

ارزیابی و مقایسه کارایی کرنل‌های ثابت و انطباقی در رگرسیون وزندار جغرافیایی برای مدلسازی بیماری لپتوسپیروز در استان گیلان

علی محمدی نیا^{۱*}، عباس علیمحمدی^۲، زینب قائمی^۳

^۱ کارشناس ارشد سیستم‌های اطلاعات مکانی - دانشکده مهندسی نقشه‌برداری - دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
ali.mohamadnia@email.kntu.ac.ir

^۲ دانشیار دانشکده مهندسی نقشه‌برداری - دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
alimoh_abb@kntu.ac.ir

^۳ دانشجوی دکتری سیستم‌های اطلاعات مکانی - دانشکده مهندسی نقشه‌برداری - دانشگاه صنعتی خواجه
نصیرالدین طوسی
zghaemi@mail.kntu.ac.ir

(تاریخ دریافت بهمن ۱۳۹۵، تاریخ تصویب تیر ۱۳۹۶)

چکیده

بیش از ۲۰۰ نوع بیماری مشترک بین دام و انسان در جهان وجود دارند که لپتوسپیروز یکی از مهمترین آنها به شمار می‌رود. هر ساله با شروع فصل شالیکاری در شمال کشور، این بیماری شیوع پیدا کرده و در مواردی منجر به مرگ و میر می‌شود. در مقایسه با سایر استانها در چند سال اخیر، استان گیلان بیشترین میزان گزارش بیماری لپتوسپیروز را به خود اختصاص داده است و از این جهت مطالعه و مدلسازی این بیماری در استان فوق از الویت زیادی برخوردار است. در این تحقیق آمار بیماری در سطح دهستان در بازه زمانی ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۱ به عنوان متغیر وابسته و پنج عامل به عنوان متغیرهای مستقل جهت مدلسازی توزیع مکانی بیماری در سطح دهستانها مورد استفاده قرار گرفته اند. با توجه به اثرات مهم پهنای باند و نحوه وزندهی در نتایج مدلسازی باروش رگرسیون وزندار جغرافیایی (GWR)، کارایی کرنل‌های ثابت و انطباقی و وزندهی زوج مربعی و گوسین مورد بررسی قرار گرفته اند. از دو معیار نکویی برازش و خطای میانگین مربعات نیز برای ارزیابی استفاده شده است. نتایج به دست آمده حاکی از آن است که کرنل انطباقی و وزندهی زوج مربعی بترتیب نسبت به کرنل ثابت و وزندهی گوسین عملکرد بهتری دارند. از نظر معیارهای انتخاب پهنای باند به ترتیب AIC^1 ، CV^2 و BIC^3 نقش مفیدتری دارند. از میان هفت متغیر محیطی مورد بررسی نیز، پارامترهای متوسط دما، رطوبت و تبخیر رابطه مثبت و ارتفاع و شیب رابطه منفی با بیماری لپتوسپیروز نشان می‌دهند. نقشه‌های تهیه شده از توزیع بیماری نشان می‌دهند که مناطق مرکزی استان گیلان بیشتر از سایر مناطق در معرض ابتلا به این بیماری هستند و مدیریت و کنترل این بیماری در این مناطق از الویت بیشتری برخوردار است.

واژگان کلیدی: بیماری واگیر، لپتوسپیروز، سامانه اطلاعات مکانی، تحلیل مکانی، رگرسیون وزندار جغرافیایی

* نویسنده رابط

^۱ Akaike Information Criterion

^۲ Cross Validation

^۳ Bayesian Information Criterion

۱- مقدمه

لپتوسپیروز، یکی از رایج‌ترین بیماری‌های مشترک بین دام و انسان است که بیشتر در مناطقی با آب و هوای گرمسیری و نیمه‌گرمسیری با بارش فراوان و سیل رخ می‌دهد ([۱]، [۲]، [۳]، [۴]). آمار مشخصی از این بیماری در سطح جهانی وجود ندارد و یا آمار موجود بسیار کمتر از مقدار واقعی برآورد شده است. به همین دلیل، سازمان بهداشت جهانی از بیماری لپتوسپیروز به عنوان یک بیماری گرمسیری فراموش شده در سطح جهانی یاد می‌کند که لازم است تحقیقات بیشتری در مورد همه-گیری‌شناسی، بوم‌شناسی و زیان‌های ایجاد شده به وسیله آن در سطح جهان صورت گیرد [۵]. لپتوسپیروز در سطح جهانی به عنوان یک بیماری چند چهره شناخته می‌شود و عدم تشخیص و درمان به موقع آن می‌تواند منجر به مرگ بیماران گردد ([۳]، [۶]). عامل اصلی انتشار این بیماری نوعی باکتری موجود در بدن حیوانات اهلی و وحشی به ویژه موش‌ها و سگ‌ها (به عنوان مخازن بیماری) است و از طریق ادرار یا مدفوع آن‌ها به محیط منتقل می‌گردد. در نتیجه، این باکتری از طریق جراحات‌های موجود بر روی پوست و یا تماس با خاک و آب آلوده می‌تواند به بدن انسان منتقل شود ([۶]، [۷]). محیط و شغل در شیوع این بیماری بسیار تأثیرگذار است به طوری که به عنوان یک بیماری شغلی شناخته می‌شود و می‌تواند در هر دو مناطق شهری و روستایی خطرآفرین باشد [۸]. ظهور این بیماری می‌تواند به دلایلی همچون کشاورزی، دامداری، قصابی، انجام تفریحات و ورزش‌های آبی، فقر، مسافرت به مناطق گرمسیری و هر نوع فعالیتی که منجر به تماس با آب، خاک و یا محیط آلوده شود، رخ دهد ([۹]، [۴]). این بیماری در ماهیگیران و کشاورزان به ویژه شالیکاران و کارگران نیشکر شیوع بیشتری دارد و به دلیل ایجاد مشکلاتی همچون عدم توانائی کار درست در زمان و فصل نیاز یعنی کاشت و درو و همچنین هزینه‌های درمانی و حتی مرگ و میر بسیار حائز اهمیت است.

شمال کشور و حاشیه دریای خزر شرایط جلگه‌ای و آب و هوای معتدل و مرطوب دارد و هر ساله شاهد گزارش لپتوسپیروز در این منطقه هستیم که در مواردی منجر به مرگ نیز شده است [۱۰]. با توجه به اینکه شالیکاری و دامداری فعالیت اغلب روستاییان در این ناحیه است و

چونندگان بسیاری در مجاورت منازل روستایی و مزارع شالیکاری وجود دارند و بیشتر از آب‌های سطحی و رودخانه برای آبیاری مزارع استفاده می‌شود، شرایط برای شیوع لپتوسپیروز در این ناحیه بسیار مناسب است [۱۱].

تاکنون تحقیقات بسیاری در مورد بیماری‌های واگیر ([۱۲]، [۱۳]، [۱۴])، غیرواگیر ([۱۵]، [۱۶]، [۱۷]) و مشترک بین دام و انسان ([۱۸]، [۱۹]، [۲۰]) با استفاده از سامانه اطلاعات مکانی صورت گرفته است. این تحقیقات را می‌توان در قالب سه دسته‌ی "پهنه‌بندی" ([۲۱]، [۲۲]، [۲۳]، [۲۴])، "پیش‌بینی" ([۲۵]، [۲۶]، [۲۷]) و "مدلسازی" [۲۸] تقسیم بندی کرد.

هنفی و همکاران (۲۰۱۲)، با استفاده از پارامترهای محیطی از جمله دما، رطوبت، ارتفاع، شیب و فاصله از رودخانه به تهیه نقشه آسیب‌پذیری و شناسایی خوشه‌های مکانی بیماری واگیر مالاریا در شهرستان بشاگرد پرداختند. آن‌ها با کمک روش تحلیل چندمعیاره و وزندهی لایه‌های اطلاعاتی دریافتند که بیشترین شیوع بیماری مربوط به نواحی شمالی و جنوبی منطقه است [۱۲].

ین و همکاران (۲۰۱۴)، با استفاده از مدل درختی بیزین به بررسی مکانی-زمانی بیماری غیرواگیر سرطان ریه در بازه زمانی ۲۰۰۰-۲۰۰۷ در جورجیای آمریکا پرداختند. نتایج نشان داد که این بیماری بیشتر در شمال غربی این ایالت شایع است و با وضعیت اقتصادی-اجتماعی مردان و زنان رابطه عکس دارد [۱۶].

فریرا و همکاران در سال ۲۰۱۶، با استفاده از سامانه اطلاعات مکانی تأثیر عواملی همچون نزدیکی به رودخانه، محل دفع زباله‌های خانگی و محل‌های زاغه نشینی بر توزیع بیماری لپتوسپیروز را در شهر سائوپائولو برزیل مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. نتایج حاکی از آن بود که نزدیکی به رودخانه بیشترین تأثیر را بر شیوع بیماری داشته است [۲۰].

بررسی سوابق موجود نشان می‌دهد که پژوهش‌های انجام شده در مورد لپتوسپیروز اغلب از دیدگاه پزشکی بوده ([۲۹]، [۳۰]، [۳۱]) و نوع دامی آن بیش از نوع انسانی ([۳۲]، [۳۳]، [۳۴]) مورد بررسی و توجه قرار گرفته است ([۳۵]، [۳۶]، [۳۷]).

بناسر و همکاران در سال ۲۰۱۶، ارتباط بیماری لپتوسپیروز انسانی با عوامل محیطی، جغرافیایی و اجتماعی را با استفاده از روش‌های آماری در بازه زمانی ۹ سال (۲۰۰۴-

به عنوان روشی کارآمد برای تحلیل مکانی بیماری‌ها ([۳۹]، [۴۰]، [۴۱]، [۴۲]، [۴۳]) جهت مدل‌سازی و شناخت نقش عوامل محیطی در توزیع بیماری لپتوسپیروز در استان گیلان مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفته‌اند. در ادامه مقاله ابتدا مواد و روشهای تحقیق توضیح داده شده و سپس نتایج و نتیجه گیری ارائه شده‌اند.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

طبق مطالعات صورت گرفته و استفاده از نظر کارشناسان در مورد انتخاب منطقه مورد مطالعه، استان گیلان برای بررسی بیماری لپتوسپیروز و عوامل مؤثر بر آن برگزیده شد. لپتوسپیروز در ایران به صورت یک بیماری شغلی و اکثراً در مناطق شالیکاری به ویژه ناحیه‌ی خزری شیوع پیدا می‌کند. استان گیلان از تاریخ شروع سامانه جمع‌آوری لپتوسپیروز در سال ۱۳۸۸ بیشترین آمار گزارش شده را به خود اختصاص داده و بالاتر از استان‌های مازندران و گلستان قرار گرفته است. این استان رتبه دوم کشت و تولید برنج پس از مازندران را داراست و طبق اطلاعات موجود در مرکز آمار ایران به عنوان یکی از استان‌های کشور با بیشترین مناطق روستایی (حدود ۴۰ درصد) محسوب می‌گردد. از طرفی عوامل محیطی همچون آب و هوای مرطوب با بارش زیاد نسبت به سایر استان‌های کشور سبب شده است که شرایط برای شیوع این بیماری در گیلان مهیاتر باشد. در این ناحیه، عده‌ی زیادی از روستاییان مزارع خود را با آب رودخانه آبیاری می‌کنند. همچنین دامداری از دیگر مشاغل روستاییان برای امرار معاش محسوب می‌گردد. از این رو، کثرت تماس با آب، خاک و دام آلوده به باکتری این بیماری سبب افزایش تعداد موارد گزارش شده در این منطقه می‌شود.

استان گیلان طبق آخرین سرشماری کشور در سال ۱۳۹۰ دهمین استان پرجمعیت کشور با ۲٬۴۸۰٬۸۷۴ نفر و از نظر مساحت با ۱۴۰۴۱/۸۹۳ کیلومتر مربع، رتبه ۲۸ را در میان ۳۱ استان کشور داراست که بیانگر تراکم زیاد جمعیت در این استان است. این استان در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۲۷ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۵۳ دقیقه تا ۵۰

۲۰۱۲ میلادی) در مالزی مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که بیماران با سن ۳۰-۳۹ سال به ویژه مردان بیشتر از سایر سنین در معرض خطر قرار دارند [۳۰].

سوپال و همکاران در سال ۲۰۱۴، نوع دامی لپتوسپیروز را با استفاده از سامانه اطلاعات مکانی در ترینیداد بررسی نمودند. نتایج نشان داد که در میان سه گونه جانوری گاو، سگ و موش، گاوها بیشترین سهم را از نظر آسیب‌پذیری دارا هستند. اما موش‌ها و سگ‌ها بالاترین نرخ انتقال باکتری بیماری به انسان از خود به نمایش گذاشتند [۳۳].

توسعه سامانه اطلاعات مکانی در سال‌های اخیر سبب ایجاد روشهای سودمند و کارآمد مانند رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی جهت شناسایی الگوهای مکانی و مدل‌سازی بیماری‌های واگیر و غیرواگیر شده است [۱۴]. رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی برخلاف رگرسیون معمولی بر مبنای تغییر پذیری فضائی رابطه بین متغیر وابسته و متغیرهای مستقل کار میکند، لذا این الگوریتم قابلیت‌های زیادی برای مدل‌سازی روابط بین متغیرها در فضا و جهان واقعی نشان می‌دهد. در پیاده سازی این روش، دو نوع کرنل ثابت^۱ و انطباقی^۲ به منظور تعیین حدود همسایگی یا پهنای باند و وزندهی همسایه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. در کرنل ثابت پهنای باند ثابت است ولی در کرنل انطباقی بسته به تراکم نقاط مؤثر موجود در هر مکان، پهنای باند متفاوتی در نظر گرفته می‌شود. به طوری که پهنای باند در نواحی با تراکم زیاد نقاط، کوچکتر و در نواحی با تراکم کم، بزرگتر است [۳۸].

این تحقیق به منظور مقایسه کارایی کرنلهای ثابت و انطباقی در مدل‌سازی بیماری لپتوسپیروز با روش رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی در سه مرحله انجام شده است. در مرحله اول، داده‌های مربوط به تعداد افراد بیمار و مشخصات آنها از وزارت بهداشت و درمان کشور جمع‌آوری شده و برای استفاده در تحقیق مورد ویرایش و پاکسازی قرار گرفته‌اند. در مرحله دوم، اطلاعات مربوط به هفت متغیر محیطی و تصاویر ماهواره‌ای برای استفاده در مدل‌سازی جمع‌آوری و پردازش شده‌اند. در نهایت، کارایی کرنل‌های ثابت و انطباقی و سه معیار پهنای باند AIC^۳، CV^۴ و BIC^۵ در روش رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی

۴ Cross Validation

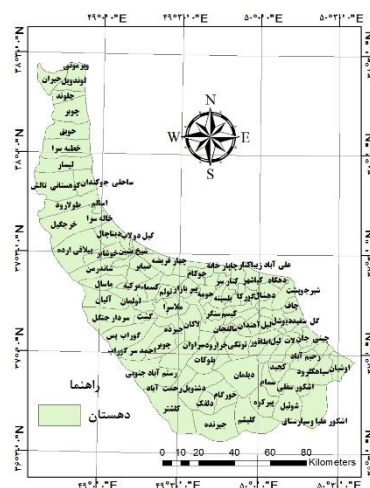
۵ Bayesian Information Criterion

۱ Fixed

۲ Adaptive

۳ Akaike Information Criterion

درجه و ۳۴ دقیقه شرقی قرار دارد. شمال استان را مناطق پست نزدیک دریای خزر و جنوب آن را مناطق جنگلی و ارتفاعات رشته‌کوه البرز تشکیل داده‌اند. براساس تقسیمات کشوری در مرکز آمار ایران، گیلان شامل ۱۶ شهرستان، ۵۲ شهر، ۴۳ بخش، ۱۰۹ دهستان و ۲۵۹۱ آبادی است. محدوده‌ی جغرافیایی این استان و دهستان‌های آن در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- محدوده جغرافیایی منطقه مطالعه (استان گیلان) و مرز دهستان‌های استان

۲-۲- آماده‌سازی داده‌ها

پس از انتخاب منطقه مورد مطالعه، برنامه جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز در مورد بیماری لپتوسپیروز و عوامل محیطی در دستور کار قرار گرفت. ابتدا داده‌های مربوط به گزارش‌های این بیماری و داده‌های آب و هوایی مربوط به منطقه‌ی مورد مطالعه از طریق سازمان‌های مربوطه جمع‌آوری شدند.

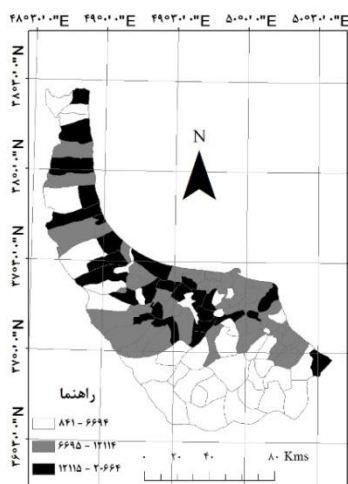
داده‌های مربوط به بیماری لپتوسپیروز در استان گیلان، در فاصله سال‌های ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۱ میلادی به صورت روزانه در سطح روستاهای کشور از مرکز مدیریت بیماری‌های مشترک بین دام و انسان وزارت بهداشت و درمان کشور دریافت شدند. اگرچه بررسی بازه‌های بزرگتر ارجحیت داشت ولی متأسفانه به علت محدودیت‌های اخذ داده تنها داده‌های سه سال مورد بررسی در دسترس بوده است. ضمناً با توجه به داده‌ها و محدودیت‌های موجود، تأکید تحقیق بیشتر بر مدلسازی توزیع مکانی بوده است تا بررسی توزیع زمانی. فایل موردنظر شامل اطلاعات بیماران گزارش شده از قبیل تاریخ گزارش بیماری، سن، جنس، آدرس محل سکونت و شغل بیمار بود. ابتدا این داده‌ها مورد بررسی قرار

گرفتند تا هرگونه نقص و اشتباه مانند موارد فاقد آدرس سکونت یا دارای نقص در اطلاعات موجود حذف شوند. سپس، با استفاده از آمارهای جمعیت و تعداد وقوع بیماری لپتوسپیروز در سطح دهستان، نرخ شیوع استاندارد این بیماری برای هر دهستان از رابطه (۱) محاسبه شد:

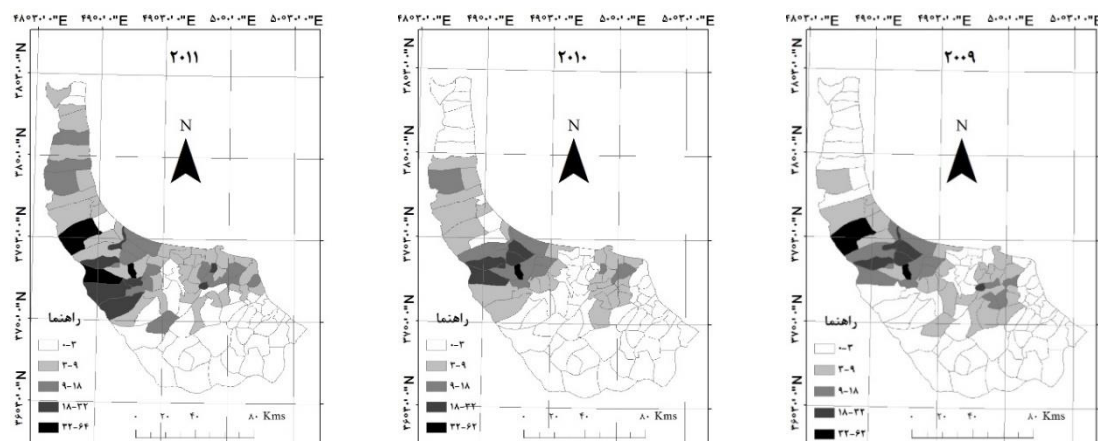
$$(۱) \quad \text{نرخ شیوع} = \frac{\text{تعداد بیماران در دهستان}}{\text{میزان جمعیت در دهستان}} \times ۱۰۰۰۰۰$$

شکل ۲، نرخ شیوع بیماری در سطح دهستان‌های استان گیلان در بازه زمانی ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۱ را نشان می‌دهد و شکل ۳، بیانگر میزان جمعیت روستایی دهستان‌های استان گیلان است. با مقایسه‌ی نقشه نرخ شیوع بیماری و میزان جمعیت روستایی (براساس سرشماری سال ۱۳۹۵) ملاحظه می‌شود که بیشترین تعداد بیماری مربوط به دهستان‌های مرکزی و شمال غربی گیلان است که مهمترین علت آن می‌تواند فراوانی زمین‌های شالیکاری و تراکم زیادتر جمعیت روستایی در این مناطق باشد.

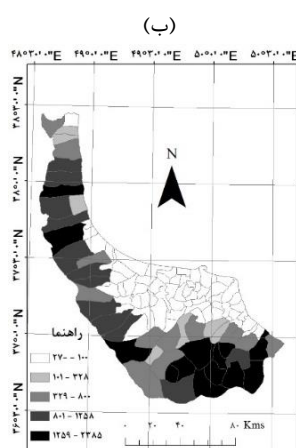
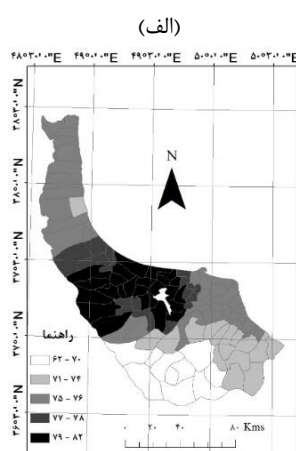
داده‌های ۱۲ ایستگاه سینوپتیک از سازمان هواشناسی کشور شامل متوسط روزانه دما (برحسب درجه سانتی‌گراد)، بارش (برحسب میلی‌متر)، رطوبت (درصد) و میزان تبخیر (برحسب میلی‌متر) در بازه سه ساله (۲۰۰۹ تا ۲۰۱۱) تهیه شد. با توجه به دقت، سهولت و رواج استفاده از روش درونیابی وزن‌دهی با معکوس فاصله (IDW) در مطالعه بیماری‌ها [۱۴، ۳۹]، این روش برای ایجاد سطوح پیوسته از متغیرها مورد استفاده قرار گرفت. به عنوان نمونه متوسط رطوبت برآورده شده برای هر دهستان در سال ۲۰۰۹ میلادی در شکل ۴ (الف) نمایش داده شده است.



شکل ۳- میزان جمعیت روستایی دهستان‌های استان گیلان طبق سرشماری سال ۱۳۹۵



شکل ۲- نرخ شیوع مبتلایان به لپتوسپیروز در سطح دهستان‌های استان گیلان در سالهای ۲۰۰۹، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۱



شکل ۴- (الف) متوسط رطوبت سالیانه (بر حسب درصد در سال ۲۰۰۹)، (ب) متوسط ارتفاع (بر حسب متر) دهستان‌های استان گیلان

۲-۳- مدل‌سازی داده‌ها

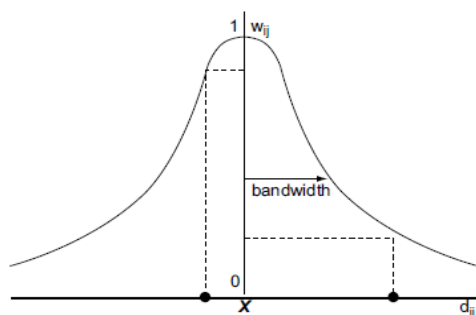
۲-۳-۱- رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی (GWR)

از مهمترین محدودیتهای روش‌های آمار کلاسیک و رگرسیون معمولی می‌توان به فرض وجود رابطه ثابت بین متغیرهای مورد بررسی در مکانهای مختلف [۴۴] و عدم

برای استفاده از شاخص پوشش گیاهی نرمال شده، تصاویر مربوط به سنجنده MODIS در بازه‌های زمانی ۱ ماه و قدرت تفکیک مکانی ۱ کیلومتر از سال ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۱ تهیه شدند. اگرچه استفاده از تصاویر با دقت مکانی بالاتر برای معرفی پوشش گیاهی منطقه می‌تواند ارجحیت داشته باشد ولی با توجه به نیاز موجود به استفاده از داده‌های متعدد NDVI (داده‌های ماهانه در بازه سه ساله) و بزرگی نسبی واحدهای فضایی مورد مطالعه (پلیگون‌ها به جای پیکسل‌ها) و سهولت دسترسی به داده‌های NDVI مادیس این داده‌ها مورد استفاده قرار گرفتند. برای پوشش کامل استان گیلان برای هر ماه میلادی دو تصویر تهیه شد. سپس با کمک نرم‌افزار Envi تصاویر مربوطه موزاییک شدند و مقادیر شاخصهای پوشش گیاهی هر دهستان در ماههای مختلف محاسبه شد. برای بررسی توپوگرافی منطقه، مدل رقومی ارتفاعی (DEM) حاصل از داده‌های SRTM با قدرت تفکیک ۹۰ متر مورد استفاده قرار گرفت. با استفاده از مدل رقومی ارتفاع، شیب و ارتفاع متوسط دهستان‌ها محاسبه شد. نتایج محاسبه ارتفاع متوسط برای دهستان‌های استان گیلان در شکل ۴ (ب) نمایش داده شده است.

به منظور بررسی همبستگی بین متغیرهای مستقل و معناداری آن‌ها، ضرایب همبستگی پیرسون برای هر زوج متغیر محاسبه گردید (جدول ۲). بیشترین ضریب همبستگی بین ارتفاع و متوسط دما (۰/۵۳-) مشاهده شد. در حالی که بقیه متغیرها ضرایب همبستگی بسیار کمتری از مقدار حدآستانه بحرانی (۰/۷۰) نشان میدهند [۴۴]. کمترین همبستگی مثبت و منفی نیز متعلق به رابطه بین پوشش گیاهی، متوسط دما و ارتفاع می‌باشد.

شده و خطای استاندارد به دست آمده برای آن افزایش خواهد یافت. از این رو، تخمین برخی از متغیرها با کرنل ثابت به دلیل پراکندگی نقاط مشکل است.



شکل ۵- مثالی از کرنل مورد استفاده در رگرسیون وزندار جغرافیایی [۳۸]

۲-۱-۳-۲- پهنای باند

روش‌ها و معادلات مختلفی به منظور ارزیابی مدل‌ها و الگوریتم‌های به کار برده شده وجود دارند که هر یک با روابط خاصی مدل مورد استفاده را ارزیابی می‌کنند. از میان این روش‌ها می‌توان به نیکویی برازش (R^2) و خطای میانگین مربعات (MSE) اشاره نمود که به ترتیب در معادلات ۳ و ۴ توضیح داده شده‌اند و در این مطالعه نیز مورد استفاده قرار گرفته‌اند [۳۸]:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (3)$$

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n} \quad (4)$$

که در آن y_i مقادیر واقعی، $\hat{y}_i$ مقادیر برآورد شده، $\bar{y}$ مقدار میانگین و n تعداد نمونه است.

بررسی تغییرات محلی و نایستایی مکانی اشاره کرد [۴۵]. در صورتی که متغیرهای مکانی در فضا مستقل نیستند و دارای خودهمبستگی فضایی هستند [۴۶]. از این رو، مهمترین مزیت روش رگرسیون وزندار جغرافیایی برای بررسی رابطه متغیرها و تعیین ضرایب در نظر گرفتن نایستایی ضرایب با توجه به ویژگیهای محلی است. وزن‌ها توسط تابع کرنل و از طریق مقدار پهنای باند و معیار آن تعیین می‌شوند. در این روش همانند سایر روش‌های رگرسیونی پارامتر وابسته بر اساس پارامترهای مستقل از طریق رابطه (۲) به دست می‌آید [۳۸]:

$$y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_k \beta_k(u_i, v_i) x_{ik} + \varepsilon_i \quad (2)$$

که در آن بردار (u_i, v_i) مختصات مکان i ، $\beta_k(u_i, v_i)$ بردار ضرایب، y_i پارامتر وابسته، x_{ik} پارامترهای مستقل و ε_i خطای نقطه i است.

۲-۱-۳-۲- کرنل و وزندهی

نحوه وزندهی در روش رگرسیون وزندار جغرافیایی به صورتی است که مشاهدات نزدیکتر وزن و تأثیر بیشتری نسبت به مشاهدات دورتر دارند [۳۸]. به این منظور، برای وزندهی و مشخص کردن تعداد یا فاصله‌ی مشاهدات در نظر گرفته شده جهت تخمین متغیر وابسته در هر نقطه، از کرنل و پهنای باند استفاده می‌گردد. شکل ۵ نمونه‌ای از کرنل فضایی مورد استفاده در این روش را نمایش می‌دهد. در مواردی که توزیع نقاط موجود در فضای مورد مطالعه یکنواخت نبوده و به صورت پراکنده باشند، رگرسیون وزندار جغرافیایی با کرنل ثابت دچار مشکل

جدول ۲- ضرایب همبستگی پیرسون بین متغیرهای محیطی مورد استفاده برای مدلسازی بیماری لپتوسپیروز

متغیر	معیار	متوسط دما	بارش	رطوبت	ارتفاع	پوشش گیاهی
متوسط دما	ضریب همبستگی معناداری					
بارش	ضریب همبستگی معناداری	۰/۲۵*				
رطوبت	ضریب همبستگی معناداری	۰/۰۰۲	۰/۳۹*			
ارتفاع	ضریب همبستگی معناداری	۰/۲۸*	۰/۰۰۳	۰/۱۵		
پوشش گیاهی	ضریب همبستگی معناداری	۰/۵۳*	۰/۰۰۳	۰/۰۷۷	۰/۱۲	
		۰/۱۲	۰/۲۶*	۰/۲۷*	۰/۶۳	
		۰/۰۹۸	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳		

* ضریب همبستگی با سطح معناداری ۰/۰۵

۳- نتایج و بحث

نتایج حاصل از روش GWR با استفاده از کرنل ثابت و انطباقی در شکلهای ۶ و ۷ نشان داده شده است. همان طور که در کرنل ثابت مشاهده می گردد (شکل ۶)، نوع وزندهی زوج مربعی با سه معیار پهنای باند مورد مطالعه برتری نسبی را در مقایسه با گوسین از خود به نمایش می گذارد و ضریب تبیین بیشتری دارد. علاوه بر این، به ترتیب معیارهای پهنای باند CV و AIC با استفاده از وزندهی زوج مربعی نتایج یکسان و بهتری در مقایسه با معیار BIC دارند.

نتایج به دست آمده برای کرنل انطباقی با استفاده از روش رگرسیون وزندار جغرافیایی نیز حاکی از آن است که وزندهی زوج مربعی با استفاده از هر سه نوع معیار انتخاب پهنای باند بهتر از گوسین عمل میکند. همچنین، در این نوع کرنل استفاده از معیار BIC نسبت به دو معیار AIC و CV نتایج ضعیف تری را در هر دو وزندهی زوج مربعی در بر داشته است.

نتایج استفاده از داده های بیماری سه سال به عنوان ورودی مدل رگرسیون وزندار جغرافیایی در مقایسه با نتایج استفاده از داده های هر سال به صورت جداگانه برای هر دو کرنل ثابت و انطباقی وضعیت بهتری را از خود به نمایش می گذارند. با مقایسه شکل های ۶ و ۷ می توان دریافت که روش کرنل انطباقی در مقایسه با کرنل ثابت از نظر معیار ضریب تبیین وضعیت به مراتب بهتری دارد. البته همانطور که مشخص است هر دو کرنل نتایج بسیار نزدیکی را از خود به نمایش می گذارند. از طرفی دو معیار AIC و CV نیز نتایج مشابهی دارند اما BIC ضعیف تر از سایر معیارها عمل کرده است. بنابراین اختلاف نتایج معیارهای انتخاب پهنای باند بیان می کند که انتخاب معیار می تواند حتی از انتخاب کرنل وزندهی نیز مهمتر باشد.

شکل ۸ خطای کمترین مربعات به دست آمده از کرنل ثابت با وزندهی زوج مربعی و گوسین را نشان می دهد. با توجه به معیار ارزیابی خطای کمترین مربعات می توان دریافت که خطای وزندهی زوج مربعی در مقایسه با خطای وزندهی گوسین کمتر است. در ضمن، در میان سه معیار انتخاب پهنای باند، در تمام سال ها ضعیف ترین نتایج را نشان می دهد. اما دو معیار AIC و CV نتایج تقریباً نزدیک به هم دارند. بررسی نتایج هر سه سال به صورت

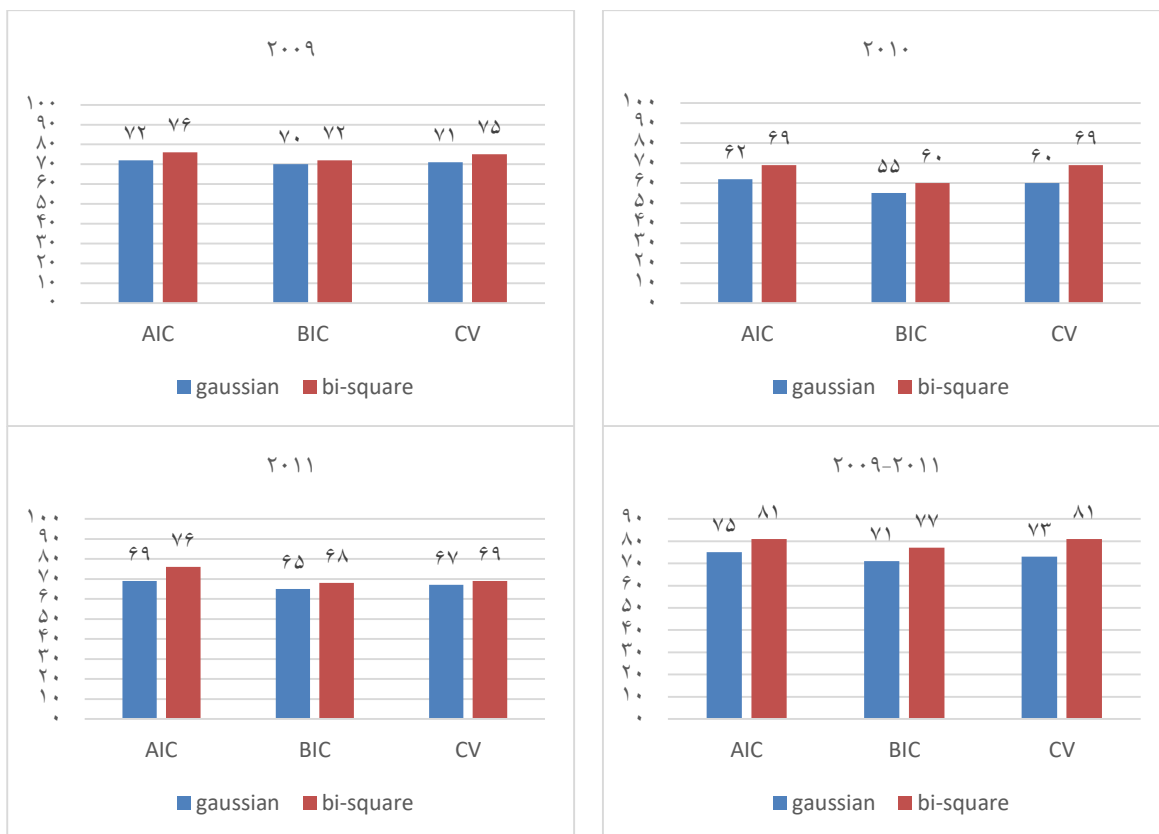
یکجا به عنوان ورودی مدل حاکی از آن است که دقت نتایج وزندهی زوج مربعی و گوسین نسبت به مدل های سالیانه افزایش اندکی نشان می دهد.

خطای کمترین مربعات در سال های مختلف با استفاده از کرنل انطباقی در شکل ۹ نمایش داده شده است. با توجه به این که هر چه مقدار خطای کمترین مربعات به عدد صفر نزدیکتر باشد نتایج بهتری خواهیم داشت، معیار AIC نسبت به CV و BIC با استفاده از وزندهی زوج مربعی و گوسین نتایج بهتری را نشان می دهد.

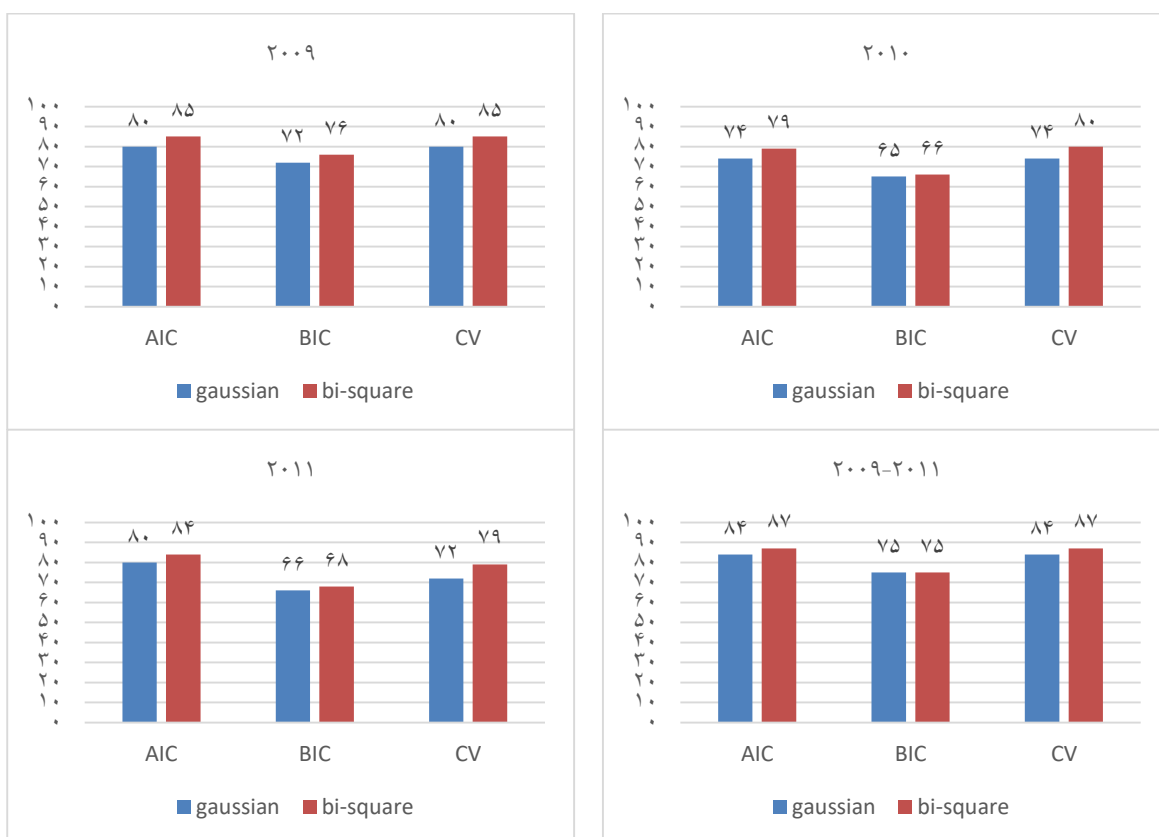
با مقایسه و ارزیابی کرنل ها مشخص شد که از نظر خطای کمترین مربعات و ضریب تبیین، کرنل انطباقی در تمام بازه زمانی سه ساله توانسته است نسبت به کرنل ثابت نتایج بهتری را به نمایش بگذارد. این برتری می تواند به این دلیل باشد که کرنل انطباقی براساس تراکم مراکز دهستان های استان گیلان پهنای باند متغیر و مناسبی را برای مدلسازی در نظر می گیرد. اما کرنل ثابت تحت هر شرایطی از پهنای باند ثابتی در تمام مراکز دهستان ها استفاده می کند.

مقادیر پهنای باند و معیارهای پهنای باند برای کرنل های ثابت و انطباقی در جدول ۳ نشان داده شده است. کمتر بودن معیار پهنای باند نشان دهنده بهتر بودن نتایج مدلسازی می باشد. از این رو، در تمام سال ها به ترتیب معیار AIC، CV و BIC نسبت به یکدیگر نتایج بهتری از خود به نمایش گذاشته اند. از طرفی، کرنل انطباقی توانسته در بازه زمانی سه ساله بهتر از کرنل ثابت عمل کند. طبق نتایج به دست آمده به نظر می رسد که تعداد ۵۶ دهستان همسایه به منظور استفاده از کرنل انطباقی بهترین جواب را در بر دارد. علاوه بر آن، با وارد کردن هر سه سال به طور همزمان نتایج نیز بهبود یافته اند.

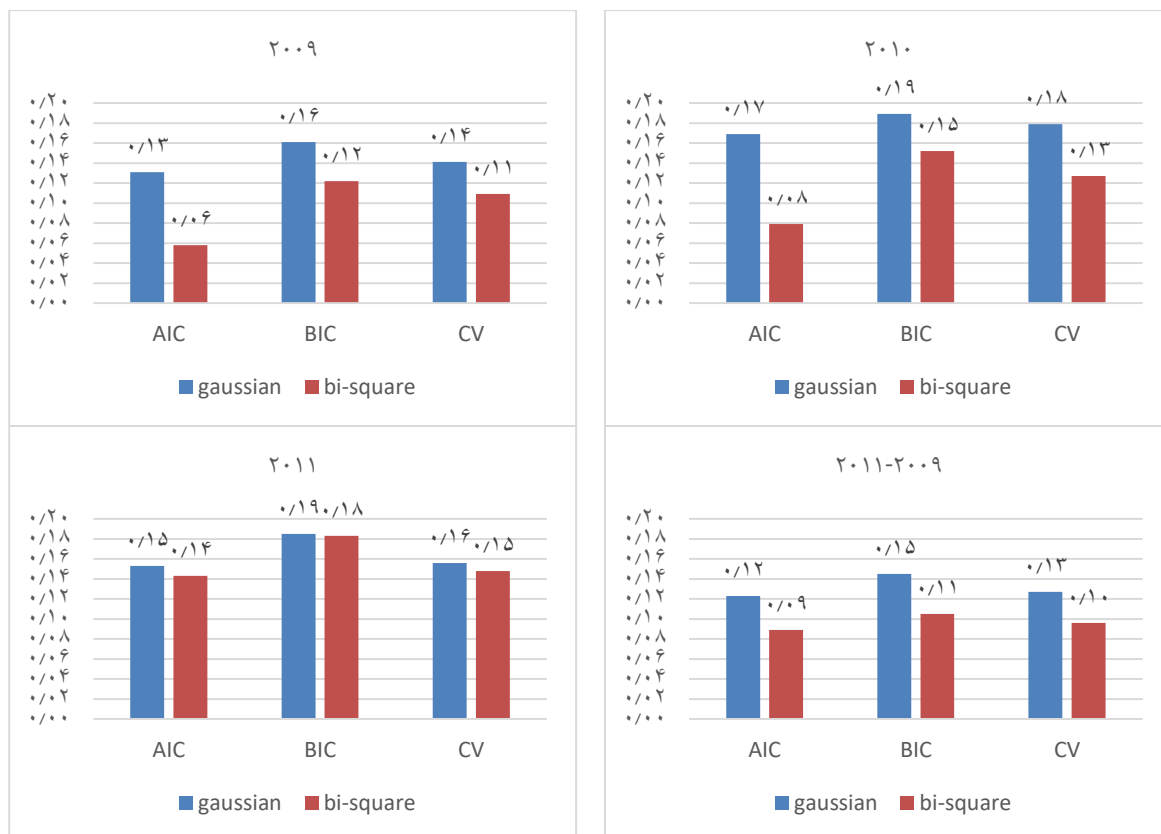
ضرایب بهترین مدل های به دست آمده برای پارامترهای ورودی روش رگرسیون وزندار جغرافیایی در سال های ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۱ در جدول ۴ نشان داده شده اند. مقادیر میانگین، حداقل، حداکثر، دامنه و انحراف معیار ضرایب بدست آمده برای متغیرهای مختلف نیز ارائه شده اند. از آنجایی که رگرسیون وزندار جغرافیایی به صورت محلی عمل می کند، لذا وزندهی برای هر دهستان به صورت جداگانه نسبت به دهستان های همسایه انجام می گیرد و ضرایب به دست آمده برای هر دهستان متفاوت است.



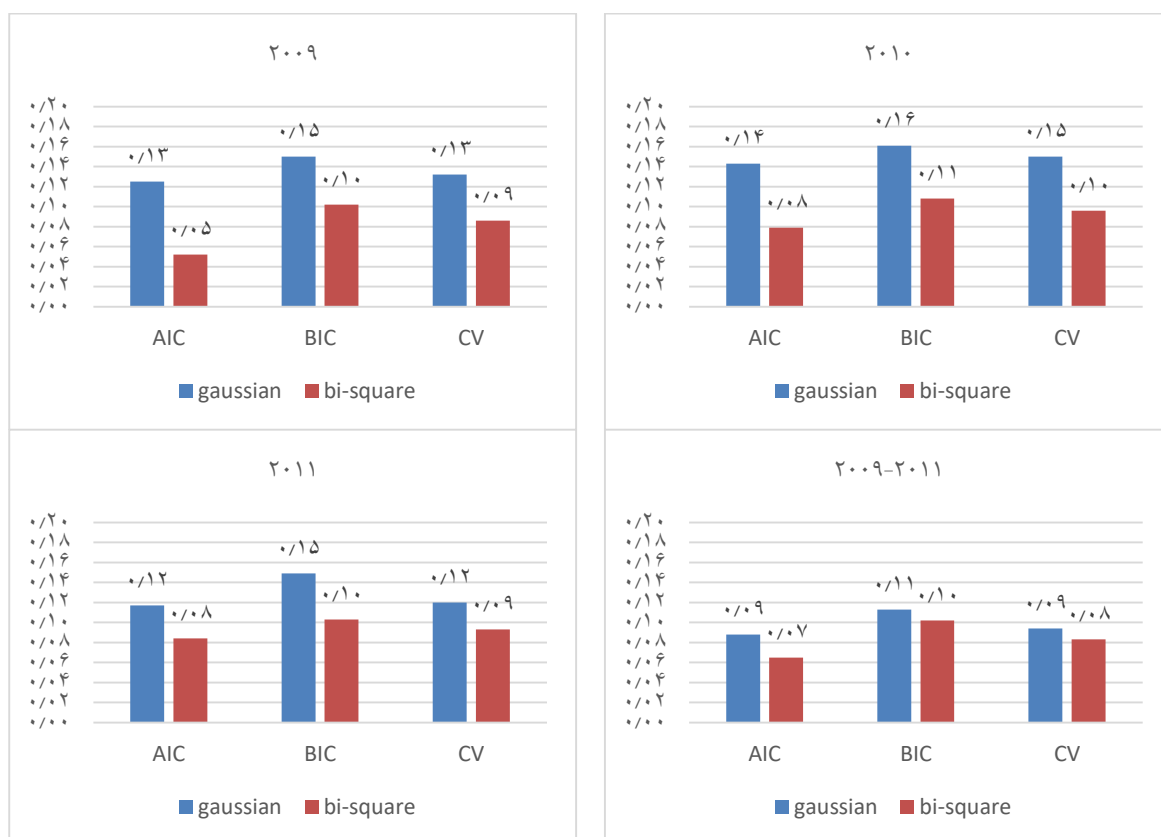
شکل ۶- مقایسه ضرایب تبیین (%) حاصل از مدلسازی رگرسیون وزندار جغرافیایی با کرنل ثابت برای وزندهی زوج مربعی و گوسین در بازه زمانی ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۱



شکل ۷- مقایسه ضرایب تبیین (%) حاصل از مدلسازی رگرسیون وزندار جغرافیایی با کرنل انطباقی برای وزندهی زوج مربعی و گوسین در بازه زمانی ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۱



شکل ۸- مقایسه خطای (کمترین مربعات) حاصل از مدلسازی رگرسیون وزندار جغرافیایی با کرنل ثابت و وزندهی زوج مربعی و گوسین در بازه زمانی ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۱



شکل ۹- مقایسه خطای (کمترین مربعات) حاصل از مدل سازی رگرسیون وزندار جغرافیایی با کرنل انطباقی و وزندهی زوج مربعی و گوسین در بازه زمانی ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۱

جدول ۳- مقادیر پهنای باند و معیارهای پهنای باند رگرسیون وزندار جغرافیایی با کرنل‌های ثابت و انطباقی برای داده‌های سال ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۱

وزن دهی	سال	معیار پهنای باند	کرنل ثابت		کرنل انطباقی	
			پهنای باند (متر)	مقدار معیار پهنای باند	پهنای باند (تعداد همسایه)	مقدار معیار پهنای باند
زوج مربعی	۲۰۰۹	AIC	۴۲۲۹۶	۱۱۱	۵۶	۹۱
		BIC	۵۸۸۸۴	۱۴۱	۶۴	۱۷۱
		CV	۴۱۹۴۷	۱۱۱	۵۶	۱۱۴
	۲۰۱۰	AIC	۴۲۶۹۰	۱۴۰	۵۶	۱۰۵
		BIC	۵۴۱۵۴	۱۶۸	۶۳	۱۶۶
		CV	۴۱۹۴۷	۱۴۲	۵۶	۱۰۷
	۲۰۱۱	AIC	۴۱۹۴۷	۱۲۷	۵۶	۱۱۷
		BIC	۶۴۱۵۴	۱۶۲	۶۲	۱۶۲
		CV	۴۸۸۸۴	۱۳۹	۵۶	۱۱۸
	۲۰۱۱-۲۰۰۹	AIC	۲۵۹۶۴	۹۸	۵۶	۸۹
		BIC	۳۴۱۵۴	۱۵۲	۶۰	۱۲۲
		CV	۲۵۹۶۴	۱۰۲	۵۶	۹۳
گوسین	۲۰۰۹	AIC	۲۰۹۷۳	۱۱۴	۵۶	۱۰۴
		BIC	۲۸۳۷۵	۱۹۰	۶۸	۱۷۷
		CV	۲۰۹۷۳	۱۳۰	۵۶	۱۲۵
	۲۰۱۰	AIC	۲۰۹۷۳	۱۳۵	۵۶	۱۲۷
		BIC	۱۱۷۰۷۷	۱۸۵	۷۲	۱۷۶
		CV	۲۰۹۷۳	۱۴۸	۵۶	۱۲۸
	۲۰۱۱	AIC	۲۰۹۷۳	۱۲۹	۵۶	۱۲۱
		BIC	۱۰۸۴۱۱	۱۵۲	۷۵	۱۵۸
		CV	۲۲۸۳۵	۱۴۲	۵۶	۱۲۹
	۲۰۱۱-۲۰۰۹	AIC	۸۸۴۸	۱۰۸	۵۶	۱۰۳
		BIC	۱۱۷۰۷۷	۱۶۳	۶۶	۱۳۶
		CV	۸۸۴۸	۱۱۱	۵۶	۱۰۹

در داده های سال ۲۰۰۹ متوسط دما، بارش، رطوبت و تبخیر با لپتوسپیروز رابطه مثبت نشان می‌دهند. در حالی که ارتفاع، شیب و پوشش گیاهی روابطی منفی با این بیماری به نمایش می‌گذارند. در مجموع در سال ۲۰۰۹ رطوبت، تبخیر و متوسط دما نسبت به دیگر پارامترها بیشترین اثر و بیشترین دامنه تغییرات و انحراف معیار را دارا هستند.

در داده های سال ۲۰۱۰ متوسط دما، بارش، رطوبت و تبخیر با لپتوسپیروز رابطه مثبت نشان می‌دهند. در حالی که ارتفاع، شیب و پوشش گیاهی روابطی منفی با این بیماری به نمایش می‌گذارند. در مجموع در سال ۲۰۰۹ رطوبت، تبخیر و متوسط دما نسبت به دیگر پارامترها بیشترین اثر و بیشترین دامنه تغییرات و انحراف معیار را دارا هستند.

نتایج به دست آمده از مدلسازی داده‌های سال ۲۰۱۱ نشان می‌دهند که رطوبت، متوسط دما و تبخیر با بیماری رابطه مستقیم و دیگر پارامترها با آن رابطه عکس دارند.

در این سال رطوبت با میانگین ۱۰/۸۰ بیشترین اثر را بر بیماری دارد و ارتفاع، شیب و پوشش گیاهی طبق روال هر سال دارای کمترین تأثیر و کمترین انحراف معیار هستند. بارش نیز همانطور که مشاهده می‌شود، بیشترین رابطه عکس را با بیماری دارد و انحراف معیار آن حدوداً برابر متوسط دما در سال ۲۰۱۱ است.

از طرفی، انحراف معیار پارامترها در دو سال ۲۰۰۹ و ۲۰۱۰ نسبت به سال ۲۰۱۱ بسیار بیشتر است. این موضوع موید این است که تأثیر پارامترها بر بیماری لپتوسپیروز در دهستان‌های مختلف در دو سال ۲۰۰۹ و ۲۰۱۰ بسیار متغیر بوده است.

بررسی نتایج استفاده یکجا از داده های سه سال مورد بررسی، نشان می‌دهد که متوسط دما، رطوبت و تبخیر، مانند همه‌ی سال‌ها بیشترین تأثیر را دارند و به عنوان متغیرهای تأثیرگذار شناخته شده‌اند. مقدار میانگین

حالات مختلف روش رگرسیون وزندار جغرافیایی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تحقیق بر اساس معیار ارزیابی ضریب تبیین و خطای میانگین مربعات بیانگر قابلیت بالای روش رگرسیون وزندار جغرافیایی است.

نتایج به دست آمده از حالات مختلف وزندهی و معیارهای پهنای باند به کار برده شده نشان می دهند که کرنل انطباقی در مقایسه با کرنل ثابت در بیشتر موارد نتایج بهتری دارد و با توجه به معیارهای ارزیابی در نظر گرفته شده موفق تر عمل کرده است.

شیوع این بیماری بیشتر در مناطق مرکزی استان گیلان به ویژه دهستان های مرکزی رخ می دهد که علت اصلی آن را می توان در وجود بخش اعظمی از اراضی شالیکاری استان در این مناطق و به خصوص جمعیت بیشتر مناطق روستایی در این نواحی دانست.

طبق بررسی های انجام شده و نتایج حاصل، پارامترهای دارای رابطه مثبت با بیماری لپتوسپیروز متوسط دما، رطوبت و تبخیر هستند که رطوبت بیشترین اثر را از خود به نمایش می گذارد. مناطقی که دارای رطوبت بیشتری هستند بیماری بیشتری را به خود اختصاص داده اند. از طرفی، پارامترهای ارتفاع و شیب غالباً با بیماری رابطه عکس نشان می دهند و احتمال وقوع بیماری در نواحی با ارتفاع و شیب کمتر بسیار بیشتر از مناطق مرتفع و دارای شیب بیشتر است. این امر با این واقعیت که زمین های کشاورزی بیشتر در مناطق پست با شیب کم قرار دارند، منطبق است. دیگر پارامتر استفاده شده یعنی بارش، رفتار متفاوتی را از خود به نمایش می گذارد، به طوری که در برخی سال ها با بیماری رابطه مستقیم و در بعضی موارد با آن رابطه عکس نشان می دهد. این دوگانگی رابطه بین بارندگی و بیماری می تواند به خاطر تاثیرپذیری بیماری از بارندگی سال های قبل باشد که بازگو کننده اختلاف زمانی بین بارندگی تاثیرگذار بر بیماری و بیماری تاثیرپذیر از بارندگی است.

ضرایب به دست آمده در این مدل نسبت به زمانی که هر سال به صورت جداگانه در مدل استفاده می شود، بسیار به یکدیگر نزدیک است. از طرفی انحراف معیارهای به دست آمده برای متغیرهای رطوبت، تبخیر و متوسط دما کاهش چشم گیری داشته است. انحراف معیار ضرایب متغیرهای فوق زمانی که هر سال به صورت همزمان وارد مدل می شوند، بسیار کمتر است. این نتیجه نشان می دهد که تأثیر متغیرهای رطوبت، تبخیر و متوسط دما بر بیماری در دهستان های مختلف تا حدود زیادی مشابه است. برای سه متغیر ارتفاع، شیب و پوشش گیاهی انحراف معیار نسبت به زمانی که هر سال جداگانه وارد مدل می گردد، افزایش دارد که بیانگر تغییر و نوسان بیشتر میزان تأثیر این متغیرها بر بیماری در دهستان های مختلف است.

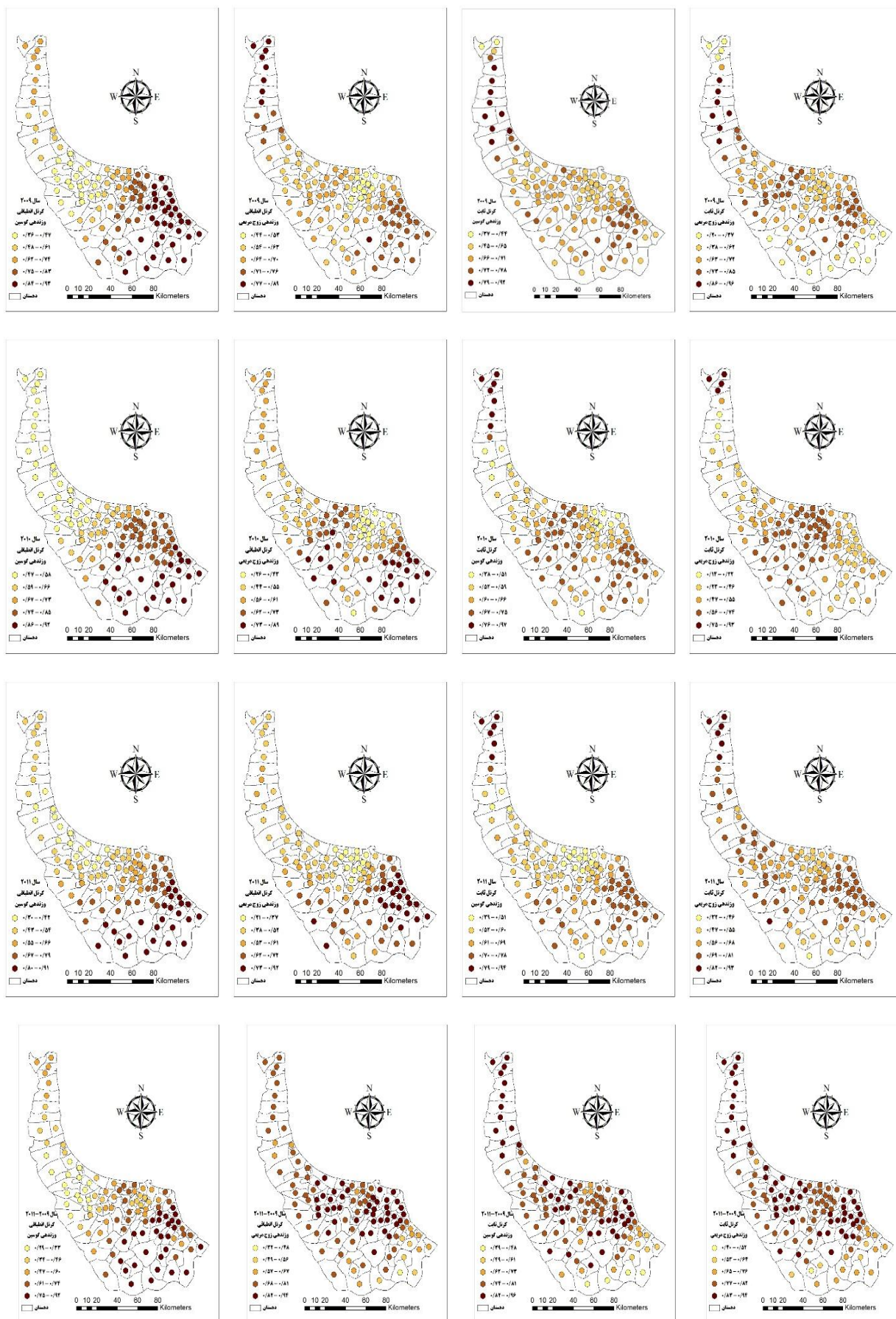
نتایج حاصل از روش رگرسیون وزندار جغرافیایی بیانگر این موضوع هستند که دما، تبخیر و به ویژه رطوبت پارامترهای تأثیرگذار بر بیماری لپتوسپیروز هستند و با آن رابطه مستقیم دارند. از طرفی ارتفاع، شیب و پوشش گیاهی در همه سال ها تقریباً روابط ضعیف تری با بیماری نشان می دهند.

به دلیل زیاد شدن تعداد نقشه ها و از آنجایی که معیار AIC نسبت به دو معیار BIC و CV عملکرد بهتری در مدلسازی داشته است، لذا نتایج این معیار در شکل ۱۰ به نمایش گذاشته شده است. نتایج مدلسازی در شرایطی که داده های هر سه سال به طور همزمان استفاده شده اند تقریباً در تمام دهستان ها دارای ضریب تبیین بالایی است که خود نشانگر بهبود مدل در مقایسه با نتایج هر سال به صورت جداگانه است.

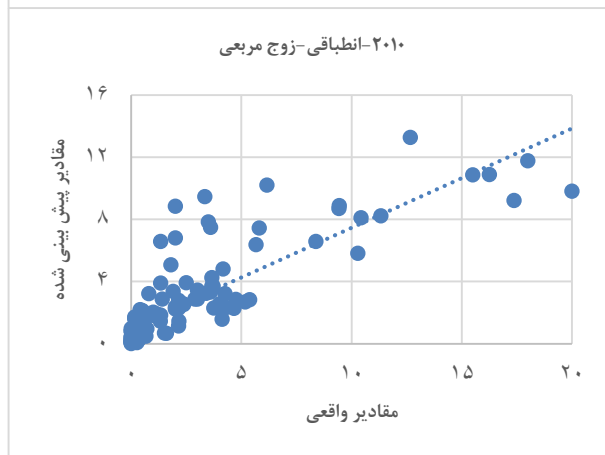
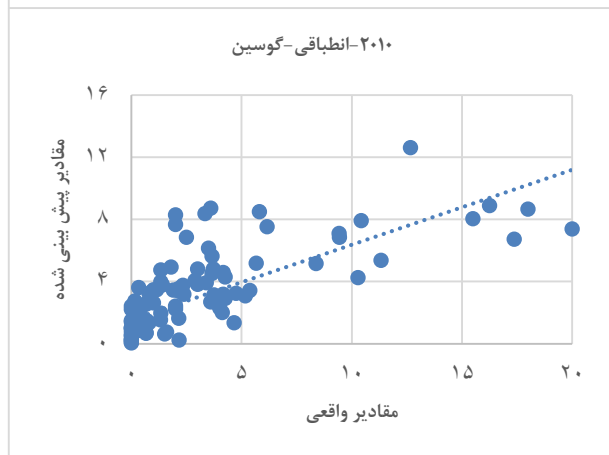
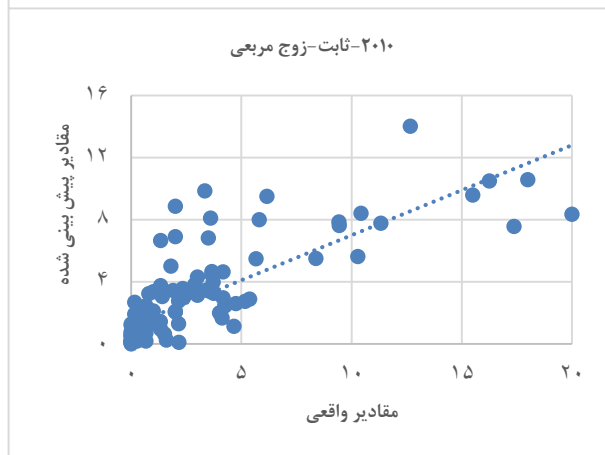
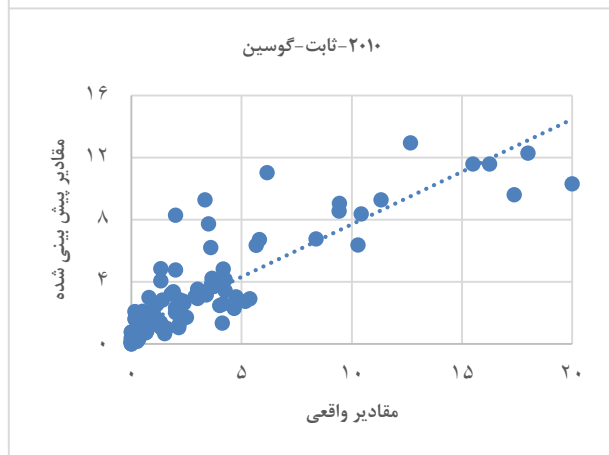
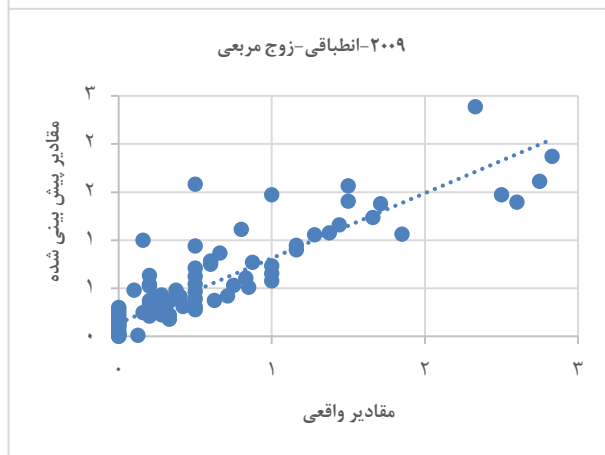
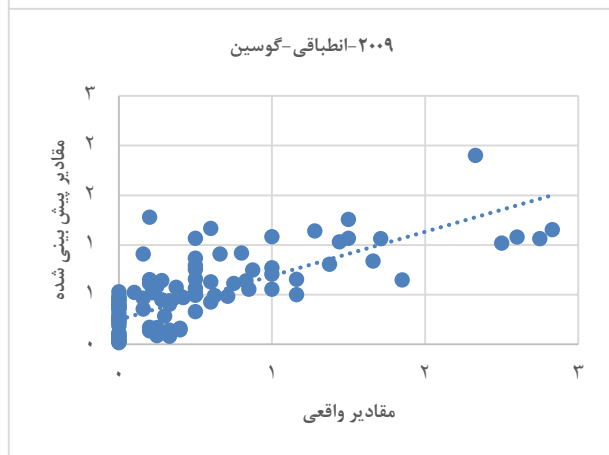
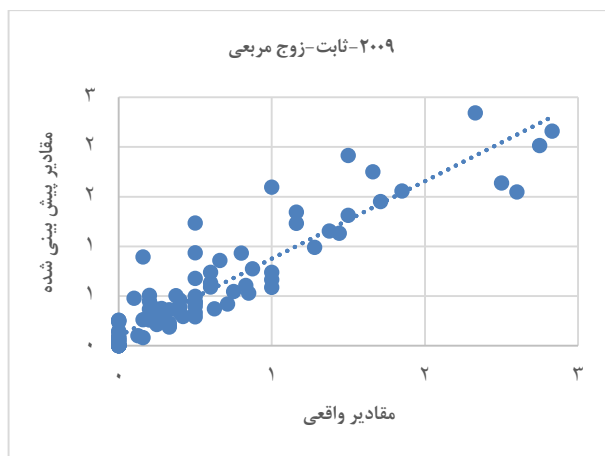
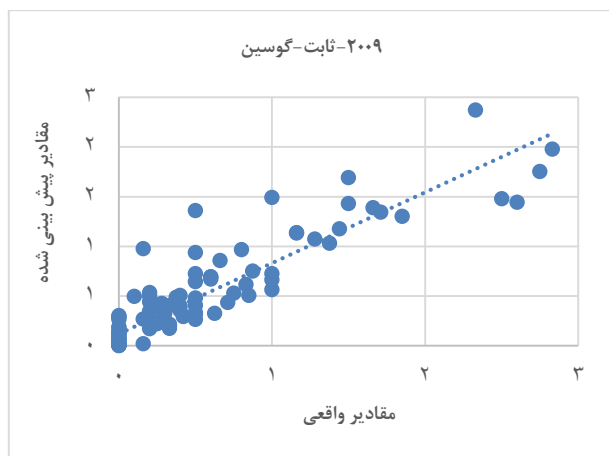
در شکل ۱۱، نمودار پراکنش حاصل از مدلسازی رگرسیون وزندار جغرافیایی با استفاده از معیار AIC در بازه زمانی ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۱ نشان داده شده است. مقادیر واقعی با مقادیر حاصل از روش رگرسیون وزندار جغرافیایی به صورت دو به دو برای هر دهستان نشان داده شده است.

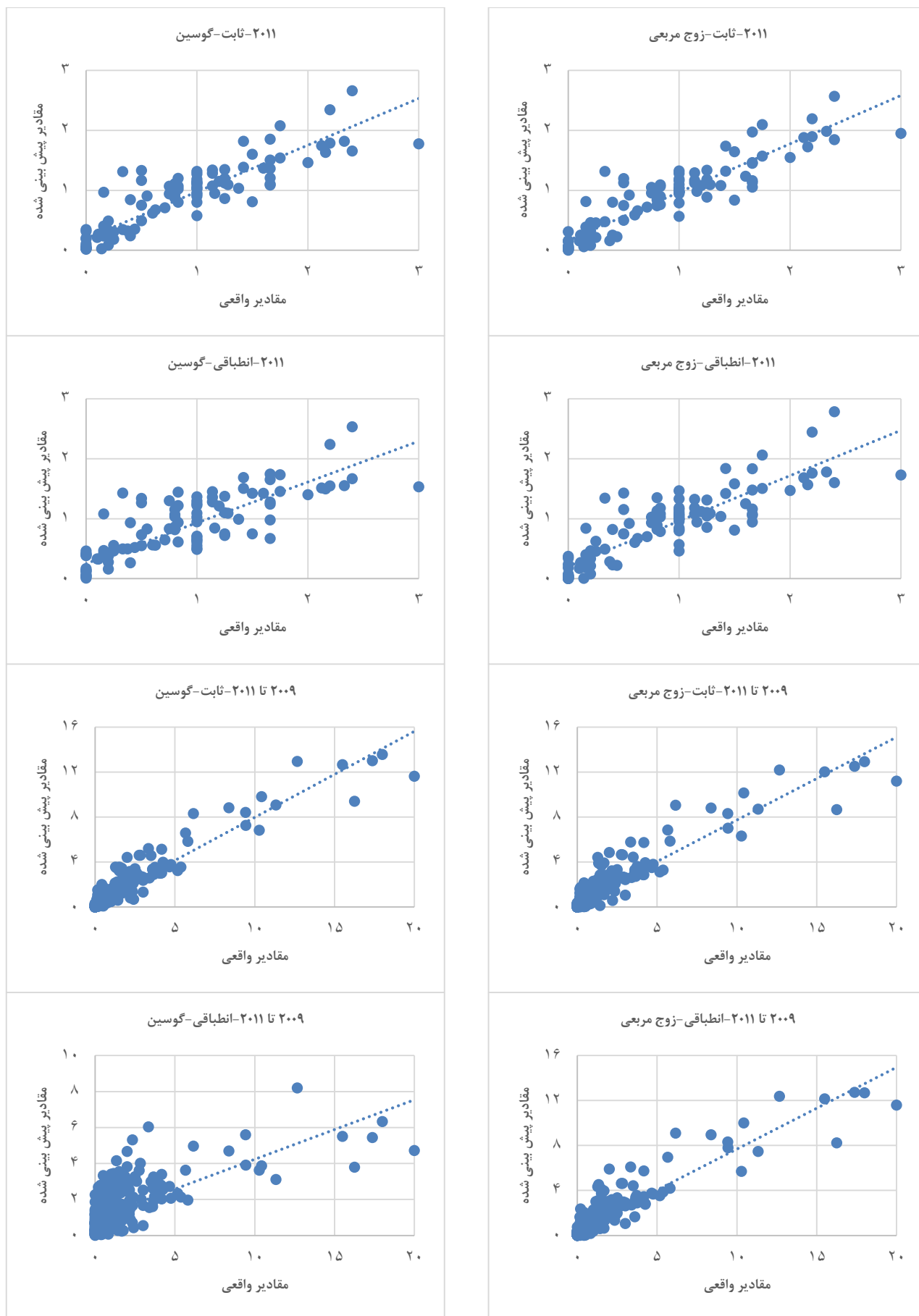
۴- نتیجه گیری

برای مدلسازی بیماری لپتوسپیروز از متغیرهای مختلف شامل میانگین سالیانه داده های دما، بارش، رطوبت، تبخیر، ارتفاع، شیب و شاخص پوشش گیاهی حاصل از سنجنده MODIS استفاده شد. در این مدلسازی



شکل ۱۰- مقایسه نتایج ضریب تبیین محلی حاصل از مدلسازی رگرسیون وزندار جغرافیایی با استفاده از معیار AIC در سالهای ۲۰۰۹، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۱





شکل ۱۱- روابط بین تعداد بیماری مشاهده شده و پیش‌بینی شده با مدل رگرسیون وزندار جغرافیایی با استفاده از معیار AIC در بازه زمانی ۲۰۱۱-۲۰۰۹

دقیق و تخصیص بودجه و امکانات به مناطقی که بیشتر در معرض ابتلا به این بیماری هستند، از اقدامات لازم در زمینه پیشگیری و کنترل این بیماری می باشد.

نقشه های تهیه شده در این مطالعه می توانند برای تحلیل نحوه توزیع بیماری لپتوسپیروز در استان گیلان مورد استفاده مدیران و تصمیم گیرندگان قرار گیرند. در ضمن، برنامه ریزی

مراجع

- [1] Holt, J., Davis, S. and Leirs, H. (2006). "A model of Leptospirosis infection in an African rodent to determine risk to humans: seasonal fluctuations and the impact of rodent control." *Acta tropica*. Vol. 99, No. 2, pp. 218-225.
- [2] Tassinari, W. S., Pellegrini, D. C., Sá, C. B., Reis, R. B., Ko, A. I. and Carvalho, M. S. (2008). "Detection and modelling of case clusters for urban leptospirosis." *Tropical Medicine & International Health*. Vol. 13, No. 4, pp. 503-512.
- [3] Lau, C. L., Smythe, L. D., Craig, S. B. and Weinstein, P. (2010). "Climate change, flooding, urbanisation and leptospirosis: fuelling the fire?" *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*. Vol. 104, No. 10, pp. 631-638.
- [4] Brown, P., McKenzie, M., Pinnock M. and McGrowder, D. (2010). "Environmental risk factors associated with leptospirosis among butchers and their associates in Jamaica." *International journal of occupational and environmental medicine*.
- [5] WHO. (2003). "Human leptospirosis: guidance for diagnosis, surveillance and control. Geneva: World Health Organization." Retrieved 2015/5/9, from [http:// www.who.int/zoonoses/resources/Leptospirosis/en/](http://www.who.int/zoonoses/resources/Leptospirosis/en/).
- [6] Honarmand, H. and Eshraghi, S. (2011). "Detection of Leptospire serogroups, which are common causes of human acute leptospirosis in Guilan, Northern Iran." *Iranian journal of public health*. Vol. 40, No. 1, pp. 107.
- [7] Fonzar, U. J. V. and Langoni, H. (2012). "Geographic analysis on the occurrence of human and canine leptospirosis in the city of Maringá, state of Paraná, Brazil." *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*. Vol. 45, No. 1, pp. 100-105.
- [8] McBride, A., Athanazio, D., Reis, M. and A. K. (2005). "Leptospirosis." *Current Opinion in Infectious Diseases*. Vol. 18, pp. 376-386.
- [9] Bharti, A. R., Nally, J. E., Ricaldi, J. N., Matthias, M. A., Diaz, M. M., Lovett, M. A., Levett, P. N., Gilman, R. H., Willig, M. R. and Gotuzzo, E. (2003). "Leptospirosis: a zoonotic disease of global importance." *The Lancet infectious diseases*. Vol. 3, No. 12, pp. 757-771.
- [10] Mohammadi Nia, A., Alimohammadi, A. and Habibi, R. (2015). "Assessment of environmental factors associated with rural endemics of Leptospirosis in Guilan Province, Iran." *The International Conference on Research in Science and Technology, Kuala Lumpur, Malaysia*
- [11] H. Honarmand, "A decade, the incidence of leptospirosis in Guilan", *Iranian Journal of Infectious Diseases*, Vol. 47, pp. 47-53, 2009.
- [12] Hanafi-Bojd, A. A., Vatandoost, H., Oshaghi, M. A., Charrahy, Z., Haghdooost, A. A., Zamani, G. and Raeisi, A. (2012). "Spatial analysis and mapping of malaria risk in an endemic area, south of Iran: a GIS based decision making for planning of control." *Acta tropica*. Vol. 122, No. 1, pp. 132-137.
- [13] Liu, C., Liu, Q., Lin, H., Xin, B. and Nie, J. (2014). "Spatial analysis of dengue fever in Guangdong Province, China, 2001-2006." *Asia-Pacific Journal of Public Health*. Vol. 26, No. 1, pp. 58-66.
- [14] Mollalo, A., Alimohammadi, A., Shirzadi, M. R. and Malek, M. R. (2015). "Geographic Information System-Based Analysis of the Spatial and Spatio-Temporal Distribution of Zoonotic Cutaneous Leishmaniasis in Golestan Province, North-East of Iran." *Zoonoses and public health*. Vol. 62, No. 1, pp. 18-28.
- [15] Karimipour, F., Kananisadat, Y. (2015). "Investigating the Relation between Prevalence of Asthmatic Allergy with the Characteristics of the Environment Using Fuzzy Association Rule Mining." *Journal of Geomatics Science and Technology*. Vol. 4, No. 3, pp. 117-130
- [16] Yin, P., Mu, L., Madden, M. and Vena, J. E. (2014). "Hierarchical Bayesian modeling of spatio-temporal patterns of lung cancer incidence risk in Georgia, USA: 2000-2007." *Journal of Geographical Systems*. Vol. 16, No. 4, pp. 387-407
- [17] Martinez, A. N., Mobley, L. R., Lorvick, J., Novak, S. P., Lopez, A. M. and Kral, A. H. (2014). "Spatial analysis of HIV positive injection drug users in San Francisco, 1987 to 2005." *International journal of environmental research and public health*. Vol. 11, No. 4, pp. 3937-3955.

- [18] Guptill, S. C. and Moore, C. G. (2013). "Investigating vector-borne and zoonotic diseases with remote sensing and GIS." In *Essentials of Medical Geology*, Springer Netherlands. pp. 647-663.
- [19] Saksena, S., Fox, J., Epprecht, M., Tran, C. C., Castrence, M., Nong, D. and Wilcox, B. (2014). "Role of Urbanization, Land-Use Diversity, and Livestock Intensification in Zoonotic Emerging Infectious Diseases."
- [20] Ferreira, M. C. and Ferreira, M. F. M. (2016). "Influence of Topographic and Hydrographic Factors on the Spatial Distribution of Leptospirosis Disease in São Paulo County, Brazil: An Approach Using Geospatial Techniques and GIS Analysis." *ISPRS-International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, pp. 197-201.
- [21] Khoshdel, A., Noori Fard, M., Pezeshkan, R., Salahi-Moghaddam, A. (2012). "Mapping the Important Communicable Diseases of Iran." *Journal of Health & Development*. Vol. 1, No. 1, pp. 31-46.
- [22] Ghaedamini Asadabadi, R., Tofighi, Ghaedamini, S. H., Azizian, F., Amerieon, A. and Shokri, M. (2012). "A review of some infectious diseases distribution based on geographic information system (GIS) in the area of Chahar Mahal and Bakhtiari." *Journal of Police Medicine*. Vol. 1, No. 2, pp. 113-124.
- [23] Aliyu, Y. A. and M. W. Shebe, (2013). "Using GIS in the Management of health infrastructure within Kaduna Metropolis, Nigeria." *Mediterranean Journal of Social Sciences*. Vol. 4, No. 12, pp. 125.
- [24] Kaffash Charandabi, N., Alesheikh, A. A. (2015). "Risk Zoning of Cardiac Arrest in the Framework of the GIS and Metaheuristic Algorithms based on the Context Information." *Journal of Geomatics Science and Technology*. Vol. 4, No. 4, pp. 109-122.
- [25] Fleming, G., Van der Merwe, M. and McFerren, G. (2007). "Fuzzy expert systems and GIS for cholera health risk prediction in southern Africa." *Environmental Modelling a Software*. Vol. 22, No. 4, pp. 442-448.
- [26] Rai, P. K. (2012). "Application of multiple linear regression model through GIS and remote sensing for malaria mapping in Varanasi District." *India Health Science Journal*.
- [27] Simón, L., Afonin, A., López-Díez, L., González-Miguel, I. J., Morchón, Carretón, R. E. and Simón, F. (2014). "Geo-environmental model for the prediction of potential transmission risk of *Dirofilaria* in an area with dry climate and extensive irrigated crops" The case of Spain. *Veterinary parasitology*. Vol. 200, No. 3, pp. 257-264.
- [28] Karami, J., Delfan, S., Shamsoddini, A. (2016). "Role of Time in Spatial Analysis of Diseases in Tehran" *Journal of Geomatics Science and Technology*. Vol. 5, No. 4, pp. 227-238.
- [29] J Hennebelle, H. J., Sykes, E., Carpenter, T. E. and Foley, J. (2013). "Spatial and temporal patterns of *Leptospira* infection in dogs from northern California: 67 cases (2001–2010)." *Journal of the American Veterinary Medical Association*. Vol. 242, No. 7, pp. 941-947.
- [30] Benacer, D., Thong, K. L. Min, N. C., Verasahib, K. B., Galloway, R. L., Hartskeerl, R. A. and Zain, S. N. M. (2016). "Epidemiology of human leptospirosis in Malaysia, 2004–2012." *Acta tropica*. Vol. 157, pp. 162-168.
- [31] Azimullah, A. Z., Aziah, B. D. and Fauziah, B. D. (2016). "The rise of leptospirosis in kelantan 2014: characteristics, geographical pattern and associated factors." *International Journal of Public Health and Clinical Sciences*. Vol. 3, NO. 4.
- [32] Abass, R. S. E. B., Alla, M. Y. M. A. and El-Eragi, A. M. E. H. (2014). "Spatial Risk Analysis of Water Borne Diseases (Bovine Leptospirosis) in the River Nile State-Sudan." *Journal of Geographic Information System*. Vol. 6, No. 1, pp. 1.
- [33] Suepaul, S. M., Carrington, C. V., Campbell, M., Borde, G. and Adesiyun, A. A. (2014). "Seroepidemiology of leptospirosis in dogs and rats in Trinidad." *Trop Biomed*. Vol. 31, No. 4, pp. 853-861.
- [34] Montiel-Arteaga, A., Atilano, D., Ayanegui, Ceballos, A. G. and Suzán, G. (2015). "Risk factors associated with prevalence of antibodies to *Leptospira interrogans* in a metapopulation of black-tailed prairie dogs in Mexico." *Journal of wildlife diseases*. Vol. 51, No. 1, pp. 28-35.
- [35] Garcia-Ramirez, M., Laura, J., Giraldo-Pulgarin, Y., Agudelo-Marín, N., Holguin-Rivera, Y., Gómez-Sierra, S., Ortiz-Revelo, P. V. and Rodriguez-Morales, A. J. (2015). "Geographical and Occupational Aspects of Leptospirosis in the Coffee-Triangle Region of Colombia, 2007-2011." *Recent patents on anti-infective drug discovery*. Vol. 10, No. 1, pp. 42-50.
- [36] Shojaee, J., Hosseini, a., Abedi, g., Bayatani, a., Yazdani, c. j., Kaveh, f. and Rostami, f. (2015). "Spatial Pattern and Distribution of Leptospirosis in Mazandaran Povince using Geographic Information System." *Journal of Mazandaran University of Medical Sciences*. Vol. 25, pp. 151-154.
- [37] Sulistyawati, S., Nirmalawati, T. and Mardenta, R. N. (2016). "Spatial Analysis of Leptospirosis Disease in Bantul Regency, Yogyakarta." *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. Vol. 12, No. 1.
- [38] Fotheringham, A. S., Brunsdon, C., Charlton, M. (2002). "Geographically Weighted Regression: The Analysis of Spatially Varying Relationships." Chichester: Wiley, 2002. 269 p.

- [39] Mohammadi Nia, A., Alimohammadi, A., Habibi, R. and Shirzadi, M. R. (2015). "Spatial and Statistical Analysis of Leptospirosis in Guilan Province, Iran." *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. Vol. 40, No. 1, pp. 497.
- [40] Kala, A. K. (2015). "Spatially explicit modeling of West Nile virus risk using environmental data." Doctoral dissertation, University of North Texas
- [41] Duarte-Cunha, M. Almeida, A. S. D., Cunha, G. M. D. and Souza-Santos, R. (2016). "Geographic weighted regression: applicability to epidemiological studies of leprosy." *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*. Vol. 49, No. 1, pp. 74-82
- [42] Ford, M. M. and Highfield, L. D. (2016). "Exploring the Spatial Association between Social Deprivation and Cardiovascular Disease Mortality at the Neighborhood Level." *PloS one*. Vol. 11, No. 1.
- [43] Park, S. Y., Kwak, J. M., Seo, E. W. and Lee, K. S. (2016). "Spatial analysis of the regional variation of hypertensive disease mortality and its socio-economic correlates in South Korea." *Geospatial health*. Vol. 11, No. 2.
- [۴۴] Lloyd, C., and Shuttleworth, I. (2005). "Analysing commuting using local regression techniques: scale, sensitivity, and geographical patterning." *Environment and Planning A*. Vol. 37, No. 1, pp. 81-103.
- [۴۵] Paez, A. (2006). "Exploring contextual variations in land use and transport analysis using a probit model with geographical weights." *Journal of Transport Geography*, Vol. 14, No. 3, pp. 167-176.
- [46] Haining, R. P. (2010). "The nature of georeferenced data. *Handbook of Applied Spatial Analysis*." pp. 197-217.