیع مکانی‌شان در سطح کشور نمایش داده شده است [۲۶].

اکثر تحقیقات در زمینه بیماری تب برفکی بیشتر به جنبه‌های پزشکی، نوع سروتیپ‌ها، نوع دام‌ها و ریسک فاکتورهای مؤثر در شیوع بیماری پرداخته‌اند. مطالعه حاضر به بررسی مکانی و زمانی بیماری تب برفکی در سطح کشور ایران می‌پردازد. در این پژوهش علاوه بر بررسی جداگانه دو بعد مکان و زمان، به بررسی مکانی-زمانی نیز پرداخته شده است. این مطالعه از محدود مطالعاتی است که در آن از روش‌هایی نظیر شاخص عمومی موران و روش‌های محلی همانند شاخص گیتس-اورد جی استار^۱ و شاخص موران محلی برای شناسایی خوشه‌های مکانی استفاده شده تا نتایج حاصل از آن با نتایج آماره اسکن فضایی در قیاس با هم مورد ارزیابی قرار

^۱ Getis-Ord Gi*

۳-۲- جمع آوری و آماده سازی داده ها

به طور کلی داده های مورد استفاده در این پژوهش شامل داده های مربوط به گزارش های بیماری تب برفکی و اطلاعات اکولوژیکی از قبیل لایه های هواشناسی، پوشش گیاهی و ارتفاعی می باشد که از طریق سازمان های مربوطه جمع آوری شدند.

داده های مربوط به موارد رخداد بیماری تب برفکی در مقیاس کل کشور، در فاصله زمانی از سال های ۱۳۸۷ تا پایان سال ۱۳۹۶ به صورت روزانه از سازمان دامپزشکی کشور دریافت شدند. این داده ها شامل موارد رخداد در دامداری های کشور و تعداد دام مبتلا به بیماری در هر دامداری با تاریخ شروع بیماری می باشد. به دلیل خواص شیوع و انتقال سریع بیماری بین دام های دامداری، از موارد رخداد بیماری برای انجام تحقیق استفاده شده است که موقعیت وقوع بیماری و تاریخ بروز در آن موقعیت را شامل می شود.

این داده ها قبل از ورود به فرآیند تحلیل مورد بررسی قرار گرفته و موارد اشتباه یا تکراری و ناقص حذف و از محاسبات کنار گذاشته شدند. در شکل ۲ توزیع زمانی بیماری تب برفکی به صورت سالانه، فصلی و ماهانه نمایش داده شده است.

داده NDVI^۱ حاصل از تصاویر ماهواره ای MODIS^۲ به عنوان پوشش گیاهی استفاده شد. برای تولید نقشه های ارتفاعی، شیب و جهت شیب از مدل رقومی ارتفاعی SRTM^۳ استفاده گردید. اطلاعات متوسط دما، حداکثر و حداقل دما، رطوبت، بارش، تبخیر و سرعت باد به صورت ماهانه از سازمان هواشناسی ایران جمع آوری شدند.

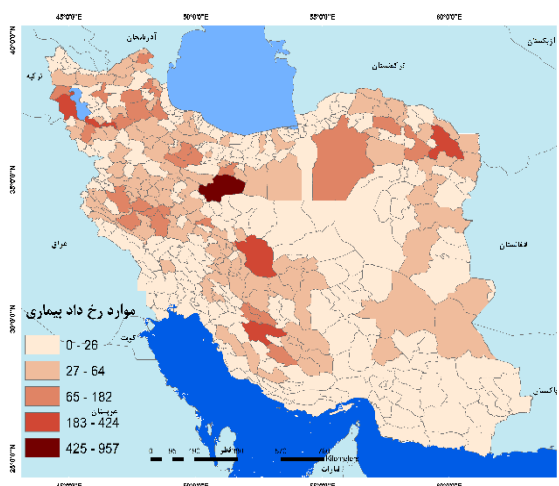
گیرند. در نهایت به علت شرایط آب و هوایی و توپوگرافی متفاوت در سراسر کشور ایران به بررسی تأثیر عوامل محیطی و جغرافیایی بر روی خوشه ها پرداخته شده است.

۳- مواد و روش ها

در این بخش به بررسی ابعاد منطقه مورد مطالعه، داده های جمع آوری شده و روش های تحلیلی و آماری استفاده شده اعم از شاخص موران، آماره اسکن فضایی و همبستگی اسپیرمن پرداخته شده است.

۳-۱- منطقه مورد مطالعه

در این پژوهش، کل کشور ایران به عنوان منطقه مورد مطالعه در نظر گرفته شده که با توجه به تقسیمات کشوری، کشور ایران شامل ۳۱ استان است که تمام شهرستان های موجود در این استان ها مورد مطالعه قرار گرفته است. ایران در زون های ۳۸، ۳۹، ۴۰ و ۴۱ شمالی سیستم تصویر UTM و بین طول های ۴۴ تا ۶۴ درجه شرقی و عرض های ۲۴ تا ۴۰ درجه شمالی گسترده است. همچنین ایران با داشتن تنوع بارشی و دمای هوا، دارای آب و هوای گوناگون از گرم و خشک تا معتدل و مرطوب می باشد. کشور ایران شامل طیف گسترده ای از توپوگرافی است به طوری که دارای مناطقی با ارتفاع چندین متر زیر سطح دریا تا بیش از ۵۶۰۰ متر بالاتر از سطح دریا می باشد. در شکل ۱ محدوده منطقه مورد مطالعه به همراه تعداد موارد رخداد بیماری تب برفکی در ایران در سطح شهرستان قابل ملاحظه است.

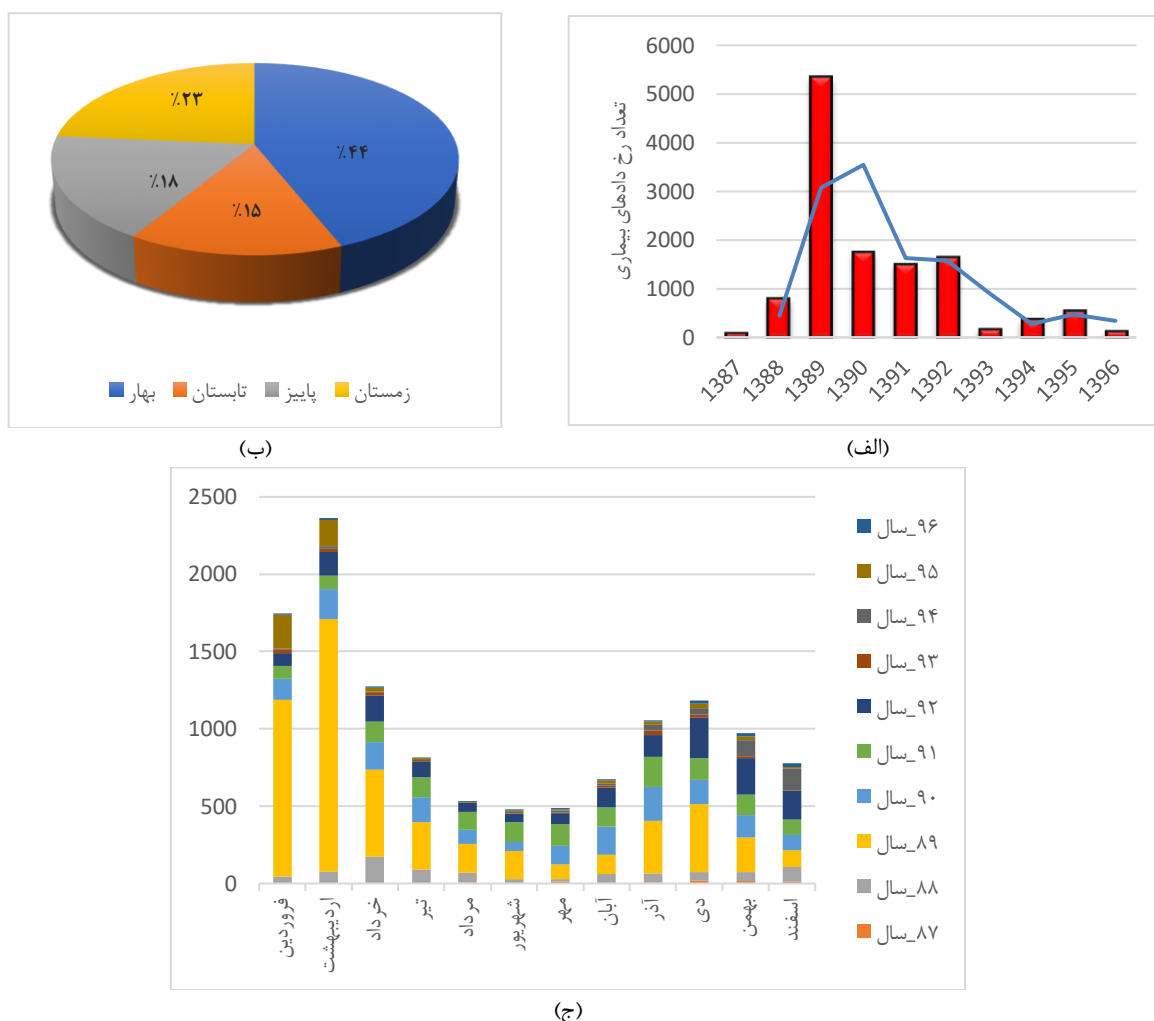


شکل ۱- موارد رخداد بیماری تب برفکی در کشور ایران

^۱ Normalized difference vegetation index

^۲ Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer

^۳ Shuttle Radar Topographic Mission



شکل ۲- توزیع زمانی موارد رخداد بیماری تب برفکی در ایران به صورت سالانه (الف)، فصلی (ب) و ماهانه (ج)

۳-۳- تحلیل های زمین آمار

در مطالعات محیطی اغلب اطلاعاتی مورد استفاده قرار می گیرند که از یکدیگر مستقل نمی باشند و به نوعی وابستگی آن ها ناشی از موقعیت مکانی رخداد داده ها در فضای مورد مطالعه است. این در حالیست که فرض اصلی بیشتر روش های آماری معمول بر اساس استقلال داده ها می باشد، بنابراین این روش ها برای بررسی داده های مکانی مناسب نخواهند بود. از این رو، روش های زمین آمار به عنوان گزینه ای مناسب در تحلیل چنین داده هایی می توانند مورد استفاده قرار گیرند که در ادامه تحلیل های زمین آمار استفاده شده در این مطالعه تشریح می شود.

۳-۳-۱- شاخص موران

این شاخص از ابزارهای بررسی خودهمبستگی مکانی است. شاخص موران بین ۱+ تا ۱- متغیر است. چنانچه

مقدار شاخص موران بزرگتر از صفر باشد خودهمبستگی مکانی مثبت، اگر کمتر از صفر باشد خودهمبستگی مکانی منفی و اگر نزدیک به صفر باشد به معنی عدم وجود خودهمبستگی مکانی خواهد بود. هر چه مقدار عددی این شاخص بیشتر باشد بیانگر تجمع زیاد و هرچه پایین تر باشد نشان دهنده پراکندگی بیشتر است. مقدار شاخص موران از معادله (۱) محاسبه می شود [۲۷].

$$I = \frac{N}{S_0} \times \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N W_{ij} Z_i Z_j}{\sum_{i=1}^N Z_i^2} \quad (1)$$

$$S_0 = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N W_{ij}$$

$$Z_i = (X_i - \bar{X})$$

$$Z_j = (X_j - \bar{X})$$

که در این رابطه X_i و X_j تعداد وقوع در i امین و j امین چندضلعی، $\bar{X}$ متوسط تعداد وقوع در چندضلعی ها، N تعداد کل و W_{ij} وزن مکانی میان موارد i و j است که از طریق معادله (۲) محاسبه می شود.

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n W_{i,j} X_j - \bar{X} \sum_{j=1}^n W_{i,j}}{\sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n W_{i,j}^2 - \left(\sum_{j=1}^n W_{i,j}\right)^2}{n-1}}} \quad (3)$$

$$\bar{X} = \frac{\sum_{j=1}^n X_j}{n}$$

$$S = \sqrt{\left(\frac{\sum_{j=1}^n X_j^2}{n} - (\bar{X})^2\right)}$$

در این فرمول X_j مقدار خصیصه برای عارضه j ، وزن فضایی بین عارضه i, j ، n برابر با تعداد کل عارضه‌ها می‌باشد. از آنجا که G_i خود نوعی امتیاز Z است دیگر نیاز به محاسبه دیگری نیست [۲۹].

۳-۳-۳- آماره اسکن فضایی

در این تحقیق داده‌های وقوع بیماری به صورت نقطه‌ای با مختصات تقریبی محل وقوع در سطح کشور جمع‌آوری شده است که برای کشف خوشه‌های مکانی و مکانی-زمانی بیماری تب برفکی در کل کشور مورد استفاده قرار گرفت. به منظور شناسایی مناطقی که نرخ بروز بیماری در آنجا با توجه به تراکم دام در خطر، به‌طور قابل ملاحظه‌ای بیشتر از سایر مناطق است از آماره اسکن فضایی که در نرم‌افزار SaTScan تعبیه شده استفاده گردید. این نرم‌افزار به منظور کشف خوشه‌های مکانی و مکانی-زمانی بیماری‌ها و بررسی اهمیت آماری خوشه‌های بیماری توسعه یافته است. برای استفاده از مدل مکانی-زمانی می‌توان از دو مجموعه داده موارد رخداد بیماری و مختصات تقریبی آن‌ها استفاده کرد که در این آنالیز دوره زمانی و تاریخ رخداد دارای اهمیت زیادی می‌باشد. همچنین برای کشف خوشه‌های مکانی محض در این روش سه مجموعه داده، تعداد موارد رخداد بیماری در هر شهرستان، تعداد دام در هر شهرستان و مختصات تقریبی مراکز شهرستان‌ها مورد استفاده قرار گرفتند. این روش جهت شناسایی خوشه‌های بیماری هم برای داده‌های نقطه‌ای و هم پلیگونی کاربرد دارد که در این آنالیز زمان دارای اهمیت کمتری نسبت به آنالیز مکانی-زمانی می‌باشد.

$$W_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{اگر } i \text{ و } j \text{ همسایه باشند} \\ 0 & \text{در غیر این صورت} \end{cases} \quad (2)$$

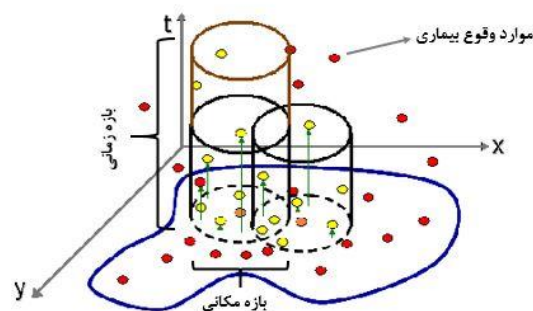
در حالت کلی زمانی که دو چندضلعی همسایه باشند وزنشان برابر ۱ و در غیر این صورت برابر صفر است. همچنین معیار وزن دهی می‌تواند به صورت ماتریس وزن، فاصله مراکز چندضلعی‌ها، طول مرز مشترک و یا ترکیب طول مرز مشترک و فاصله چندضلعی‌ها نیز تعریف شود.

۳-۳-۲- شاخص گیتس-اورد جی استار

این شاخص به منظور بررسی نحوه تجمع مقادیر خیلی بزرگ یا خیلی کوچک یک رویداد مانند بروز بیماری که به ترتیب نشانگر نقاط داغ (مناطق بحرانی) و نقاط سرد (مناطق امن) می‌باشد. در این شاخص، مقادیر مثبت Z -Score نشانگر نقاط داغ و مقادیر منفی Z -Score نقاط سرد را نشان می‌دهند [۲۸]. در واقع Z -Score امتیاز استاندارد شده‌ای است که میزان متمرکز بودن یا پخش‌شدگی بیماری را نشان می‌دهد. هر چه این مقدار از صفر فاصله بیشتری داشته باشد، بیانگر آن است که پدیده بیماری روند خوشه‌ای‌تر یا پراکنده‌تری دارد. اگر علامت Z مثبت باشد یعنی در بین مناطقی که بیماری مقدار بالایی دارد، روند خوشه‌ای وجود دارد و اگر منفی باشد یعنی در مناطقی که بیماری مقدار پایینی دارد، روند خوشه‌ای است.

امتیاز Z نشان می‌دهد که در کدام قسمت از داده‌ها مقادیر زیاد و یا کم خوشه‌بندی شده‌اند. این ابزار به هر عارضه در چارچوب عوارضی که در همسایگی آن قرار دارند نگاه می‌کند و اگر عارضه‌ای مقادیر بالا داشته باشد از اهمیت بالایی برخوردار است، ولی اگر چه به تنهایی ممکن است یک لکه داغ معنادار از نظر آماری نباشد. برای اینکه یک عارضه لکه داغ تلقی شود و از نظر آماری معنادار نیز باشد، باید هم خود عارضه و هم عوارضی که در همسایگی آن قرار دارند دارای مقادیر بالا باشند. جمع محلی یک عارضه و همسایگانش بطور نسبی با جمع کل عارضه‌ها مقایسه می‌شود و زمانی که جمع محلی مورد انتظار بیشتر باشد و اختلاف به اندازه‌ای باشد که نتوان آن را تصادفی دانست، در نتیجه امتیاز Z به دست خواهد آمد. آماره شاخص گیتس-اورد جی استار از طریق معادله (۳) محاسبه می‌شود.

باشد. همان طور که در شکل ۳ نشان داده شده است، روش کار بدین ترتیب است که یک پنجره استوانه‌ای با قاعده دایروی مکانی و ارتفاع زمانی از تمامی مراکز سطح شهرستان‌ها عبور می‌کند. برای هر دایره شعاع آن از صفر تا مقدار اختیاری به‌طور پیوسته افزایش پیدا می‌کند. سپس متناسب با جمعیت هر منطقه تعداد بیمار مورد انتظار آن را محاسبه می‌کند. نسبت تعداد موارد بیماری مشاهده شده به موارد مورد انتظار نمایانگر معنی‌دار بودن یا نبودن آن خوشه خواهد بود [۳۰]. در مقایسه با سایر روش‌های شناسایی خوشه، این روش نوین ویژگی‌های ممتازی دارد که عبارت‌اند از امکان آنالیزهای مکانی، زمانی و مکانی-زمانی با قابلیت تعریف بازه‌های زمانی، در نظر گرفتن روش کشف خوشه با توجه به ذات و توزیع بیماری همچون پواسون (برای توزیع‌های یکنواخت)، گوسین و برنولی و نحوه جمع‌آوری داده‌ها (نقطه‌ای و پلیگونی)، ارائه خوشه‌های ثانویه و ارزیابی سطح اطمینان آن‌ها با شبیه‌سازی مونت کارلو و همچنین مرتب نمودن آن‌ها با توجه به اهمیت‌شان در سطح منطقه و سایر موارد، آن را کاملاً از روش‌های دیگر متمایز کرده است و امروزه می‌تواند به‌طور گسترده در شناسایی و آنالیز خوشه‌های بیماری‌های مختلف استفاده شود [۳۱].



شکل ۳- روش خوشه یابی مکانی-زمانی آماره اسکن فضایی

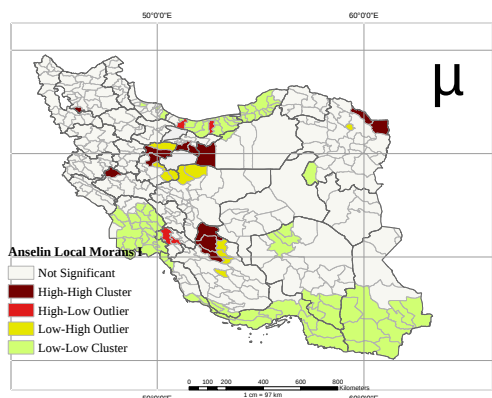
۴- نتایج

با توجه به شکل ۲ مشاهده می‌شود که در روند سالانه بیماری تب برفکی در دو سال ابتدایی یعنی سال‌های ۸۷ و ۸۸ تعداد بروز بیماری کم بوده به‌طوری که در سال ۱۳۸۷ تعداد ۹۰ مورد رخداد بیماری ثبت گردیده و در سال ۱۳۸۸ با افزایش چند برابری روبه‌رو بوده و به تعداد ۸۰۴ مورد افزایش پیدا کرده است. اما به یک‌باره در سال ۸۹ به تعداد ۵۳۳۷ مورد رسیده که بیشترین میزان در طی این دوره ده ساله است. بعد از آن در سال‌های بعد

شاهد روند کاهشی در میزان بیماری هستیم. همچنین فصول بهار و زمستان با داشتن به ترتیب ۴۴ و ۲۳ درصد موارد رخداد بیماری مستعدترین فصول بروز این بیماری می‌باشند. روند ماهانه رخداد بیماری تب برفکی دارای دو قله در ماه‌های اردیبهشت با تعداد ۲۳۹۸ و دی ماه با ۱۱۸۳ مورد است. ماه‌های فروردین، اردیبهشت، خرداد، با داشتن ۵۴۶۷ مورد رخداد بیماری، از مستعدترین ماه‌ها برای بروز بیماری هستند. میزان رخداد بیماری در فروردین دارای ۱۷۷۵ مورد که تا اردیبهشت روند افزایشی داشته که بعد از اردیبهشت نمودار تا نیمه اول سال یعنی شهریور با شیب معنی‌داری با روند نزولی روبه‌رو بوده و به کمترین موارد وقوع بیماری با تعداد ۴۸۴ مورد رسیده است. برای نیمه دوم سال این روند به صورت صعودی ادامه داشته تا در دی ماه دوباره به نقطه بیشینه دوم خود نزدیک شده و تعداد رخداد بیماری در این ماه به حدود ۱۱۸۳ مورد رسیده است و دوباره نمودار روند کاهشی تا اواخر سال یعنی اسفند ماه به خود گرفته است.

در این تحقیق تحلیل‌های زمین آمار مورد استفاده برای بررسی توزیع و شناسایی خوشه‌های موارد رخداد بیماری از دو بخش تشکیل یافته‌اند. در ابتدا برای بررسی وجود یا عدم وجود خودهمبستگی مکانی میان موارد رخداد بیماری و نحوه توزیع بیماری از لحاظ خوشه‌ای یا تصادفی و یا یکنواخت بودن از شاخص عمومی اندازه‌گیری خودهمبستگی مکانی Global Moran's I بر روی متوسط بروز سالیانه در سطح شهرستان‌های کشور طی دوره مورد مطالعه ۱۰ ساله هم به‌صورت جداگانه و هم به‌صورت تجمعی استفاده شده است. خروجی این تحلیل برای تمامی موارد رخداد بیماری برای کل بازه مطالعه در شکل ۴ مشاهده می‌شود که نشان‌دهنده خوشه‌ای بودن الگوی بیماری تب برفکی در ایران در سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۶ با $Z\text{-score} = 3.52$ و $P\text{-value} < 0.01$ و تصادفی یا یکنواخت نبودن الگوی آن می‌باشد. آماره $P\text{-value}$ تقریبی از مساحت زیر منحنی توزیع نرمال است که به منظور ارزیابی اینکه آیا نتایج حاصل از آزمون به دلیل تصادف و شانس رخ داده است یا خیر استفاده می‌شود. این مقدار هر چه به صفر نزدیک‌تر باشد احتمال تصادفی و شانسی بودن نتیجه حاصل از آزمون مورد بررسی کمتر و سطح معناداری بیشتر می‌شود [۳۰]. جزئیات موران عمومی برای هر سال در جدول ۱ آورده شده است.

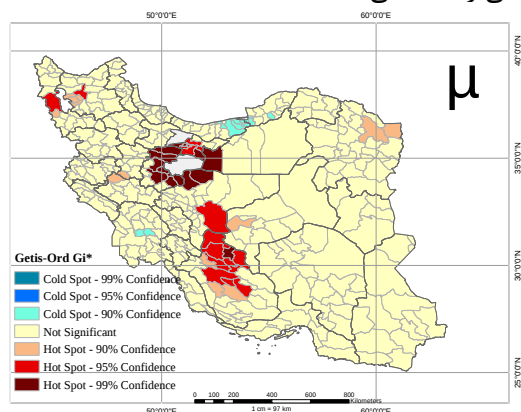
نشان می‌دهند که خوشه‌های وجود بیماری در آن مناطق حضور دارند. همچنین نواحی (Low-Low) و یا Cold Spot، بیانگر مناطقی هستند که خوشه‌های عدم وجود بیماری در آن مناطق حضور دارند.



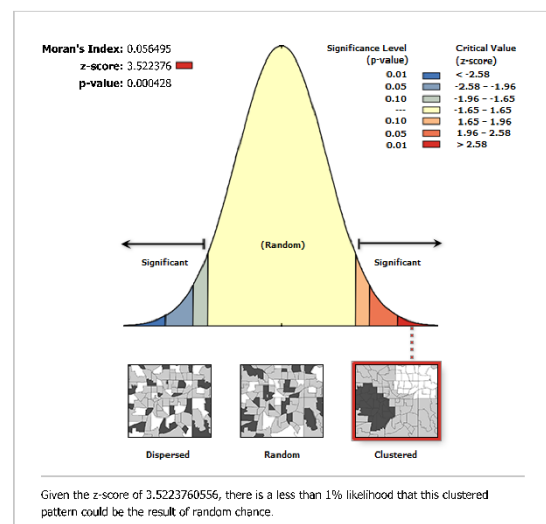
شکل ۵- کشف خوشه‌های مکانی با استفاده از Local Moran's I

در روش بعدی برای کشف خوشه‌های مکانی از شاخص گیتس-اورد جی استار استفاده شده است. آماره G_i^* که برای هر عارضه موجود در داده‌ها محاسبه می‌شود نوعی امتیاز Z است. برای امتیاز Z مثبت و معنادار از نظر آماری، هر چه امتیاز Z بزرگتر باشد، مقادیر بالا به میزان زیادی خوشه‌بندی شده و لکه داغ تشکیل می‌دهند. برای امتیاز Z منفی و معنادار از نظر آماری، هر چه امتیاز Z کوچکتر باشد به معنای خوشه‌بندی شدیدتر مقادیر پایین خواهد بود و این‌ها در حقیقت لکه‌های سرد را نشان می‌دهند [۲۸].

در شکل ۶ محدوده‌های آبی پررنگ محدوده‌ای است که در آن مقادیر کم رخداد بیماری تجمع کرده‌اند و نواحی قرمز پررنگ محدوده‌هایی هستند که در آن‌ها مقادیر بالای تعداد موارد رخداد بیماری‌ها متمرکز شده‌اند. در نتیجه با توجه به یافته‌های تحقیق، نتایج شاخص گیتس-اورد جی استار نتایج حاصل از شاخص موران محلی را تایید می‌نمایند.



شکل ۶- کشف خوشه‌های مکانی با استفاده از Getis-Ord G_i^*



شکل ۴- خروجی Global Moran's I بر روی بیماری تب برفکی طی سال‌های ۱۳۸۸-۱۳۹۶

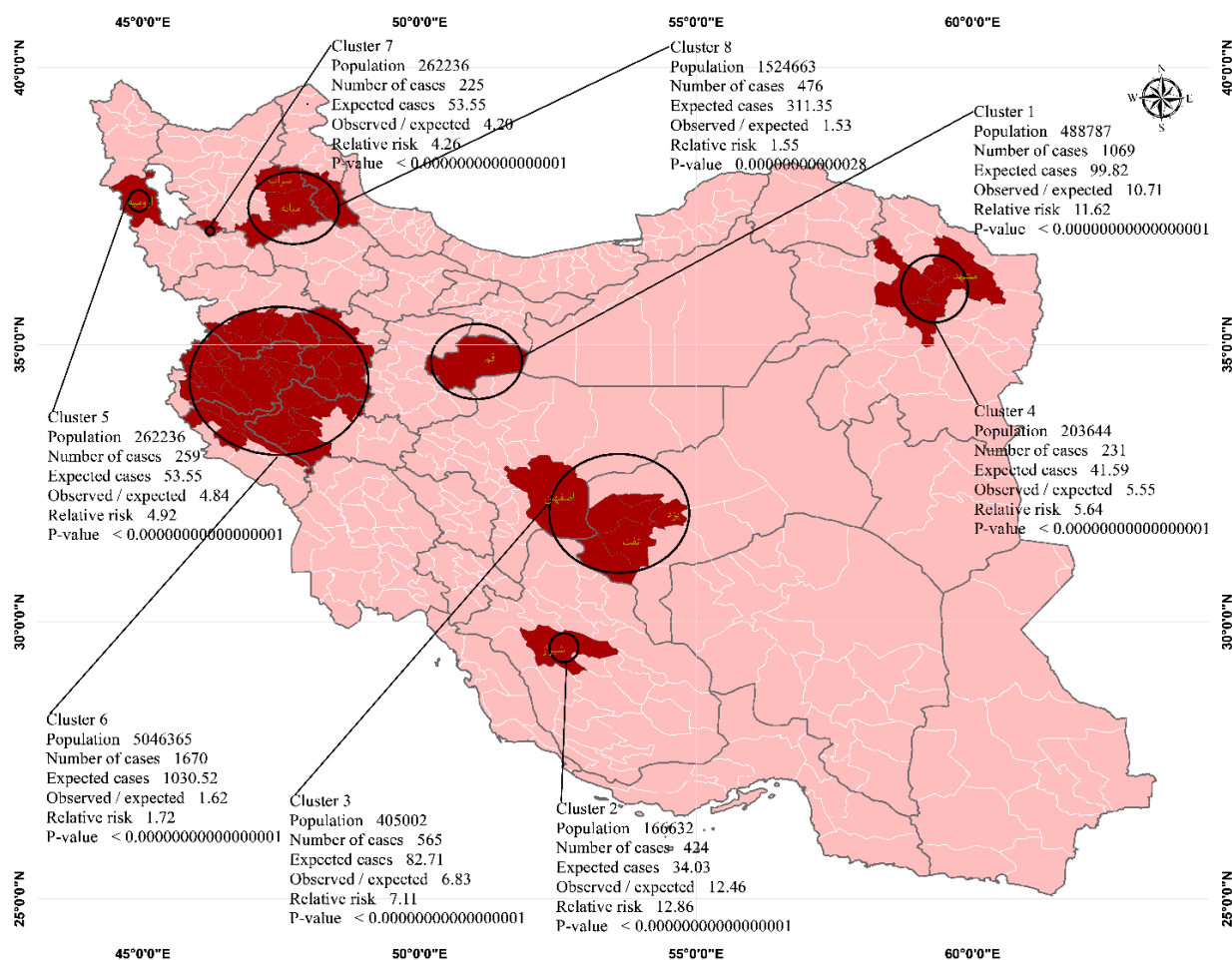
جدول ۱- نتایج موران عمومی برای تب برفکی به تفکیک هر سال

نوع توزیع	p-value:	z-score	Moran's Index	سال
خوشه‌ای	۰	۷,۲۱	۰,۱۴	۱۳۸۷
خوشه‌ای	۰	۴,۸۵	۰,۰۷	۱۳۸۸
خوشه‌ای	۰	۶,۶۵	۰,۱۲	۱۳۸۹
خوشه‌ای	۰	۴,۱	۰,۰۷	۱۳۹۰
خوشه‌ای	۰	۳,۷۶	۰,۰۶	۱۳۹۱
خوشه‌ای	۰	۴,۸۱	۰,۰۹	۱۳۹۲
خوشه‌ای	۰	۹,۱۹	۰,۱۶	۱۳۹۳
خوشه‌ای	۰	۸,۶۷	۰,۱۶	۱۳۹۴
خوشه‌ای	۰	۱۱,۶۸	۰,۲۲	۱۳۹۵
خوشه‌ای	۰	۴,۶۹	۰,۰۸	۱۳۹۶
خوشه‌ای	۰	۳,۵۲	۰,۰۶	۸۷-۹۶

در گام بعدی جهت کشف خوشه‌های مکانی و شناسایی مناطقی که نرخ شیوع بیماری در آن مناطق به‌طور قابل توجهی از سایر مناطق بیشتر است از شاخص محلی کشف خوشه‌های مکانی موران محلی و شاخص گیتس-اورد جی استار استفاده شده است. همان‌طور که در شکل ۵ نمایش داده شده است خوشه‌هایی که توسط شاخص محلی موران شناسایی و کشف می‌شوند در چهار گروه (High-High) خوشه‌های با مقادیر زیاد، (Low-Low) خوشه‌های با مقادیر کم، (High-Low) ناخوشه‌ها که در آن یک مقدار زیاد توسط مقادیر کم محاصره شده‌اند و (Low-High) تک‌دانه‌هایی که در آن عارضه دارای مقدار کم، توسط عوارض دارای مقادیر زیاد محاصره شده‌اند قرار می‌گیرند و از طرفی مناطقی که شامل هیچ یک از موارد فوق نباشند، به عنوان مناطق بدون اهمیت از حیث مکانی شناخته می‌شوند. نواحی (High-High) و یا Hot Spot، مناطقی را

مکان و اندازه‌های خوشه‌های مکانی شناسایی شده با روش آماره اسکن فضایی در شکل ۷ آورده شده است. نتایج نشان می‌دهند که کانون‌های اصلی بیماری تب برفکی بدین صورت می‌باشد که خوشه اولیه (Primary Cluster) در استان قم با خطر نسبی ۱۱,۶۲، خوشه دوم در استان فارس و به خصوص در شهر شیراز با خطر نسبی ۱۲,۸۶ قرار گرفته است. کانون‌های دیگر همانند خوشه سوم که شامل برخی از شهرهای دو استان اصفهان و یزد شامل شهرهای اصفهان، یزد، صدوق، میبد، تفت و ابرکوه با خطر نسبی ۷,۱۱ همچنان فعال هستند، خوشه چهارم در استان خراسان رضوی و شهرهای مشهد و نیشابور، بینالود و تربت حیدریه را با خطر نسبی ۵,۶۴ در بر گرفته است. خوشه پنجم در آذربایجان غربی در شهرستان ارومیه با خطر نسبی ۴,۹۲ رخ داده است. خوشه ششم با خطر نسبی ۱,۷۲ برخی از شهرهای استان کرمانشاه که شامل

شهرهای کرمانشاه، اسلام‌آباد، ثلاث باباجانی، جوانرود، دالاهو، روانسر، سرپل ذهاب، صحنه، کنگاور، هرسین، پاوه، گیلانغرب و بخشی از شهرهای استان لرستان شامل دلفان، بروجرد، دوره، سلسله و پل‌دختر و شهرهای استان همدان شامل همدان، اسدآباد، بهار، تویسرکان، کیودرآهنگ، ملایر و نهاوند می‌باشد و از استان کردستان شهرهای دهگلان، سروآباد، سنندج، قروه و کامیاران را شامل می‌شود و در آخر بخش کوچکی از استان ایلام شامل شهرهای ایوان، دره شهر، شیروان و چر و ملکشاهی را در بر گرفته است. خوشه هفتم با خطر نسبی ۴,۲۶ شهر ملکان از استان آذربایجان شرقی می‌باشد. خوشه هشتم از این تحلیل با خطر نسبی ۱,۵۵ شامل برخی از شهرهای استان آذربایجان شرقی از قبیل شهرهای سراب، میانه، چاراویماق و همچنین شهرهای خلخال، کوثر و نیر از استان اردبیل می‌باشد.

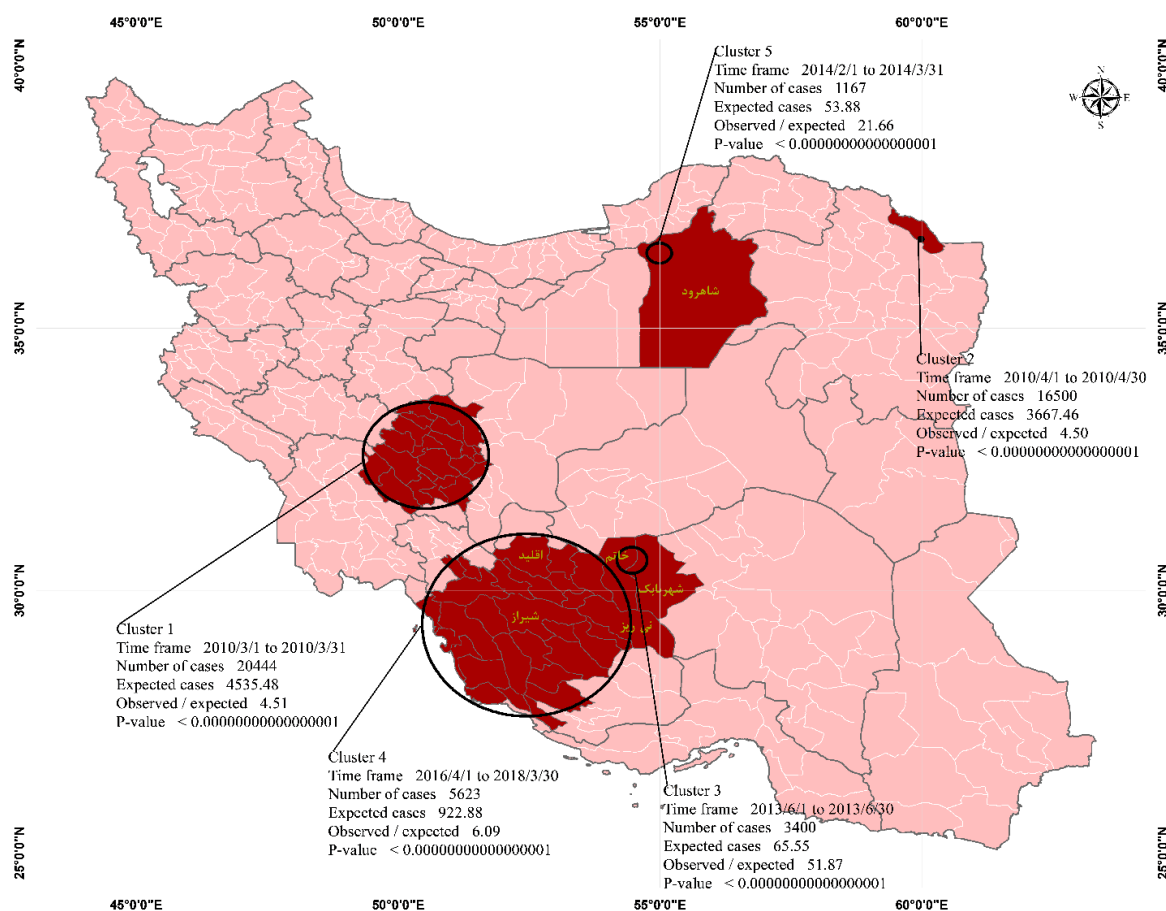


شکل ۷- خوشه‌های آماره اسکن مکانی SaTScan

در آماره اسکن مکانی-زمانی که در شکل ۸ نشان داده شده ۵ خوشه کشف شد. خوشه اول در بازه زمانی ۸۸/۱۲/۱۰ تا ۸۹/۱/۱۱ با خطر نسبی ۴,۵۱، خوشه دوم در بازه زمانی ۸۹/۱/۱۲ تا ۸۹/۲/۱۰ با خطر نسبی ۴,۵، خوشه سوم در بازه زمانی در بازه زمانی ۹۲/۳/۱۱ تا ۹۲/۴/۹ با خطر نسبی ۵۱,۸۷، خوشه چهارم در فاصله زمانی ۹۵/۱/۱۳ تا ۹۶/۱۲/۲۹ با خطر نسبی ۶,۰۹ و خوشه پنجم در بازه زمانی ۹۲/۱۱/۱۲ تا ۹۳/۱/۱۱ با خطر نسبی ۲۱,۶۶ کشف شد. خوشه‌ها به همراه جزئیات در جدول ۳ آورده شده است.

جدول ۲- جزئیات خوشه‌های آماره اسکن مکانی برای سال‌های ۸۷ تا ۹۶

خطر نسبی	مورد انتظار	مشاهده شده	p-value	کلاستر
۱۱,۶۲	۹۹,۸۲	۱۰۶۹	۰,۰۰	۱
۱۲,۸۶	۳۴,۰۳	۴۲۴	۰,۰۰	۲
۷,۱۱	۸۲,۷۱	۵۶۵	۰,۰۰	۳
۵,۶۴	۴۱,۵۹	۲۳۱	۰,۰۰	۴
۴,۹۲	۵۳,۵۵	۲۵۹	۰,۰۰	۵
۱,۷۲	۱۰۳۰,۵۲	۱۶۷۰	۰,۰۰	۶
۴,۲۶	۵۳,۵۵	۲۲۵	۰,۰۰	۷
۱,۵۵	۰۳۱۱,۳۵	۴۷۶	۰,۰۰	۸



شکل ۸- خوشه‌های آماره اسکن مکانی-زمانی SaTScan

جدول ۳- جزئیات خوشه‌های مکانی-زمانی SaTScan برای تب برفکی طی سال‌های ۹۶-۸۷

خطر نسبی	مورد انتظار	مشاهده شده	P-value	پایان	شروع	شماره کلاس
۴,۵۱	۴۵۳۵,۴۸	۲۰۴۴۴	۰	۸۹/۱/۱۱	۸۸/۱۲/۱۰	۱
۴,۵	۳۶۶۷,۴۶	۱۶۵۰۰	۰	۸۹/۲/۱۰	۸۹/۱/۱۲	۲
۵۱,۸۷	۶۵,۵۵	۳۴۰۰	۰	۹۲/۴/۹	۹۲/۳/۱۱	۳
۶,۰۹	۹۲۲,۸۸	۵۶۲۳	۰	۹۶/۱۲/۲۹	۹۵/۱/۱۳	۴
۲۱,۶۶	۵۳,۸۸	۱۱۶۷	۰	۹۳/۱/۱۱	۹۲/۱۱/۱۲	۵

جزئیات آن در جدول ۴ آورده شده است. ضریب اسپیرمن مقداری بین +۱ تا -۱ به خود اختصاص می‌دهد که با

همبستگی اسپیرمن بین موارد رخداد بیماری در سطح شهرستان‌ها با متغیرهای اکولوژیکی انجام گرفت که

نزدیک شدن آن به ۱+ بیانگر همبستگی قوی و با نزدیک شدن به ۱- بیانگر همبستگی قوی و وارون بوده و مقدار نزدیک صفر به معنی عدم وجود همبستگی بین دو متغیر است. مطابق جدول ۴ میزان رخداد بیماری با پوشش گیاهی شهرهای کشور در سه فصل بهار، تابستان و پاییز رابطه مثبت نشان دادند. ضریب همبستگی برای دو فصل بهار و تابستان با احتمال ۹۹ درصد ($P < 0.01$) و همچنین برای فصل پاییز با احتمال ۹۵ درصد مشاهده شد. نتایج نشان داد که با گذشت زمان از ابتدای سال تا انتهای سال،

از این همبستگی کاسته می شود. در ادامه نتایج تحلیل اسپیرمن بر روی داده های رخداد بیماری و عامل های هواشناسی شامل میانگین سرعت باد ماهانه، میانگین بارش ماهانه و دمای متوسط ماهانه هر شهر می باشد که نتایج نشانگر افزایش رابطه سرعت باد و بارش با گذشت زمان از اوایل سال بوده است. علاوه بر این بین موارد رخداد با دمای متوسط ماهانه با سطح اطمینان ۹۹ درصد ارتباط منفی وجود دارد.

جدول ۴- ضرایب همبستگی اسپیرمن بین بیماری تب برفکی با متغیرهای اکولوژیکی فصلی طی سال های ۹۶-۸۷

زمستان	پائیز	تابستان	بهار		
-۰,۰۷۹	۰,۱۲۸*	۰,۱۸۳**	۰,۲۰۸**	ضریب همبستگی	پوشش گیاهی
۰,۱۲۱	۰,۰۱۲	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	معناداری	
۰,۲۱۹**	۰,۱۰۸*	۰,۱۰۶*	۰,۰۲۸	ضریب همبستگی	سرعت باد
۰,۰۰۰	۰,۰۳۴	۰,۰۳۷	۰,۵۸۰	معناداری	
۰,۲۵۳**	-۰,۱۲۳*	۰,۰۹۰	۰,۰۲۸	ضریب همبستگی	بارش
۰,۰۰۰	۰,۰۱۶	۰,۰۷۷	۰,۵۸۰	معناداری	
-۰,۳۶۳**	-۰,۴۴۸**	-۰,۳۹۹**	-۰,۳۲۸**	ضریب همبستگی	دما
۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	معناداری	

با توجه به نتایج ارائه شده در جدول ۵ بین موارد رخداد بیماری و ارتفاع با سطح اطمینان ۹۹ درصد همبستگی مثبت وجود دارد. این مسئله با نتایج اسکن مکانی مطابقت داشته و مناطق مرتفع و کوهستانی زاگرس شامل استان های کردستان، لرستان، کرمانشاه و ایلام از کانون های این بیماری هستند. همچنین بین موارد بروز

بیماری با جهت شیب سطح زمین با سطح اطمینان ۹۵ درصد ارتباط منفی وجود دارد. در نهایت ارتباط معناداری بین بروز بیماری با سایر پارامترها شامل شیب سطح زمین، میانگین رطوبت نسبی، میانگین مقدار حداقل و حداکثر رطوبت نسبی و مجموع ساعات آفتابی در هر ماه مشاهده نشد.

جدول ۵- ضرایب همبستگی اسپیرمن بین بیماری تب برفکی با متغیرهای اکولوژیکی طی سال های ۹۶-۸۷

شیب	جهت شیب	ارتفاع	موارد رخداد		
۰,۰۷۵	-۰,۱۰۳*	۰,۴۲۸**	۱,۰۰۰	ضریب همبستگی	موارد رخداد
۰,۱۳۹	۰,۰۴۵	۰,۰۰۰		معناداری	
۰,۴۰۷**	-۰,۱۳۴**	۱,۰۰۰	۰,۴۲۸**	ضریب همبستگی	ارتفاع
۰,۰۰۰	۰,۰۰۸		۰,۰۰۰	معناداری	
-۰,۲۳۱**	۱,۰۰۰	-۰,۱۳۴**	-۰,۱۰۳*	ضریب همبستگی	جهت شیب
۰,۰۰۰		۰,۰۰۸	۰,۰۴۵	معناداری	
۱,۰۰۰	-۰,۲۳۱**	۰,۴۰۷**	۰,۰۷۵	ضریب همبستگی	شیب
۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۱۳۹	معناداری	

تجزیه تحلیل داده ها با استفاده از رگرسیون خطی ساده با در نظر گرفتن موارد رخداد بیماری به عنوان متغیر وابسته انجام شد. با توجه به جدول ۶ و ۷، بر اساس مدل رگرسیون خطی ساده بین تعداد موارد رخداد

بیماری و برخی متغیرهای مدنظر، ارتباط معنی داری دیده شد ($p < ۰,۰۱$). اختلاف آماری معکوس و معنی داری بین موارد رخداد بیماری با میانگین بارش ($p < ۰,۰۱$) با ضریب همبستگی ($R = ۰,۱۴۸$)، میانگین دما ($p < ۰,۰۱$) با

همبستگی ($R=0.158$)، وجود داشت. بین موارد رخداد بیماری با میانگین سرعت باد، شیب و جهت شیب ارتباط معنی داری یافت نشد.

ضریب همبستگی ($R=0.185$)، و ارتباط آماری مستقیم و معنی داری بین میانگین بارش برف ($p<0.01$) با ضریب همبستگی ($R=0.471$) و ارتفاع ($p<0.01$) با ضریب

جدول ۶- نتایج رگرسیون خطی برای همبستگی متغیرهای اکولوژیکی با بیماری تب برفکی

متغیر	ضرایب غیر استاندارد		ضرایب استاندارد	t	P-Value
	B	Std. Error	Beta		
میانگین بارش	-۱.۷۳۸	۰.۵۹۳	-۰.۱۴۸	-۲.۹۳۱	۰.۰۰۴
میانگین دما	-۲.۳۶۲	۰.۶۳۹	-۰.۱۸۵	-۳.۶۹۸	۰.۰۰۰
میانگین سرعت باد	۹.۷۹۷	۵.۱۴۰	۰.۰۹۷	۱.۹۰۶	۰.۰۵۷
میانگین بارش برف	۲۵۲۸.۹۵۱	۲۴۱.۸۸۱	۰.۴۷۱	۱۰.۴۵۵	۰.۰۰۰
ارتفاع	۰.۰۱۵	۰.۰۰۵	۰.۱۵۸	۳.۱۳۶	۰.۰۰۲

جدول ۷- ضرایب متغیرهای اکولوژیکی حاصل از مدل رگرسیون خطی

متغیر	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
میانگین بارش	.۱۴۸ ^a	۰.۰۲۲	۰.۰۱۹	۶۱.۲۵۵
میانگین دما	.۱۸۵ ^a	۰.۰۳۴	۰.۰۳۲	۶۰.۸۶۲
میانگین سرعت باد	.۰۳۷ ^a	۰.۰۰۱	-۰.۰۰۱	۶۱.۸۹۵
میانگین بارش برف	.۴۷۱ ^a	۰.۲۲۲	۰.۲۲۰	۵۴.۶۴۵
ارتفاع	.۱۵۸ ^a	۰.۰۲۵	۰.۰۲۲	۶۱.۱۵۸

بیماری کم بوده اما به یکباره در سال ۸۹ به تعداد ۵۳۳۷ مورد رسیده که بیشترین میزان در طی این دوره ده ساله است. بعد از آن در سال‌های بعد شاهد روند کاهشی در میزان بیماری هستیم. همچنین فصول بهار و زمستان با داشتن به ترتیب ۴۴ و ۲۳ درصد موارد رخداد بیماری مستعدترین فصول بروز این بیماری می‌باشند. در تحقیق-هایی بیشترین شیوع در ماه‌های زمستانی اکتبر، نوامبر، ژانویه و فوریه گزارش شده [۱۲،۲۵] و همچنین ماه‌های بهاری چون مارچ، آوریل و می نیز از شایع‌ترین ماه‌های بروز گزارش شده‌اند [۲۶،۳۳]. از سوی دیگر نتایج نشان-دهنده همبستگی منفی موارد رخداد با دما و همچنین همبستگی مثبت با پوشش گیاهی در فصل بهار است که می‌تواند توجیهی برای این مسئله باشد.

با استفاده از تحلیل موران و گیتس-اورد جی استار نشان داده شد که بیماری تب برفکی دارای ماهیت خوشه-ای و در نتیجه قابل بررسی با ابزارهای تحلیل آماری مکانی است. تحقیقات دیگر نیز این امر را نشان داده‌اند [۲۵،۲۶]. نتایج تحلیل موران بیانگر این است که خوشه‌های موارد رخداد تقریباً در قسمت‌هایی از استان‌های فارس، سمنان، مرکزی، تهران، لرستان، آذربایجان شرقی و شهرهای مرزی از استان خراسان رضوی را شامل می‌شود. از دلایل چنین

۵- بحث

بیماری تب برفکی از جمله بیماری‌های حساس و تاثیرگذار بر روی اقتصاد کشورها است [۲۴، ۹، ۱۲]. سازمان دامپزشکی کشور براساس توصیه‌های سازمان جهانی سلامت حیوانات، برای مقابله با این بیماری، اقداماتی مبنی بر سوبیه‌شناسی در مناطق بروز تب برفکی، واکسیناسیون و قرنطینه انجام داده است. اما با وجود چنین اقداماتی ایران همچنان جز کشورهای اندمیک این بیماری می‌باشد. بنابراین تنها با واکسیناسیون نمی‌توان با این بیماری مقابله کرد [۳۲].

با توجه به توانایی سیستم اطلاعات مکانی در تحلیل آماری و مکانی اطلاعات و بصری‌سازی نتایج در مقیاس بزرگ، هدف این تحقیق بررسی همه‌گیرشناسی مکانی و مکانی-زمانی بیماری تب برفکی در مقیاس کشور در سطح شهرستان‌ها و تایین تاثیر پارامترهای محیطی در شیوع آن است. کشف الگوهای مکانی و زمانی بحران می‌تواند تاثیر به‌سزایی در تصمیم‌گیری‌ها در اولویت‌گذاری تخصیص منابع مالی و انسانی و تدابیر بهداشتی داشته باشد.

همان‌طور که در شکل ۲ نشان داده شده است، در روند سالانه بیماری تب برفکی در دو سال ابتدایی بازه بروز

نتایج می‌توان به وجود قاجاق و خرید و فروش دام بدون رعایت پروتکل‌های بهداشتی و همچنین تراکم دام در این استان‌ها و عوامل اکولوژیکی آن‌ها اشاره نمود.

با توجه به نتیجه بصری اسکن مکانی در شکل ۷، خوشه‌های مکانی بیشتر در استان‌های مرکزی و جنوبی با تراکم دام بالا، استان‌های مرزی در شمال غرب و شمال شرق کشور و استان‌های غربی که دارای مناطق مرتفع هستند قرار دارند. در سایر تحقیقات انجام‌شده با رویکرد دام‌پزشکی در ایران نیز نشان داده شده است که در استان‌های مرزی چون آذربایجان شرقی و غربی به این دلیل که منطقه حائل بین همسایگان شمال غرب کشور می‌باشند [۳۲، ۳۴] و همچنین در مناطق مرزی شمال شرق کشور [۸] میزان شیوع تب برفکی بالاست. از سوی دیگر در کشورهای همسایه ایران از جمله عراق، ترکیه، افغانستان و پاکستان نیز بیماری تب برفکی اندمیک است [۳۲]. همچنین در استان‌های گرمسیر جنوبی که در فصل زمستان میزبان عشایر هستند شاهد بروز بالای بیماری تب برفکی هستیم [۳۵] که مطابق با نتایج اسکن مکانی است. در تحلیل مکانی-زمانی، وابستگی ذاتی خوشه‌های مکانی به زمان در نظر گرفته می‌شود. اسکن مکانی-زمانی ضمن تأیید نتایج اسکن مکانی نشان داد که خوشه‌ها معمولاً در فصول بهار و زمستان قرار دارند و همچنین دو عدد از پنج خوشه مکانی-زمانی در اواخر سال ۸۹ که دارای بیشترین بروز بیماری در طی کل بازه است رخ داده است. دو خوشه دیگر نیز یکی در بهار و دیگری در زمستان سال ۹۲ قرار دارد. یک خوشه نیز به طول دو سال از ابتدای سال ۹۵ تا انتهای سال ۹۶ شناسایی شده است.

نتایج اسپیرمن نشان داد که موارد رخداد بیماری با پوشش گیاهی در بهار همبستگی مثبت و در زمستان همبستگی منفی دارد. این امر می‌تواند به دلیل تغییرات پوشش گیاهی در این دو فصل باشد که در روند حرکتی و چرای دام‌ها تأثیر می‌گذارد [۲۴]. همچنین بین بیماری و دما همبستگی منفی دیده شد. این مسئله مطابق روند زمانی بروز بیماری است که در ماه‌های گرم سال میزان بروز کم و در ماه‌های سرد بیشتر است. در بررسی همبستگی عوامل محیطی که با تغییر فصول ثابت می‌مانند یافته‌ها حاکی از ارتباط مثبت بین بروز بیماری با ارتفاع، احتمالاً به دلیل وجود چراگاه‌ها و مراتع در ارتفاعات، و همچنین ارتباط منفی با جهت شیب است که

طبیعتاً به دلیل صعب‌العبور بودن چنین مناطقی برای دام می‌تواند باشد. همچنین مدل رگرسیون خطی برای اعتبارسنجی همبستگی متغیرهای اکولوژیکی مورد استفاده قرار گرفت [۳۶] که خروجی آن در تأیید نتایج تحلیل اسپیرمن بود.

۶- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

مطابق نتایج به دست آمده از آنالیزهای بررسی الگوی مکانی و کشف خوشه‌ها، این بیماری توزیع تصادفی و یکنواخت ندارد و ماهیت مکانی این بیماری سبب بروز خوشه‌های بیماری مطابق با ویژگی‌های محلی آن مناطق می‌شود. با توجه به نتایج آنالیزهای کشف خوشه‌های مکانی بیماری، بیشتر شهرهای مرزی و شهرهای با تراکم دام زیاد به عنوان آسیب پذیرترین شهرهای ایران شناسایی شدند. همچنین مناطق با آب‌وهوای معتدل و ارتفاع بالا با شرایط نامناسب اجتماعی-اقتصادی و دسترسی محدودتر به امکانات بهداشتی دام آسیب‌پذیری بیشتری نشان دادند. این بیماری در فصل بهار با ۴۴ درصد از وقوع بیماری، بیشترین آمار گزارش بیماری را به خود اختصاص داده است که ناشی از زمان جابه‌جایی دام‌ها که بسته به شرایط آب و هوایی هر منطقه و برخورد دام‌ها با یکدیگر در هنگام جابه‌جایی اتفاق می‌افتد، می‌باشد. با توجه به نتایج حاصل از بررسی مکانی و مکانی-زمانی بیماری تب برفکی به نظر می‌رسد که کانون‌های اصلی بیماری همچنان فعال هستند و همچنین بعضی از کانون‌های فرعی از بیماری در مناطقی در حال کم‌رنگ شدن می‌باشند و در عوض کانون‌های جدیدی از بیماری نیز در حال شکل‌گیری است که باید مورد توجه جدی‌تری قرار گیرند. از مهم‌ترین اهداف این تحقیق یافتن بررسی روابط بین پارامترهای اکولوژیکی و موارد رخداد بیماری می‌باشد که به آن پرداخته شد.

به عنوان کارهای آینده، می‌توان به بررسی اثر پارامتر-های محیطی، اجتماعی-اقتصادی و پارامترهایی همچون میزان مراتع در هر شهرستان و چراگاه‌های مهم که دام‌های مختلف در هنگام چرا باهم برخورد دارند، پرداخت. همچنین ارزیابی اثر عوامل مکانی همانند فاصله از رودخانه‌ها، راه‌های اصلی انتقال دام و بازارچه‌های فصلی و مرزی فروش دام، کشورهای همسایه میزبان بیماری و راه-

از محدودیت‌ها و چالش‌های این تحقیق می‌توان به کارآمد نبودن سیستم ثبت کشور اشاره کرد که ممکن است برخی گزارش‌های بیماری ثبت نشوند یا اطلاعاتشان غیر قابل اعتماد باشد و یا برخی از مناطق کشور رسیدگی لازم در جهت ثبت و گزارش داده‌ها صورت گرفته نباشد. از آنجایی که توزیع خطاها در سراسر منطقه مورد مطالعه می‌تواند یکسان باشد، در این تحقیق از آن چشم‌پوشی گردید. از طرفی، داده‌های آماری همانند تعداد دام برای هر شهرستان یا واحدهای کوچکتر در دسترس نمی‌باشند و روش دقیقی برای تخمین آمار دام وجود ندارد.

سپاسگزاری

نویسندگان این مقاله از تمامی کارکنان سازمان دامپزشکی، سازمان هواشناسی کشور و از جناب آقایان دکتر علیمحمدی و مهندس بابک رنجگر برای راهنمایی‌های بسیار ارزشمند در جهت پیشبرد این تحقیق، کمال تشکر و قدردانی را دارند.

های ارتباطی برای قاچاق دام، جنس و دمای خاک در ماه‌های مختلف، جهت جغرافیایی وزش باد بر روی بیماری در فهرست تحقیقات آینده قرار گیرد. از آنجاییکه سرعت انتقال و ویژگی بیماری تب برفکی در دام‌های مختلف سبک و سنگین متفاوت می‌باشد برای تحقیقات آتی بهتر است نوع دام سبک و سنگین به صورت تفکیک شده مورد بررسی قرار گیرد تا ویژگی‌های منحصر به فرد در هر یک از دام‌ها از جمله میزان تاثیر عوامل محیطی بر روی دام‌های مختلف بررسی گردد. این مطالعه با توجه به محدودیت زمانی و داده‌ای، به صورت فصلی انجام یافت. لذا در مطالعات آینده با توجه به اینکه بیماری تب برفکی در ماه‌ها و زمان‌های خاصی از سال دارای شیوع بیشتری می‌باشد و متغیر زمان به عنوان یکی از مهم‌ترین مولفه در تشدید بیماری تب برفکی بشمار می‌آید، توزیع بیماری مورد نظر به صورت ماهانه و زمانمند می‌تواند مبحث جدیدی برای تحقیقات پیش رو باشد. در نهایت، پیشنهاد می‌شود از روش‌های طبقه‌بندی و پیش‌بینی‌کننده مانند MaxEnt، GARP و SVM برای تولید نقشه پیش-بینی توزیع مکانی-زمانی بیماری تب برفکی، استفاده شود.

مراجع

- [1] Azarmehr, M., Mesgari, M., and Karimi, M. (2010). Spatio-temporal modeling of Malaria disease by geo-spatial information systems (GIS) and cellular automata (CA). Iranian journal of infectious diseases and tropical medicine, vol. 15, no. 48, pp. 61-69. (in Persian).
- [2] Gordis, L. (2014). Epidemiology fifth edit.
- [3] Masoomy, Z., & Mesgari, M. S. (2006). Prediction of skin cancer epidemiology for decision making using geostatistical analyses. In ASPRS 2006 Annual Conference, Reno, Nevada.
- [4] Tabasi, M. Alesheikh, A. A. (2019). Development of an Agent-Based Model for Simulation of the Spatiotemporal Spread of Leishmaniasis in GIS (Case Study: Maraveh Tappeh). Journal of Geomatics Science and Technology, vol. 8, no. 3, pp. 113-131, (in Persian).
- [5] Naves, L. A., Porto, L. B., Rosa, J. W. C., Casulari, L. A., & Rosa, J. W. C. (2015). Geographical information system (GIS) as a new tool to evaluate epidemiology based on spatial analysis and clinical outcomes in acromegaly. Pituitary, vol. 18, no. 1, pp. 8-15.
- [6] Jamal, S. M., & Belsham, G. J. (2013). Foot-and-mouth disease: past, present and future. Veterinary research, vol. 44, no. 116.
- [7] Alexandersen, S., & Mowat, N. (2005). Foot-and-mouth disease: host range and pathogenesis. In Foot-and-mouth disease virus, pp. 9-42, Springer, Berlin, Heidelberg.
- [8] Di Nardo, A., Libeau, G., Chardonnet, B., Chardonnet, P., Kock, R. A., Parekh, K., Hamblin, P., Li, Y., Parida, S., & Sumption, K. J. (2015). Serological profile of foot-and-mouth disease in wildlife populations of West and Central Africa with special reference to Syncerus caffer subspecies. Veterinary research, vol. 46, 77.
- [9] Knowles, N. J., & Samuel, A. R. (2003). Molecular epidemiology of foot-and-mouth disease virus. Virus research, vol. 91, no. 1, pp. 65-80.
- [10] Donaldson, A. (2004). Clinical signs of foot-and-mouth disease. In Foot and Mouth Disease: Current Perspectives (pp. 93-102). Horizon Bioscience Norfolk, Inglaterra.
- [11] Brown, F. (2003). The history of research in foot-and-mouth disease. Virus research, vol. 91, no. 1, pp. 3-7.

- [12] Suttmoller, P, Barteling, S. S, Olascoaga, R. C, & Sumption, K. J. (2003). Control and eradication of foot-and-mouth disease. *Virus research*, vol. 91, no.1, pp. 101-144.
- [13] Ilbeigi, K, Bokaie, S, Aghasharif, S, Magalhães, R. J. S, & Rashtibaf, M. (2018). Risk factors for recurrence of FMD outbreaks in Iran: a case-control study in a highly endemic area. *BMC veterinary research*, vol. 14, no. 1, 253.
- [14] Longjam, N, Deb, R, Sarmah, A. K, Tayo, T, Awachat, V. B, & Saxena, V. K. (2011). A brief review on diagnosis of foot-and-mouth disease of livestock: conventional to molecular tools. *Veterinary medicine international*, 2011.
- [15] Saha, S. U. J. I. T, Mishra, G. K, Singh, R. B, Shukla, M. K, Tiwari, R. I. T. E. S. H, & Saxena, S. K. (2011). Effect of FMD vaccination on semen characteristics in Holstein Friesian bulls. *Indian J. Anim. Reprod*, vol. 32, no. 2, pp. 49-51.
- [16] Rasouli, N, Otarod, V, Khalaj, M, Abdollahi, D, Barani, S. M, & Emami, J. (2010). Control and eradication of foot and mouth disease.
- [17] Depa, P. M, Dimri, U, Sharma, M. C, & Tiwari, R. (2012). Update on epidemiology and control of Foot and Mouth Disease-A menace to international trade and global animal enterprise. *Veterinary world*, vol. 5, no. 11, pp. 694-704.
- [18] Seyedalizadeh, N, Alesheikh, A. A, & Ahmadkhani, M. (2019). Spatio-temporal and ecological analysis of Brucellosis in north of Iran. *Journal of Geomatics Science and Technology*, vol. 8, no. 4, pp. 221-231, (in Persian).
- [19] AhangarCani, M, Farnaghi, M, & Shirzadi, M. R. (2016). Predictive Map of Spatio-Temporal Distribution of Leptospirosis Using Geographical Weighted Regression and Multilayer Perceptron Neural Network Methods. *Journal of Geomatics Science and Technology*, vol. 6, no. 2, pp. 79-98, (in Persian).
- [20] Entezari, M, Moradpour, S, & Amiri, M. (2016). Spatial distribution and the impact of geographical factors on brucellosis in Chaharmahal and Bakhtiari Province, Iran. *International Journal of Epidemiologic Research*, vol. 3, no. 2, pp. 98-105.
- [21] Lawson, A. B, & Zhou, H. (2005). Spatial statistical modeling of disease outbreaks with particular reference to the UK foot and mouth disease (FMD) epidemic of 2001. *Preventive veterinary medicine*, 71(3-4), pp. 141-156.
- [22] Branscum, A. J, Perez, A. M, Johnson, W. O, & Thurmond, M. C. (2008). Bayesian spatiotemporal analysis of foot-and-mouth disease data from the Republic of Turkey. *Epidemiology & Infection*, vol. 136, no. 6, pp. 833-842.
- [23] Ward, M. P, Laffan, S. W, & Highfield, L. D. (2007). The potential role of wild and feral animals as reservoirs of foot-and-mouth disease. *Preventive veterinary medicine*, vol. 80, no. 1, pp. 9-23.
- [24] Dion, E, VanSchalkwyk, L, & Lambin, E. F. (2011). The landscape epidemiology of foot-and-mouth disease in South Africa: A spatially explicit multi-agent simulation. *Ecological Modelling*, vol. 222, no. 13, pp. 2059-2072.
- [25] Noudèkè, N, Houndjè, E, Zannou, O, Dotché, I, Youssao, I, & Farougou, S. (2017). Space-Time Analysis of Foot-and-Mouth Disease from 2005 to 2014 among Cattle Populations in Benin: A Retrospective Study. *Open Journal of Animal Sciences*, 7(01), 30.
- [26] Lee, H. S, Pham, T. L, & Wieland, B. (2019). Temporal patterns and space-time cluster analysis of foot-and-mouth disease (FMD) cases from 2007 to 2017 in Vietnam. *Transboundary and emerging diseases*, 00, pp. 1–8.
- [27] Chen, J., Wang, J., Wang, M., Liang, R., Lu, Y., Zhang, Q., Chen, Q., & Niu, B. (2020). Retrospect and Risk Analysis of Foot-and-Mouth Disease in China Based on Integrated Surveillance and Spatial Analysis Tools. *Frontiers in Veterinary Science*, 6, 511.
- [28] Ghodousi, M., Sadeghi-Niaraki, A., Rabiee, F., & Choi, S. M. (2020). Spatial-Temporal Analysis of Point Distribution Pattern of Schools Using Spatial Autocorrelation Indices in Bojnourd City. *Sustainability*, 12(18), 7755.
- [29] Jana, M., & Sar, N. (2016). Modeling of hotspot detection using cluster outlier analysis and Getis-Ord Gi* statistic of educational development in upper-primary level, India. *Modeling Earth Systems and Environment*, 2(2), 60.
- [30] Kulldorff, M. (2001). Prospective time periodic geographical disease surveillance using a scan statistic. *Journal of the Royal Statistical Society: Series A (Statistics in Society)*, vol. 164, no. 1, pp. 61-72.
- [31] Ahmadkhani, M., Alesheikh, A. A., Khakifirouz, S., & Salehi-Vaziri, M. (2018). Space-time epidemiology of Crimean-Congo hemorrhagic fever (CCHF) in Iran. *Ticks and tick-borne diseases*, 9(2), 207-216.

- [32] Emami, J., Rasouli, N., McLaws, M., & Bartels, C. J. M. (2015). Risk factors for infection with Foot-and-Mouth Disease virus in a cattle population vaccinated with a non-purified vaccine in Iran. *Preventive veterinary medicine*, 119(3-4), 114-122.
- [33] Keeling, M. J., Woolhouse, M. E., Shaw, D. J., Matthews, L., Chase-Topping, M., Haydon, D. T., Cornell, S.J., Kappey, J., Wilesmith, J., & Grenfell, B. T. (2001). Dynamics of the 2001 UK foot and mouth epidemic: stochastic dispersal in a heterogeneous landscape. *Science*, 294(5543), 813-817.
- [34] Hosseini, M. Mahmoudan, N. Kiani, G. A. Sedighi, M. R. Hasanzadeh, R. Moazami, L, & Roustaei, M. (2007). A study on the mouth epithelium samples submitted to iran central veterinary laboratory during the year of 2000-2001, for fmdv investigation, using cft, elisa, and virus isolation and its prevalence in Iran. *J.Vet.Res*, vol. 62, no. 5, pp. 251-255, (in Persian).
- [35] Rahimi D. Kazemi A. Baratian A. (2013). Identify areas at risk of common zoonotic diseases in khuzestan province. *Journal of spatial planning*. vol. 3, no. 1 (8), pp. 117-128 (in Persian).
- [36] Ahmadkhani, M., & Alesheikh, A. A. (2017). Space-time analysis of human brucellosis considering environmental factors in Iran. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*, 7(5), 257-265.