

طراحی و پیاده‌سازی یک سیستم الکترونیکی مدیریت آسم مبتنی بر پارامترهای آلاینده‌گی هوا

مصطفی احسانی^۱، ابوالقاسم صادقی نیارکی^{۲*}

^۱ کارشناس ارشد سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی - دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست - دانشگاه آزاد اسلامی - واحد علوم و تحقیقات تهران
mo.ehsani94@gmail.com

^۲ استادیار دانشکده مهندسی نقشه‌برداری - دانشگاه صنعتی خواجه‌نصیرالدین طوسی
a.sadeghi@kntu.ac.ir

(تاریخ دریافت آبان ۱۳۹۷، تاریخ تصویب دی ۱۳۹۷)

چکیده

بیماری آسم، در طول پنجاه سال گذشته به دلیل آلوده‌شدن محیط اطراف زندگی به عوامل محرک و حساسیت‌زا از جمله آلاینده‌های هوا افزایش چشمگیری داشته و به یکی از بیماری‌های شایع مزمن در سرتاسر جهان تبدیل شده‌است. از همین‌رو، محققان پایش آلاینده‌های محیطی در محل زندگی بیماران را جز لاینفک برنامه‌های مدیریت آسم به شمار می‌آورند. شناسایی مناطق دارای خطر بالقوه‌ی تشدید آسم و آگاهی‌دادن به بیماران به جهت پیشگیری از مواجهه با این آلاینده‌ها در همه مکان‌ها و زمان‌ها، یک گام مناسب در مدیریت موثر این بیماری در درازمدت است.

امروزه، با گسترش ابزارهای فناوری اطلاعات و نفوذ سیستم اطلاعات مکانی تحت‌وب در حوزه سلامت، طراحی برنامه‌های مدیریت آسم به جهت جلوگیری از تشدید این بیماری با برداشته‌شدن محدودیت‌های مکانی و زمانی دچار تغییرات بنیادین شده‌است؛ ابزاری که در همه مکان‌ها و زمان‌ها در اختیار بیماران باشد و اطلاعات مناسب از محیط پیرامون زندگی در اختیار آنان قرار دهد، به‌طور موثرتری می‌تواند آنان را از خطرات بالقوه تشدید آسم آگاه‌نماید. از این‌رو در این مقاله، ابزاری مبتنی بر الگوریتم درخت‌تصمیم و سیستم اطلاعات جغرافیایی تحت‌وب توسعه‌داده‌شده تا با ارائه نقشه‌های روزانه پیش‌بینی تشدید آسم بر مبنای آلاینده‌های هوا، بیماران را در مورد مناطق و مکان‌های بالقوه خطرناک تشدید آسم آگاه‌نماید. این ابزار که بر روی مرورگرهای دو پلتفرم وب و تلفن‌های همراه هوشمند در دسترس است، پایش‌بندی بیماران را به برنامه‌های پایش آسم بهبود داده و آگاهی و دانش آنها را نسبت به یک بیماری وابسته به محیط‌زیست به‌طور چشمگیری افزایش می‌دهد.

واژگان کلیدی: مدیریت الکترونیکی آسم، سیستم اطلاعات مکانی، پایش، بیماری مزمن، آلودگی هوا

* نویسنده رابط

۱- مقدمه

امروزه با رشد جوامع، بیماری‌ها از حیث تنوع و تعداد افراد درگیر، در حال افزایش هستند. یکی از بیماری‌هایی که گسترش فزاینده‌ای داشته، بیماری آسم آلرژیک است [۱]. این بیماری، به عنوان یکی از بیماری‌های مزمن، تهدیدی جدی برای سلامت و بهداشت عمومی به شمار می‌آید که سالانه به میزان ۵٪ نیز به مبتلایان آن افزوده می‌شود [۲].

بر طبق آخرین آمار سازمان بهداشت جهانی، تعداد افراد مبتلا به آسم در سرتاسر دنیا ۳۰۰ میلیون نفر بوده و تا سال ۲۰۲۵ تا ۴۰۰ میلیون نیز قابل افزایش است [۳]. این آمار و ارقام نشان‌دهنده اهمیت این بیماری و تعداد بالای مبتلایان به آن است که در صورت عدم درمان و کنترل می‌تواند به یک مشکل جدی برای بهداشت عمومی تبدیل شود [۲].

عوامل محیطی و مکانی مختلفی موجب تشدید آسم یا اصطلاحاً حملات آسمی می‌شوند که بسته به نوع جغرافیا، شرایط محیطی و سبک زندگی افراد متغیرند [۴]. تشدید آسم به عنوان "حادثه‌ای که نیازمند به اقدام فوری بر روی بیمار بوده و پزشکان می‌بایست برای جلوگیری از یک نتیجه جدی مانند بستری شدن یا مرگ تلاش نمایند"، تعریف می‌شود [۵]. تشدید آسم در سطح فردی برای بیمار، یک رویداد منفی و ناگوار تلقی شده و شناسایی افراد در معرض حملات آسمی، می‌تواند به مدیریت این بیماری کمک‌نموده و در نهایت درد، رنج، مرگ و هزینه‌های بهداشتی و درمانی حاصل از آن را کاهش دهد. از این‌رو محققان، یکی از راه‌های اصلی مدیریت آسم را کنترل بیماری به جهت جلوگیری از تشدید آن به حساب می‌آورند [۴].

بیماری آسم در طول پنجاه سال گذشته، به دلیل آلوده شدن محیط اطراف زندگی به عوامل محرک و حساسیت‌زا افزایش چشمگیری داشته‌است [۶]. از جمله مهمترین این محرک‌ها، آلاینده‌های هوا هستند که غلظت بالای آنها با افزایش خطر تشدید بیماری همراه خواهد بود [۷]. در حال حاضر تحقیقات زیادی در ادبیات پژوهش، ارتباط تشدید آسم با آلاینده‌های هوا را بررسی، تایید و اثبات نموده‌اند [۸]. از این‌رو می‌توان با جمع‌آوری اطلاعات مناسب از محیط زندگی بیماران، نقش آلاینده‌های هوا را در تشدید بیماری آسم در شرایط محیطی و

مکانی گوناگون پیش‌بینی و تجزیه و تحلیل نمود [۸]. شناسایی تاثیرات این عوامل و پیشگیری از مواجهه با آنها، موجب جلوگیری از بروز تشدید بیماری و مدیریت موثر آن شده [۶] و تاثیر بسزایی در پیش‌آگاهی به بیماران داشته و پایه‌ای را برای توسعه مداخلات درمانی جدید تشکیل می‌دهد [۹].

از سویی دیگر، آسم به عنوان یک بیماری مزمن نیازمند مدیریت همیشگی و مداوم است؛ به همین جهت به نظر می‌رسد که پیش‌بینی مکان‌های بالقوه خطرناک برای تشدید بیماری به تنهایی کافی نیست [۱۰]، بلکه می‌بایست ابزاری کارآمد و موثر وجود داشته باشد تا در همه مکان‌ها و زمان‌ها در اختیار بیمار بوده و در مواقعی که خطر تشدید آسم وجود دارد، با ارائه اطلاعات مناسب به بیمار، وی را از خطرات احتمالی آگاه‌نماید. امروزه با گسترش ابزارهای فناوری اطلاعات، پیدایش سیستم‌های اطلاعات مکانی^۱ و نفوذ تکنولوژی‌های سیار از جمله تلفن‌های همراه هوشمند با قابلیت‌ها و ویژگی‌های منحصر به فردشان، می‌توان ابزارهای مدیریت آسم را به‌طور بنیادین تغییر داده تا برنامه‌های کلاسیک پیشین را کارآمدتر و موثرتر نموده و پایبندی بیماران را به آنها افزایش داد [۱۰].

در نتیجه در این پژوهش، برای توسعه یک سیستم موثر و کارآمد مدیریت آسم، یک ابزار مبتنی بر سیستم‌های اطلاعات مکانی تحت وب^۲ و ابزارهای فناوری اطلاعات طراحی خواهد شد که نقشه‌های پیش‌بینی تشدید آسم بر مبنای آلاینده‌های هوا را در محیط وب انتشار داده و در معرض دید عموم قرار دهد. این ابزار می‌تواند به خودمدیریتی موثر بیماران آسمی کمک شایانی نماید، زیرا به آنها در مورد موقعیت و مکان‌هایی که احتمال وقوع حملات آسمی وجود دارند، پیش‌آگاهی می‌دهد. بدین‌وسیله، آنها می‌توانند در مورد حضور یا عدم حضور در این مکان‌ها با توجه به دانش بدست‌آمده، تصمیم‌گیری کنند و بیماری خود را به‌طور موثرتری مدیریت نمایند.

۲- مبانی نظری

محققان و پژوهشگران، آلودگی هوا را بزرگترین عامل بوجود آمدن بیماری‌های ناشی از محیط‌زیست می‌دانند که

^۱ Geographic Information System
^۲ Web-based GIS

متغیر هدف به عنوان تابعی از متغیرهای توصیفی ایجاد می‌نماید [۱۸]. درحالی که مدل دسته‌بندی، وظیفه یادگیری یک تابع هدف f که مجموعه مشخصات X را به یک کلاس از پیش تعریف شده با برچسب y نگاشت می‌کند، برعهده دارد. تکنیک‌های دسته‌بندی معمولاً برای پیش‌بینی یا توصیف مجموعه داده‌ها با طبقات اسمی یا دودویی بسیار مناسبند [۱۶].

از سویی دیگر، مسائلی وجود دارند که به جهت وجود متغیرهایی که ویژگی‌های مکانی را در خود ذخیره دارند، شامل یک پایگاه داده فضایی هستند. مدل‌های پیش‌بینی کلاسیک، فضا و مکان را به عنوان عاملی تعیین کننده در مدل در نظر نمی‌گیرند و اثر یک متغیر در فضا را به شکل متوسط و یا مجموع آن، به تمام ناحیه مورد مطالعه تعمیم می‌دهند [۱۹]. به همین جهت برای مسائل مکانی مناسب نیستند. در مقالات گذشته نیز برای مسائلی همچون پیش‌بینی تشدید بیماری آسم بر اثر متغیرهای آلودگی هوا که جز مسائل مکانی محسوب می‌شوند، عمدتاً از روش‌های کلاسیک داده‌کاوی همچون رگرسیون لجستیک^۴، درخت تصمیم^۵، قواعد انجمنی^۶، شبکه‌های عصبی مصنوعی^۷ و ماشین‌های بردار پشتیبان^۸ استفاده شده است.

هر کدام از این الگوریتم‌ها مزایا و معایب مخصوص به خود را دارند و محققان بسته به آنچه هدف پژوهش آنان بوده است، یک یا تعدادی از این روش‌ها را انتخاب نموده‌اند. سادگی استفاده، میزان قدرت محاسباتی، قابلیت تحلیل نتایج توسط کاربران، میزان دقت و کارایی الگوریتم و... از جمله مواردی است که آنها در هنگام انتخاب مدل مدنظر قرار داده‌اند. جدول ۱۱ کارایی این روش‌ها را در پیش‌بینی حملات آسمی، با یکدیگر مقایسه می‌نماید.

بر طیف وسیعی از بیماری‌ها از جمله آسم تاثیرگذار است [۱۱]. آلودگی هوا عبارتند از وجود هر نوع آلاینده اعم از جامد، مایع، گاز، تشعشع پرتوزا و غیرپرتوزا در هوا به تعداد و در مدت زمانی که کیفیت زندگی را برای انسان و سایر جانداران به خطر اندازد یا به آثار باستانی و اموال خسارت وارد آورد. آلاینده‌های هوا از نظر منشا و اثرات بهداشتی بسیار متعدد بوده و بررسی همه آنها عملاً غیرممکن است. بنابراین عموماً گروهی از آلاینده‌های هوا، به نام آلاینده‌های معیار شامل منواکسیدکربن (CO)، ازن (O₃)، ذرات معلق (PM_{2.5} و PM₁₀)، دی‌اکسیدنیترژن (NO₂) و دی‌اکسیدگوگرد (SO₂)، با توجه به اثرات بهداشتی و گستردگی منابع انتشار در اندازه‌گیری‌های مداوم، مورد مطالعه قرار می‌گیرند [۱۱] علاوه بر این، شاخص دیگری با نام AQI^۱ نیز برای پیش‌بینی روزانه کیفیت هوا تعریف شده است. این شاخص شهروندان را از کیفیت هوا و میزان پاک یا آلوده بودن آن آگاه می‌سازد و ارتباط آن با سطوح سلامت را نشان می‌دهد [۱۲].

بر طبق گزارش انجمن ملی بیماری‌های ریوی ایالات متحده آمریکا، آلاینده‌های فوق جز مهمترین محرک‌های حساسیت‌زا برای بیماری آسم به‌شمار می‌آیند [۱۳]. از همین رو محققان در مطالعات پیشین، این تاثیر را با کمک روش‌های متنوعی بررسی، ارزیابی و پیش‌بینی نموده‌اند تا بتوانند اقدامات لازم را به جهت کاهش مضرات آن به کار ببندند. از جمله پرکاربردترین و محبوبترین آنها، استفاده از انواع روش‌های آماری و داده‌کاوی^۲ است [۱۴].

داده‌کاوی، به مفهوم استخراج اطلاعات نهان، الگوها و روابط مشخص در حجم زیادی از داده‌ها در یک یا چند بانک اطلاعاتی بزرگ است که مدل‌ها و الگوریتم‌های متنوعی را دربرمی‌گیرد [۱۵] که همگی تحت یک متدولوژی یکسان به نام CRISP^۳ به کار گرفته می‌شوند [۱۶].

در داده‌کاوی، مدل‌های مختلفی با توجه به هدف پژوهش، استفاده می‌شوند که مهمترین آنها عبارتند از روش‌های "دسته‌بندی" مورد استفاده برای متغیرهای هدف گسسته و "رگرسیون" مورد استفاده برای متغیرهای هدف پیوسته و گسسته [۱۷]. رگرسیون، یک مدل برای

^۴ Logistic regression

^۵ Decision Tree

^۶ Association Rule

^۷ Artificial Neural Network

^۸ Support Vector Machine

^۱ Air Quality Index

^۲ Data Mining

^۳ Cross Industry Standard Process for Data Mining

جدول ۱- مقایسه الگوریتم های مورد استفاده برای پیش بینی تشدید بیماری آسم

نام روش	مزایا	معایب
رگرسیون	- پر کاربرد در پیش‌بینی تشدید آسم - سادگی استفاده	- کارایی کم در دسته بندی در مقایسه با سایر روش‌های داده کاوی
شبکه عصبی	- پر کاربرد برای داده‌های زیست‌محیطی - مناسب برای مسائل دسته بندی دودویی	- نیاز به قدرت محاسباتی بالا - قابلیت بالقوه برای بیش برآزش - نیاز به یادگیری مجدد برای شناسایی نمونه‌های جدید حمله آسمی - مشکل بودن تحلیل نتایج توسط کاربران
ماشین بردار پشتیبان	- مناسب برای مسائل دسته بندی غیر خطی - نیاز به قدرت محاسباتی اندک	- مشکل بودن تحلیل نتایج توسط کاربران
درخت تصمیم	- سادگی استفاده و فهم - نیاز به قدرت محاسباتی اندک	- نیاز به یادگیری مجدد برای شناسایی نمونه‌های جدید
قواعد انجمنی	- سادگی بکارگیری	- مشکل بودن تحلیل نتایج توسط بیماران - کارایی پایین الگوریتم

۳- پیشینه پژوهش

در این بخش مقالاتی را بررسی می نمایم که هر یک به نوعی به مسئله پیش بینی حملات آسمی پرداخته اند. برای مثال، لارکین و همکاران (۲۰۱۵)، یک برنامه کاربردی سلامت همراه برای بیماران مبتلا به آسم توسعه داده‌اند که خطرات بهداشتی ناشی از آلودگی هوا را توسط نمودارها و نقشه‌های تعاملی در محل فعلی گوشی‌های هوشمند تلفن همراه با کمک مدل‌های رگرسیونی پیش بینی می‌نماید. در این مطالعه، افرادی که به آلاینده‌های هوا حساس هستند، می‌توانند اطلاعات پیشرفته مانند توابع شناسایی شرایط محلی کیفیت هوا را که در زمان حملات آسمی رخ داده، بدست آورند و با به اشتراک گذاری آنها با پزشکانشان، از مشاوره آنها از طریق وب بهره‌مند شوند. رائون و همکاران (۲۰۱۴)، با کمک الگوریتم

لجستیک، رابطه تشدید بیماری آسم را با قرارگرفتن در معرض آلاینده‌های هوا بررسی نموده‌اند. در این مطالعه دو فاکتور ازن و NO_2 همبستگی مثبت بالاتری نسبت به بقیه آلاینده‌های هوا در ایجاد حملات آسمی داشته‌اند. سلطانی و همکاران (۲۰۱۴) در مقاله خود برای تشخیص وقوع تشدید آسم از الگوریتم ماشین‌های بردار پشتیبان استفاده نموده‌اند. آنها در مطالعه خود که در بیمارستان امام خمینی تهران انجام گرفته است، به‌طور همزمان تاثیر برخی شاخص‌های پزشکی مانند ریفلکس بیمار و تنگی نفس و همچنین شاخص‌های محیطی مانند آلرژن‌های حساسیت‌زا را بر تشدید آسم بررسی نموده‌اند.

یوسف آقا و همکاران (۲۰۱۳) از رگرسیون برای پیش بینی بروز آلرژی در میان دانش‌آموزان یک مدرسه ابتدایی استفاده نمودند. هدف این تحقیق پی بردن به رابطه میان آسم کودکان و مشاهدات روزانه داده‌های هواشناسی شامل دما، رطوبت نسبی، نقطه شبنم و داده‌های روزانه آلودگی هوا شامل ذرات معلق، سولفور دی اکسید، نیتروژن دی اکسید، کربن منواکسید و ازن بوده است. لی و همکاران (۲۰۱۱)، اثر عوامل زیست محیطی و بیوسینال‌های پزشکی را بر تشدید آسم با کمک ابزارهای داده کاوی شامل درخت تصمیم و الگوریتم قواعد انجمنی پیش بینی نموده‌اند. آنها همچنان خروجی‌های حاصل از مدل خود را بر روی یک اپلیکیشن موبایل انتشار دادند تا بیماران بتوانند از این طریق، حملات آسمی را به طور مداوم پایش نمایند. هو و همکاران (۲۰۰۷) با کمک رگرسیون لجستیک، میزان شیوع آسم آلرژیک و نرخ حملات آسمی را بر مبنای پارامترهای آلودگی هوا و وضعیت آب و هوایی پیش بینی نمودند. آنها ثابت کردند که اکسیدان‌ها، ذرات معلق و دمای پایین هوا بر روی تشدید آسم بسیار اثر گذارتر از سایر متغیرهای محیطی عمل می‌نمایند. تینگ و همکاران (۲۰۰۶)، با کمک ابزارهای GPS و GIS اطلاعات زیست محیطی پیرامون بیماران آسمی را جمع آوری نموده و در مواقع اضطراری با کمک یک سیستم هشدار دهنده مبتنی بر الگوریتم شبکه عصبی که در یک تلفن هوشمند تعبیه شده است، به بیماران نسبت به احتمال تشدید آسم، پیام هشدار ارسال می‌نمایند.

حال با بررسی مقالات فوق و با توجه به پیش زمینه موجود در پیشینه تحقیق، می‌توان دریافت که آلاینده‌های هوا به عنوان یک محرک بیماری آسم، متاثر از فاکتورهای

مکانی بوده و در تحلیل این نوع مسائل با یک پایگاه داده مکانی مواجهیم. از همین رو، مدل های کلاسیک داده کاوی نمی توانند تشدید آسم را که وابسته به مکان زندگی افراد است، به طور کارا و موثر پیش بینی نمایند. از همین رو در این مقاله برای رفع این چالش و با توجه به ماهیت متغیرهای مستقل، استفاده از تلفیق روش های کلاسیک داده کاوی با مدل های مکانی یا اصطلاحاً داده کاوی مکانی^۱ پیشنهاد می شود.

از طرفی دیگر با توجه به هدف این پژوهش، باید الگوریتمی انتخاب شود که محاسبات آن حدالمقدور زمان بر نباشد و نتایج آن، به راحتی قابل فهم و تفسیر برای کاربران باشد؛ زیرا تحلیل نتایج برای افرادی که در حوزه پزشکی مبتدی هستند بسیار مشکل است. در برخی از روش های داده کاوی به دلیل نوع خروجی که الگوریتم ها ارائه می دهند، تفسیر نتایج گاهی غیرممکن است. در نتیجه با در نظر گرفتن مزایا و معایب روش های فوق، در این مقاله از تلفیق الگوریتم درخت تصمیم با مدل های مکانی برای پیش بینی تشدید بیماری آسم مبتنی بر پارامترهای آلایندگی هوا استفاده می نماییم. ساختار درخت تصمیم، یک مدل پیش بینی کننده است که حقایق مشاهده شده در مورد یک پدیده را به استنتاج هایی در مورد مقدار هدف آن پدیده نقش می کند. درخت تصمیم قادر به تولید توصیفات قابل درک برای انسان، از روابط موجود در یک مجموعه داده ای است و یکی از بهترین قابلیت های آن، مشخص نمودن خروجی های مدل به صورت قواعد اگر-آنگاه است که مسلماً با این ویژگی، فهم قوانین برای کاربران مبتدی بسیار آسان است [۱۲].

از سویی دیگر، برخی از محققان در پژوهش های خود برای طراحی ابزارهای مدیریت آسم، تنها به ساخت مدل های دقیق پیش بینی اکتفا ننموده اند؛ بلکه با کمک ابزارهای متنوع چه از طریق روش های کلاسیک و چه از طریق ابزارهای جدید و کاربردی، نتایج حاصل از پیش بینی را در دسترس کاربران قرار داده اند [۱۶]. هر چند که روش های کلاسیک انتشار اطلاعات مانند روش های مبتنی بر کاغذ، به دلیل محدودیت های دسترسی به آنها در همه مکان ها و زمان ها و کاربر پسند نبودنشان، چندان مورد رضایت و پذیرش بیماران قرار نگرفته اند [۱۷]. امروزه، نفوذ

ابزارهای متنوع با قابلیت های گسترده در حوزه فناوری اطلاعات و ارتباطات همانند برنامه های کاربردی بر روی تلفن های همراه، نرم افزارهای نسخه دسکتاپ و یا تحت وب، سیستم های اطلاعاتی و ... یک مسیر جذاب برای توسعه مداخلات سلامت در حوزه بیماری های مزمن از جمله آسم ایجاد نموده اند [۱۰]. این برنامه ها برای تسهیل ارتباطات اجتماعی مابین افراد (چه سالم چه بیمار)، نظارت از راه دور بر افراد سالم و بیماران آسمی، پشتیبانی از مدیریت بیماری و مدیریت پایبندی به دستورالعمل های پیشگیری یا دارویی و ... استفاده می شوند [۱۷].

در این پژوهش، هدف پیش آگاهی نیست به تشدید بیماری آسم به مبتلایان با توجه به شرایط آلودگی هوا در مکان ها و مناطقی است که در آن حضور دارند. این اطلاعات پیش آگاهی دهنده، باید با کمک ابزارهای کاربردی به سهولت در اختیار آنها قرار گیرد. لذا اطلاعات مکانی تولید شده از درخت تصمیم، یعنی نقشه های پیش بینی وقوع حملات آسمی، به محیط مناسبی نیازمندند تا در اختیار کاربران (بیماران آسمی) قرار گیرند. در حوزه فناوری اطلاعات و سیستم های اطلاعاتی، سیستم اطلاعات مکانی تحت وب (WebGIS) به طور گسترده برای انتشار اطلاعات مکانی مورد استفاده قرار می گیرد. WebGIS یک سیستم اطلاعات مکانی توزیع شده در یک شبکه کامپیوتری است که برای ادغام و انتشار گرافیکی اطلاعات در سیستم WWW در اینترنت استفاده می شود. یکپارچه سازی داده های مکانی مدنظر این پژوهش و در دسترس قرار دادن آنها برای بیماران آسمی، نیازمند این تکنولوژی جدید است. این سیستم به قابلیت هایی همچون بهره برداری و توزیع داده های مکانی، ارایه قابلیت های GIS در محیط وب برای کاربران، به روزرسانی داده های موجود از طریق وب، استفاده از تکنولوژی GIS همراه، دسترسی به داده های مختلف در قالب های گوناگون مجهز است.

در نتیجه در این مطالعه، یک سیستم مدیریت آسم توسعه داده خواهد شد که قابلیت انتشار روزانه نقشه های پیش بینی تشدید آسم را که توسط مدل مکانی درخت تصمیم تولید می شود، دارد. برای انتشار این نقشه ها، با توجه به ماهیت و نوع اطلاعاتی که در داده کاوی مکانی تولید می شوند، از سیستم اطلاعات مکانی تحت وب استفاده می نماییم. با کمک ابزار طراحی شده، اطلاعات در همه مکان ها و زمان ها توسط مرورگرهای گوشی های

^۱ Spatial Data Mining

هوشمند در اختیار بیماران بوده و آنها می‌توانند به‌طور مداوم از مکان‌ها و موقعیت‌هایی که بیماری آنها را تشدید می‌نماید، آگاهی یابند و در مورد حضور یا عدم حضور در آنها تصمیم‌گیری نموده و بیماری خود را به شکلی موثرتر، مدیریت نمایند.

۴- مواد و روش‌ها

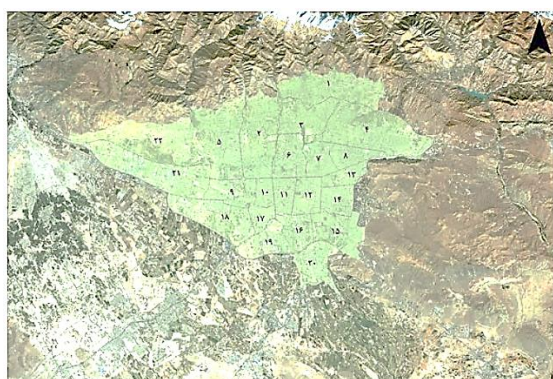
۴-۱- روش پیشنهادی اجرای پژوهش

گام‌های اجرایی این پژوهش را می‌توان به چهار بخش مجزا تقسیم‌بندی نمود. در گام ابتدایی داده‌های مورد نیاز جمع‌آوری و در یک پایگاه داده جغرافیایی تلفیق و آماده-سازی می‌شوند. سپس با کمک متدولوژی CRISP، مدل پیش‌بینی تشدید آسم با کمک الگوریتم درخت تصمیم ساخته و کارایی آن سنجیده می‌شود. در گام سوم، با کمک مدل ساخته‌شده، زیرسیستم پیش‌بینی تشدید آسم ایجاد-شده که وظیفه آن تولید روزانه نقشه‌های پیش‌بینی حملات آسمی بر اساس قواعد اگر- آنگاه استخراج شده از الگوریتم درخت تصمیم است. در گام پایانی، لازم است این نقشه‌ها برای دسترسی کاربران در محیط اینترنت انتشار یابند که با کمک ابزارهای ArcGIS Server این هدف محقق می‌شود. بیماران از طریق ArcGIS Online چه از طریق مرورگرهای دسکتاپ و چه بر روی تلفن‌های همراه هوشمند، می‌توانند این نقشه‌ها را ملاحظه نموده و به‌طور پیوسته از مکان‌هایی که از لحاظ وقوع حملات آسمی برای آنان خطر آفرین است، آگاهی‌یابند. تلفن‌های همراه در همه مکان‌ها و زمان‌ها در اختیار بیماران می‌باشد و به‌واسطه این قابلیت، اطلاعات به-طور پیوسته در اختیار بیماران خواهد بود.

۴-۲- منطقه مورد مطالعه

طبق گزارش وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی در سال ۱۳۹۱، ده درصد از جمعیت کشور ما یعنی حدود ۸ میلیون نفر مبتلا به آسم شده‌اند. ایران از نظر شیوع آسم جز کشورهای میانه دنیا محسوب شده و شیوع آن در شهر تهران به دلیل مشکلات بالقوه آلودگی هوا حتی تا میزان سی درصد نیز گزارش شده‌است. در واقع با توسعه صنعتی و افزایش آلودگی‌ها، میزان مواد آلرژی‌زا، در محیط این کلان‌شهر رو به افزایش است که منجر به شیوع روز-

افزون این بیماری شده و ضرورت تدوین و به اجراگزاردن برنامه‌ها، سیستم‌ها و راهکارهای لازم برای مقابله با اثرات این بیماری و مدیریت موثر آن را لازم به نظر می‌رساند. در نتیجه، ایده این تحقیق با کمک داده‌های شهر تهران پیاده‌سازی خواهد شد. از لحاظ جغرافیایی، این شهر در کوهپایه جنوبی رشته کوه البرز واقع شده که در حد فاصل بین ۵۱ درجه و ۵ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۵۳ دقیقه طول شرقی و بین ۳۵ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۵۹ دقیقه عرض شمالی گسترده شده‌است. ارتفاع آن نسبت به سطح دریا در نواحی شمالی ۱۷۰۰ متر، در مرکز ۱۲۰۰ متر و در جنوب ۱۱۰۰ متر است. در نتیجه شیب عمومی تهران شمال به جنوب است. علاوه بر وجود شیب کلی، در داخل شهر نیز ناهمواری‌هایی وجود دارد که در میزان و شرایط آلودگی هوا اثرگذار است. شکل ۱، وضعیت جغرافیایی این شهر را نمایش می‌دهد:



شکل ۱- وضعیت جغرافیایی شهر تهران

۴-۳- آماده‌سازی داده‌های مورد نیاز

در این پژوهش برای پیش‌بینی حملات آسمی مبتنی بر داده‌های آلودگی هوا به عنوان فاکتورهای محیطی و مکانی، به برخی داده‌های حملات آسمی بیماران نیاز است. جامعه پژوهش، شامل اطلاعات بیماران آسمی ساکن شهر تهران موجود در سیستم اطلاعات بیمارستانی (HIS)^۱ یکی از بزرگترین مراکز ارائه خدمات درمانی در حوزه بیماری‌های دستگاه تنفسی در این شهر است و نمونه مورد نیاز نیز شامل داده‌های سال ۱۳۹۵ این پایگاه داده است. اطلاعات مزبور، شامل کد بیمار، جنسیت، سن، آدرس محل سکونت، تاریخ وقوع یا عدم وقوع یک رخداد

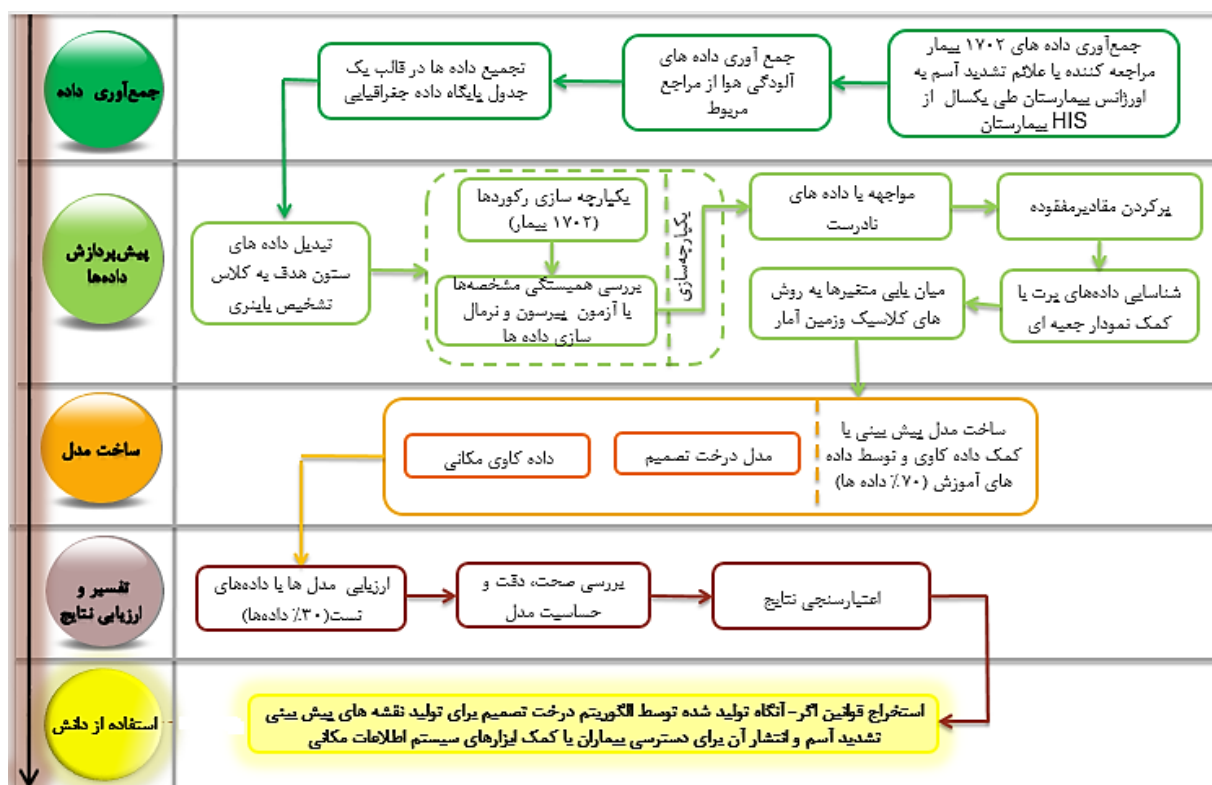
^۱ Health Information System

مراجعه بیمار به بیمارستان در نظر گرفته شده‌اند. نهایتاً پایگاه داده مزبور شامل ۱۷۰۲ رکورد داده و ۷ متغیر مستقل می‌باشد.

۴-۴- ساخت و ارزیابی مدل پیش‌بینی تشدید آسم

مدل پیش‌بینی حملات آسمی مطابق با گام‌های متدولوژی CRISP و با کمک الگوریتم درخت تصمیم (شکل ۲)، ساخته شده‌است. نکته قابل ذکر این است که در کنار توسعه روش‌های داده‌کاوی، ارزیابی عملکرد آنها نیز حایز اهمیت است. این ارزیابی مبتنی است بر تعداد رکوردهای تست پیش‌بینی شده توسط مدل به درستی یا به‌طور نادرست. در روش‌های دسته‌بندی از جمله درخت تصمیم، برای جلوگیری از بیش‌برازش مدل، مشاهدات به دو گروه آموزش و آزمون تقسیم‌بندی می‌شوند. سپس بر روی داده‌های آموزش ساخته شده و سپس برچسب داده‌های آزمون به کمک مدل، پیش‌بینی می‌شوند تا دقت آن ارزیابی شود. در ادامه گام‌های ساخت و ارزیابی مدل تشریح می‌شود.

تشدید آسم است. برای تکمیل پایگاه داده فوق به پارامترهای آلودگی هوا برای هر رکورد داده با توجه به آدرس محل سکونت بیمار و تاریخ مراجعه وی به اورژانس بیمارستان نیاز است. اطلاعات آلودگی هوا از پایگاه داده ایستگاه‌های سنجش آلاینده‌های شرکت کنترل آلودگی هوای تهران اخذ گردید. تهران دارای ۲۴ ایستگاه سنجش آلاینده‌های هواست که غلظت آلاینده‌های معیار، شامل منواکسیدکربن، ازن، اکسید ازت، دی‌اکسیدگوگرد، ذرات معلق با قطر کمتر از ۱۰ و ۲٫۵ میکرون به‌صورت پیوسته اندازه‌گیری می‌شود. برای هر رکورد داده، با کمک تاریخ رجوع بیمار به بیمارستان، اطلاعات آلودگی هوا از طریق آدرس محل سکونت وی و آدرس نزدیکترین ایستگاه سنجش آلودگی هوا به محل زندگی بیمار (با در دست داشتن طول و عرض جغرافیایی)، استخراج و به هر رکورد داده بیمار با کمک ابزار Spatial Join نرم افزار ArcGIS متصل شده‌است. در نتیجه پایگاه داده جغرافیایی ساخته شده، شامل اطلاعات مرتبط با تشدید آسم و همچنین پارامترهای آلودگی هوای مرتبط با آن است. متغیر وابسته وقوع یا عدم وقوع تشدید آسمی به صورت یک متغیر دودویی و متغیرهای مستقل شامل میزان آلاینده‌های $PM_{2.5}$ ، PM_{10} ، SO_2 ، NO_2 ، CO و O_3 و AQI در روز



شکل ۲- روند پیاده سازی، ساخت و ارزیابی مدل پیش‌بینی تشدید آسم مبتنی بر آلاینده‌های هوا

۴-۴-۱- پیش پردازش داده ها

برای پیاده سازی مدل پیش بینی، بعد از آماده سازی داده ها در یک پایگاه داده جغرافیایی، لازم است عملیات پیش پردازش داده ها شامل معتبر سازی، مواجهه با داده های نادرست و همچنین داده های پرت و مفقوده صورت پذیرد. دلایل زیادی همچون نقص در ابزار جمع آوری داده ها، خطای انسانی و غیره سبب مشکل نادرستی داده ها می گردند. در این مقاله، با کمک نرم افزار SPSS داده های نادرست از مجموعه داده ها حذف گردید. یکی از این نمونه ها، وجود مقادیر منفی در داده های آلودگی هوا بوده است. همچنین بررسی های اولیه نشان از وجود داده های پرت و مفقود در پایگاه داده مزبور دارد. بیشترین مقدار مفقوده مربوط به متغیر SO_2 (۶٪) و بیشترین تعداد داده های پرت مربوط به متغیر PM_{10} (۲٪) است.

برای مواجهه با داده های مفقوده می توان از راهکارهای مختلفی از جمله حذف نمونه هایی که مقادیر گم شده دارند و یا پر کردن مقادیر مفقوده به صورت دستی یا انتساب مقدار به داده های مفقوده استفاده نمود. روش اول زمانی کاربرد دارد که نمونه موجود دارای تعداد زیادی ویژگی با مقادیر مفقوده باشد. روش دوم نیز زمانبر است و برای پایگاه داده های بزرگ قابل استفاده نیست. برای این پژوهش، از آنجا که تعداد قابل توجهی مقادیر گم شده برای متغیرهای مورد مطالعه وجود ندارد، از روش انتساب مقدار به داده های مفقوده استفاده می نماییم. بدین منظور، ابتدا رکورد های داده را بر اساس ماه وقوع، گروه بندی نموده و سپس میانگین ماهانه متغیر مربوطه را به هر سلول خالی در آن ماه نسبت می دهیم. برای شناسایی داده های پرت نیز، نمودار جعبه ای برای کلیه متغیرهای مستقل استخراج و سپس با کمک شماره داده های پرت، مقدار آن را بررسی و در صورت لزوم از مجموعه داده ها حذف می نماییم.

در مرحله پیش پردازش، بسته به داده و مدل انتخابی ممکن است تکنیک های دیگری نیز استفاده شوند. در این پژوهش، عملیات نرمال سازی، تحلیل همبستگی و میان یابی متغیرها صورت می پذیرد. به منظور به کارگیری روش هایی که از معیارهای فاصله ای استفاده می نمایند (از جمله میان یابی)، باید داده ها را نرمال نمود.

به همین منظور، نرمالیتی داده ها را با کمک آزمون کلموگروف-اسمیرنوف بررسی می نماییم. با توجه به جدول ۱

که میزان Sig. را برای تمامی متغیرها کمتر از ۰,۰۵ نشان می دهد، می توان نتیجه گرفت که هیچ کدام از داده های مزبور نرمال نیستند و باید آنها را با کمک توابع و تبدیل های موجود مانند log، Box-Cox و Arcsin نرمال نمود.

جدول ۱- تست نرمال بودن داده ها

Tests of Normality

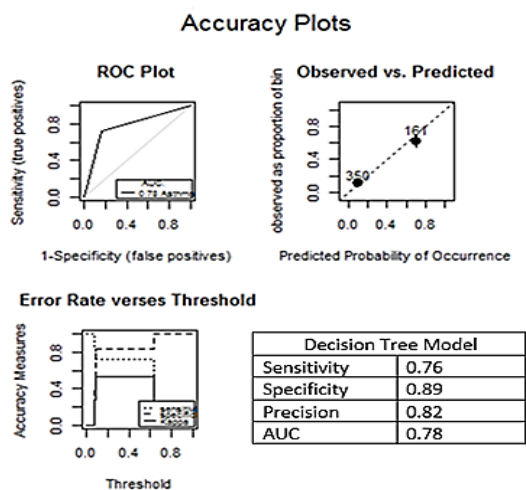
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
CO	.150	1702	.000	.892	1702	.000
O3	.097	1702	.000	.924	1702	.000
NO2	.119	1702	.000	.945	1702	.000
SO2	.244	1702	.000	.842	1702	.000
PM10	.127	1702	.000	.938	1702	.000
PM2.5	.135	1702	.000	.959	1702	.000
AQI	.047	1702	.000	.984	1702	.000

a. Lilliefors Significance Correction

از سویی دیگر، ممکن است در داده ها افزونگی وجود داشته باشد. لذا به منظور کاهش همپوشانی ناشی از مشخصه های همبسته، ارتباط میان مشخصه های مستقل با کمک تحلیل همبستگی بررسی می شود. ضریب همبستگی پیرسون، نشان می دهد که مابین متغیرهای مستقل در سطح معنی داری ۰,۰۵ همبستگی معنی داری وجود ندارد. در گام آخر از پیش پردازش داده ها، متغیرهای مستقل برای پیاده سازی الگوریتم درخت تصمیم و تولید نقشه های پیش بینی تشدید بیماری آسم میان یابی می شوند تا بتوان مدل مکانی درخت تصمیم را پیاده سازی نمود. میان یابی به فرایند برآورد ارزش های کمی، برای نقاط بدون داده، به کمک نقاط مجاور گویند. برای میان یابی متغیرها روش های مختلفی از جمله روش های کلاسیک و زمین آمار وجود دارند. در اینجا، تمامی متغیرها را با انواع این روش ها میان یابی نموده و با استفاده از اعتبارسنجی تقاطعی، نقشه هایی که کمترین میزان RMS^۱ را داشته اند، به عنوان نقشه های با دقت بالاتر انتخاب نموده ایم. به این ترتیب، برای متغیرهای O_3 ، SO_2 و PM_{10} روش کریجینگ معمولی، برای متغیرهای $PM_{2.5}$ و AQI روش کریجینگ ساده و برای متغیرهای CO و NO_2 روش کریجینگ عام به عنوان بهترین روش میان یابی انتخاب شدند. نتایج اعتبارسنجی این روش ها در جدول ۲ آمده است.

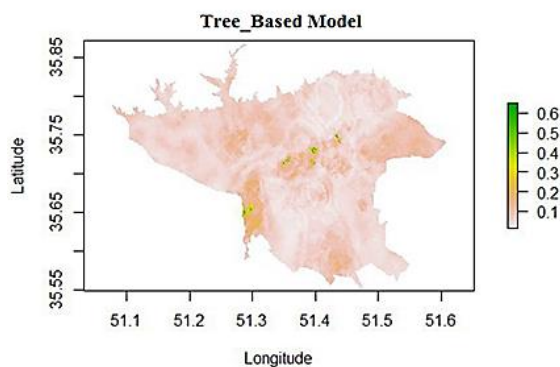
^۱ Root Mean Square

صورت قوانین اگر-آنگاه است که براحتی توسط کاربران قابل فهم، تفسیر و بکارگیری است و بدین ترتیب نقشه‌های روزانه پیش‌بینی تشدید آسم به کمک آن تولید خواهند شد.



شکل ۴- ارزیابی عملکرد الگوریتم درخت تصمیم

نقشه پیش‌بینی احتمال وقوع تشدید آسم که با استفاده از الگوریتم درخت تصمیم ایجاد شده در شکل ۵ نمایش داده شده است. همچنین قوانین اگر-آنگاه حاصل از آن نیز در شکل ۶ قابل مشاهده است.



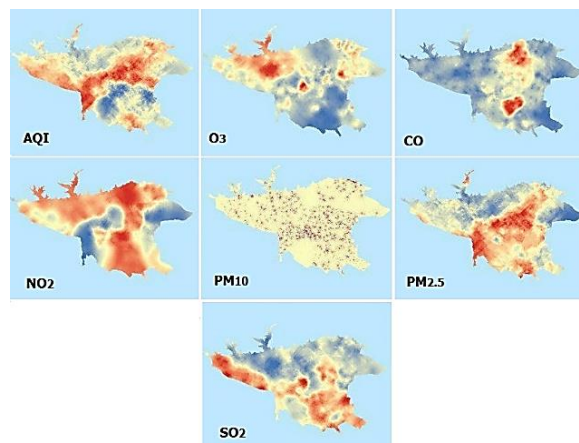
شکل ۵- نقشه پیش بینی تشدید آسم به کمک درخت تصمیم

بر اساس نتایج این مدل، تاثیرگذارترین متغیرها بر وقوع تشدید بیماری آسم، متغیرهای AQI، PM_{2.5}، SO₂ و CO شناسایی شدند و درخت تصمیم نیز بر اساس این متغیرها و شش قانون اگر-آنگاه با دقت بالاتر، پایهریزی شده است. تفسیر این قوانین بسیار ساده و قابل فهم برای همگان است. برای نمونه قانون شماره ۱۵ می‌گوید، اگر AQI > 151.5 و CO > 21.95 باشد با احتمال ۸۵ درصد یک رخداد تشدید آسم روی خواهد داد.

جدول ۲- مقایسه روش های مختلف میان یابی برای متغیرهای مستقل با اعتبارسنجی تقاطعی و شاخص RMS

روش میان یابی	CO	O ₃	NO ₂	SO ₂	PM ₁₀	PM _{2.5}	AQI
IDW	16.87	19.11	18.32	7.15	10.85	11.98	7.36
RBF	20.04	15.76	15.14	5.82	11.80	15.39	7.35
GPI	19.01	21.54	17.42	5.59	8.85	17.04	3.73
LPI	15.41	18.22	18.58	5.43	9.97	15.21	3.71
کرچینگ معمولی	5.78	8.15	8.88	5.42	4.93	5.87	3.30
کرچینگ ساده	5.73	8.03	9.9	5.55	5.58	5.17	2.03
کرچینگ عام	5.67	8.48	7.03	5.43	5.20	5.75	3.34

نقشه‌های میان‌یابی متغیرهای مستقل در قالب یک شی رستری در شکل ۳ نمایش داده شده است. متغیر وابسته وقوع یا عدم وقوع تشدید آسم نیز که یک متغیری دودویی است، در قالب فرمت shp به عنوان ورودی به مدل مکانی درخت تصمیم اعمال می‌شود.



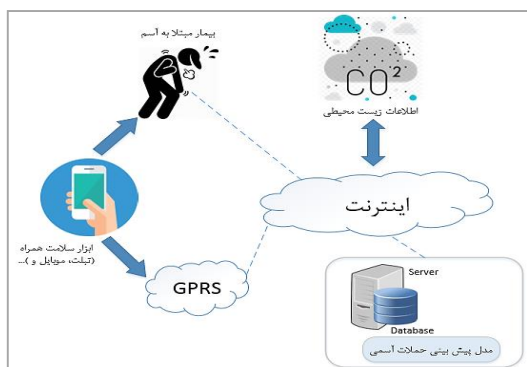
شکل ۳- نقشه‌های میان یابی متغیرهای مستقل

۴-۴-۲- ساخت و ارزیابی مدل پیش بینی

در گام سوم مطابق با شکل ۲ مدل پیش‌بینی تشدید آسم با کمک الگوریتم درخت تصمیم ساخته می‌شود. در ابتدا از کل داده‌ها ۷۰٪ (۱۱۹۰ رکورد) را به صورت تصادفی برای داده‌های آموزش و ۳۰٪ مابقی (۵۱۲ رکورد) را برای داده‌های آزمون جدا می‌نماییم. قابل ذکر است که مدل مربوط با کمک نرم‌افزار Rstudio کدنویسی شده است. برای بررسی عملکرد مدل از چهار شاخص استاندارد حساسیت، تشخیص، دقت و AUC استفاده شده است. یکی از اهداف اصلی این پژوهش بیشینه‌نمودن دو شاخص حساسیت و تشخیص به‌طور همزمان است. با توجه به شکل ۴ به نظر می‌رسد الگوریتم درخت تصمیم عملکرد مناسب و قابل قبولی دارد. علاوه بر دقت و عملکرد مناسب، بدلیل محاسبات اندک بسیار سریع بوده و نتایج خروجی آن به

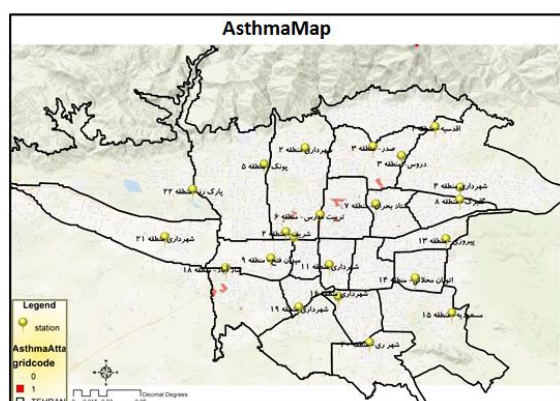
لازم است، قوانین اگر-آنگاه استخراج شده را با کمک قابلیت Raster Calculator این نرم‌افزار و فرمول ذیل به نقشه وقوع تشدید آسم تبدیل نماییم:

Con ("AQI.img" < 100.5,0, Con ("CO.img" < 21.95,0, Con ("AQI.img" >= 152.1, Con ("PM2.5.img" >= 140.0, Con ("SO2.img" < 8.5,0,1))))))



شکل ۷- معماری زیر سیستم تشدید آسم

یک نمونه نقشه تولیدشده توسط این ابزار در شکل ۸ نمایش داده شده است. مکان‌هایی که با رنگ قرمز مشاهده می‌شوند، مناطق بالقوه دارای خطر تشدید آسم هستند.



شکل ۸- نقشه وقوع تشدید آسم

از سویی دیگر، از آنجایی که لازم است این نقشه‌ها به‌طور روزانه، توسط مدیر سایت به‌روزرسانی شوند، با یک فرایند تکراری مواجهیم. برای جلوگیری از تکرار این فرآیند از قابلیت Model Builder برای ایجاد یک جعبه-ابزار^۱ پیش‌بینی تشدید آسم استفاده می‌نماییم. مزیت این کار، ذخیره‌کردن مدل پیش‌بینی برای انجام مجدد فرآیندها بدون نیاز به تکرار مراحل است. در تولید نقشه پیش‌بینی، از جدول و داده‌های توصیفی استفاده شده و در

Rule number: 15	[AsthmaExac=1 Cover=59 (5%) prob=0.85]
AQI>= 100.5	
CO>= 21.95	
AQI>= 151.5	
Rule number: 59	[AsthmaExac=1 Cover=276 (23%) prob=0.63]
AQI>= 100.5	
CO>= 21.95	
AQI< 151.5	
PM2.5< 140.5	
SO2>= 8.5	
Rule number: 58	[AsthmaExac=0 Cover=25 (2%) prob=0.36]
AQI>= 100.5	
CO>= 21.95	
AQI< 151.5	
PM2.5< 140.5	
SO2< 8.5	
Rule number: 28	[AsthmaExac=0 Cover=10 (1%) prob=0.20]
AQI>= 100.5	
CO>= 21.95	
AQI< 151.5	
PM2.5>= 140.5	
Rule number: 6	[AsthmaExac=0 Cover=14 (1%) prob=0.14]
AQI>= 100.5	
CO< 21.95	
Rule number: 2	[AsthmaExac=0 Cover=806 (68%) prob=0.09]
AQI< 100.5	

شکل ۶- قوانین برتر استخراج شده از الگوریتم درخت تصمیم

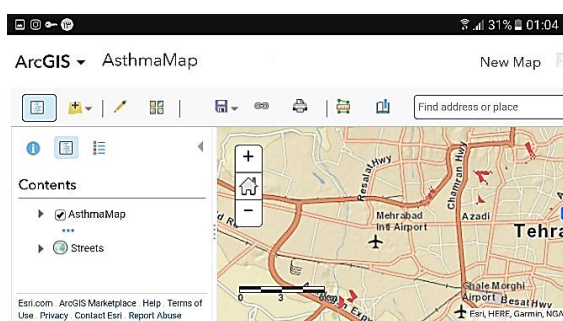
۵-۴- توسعه زیر سیستم تشدید آسم

بعد از ساخت درخت تصمیم، لازم است تا پیش-نیازهایی را برای بازتولید روزانه نقشه‌های پیش‌بینی آسم آماده‌نماییم. زیرا با توجه به تغییر شرایط آلودگی هوا به‌طور روزانه، لازم است این نقشه‌ها به‌طور مداوم به‌روزرسانی شوند و برای استفاده بیماران در محیط‌وب انتشاریابند. به-همین منظور برای جلوگیری از انجام فرآیندهای تکراری و زمان‌بر، یک زیرسیستم تشدید آسم ایجاد می‌شود تا اطلاعات را به‌طور روزانه اخذ نموده و نقشه‌های تشدید آسم را به‌طور خودکار ایجاد نماید. این نقشه‌ها از طریق سیستم‌های اطلاعات مکانی تحت‌وب، در محیط اینترنت انتشار یافته و در معرض استفاده کاربران قرار می‌گیرند. برای توسعه این زیرسیستم دو جز ضروری است:

- پایگاه‌داده: یک پایگاه‌داده جغرافیایی تا تمامی اطلاعات آلودگی هوا به‌طور روزانه از طریق وبسایت ایستگاه‌های آلاینده‌سنجی و بواسطه اینترنت در آن قابل‌ذخیره و تجمیع باشد.
 - زیرسیستم پیش‌بینی تشدید آسم: یک مدیر سایت به‌طور روزانه با کمک الگوریتم درخت تصمیم و قواعد اگر-آنگاه استخراج شده در بخش قبل، نقشه-های تشدید آسم را تنها با یک کلیک بر روی یک جعبه ابزار تولیدشده، در محیط‌وب انتشار می‌دهد. ورودی این زیرسیستم، نیز داده‌های مرتبط در پایگاه‌داده است. نحوه کارکرد این زیرسیستم در شکل ۷ نمایش داده شده است.
- به‌همین منظور، برای بازتولید نقشه‌ها، ابتدا زیرسیستم با کمک نرم‌افزار ArcGIS تولید می‌شود. برای شروع کار

^۱ Toolbox

طریق مرورگر تلفن همراه، قابل مشاهده است. نقاط قرمز رنگ در تصویر نشان دهنده نقاط بالقوه خطرناک برای وقوع تشدید آسم می باشند.



شکل ۹- نمای نقشه دیده شده توسط کاربران توسط مرورگر تلفن

های همراه در ArcGIS Online

۵- نتیجه گیری و پیشنهادات

هدف این پژوهش، توسعه یک سیستم الکترونیکی مدیریت آسم برای پایش وقوع یک تشدید آسمی حاصل از پارامترهای آلاینده‌ها می باشد. برای دستیابی به این هدف، ابتدا با استفاده از درخت تصمیم و تلفیق آن با داده-کاوی مکانی، نقشه پیش‌بینی تشدید آسم ایجاد و عملکرد آن ارزیابی و قواعد اگر-آنگاه حاصل از آن استخراج شدند. سپس برای بازتولید و انتشار روزانه این نقشه‌ها، یک زیر-سیستم پیش‌بینی تشدید آسم در قالب یک جعبه ابزار و به عنوان جزئی از سیستم مدیریت آسم ایجاد شد. به منظور به اشتراک گذاری این نقشه‌ها با بیماران در محیط وب، از قابلیت‌های ArcGIS Server به عنوان یک سیستم اطلاعات مکانی تحت وب استفاده گردید. بیماران با ثبت نام در سایت ArcGIS Online و تعریف نام کاربری و کلمه عبور اختصاصی، می توانند نقشه‌ها را با کمک مرورگر خود (چه از طریق دسکتاپ و چه از طریق تلفن‌های همراه هوشمند) دریافت و رویت نمایند.

بیماران با کمک این نقشه‌ها، ابزار خودمدریتی قدرتمندی در اختیار خواهند داشت تا به طور مداوم از مکان‌های بالقوه خطرناک وقوع حملات آسمی، مطلع و آگاه شوند. همچنین آنها می توانند نسبت به حضور یا عدم حضور در این مناطق تصمیم‌گیری نموده و حدالمقدور به این نواحی مراجعت ننمایند. در نتیجه می توان دستاوردهای زیر را برای این پژوهش برشمرد:

نهایت مدل نوشته شده در این محیط به شکل یک جعبه ابزار ذخیره می شود. در واقع تمامی مراحل تولید و به روز رسانی نقشه‌ها به شکل یک فلوچارت درخواستی و مدل فقط با یکبار کلیک بر روی جعبه ابزار به روز رسانی خواهد شد. داده‌های ورودی شامل لایه‌های نقطه‌ای از ایستگاه-های سنجش آلودگی با مقادیر $PM_{2.5}$ ، SO_2 ، CO و AQI می باشد که با استفاده از میان‌یابی Kriging چهار نقشه رستری از آنها تولید خواهد شد. در این مرحله با استفاده از ابزار Raster Calculator مدل نهایی به شکل یک رستر با مقادیر ۰ و ۱ (۰ به معنی عدم تشدید آسم و ۱ به معنی تشدید آسم) تولید می گردد و در انتها این نقشه به صورت یک لایه وکتوری برای انتشار در محیط وب آماده می گردد.

۶-۴ انتشار نقشه‌های پیش‌بینی تشدید آسم با کمک GIS تحت وب

در گام پایانی، هدف این است که نقشه روزانه تشدید آسم که یک ابزار کمکی آگاه‌ساز برای بیماران است، بوسیله ابزارهای مرتبط با سیستم اطلاعات مکانی در محیط اینترنت انتشار یابد تا قابل دسترسی برای همگان باشد. بدین منظور ابتدا مدیرسایت، نقشه‌های تولید شده توسط زیرسیستم تشدید آسم را با استفاده از ArcGIS Server در محیط وب به اشتراک می‌گذارد. برای این کار لازم است تا وی برای خود یک حساب کاربری ایجاد نموده و از این طریق اقدام به اشتراک گذاری نقشه‌ها جهت بهره برداری در محیط ArcGIS Server نماید. کاربران (بیماران آسمی) نیز می توانند از طریق مرورگر دسکتاپ و موبایل خود و از طریق اتصال به سایت ArcGIS Online این نقشه‌ها را که به روز رسانی می شوند، مشاهده نمایند.

برای این منظور، ابتدا لازم است بیماران در سایت (<https://www.arcgis.com/home/signin.html>) ثبت نام و با تعریف نام کاربری و رمز عبور اختصاصی، عنوان "AsthmaMap" را جستجو و نقشه‌های پیش‌بینی تشدید آسم را به طور روزانه دریافت نمایند و نسبت به مکان‌هایی که از لحاظ فاکتورهای آلاینده‌ها هوا برای آنها خطر آفرین هستند، مطلع شوند. با استفاده از مرورگر موبایل نیز بیماران می توانند در هر زمان و مکان، بدون هیچگونه محدودیتی، به این نقشه‌ها دسترسی داشته باشند. در شکل ۹ یک نمونه از این نقشه‌ها در ArcGIS Online و از

- بهبود در ابزارهای کلاسیک و مبتنی بر کاغذ مدیریت آسم
- طراحی و پیاده‌سازی یک سیستم کاربردی مدیریت آسم برای پیش‌بینی تشدید بیماری مبتنی بر آلاینده‌های هوا
- طراحی یک ابزار کمک‌یار برای آگاهی از احتمال وقوع تشدید آسم با کمک داده‌کاوی مکانی به جای استفاده از روش‌های مرسوم و کلاسیک داده-کاوی
- استخراج قوانین اگر-آنگاه برای پیش‌بینی تشدید آسم که براحتی قابل فهم و تفسیر برای کاربران هستند.
- انتشار روزانه نقشه‌های پیش‌بینی تشدید آسم بر روی محیط اینترنت با کمک سیستم‌های اطلاعات مکانی تحت‌وب
- بهبود در ابزارهای کلاسیک و مبتنی بر کاغذ مدیریت آسم

در تحقیقات آتی می‌توان یک برنامه کاربردی توسعه داد تا علاوه بر انتشار نقشه‌های پیش‌بینی، شامل ابزارهای آموزشی، توصیه‌گر و مشاوره‌ای درمورد تاثیر پارامترهای زیست‌محیطی برای بیماران باشد. همچنین متغیرهای دیگری همچون سوابق پزشکی بیماران، رژیم‌های دارویی، سبک زندگی، استرس، فشارهای عصبی و... که بر تشدید بیماری آسم موثرند نیز در مدل پیش‌بینی به عنوان متغیرهای مستقل به‌کار گرفته‌شوند. در تحقیقات آتی می‌توان با اضافه نمودن این متغیرها به مدل پیش‌بینی، نتایج دقیق‌تری در اختیار داشت و آسم را به‌طور موثرتری مدیریت نمود.

مراجع

- [1] Liu F, Zhao Y, Liu YQ, Liu Y, Sun J, Huang MM, Liu Y and Dong GH. (2014). "Asthma and asthma related symptoms in 23,326 Chinese children in relation to indoor and outdoor environmental factors: The Seven Northeastern Cities (SNEC) Study." *The Science of the Total Environment*, Vol. 497-498, PP. 10-17.
- [2] Cakmak, S., Hebber, C., Jasmine, D., Vanos, J. (2016). "The modifying effect of socioeconomic status on the relationship between traffic, air pollution and respiratory health in elementary schoolchildren." *Journal of Environmental Management*, Vol. 177, PP. 1-8.
- [3] Delamater PL, Finley AO and Banerjee S. (2012). "An analysis of asthma hospitalizations, air pollution, and weather conditions in Los Angeles County, California." *The Science of the Total Environment*, Vol. 425, PP. 110-8.
- [4] Strickland, MJ., Darrow, LA., Klein, M., Flanders, WD., Sarnat, JA., Waller, LA., Sarnat, SE., Mulholland, JA. and Tolbert, PE. (2010). "Short-term associations between ambient air pollutants and pediatric asthma emergency department visits." *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, Vol. 182, No. 3, PP. 307-16.
- [5] Bateman ED, Buhl R, O'Byrne PM, Humbert M, Reddel HK, Sears MR, Jenkins C6, Harrison TW, Quirce S, Peterson S and Eriksson G. (2015). "Development and validation of a novel risk score for asthma exacerbations: The risk score for exacerbations." *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, Vol. 135, PP. 1457-64.e4.
- [6] Thamrin, C., Zindel, J., Nydegger, R., Reddel, HK., Chanez, P., Wenzel, SE., FitzPatrick, S., Watt, RA., Suki, B. and Frey, U. (2011). "Predicting future risk of asthma exacerbations using individual conditional Probabilities." *THE Journal of Allergy and Clinical Immunology*, Vol. 127, No. 6, PP. 1494-1502.
- [7] Tsai, CL., Clark, S. and Camargo, CA. (2010). "Risk stratification for hospitalization in acute asthma: the CHOP classification tree." *The American Journal of Emergency Medicine*, Vol. 28, No. 3, PP. 803-8.
- [8] Ram, S., Zhang, W., Williams, M. and Pengetnze, Y. (2015). "Predicting Asthma-Related Emergency Department Visits Using Big Data." *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, Vol. 19, No. 4, PP. 1216-1223.
- [9] Sanchez-Morillo, D., Fernandez-Granero, M. A., Leon-Jimenez, A. (2016). "Use of predictive algorithms in-home monitoring of chronic obstructive pulmonary disease and asthma: A systematic review." *Chronic Respiratory Disease*, Vol. 13, No 3, PP. 264-83.
- [10] Larkin, A., Williams, D.E., Kile, M.L. and Baird, W.M. (2015). "Developing a Smartphone Software Package for Predicting Atmospheric Pollutant Concentrations at Mobile Locations." *The Computer Journal*, Vol. 58, PP. 1431-1442.
- [11] Tolbert PE, Mulholland JA, MacIntosh DL, Xu F, Daniels D, Devine OJ, Carlin BP, Klein M, Dorley J, Butler AJ, Nordenberg DF, Frumkin H, Ryan PB, White MC. (2000). "Air quality and pediatric emergency room visits for asthma in Atlanta, Georgia, USA." *American Journal of Epidemiology*. Vol. 151, PP. 798-810.
- [12] To T, Shen S, Atenafu EG, Guan J, McLimont S, Stocks B, Liciskai C. (2013). "The Air Quality Health Index and Asthma Morbidity: A Population-Based Study." *Environmental Health Perspective*, Vol. 121, PP. 46-52.

- [13] Teach SJ, Gergen PJ, Szeffler SJ, Mitchell HE, Calatroni A, Wildfire J, Bloomberg GR, Kercksmar CM, Liu AH, Makhija MM, Matsui E, Morgan W, O'Connor G and Busse WW. (2015) "Seasonal risk factors for asthma exacerbations among inner-city children." *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, Vol. 135, PP. 1465-73.e5.
- [14] Samadsoltani T, Langarizade M, Mohammadvand Z and Zolnoori M. (2014). "Intelligent Diagnosis of Asthma Using Machine Learning Algorithms." *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, Vol. 4, PP. 4041-4046.
- [15] Zolnoori, M., Fazal, Z., Moin, M, Taherian, M. (2012). "Fuzzy rule-based expert system for evaluating level of asthma control." *Journal of medical systems*, Vol. 36, 2947-2958.
- [16] Lee, C.H., Chen, J.C. and Tseng, V.S. (2011). "A Novel Data Mining Mechanism Considering Bio-Signal and Environmental Data with Applications on Asthma Monitoring." *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, Vol. 101, PP. 44-61.
- [17] Timothy S. Chang, Ronald E. Gangnon, C. David Page, William R. Buckingham, Aman Tandias, Kelly J. Cowan, Carrie D. Tomasallo, Brian G. Arndt, Lawrence P. Hanrahan, Theresa W. Guilbert. (2015). "Sparse modeling of spatial environmental variables associated with asthma." *Journal of Biomedical Informatics*, Vol. 53, PP. 320-329.
- [18] Raun, L., Ensor, K. and Persse, D. (2014). "Using Community Level Strategies to Reduce Asthma Attacks Triggered by Outdoor Air Pollution: A Case Crossover Analysis." *Environmental Health*, Vol.13(58).
- [19] Ting, C., Chir-Chang, H. and Lian, Z. (2006). "A Ubiquitous Warning System for Asthma-Inducement." *Sensor Networks, Ubiquitous, and Trustworthy Computing*, IEEE International Conference, PP. 186-191.
- [20] Youssefagha, A. and Loherrman, D. (2013). "Application of Data Mining Techniques to Predict Allergy Outbreaks among Elementary School Children." *Journal of Communication and Computer*, Vol. 10, PP. 451-460.
- [21] Ho, W.C., Hartley, W.R., Myers, L., Lin, M.H., Lin, Y.S., Lien, CH. and Lin, RS. (2007). "Air Pollution, Weather, and Associated Risk Factors Related to Asthma Prevalence and Attack Rate" *Environmental Research*, Vol. 104, PP. 402-409.