نشریه علمی پژوهشی مهندسی فناوری اطلاعات مکانی

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دانشکده مهندسی نقشه برداری

سال ششم، شماره چهارم، زمستان ۱۳۹۷
Vol.6, No.4, Winter 2019
۳۱-۵۰

بررسی تاثیر و نقش عوامل توپوگرافی و آب و هوایی در تهیه نقشه آسیب‌پذیری بیماری لپتوسپیروز

مهرداد آهنگرکانی[۱]، مهدی فرنقی*[۲]، محمدرضا شیرزادی[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد سیستم‌های اطلاعات مکانی دانشکده مهندسی ژئودزی و ژئوماتیک، دانشگاه صنعتی خواجه‌نصیرالدین طوسی
۲- استادیار گروه سیستم‌های اطلاعات مکانی دانشکده مهندسی ژئودزی و ژئوماتیک، دانشگاه صنعتی خواجه‌نصیرالدین طوسی
۳- رئیس مرکز کنترل و پیشگیری بیماری‌های واگیر وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی

تاریخ دریافت مقاله ۱۳۹۵/۰۸/۰۵ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۰۳/۱۰

چکیده

بیماری لپتوسپیروز یکی از رایج‌ترین و گسترش یافته‌ترین بیماری عفونی مشترک میان انسان و حیوان در سراسر دنیا بشمار می‌رود که به¬وسیله باکتری بیماری¬زایی به نام لپتوسپیرا ایجاد می‌شود و به شکل مستقیم یا غیر مستقیم از حیوان به انسان منتقل می‌شود. این بیماری در تمام مناطق جهان اتفاق می‌افتد، اما در مناطق گرمسیر پرباران شایع‌تر است و در اغلب این مناطق بومی می‌باشد. هدف اصلی این تحقیق، بررسی فصلی ارتباط میان متغیرهای محیطی و توپوگرافی از قبیل ارتفاع، شیب، پوشش گیاهی، متوسط دمای هوا، متوسط رطوبت هوا، میزان بارندگی و تعداد روزهای یخبندان با وقوع بیماری لپتوسپیروز و تهیه نقشه آسیب‌پذیری بیماری لپتوسپیروز در سطح بخش‌های استان¬های شمالی ایران می‌باشد. در این تحقیق، تحلیل همبستگی پیرسون به منظور بررسی نوع و شدت همبستگی بین متغیرهای محیطی و توپوگرافی با بروز بیماری لپتوسپیروز و توصیف ارتباط بین بروز فصلی بیماری لپتوسپیروز و متغیرهای محیطی و توپوگرافی مورد استفاده قرار گرفت. نتایج حاصل از تحلیل همبستگی پیرسون مشخص نمود که متغیرهای میانگین رطوبت هوا، میانگین دمای هوا و میزان بارندگی مهم‌ترین فاکتورها بر شیوع بیماری لپتوسپیروز در منطقه می‌باشند. همچنین نتایج حاصل از بررسی‌های آماری نشان داد که بیش‌ترین موارد بیماری در فصل تابستان و اواخر فصل بهار به ثبت رسیده و کم‌ترین رخداد بیماری در فصل زمستان رخ داده است. علاوه بر این، نتایج آماری به‌دست آمده حاکی از وجود موارد وقوع بیماری لپتوسپیروز در نواحی مرکزی استان گیلان، مناطق شرقی استان مازندران و مناطق غربی استان گلستان، با آب و هوای معتدل و مرطوب با بارش شدید باران می‌باشد. در نهایت روش ماشین بردار پشتیبان به منظور مدل‌سازی ارتباط بین متغیرهای محیطی و توپوگرافی و توزیع فصلی الگوی مکانی بیماری لپتوسپیروز مورد استفاده قرار گرفت و عملکرد این مدل با استفاده از معیار ارزیابی منحنی مشخصه عملکرد سیستم مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از ارزیابی نقشه‌های خروجی روش ماشین بردار پشتیبان نشان دادند که این روش عملکرد بسیار عالی در تهیه نقشه آسیب‌پذیری بیماری لپتوسپیروز داشته است.

واژه‌های کلیدی: تحلیل پیرسون، سامانه اطلاعات مکانی، ماشین بردار پشتیبان، منحنی مشخصه عملکرد سیستم، بیماری لپتوسپیروز

* نویسنده مکاتبه کننده: : تهران- خیابان ولیعصر- تقاطع میرداماد غربی- دانشکده ژئودزی و ژئوماتیک- دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.
تلفن: ۰۹۱۲۲۴۳۲۸۴۷

Email: farnaghi@kntu.ac.ir

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-10-23]

[DOI: 10.29252/jgit.6.4.31]

۱- مقدمه

بیماری لپتوسپیروز به‌دلیل اپیدمی و شیوع فزاینده، مشکلی جهانی و مسئله‌ای برای سلامت عمومی در کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته می‌باشد. در مناطق پرباران حاره و تحت حاره که اغلب کشورهای در حال توسعه در آنجا وجود دارند، نسبت به مناطق معتدل، این مشکل به‌صورت جدی‌تری خودنمایی می‌کند [۱]. در واقع این بیماری در تمام مناطق جهان اتفاق می‌افتد اما در مناطق گرمسیر پرباران شایع‌تر است و در اغلب این مناطق بومی[1] می‌باشد [۲]. اگرچه اهمیت و بزرگی مسئله در مناطق حاره و تحت حاره به آب و هوا و شرایط محیطی نسبت داده می‌شود اما به احتمال زیاد برخورد با محیط آلوده به لپتوسپیروز که در اثر روش‌های کشاورزی محلی، سکونت نامناسب و دفع غیربهداشتی زباله‌ها و مواد زاید که همگی باعث ایجاد منابع متعدد عفونت و آلودگی می‌شوند را نباید از یاد برد. در کشورهای دارای آب و هوای معتدل علاوه بر وجود بیماران با انتقال در محل، ممکن است از طریق مسافرانی که از مناطق حاره به این مناطق می‌آیند نیز بر تعداد بیماران افزوده شود[۳]. این بیماری یکی از رایج‌ترین و مخوف‌ترین بیماری عفونی مشترک میان انسان و حیوان در سراسر دنیا بشمار می‌رود که به‌وسیله باکتری بیماری‌زایی به نام لپتوسپیرا ایجاد می‌شود و به شکل مستقیم یا غیر مستقیم از حیوان به انسان منتقل می‌شود . منبع اصلی این بیماری جوندگان و حیوانات وحشی می‌باشند که باکتری لپتوسپیرا را در فضولات خود دفع می‌کنند. برخی از حیوانات اهلی همچون سگ و گاو نیز در انتشار عفونت این بیماری موثرند و به عنوان مخزن عفونت برای انسان و دام‌ها عمل می‌کنند [۴]. در سال‌های اخیر، سیر تحولی بیماری لپتوسپیروز از یک بیماری سنتی روستایی که باعث افزایش شیوع بیماری در میان کشاورزان، شالیکاران، ماهیگیران و غیره می‌شد، تغییر یافته و به عنوان عامل اپیدمی‌ها در جوامع شهری با سطح بهداشت نامناسب و ضعیف، تبدیل شده است [۵]. بیماری لپتوسپیروز در کشورهای در حال توسعه مثل ایران یک بیماری شغلی محسوب می‌شود و بیشتر در میان کشاورزان، دامداران، کارکنان کشتارگاه‌ها، قصاب‌ها و ماهیگیران در فصول گرم سال رخ می‌دهد [۶]. بیماری لپتوسپیروز اغلب گسترش فصلی دارد و با افزایش بارندگی و افزایش درجه حرارت بر شیوعش افزوده می‌شود اما بیماری در تمام طول سال می‌تواند اتفاق بیافتد. هرکجا که انسان در تماس با ادرار و فضولات حیوان، آب، خاک و محیط آلوده قرار بگیرد، احتمال وقوع این بیماری وجود دارد. مخصوصا در مناطقی از جهان که شرایط آب و خاک آن قلیایی باشد. به‌همین علت می‌باشد که در سال‌های اخیر در استان‌های شمالی ایران به دلیل دارا بودن آب و هوای معتدل، مرطوب و آب و خاک قلیایی موارد قابل توجهی از بیماری انسانی مشاهده شده است [۳ و ۷].

از آنجائی‌که عامل مکان به‌عنوان یک عامل مهم و کلیدی در مطالعات مربوط به بهداشت عمومی و همه‌گیری بیماری‌ها به‌شمار می‌آید [۸, ۹] و همچنین سامانه‌های اطلاعات مکانی (GIS[2]) قابلیت‌های زیادی در مورد مدلسازی پدیده‌های مکانی دارند [۱۰]. لذا چنین سامانه‌هایی می‌توانند در زمینه مطالعه و بررسی بیماری‌ها و عوامل موثر بر آن‌ها بسیار مفید واقع شوند و با استفاده از اطلاعات جمع‌آوری شده به تجزیه و تحلیل مکانی در مورد آن‌ها بپردازند [۱۱]. با توجه به موارد اشاره شده، لزوم بررسی مکانی در زمینه بیماری لپتوسپیروز، مخازن و ناقلین آنها به‌منظور در دست داشتن آخرین اطلاعات لازم و به‌کار بردن آنها در برنامه‌های کنترلی این بیماری،

[1] Endemic

[2] Geographical Information System

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-10-23]

[DOI: 10.29252/jgit.6.4.31]

ضروری به نظر می‌رسد. از طرفی عامل زمان در وقوع انواع بیماری‌ها نقش بسیار مهمی دارد و تغییرات عوامل محیطی و اقلیمی از زمانی به زمان دیگر بر میزان بروز بیماری‌ها و تشدید آن‌ها بسیار موثر می‌باشند. بنابراین اهداف اصلی این تحقیق، بررسی فصلی ارتباط میان متغیرهای آب و هوایی و توپوگرافی بر وقوع بیماری لپتوسپیروز و تهیه نقشه‌های فصلی آسیب‌پذیری بیماری به منظور کسب بینش عمیق به تعاملات بین شرایط آب و هوایی و محیطی با بروز بیماری لپتوسپیروز و شناسایی مناطق در معرض خطر بالای بیماری در سطح بخش‌های استان‌های شمالی ایران می‌باشد. بر این اساس این مقاله در ۶ بخش تنظیم شده است. پس از بخش مقدمه، در بخش دوم به بررسی مطالعات گذشته در زمینه بیماری‌های واگیر و مشترک بین انسان و دام، به خصوص بیماری لپتوسپیروز و استفاده از سیستم اطلاعات مکانی در مدلسازی بیماری لپتوسپیروز پرداخته شده است. در بخش سوم، منطقه مورد مطالعه و داده‌های مورد استفاده در تحقیق به همراه مفاهیم پایه و نظری روش‌های مورد استفاده در تحقیق توضیح داده شده‌اند. در بخش چهارم، نحوه مدلسازی بیماری جهت تهیه نقشه آسیب‌پذیری بیماری لپتوسپیروز و روش ارزیابی مدل بدست آمده تشریح شده‌اند. در بخش پنجم به نتایج حاصل از تحقیق به همراه بحث پرداخته شده است. در نهایت در بخش ششم، نتیجه‌گیری نهایی و پیشنهاداتی برای تحقیقات آینده ارائه شده‌اند.

۲- پیشینه تحقیق

به دلیل اهمیت موضوع بیماری در جهان از گذشته‌های دور تا به امروز پژوهش‌ها و روش‌های متعددی در زمینه بیماری‌های مختلف انجام شده‌اند. ریشه‌کنی بیماری آبله در جهان توسط گروه هندرسون از سازمان جهانی بهداشت [۱۲]، تایید نقش مخرب مصرف مواد دخانی در ایجاد بسیاری از بیماری‌ها به ویژه سرطان ریه، کشف راه‌های انتقال و روش پیشگیری از بیماری ایدز و بسیاری دیگر از ناشناخته‌های موثر درایجاد بیماری‌های مختلف، از جمله دستاوردهای پژوهش‌های مکانی مرتبط با بیماری در سراسر جهان و از نمونه‌های برجسته تاریخی این نوع پژوهش‌های همه‌گیرشناسی هستند. امروزه سامانه اطلاعات مکانی به عنوان بخشی از فناوری اطلاعات توسط سازمان‌های مدیریت بهداشت و درمان، در سطوح مختلف جهانی، ملی، منطقه‌ای و محلی به طور گسترده مورد استفاده قرار گرفته است [۱۳]. در سطح بین المللی با استفاده از سامانه اطلاعات مکانی و تحلیل‌های مکان- آماری متعدد، مطالعات گسترده‌ای از سراسر جهان در مورد بیماری‌های واگیر مشترک میان انسان و حیوان گزارش شده است که به بررسی ارتباط بین پارامترهای محیطی و آب و هوایی با شیوع چنین بیماری‌ها پرداخته‌اند. به‌عنوان نمونه، بارسلوز و سابروزا در سال ۲۰۰۱ میلادی، با استفاده از ترکیب داده‌های محیطی و به‌کارگیری تحلیل‌های مکانی، تاثیر عوامل محیطی بر بیماری لپتوسپیروز را در کشور برزیل در تابستان ۱۹۹۶ مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصل از مطالعه نشان دادند که بیشترین نرخ بیماری درون مناطق آسیب‌پذیر نسبت به سیل و در اطراف محل‌های جمع‌آوری زباله رخ می‌دهند [۱۴]. مطالعه انجام شده در برزیل توسط باویا و همکاران با استفاده از سامانه اطلاعات مکانی و سنجش از دور(RS[1]) در مورد بیماری لیشمانیوز احشایی نشان داده است که شاخص پوشش گیاهی نرمال شده (NDVI[2]) یکی از مهمترین عوامل محیطی موثر بر شیوع بیماری لیشمانیوز احشایی بوده است. بدین‌صورت که بیش‌تر ناقلین در مطالعه فوق در مناطق دارای پوشش گیاهی کم مشاهده شده‌اند [۱۵]. همچنین پزشکی و همکاران به بررسی فاکتورهای بیماری وبا از سال ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۶ در منطقه چابهار پرداختند. برای کشف ارتباط بین

[1] Remote Sensing
[2] Normalized Difference Vegetation Index

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-10-23]
[DOI: 10.29252/jgit.6.4.31]

وقوع بیماری وبا و متغیرهای آب و هوایی از روش‌های سامانه اطلاعات مکانی و پایگاه داده مکانی، برای مدلسازی انتشار بیماری از روش‌های خوشه‌بندی فازی و تحلیل‌های آماری بر اساس مدل رگرسیون منطقی استفاده نمودند. نتایج این بررسی، وجود رابطه بین وقوع بیماری وبا با دما و رطوبت بالا، بارش کم و نزدیکی به مرزهای شرقی ایران بوده است [۱۶]. لاو و همکاران در سال ۲۰۱۲ میلادی، به تهیه نقشه آسیب‌پذیری بیماری لپتوسپیروز در آمریکن ساموا پرداختند. در این مطالعه از متغیرهای محیطی نظیر بارش، ارتفاع، پوشش گیاهی و ... برای مدل رگرسیون لجستیک چند متغیره استفاده نمودند. نتایج به‌دست آمده حاکی از طبقه‌بندی صحیح ۸۴ درصد از موارد گزارش شده در این مطالعه بوده است. از طرفی زندگی در ارتفاع کمتر از میانگین ارتفاع روستاها، زمین‌های گلی، مناطق کشاورزی و تراکم زیاد خوکدانی‌های منازل بیشترین تاثیر را در میزان بروز بیماری لپتوسپیروز از خود نشان دادند [۱۷]. مطالعات انجام شده در ایران در زمینه بیماری لپتوسپیروز اکثرا محدود به جنبه‌های بالینی و پزشکی بیماری بوده‌اند و بر شناخت ویژگی‌های فردی بیماران و مخازن بیماری و بیشتر در مورد نوع دامی بیماری تمرکز داشته‌اند. به‌عنوان نمونه، در مطالعه‌ای در بوشهر توسط وحدت و همکاران در سال ۲۰۰۵ میلادی، ارتباط میان بارندگی شدید و بروز لپتوسپیروز گزارش گردید. جاری شدن سیلاب پس از بارندگی برای رخداد لپتوسپیروز بسیار مناسب است، زیرا این وضعیت، مانع جذب ادرار حیوانات به خاک و یا تبخیر آن می‌شود و لپتوسپیراها به راحتی بر سطح آب‌ها روان شده، در لجن‌ها بر جای می‌مانند [۱۸]. همچنین علوی و خوشخو در سال ۲۰۱۴ میلادی، با انجام مطالعات پزشکی و تقسیم افراد به دو دسته شالیکار و غیر شالیکار دریافتند که احتمال وقوع بیماری لپتوسپیروز در شالیکاران استان خوزستان مخصوصا جنسیت مرد و سنین بالای ۳۵ سال بسیار بیشتر از سایرین است [۱۹]. در مطالعه‌ای گلشا و همکاران در سال ۲۰۰۷ میلادی اعلام نمودند که لپتوسپیروز یک بیماری شغلی محسوب می‌شود و در شالیکاران خطر ابتلا به این بیماری بیشتر است [۲۰]. مطالعات حاکی از شیوع بیماری لپتوسپیروز در مردان نسبت به زنان و نیز روستانشینان نسبت به شهرنشینان هستند و بیانگر این نکته می‌باشند که شیوع بیماری به‌طور عمده در ماه‌های گرم سال بوده و بیشتر بیماران سابقه کار در مزرعه برنج و سابقه تماس با حیوانات اهلی و آب‌های سطحی داشتند [۶, ۲۱] و همچنین رابطه سن و فعالیت در شالیزار، با ابتلا به بیماری ارتباط تنگاتنگ دارد [۲۲, ۲۳]. اما در خصوص بیماری لپتوسپیروز انسانی و استفاده از سامانه اطلاعات مکانی در تحلیل مکانی و مدلسازی بیماری، تاکنون مطالعات کمی در ایران صورت گرفته است. در مطالعه‌ای محمدی نیا و همکاران (۲۰۱۵)، به بررسی اثر پارامترهای محیطی بر بروز بیماری لپتوسپیروز با استفاده از روش‌های رگرسیون وزندار جغرافیایی (GWR[1]) و کمترین مربعات معمولی (OLS[2]) پرداختند. نتایج به‌دست آمده از معیار ارزیابی R^2، به خوبی برتری روش GWR نسبت به OLS را به‌دلیل در نظر گرفتن اثر مکانی میان موارد بیماری لپتوسپیروز نشان داد [۲۴]. همچنین ایشان در مطالعه‌ای دیگر نشان دادند که بیشترین موارد وقوع بیماری در نواحی مرکزی استان گیلان به‌دلیل دارابودن زمین‌های کشاورزی در مناطق پست و با شیب کم و در ماه‌های خرداد تا شهریور اتفاق افتاده‌اند [۲۵]. تمامی این مطالعات، بر تحلیل و بررسی ارتباط میان وقوع بیماری و پارامترهای موثرش به صورت سالیانه تمرکز کرده‌اند و طبق بهترین دانش، بررسی فصلی ارتباط میان پارامترهای موثر با شیوع بیماری لپتوسپیروز و تهیه نقشه‌های فصلی آسیب‌پذیری بیماری جهت تعیین مناطق بحرانی و در

[1] Geographically Weighted Regression
[2] Ordinary Least Square

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-10-23]
[DOI: 10.29252/jgit.6.4.31]

معرض خطر بالای بیماری لپتوسپیروز در هیچ کدام یک از مطالعات پیشین، صورت نگرفته است. همچنین در هیچ کدام از پژوهش‌های انجام شده، از روش یادگیری ماشینی ماشین بردار پشتیبان (SVM[1]) با قدرت طبقه‌بندی داده‌ها در کلاس‌های مختلف، به‌عنوان روشی برای تهیه نقشه آسیب‌پذیری بیماری‌ها استفاده نشده است.

۳- مواد و روش‌ها

در این قسمت از پژوهش علاوه بر اشاره به منطقه مورد مطالعه و داده‌های جمع‌آوری‌شده جهت تهیه نقشه آسیب‌پذیری بیماری لپتوسپیروز، مفاهیم پایه و نظری روش‌های مورد استفاده در تحقیق شامل تحلیل همبستگی پیرسون[2] و ماشین بردار پشتیبان تشریح شده‌اند.

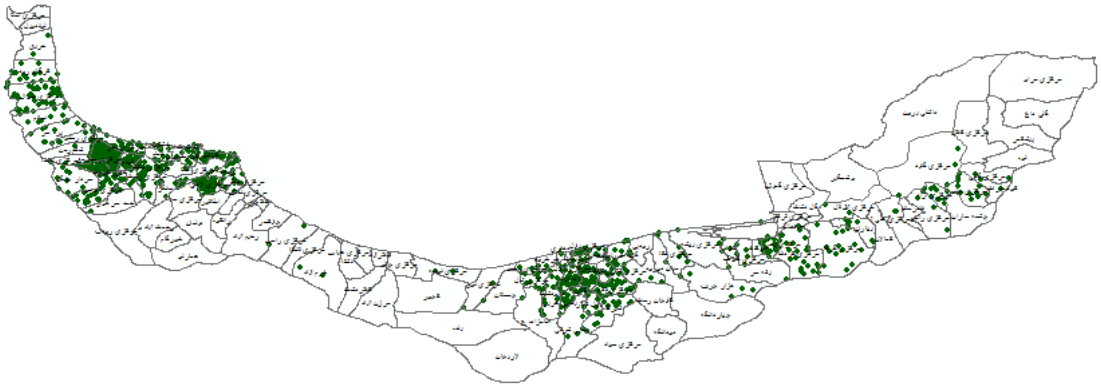
۳-۱- منطقه مورد مطالعه

استان‌های حاشیه دریای خزر شامل استان‌های گیلان، مازندران و گلستان، با جمعیتی معادل ۷,۳۳۱,۸۳۱ نفر طبق سرشماری سال ۱۳۹۰ به عنوان مناطق مورد مطالعه در این تحقیق انتخاب شده‌اند. این استانها مساحتی حدود ۵۸.۲۵۰ کیلومتر مربع واقع در شمال ایران را می‌پوشانند و از نظر تقسیمات سیاسی، در مجموع متشکل از ۱۱۹ بخش[3] می‌باشند. با توجه به موقعیت جغرافیایی و شرایط آب و هوایی استان‌های مورد مطالعه و نتایج حاصل از ایستگاه‌های هواشناسی، این استان‌ها دارای آب و هوای معتدل و مرطوب و از جمله استان‌های بارش‌خیز می‌باشند. در این تحقیق در فاصله زمانی فروردین ماه سال ۱۳۸۸ تا اسفند ماه سال ۱۳۹۳ (۷۲ ماه) در مجموع ۱۸۵۹ مورد بیماری لپتوسپیروز در سطح بخش‌های استان‌های گیلان، مازندران و گلستان ثبت و ضبط شده است. از این تعداد در مجموع به ترتیب فراوانی، ۷۳ درصد موارد بیماری مربوط به استان گیلان (۱۳۵۷ مورد بیماری)، ۱۸ درصد موارد بیماری مربوط به استان مازندران (۳۳۵ مورد بیماری) و ۹ درصد موارد بیماری مربوط به استان گلستان (۱۶۷ مورد بیماری) گزارش شده است. از طرفی، در سطح بخش‌های استان‌های شمالی، بیشترین موارد وقوع بیماری به ترتیب فراوانی، متعلق به رشت (۲۷/۵ درصد)، صومعه سرا (۸/۲ درصد) در استان گیلان، لاله آباد و قائمشهر (۷ درصد) در استان مازندران و گرگان (۴ درصد) در استان گرگان می‌باشد. مطابق با شکل (۱)، توزیع بیماری در نواحی مرکزی استان گیلان، مناطق شرقی استان مازندران و مناطق غربی استان گلستان بیشتر از سایر نواحی می‌باشد.

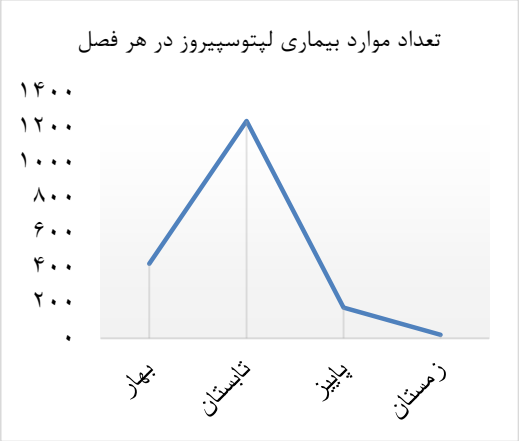
نتایج حاصل از بررسی‌های آماری مشخص نمود که روند بروز بیماری لپتوسپیروز طی ماه‌های مختلف سال تغییرات محسوسی داشته است و فراوانی به این صورت بوده است که اکثر موارد بروز بیماری از اواسط ماه اردیبهشت شروع شده و در ماه‌های خرداد تا شهریور به بالاترین میزان رسیده است و سپس کاهش یافته است. در مجموع ۶ سال، بیش‌ترین میزان فراوانی بیماری به ترتیب در فصل‌های تابستان (۶۷ درصد)، بهار (۲۳ درصد)، پاییز (۹ درصد) و زمستان (۱ درصد) بوده است. بیش‌ترین موارد وقوع بیماری در فصول بهار و تابستان می‌تواند احتمالا مربوط به شروع فعالیت شالیکاران و کشاورزان، افزایش رطوبت، دما و بارندگی شدید باشد (شکل (۲)).

[1] Support Vector Machine (SVM)
[2] Pearson's correlation coefficient
[3] District

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-10-23]
[DOI: 10.29252/jgit.6.4.31]



شکل ۱: پراکندگی موارد وقوع بیماری لپتوسپیروز در بخش‌های استان‌های شمالی ایران در سال‌های ۱۳۹۳-۱۳۸۸



شکل ۲: فصول وقوع بیماری لپتوسپیروز (۱۳۹۳-۱۳۸۸)

همچنین بررسی‌های آماری مشخص نمود که اگرچه در تمام بخش‌های استان‌های شمالی ایران در هر ۶ سال مورد مطالعه، بیش‌ترین فراوانی موارد بروز بیماری لپتوسپیروز مربوط به جنسیت مرد بوده، اما این بیماری برای هر دو جنسیت زن و مرد تهدید کننده است. از طرفی، بروز این بیماری در تمامی گروه سنی مشاهده شده است که از میان آن‌ها بیشترین بروز بیماری مربوط به جوانان و میانسالان بوده است. علت چنین نتایجی ممکن است به دلیل پوشش کمتر و تعاملات اجتماعی و محیطی بیشتر مردان نسبت به زنان و بیانگر خطر مواجهه در مشاغلی باشد که مردان بیشتر در آن حضور دارند، به همین دلیل بیماری بین مردان جوان و میانسال که سنین فعال کاری می‌باشند، از پسران و سالخوردگان شیوع بیشتری دارد (جدول (۱)).

جدول ۱: خصوصیات کلی بیماران مبتلا به لپتوسپیروز در استان‌های شمالی ایران در سال‌های ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۳

سال	ویژگی‌های جمعیت شناختی													
	تعداد موارد وقوع بیماری در هر فصل				گروه سنی							جنسیت	
	بهار	تابستان	پاییز	زمستان	۰-۴	۵-۱۰	۱۱-۱۴	۱۵-۲۴	۲۵-۳۴	۳۵-۵۵	۵۶+	مرد	زن
۱۳۸۸	۴۹	۲۱۳	۳۳	۰	۱	۲	۱	۳۳	۵۳	۱۷۸	۲۷	۲۱۳	۸۲
۱۳۸۹	۱۱۰	۴۲۰	۳۰	۳	۰	۰	۱	۵۶	۷۸	۳۵۹	۶۹	۴۱۵	۱۴۸
۱۳۹۰	۴۲	۱۶۰	۲۴	۵	۰	۰	۰	۱۳	۴۵	۱۳۷	۳۶	۱۵۷	۷۴
۱۳۹۱	۸۰	۱۲۱	۲۹	۳	۰	۰	۲	۱۹	۴۱	۱۳۷	۳۴	۱۸۴	۴۹
۱۳۹۲	۶۰	۱۶۳	۳۴	۶	۰	۰	۳	۲۲	۴۴	۱۷۰	۲۴	۱۷۴	۸۹
۱۳۹۳	۸۵	۱۶۱	۲۵	۳	۰	۰	۱	۱۶	۴۶	۱۷۴	۳۷	۱۸۳	۹۱
مجموع	۴۲۶	۱۲۳۸	۱۷۵	۲۰	۱	۲	۸	۱۵۹	۳۰۷	۱۱۵۵	۲۲۷	۱۳۲۶	۵۳۳

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-10-23]
[DOI: 10.29252/jgit.6.4.31]

۳-۲- جمع‌آوری و آماده‌سازی داده‌ها

در این پژوهش اطلاعات مربوط به میزان شیوع بیماری لپتوسپیروز طی سال‌های ۱۳۹۳-۱۳۸۸ از مرکز مدیریت بیماری‌های واگیر وزارت بهداشت به تفکیک سن، جنس، تاریخ بروز بیماری و آدرس محل سکونت بیمار به‌صورت ماهانه جمع‌آوری شدند. همچنین داده‌های جمعیتی طی این سال‌ها از مرکز آمار ایران به‌دست آمده‌اند. سپس با استفاده از داده‌های جمعیتی و وقوع بیماری، نرخ شیوع استاندارد[1] بیماری لپتوسپیروز طبق رابطه (۱)، محاسبه گردید.

رابطه (۱)

$$\text{نرخ شیوع} = \frac{\text{تعداد افراد مبتلا در یک جمعیت در یک زمان مشخص}}{\text{تعداد کل جمعیت در همان زمان}} * ۱۰۰۰۰۰$$

همچنین به دلیل تاثیرگذاری بالایی که عوامل محیطی بر شیوع بیماری‌ها دارند، لذا متغیرهای پوشش گیاهی، توپوگرافی (شامل ارتفاع و شیب)، و آب و هوایی (از قبیل میانگین دما، بارش، میانگین رطوبت و تعداد روزهای یخبندان) که بیشترین استفاده را در مطالعات محیطی دارند [۱۴, ۱۷, ۲۶, ۲۷]، استفاده شده‌اند. به‌منظور بررسی اثر پوشش گیاهی بر روی شیوع بیماری لپتوسپیروز از شاخص پوشش گیاهی نرمال شده استخراج شده از تصاویر ماهواره‌ای مادیس (MODIS) استفاده شده است. این تصاویر با قدرت تفکیک مکانی ۲۵۰ متر در بازه‌های زمانی ۱۶ روزه دریافت شده‌اند. همچنین مدل رقومی ارتفاعی استخراج‌شده از تصاویر ماهواره‌ای ماموریت مکان‌نگاری شاتل رادار (SRTM[2]) با قدرت تفکیک ۳۰ متر به‌منظور تولید نقشه‌های ارتفاعی و شیب مورد استفاده قرار گرفت. داده‌های هواشناسی شامل میانگین دمای هوا، مجموع بارش فصلی، میانگین رطوبت هوا و تعداد روزهای یخبندان به صورت ماهانه از سازمان هواشناسی ایران در طی بازه زمانی مورد نظر جمع‌آوری شده‌اند. با توجه به اینکه داده‌های هواشناسی به‌صورت نقطه‌ای وجود دارند. لذا از روش درونیابی وزندهی معکوس فاصله (IDW[3]) برای داشتن سطحی پیوسته استفاده شده است. با استفاده از روش IDW هر لایه نقطه‌ای به یک لایه رستری تبدیل شده و لایه رستری مربوطه براساس محدوده منطقه مورد مطالعه برش داده شده است. سپس برای هر پلی‌گون متوسط پیکسل‌های داخل پلی‌گون، به عنوان پارامتر آن پلی‌گون در نظر گرفته شده است. درنهایت، بعد از جمع‌آوری داده‌های موردنیاز، به‌منظور یکسان نمودن دامنه مقادیر داده‌ها و به حداقل رساندن اثر مقیاس، مقادیر داده‌ها در بازه [۱-۰] نرمال‌سازی شده‌اند. سپس به‌منظور به‌کارگیری هر کدام از داده‌ها در مدلسازی، لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز اعم از نقشه‌های ارتفاعی، شیب، پوشش گیاهی، میانگین دمای هوا، میانگین رطوبت هوا، مجموع بارش سالیانه، تعداد روزهای یخبندان و نرخ شیوع بیماری لپتوسپیروز در فصول گذشته به فرمت شیپ فایل در نرم‌افزار ArcGIS 10.2.2 ایجاد شدند.

۳-۳- تحلیل همبستگی پیرسون

رابطه همبستگی پیرسون به بررسی ارتباط میان دو یا چند متغیر پرداخته و ضریب آن را محاسبه می‌نماید. همبستگی بین متغیرها ممکن است مثبت و یا منفی باشد [۲۸]. عموما متداول‌ترین روش برای بیان همبستگی میان متغیرهای دارای اندازه‌های مقیاس فاصله‌ای و نسبی، استفاده از ضریب همبستگی پیرسون می‌باشد که در این تحقیق از آن استفاده شده است و از رابطه (۲) محاسبه می‌شود[۲۹]:

رابطه (۲)

$$r_{x,y} = \frac{\sum x*y}{N*Sx*Sy}$$

در رابطه فوق، $r_{x,y}$ مقدار همبستگی پیرسون بین

[1] Standardized Incidence Rate (SIR)
[2] Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)
[3] Inverse distance weighting

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-10-23]
[DOI: 10.29252/jgit.6.4.31]

متغیرهای **x** و **y**، **N**: تعداد آزمودنی‌ها، $\sum x * y$: مجموع حاصل‌ضرب تفاضل مقادیر از میانگین، **Sx**: انحراف استاندارد مقادیر **x**، **Sy**: انحراف استاندارد مقادیر **y** می‌باشد. مقدار ضریب همبستگی پیرسون بین ۱- تا ۱+ تغییر می‌کند. اگر مقدار ضریب برابر با ۱+ باشد، همبستگی مثبت کامل را نشان می‌دهد و اگر برابر با ۱- باشد، نشان‌دهنده همبستگی کامل و منفی است. در حالت کلی، مقدار ضریب همبستگی در بازه (۱+، ۱-) بیانگر برقراری همبستگی ناقص میان دو متغیر می‌باشد. زمانیکه مقدار ضریب برابر صفر باشد، نشان می‌دهد که هیچ رابطه‌ای بین دو متغیر وجود ندارد [۳۰]. در این تحقیق از نرم‌افزار SPSS جهت انجام تحلیل همبستگی پیرسون بهره گرفته شده است. در این راستا، از متغیرهای توپوگرافی و محیطی مانند ارتفاع، شیب، پوشش گیاهی، متوسط رطوبت هوا، متوسط دمای هوا، مجموع بارش فصلی، تعداد روزهای یخبندان و نرخ شیوع بیماری لپتوسپیروز در فصول گذشته، به عنوان پارامترهای مستقل استفاده نموده و به بررسی همبستگی بین این پارامترها و شیوع بیماری لپتوسپیروز در فصل مورد نظر به عنوان پارامتر وابسته، تعیین اهمیت و نوع تأثیر هر یک از آن‌ها و مشخص نمودن متغیرهایی که بیشترین تاثیر را بر وقوع بیماری دارند با استفاده از تحلیل همبستگی پیرسون پرداخته شده است (لازم به ذکر است که به دلیل تعداد خیلی کم موارد بیماری در فصل زمستان، همبستگی بین متغیرها با بروز بیماری لپتوسپیروز در فصول بهار، تابستان و پاییز بررسی شده است). در ضمن قبل از انجام تجزیه و تحلیل، میزان همبستگی بین متغیرها با استفاده از تابع تحلیل مولفه‌های اصلی (PCA[1]) بررسی شده است تا متغیرهایی که کمترین همبستگی (همبستگی کمتر از ۰/۸) را با یکدیگر دارند انتخاب شوند [۳۱]. در نتیجه با استفاده از نتایج تابع PCA، فرض می‌شود که متغیرهای انتخابی مستقل از یکدیگر می‌باشند و رابطه هم‌خطی میان آنها برقرار نیست. با توجه به اینکه در این تحقیق، همبستگی بین متغیرهای توپوگرافی و محیطی کمتر از ۰/۸ بوده است، لذا هیچ کدام از متغیرها از فرآیند مدلسازی بیماری حذف نشدند و از تمامی متغیرها در مدلسازی بیماری لپتوسپیروز به‌عنوان متغیرهای مستقل استفاده شده است. تابع PCA، از روش‌های آماری چند متغیره است که می‌توان از آن برای کاهش تعداد متغیرها و تفسیر بهتر اطلاعات استفاده نمود. هدف از تحلیل مولفه‌های اصلی آن است که واریانس موجود در داده‌های چند متغیره را به مولفه‌هایی تجزیه کند که اولین مولفه تا آنجا که ممکن است علت بیشترین واریانس موجود در داده‌ها باشد. دومین مولفه علت بیشترین واریانس ممکن بعد از مولفه اول باشد و همچنین برای بقیه مولفه‌ها، تا جاییکه هیچگونه همبستگی بین مولفه‌ها موجود نباشد. با اعمال این روش، متغیرهای ورودی اولیه به مولفه‌های جدید و بدون همبستگی تبدیل می‌شوند؛ به‌طوری‌که مولفه‌های ایجاد شده ترکیبی خطی از متغیرهای ورودی‌اند [۳۲].

۳-۴- ماشین بردار پشتیبان

ماشین بردار پشتیبان به‌عنوان یک روش موفق طبقه‌بندی در میان روش‌های یادگیری ماشینی معرفی شده است و از جمله روش‌های نسبتا جدیدی است که در سال‌های اخیر کارایی خوبی نسبت به روش‌های قدیمی‌تر برای طبقه‌بندی از جمله شبکه‌های عصبی از خود نشان داده است [۳۳]. این روش یک طبقه‌بندی کننده نظارت‌شده و دودویی[2] است که علاوه بر کلاسه‌بندی و تشخیص الگوها، برای پیش‌بینی و حل مسائل پیچیده نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد [۳۴]. ایده اصلی در SVM این است که با فرض

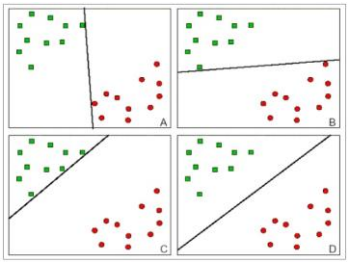
[1] Principal Component Analysis

[2] Binary

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-10-23]

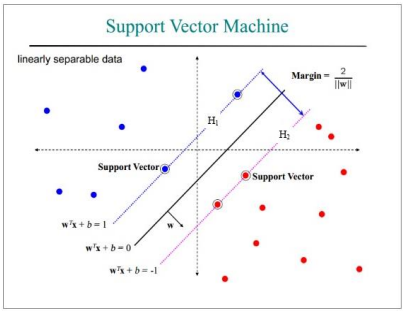
[DOI: 10.29252/jgit.6.4.31]

جداپذیری کلاس‌ها از هم، ابرصفحاتی[1] که قادر به جدانمودن کلاس‌ها از هم باشند را به‌دست می‌آورد و دو کلاس را با استفاده از یک مرز خطی از هم جدا می‌کند [۳۵]. مطابق با شکل (۳)، بی‌نهایت خط جداکننده می‌توان ترسیم نمود که نمونه‌های دو کلاس را از یکدیگر جدا کند. بنابراین در تئوری SVM، هدف تعیین خط جداکننده بهینه از میان بی‌نهایت خطوط جداکننده می‌باشد.



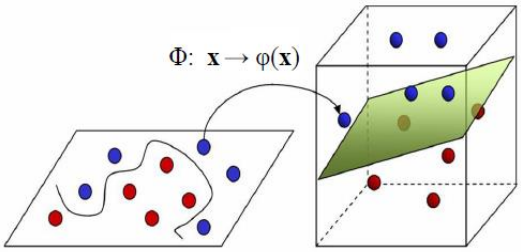
شکل ۳: مرزهای مختلف در جداسازی دو کلاس [۳۵]

در تقسیم خطی، سعی بر این است خطی انتخاب شود که بیشترین فاصله را از نمونه‌های دو کلاس و در نتیجه خطای تعمیم کمتری داشته باشد. این فاصله در تئوری SVM، حاشیه[2] نامیده می‌شود. در واقع ماشین بردار پشتیبان ابر صفحه‌ای ایجاد می‌کند که کلاس‌ها را به‌گونه‌ای از هم جدا کند تا فاصله میان نزدیکترین نمونه‌های دو کلاس در راستای عمود بر مرز تصمیم‌گیری بیشینه شود. نزدیکترین نمونه‌ها به ابرصفحه جداکننده بهینه، بردار پشتیبان[3] نامیده می‌شود [۳۳] (شکل (۴)).



شکل ۴: ابرصفحه جداکننده خطی در فضای خطی [۳۵]

یکی از مزایای ماشین بردار پشتیبان محدود نبودن آن به فضای تصمیم‌گیر خطی است. در حالی‌که بسیاری از پدیده‌های طبیعی قابل مدلسازی در فضاهای خطی نمی‌باشند. از این‌رو، ماشین بردار پشتیبان در مسائلی که داده‌ها به‌صورت خطی جداپذیر نیستند، با استفاده از هسته‌های غیرخطی که اصطلاحا توابع کرنل[4] نامیده می‌شوند، داده‌ها را به فضایی با ابعاد بیشتر نگاشت می‌دهد تا بتوان آن‌ها را در این فضای جدید به‌صورت خطی جدا نمود [۳۶] (شکل (۵)).



شکل ۵: استفاده از تابع کرنل برای نگاشت به فضایی با ابعاد بالاتر با قابلیت جداسازی خطی داده‌ها [۳۶]

برای تعمیم SVM به حالت چندکلاسه (طبقه‌بندی چندگانه)، روش‌های مختلفی از جمله روش یک در برابر همه[5] و روش یک در برابر یک[6] معرفی شده‌اند [۳۷]. در روش یک در برابر همه برای طبقه‌بندی iامین کلاس، فرض می‌شود که نقاط موجود در کلاس i به‌عنوان نمونه‌های مثبت و تمامی نقاط موجود در کلاس‌های دیگر به‌عنوان نمونه‌های منفی در نظر گرفته شوند. زمانیکه که المان‌های این کلاس مشخص شدند. کلاس بعدی را در نظر گرفته و مجددا مراحل تکرار می‌شود. این کار تا زمانی‌که تمام کلاس‌ها طبقه‌بندی شوند، ادامه پیدا می‌کند. بنابراین در این روش، برای N کلاس موجود، N طبقه‌بندی کننده ایجاد می‌شود که هر یک از آنها کلاس مربوط به خود را از سایر کلاس‌ها جدا می‌کنند [۳۸]. اما در روش یک در برابر یک، الگوریتم به ازای هر جفت کلاس موجود

[1] Hyperplane
[2] Margin
[3] Support Vector
[4] Kernel Function
[5] One against all
[6] One against one

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-10-23]
[DOI: 10.29252/jgit.6.4.31]

آموزش داده می‌شود. بنابراین برای N کلاس موجود، بهتعداد N(N-1) طبقه‌بندی کننده ایجاد می‌شود که هر طبقه‌بندی کننده وظیفه طبقه‌بندی یک جفت کلاس (i,j) را بر عهده دارد. به‌طوریکه i نمونه‌های مثبت و j نمونه‌های منفی در نظر گرفته می‌شوند [۳۹]. اینکه کدامیک از این دو روش برای کاربردی خاص مناسب‌تر است، بسته به تعداد کلاس‌ها و همچنین تعداد نمونه‌های آموزشی دارد و برای کاربردهای مختلف می‌تواند متفاوت باشد. اما به طور کلی، زمانی که تعداد کلاس‌ها کم باشد روش یک در برابر همه روش مناسب‌تری است. اما زمانی که تعداد کلاس‌ها بسیار زیاد است، این روش دقت مناسبی را حاصل نمی‌کند. در این شرایط روش یک در برابر یک می‌تواند نتایج دقیق‌تری را حاصل نماید. همچنین روش یک در برابر یک، سرعت بالاتری نسبت به روش یک در برابر همه دارد. بنابراین در مسائلی با داده‌های زیاد که زمان محاسبات از مشکلات محدود کننده می‌باشد، روش یک در برابر یک به عنوان روش مناسب‌تر پیشنهاد می‌شود [۴۰].

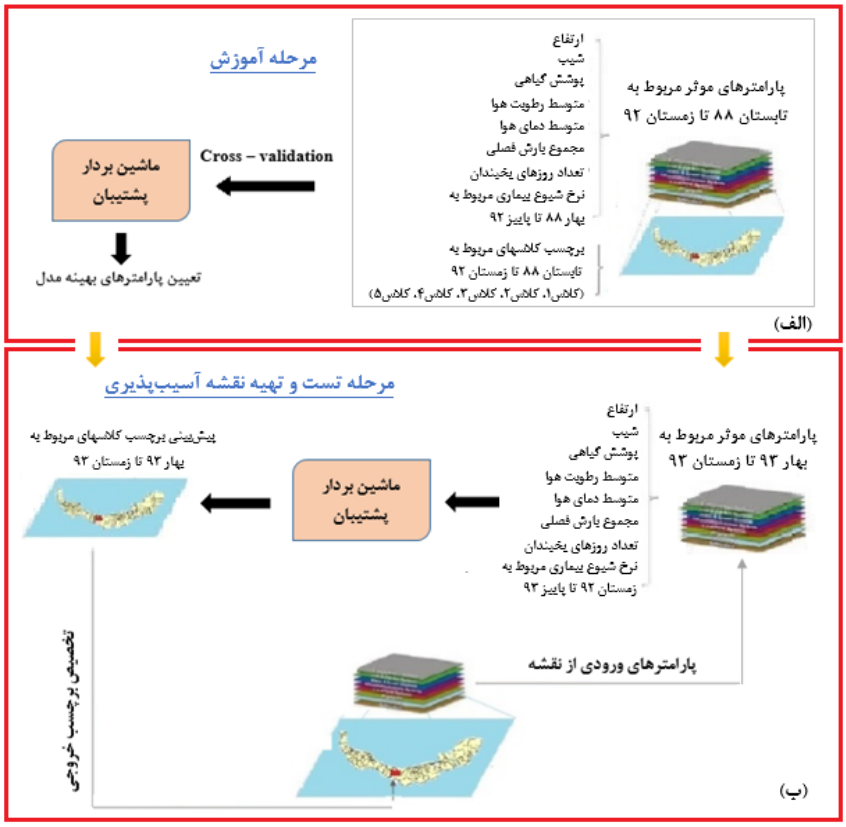
۳-۵- مدلسازی و ارزیابی

در این تحقیق، به منظور آموزش مدل SVM، ابتدا داده‌های مربوط به وقوع بیماری لپتوسپیروز در فصول هر ۶ سال مورد بررسی، به ۵ کلاس مختلف با برچسب‌های ۱ تا ۵ تقسیم شدند (نحوه تعریف ۵ کلاس بدین صورت بوده است که داده‌های در محدوده ۰-۰/۲ در کلاس۱، داده‌های در محدوده ۰/۲-۰/۴ در کلاس ۲، داده‌های در محدوده ۰/۴-۰/۶ در کلاس ۳، داده‌های در محدوده ۰/۶-۰/۸ در کلاس ۴ و در نهایت داده‌های در محدوده ۰/۸-۱ در کلاس ۵ طبقه‌بندی شدند). سپس پارامترهای موثر در وقوع بیماری به‌همراه برچسب‌های کلاس وقوع بیماری مربوط به فصول سال‌های ۹۲-۸۸ که ۸۰ درصد از کل داده‌ها را شامل می‌شوند، به مدل SVM تغذیه شدند. در مرحله آموزش مدل، به منظور تعیین پارامترهای بهینه مدل، از روش اعتبار سنجی متقابل[1] با به‌کارگیری ۳۰ درصد از داده‌های آموزشی استفاده شده است (شکل (۶) الف). سرانجام مدل آموزش‌دیده، با استفاده از ۲۰ درصد باقی‌مانده از کل داده‌ها، به‌منظور ارزیابی دقت مدل و تهیه نقشه آسیب‌پذیری بیماری لپتوسپیروز برای فصول سال ۹۳، مورد استفاده قرار گرفته شده است (شکل (۶) ب). همچنین در این تحقیق، با توجه به تعداد کم کلاس‌ها (۵ کلاس)، از روش طبقه‌بندی چندگانه یک در برابر همه استفاده شده است. بنابراین برای مسئله بیماری با ۵ کلاس نرخ شیوع بیماری، ۵ SVM دودویی ایجاد شده است.

در این پژوهش به‌منظور ارزیابی مدل SVM از منحنی مشخصه عملکرد سیستم[2] (ROC) استفاده شده است. منحنی ROC ابزاری است که عمدتا برای تعیین میزان کارایی روش‌های تشخیصی و الگوریتم‌های دسته‌بندی به کار می‌رود [۴۱]. در واقع، یک نمودار ROC، نمایش گرافیکی سبک و سنگین کردن بین منفی و مثبت کاذب است که برای هر پیکسل در منطقه مورد مطالعه یک منحنی به‌طور تصادفی مشخص می‌شود [۴۲]. سطح زیر این منحنی (AUC[3]) برابر با احتمال قدرت تشخیص میان نقاط وجود و عدم وجود توسط یک مدل است. مقادیر مختلف سطح زیر منحنی بین ۰/۵ تا ۱ است. چنانچه سطح زیر منحنی برابر با ۰/۵ باشد بیان کننده تصادفی بودن مدل بوده و اگر مقدار برابر با ۱ باشد، مدل به بهترین نحو می‌تواند نقاط وجود و عدم وجود را از یکدیگر تفکیک نماید. سطح زیر منحنی بین ۰/۷ تا ۰/۸ بیانگر یک مدل خوب، مقادیر بین ۰/۸ تا ۰/۹ مدل عالی و سطح زیر منحنی بیش از ۰/۹ نشان دهنده قدرت تشخیص بسیار عالی مدل می‌باشد [۴۳].

[1] Cross- validation
[2] Receiver Operating Characteristic (ROC)
[3] Area Under the Curve (AUC)

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-10-23]
[DOI: 10.29252/jgit.6.4.31]

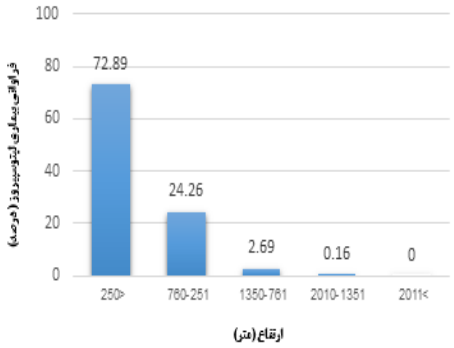


شکل ۶: فرآیند آموزش مدل SVM

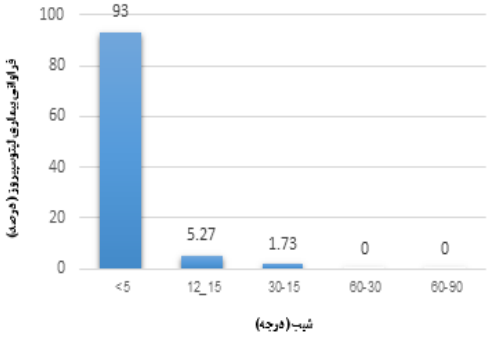
۴- نتایج و بحث

مقایسه محل وقوع موارد بیماری لپتوسپیروز در ۶ سال مورد مطالعه با مدل رقومی زمین نشان می‌دهد که بیش از ۹۵ درصد از موارد بروز بیماری لپتوسپیروز در ارتفاعات کمتر از ۷۶۰ متر از سطح دریا قرار گرفته است و کمتر از ۵ درصد از موارد گزارش شده در ارتفاعات بالاتر از ۷۶۰ متر از سطح دریا واقع شده‌اند (شکل (۷)). همچنین بررسی‌های انجام شده در رابطه با تاثیر شیب زمین در بروز بیماری لپتوسپیروز، حاکی از آن است که بیش از ۹۷ درصد از موارد گزارش شده بیماری لپتوسپیروز در شیب‌های کمتر از ۱۵ درجه اتفاق افتاده‌اند. علاوه بر این، بر اساس نتایج آنالیز همبستگی پیرسون (جدول (۲))، هم‌بستگی منفی بین ارتفاع و شیب با بروز بیماری لپتوسپیروز وجود دارد و تراکم بیماری لپتوسپیروز با طبقه‌های ارتفاع و شیب در هر فصل به‌طور جداگانه ارتباط معنی داری را نشان می‌دهد و نشان دهنده این مطلب است که بیشترین موارد بیماری در مناطق با ارتفاع کم و شیب پائین یافت شده‌اند، به‌طوری‌که با افزایش ارتفاع و شیب زمین احتمال وقوع بیماری لپتوسپیروز رو به کاهش بوده است. این امر با این واقعیت که اغلب زمین‌های کشاورزی و شالیکاری در ارتفاعات قرار نگرفته‌اند و بیشتر در مناطق پست با شیب کم حضور دارند، منطبق است. همچنین در این مناطق، به‌دلیل ارتفاع و شیب پائین، تجمع آب‌های سطحی و راکد افزایش یافته و مانع از جذب عفونت بیماری در خاک و یا تبخیر آن می‌شود و در نتیجه باعث می‌شود که احتمال وقوع بیماری در انسان‌ها به‌دلیل افزایش سطح تماس با عفونت بیماری، بیشتر شود (شکل (۸)).

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-10-23]
[DOI: 10.29252/jgit.6.4.31]



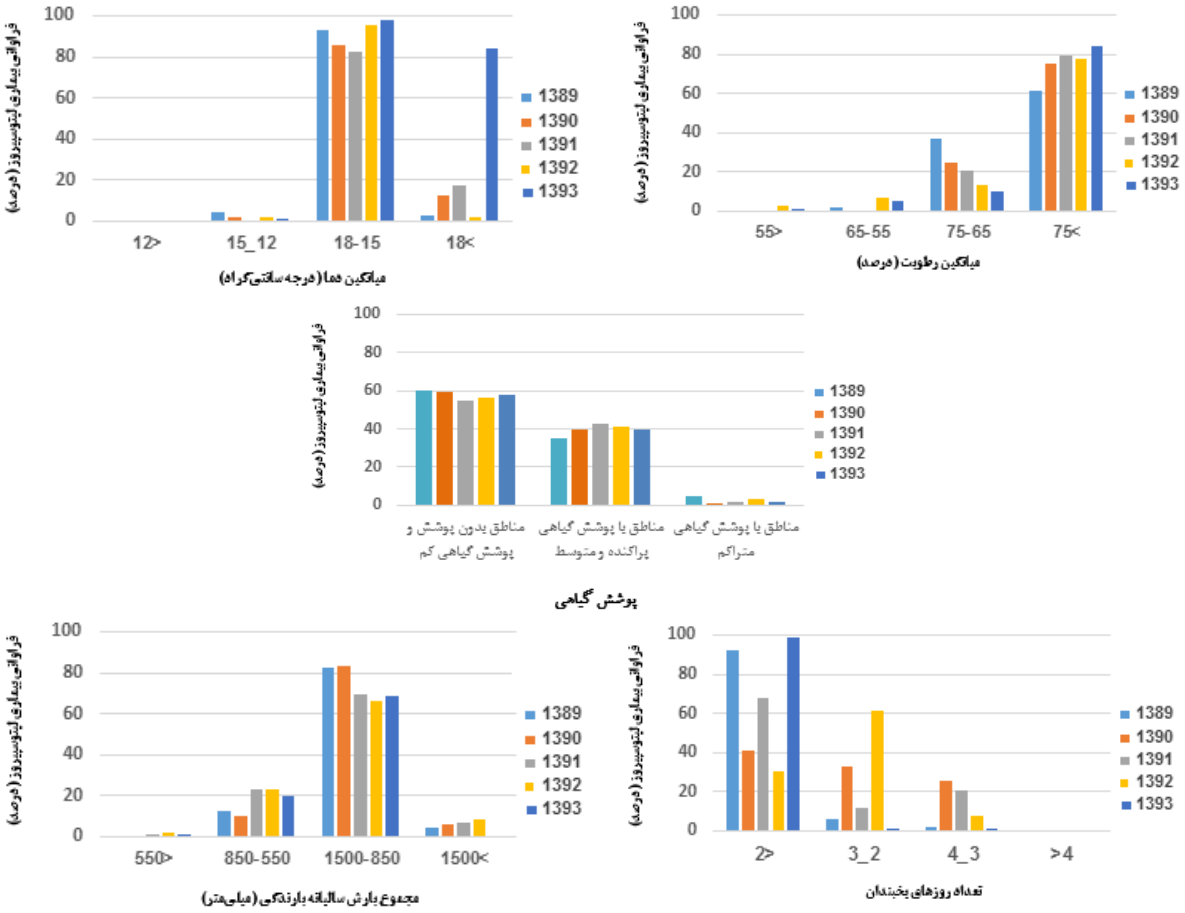
شکل ۷: فراوانی نسبی (درصد) بیماری لپتوسپیروز در خوشه‌های مکانی شناسایی شده در بازه‌های ارتفاعی مختلف در استان‌های شمالی ایران (۱۳۹۳-۱۳۸۸)



شکل ۸: فراوانی نسبی (درصد) بیماری لپتوسپیروز در خوشه‌های مکانی شناسایی‌شده در بازه‌های مختلف شیب زمین در استان‌های شمالی ایران (۱۳۹۳-۱۳۸۸)

همچنین نتایج آنالیز همبستگی پیرسون، حاکی از آن است که بین عناصر متوسط دمای هوا، متوسط رطوبت هوا و میزان بارش با بروز بیماری لپتوسپیروز در بخش‌های استان‌های شمالی، ارتباط معنی‌داری وجود داشته و یک همبستگی مثبت قوی بین این متغیرها و بروز بیماری لپتوسپیروز وجود دارد. این بدان معنی است که با افزایش رطوبت، دما و بارش، میزان رخداد بیماری نیز افزایش می‌یابد. بنابراین در ماه‌های گرم و مرطوب سال که همراه با بارش‌های شدید ناشی از بخارآب‌های سطحی می‌باشند، موارد وقوع بیماری بیش‌تر مشاهده می‌شود. در حالی که همبستگی بین متغیرهای پوشش گیاهی و تعداد روزهای یخبندان معنی دار اما منفی می‌باشد و یک همبستگی ضعیف بین این متغیرها و بروز بیماری لپتوسپیروز وجود دارد. همبستگی منفی میان وقوع بیماری و تعداد روزهای یخبندان می‌تواند به این علت باشد که در آب و هوای سرد و یخبندان، احتمال ادامه حیات، تکثیر و انتقال باکتری و عفونت بیماری کاهش می‌یابد، بنابراین از تعداد موارد وقوع بیماری تحت این شرایط آب و هوایی کاسته می‌شود. همچنین همبستگی منفی میان پوشش گیاهی و وقوع بیماری را می‌توان این طور تفسیر نمود که محل سکونت انسان‌ها معمولا در مناطق با پوشش گیاهی متوسط و کم و حتی بدون پوشش گیاهی (مناطق شهری) واقع می‌باشد و همچنین فعالیت‌های شغلی از جمله کشاورزی و شالیکاری غالبا واقع در مناطق با پوشش گیاهی متراکم نمی‌باشند، بنابراین سطح تماس افراد با مخازن و عفونت بیماری کاهش یافته و در نتیجه از تعداد موارد بیماری در مناطق با پوشش گیاهی متراکم کاسته می‌شود. علاوه بر این، نرخ شیوع بیماری در فصل گذشته ضعیف‌ترین همبستگی مثبت را نشان می‌دهد که با نتایج حاصل از مطالعه انجام شده توسط بابامحمودی و همکاران (۲۰۰۶) مبنی بر اینکه انتقال بیماری لپتوسپیروز از انسان به انسان به ندرت اتفاق می‌افتد[۳]، مطابقت دارد. همچنین مقایسه محل وقوع موارد بیماری لپتوسپیروز با شرایط آب و هوایی و پوشش گیاهی نشان می‌دهد که هیچ خوشه‌ای در مناطق آب و هوای سرد و کوهستانی و مقادیر NDVI بالاتر موجود نبوده است. در حالی‌که مناطق با موارد وقوع با ریسک بالاتر در مناطقی با آب و هوای گرم و مرطوب به همراه بارش شدید باران و مقادیر پائین NDVI واقع شده‌اند. این شرایط، محیط مساعدی را برای تکثیر و تولید مثل مخازن و ناقلین بیماری لپتوسپیروز فراهم می‌کند. نتایج بررسی ارتباط میان متغیرهای آب و هوایی و پوشش گیاهی با بروز بیماری لپتوسپیروز در شکل (۹) و جدول (۲) ارائه شده است.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-10-23]
[DOI: 10.29252/jgit.6.4.31]



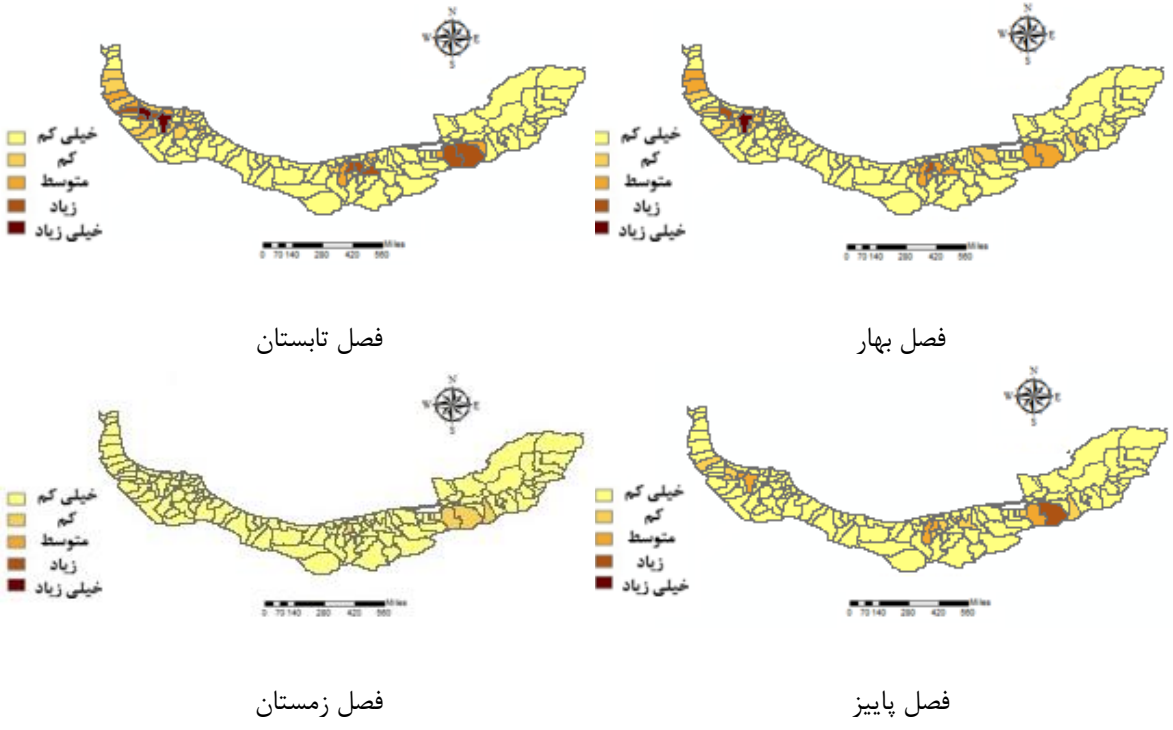
شکل ۹: فراوانی نسبی (درصد) بیماری لپتوسپیروز در طبقات مختلف پرامترهای محیطی در استان‌های شمالی ایران طی سال‌های ۱۳۹۳-۱۳۸۹

جدول ۲: نتایج آنالیز همبستگی پیرسون بین متغیرهای محیطی و توپوگرافی با بروز بیماری لپتوسپیروز در سطح بخش‌های مختلف استان‌های شمالی ایران برای فصول مختلف.

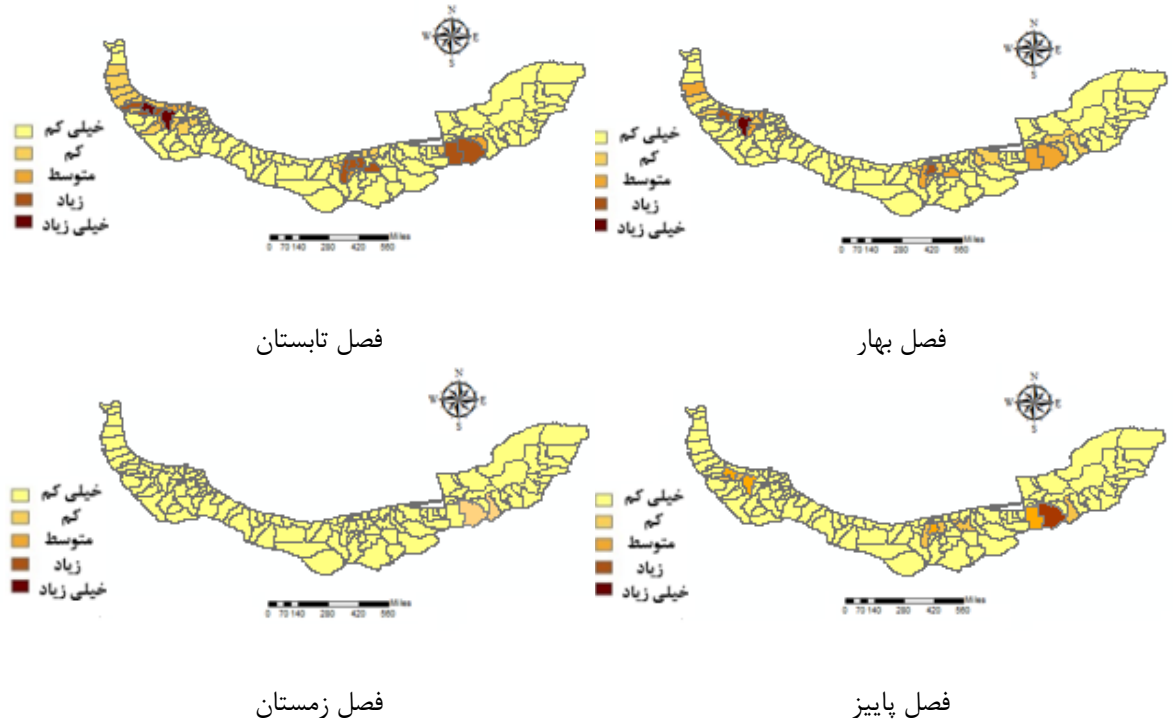
فصل / متغیر		ارتفاع	شیب	پوشش گیاهی	متوسط دما	متوسط رطوبت	مجموع بارش فصلی	تعداد روزهای یخبندان	نرخ شیوع فصل گذشته
بهار	R	-۰/۳۹۷	-۰/۲۶۴	-۰/۲۲۱	۰/۶۴۸	۰/۷۵۵	۰/۶۱۲	-۰/۱۰۳	۰/۰۷۹
	P	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۰۶	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۰۵
تابستان	R	-۰/۴۲۹	-۰/۳۰۲	-۰/۱۸۲	۰/۷۰۴	۰/۷۹۱	۰/۶۸۸	-۰/۰۹۴	۰/۰۸۸
	P	۰/۰۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱
پاییز	R	۰-/۳۷۴	-۰/۲۷۶	-۰/۲۵۳	۰/۶۰۱	۰/۶۵۱	۰/۵۹۳	-۰/۱۱۸	۰/۰۶۳
	P	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۰۳

نقشه‌های واقعی و آسیب‌پذیری بیماری لپتوسپیروز حاصل از مدل SVM برای هر ۴ فصل مربوط به سال ۱۳۹۳در شکل (۱۰ و ۱۱) و نتایج ارزیابی نقشه‌های تولید شده در شکل (۱۲) و جدول (۳) نشان داده شده‌اند.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-10-23]
[DOI: 10.29252/jgit.6.4.31]



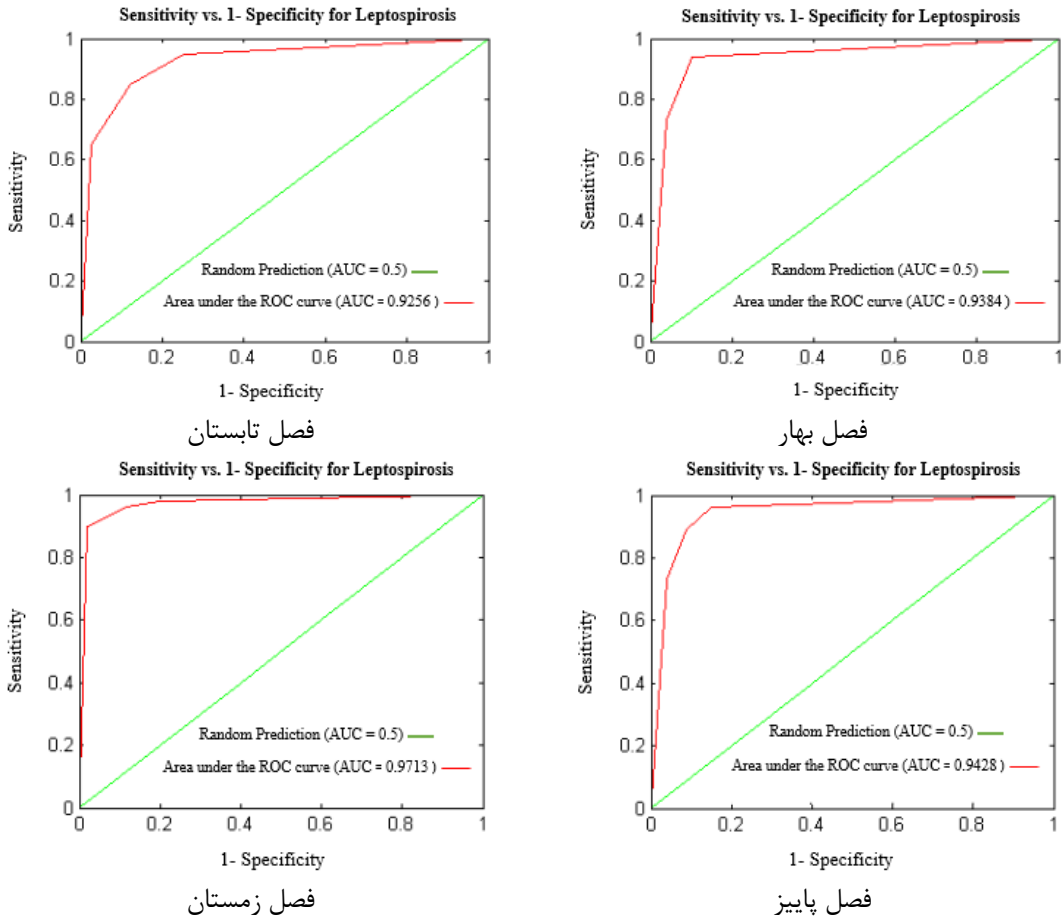
شکل ۱۰: نقشه‌های واقعی برای هر ۴ فصل مربوط به سال ۱۳۹۳.



شکل ۱۱: نقشه‌های آسیب‌پذیری تهیه شده توسط مدل SVM برای هر ۴ فصل مربوط به سال ۱۳۹۳

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-10-23]

[DOI: 10.29252/jgit.6.4.31]



شکل ۱۲: منحنی‌های ROC مربوط به نتایج مدل SVM برای هر ۴ فصل سال ۱۳۹۳.

جدول ۳: نتایج ارزیابی حاصل از مدل SVM

فصل	بهار	تابستان	پاییز	زمستان
مساحت زیر منحنی ROC حاصل از مدل SVM	۰/۹۳۸۴	۰/۹۲۵۶	۰/۹۴۲۸	۰/۹۷۱۳

به‌منظور ارزیابی مکانی دقت مدل SVM، بدین صورت عمل شده است که تعداد موارد درست و غلط پیش بینی شده در کلاس‌های مختلف نقشه‌های آسیب‌پذیری تهیه شده در هر فصل به همراه درصد صحیح بیماری لپتوسپیروز در هر کدام از این کلاس‌ها محاسبه شدند (جدول (۴، ۵، ۶، ۷ و ۸)).

جدول ۴: دقت مکانی مدل SVM در کلاس خیلی کم

فصل	تعداد موارد در نقشه واقعی	تعداد موارد در نقشه آسیب‌پذیری تهیه شده	تعداد موارد غلط	درصد صحیح
بهار	۹۳	۹۷	۴	۹۶
تابستان	۸۴	۸۸	۴	۹۵
پاییز	۱۰۴	۱۰۸	۴	۹۶
زمستان	۱۱۵	۱۱۷	۲	۹۸

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-10-23]
[DOI: 10.29252/jgit.6.4.31]

جدول ۵: دقت مکانی مدل SVM در کلاس کم

فصل	تعداد موارد در نقشه واقعی	تعداد موارد در نقشه آسیب‌پذیری تهیه شده	تعداد موارد غلط	درصد صحیح
بهار	۱۴	۱۲	۲	۸۶
تابستان	۱۹	۱۶	۳	۸۴
پاییز	۹	۶	۳	۶۷
زمستان	۴	۲	۲	۵۰

جدول ۶: دقت مکانی مدل SVM در کلاس متوسط

فصل	تعداد موارد در نقشه واقعی	تعداد موارد در نقشه آسیب‌پذیری تهیه شده	تعداد موارد غلط	درصد صحیح
بهار	۹	۷	۲	۷۸
تابستان	۶	۴	۲	۶۷
پاییز	۵	۴	۱	۸۰
زمستان	۰	۰	۰	۱۰۰

جدول ۷: دقت مکانی مدل SVM در کلاس زیاد

فصل	تعداد موارد در نقشه واقعی	تعداد موارد در نقشه آسیب‌پذیری تهیه شده	تعداد موارد غلط	درصد صحیح
بهار	۲	۲	۰	۱۰۰
تابستان	۸	۹	۱	۸۹
پاییز	۱	۱	۰	۱۰۰
زمستان	۰	۰	۰	۱۰۰

جدول ۸: دقت مکانی مدل SVM در کلاس خیلی زیاد

فصل	تعداد موارد در نقشه واقعی	تعداد موارد در نقشه آسیب‌پذیری تهیه شده	تعداد موارد غلط	درصد صحیح
بهار	۱	۱	۰	۱۰۰
تابستان	۲	۲	۰	۱۰۰
پاییز	۰	۰	۰	۱۰۰
زمستان	۰	۰	۰	۱۰۰

۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

نتایج به‌دست آمده از بررسی‌های آماری، حاکی از وجود موارد وقوع بیماری لپتوسپیروز در نواحی مرکزی استان گیلان، مناطق شرقی استان مازندران و مناطق غربی استان گلستان، با آب و هوای معتدل و مرطوب، بارش شدید باران و در نتیجه افزایش تجمع آب‌های سطحی و راکد می‌باشد. همچنین مطالعه حاضر نشان می‌دهد که بیش‌ترین موارد بیماری در فصل تابستان و اواخر فصل بهار به ثبت رسیده و کم‌ترین رخداد بیماری در فصل زمستان رخ داده است. از مهم‌ترین اهداف این تحقیق یافتن روابط میان بیماری

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-10-23]
[DOI: 10.29252/jgit.6.4.31]

و عواملی که شرایط مساعدی را برای شیوع بیماری فراهم کرده‌اند، می‌باشد. از متغیرهای محیطی استفاده شده در مدلسازی چنین استنباط می‌شود که این متغیرها رابطه معنی‌داری با وقوع بیماری نشان می‌دهند. نتایج حاکی از آن بود که همبستگی مثبت و قوی بین متغیرهای رطوبت، دما و بارش و همبستگی منفی و ضعیف بین عناصر پوشش گیاهی و تعداد روزهای یخبندان با تعداد وقوع بیماری وجود دارد. همچنین نرخ شیوع بیماری در فصل گذشته ضعیف‌ترین همبستگی مثبت را با وقوع بیماری نشان می‌دهد. علاوه براین صرف نظر از علامت‌های مثبت و منفی، متغیرهای تعداد روزهای یخبندان و نرخ شیوع بیماری در فصل گذشته ضعیف‌ترین همبستگی را با وقوع بیماری دارا می‌باشند. در این پژوهش توان مدلسازی الگوریتم یادگیری ماشینی SVM برای تولید نقشه آسیب‌پذیری بیماری لپتوسپیروز در سطح بخش‌های استان‌های شمالی ایران با استفاده از منحنی ROC مورد بررسی قرار گرفت. نتایج گویای این حقیقت بودند که مدل SVM عملکرد بسیار عالی در تهیه نقشه آسیب‌پذیری بیماری لپتوسپیروز داشته است. مهم‌ترین محدودیت این تحقیق مربوط به نواقص سیستم مراقبت و پایش بیماری در ایران است که چندان دقیق نیست و سالانه شمار قابل توجهی از موارد بیماری گزارش نمی‌شوند. محدودیت دیگر مربوط به دوره کوتاه (۶ سال) به‌دلیل فقدان داده‌های بیماری در سال‌های قبل از آن است که ممکن است نتایج خیلی قابل اتکا نباشند. نتایج این تحقیق می‌توانند ابزار مفیدی برای مدیران و تصمیم‌گیرندگان مسائل بهداشتی جهت برنامه‌ریزی در اولویت‌بندی‌های اختصاص بودجه، تصمیم‌گیری از طریق شناخت توزیع مکانی بیماری‌ها و عوامل موثر استخراج‌شده از مدل که بر توزیع آن‌ها تأثیرگذار بوده به منظور مبارزه با شیوع بیماری فراهم آورد. به عنوان کارهای آینده پیشنهاد می‌شود که از پارامترهای دیگر همچون کاربری زمین، نوع کشت، جهت شیب زمین، تعداد روزهای بارانی، طول دوره‌های گرما و غیره به‌منظور افزایش دقت و اعتمادپذیری نتایج حاصل از مدلسازی استفاده شود. همچنین پیشنهاد می‌شود که از سایر روش‌های مدلسازی همچون روش‌های رگرسیونی و شبکه‌های عصبی استفاده شود و نتایج حاصل از آنها با نتایج به‌دست آمده در این تحقیق مورد مقایسه قرار گیرد و مشخص شود که کدامیک از روش‌ها در مدلسازی بیماری لپتوسپیروز از قدرت و کارایی بیشتری برخوردار می‌باشند

تقدیر و تشکر

نویسندگان این مقاله از جناب آقای دکتر محمدرضا شیرزادی رئیس مرکز کنترل بیماری‌های واگیر وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی ایران بابت فراهم نمودن داده‌های بیماری لپتوسپیروز، نهایت تشکر و سپاس‌گذاری را دارند.

مراجع

[1] F. Babamahmoodi, A. G. Âjemi, M. kalhor, A. R. Khalilian, and G. R. shfiei, "A sero epidemiological study of helicobacter pylori infection in Sari in 2001-2002," Journal of Mazandaran University of Medical Sciences, vol. 14, pp. 39-50, 2004.

[2] M. C. Vega-Corredor and J. Opadeyi, "Hydrology and public health: linking human leptospirosis and local hydrological dynamics in Trinidad, West Indies," Earth Perspectives, vol. 1, p. 1, 2014.

[3] F. Babamahmodi, N. Motamed, M. Mahdavi, F. Nickhah, and K. Qavi Bonyeh, "Seroepidemiological study of leptospirosis in Ghaemshahr Mazandaran province-Iran, Sept-Oct 2004," Journal of Mazandaran University of Medical Sciences, vol. 16, pp. 51-56, 2006.

[4] H. Honarmand, S. Eshraghi, M.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-10-23]

[DOI: 10.29252/jgit.6.4.31]

Khorramizadeh, R. Hartskeerl, F. Ghanaei, G. Abdolahpour, et al., "Distribution of Human Leptospirosis in Guilan Province, Northern Iran," Iranian Journal of Public Health, vol. 36, pp. 68-72, 2007.

[5] A. Rafiei, A. H. Zadeh-Omran, F. Babamahmoodi, R. A. Navaei, R. Valadan, and I. Sari, "Review of Leptospirosis in Iran," Journal of Mazandaran University of Medical Sciences (JMUMS), vol. 22, 2012.

[6] A. Sh, F. Baba Mahmoudi, N. Najafi, R. Ghasemian, S. Teimouri, and L. Shahbaz Nezhad, "Clinical and paraclinical findings of Leptospirosis in Mazandaran, June-Semptember 2004," J Mazand Univ Med Sci, vol. 53, pp. 85-78, 2006.

[7] M. AhangarCani, M. Farnaghi, and M. R. Shirzadi, "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, pp. 79-98, 2016.

[8] P. A. Burrough, "Principles of geographical information systems for land resources assessment," 1986.

[9] Z. Massoomy and M. S. Mesgari, "PREDICTION OF SKIN CANCER EPIDEMIOLOGY FOR DECISION MAKING USING GEOSTATISTICAL ANALYSES," presented at the ASPRS 2006 Annual Conference, Reno, Nevada, 2006.

[10] [10] S. Keola, M. Tokunaga, N. K. Tripathi, and W. Wisa, "Spatial surveillance of epidemiological disease: a case study in Ayutthaya province, Thailand," GIS@ development, 2002.

[11] S. L. McLafferty, "GIS and health care," Annual review of public health, vol. 24, pp. 25-42, 2003.

[12] D. A. Henderson, "Principles and lessons from the smallpox eradication programme," Bulletin of the World Health Organization, vol. 65, p. 535, 1987.

[13] M. Zare, P. Shamszadeh, and A. Najjari, "Providing the opportunity to use GIS in decision-making in the health sector management," Hakim, vol. 9, pp. 58-63, 2006.

[14] C. Barcellos and P. C. Sabroza, "The place behind the case: leptospirosis risks and associated environmental conditions in a flood-related outbreak in Rio de Janeiro," Cadernos de Saúde Pública, vol. 17, pp. S59-S67, 2001.

[15] M. Bavia, D. Carneiro, H. da Costa Gurgel, C. M. Filho, and M. R. Barbosa, "Remote sensing and geographic information systems and risk of American visceral leishmaniasis in Bahia, Brazil," Parassitologia, vol. 47, p. 165, 2005.

[16] Z. Pezeshki, M. Tafazzoli-Shadpour, A. Mansourian, B. Eshrati, E. Omidi, and I. Nejadqoli, "Model of cholera dissemination using geographic information systems and fuzzy clustering means: Case study, Chabahar, Iran," Public health, vol. 126, pp. 881-887, 2012.

[17] C. L. Lau, A. C. Clements, C. Skelly, A. J. Dobson, L. D. Smythe, and P. Weinstein, "Leptospirosis in American Samoa–estimating and mapping risk using environmental data," PLoS Negl Trop Dis, vol. 6, p. e1669, 2012.

[18] K. Vahdat, I. Nabipour, M. Motamedi, S. M. Jafary, A. Ghajary, M. H. Zafarmand, et al., "A sero-epidemiological survey on leptospirosis in the livestock breeders during the outbreak of haemorrhagic fever in domestic animals of the Helleh River area in 2004," ISMJ, vol. 8, pp. 53-59, 2005.

[19] S. M. Alavi and M. M. Khoshkho, "Seroprevalence study of leptospirosis among rice farmers in khuzestan province, South west iran, 2012," Jundishapur journal of microbiology, vol. 7, 2014.

[20] R. Golsha, B. Khodabakhshi, and A. RAHNAMA, "Leptospirosis in Golestan province in Iran (Reports of twelve cases)," 2007.

[21] H. Faraji, "Prevalence of leptospirosis in

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-10-23]

[DOI: 10.29252/jgit.6.4.31]

Mazandaran province, using microagglutination and indirect fluorescence immunoassay," Iranian Journal of Biology, vol. 22, pp. 608-618, 2009.

[22] R. Esmaili, F. Alhani, A. Hesamzadeh, R. Alizadeh Navaei, and M. Parsaei, "A report of 102 patients with leptospirosis in Mazandaran province between 2003 and 2008," J Mazand Univ Med Sci, vol. 19, pp. 72-75, 2009.

[23] H. Honarmand, G. F. MANSOUR, A. HEYDARZADEH, and M. ASMAR, "Isolation and Serotyping of endemic leptospires of eastern part of flat area of Guilan province, Iran," JOURNAL OF GORGAN UNIVERSITY OF MEDICAL SCIENCES, vol. 11, pp. 53-59, 2009.

[24] A. Mohammadinia, A. Alimohammadi, and R. Habibi, "Assessment of environmental factors associated with rural endemics of Leptospirosis in Guilan Province, Iran," 2015.

[25] A. M. Nia, A. Alimohammadi, R. Habibi, and M. Shirzadi, "Spatial and Statistical Analysis of Leptospirosis in Guilan Province, Iran," The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, vol. 40, p. 497, 2015.

[26] M. Rajabi, A. Mansourian, P. Pilesjö, and A. Bazmani, "Environmental modelling of visceral leishmaniasis by susceptibility-mapping using neural networks: a case study in north-western Iran," Geospatial health, vol. 9, pp. 179-191, 2014.

[27] M. R. Shirzadi, A. Mollalo, and M. R. Yaghoobi-Ershadi, "Dynamic relations between incidence of zoonotic cutaneous leishmaniasis and climatic factors in Golestan Province, Iran," Journal of arthropod-borne diseases, vol. 9, p. 148, 2015.

[28] A. Field, Discovering statistics using IBM SPSS statistics: Sage, 2013.

[29] E. Akbari, E. Mayvaneh, A. Entezari, and M. Nazari, "Survey of the Role of Bioclimatic Factors in the Outbreak of Cutaneous Leishmaniasis," Iranian Journal of Epidemiology, vol. 10, pp. 65-74, 2014.

[30] J. Benesty, J. Chen, Y. Huang, and I. Cohen, "Pearson correlation coefficient," in Noise reduction in speech processing, ed: Springer, 2009, pp. 1-4.

[31] M. KHAZAEI and H. IZADBAKHSH, "COMBINATION OF DEA AND PCA FOR FULL RANKING OF DECISION MAKING UNITS," journal of Industrial Management, vol. 1, pp. 55-70, 2009.

[32] W. Lu, W. Wang, X. Wang, Z. Xu, and A. Leung, "Using improved neural network model to analyze RSP, NOx and NO2 levels in urban air in Mong Kok, Hong Kong," Environmental Monitoring and Assessment, vol. 87, pp. 235-254, 2003.

[33] C. J. Burges, "A tutorial on support vector machines for pattern recognition," Data mining and knowledge discovery, vol. 2, pp. 121-167, 1998.

[34] Y. Wang, Z. Xue, G. Shen, and J. Xu, "PRINTR: prediction of RNA binding sites in proteins using SVM and profiles," Amino acids, vol. 35, pp. 295-302, 2008.

[35] H. Yu and S. Kim, "Svm tutorial—classification, regression and ranking," in Handbook of Natural computing, ed: Springer, 2012, pp. 479-506.

[36] B. Schölkopf, A. Smola, K.-R. Müller, C. Burges, and V. Vapnik, "Support vector methods in learning and feature extraction," 1998.

[37] K.-B. Duan and S. S. Keerthi, "Which is the best multiclass SVM method? An empirical study," in International Workshop on Multiple Classifier Systems, 2005, pp. 278-285.

[38] Y. Liu and Y. F. Zheng, "One-against-all multi-class SVM classification using reliability measures," in Proceedings. 2005 IEEE International Joint Conference on Neural Networks, 2005., 2005, pp. 849-854.

[39] G. Anthony, H. Gregg, and M. Tshilidzi,

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-10-23]

[DOI: 10.29252/jgit.6.4.31]

"Image classification using SVMs: one-against-one vs one-against-all," arXiv preprint arXiv:0711.2914, 2007.

[40] J. Milgram, M. Cheriet, and R. Sabourin, "“One Against One” or “One Against All”: Which One is Better for Handwriting Recognition with SVMs?," in Tenth International Workshop on Frontiers in Handwriting Recognition, 2006.

[41] N. A. Obuchowski, "Receiver Operating Characteristic Curves and Their Use in Radiology 1," Radiology, vol. 229, pp. 3-8, 2003.

[42] S. J. Phillips, R. P. Anderson, and R. E. Schapire, "Maximum entropy modeling of species geographic distributions," Ecological modelling, vol. 190, pp. 231-259, 2006.

[43] D. M. Powers, "Evaluation: from precision, recall and F-measure to ROC, informedness, markedness and correlation," 2011.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-10-23]

[DOI: 10.29252/jgit.6.4.31]

K. N. TOOSI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
FACULTY OF GEODESY AND GEOMATICS ENGINEERING

Journal of Geospatial Information Technology
Vol.6, No.4, Winter 2019

Exploring the Impact of Topographical and Climate Factors on Generation of the Vulnerability-map of Leptospirosis

Mehrdad Ahangarcani [1], Mahdi Farnaghi [*2], Mohammad Reza Shirzadi[3]

1- M.Sc student of geographic information system, Faculty of Geodesy and Geomatics, K. N. Toosi University of Technology
2- Assitant Professor, Faculty of Geodesy and Geomatics, K. N. Toosi University of Technology
3- Center for Disease Control (CDC), Ministry of Health and Medical Education

Abstract

Leptospirosis is one of the most widespread zoonotic disease caused by Leptospira bacteria. It is found wherever human is in direct or indirect contact with Leptospira bacteria thorough infected animals as well as contaminated soil or water. The disease is mostly found in tropical, subtropical, hot, and humid areas. The main objectives of this study are to investigate the seasonality relations between the topographical and climate factors, including altitude, slope, vegetation, average temperature, average humidity, precipitation and number of freezing days and incidence of Leptospirosis as well as modelling of Leptospirosis using support vector machine at the district level in Northern provinces of Iran. Pearson's correlation analysis was conducted to examine the type and strength of relationships between the topographical and climate variables and Leptospirosis incidence. Results of Pearson's correlation analysis indicate that average humidity, average temperature and rainfall were the most influential environmental factors which as effect on prevalence of Leptospirosis in the study area. Statistical analysis showed that most cases of the Leptospirosis prevalence have been recorded in the late spring and summer. On the other hand, the lowest incidences have occurred in winter. Also, high distribution of leptospirosis mainly located in the central areas of Guilan province, the eastern parts of Mazandaran province and western regions of Golestan province with a mild and humid climate and abundant rainfall. Eventually, performance of support vector machine (SVM) model evaluated by area under the ROC curve. The output maps showed that SVM model has excellent performance in the vulnerability mapping of Leptospirosis.

Key words: Pearson's analysis, geographic information system, support vector machine, ROC curve, Leptospirosis

Correspondence Address Geospatial Information System Group, Faculty of Geodesy and Geomatics Engineering, K.N.Toosi University of Technology, Tehran, Iran
Tel : +98 912 243 2847
Email: farnaghi@kntu.ac.ir

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-10-23]

[DOI: 10.29252/jgit.6.4.31]