مقاله پژوهشی

مجله انفورماتیک سلامت و زیست پزشکی
مرکز تحقیقات انفورماتیک پزشکی
دوره پنجم شماره سوم. ص۳۶۰-۳۴۸، ۱۳۹۷

تحلیل مکانی و شناسایی مناطق پرخطر بیماری بروسلوز انسانی با استفاده از روش‌های اندازه‌گیری خود همبستگی مکانی

پیمان عباسی[1]*، مجید کیاورز مقدم[2]، محمد عباسی[3]

• دریافت مقاله: ۹۷/۳/۱۶ • پذیرش مقاله: ۹۷/۶/۱۰

مقدمه: بیماری بروسلوز شایع‌ترین بیماری مشترک بین انسان و دام است که به عنوان یک تهدید بالقوه بهداشت عمومی محسوب می‌گردد. استفاده از سیستم اطلاعات مکانی کمک شایان توجهی به مدیران و تصمیم‌گیران حوزه سلامت عمومی جامعه در خصوص طراحی، اجرا و نظارت بر برنامه‌های کنترلی می‌کند.

روش: در این مطالعه توصیفی- مقطعی به منظور تعیین نوع الگوی سالانه بیماری از آماره عمومی موران، برای شناسایی مناطق پرخطر از آماره‌های محلی موران و Getis-Ord Local G* و برای مقایسه الگوی مکانی بیماری براساس میزان بروز سالانه در هر دو سال متوالی از آماره موران تفاضلی استفاده شد.

نتایج: نتایج نشان داد که بیشترین موارد در بازه زمانی هفت ساله در دهستان‌های شهرستان ملایر و کمترین موارد در شهرستان‌های اسدآباد و تویسرکان و نواحی مرکزی و غربی استان قرار دارند. میزان بروز بیماری از سال ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۳ افزایش و در سال ۱۳۹۴ کاهش یافته است. در خصوص تحلیل الگوی بیماری، الگوی همه سال‌ها به جزء سال ۱۳۹۱ خوشه‌ای تشخیص داده شد. خوشه‌های شناسایی شده توسط آماره‌های محلی موران و G^* نشان دادند که خوشه‌های با نرخ بروز بالا و نقاط داغ در جنوب شرقی استان همدان قرار داشتند. نتایج حاصل از آماره موران تفاضلی نشان از ایجاد مناطق پرخطر جدید با گذر زمان در سطح استان دارد.

نتیجه‌گیری: با مقایسه الگوی مکانی بیماری برای سال‌های مختلف می‌توان گفت برنامه‌های کنترلی فعلی کارایی لازم را نداشته و نیازمند یک بازنگری کلی می‌باشند. نتایج حاصل از این مطالعه در تعیین نقطه شروع برنامه‌های آتی و بررسی میزان اثربخشی آن‌ها قابل استفاده می‌باشد.

کلید واژه‌ها: تحلیل الگوی نقطه‌ای، بیماری بروسلوز، آماره‌های عمومی و محلی موران، آماره G^*، آماره موران تفاضلی، استان همدان

• **ارجاع:** عباسی پیمان، کیاورز مقدم مجید، عباسی محمد. تحلیل مکانی و شناسایی مناطق پرخطر بیماری بروسلوز انسانی با استفاده از روش‌های اندازه‌گیری خودهمبستگی مکانی. مجله انفورماتیک سلامت و زیست پزشکی ۱۳۹۷؛ ۵(۳): ۳۶۰-۳۴۸.

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد سیستم اطلاعات مکانی، گروه سیستم اطلاعات مکانی، دانشکده نقشه برداری، مؤسسه آموزش عالی عمران و توسعه، همدان، ایران

۲. دکتری سنجش از دور، استادیار گروه سنجش از دور و GIS، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۳. کارشناسی ارشد سیستم اطلاعات مکانی، گروه سیستم اطلاعات مکانی، دانشکده نقشه‌برداری، موسسه آموزش عالی عمران و توسعه، همدان، ایران

* **نویسنده مسئول:** استان همدان، شهر همدان، مؤسسه آموزش عالی عمران و توسعه

• **شماره تماس:** ۰۹۱۲۲۴۱۵۶۶۹

• **Email:** P.abbasi6972@gmail.com

[Downloaded from jhbmi.com on 2026-10-03]

مقدمه

بیماری بروسلوز یکی از بیماری‌های مشترک انسان و دام است که از دام آلوده به انسان منتقل می‌گردد عامل بیماری بروسلوز یک میکروب گرم منفی، کوچک، هوازی و غیر متحرک به نام بروسلا است که فاقد پوشینه و هاگ می‌باشد. این میکروب طیف وسیعی از پستانداران از جمله انسان، گاو، گوسفند، بز، خوک، جوندگان و پستانداران دریایی را مبتلا می‌کند که در بیشتر مواقع دستگاه تولیدمثل حیوانات را مبتلا نموده و باعث کاهش قدرت باروری در دام‌ها می‌شود [۱]. بروسلا از طریق دستگاه گوارش، دستگاه تنفس، مخاط و پوست ناسالم وارد بدن انسان می‌شود، انتشار باسیل در بدن از طریق جریان خون و سیستم لنفاوی صورت گرفته و در نهایت منجر به عفونت و بیماری می‌گردد. انسان معمولاً از طریق مصرف شیر و فرآورده‌های لبنی آلوده، تماس نزدیک و مستقیم با ترشحات دام و یا گوشت حیوان آلوده به بیماری مبتلا می‌شود [۲،۳]. طبق گزارش‌های جهانی در سال ۲۰۰۶ تعداد بیماران مبتلا به بروسلوز در جهان ۵۰۰۰۰۰۰ نفر گزارش شده است. در طی سال‌های گذشته کشورهای مختلف دنیا اعم از کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه در تلاش برای کنترل و یا ریشه کنی بیماری بوده‌اند. از این بین کشورها فرانسه، اسرائیل و قسمت عمده آمریکای لاتین بیماری را کنترل کرده که در برابر آن خاورمیانه به ویژه در کشوری چون سوریه بیماری همچنان رو به افزایش بوده و کانون‌های جدیدی برای بیماری در این مناطق ایجاد شده است [۵، ۴]. با بررسی تعداد و میزان بروز بیماری در کشور، بیماری از سال ۱۳۵۹ لغایت ۱۳۶۸ رو به افزایش بوده است و از سال ۱۳۶۸ لغایت ۱۳۸۹ با شروع برنامه‌های اول و دوم توسعه از ۱۷۰ مورد در صدهزار نفر به حدود ۱۵/۹ درصد هزار نفر رسیده است و به دنبال ارتقاء سیستم مراقبت و گزارش‌دهی بیماری روند نسبتاً رو به افزایش بیماری از سال ۱۳۷۸ لغایت ۱۳۸۴ وجود داشته است و از سال ۱۳۸۵ به دنبال موفقیت در افزایش پوشش واکسیناسیون دام‌ها روند بیماری رو به کاهش بوده است [۲]. طبق آمار گزارش شده سال ۱۳۸۹ توسط بخش بیماری‌های واگیردار وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی در خصوص پراکندگی بیماری در کشور انسان‌های ساکن در استان‌های غربی و شمال‌غربی کشور بیشتر در معرض ابتلا قرار دارند [۶]. مطالعه نحوه انتشار بیماری‌ها و شناسایی عوامل بیماری‌زا، توزیع بیماری‌ها در زمان‌ها، مکان‌ها، نژادها یا فرهنگ‌های خاص یا هر عاملی که به سلامت مربوط باشد همه‌گیرشناسی یا اپیدمیولوژی می‌گویند [۷]. در شناخت همه‌گیری یک بیماری سه عامل اساسی زمان، مکان و شخص بیمار مورد بررسی قرار می‌گیرند [۸]. مطالعه جغرافیای منطقه در بررسی بیماری‌ها از اهمیت خاصی برخوردار است؛ زیرا وقوع بسیاری از بیماری‌ها به شرایط جغرافیایی منطقه وابسته است. بسیاری از عوامل بیماری‌زا اپیدمیک هستند و به منطقه یا ناحیه خاصی تعلق ندارند، درحالی که برخی از آن‌ها در مناطق خاصی رخ می‌دهند؛ بنابراین جغرافیا و مکان در بررسی بیماری‌ها اهمیت خاصی پیدا می‌کنند [۹]. با پیشرفت سیستم اطلاعات مکانی در ۳۰ سال اخیر ابزارهای قدرتمند و مفیدی برای مطالعه الگوها در زمینه‌های مختلف فراهم شده که سیستم اطلاعات مکانی یک ابزار ارزشمند در خصوص مطالعه بیماری‌های عفونی می‌باشد [۸]. از این رو یکی از زمینه‌های کاربردی سیستم اطلاعات مکانی که امروزه در سطح جهان به صورت وسیع استفاده می‌شود اطلاع‌رسانی و کمک به تصمیم‌گیری در مدیریت بهداشت و درمان و پیشگیری از وقوع، شیوع و کنترل بیماری‌های مختلف است که با عنوان Health GIS شناخته می‌شود [۱۰]. از جمله کاربردهای سیستم اطلاعات مکانی در بخش بهداشت و درمان عبارت‌اند از: بررسی توزیع جغرافیایی بیماری‌ها، تحلیل تغییرات مکانی و زمانی و تحلیل الگوی بیماری‌ها [۱۰]. در خصوص بررسی بیماری بروسلوز انسانی، آنالیزهای برپایه GIS بسیار متنوع می‌باشند [۱۱] که تاکنون مطالعات متعددی پیرامون این بیماری با بهره‌گیری از GIS و تحلیل‌های مکانی در کشورها و مناطق مختلف جهان انجام شده است. Haghdoost و همکاران مطالعه‌ای در خصوص بررسی توزیع مکانی بیماری بروسلوز در بردسیر کرمان (به عنوان یک منطقه آندمیک) با استفاده از سیستم اطلاعات مکانی انجام داده‌اند. نتایج این تحقیق حاکی از وجود اکثر روستاهای با خطر بالا در شمال و جنوب بردسیر بوده است [۱۱]. در کشور ارمنستان، Porphyre و همکاران اقدام به تشریح الگوهای جغرافیایی و شناسایی عوامل مرتبط با وقوع سرولوژیکی بروسلوز در نشخوارکنندگان کرده‌اند. نتایج این تحقیق نشان دهنده توزیع گسترده بروسلوز در منطقه مطالعاتی برای گله‌های گاو و نشخوارکنندگان کوچک بوده است [۱۲]. طی تحقیقی در کشور آذربایجان توزیع مکانی و زمانی بروسلوز انسانی با استفاده از آماره‌های تحلیل مکانی و مکانی-زمانی مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. در ادامه برای شناسایی خوشه‌های

[Downloaded from jhbmi.com on 2026-10-03]

مکانی از آماره موران محلی و برای خوشه‌های مکانی-زمانی از آزمون EMM (Edward-Ederer-Mantel test) استفاده شده است. نتایج این تحقیق نشان داد که طی سال‌های ۱۹۹۵ تا ۱۹۹۹ خوشه‌های مکانی در غرب و طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۹ خوشه‌ها در شرق کشور وجود داشته‌اند [۱۳]. در سال ۲۰۱۳ خوشه‌های مکانی و زمانی بروز بیماری بروسلوز برای کشور اکوادور مورد بررسی قرار گرفته است. در این تحقیق خوشه‌های معنادار مکانی-زمانی در ارتفاعات شمال و جنوب و بخش‌های آمازونی اکوادور یافت شد [۱۴]. Mollalo و همکاران در تحقیقی به تجزیه و تحلیل مکانی و مکانی-زمانی بیماری بروسلوز در ایران طی بازه زمانی ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۲ پرداخته‌اند. در این تحقیق برای شناسایی مناطق پرخطر از آماره‌های محلی موران، اسکن مکانی و اسکن مکانی-زمانی استفاده شده است. مناطق پرخطر شناسایی شده عمدتاً در مناطق غرب، شمال غربی و شمال شرقی واقع شده‌اند [۱۵]. در نظر گرفتن جنبه مکانی بیماری در آنالیزها کمک شایانی به مدیران و تصمیم‌گیرندگان حوزه سلامت عمومی جامعه برای انتخاب نقاط شروع برنامه‌های کنترلی و طراحی برنامه‌های پویا به منظور جلوگیری از هدر رفت منابع می‌کند. با در نظر گرفتن توزیع ناهمگون موارد مثبت بیماری بروسلوز در مناطق مختلف ایران سؤالات بنیادی تحقیق بدین شرح مطرح می‌شوند:

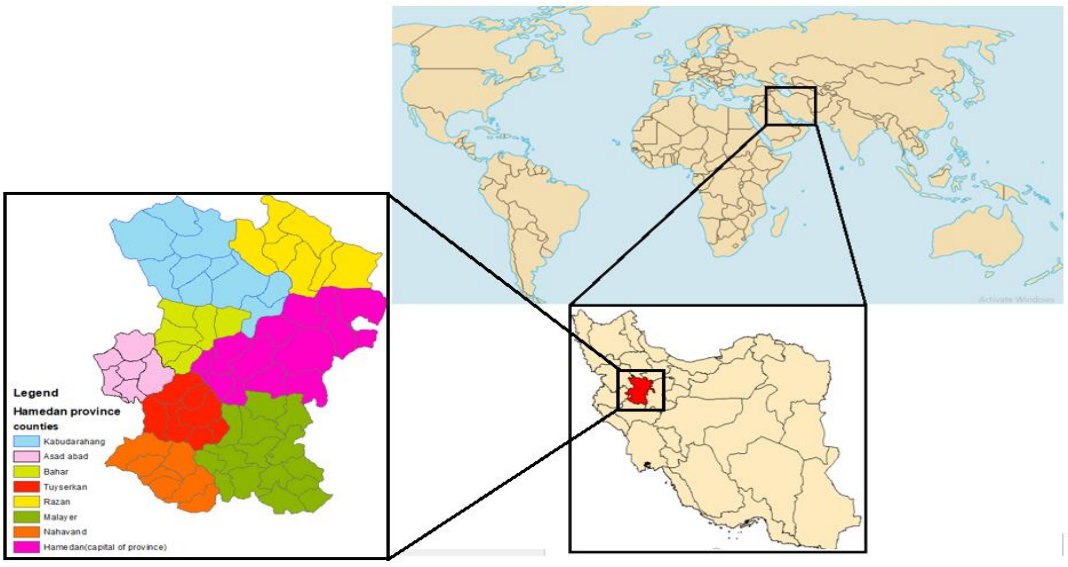
- بیشترین موارد بیماری مربوط به چه مناطقی هستند؟
- نوع الگوی بیماری چگونه است (تصادفی، پراکنده و خوشه‌ای)؟
- نقاط داغ در چه مناطقی به وجود آمده‌اند؟
- تغییرات الگوی مکانی بیماری در گذر زمان چگونه است؟

برای پاسخگویی به این سؤالات اساسی، سه هدف اصلی تحقیق حاضر با به کارگیری GIS و آنالیزهای مکانی و موارد مثبت بیماری بروسلوز در استان همدان عبارت‌اند از: بررسی خودهمبستگی و الگوی مکانی بیماری، شناسایی مناطق پرخطر و خوشه‌های بیماری و بررسی تغییرات الگوی مکانی بیماری در گذر زمان.

روش

منطقه مطالعاتی و داده‌ها:

مطالعه توصیفی- مقطعی حاضر از سال ۱۳۸۸-۱۳۹۴ در استان همدان انجام شد که یکی از استان‌های غربی ایران با مساحت ۱۹۵۴۶ کیلومتر مربع می‌باشد (شکل ۱) استان همدان دارای نرخ بروز بالا برای بیماری بروسلوز در مقایسه با اکثر استان‌های کشور می‌باشد [۱۶]. آمار مربوط به موارد مثبت بیماری از بخش مدیریت بیماری‌های واگیردار وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی کشور شامل آدرس بیماران و زمان ابتلا برای بازه زمانی ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۴ تهیه و در نقشه‌های تهیه شده از سازمان نقشه‌برداری کشور در سطح دهستان وارد شده است. جمعیت استان همدان به تفکیک دهستان از سرشماری‌های ۱۳۸۵، ۱۳۹۰ و ۱۳۹۵ از سازمان برنامه و بودجه همدان تهیه و برای سال‌های مختلف برآورد شده است. در نهایت تحلیل‌های مورد نظر در نرم‌افزارهای ArcGIS 10,2 و GeoDa 1,12 انجام شد.



شکل ۱: موقعیت مکانی منطقه مطالعاتی (استان همدان) در ایران و جهان

[Downloaded from jhbmi.com on 2026-10-03]

تحلیل الگوی مکانی: بنا به اصل اول جغرافیایی تابلر (Tobler's first law of Geography) (هر چیزی به هرچیزی مرتبط است؛ اما چیزهای نزدیک بیشتر از آن‌هایی که دورترند به هم مرتبط هستند). اغلب این وابستگی با عنوان خودهمبستگی مکانی شناخته می‌شود. در بحث خودهمبستگی مکانی فرض صفر این گونه مطرح می‌شود که هیچ الگوی مکانی برای نرخ بروز بیماری بروسلوز وجود ندارد. به منظور بررسی نوع الگوی بیماری (تصادفی، پراکنده و خوشه‌ای) آزمون‌های مختلفی وجود دارد. شاخص موران به عنوان پرکاربردترین روش اندازه‌گیری خودهمبستگی مکانی، در واقع تبدیل اندازه‌گیری همبستگی غیر مکانی به شکل مکانی است که معمولاً برای واحدهای پلیگونی استفاده می‌شود. معناداری آزمون براساس دو شاخص Z-score و P-value برآورد شد. شاخص I برای n رخداد موجود در الگو با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد [۱۷].

$$I_i = \frac{N}{\sum_i \sum_j w_{ij}} \frac{\sum_i \sum_j w_{ij}(X_i - \bar{X})(X_j - \bar{X})}{\sum_i (X_i - \bar{X})} \quad \text{(رابطه ۱)}$$

که در این رابطه X_i و X_j مربوط به میزان بروز سالانه بیماری در دو پلیگون i و j؛ N تعداد کل پلیگون‌ها؛ W_{ij} میزان نزدیکی مربوط به دو پلیگون i و j بوده که از ماتریس وزن استخراج می‌شود. ماتریس وزن براساس مجاورت دو پلیگون تعریف می‌شود. به طور کلی یکی از راه‌های نمایش خودهمبستگی مکانی استفاده از اسکترپلات (Scatterplott) می‌باشد که براساس ارتباط یک متغیر با همان متغیر در موقعیت‌های اطراف تعریف می‌شود.

شناسایی خوشه‌ها و نقاط داغ: روش‌های عمومی بررسی الگوی مکانی به منظور تشخیص نوع الگو به کار می‌روند؛ بنابراین این روش‌ها قابلیت شناسایی موقعیت خوشه‌ها را ندارند. از این رو برای شناسایی موقعیت‌های دارای میزان بروز بالای بروسلوز از دو شاخص محلی موران و G* استفاده شد. شناسایی خوشه‌ها براساس میزان بروز تجمعی برای بازه هفت ساله انجام شد. آماره عمومی موران با مشخصات مشابه رابطه ۲ به صورت زیر محاسبه شد [۱۷]:

$$I_i = (Y_i - \bar{Y}) \sum_{j=1, i \neq j}^{N} W_{ij} (Y_i - \bar{Y}) \quad \text{(رابطه ۲)}$$

در این رابطه Y_i میزان بروز سالانه پلیگون iام؛ $\bar{Y}$ میانگین میزان بروز سالانه؛ W_{ij} میزان نزدیکی دو پلیگون i و j بوده که از ماتریس وزن استخراج می‌شود. در حالت کلی شاخص محلی موران ۵ نوع ناحیه براساس سطح معنادار شناسایی می‌کند.

۱) غیر معنادار (Not significant): خوشه محلی شناسایی شده معنادار نیست.
۲) زیاد-زیاد (High-High): یک موقعیت با مقدار بزرگ میزان بروز بیماری همراه مقادیر بزرگ دیگر کنار هم قرار گرفته‌اند.
۳) کم-کم (Low-low): یک موقعیت با مقدار کوچک بروز بیماری همراه مقادیر کوچک دیگر کنار هم قرار گرفته‌اند.
۴) زیاد-کم (High-low): یک موقعیت با مقدار بزرگ بروز بیماری توسط مقادیر کوچک احاطه شده است.
۵) کم-زیاد (Low-high): یک موقعیت با مقدار کوچک بروز بیماری توسط مقادیر بزرگ احاطه شده است.

به منظور شناسایی وجود یا عدم وجود نقاط داغ و نقاط سرد آماره G مورد استفاده قرار گرفت. برای شناسایی موقعیت این نقاط از شاخص محلی G* استفاده شد. نوع محلی آماره G به دو صورت G و G* معرفی می‌شود. تفاوت این دو در به کارگیری مشاهده iام در محاسبات می‌باشد. به طوری که برعکس محاسبات G، محاسبات شاخص G* شامل مشاهده iام نیز می‌شود [۱۷،۱۸].

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^{n} W_{ij} X_j - \bar{X} \sum_{j=1}^{n} W_{ij}}{S \sqrt{\frac{\left[n \sum_{j=1}^{n} W_{ij}^2 - (\sum_{j=1}^{n} W_{ij})^2\right]}{n-1}}} \quad \text{(رابطه ۳)}$$

[Downloaded from jhbmi.com on 2026-10-03]

در این رابطه X_j میزان بروز سالانه پلیگون iام؛ W_{ij} میزان نزدیکی دو پلیگون i و j می‌باشد. به طور کلی آماره محلی G^*دو نوع ناحیه به صورت زیاد-زیاد و کم-کم شناسایی می‌کند که به ترتیب با عناوین نقاط داغ و نقاط سرد شناخته می‌شوند.

یکی دیگر از روش‌های شناسایی خوشه‌های مکانی استفاده از آماره محلی موران تفاضلی می‌باشد. آماره محلی موران تفاضلی

$Z = (V_i - \bar{V})$ (رابطه ۴)

که در این رابطه $Z(V_{j,t2} - V_{j,t1})$ و $Z(V_{i,t2} - V_{i,t1})$ مقادیر نرمالیزه شده متغیر V در دو زمان t_1 و t_2 می‌باشند. در حالت کلی شاخص محلی موران ۵ نوع ناحیه براساس سطح معنادار شناسایی می‌کند:

۱) غیر معنادار (Not significant): خوشه محلی شناسایی شده معنادار نیست.
۲) زیاد-زیاد (High-High): یک موقعیت با مقدار بزرگ تفاضل میزان بروز بیماری در دو سال متوالی کنار مقادیر بزرگ دیگر قرار گرفته است.
۳) کم-کم (Low-low): یک موقعیت با مقدار کوچک تفاضل میزان بروز بیماری در دو سال متوالی کنار مقادیر کوچک دیگر قرار گرفته است.
۴) زیاد-کم (High-low): یک موقعیت با مقدار بزرگ تفاضل میزان بروز بیماری در دو سال متوالی توسط مقادیر کوچک احاطه شده است.
۵) کم-زیاد (Low-high): یک موقعیت با مقدار کوچک میزان بروز بیماری در دو سال متوالی توسط مقادیر بزرگ احاطه شده است.

در این مطالعه ماتریس وزن مربوط به تحلیل‌های مکانی با استفاده از نرم‌افزار GeoDa 1.12 و براساس تابع یک نمونه گسترش یافته از آماره محلی موران می‌باشد. از این آماره زمانی استفاده می‌شود که تغییرات یک متغیر در گذر زمان برای پلیگون‌ها به همسایه‌های آن وابسته باشد. به عبارتی دیگر این آماره تغییرات الگوی مکانی برای یک متغیر مشابه در دو بازه زمانی مختلف را اندازه‌گیری می‌کند. این آماره با استفاده از رابطه ۴ محاسبه شد [۱۹].

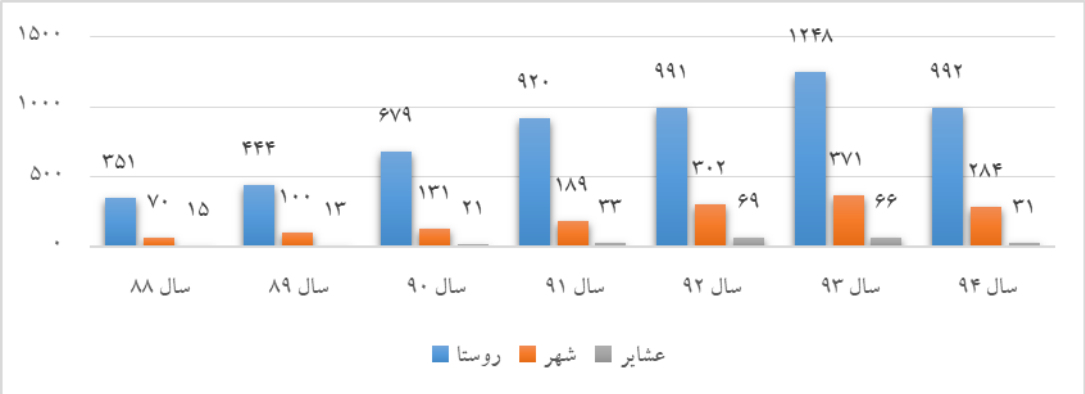
$$I_i = Z(V_{i,t_2} - V_{i,t_1}) \sum_{j=1, i \neq j}^{N} W_{ij} Z(V_{j,t_2} - V_{j,t_1}) \quad ,$$

نزدیک‌ترین همسایه و تعداد هفت همسایه تعریف شد. به منظور اخذ دقت بالا برای نتایج، تعداد ۹۹۹ تکرار برای شبیه‌سازی در نظر گرفته شد.

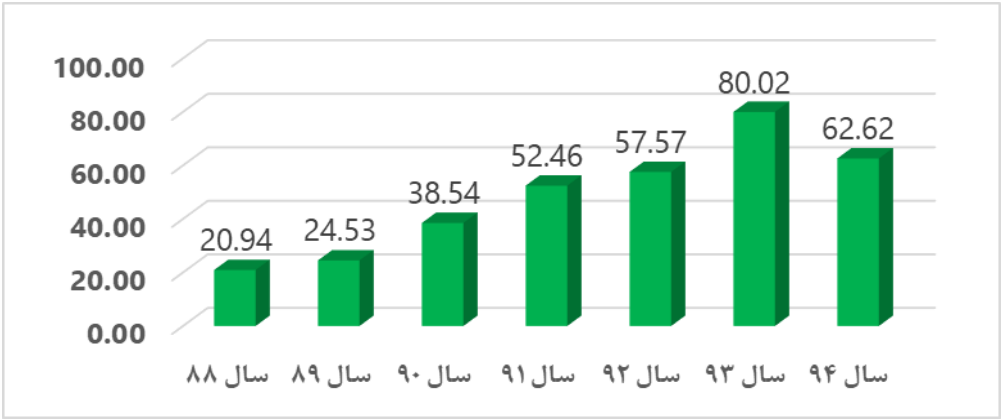
نتایج

در این مطالعه موارد بروز بروسلوز برای دوره هفت ساله تعداد ۷۳۲۰ بیمار ثبت شده است. از این بین، موارد بیماری در روستا نسبت به شهر در همه سال‌ها به طور چشم‌گیری بیشتر بود. کمترین موارد بیماری نیز بین عشایر استان همدان است (شکل ۲). میزان بروز بیماری از سال ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۳ به صورت صعودی بوده و بیشترین میزان بروز مربوط به سال ۱۳۹۳ (۸۰/۰۲ در ۱۰۰۰۰۰ نفر) می‌باشد. در سال ۱۳۹۴ میزان بروز بیماری به میزان قابل توجهی کاهش داشته، ولی همچنان مقدار بالایی است (شکل ۳). بیشترین موارد در بازه زمانی هفت ساله در دهستان‌های شهرستان ملایر (المهدی و ترک شرقی- نواحی جنوب غربی) و کمترین موارد در شهرستان‌های اسدآباد و تویسرکان و نواحی مرکزی و غربی استان قرار دارند (شکل ۴).

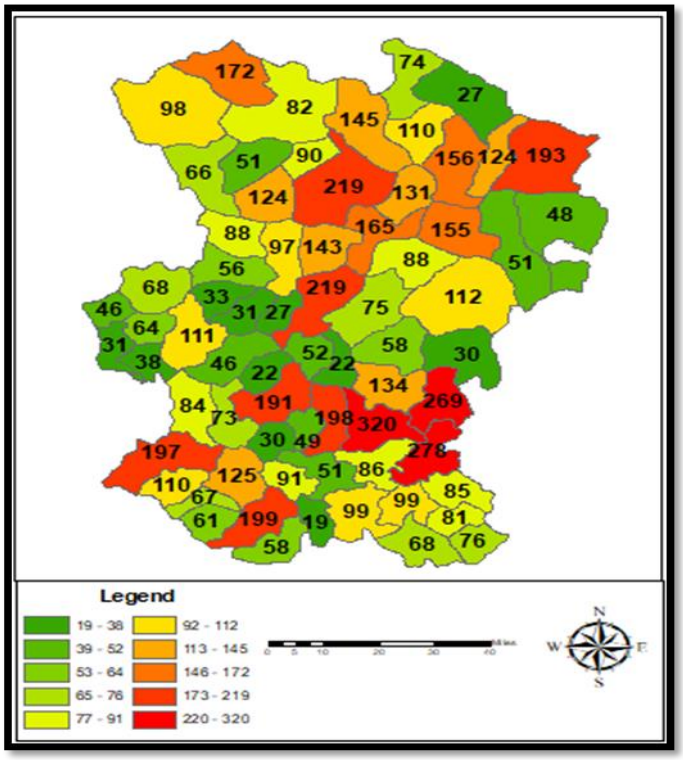
[Downloaded from jhbmi.com on 2026-10-03]



شکل ۱: توزیع بیماری بروسلوز در سبک‌های مختلف زندگی



شکل ۲: میزان بروز بیماری بروسلوز در هر ۱۰۰۰۰۰ نفر طی بازه زمانی ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۴



شکل ۳: توزیع مکانی موارد بیماری بروسلوز در سطح دهستان طی بازه هفت ساله

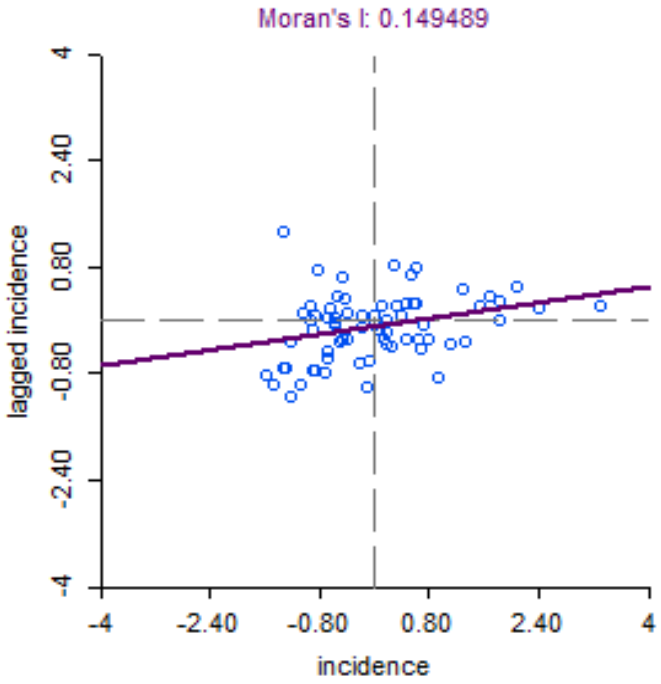
[Downloaded from jhbmi.com on 2026-10-03]

در خصوص تحلیل الگوی پلیگونی بیماری براساس آماره عمومی موران، الگوی همه سال‌ها به جزء سال ۱۳۹۱ خوشه‌ای تشخیص داده شد. به طوری که بیشترین و کمترین مقدار شاخص موران برای الگوهای خوشه‌ای به ترتیب برای سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۸۸ شناسایی شد. در خصوص معناداری الگوهای خوشه‌ای، همه الگوها معنادار تشخیص داده شدند (جدول ۱). مقدار آماره عمومی موران برای میزان بروز تجمعی هفت ساله بیماری برابر ۰/۱۴۹ تشخیص داده شد که نشان دهنده خوشه‌ای بودن الگوی مورد نظر می‌باشد.

خوشه‌های شناسایی شده توسط آماره محلی موران نشان دادند که خوشه‌های با مقادیر زیاد بیماری در جنوب شرقی استان، خوشه‌های با مقادیر کم بیماری در مناطق مرکزی مایل به غرب قرار دارند. علاوه بر این مناطقی در جنوب شرقی و جنوب استان شناسایی شدند که مقادیر کم توسط مقادیر زیاد احاطه شده‌اند (شکل ۶).

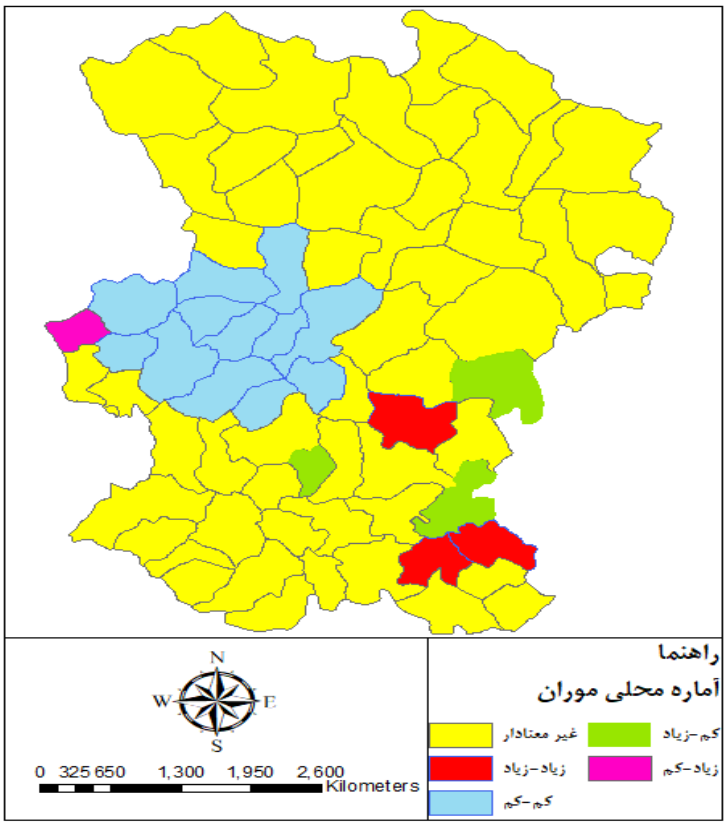
جدول ۱: نتایج آماره عمومی موران برای میزان بروز تجمعی سالانه بیماری بروسلوز

نوع الگو	واریانس	Z-Score	P-Value	آماره موران پیش‌بینی شده	آماره موران مشاهداتی	سال
خوشه‌ای	۰/۰۰۲۷	۱/۹۶۱۷	۰/۰۴۹۸	−۰/۰۱۴۴۹	۰/۰۸۶۸۶	۱۳۸۸
خوشه‌ای	۰/۰۰۲۴	۲/۹۶۹۴	۰/۰۰۳۰	−۰/۰۱۴۴۹	۰/۱۳۰۷۰	۱۳۸۹
خوشه‌ای	۰/۰۰۲۵	۲/۴۶۹۶	۰/۰۱۳۵	−۰/۰۱۴۴۹	۰/۱۰۹۸۳	۱۳۹۰
تصادفی	۰/۰۰۲۸	−۱/۶۴۰۵	۰/۱۰۱۰	−۰/۰۱۴۴۹	−۰/۱۰۱۸۱	۱۳۹۱
خوشه‌ای	۰/۰۰۲۷	۳/۱۸۵۶	۰/۰۰۱۴	−۰/۰۱۴۴۹	۰/۱۵۰۵۵	۱۳۹۲
خوشه‌ای	۰/۰۰۲۸	۲/۸۶۹۳	۰/۰۰۴۱	−۰/۰۱۴۴۹	۰/۱۳۷۶۳	۱۳۹۳
خوشه‌ای	۰/۰۰۲۵	۳/۱۵۶۹	۰/۰۰۱۶	−۰/۰۱۴۴۹	۰/۱۴۴۵۱	۱۳۹۴



شکل ۴: اسکترپلات آماره عمومی موران برای میزان بروز تجمعی هفت ساله بیماری بروسلوز از ۱۳۸۸ تا ۱۳۸۹

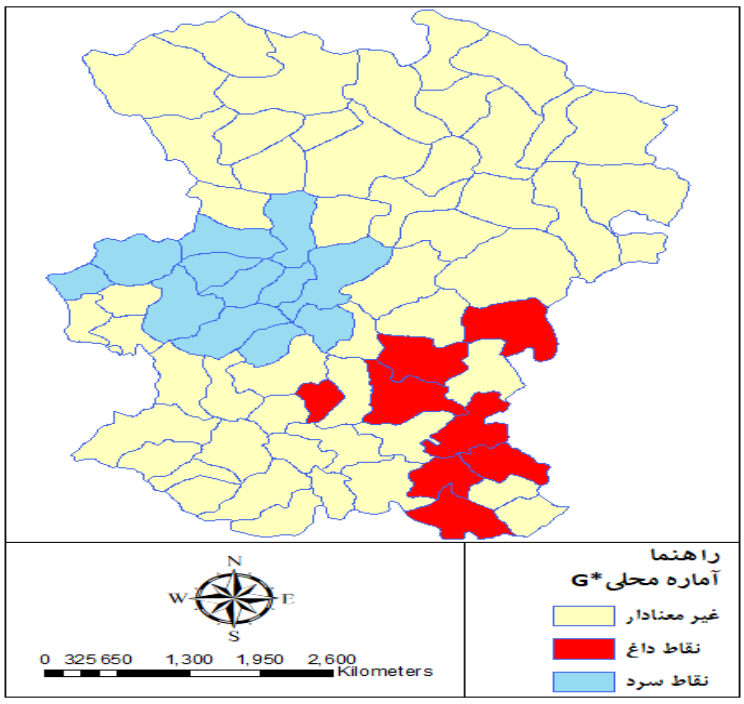
[Downloaded from jhbmi.com on 2026-10-03]



شکل ۵: نتیجه آماره محلی موران برای میزان بروز تجمعی هفت ساله بیماری بروسلوز

آماره G* نشان داد که نقاط داغ بیشتر در نواحی غربی و جنوب شرقی استان همدان و به طور دقیق‌تر در اطراف شهرستان ملایر قرار داشتند. در نقطه مقابل، نقاط سرد بیشتر در مناطق مرکزی مایل به غرب استان که شامل بخش‌هایی از شهرستان بهار، تویسرکان و اسدآباد است، دیده شدند (شکل ۷).

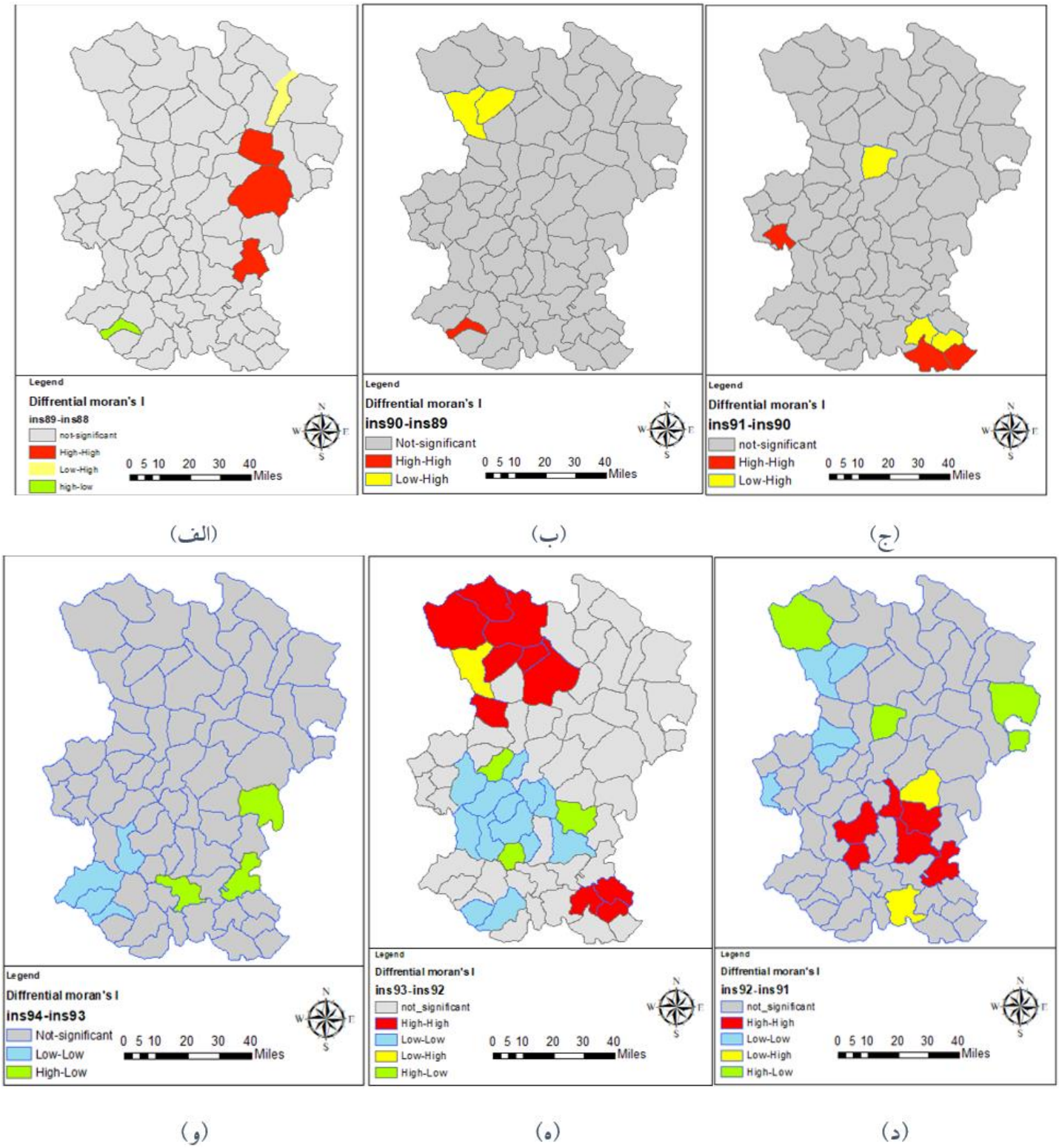
[Downloaded from jhbmi.com on 2026-10-03]



شکل ۶: نتیجه آماره محلی *G برای میزان بروز تجمعی هفت ساله بیماری بروسلوز

نتایج مربوط به شاخص موران تفاضلی نشان داد که خوشه‌های شناسایی شده در مقایسه الگوی سال‌های ۸۸ و ۸۹ برای میزان بروز بیماری عمدتاً به صورت تجمع مقادیر بزرگ تفاضل میزان بروز بیماری می‌باشد که بیانگر اختلاف زیاد مقادیر بروز بیماری برای ۲ نوع الگوی متوالی بوده که این نوع خوشه‌ها در شرق استان قرار گرفته‌اند (شکل ۸–الف). در مقایسه الگوی سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ با توجه به تعداد کم خوشه‌های شناسایی شده، میزان بروز بیماری در کل استان روند نسبتاً ثابتی داشته و خوشه‌های اندک شناسایی شده عمدتاً شامل مناطقی هستند که میزان بروز بیماری از سال ۸۹ تا ۹۰ کاهش داشته است (شکل ۸–ب). در نتایج حاصله برای الگوی سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ به طور کلی دو نوع خوشه شناسایی شده‌اند که عمدتاً در جنوب شرقی استان قرار گرفته‌اند. به طور کلی میزان بروز بیماری در برخی نواحی افزایش (خوشه‌های زیاد–زیاد) و در برخی نواحی کاهش داشته است (شکل ۸–ج). در مقایسه الگوی سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ با توجه به تعداد زیاد خوشه‌های شناسایی شده، میزان بروز بیماری در کل استان روند غیر ثابتی داشته و خوشه‌های شناسایی شده در مرکز (مایل به جنوب شرقی) با میزان بروز افزایشی از سال ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۲، خوشه‌های با میزان بروز کاهشی عمدتاً در نواحی غرب و شمال غربی واقع شده‌اند. مناطقی که میزان بروز کم با مقادیر بزرگ و برعکس احاطه شده‌اند به طور پراکنده در سطح استان دیده می‌شوند (شکل ۸–د). در مقایسه الگوی سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ با توجه به تعداد زیاد خوشه‌های شناسایی شده، میزان بروز بیماری در کل استان روند غیر ثابتی داشته و خوشه‌های شناسایی شده با میزان بروز افزایشی از سال ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۲ برخلاف سال‌های قبل علاوه بر جنوب شرقی در شمال غربی استان به طور چشم‌گیری مشاهده می‌شوند. خوشه‌های با میزان بروز کاهشی عمدتاً در نواحی مرکزی و جنوبی واقع شده‌اند. مناطقی که میزان بروز در آن‌ها کاهش داشته و با مقادیر بزرگ احاطه شده‌اند در شمال شرقی و مناطقی که میزان بروز در آن‌ها افزایش داشته و با مقادیر کوچک احاطه شده‌اند به طور پراکنده در نواحی مرکزی استان دیده می‌شوند (شکل ۸–ه). در مقایسه الگوی سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ با توجه به سیر کاهشی میزان بروز کلی در سطح استان (شکل ۳) خوشه‌های از نوع مقادیر زیاد دیده نمی‌شوند؛ بنابراین خوشه‌های شناسایی شده عمدتاً از نوع کم–کم بوده که در جنوب غربی استان قرار دارند. برخی مناطق برخلاف روند کلی کاهش میزان بروز بیماری، همچنان روند افزایشی داشته‌اند که توسط دهستان‌های با میزان بروز کم احاطه شده‌اند. این مناطق عمدتاً در غرب استان همدان و در شهرستان ملایر قرار گرفته‌اند (شکل ۸–و).

[Downloaded from jhbmi.com on 2026-10-03]



شکل ۸: نتایج آماره موران تفاضلی برای بررسی وضعیت بیماری برای هر دو سال متوالی طی سال‌های ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۴

[Downloaded from jhbmi.com on 2026-10-03]

بحث و نتیجه گیری

پژوهش حاضر با در نظر گرفتن جنبه‌های مکانی اپیدمیولوژی بیماری بروسلوز با هدف شناسایی مناطق پرخطر و همچنین تعیین میزان اثربخشی برنامه‌های کنترلی فعلی در خصوص کنترل بیماری بروسلوز با استفاده از روش‌های عمومی و محلی اندازه‌گیری خودهمبستگی مکانی در استان همدان انجام شد. در این مطالعه ۷۳۲۰ مورد بروسلوز انسانی تهیه شده از بخش بیماری‌های واگیردار وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که موارد بیماری در شهرها کمتر از روستاها بوده که طبق مطالعات قبلی، احتمالاً دلیل اصلی انتقال بیماری در شهر و روستا به ترتیب مصرف محصولات دامی آلوده و تماس مستقیم با دام می‌باشد [۲۰]. از طرفی موارد سالانه بروسلوز طی بازه زمانی مطالعاتی افزایش یافته که نشان دهنده عدم صحت و کارایی برنامه‌های کنترلی فعلی بوده و نیازمند بازنگری کلی است که در برخی مطالعات از جمله تحقیق سحرگاهی و همکاران [۲۱] نیز به چشم می‌خورد. بر اساس گزارش وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی در سال ۱۳۸۹، استان همدان یکی از مناطق با نرخ بروز بالای بروسلوز (از ۳۱ تا ۴۱ در صد هزار نفر) در ایران است [۲]. نتایج این مطالعه نیز نشان داد میزان بروز در استان همدان بالاترین میانگین را در ایران دارد [۲] که این مقدار بیشتر از سایر استان‌ها از جمله اراک و اصفهان بود [۲۲،۲۳].

در این پژوهش از آماره عمومی موران برای تعیین نوع الگوی مکانی بیماری (خوشه‌ای، تصادفی و پراکنده) از آماره محلی موران به همراه آماره محلی G^* برای شناسایی مناطق پرخطر بیماری و از آماره موران تفاضلی برای مقایسه الگوی بیماری در دو سال متوالی استفاده شد. آماره‌های عمومی و محلی موران از جمله پرکاربردترین روش‌های اندازه‌گیری خودهمبستگی مکانی به شمار می‌آیند که در تحقیقات گذشته با اهداف مختلف به مکرر به کار رفته‌اند. یکی از زمینه‌های کاربردی این روش‌ها در حوزه بهداشت و درمان می‌باشد. به طوری که Mollalo و همکاران با استفاده از آماره عمومی موران الگوی مکانی بیماری بروسلوز را بررسی کرده و با استفاده از آماره‌های اسکن مکانی و مکانی- زمانی اقدام به شناسایی خوشه‌های مکانی و مکانی-زمانی کرده‌اند. [۱۵]. شاددل و همکاران با به کارگیری آماره دومتغیره موران اقدام به تحلیل خودهمبستگی فضایی مرگ و میر بانوان و دسترسی به فضاهای سبز شهری (ویتامین G) در شهر مشهد کرده‌اند. نتایج نشان داده‌اند در مناطقی که فاصله زیادی تا فضای سبز دارند، مرگ بانوان از توزیع فضایی بالایی برخوردار است [۲۴]. طی تحقیقی ملالو با به کارگیری روش‌های عمومی خودهمبستگی مکانی از جمله آماره عمومی موران و Getis-Ord general G* اقدام به بررسی توزیع مکانی بیماری سالک در استان گلستان کرد. آزمون‌های عمومی خودهمبستگی نشانگر توزیع خوشه‌ای بیماری سالک در همه سال‌های مورد مطالعه بود [۲۵]. این قبیل روش‌ها در زمینه‌های دیگری از قبیل مدیریت شهری نیز به کار رفته‌اند. Fan و همکاران با به کارگیری آماره موران تفاضلی اقدام به مقایسه الگوی ترافیک آخر هفته و وسط هفته کرده‌اند [۱۹].

براساس نتایج جدول ۱ و شکل ۴، آماره موران نشان داد که بیماری بروسلوز انسانی در استان همدان دارای ماهیت مکانی بوده و مناطق پر خطر شناسایی شده توسط آماره محلی موران و آماره محلی G^* عمدتاً در جنوب شرقی استان (شهرستان ملایر) قرار دارند؛ به عبارتی دیگر نتایج حاصل از دو آماره محلی موران و آماره محلی G^* نسبتاً همخوانی داشتند که بیانگر تجمع موارد بیماری مشابه (زیاد یا کم) کنار هم می‌باشد. نتایج حاصل از آماره موران تفاضلی نشان از ایجاد مناطق پرخطر جدید با گذر زمان در بازه زمانی مورد مطالعه دارد. بیشترین اختلاف بین الگوها مربوط به سال‌های ۱۳۹۲-۱۳۹۳ و ۱۳۹۳-۱۳۹۴ بوده که نشان دهنده عدم وجود توجه و برنامه‌ریزی مساعد برای کنترل بیماری در این مناطق می‌باشد. در نهایت این طور به نظر می‌رسد که سطح پایین دانش و اطلاعات روستاییان در مورد شناخت بهتر بروسلوز و عدم رعایت عدالت در خصوص توزیع مکانی مراکز بهداشتی و مراقبتی یکی از مهمترین عوامل تشدید کننده شرایط بحرانی بیماری در استان همدان باشد. هر دو موضوع مذکور باید به طور ویژه در تحقیقات بعدی مورد توجه و بررسی قرار گیرند.

به طور کلی با توجه به نتایج به دست آمده در این مطالعه، کنترل بیماری بروسلوز در استان همدان نیازمند بازنگری و طراحی یک برنامه کنترلی پویا است که نیازمند هماهنگی بیشتر نهادها و سازمان‌های مربوطه می‌باشد. به کارگیری روش‌های تحلیل مکانی در برنامه‌های کنترلی آتی به منظور شناسایی مناطق پرخطر به عنوان نقطه شروع برای اجرای برنامه‌های موردنظر ضروری بوده و باعث جلوگیری از هدر رفت منابع می‌شود. برای تعیین میزان کارایی برنامه‌های کنترلی آتی نیز می‌توان از آماره موران تفاضلی در بازه‌های زمانی مختلف استفاده کرد. قابل توضیح است با توجه به عدم تشخیص تعدادی از بیماران و نظر به این که بخشی از موارد بیماری به دست پزشکان بخش خصوصی انجام می‌شود؛ لذا به

[Downloaded from jhbmi.com on 2026-10-03]

هیچ وجه امکان بررسی تمام افراد مبتلا به بیماری وجود ندارد. از محدودیت‌های دیگر این طرح عدم ثبت دقیق و کامل داده‌ها و تجمیع داده‌ها در سطح دهستان می‌باشد که می‌تواند در نتایج به دست آمده تأثیرگذار باشد.

تعارض منافع

بدینوسیله نویسندگان تصریح می‌نمایند که هیچگونه تضاد منافعی در خصوص پژوهش حاضر وجود ندارد.

References

1. Cutler SJ, Whatmore AM, Commander NJ. Brucellosis--new aspects of an old disease. J Appl Microbiol 2005;98(6):1270-81.

2. Reyissadat A, Nabavi M. Understanding brucellosis for all people. 1th ed. Tehran: Andishmand; 2013.Persian

3. Akinci E, Bodur H, Cevik MA, Erbay A, Eren SS, Ziraman I, et al. A complication of brucellosis: epididymoorchitis. Int J Infect Dis 2006;10(2):171-7.

4. Pappas G, Papadimitriou P, Akritidis N, Christou L, Tsianos EV. The new global map of human brucellosis. Lancet Infect Dis 2006;6(2):91-9.

5. Ariza J, Bosilkovski M, Cascio A, Colmenero JD, Corbel MJ, Falagas ME, et al. Perspectives for the treatment of brucellosis in the 21st century: the Ioannina recommendations. PLoS Med 2007;4(12):e317.

6. Zeinali M, Shirzadi MR, Hajrasouliha H. National manual for brucellosis control. 2th ed. Tehran: Razenahan; 2013. Persian

7. Gordis L. Epidemiology. 5th ed. Philadelphia: Saunders; 2014.

8. Moore DA, Carpenter ET. Spatial analytical methods and geographic information systems: use in health research and epidemiology. Epidemiologic Reviews 1999; 21(2):143-61.

9. Mesgari MS, Masoomi Z. GIS Applications in public health as a decision making support system and its limitation in Iran. World Applied Sciences Journal 2008; 3(Supple 1): 73-7.

10. Lumpkin JR. History and Significance of Information Systems and Public Health. In: O'Carroll PW, Ripp LH, Yasnoff WA, Ward ME, Martin EL, editors. Public Health Informatics and Information Systems. New York: Springer; 2003. p. 16-38.

11. Haghdoost AA, Kawaguchi L, Mirzazadeh A, Rashidi H, Sarafinejad A, Baniasadi AR. Using GIS in explaining spatial distribution of brucellosis in an endemic district in Iran. Iranian J Publ Health 2007; 36(1): 27-34.

12. Porphyre T, Jackson R, Sauter-Louis C, Ward D, Baghyan G, Stepanyan E. Mapping brucellosis risk in communities in the Republic of Armenia. Geospat Health 2010;5(1):103-18.

13. Abdullayev R, Kracalik I, Ismayilova R, Ustun N, Talibzade A, Blackburn JK. Analyzing the spatial and temporal distribution of human brucellosis in Azerbaijan (1995 - 2009) using spatial and spatio-temporal statistics. BMC Infect Dis 2012; 12: 185.

14. Ron L, Benitez W, Speybroeck N, Ron J, Saegerman C, Berkvens D, et al. Spatio-temporal clusters of incident human brucellosis cases in Ecuador. Spat Spatiotemporal Epidemiol 2013;5:1-10.

15. Mollalo A, Alimohammadi A, Khoshabi M. Spatial and spatio-temporal analysis of human brucellosis in Iran. Trans R Soc Trop Med Hyg 2014;108(11):721-8.

16. Khazaei S, Shojaeian M, Zamani R, Mansori K, Mohammadian Hafshejani A, Rezaeian-Langroodi R, et al. Epidemiology and risk factors of childhood brucellosis in West of Iran. Int J Pediatr 2016; 4(7): 2099-104.

17. O'Sullivan D, Unwin DJ. Geographic Information Analysis. 2th ed. NewJersey: John Wiley & Sons; 2010.

18. Tsai PJ, Lin ML, Chu CM, Perng CH. Spatial autocorrelation analysis of health care hotspots in Taiwan in 2006. BMC Public Health 2009;9:464.

19. Fan Y, Zhu X, She B. Network-constrained spatio-temporal clustering analysis of traffic collisions in Jianghan District of Wuhan, China. PLoS One 2018;13(4):e0195093.

20. Hasanjani Roushan MR, Mohrez M, Smailnejad Gangi SM, Soleimani Amiri MJ, Hajiahmadi M. Epidemiological features and clinical manifestations in 469 adult patients with brucellosis in Babol, Northern Iran. Epidemiol Infect 2004;132(6):1109-14.

21. Sahargahi B, Rezayi M, Naderi MR, Ajdar F, Ghobadi M. Comparison of the incidence of human brucellosis in Islamabad County of Kermanshah and the country. Journal of Kermanshah University of Medical Sciences (Behbood) 2014; 18(2):122-4. Persian

22. Farahani S, Shamohommadi S, Navidi I, Sufian M. Epidemiology of brucellosis in the city of Arak during. 2001-2010. Arak Univ Med Sci 2011;14(6):49-56. Persian

23. Mohammadian M, Mohammadian-Hafshejani A. Epidemiological characteristics and incidence rate of brucellosis over a period of 14 years in the Tiran-Karvan Township, Isfahan, Iran. J Isfahan Med Sch 2014; 32(293): 1103-9. Persian

24. Shaddel L, Rahnama MR, Kharazmi OA. Analysis of women's death spatial autocorrelation and access to urban green areas (Vitamin G) in Mashhad. Geographical Researches Quarterly Journal 2017;32(3):10-22. Persian

25. Mollalo A. Spatio-temporal analyzing and modeling of cutaneous leishmaniosis [dissertation]. Tehran: K. N. Toosi University of Technology; 2013. Persian

[Downloaded from jhbmi.com on 2026-10-03]

Original Article

Journal of Health and Biomedical Informatics
Medical Informatics Research Center
2018; 5(3): 348-360

Spatial Analysis and Identification of High Risk Areas of Human Brucellosis by Spatial Autocorrelation Measurement Methods

Abbasi Payman[1]*, Kiavarz-Moghadam Majid[2], Abbasi Mohammad[3]

• **Received:** 6 Jun, 2018 • **Accepted:** 1 Sep, 2018

Introduction: Brucellosis is one of the most common zoonotic infections, which is considered as a potential public health threat. Geographical information system (GIS) can be a great help to managers and policy makers in the public health field for designing, implementing and monitoring control programs.

Method: In this descriptive cross-sectional study, the global Moran's I was used to determine the type of annual pattern of the disease, local Moran and Getis-Ord G * indices were used to identify the high risk areas and differential Moran's was used to compare the spatial pattern of the disease based on the incidence of annual incidence in the two successive years.

Results: According to the results, during a 7-year period, most of the cases had been located in Malayer County and the least in Asadabad and Tuyserkan counties (central and western areas of the province). The incidence rate of the disease rose from April 2009 to March 2014 and decreased during April 2014 to March 2015. According to the results of global Moran's, the pattern of disease was cluster in all years except for 2012. The clusters and hotspots detected by local Moran's I and G * were located in the southeast of the province. The results of differential Moran's I showed the emergence of new hazardous areas in the province over the study period.

Conclusion: By comparing the spatial pattern of disease in different years, it can be said that the current control programs do not have the required efficacy and need a general overview. The results of this study can be used to identify starting points for future plans and to evaluate their effectiveness.

Keywords: Point pattern analysis, Human brucellosis, Hamedan, Global and local Moran's I, Getis-Ord G*, Differential Moran's I

• **Citation:** Abbasi P, Kiavarz-Moghadam M, Abbasi M. Spatial Analysis and Identification of High Risk Areas of Human Brucellosis by Spatial Autocorrelation Measurement Methods. Journal of Health and Biomedical Informatics 2018; 5(3): 348-360.

1. M.Sc. student in GIS, Geo-spatial Information System (GIS) Dept., University College of Omran-Toseeh, Hamedan, Iran.
2. Assistant Professor, Remote sensing and Geospatial information system) RS & GIS Dept., Tehran University, Tehran, Iran.
3. M.Sc. in GIS, Geo-spatial Information System (GIS) Dept., University College of Omran-Toseeh, Hamedan, Iran

***Correspondence**: Geo-spatial Information System (GIS) Dept., University College of Omran-Toseeh, Hamedan, Iran.
• **Tel:** +989122415669 • **Email:** P.abbasi6972@gmail.com

[Downloaded from jhbmi.com on 2026-10-03]