**مقاله پژوهشی**
**مجله دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان**
**دوره ۱۹، مهر ۱۳۹۹، ۶۹۲-۶۷۷**

# مدل‌سازی شیوع بیماری آنفلوانزای فوق حاد پرندگان در استان گیلان با مدل‌های داده‌کاوی و سیستم اطلاعات مکانی در سال ۱۳۹۵: یک مطالعه اکولوژیک

**سید مسعود هاشمی فومنی[۱]، حمید مطیعیان[۲]**

**دریافت مقاله: ۹۹/۳/۱۹ ارسال مقاله به نویسنده جهت اصلاح: ۹۹/٤/۳ دریافت اصلاحیه از نویسنده: ۹۹/۵/۸ پذیرش مقاله: ۹۹/۵/۱۱**

**چکیده**

**زمینه و هدف:** ابتلاء پرندگان به بیماری آنفلوانزای فوق حاد پرندگان (Highly Pathogenic Avian Influenza) و از بین رفتن آن‌ها خسارات سنگینی به صنعت دام و طیور و بهداشت عمومی کشور تحمیل می‌کند. امروزه با توجه به حجم و تنوع داده‌ها، ضرورت استفاده از فناوری‌های مکان محور و علوم داده‌کاوی ضروری به نظر می‌رسد. هدف این تحقیق مدل‌سازی شیوع بیماری آنفلوانزا فوق حاد پرندگان به کمک قابلیت‌های تحلیل مکانی می‌باشد.

**مواد و روش‌ها:** در پژوهش حاضر که به صورت تحلیلی-اکولوژیکی است، سال ۱۳۹۵ با میزان بالای شیوع این بیماری به عنوان سال تهیه متغیرهای ۱۷گانه (اقلیمی، محیطی و انسان ساخت) و ایجاد لایه‌های مکانی، در استان گیلان انتخاب گردید. با استفاده از تلفیق تحلیل رگرسیونی تقویت شده (Boosted Regression Trees; BRT) و رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی، وزن‌های این متغیرها محاسبه و مدل شیوع بیماری تهیه و توسط منحنی عملیاتی دریافت کننده (Receiver Operating Characteristic; ROC) اعتبار آن مورد ارزیابی قرار گرفت.

**یافته‌ها:** متغیرهای تالاب، بازار فروش مرغ زنده و استخرها بیش‌ترین وزن را در تحلیل BRT به ترتیب ۱۸/۹۱، ۱۵/۵۹، ۱۲/۸ به خود اختصاص دادند. هم‌چنین، از نظر زمانی ماه بهمن بیش‌ترین میزان شیوع را در بین ۳ ماه سرد سال داشته است.

**نتیجه‌گیری:** این بیماری در نواحی اطراف تالاب‌ها و استخرها، نزدیکی بازارهای فروش مرغ زنده مشاهده شده است. بنابراین اداره کل دام‌پزشکی به‌عنوان نهاد نظارتی و سیاست‌گذار و تولیدکنندگان و فروشندگان مرغ به‌عنوان عوامل اجرایی می‌توانند نقش بسیار مهمی در پایش، کنترل و جلوگیری از شیوع این بیماری ایفاء نمایند.

**واژه‌های کلیدی:** آنفلوانزای پرندگان، تحلیل مکانی، رگرسیون تقویت شده، رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد عمران GIS، دانشکده مهندسی، دانشگاه آزاد رامسر، رامسر، ایران

۲- (نویسنده مسئول) استادیار گروه آموزشی مهندسی نقشه برداری، دانشکده عمران، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، بابل، ایران
تلفن: ۳۲۳۳۲۰۷۱-۰۱۱، دورنگار: ۳۲۳۳۴۲۰۱-۰۱۱، پست الکترونیکی: h.motieyan@nit.ac.ir

[ Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-26 ]
[ DOR: 20.1001.1.17353165.1399.19.7.5.0 ]
[ DOI: 10.29252/jrums.19.7.677 ]

## مقدمه

بیماری آنفلوانزای فوق حاد طیور ( Highly Pathogenic Avian Influenza; HPAI) یکی از بیماری‌های مهم تنفسی و واگیردار طیور است که دارای قدرت انتشار سریع می‌باشد [۱]. شیوع بیماری‌های همه‌گیر در جامعه، ذاتاً یک فرآیند زمانی و مکانی است. مدل‌سازی گسترش و انتقال ناگهانی این بیماری‌ها نیازمند درک بهتری از رفتارهای پویای آن‌ها است تا بتوان با اتخاذ صحیح رفتارهای پیش‌گیرانه برای جلوگیری از عواقب شدید بیماری اقدام نمود [۲]. سیستم اطلاعات مکانی (Geographic Information System; GIS) در واقع می‌تواند زمینه‌ای فراهم نماید که اطلاعات توصیفی-مکانی به دست آمده از منابع مختلف، به‌صورت کارآمد ذخیره گردند تا بتوان از آن‌ها در بازیابی، تحلیل و ارائه مکانی آن‌ها به‌صورت نقشه‌های موضوعی استفاده نمود. تهیه نقشه بیماری‌ها می‌تواند به محققین کمک نماید تا عوامل مؤثر و دخیل در بیماری را تشخیص داده و طرح مناسبی را برای کاهش آن عوامل و یا حذف آن‌ها طراحی نمایند [۳].

در این زمینه تحقیقاتی در ایران و جهان انجام پذیرفته است. Fallah Mehrabadi و همکاران، به‌صورت توصیفی و به روش مقطعی، از مرداد تا مهرماه سال ۲۰۱۵ به بررسی بیماری آنفلوانزا فوق حاد پرندگان پرداختند. نتایج نشان داد که شیوع بالای آنفلوانزای H9N2 در طیور بومی روستایی در این طرح نشان دهنده بومی شدن این بیماری در آن‌ها می‌باشد [۵-۴]. Fang و همکاران در سال ۲۰۱۳، برای نشان دادن پویایی گسترش عفونت‌های انسانی با ویروس جدید آنفلوانزای نوع A (H7N9) در چین، یک نقشه موضوعی را ایجاد کردند که توزیع مناطق آسیب‌دیده و منحنی‌های اپیدمی را برای سه استان و کل کشور نمایش می‌داد [۶]. Pandit و همکاران سال ۲۰۱۷، در تحقیقی به این نتایج رسیدند که کاهش تماس بین پرندگان وحشی و مرغ‌های خانگی و حذف سریع پرندگان خانگی آلوده، باعث کاهش احتمال ابتلاء به بیماری می‌شود [۷]. Li و همکاران در سال ۲۰۱۵، در تحقیق خود با استفاده از روش رگرسیون لجستیک چند متغیره، به مشخص کردن الگوهای مکانی و زمانی آنفلوانزای تحت تیپ H5N1 و شناسایی عوامل مؤثر بر شیوع آن در پرندگان چین پرداختند [۸].

اکثر تحقیقات انجام شده در این زمینه به صورت کیفی و توصیفی بوده‌اند به این صورت که با بررسی مناطقی که بیش ترین آمار بیماری را داشته‌اند سعی در تشخیص عوامل مهم بیماری را داشته‌اند بدون این‌که اهمیت هر یک از آن‌ها شناسایی شود یا تأثیر آن‌ها در گستره جغرافیایی منطقه بررسی شود. از طرف دیگر در اندک تحقیقات کمی انجام شده نیز، حساسیت مدل‌ها به تغییرات جغرافیایی محدوده مورد مطالعه بررسی نشده و در تحلیل خود این مسئله را در نظر نگرفتند [۳-۲]. لذا هدف از این تحقیق، مدل سازی شیوع بیماری آنفلوآنزای فوق حاد پرندگان با تلفیقی از قابلیت‌های سیستم اطلاعات مکانی و علوم داده‌کاوی (Data mining) است تا بتواند به تصمیم‌گیران در خصوص اتخاذ تصمیمات لازم درمورد این بیماری کمک نمایند.

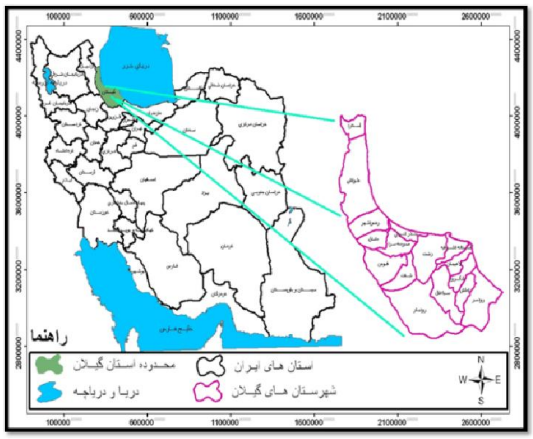
## مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر از نوع تحلیلی-اکولوژیکی بوده که محدوده مطالعاتی آن استان گیلان و سال مطالعه ۱۳۹۵ می‌باشد. استان گیلان، یکی از استان‌های شمالی کشور بالغ بر ۱۴ هزار کیلومتر مربع مساحت دارد. در میان رشته کوه‌های البرز و



[ Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-26 ]
[ DOR: 20.1001.1.17353165.1399.19.7.5.0 ]
[ DOI: 10.29252/jrums.19.7.677 ]

تالش در شمال ایران جای گرفته و حدود ۰/۹ درصد از مساحت کل کشور را در برگرفته است. این استان در ۳۶ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۲۷ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۵۳ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۳۴ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار قرار گرفته است. بر اساس آخرین تقسیمات کشوری، در زمان اجرای سرشماری نفوس و مسکن ۱۳۹۵ استان گیلان دارای ۱۶ شهرستان، ۵۲ شهر، ۴۳ بخش و ۱۰۹ دهستان است و ۲۹۴۲ آبادی بوده است [۹]. نمایی از محدوده مطالعاتی پژوهش در شکل ۱ نشان داده شده است.




***شکل ۱- محدوده مطالعاتی (پهنه استان گیلان) در نقشه ایران***

هر ساله با شروع فصل مهاجرت، بسیاری از پرندگان که حامل ویروس خطرناک آنفلوانزای فوق حاد هستند در مناطق مختلفی از جمله تالاب‌ها، رودخانه‌ها، آبگیرها و جلگه‌های کشور سکنی می‌گزینند و از طرق مختلف موجب آلودگی محیط اطراف خود به این ویروس خطرناک می‌گردند. با توجه به گزارش مربوط به وقوع آنفلوانزای فوق حاد پرندگان مدیریت دفتر بهداشت طیور و زنبور عسل اداره کل دامپزشکی استان گیلان دریافت شد که این بیماری ابتدا در سال ۱۳۸۴ در استان گیلان مشاهده شد. طی سال‌های ۱۳۸۴ تا ۱۳۸۷ حدود ۸۰ درصد مشاهدات بیماری در شهرهای رشت، بندر انزلی، صومعه سرا و شفت بوده است. در ادامه، بین سال‌های ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۰ این بیماری در محدوده استان گیلان به‌صورت پراکنده مشاهده گردید و در طی سال‌های ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۴ هیچ کانون بیماری گزارش نشد. اما در سال ۱۳۹۵ به خصوص در ماه‌های آذر، دی و بهمن بیش‌ترین میزان شیوع در طی سنوات گذاشته گردید. مناطق آلوده به بیماری در سال ۱۳۹۵ در روستاهای منگوده رشت، کیساورزل لاکان، استلک لشت نشاء، مرزدشت خمام، جاده سنگر پشت شرکت نفت و روستای چپرپورد مشاهده شد. بنابراین در این تحقیق تصمیم گرفته شد تا روشی برای مدل‌سازی بیماری در این سه ماه ارائه گردد.

روش ارائه شده در این تحقیق به‌صورتی است که ابتدا با مطالعه تحقیقات گذشته عوامل مؤثر در بیماری تشخیص داده شد. هم‌چنین با حضور در مناطقی که وقوع بیماری در آن مشاهده شده است، عوامل فوق تکمیل گردید. سپس این مجموعه عوامل با مصاحبه با پزشکان و دامپزشکان در استان تکمیل و نهایی شد که عبارت‌اند از: تالاب‌ها، بازار فروش مرغ زنده، استخرها و دریاچه‌ها، دما، جمعیت بخش، جهت باد، کشتارگاه، رطوبت، بارش، تراکم مرغ، ارتفاع از سطح متوسط آب‌های آزاد، راه‌ها، مکان مرغداری‌ها، نوع پوشش اراضی (مرتع، بایر، جنگل و غیره)، رودخانه، جهت شیب، مقدار شیب. از آن‌جا که تمامی این عوامل به نوعی مکانی هستند سعی شده که لایه‌های آن‌ها در GIS ایجاد گردند. البته برای ایجاد برخی از عوامل، تحلیل‌های مکانی نیز لازم بود. به‌عنوان مثال عامل دما به‌صورت نقطه‌ای در ایستگاه‌های هواشناسی اندازه‌گیری شده و تبدیل آن به شکلی پیوسته با تحلیل‌های درون‌یابی مکانی امری اجتناب ناپذیر است. بعد از آماده‌سازی



[ Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-26 ]
[ DOR: 20.1001.1.17353165.1399.19.7.5.0 ]
[ DOI: 10.29252/jrums.19.7.677 ]

عوامل و لایه‌های مربوطه، اهمیت هر یک از آن‌ها از دو طریق مورد ارزیابی قرار گرفت.

ابتدا به کمک مدل رگرسیون درختی تقویت شده (Boosted Regression Tree; BRT) عوامل بدون در نظرگیری عامل موقعیت جغرافیایی ارزیابی گردید. با بررسی تحقیقات انجام شده با مدل‌های مختلف و مدلBRT می‌توان بیان کرد: ۱- این مدل به‌طور مستقیم با متغیرهای پیش‌بینی کننده مرتبط می‌باشد. ۲- درخت‌های تصمیم‌گیری غیر پارامتریک بوده و هیچ دخالتی از سوی کاربر بر روی آن‌ها صورت نمی‌گیرد. ۳- خروجی مدل از دقت بالای برخوردار است. در نهایت می‌توان بیان کرد به دلایل بیان شده، کار با مدل درختی پیشنهاد می‌شود [۱۰].

سپس با استفاده از مدل رگرسیون وزن‌دار جغرافیائی (Geographically Weighted Regression; GWR) نقش و وزن عامل موقعیت در هر یک از عوامل به دست آمد. در نهایت با ضرب این دو وزن (وزن مستقل از موقعیت و وزن وابسته به موقعیت) وزن نهایی هر معیار ارزیابی گشت و در نهایت با تکنیک هم‌پوشانی وزن‌دار (Weighted Linear Combination; WLC) در محیط GIS نقشه خطر و ریسک‌پذیری بیماری ایجاد گردید. البته این فرآیند برای ۳ ماه رایج این بیماری یعنی آذر، دی و بهمن مورد ارزیابی قرار گرفته تا علاوه بر تحلیل مکانی، تحلیل زمانی نیز در مورد این بیماری انجام شود [۱۱].

مدل درخت رگرسیونی پیشرفته به عنوان یک تکنیک داده‌کاوی بر اساس درخت‌های طبقه‌بندی و رگرسیونی همراه با الگوریتم Boosting طراحی شده است [۱۲]. این مدل برخلاف الگوریتم‌هایی که بر اساس میانگین به‌پیش بینی می‌پردازند، از روش پیش برنده مرحله‌ای (Stage-wise) تجزیه و تحلیل و برازش بین متغیرها و آمار ناپارامتری استفاده می‌کند [۱۳]. این مدل می‌تواند در پیش‌بینی پیامدهای کمی (درخت رگرسیونی) یا طبقه بندی شده (درخت طبقه‌بندی) مورد استفاده قرار گیرد [۱۴].

منحنی (Receiver Operating Characteristic; ROC) عملکرد نسبی مدل را نشان می‌دهد. این منحنی با نموداری مشخص می‌شود که در آن نسبت پیکسل‌هایی که وقوع یا عدم وقوع بیماری به‌وسیله مدل به‌درستی پیش‌بینی‌شده روی محور عمودی (مثبت درست یا Sensitivity) در برابر مقدار مکمل آن یعنی نسبت پیکسل‌هایی که نادرست پیش‌بینی شده‌اند (مثبت غلط یا Specificity-۱) روی محور افقی ترسیم می‌شود. AUC مساحت زیر منحنی بوده و مدلی که بیش‌ترین مقدار AUC را دارد، دارای عملکرد نسبی بالاتری است. AUC برابر با ۰/۵ معادل مدل خنثی بوده، مشخص‌کننده تصادفی بودن مدل است و اگر مقدار AUC به ۱ نزدیک شود موجب افزایش کارآیی مدل می‌باشد. در یک مدل خوب سطح زیر منحنی بین ۰/۷ تا ۰/۸، در یک مدل عالی سطح زیر منحنی ۰/۸ تا ۰/۹ و در یک مدل عالی، سطح زیر منحنی بیش از ۰/۹ می‌باشد [۱۵].

**رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی**

در مطالعاتی که دارای بعد مکانی‌اند و به‌عبارت دیگر، متغیرهای مکانی در آن‌ها دخیل است، سنجش ارتباط بین متغیرها با یک مدل برآوردگر خطی که دارای ضرائب ثابتی است خطای برآورد را افزایش می‌دهد. بنابراین، در این نوع مطالعات نیاز به مدل برآوردگری احساس می‌شود که ضرائب آن ثابت نبوده و همراه با متغیرهای مکانی سیال باشد. در



[ Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-26 ]
[ DOR: 20.1001.1.17353165.1399.19.7.5.0 ]
[ DOI: 10.29252/jrums.19.7.677 ]

رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی، هر داده مشاهداتی به نسبت فاصله‌اش از موقعیت مورد برآورد وزن دهی می‌شود. به این معنا که مشاهدات نزدیک به نقطه برآوردی وزن و تأثیر بیش تری در برآورد دارند و مشاهدات دورتر دارای تأثیر کم‌تری هستند و از این نظر، دقت جغرافیایی کار بالا می‌رود. این مدل رگرسیونی مانند رگرسیون کم‌ترین مربعات معمولی دارای یک متغیر وابسته و یک یا چند متغیر مستقل است که مقادیر آن‌ها در نقاط با موقعیت مشخص ثبت شده است. رابطه (۱)، رگرسیون موزون جغرافیایی را نشان می‌دهد [۱۶].

رابطه (۱)

$$y_i\ (u)=\beta 0i\ (u)+\beta 1i\ (u)\ x1i+\beta 2i\ (u)\ x2i+\cdots+\beta mi\ (u)\ x_mi$$

در رابطه (۱)، y مقدار متغیر وابسته در نقطه (u)، x مقادیر مربوط به متغیر مستقل در همان نقطه (u)، β نیز برآوردگرهای مدل هستند که در مدل رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی این ضرایب مشابهت زیادی با مدل رگرسیون وزن‌دار دارند. با این تفاوت که در رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی وزن مربوط به ضرایب هر نقطه کاملاً وابسته به موقعیت فضایی آن نقطه و هم‌چنین موقعیت آن نقطه نسبت به سایر نقاط در منطقه مورد مطالعه است. به‌عبارت دیگر، موقعیت هر نقطه در منطقه مورد مطالعه مهم‌ترین عامل تعیین کننده وزن برآوردگرها است که از طریق حل رابطه (۲)، به دست می‌آیند:

رابطه (۲)

$$(XT\ W(u)X)\ (-1)\ XT\ W(u)y\ \beta\ (u) =$$

در رابطه (۲)، w(u) ماتریس مربعی وزن‌هاست که مقدار وزن تخصیص یافته به آن به موقعیت (u) در منطقه مورد مطالعه وابسته است. $X^TW(u)X$ ماتریس کوواریانس وزن‌دار مکانی است. Y مقادیر مربوط به متغیر وابسته در همان نقطه (u) است. w(u) ماتریسی است که قطر اصلی آن وزن‌های جغرافیایی نقاط مورد بررسی است. وزن‌های اختصاص داده شده به هر نقطه از تابع وزن‌دهی که به کرنل معروف است، استخراج می‌شود [۱۷].

در این تحقیق از کدنویسی در محیط Matlab نسخه ۲۰۱۵ برای تشکیل درخت تصمیم و تعیین وزن متغیرهای ۱۷ گانه و هم‌چنین از ابزار Modeling Spatial Relationships موجود در Arctoolbox نرم‌افزار Arc GIS 10.4 به‌منظور استفاده از آنالیز و آزمون‌های آماری مدل GWR استفاده شده است.

## نتایج

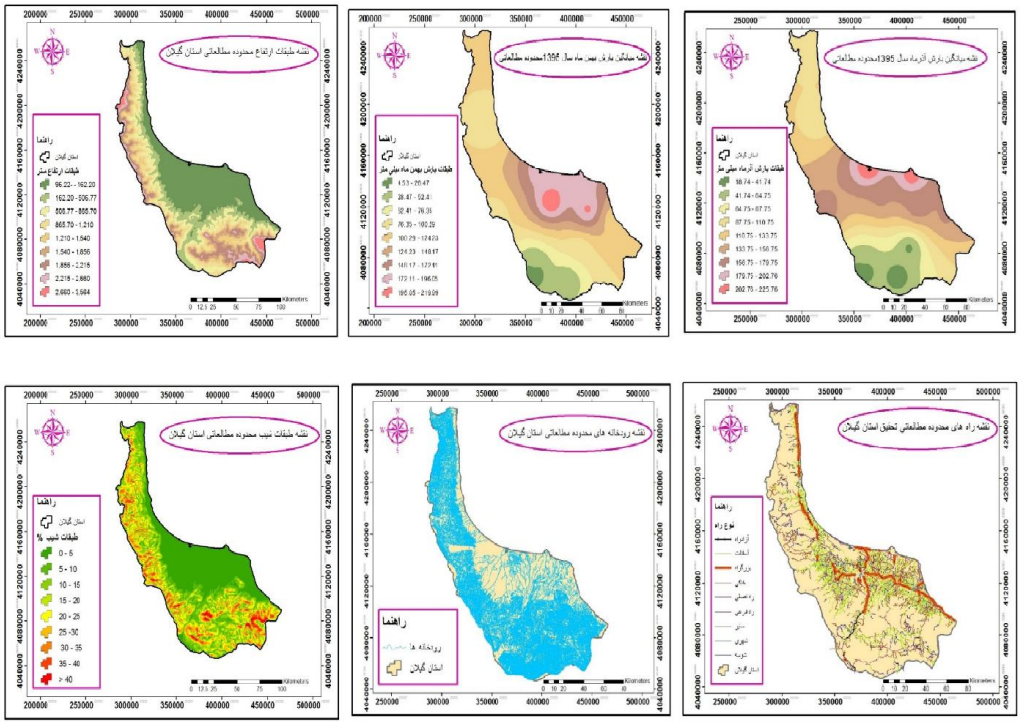
برای تعیین پارامترهای اقلیمی مورد نیاز در مدل‌سازی آنفلوآنزای فوق حاد پرندگان، شامل دما، بارش، رطوبت نسبی و جهت باد غالب، آمار روزانه ۱۲ ایستگاه سینوپتیک منطقه از سازمان هواشناسی استان گیلان تهیه شد. متغیرهای دما، رطوبت و بارش مربوط به ماه‌های آذر، دی و بهمن که در آخرین ماه سال ۲۰۱۶ و ماه اول و دوم سال ۲۰۱۷ بوده است جهت تحلیل انتخاب شد. داده‌های مربوطه از سایت سازمان هواشناسی دریافت و با میانگین‌گیری از دما، بارش و رطوبت حداقل و حداکثر در روزهای ماه‌های مطالعاتی، میانگین دما، بارش و رطوبت ماهیانه به دست آمد.

برای تعیین پارامترهای محیطی از منحنی میزان‌های ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه برداری جهت تهیه نقشه طبقات ارتفاع استفاده شد. از نقشه طبقات ارتفاع (Digital Elevation Model; DEM) نقشه شیب و جهت شیب آماده سازی شد. جهت آماده سازی نقشه رودخانه‌ها، از نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه برداری استفاده شد. در آماده سازی نقشه پوشش گیاهی، از نقشه کاربری اراضی موجود در اداره منابع طبیعی استفاده شد.



[ Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-26 ]
[ DOR: 20.1001.1.17353165.1399.19.7.5.0 ]
[ DOI: 10.29252/jrums.19.7.677 ]

هم‌چنین برای متغیرهای انسان‌ساز شامل موقعیت استخرها، تالاب‌ها، راه‌ها، مرغداری‌ها، کشتارگاه‌ها، تراکم مرغ زنده، تراکم جمعیت و بازارهای فروش، فرآیند زیر صورت گرفت. موقعیت بیش از ۲۰۰۰ عدد از استخرها و آب‌بندان های استان گیلان از شرکت سهامی آب منطقه‌ای، دریافت گردید. با استفاده از نقشه‌های دریافتی از اداره کل محیط زیست، مناطق تحت مدیریت سازمان محیط زیست تعیین و طی بازدیدهای میدانی و استفاده از تصاویر Google earth نقشه تالاب‌های محدوده مطالعاتی استخراج شد. با استفاده از داده‌های دریافتی از اداره راه و شهرسازی و نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه برداری، داده‌های رقومی راه‌های محدوده مطالعاتی آماده سازی شد. جهت تهیه نقشه کشتارگاه‌ها و مرغداری‌ها، اطلاعات مکانی ۸ کشتارگاه و ۶۰۲ واحد مرغداری در سیستم مختصات جغرافیایی، از اداره کل دامپزشکی استان گیلان دریافت و به سیستم مختصات UTM (Universal Transverse Mercator) تبدیل و نقشه آن‌ها آماده شد. در انتها نیز، جهت تهیه نقشه تراکم جمعیت، اطلاعات جمعیتی بخش‌های استان گیلان از سایت مرکز آمار به نقشه بخش‌های استان گیلان متصل شد. هم‌چنین نقشه مناطق آلوده به بیماری نیز که در آن وقوع بیماری مشاهده شده است آماده سازی شد. نقشه بازارهای فروش مرغ زنده که در انزلی، صومعه‌سرا، تولم شهر، حسن رود، سیاهکل بود نیز آماده گردید. برخی از این متغیرها در شکل ۲ نشان داده شده است.



***شکل ۲- نقشه متغیرهای مورداستفاده در مدل BRT در استان گیلان سال ۱۳۹۵***



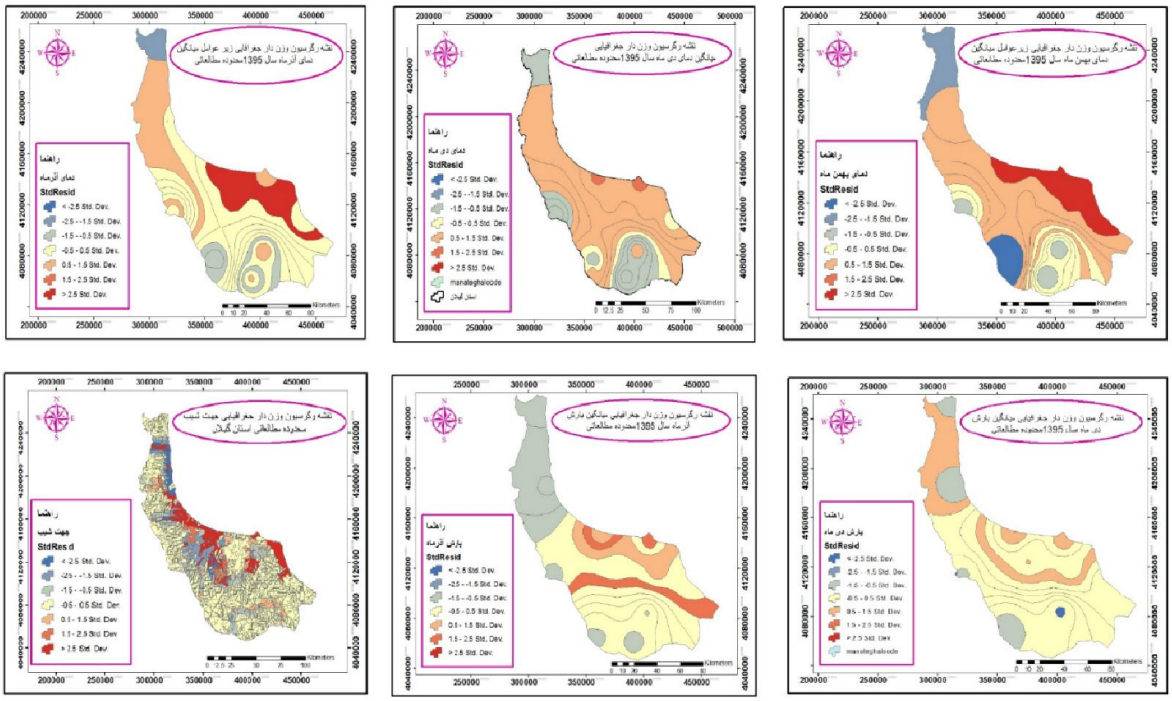
[ Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-26 ]
[ DOR: 20.1001.1.17353165.1399.19.7.5.0 ]
[ DOI: 10.29252/jrums.19.7.677 ]

۱۷ متغیر و ۷۰ درصد داده‌های مناطق آلوده به بیماری (متغیر۱۸) به‌عنوان داده‌های آموزشی در مدل BRT معرفی گردید تا وزن متغیرهای پیش‌بینی کننده و انحراف معیار آن‌ها با توجه به داده‌های آموزشی به دست آید که در جدول ۱- (وزن‌های حاصل از مدل BRT در مدل سازی پیش‌بینی شیوع آنفلوآنزای فوق حاد پرندگان) مقادیر آن‌ها بیان شده است. سپس با استفاده از وزن‌های به‌دست آمده و انحراف معیار وزن‌ها، مدل پیش‌بینی شیوع آنفلوانزای حاد پرندگان در ماه‌های آذر، دی و بهمن ایجاد شد.

در مرحله بعد، متغیرها وارد مدل GWR شده و وزن هر یک با در نظرگیری تغییرات جغرافیایی محاسبه گردیدند. شکل ۳ نمونه‌ای از این وزن‌ها را بیان می‌کند.

***جدول ۱- وزن‌های حاصل از مدل BRT در مدل‌سازی پیش‌بینی شیوع آنفلوآنزای فوق حاد پرندگان***

| ردیف | متغیر | درخت رگرسیون تقویت‌شده | |
|---|---|---|---|
| | | میانگین وزن | انحراف معیار وزن |
| ۱ | تالاب‌ها | ۱۸/۹۱ | ۶/۱۱ |
| ۲ | بازار فروش مرغ زنده | ۱۵/۵۹ | ۵/۸۳ |
| ۳ | استخرها و دریاچه‌ها | ۱۲/۸ | ۴/۰۵ |
| ۴ | دما | ۸/۶۴ | ۳/۶۴ |
| ۵ | جمعیت بخش‌ها | ۷/۲۳ | ۳/۱۸ |
| ۶ | جهت باد | ۶/۳۱ | ۳/۰۲ |
| ۷ | کشتارگاه | ۵/۹۴ | ۲/۸۷ |
| ۸ | رطوبت | ۵/۵۶ | ۲/۴۹ |
| ۹ | بارش | ۵/۰۶ | ۲/۲۹ |
| ۱۰ | تراکم مرغ | ۴/۸۲ | ۲/۰۹ |
| ۱۱ | ارتفاع | ۴/۷۳ | ۲/۰۱ |
| ۱۲ | راه‌ها | ۳/۹۶ | ۱/۹۹ |
| ۱۳ | مرغداری‌ها | ۳/۶۳ | ۱/۴۵ |
| ۱۴ | کاربری اراضی | ۳/۴۹ | ۱/۲۳ |
| ۱۵ | رودخانه | ۲/۷۱ | ۰/۸۴ |
| ۱۶ | جهت شیب | ۲/۶۱ | ۰/۶۹ |
| ۱۷ | شیب | ۱/۸۲ | ۰/۴۳ |

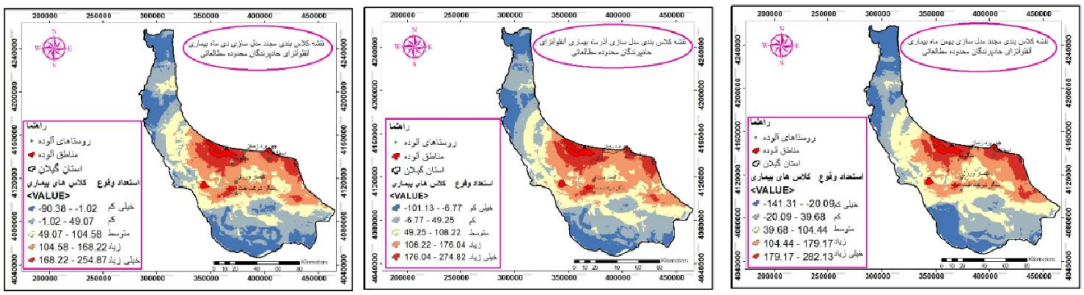


***شکل ۳- نقشه‌های وزن‌های به‌دست آمده توسط روش رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی***



[ Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-26 ]
[ DOR: 20.1001.1.17353165.1399.19.7.5.0 ]
[ DOI: 10.29252/jrums.19.7.677 ]

درنهایت وزن به‌دست آمده از BRT در لایه‌های رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی ضرب و با روش WLC (ترکیب خطی وزن‌دار) هم‌پوشانی لایه‌ها برای ۳ ماه آذر، دی و بهمن به دست آمد که در شکل ۴، نشان داده شده است.



***شکل ٤- کلاس‌بندی نقشه مدل‌سازی آنفلوانزای حاد پرندگان در سه ماه آذر، دی و بهمن با روش BRT و GW***

در روش GWR پارامترهای ارزیابی $R^2$ و $R^2$ Adjusted به دست آمدند که در جدول ۲ بیان شده است. مقادیر این ضرایب از طریق اختلاف بین مقادیر مشاهده شده یا واقعی با مقادیر مدل شده به‌دست می‌آید مطابق با روابط ۳ و ۴ که مقادیر بالاتر بیان‌گر این می‌باشد که چقدر از تغییرات خروجی متأثر از ورودی مربوطه می‌تواند باشد. در بین متغیرها، جهت باد غالب آذرماه بالاترین $R^2$ و $R^2$ Adjusted را داشته و متغیرهای جهت شیب، کشتارگاه، میانگین بارش آذرماه و غیره در الویت‌های بعدی قرار دارند. در این بین متغیر تراکم مرغ با کم‌ترین $R^2$ و $R^2$ Adjusted به ضعیف‌ترین حالت وقوع بیماری را توضیح داده است.

$$R^2 = 1 - \frac{SSE}{SST}$$

رابطه (۳)

$$adjusted_R^2 = 1 - \frac{(1-R^2)(1-N)}{N-P-1}$$

رابطه (۴)

که در روابط فوق SSE بیان‌گر مجموع توان دوم تفاضل مشاهده واقعی و مقادیر مدل، SST میانگین مقادیر مشاهده شده، N تعداد مشاهدات و P تعداد متغیرهای پیش‌بینی کننده است

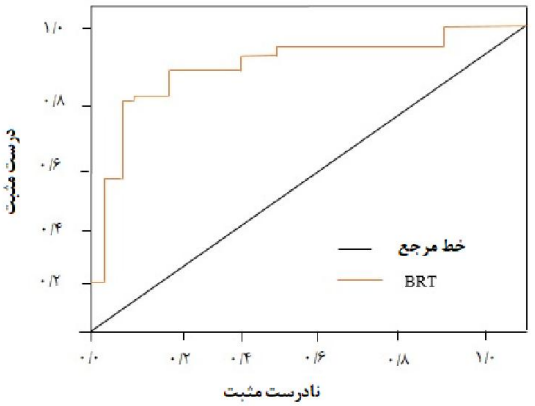
***جدول ۲- مقادیر $R^2$ و $R^2$ Adjusted به دست آمده برای متغیرهای مختلف***

| نام متغیر | $R^2$ | $R^2$Adjusted |
|---|---|---|
| جهت باد غالب آذر ماه | ۰/۹۶ | ۰/۹۳ |
| جهت شیب | ۰/۹۲ | ۰/۹۱ |
| کشتارگاه | ۰/۹ | ۰/۸۷ |
| میانگین بارش آذر ماه | ۰/۸۹ | ۰/۸۳ |
| تالاب | ۰/۸۷ | ۰/۸۳ |
| کاربری اراضی | ۰/۸۵۲ | ۰/۸۵ |
| جهت باد غالب دی ماه | ۰/۸۵ | ۰/۷۹ |
| جمعیت بخش | ۰/۸۴ | ۰/۷۴ |
| میانگین بارش دی ماه | ۰/۸۴ | ۰/۷۵ |
| میانگین بارش بهمن ماه | ۰/۸۱ | ۰/۶۷ |
| استخرها و دریاچه‌ها | ۰/۸ | ۰/۷۴ |
| مرغداری‌ها | ۰/۷۹ | ۰/۷۵ |
| راه‌ها | ۰/۶۹ | ۰/۶۷ |
| جهت باد غالب دی ماه | ۰/۶۷ | ۰/۵۵ |
| میانگین دمای بهمن ماه | ۰/۶۳ | ۰/۴۵ |
| ارتفاع | ۰/۶۳ | ۰/۵۷ |
| میانگین دمای آذر ماه | ۰/۶۱ | ۰/۵۲ |
| میانگین رطوبت دی ماه | ۰/۶۱ | ۰/۵ |
| رودخانه | ۰/۶ | ۰/۵۸ |
| شیب | ۰/۶ | ۰/۶ |
| میانگین رطوبت بهمن ماه | ۰/۵۴ | ۰/۳۹ |
| بازار فروش مرغ زنده | ۰/۵۳ | ۰/۵۱ |
| میانگین رطوبت آذر ماه | ۰/۴۱ | ۰/۲۷ |
| میانگین دمای دی ماه | ۰/۳۷ | ۰/۲۲ |
| تراکم مرغ | ۰/۲۴ | ۰/۱۸ |

برای بررسی عملکرد مدل از منحنی ROC استفاده گردید که در شکل ۵، نشان داده شده است.



[ Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-26 ]
[ DOR: 20.1001.1.17353165.1399.19.7.5.0 ]
[ DOI: 10.29252/jrums.19.7.677 ]




***شکل ۵- منحنی ROC برای مدل BRT در مدل‌سازی آنفلوانزای فوق حاد پرندگان***

با توجه به نمودار شکل ۵ و خلاصه نتایج نمودار ROC که در جدول ۳ بیان شده است، مساحت زیرمنحنی، ۰/۸۹ که نزدیک به عدد ۱ است که حاکی از کارآیی مدل می‌باشد. هم‌چنین سطح معنی‌داری تقریباً صفر بیان‌گر این است که فرضیه این‌که مدل به صورت تصادفی عمل می‌کند و کارآیی ندارد با احتمال صفر درصد می‌باشد. بنابراین این احتمال و مساحت زیر منحنی قابلیت بالای مدل BRT را در تشخیص مناطق وقوع بیماری تأیید می‌کند. البته مقادیر انحراف معیار و اختلاف کران بالا و پایین منحنی بیان‌گر این می‌باشد که مدل دارای قطعیت بسیار بالا نبوده و کمی دارای حساسیت می‌باشد. بنابراین جهت افزایش قطعیت مدل تشخیص از روشی GWR استفاده گردید.

***جدول ۳- مقادیر خروجی آزمون ROC در مدل BRT***

| مساحت زیرمنحنی ROC | خطای انحراف معیار | معناداری | سطح اطمینان ۹۵ درصد | |
|---|---|---|---|---|
| | | | باند پایین | باند بالا |
| ۰/۸۹ | ۰/۴۹ | <۰/۰۱ | ۰/۶۲ | ۰/۹۸ |

## بحث

در سال‌های اخیر نگرانی راجع به بیماری آنفلوانزای فوق حاد پرندگان به دلیل اثرات زیان‌بار اقتصادی آن بر صنعت طیور، بهداشت عمومی جامعه و تجارت بین‌المللی و هم‌چنین نگرانی از احتمال انتقال بیماری به انسان، افزایش یافته است. هر ساله با مهاجرت پرندگان مهاجر بین کشورهای مختلف شاهد بروز این بیماری در کشورهایی که این پرندگان به آن ها مهاجرت می کنند هستیم. پرندگانی که به این بیماری مبتلا می‌گردند هرگز بهبود پیدا نمی‌کنند، یا می‌میرند و یا باید معدوم شوند. از این رو مطالعه و بررسی مدل شیوع این بیماری به منظور جلوگیری از هرگونه خسارات ناشی از آن اهمیت پیدا می‌کند. در این پژوهش، با ارائه یک مدل تحلیلی- مکانی نقش عوامل اقلیمی، محیطی و انسانی در مدل‌سازی آنفلوانزای حاد پرندگان با مدل‌های BRT و GWR مورد بررسی قرار گرفت. با بررسی کلیه متغیرها، شامل متغیرهای عوامل اقلیمی (میانگین بارش، میانگین دما، جهت باد غالب و رطوبت)، متغیرهای عوامل محیطی (پوشش گیاهی، ارتفاع، شیب، جهت شیب، فاصله از رودخانه) و متغیرهای انسانی (تالاب‌ها، استخرها و آب‌بندان ها، راه‌ها، تراکم مرغ، جمعیت بخش، بازار فروش مرغ زنده، کشتارگاه، مرغداری‌ها) ابتدا وزن‌ها در مدل BRT به‌صورت زیر محاسبه گردید.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که از بین متغیرهای مورد بررسی، وضعیت فاصله از تالاب‌های منطقه به‌عنوان یک عامل مخاطره آمیز بوده و وزن آن در مدل BRT بیش‌ترین مقدار با عدد ۱۸/۹۱ بوده است و میزان شیوع در روستاهایی که در نزدیک تالاب‌ها قرار دارند به‌طور بسیار معنی‌داری بیش‌تر از روستاهایی است که دور از تالاب قرار دارند. هم‌چنین در متغیرهای مورد بررسی عامل شیب با وزن ۱/۸۲ دارای کم



[ Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-26 ]
[ DOR: 20.1001.1.17353165.1399.19.7.5.0 ]
[ DOI: 10.29252/jrums.19.7.677 ]

ترین تأثیر در مدل BRT بوده است. نتایج و وزن‌های مدل BRT در این پژوهش، با نتایج تحقیقات [۶]، که مدل‌سازی شیوع و خطر ابتلاء به آنفلوانزای پرندگان(A(H7N9 را در چین را با مدل BRT انجام دادند مشابهت زیادی داشته است و نتایج این تحقیق را تأیید می‌کند. در مرحله بعد متغیرها، با روش GWR ارزش‌گذاری شد و ارتباط بین متغیرهای مستقل و متغیر وابسته وقوع بیماری سنجیده می‌شود.

در مقایسه مساحت کلاس‌های بیماری در ماه‌های آذر، دی، بهمن در سال۱۳۹۵، نیز نتایجی حاصل شد. در ماه آذر، بیش ترین مساحت، مربوط به کلاس کم با مساحت ۲۸/۶۱ درصد و کمترین مساحت مربوط به کلاس خیلی زیاد با مساحت ۹/۵۷ درصد به دست آمد. در ماه دی، بیش‌ترین مساحت مربوط به کلاس کم با مساحت ۲۷/۱۳ و کلاس خیلی زیاد با مساحت ۹/۹۵ درصد پایین‌ترین مساحت را در این ماه به خود اختصاص داده است و در نهایت در بررسی کلاس‌های مساحت بیماری بهمن‌ماه، کلاس کم با مساحت ۲۶/۵۵ درصد بالاترین مساحت را به خود اختصاص داده است. در این ماه کلاس مساحت خیلی زیاد پایین‌ترین اولویت را با مساحت ۹/۵۳ درصد به خود اختصاص داده است. بنابراین بیش‌ترین مساحت کلاس خیلی زیاد در دی ماه اتفاق افتاده است.

مقایسه مناطق وقوع بیماری حاصل از مدل سازی با مناطق وقوع بیماری در سال ۱۳۹۵، نشان داد که این دو منطقه اشتراکات بسیار زیادی با یک‌دیگر دارند. به این ترتیب که کلاس احتمال وقوع زیاد مدل ارائه شده، در نزدیکی مناطق وقوع بیماری در سال ۹۵ بوده است. مناطق وقوع بیماری در مدل ارائه شده در نزدیکی تالاب‌ها و دریاچه‌ها بوده است. وقوع بیماری در مناطق مرطوب‌تر بیش‌تر دیده شده است که این امر با تحقیقات انجام شده در خصوص افزایش رشد ویروس آنفلوانزا در محیط‌های مرطوب مطابقت دارد. نتایج این پژوهش مشابه بررسی انجام گرفته توسط Hadipour و همکاران در بروز این بیماری روی اردک‌ها می‌باشد که بیش ترین میزان شیوع را شمال کشور به دست آوردند که علت آن را وجود دریاچه‌ها و تالاب‌ها عنوان کرده‌اند [۱۷]. هم‌چنین در مطالعه انجام گرفته توسط Madsen و همکارانش، مواجهه با پرندگان آبزی، عدم کنترل آفات و موقعیت جغرافیایی در مثبت بودن پرندگان به این مؤثر بوده است [۱۸]. از آن‌جایی که بر اساس این تحقیق، جهت باد جزء عوامل تأثیرگذار در شیوع این بیماری تعیین شده است و با توجه به هم‌جواری استان گیلان با استان‌های مازندران، گلستان و کشورهایی که پذیرای پرندگان مهاجر، ضرورت شناسایی و تهیه متغیرهای معرفی شده در محدوده‌های جغرافیائی همسایه بیش از پیش اهمیت پیدا می‌کند تا از طریق یک همکاری مشترک بین‌المللی امکان تهیه مدل پویا و پیوسته از این بیماری فراهم گردد [۱۹]. لازم به ذکر است که در مطالعه‌ای که در اروپا در ارتباط با عوامل خطر مرتبط با رخداد آنفلوانزا با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک انجام گرفت، افزایش شاخص پوشش گیاهی نرمال شد ( Normalized Difference Vegetation Index; NDVI) در دسامبر، میزان متوسط این شاخص در مارس، ارتفاع پایین، افزایش دمای حداقلی در ژانویه و کاهش بارش در ژانویه ازجمله عوامل خطر مرتبط با این بیماری در پرندگان مهاجر بودند. هم‌چنین نقشه‌های خطر نشان می‌دهند که این بیماری در ارتباط با در دسترس بودن منابع غذایی، افزایش دما و کاهش بارندگی است. نتایج مطالعه انجام گرفته در ترکیه نشان داد که نزدیکی به شبکه‌های ارتباطی (راه‌های



[ Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-26 ]
[ DOR: 20.1001.1.17353165.1399.19.7.5.0 ]
[ DOI: 10.29252/jrums.19.7.677 ]

اصلی) و شهرها در گسترش بیماری نقش دارند که علت آن را تمایل احداث مزارع نزدیک شهرها و راه‌های ارتباطی برای دسترسی به بازارهای فروش بیان می‌کنند [۲۰]. هم‌چنین در این مطالعه، سرد شدن هوا را در گسترش بیماری مؤثر دانستند. در مطالعه دیگری که با استفاده از مدل‌های GIS انجام گرفت، طغیان آنفلوانزا با تجارت، بازارهای فروش پرندگان زنده، عدم دفع بهداشتی لاشه و ضعف کاربرد شاخص های بهداشتی ارتباط تنگاتنگی داشت [۱۳، ۲۱].

تمامی نتایج حاصل از تحقیقات دیگران با خروجی تحقیق فعلی هم‌خوانی دارد. متأسفانه داده‌های محل وقوع این بیماری در استان گیلان طی سال‌های گذشته به‌صورت سیستماتیک و منظم جمع آوری نگردیده است، از این رو راستی آزمایی مدل تهیه شده در سال ۱۳۹۵ در مقایسه با شیوع بیماری در سال‌های گذشته با محدودیت مواجه است. در این راستا پیشنهادهایی جهت بهبود تحقیقات آتی ارائه می‌گردد.

- پایش مستمر طیور روستایی، بازارهای فروش پرندگان و پرندگان آبزی برای بررسی وضعیت آنفلوانزا
- تشریک مساعی بین علوم جغرافیا و پزشکی در جامعه نیاز است تا برنامه‌ریزی و به کارگیری یک سیستم قابل قبول انجام گردد.
- استفاده از سایر روش‌ها مانند شبکه عصبی و ماشین بردار پشتیبان و مقایسه آن با نتایج تحقیق حاضر.

## نتیجه‌گیری

با توجه به افزایش جمعیت، سلامت جامعه یکی از مسائل مهم برای هر جامعه است. یکی از موارد مهم در زمینه تهدید سلامت عمومی بیماری‌های واگیردار است. در این میان، بیماری آنفلوآنزای فوق حاد پرندگان یکی از بیماری‌های مذکور بوده که مدل سازی تحلیلی-مکانی آن می‌تواند در تصمیم گیری‌ها کمک کند. بنابراین، در این تحقیق با بررسی پارامترهای مؤثر در شیوع این بیماری، مدلی ارائه گردید تا اهمیت هر پارامتر مورد ارزیابی گردد. این مدل در ۳ ماه سرد سال که بیش‌تر در این بیماری شایع است مورد ارزیابی گرفت و ضمن تشخیص پارامترهای مهم در شیوع این بیماری، خطر شیوع بیماری در شرایط مکانی-زمانی نیز در منطقه گیلان مورد ارزیابی قرار گرفت.

بنابر نتایج پژوهش، مثبت بودن وقوع بیماری، در برخی شهرستان‌ها می‌تواند زنگ خطری برای صنعت طیور کشور باشد. در این راستا استفاده از GIS یکی از راه‌های دادن هشدارهای سلامتی به مردم در معرض خطر است. با مشخص نمودن مکان انتشار بیماری، مردم نسبت به محیط پیرامون خودآگاه‌تر شده، مسائل پیش‌گیری را بهتر درک خواهند نمود. هم‌چنین با مشخص شدن مراکز بیماری، هزینه‌ها و مصارف بهداشتی تعدیل می‌یابند چرا که مردم مناطق مستعد بیماری، عوامل خطر را درک نموده، درصدد پیش‌گیری برمی‌آیند. زمانی که نقشه شیوع و توزیع فضایی بیماری‌ها که علت‌های متفاوت دارند ترسیم می‌شود، تفاوت‌های حائز اهمیتی از یک نقطه به نقطه دیگر مشاهده می‌شود که در علت‌یابی و درمان کمک شایان توجهی را به مسئولین می‌نماید. با عنایت به مباحث فوق، می‌توان بیان داشت امروزه استفاده مؤثر و استخراج داده‌های پنهان از انبوه داده‌ها در مدیریت سلامت و بهداشت و درمان، توسط مدیران به‌عنوان یک هدف عمده جهت بهبود وضعیت موجود تلقی می‌شود و استفاده از تکنیک‌های داده‌کاوی می‌تواند به‌عنوان ابزار عملیاتی در



[ Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-26 ]
[ DOR: 20.1001.1.17353165.1399.19.7.5.0 ]
[ DOI: 10.29252/jrums.19.7.677 ]

شناسایی مناطق آلوده و ارزیابی و نظارت به‌منظور تصمیم‌گیری‌های علمی برنامه ریزان و مدیران مفید واقع شود.

**تشکر و قدردانی**

به این وسیله نویسندگان مقاله مراتب تقدیر و تشکر خود را از سازمان هواشناسی استان گیلان، شرکت سهامی آب منطقه‌ای گیلان و اداره کل دام‌پزشکی استان گیلان در دریافت آمار و اطلاعات دقیق ابراز می‌نمایند.

## References

[1] Hablolvarid MH. Influenza disease: a review on epidemiological studies, pathogenesis and genetically alteration upon the avian influenza viruses circulating in Iran, on the field of veterinary medicine and medicine in two recent decades. *Veterinary Researches Biological Products (PAJOUHESH-VA-SAZANDEGI)* 2016; 29(1): 17-31. [Farsi]

[2] Tabasi M, Al-Sheikh AA. Modeling the spatial expansion of epidemic diseases using simulation of the base factor (Case study: seasonal flu). *Scientific-Research Journal of Geomatics Science and Technology* 2016; 6(4): 75-86. [Farsi]

[3 ]Khakshour Z, Arabi M, Hossein Ali F. Spatial-temporal modeling of malaria outbreak, 2nd National Conference on Spatial Information Technology, K. N. Toosi University of Technology, Faculty of Geodesy and Gematics Engineering, January 29, 2016. [Farsi]

[4] Fallah Mehrabadi MH, Bahonar AR, Zeinolabedin Tehrani F, Vasifi Marandi M, Sadrzadeh A, Ghafouri SA, et al. Seroepidemiology of Avian Influenza (H9N2) in Rural Domestic Poultry of Iran. *Iranian Journal of Epidemiology* 2015; 10 (4): 1-9. [Farsi].



[ Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-26 ]
[ DOR: 20.1001.1.17353165.1399.19.7.5.0 ]
[ DOI: 10.29252/jrums.19.7.677 ]

[5] Fallah Mehrabadi MH, Bahonar AR, Sadrzadeh, A, Vasifi Marandi M, Zeinolabedin Tehrani F. Investigation of Spatial Patterns and Analysis of Avian Influenza Clusters (H9N2) in Native Villages of Country Villages in 2013 and 2014. *Journal Veterinary Research and Construction* 2016; 114(1). [Farsi]

[6] Fang LQ, Li XL, Liu K, Li YJ, Yao HW, Liang S, et al. Mapping Spread and Risk of Avian Influenza A (H7N9) in China. *Sci Rep* 2013; 3(2722).

[7] Pandit P, Bunn D, Pande S, Aly S. Modeling highly pathogenic avian influenza transmission in wild birds and poultry in West Bengal, India. *Sci. Rep* 2017; 3(2175).

[8] Li XL, Liu K, Yao HW, Sun Y, Chen WJ, Sun RX, et al. Pathogenic Avian Influenza H5N1 in Mainland China. *Int J Environ Res Public Health* 2015; 12(5), 5026-45.

[9] Statistical Yearbook. General Census of Population and Housing 2016. [Farsi]

[10] Shataee S, Kalbi S, Fallah A, Pelz D. Forest attribute imputation using machine-learning methods and ASTER data: comparison of k-NN, SVR and random forest regression algorithms. *Int. J. Remote Sens* 2012; 33(19): 6254-80.

[11] Elith J, Leathwick JR, Hastie T. A working guide to boosted regression trees. *J. Anim. Ecol* 2008; 77(4): 802-13.

[12] Bui DT, Tuan T., Klempe H, Pradhan B, Revhaug I. Spatial prediction models for shallow landslide hazards: a comparative assessment of the efficacy of support vector machines, artificial neural networks, kernel logistic regression, and logistic model tree. *Landslides* 2016; 13(1): 361-78.

[13] Naghibi SA, Pourghasemi H, Dixon B. GIS based groundwater potential mapping using boosted regression tree, classification and regression tree, and random forest machine



[ Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-26 ]
[ DOR: 20.1001.1.17353165.1399.19.7.5.0 ]
[ DOI: 10.29252/jrums.19.7.677 ]

learning models in Iran. *Environ Monti Assess* 2016; 188(44): 1-27.

[14] Yang RM, Zhang GL, Liu F, Lu YY, Yang M, Yang F, et al. Comparison of boosted regression tree and random forest models for mapping topsoil organic carbon concentration in an alpine ecosystem. *Ecol Indic* 2016; 60(1): 870-8.

[15] Cranjadi A, Pourghasemi HR, Landslide Sensitivity Assessments Using Data Mining Models, Case Study: Chehelchai watershed. *Watershed Engineering and Management* 2021; 11(1): 28-42. [Farsi]

[16] Ahangar Kani M, Farnaghi M, Shirzadi MR. Time spatial prediction of high-risk areas of leptospirosis using geographical and latent regression methods and multilayered perceptron neural network, *Journal of Geomatics Science and Technology* 2016; 6(2): 79-98. [Farsi]

[17] Hadipour MM, Golchin P. Serosurvey of H9N2 avian influenza virus during respiratory disease outbreaks in broiler flocks in Dezful, southern Iran. *Bulg J Vet Med* 2011; 14(1): 62-65.

[18] Madsen JM, Zimmermann NG, Timmons J, Tablante NL. Avian influenza seroprevalence and biosecurity risk factors in Maryland backyard poultry: A cross-sectional study. *PLoSOne* 2013; 8(1): 1-8.

[19] Pourtaghi ZS, Pourghasemi HR, Aretano R, Semeraro T. Investigation of general indicators influencing on forest fire and its susceptibility modeling using different data mining techniques. *Ecol Indic* 2016; 64 (1): 72-84.

[20] Wang SY, Skidmore TAK, De Boer WF, Li L, Prins HHT. Environmental Factors Influencing the Spread of The Highly Pathogenic Avian Influenza H5N1 Virus In Wild Birds In Europe. *Ecol Soc* 2010. 15(3): 26.



[ Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-26 ]
[ DOR: 20.1001.1.17353165.1399.19.7.5.0 ]
[ DOI: 10.29252/jrums.19.7.677 ]

bivariate and multivariate statistical methods in groundwater potential mapping. *Water Resour Manage* 2015; 29(14): 5217-36.

[21] Naghibi SA, Pourghasemi HR. A comparative assessment between three machine learning models and their performance comparison by

[ Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-26 ]

[ DOR: 20.1001.1.17353165.1399.19.7.5.0 ]

[ DOI: 10.29252/jrums.19.7.677 ]

# Modeling the Prevalence of Avian Influenza in Guilan Province Using Data Mining Models and Spatial Information System in 2016: An Ecological Study

**S. M. Hashemi Foumani[1], H. Motieyan[2]**

**Received: 08/06/2020 Sent for Revision: 23/06/2020 Received Revised Manuscript: 29/07/2020 Accepted: 01/08/2020**

**Background and Objectives:** Infection of birds to Highly Pathogenic Avian Influenza (HPAI) and their extinction impose heavily losses on the livestock and poultry industry along with public health. Nowadays, due to the volume and variety of data, the need of using location-based technologies and data mining sciences has become inevitable. This study aims to model the prevalence of avian influenza, using the capabilities of spatial analyses.

**Materials and Methods:** In this analytical-ecological study, the year 2016 is selected as the target year to prepare 17 variables (climate, environment, and man-made) and their spatial layers in Guilan province because of the high prevalence of the disease in this year. The weights of the variables were computed through combination of Boosted Regression Trees (BRT) analysis and Geographically Weighted Regression (GWR), and then prevalence of the disease was prepared and evaluated by the Receiver Operating Characteristic (ROC) curve.

**Results:** The variables of wetlands, live poultry markets, and pools have the highest weights according to BRT analysis, with 18.91, 15.59, and 12.8 percent, respectively. Also, in terms of time, the month of February has the highest prevalence among the three cold months of the year.

**Conclusion:** The disease has been observed in the areas around wetlands, pools, and live poultry markets. Therefore, the General Veterinary Administration, as a regulatory and policy-making body, and poultry producers and sellers as executive agents can play a significant role in monitoring, controlling, and preventing the spread of the disease.

**Key words:** Avian influenza, Spatial analysis, Boosted regression, Geographically weighted regression

**Funding:** This study did not have any funds.

**Conflict of interest:** None declared.

**Ethical approval:** The Ethics Committee of Babol Noshirvani University of Technology approved the study.

**How to cite this article:** Hashemi Foumani S M, Motieyan H. Modeling the Prevalence of Avian Influenza in Guilan Province Using Data Mining Models and Spatial Information System in 2016: An Ecological Study. *J Rafsanjan Univ Med Sci* 2020; 19 (7): 677-92. [Farsi]

*1- MSc Student of GIS, Engineering Faculty, Ramsar Azad University, Ramsar, Iran, ORCID: 0000-0002-0452-1706*

*2- Assistant Prof., Dept. of Geomatics, Faculty of Civil Engineering, Bobal Noshirvani University of Technology, Babol, Iran, ORCID: 0000-0002-3733-7147*

*(Corresponding Author) Tel: (011) 32332071, Fax: (011) 32334201, E-mail: h.motieyan@nit.ac.ir*



[ Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-26 ]

[ DOR: 20.1001.1.17353165.1399.19.7.5.0 ]

[ DOI: 10.29252/jrums.19.7.677 ]