

استفاده از ماشین بردار پشتیبان به‌عنوان موتور تصمیم‌گیری سیستم مراقبت پزشکی از راه دور هوشمند جهت تشخیص سندرم حاد قلبی

سید علی حسین پور^۱، محمود رضا دلاور^۲ و حسین حسینی بافرانی^۳

^۱ فارغ‌التحصیل کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری و اطلاعات مکانی، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران، تهران
s.alihosein.p@ut.ac.ir

^۲ استاد قطب علمی مهندسی نقشه‌برداری در مقابله با سوانح طبیعی، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری و اطلاعات مکانی، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران، تهران
تهران

mdelavar@ut.ac.ir

^۳ استادیار، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران
drhasanibafrani@gmail.com

چکیده - سندرم حاد قلبی یکی از بیماری‌های شایع و خطرناک است و لذا به تشخیص به‌موقع نیاز دارد، درحالی‌که روش‌های تشخیص پزشکی سنتی قادر به پاسخگویی به آن نیستند. مراقبت پزشکی از راه دور راهکاری مناسب جهت مقابله با بیماری فوق است. ماشین بردار پشتیبان که مبنایی برای داده‌کاوی است، برای تصمیم‌گیری در مراقبت‌های پزشکی از راه دور نیز مناسب می‌باشد. تحقیقات انجام شده در زمینه بررسی این روش در پزشکی از راه دور، از داده‌های محدودی در تصمیم‌گیری استفاده نموده‌اند و روش‌های مختلف ماشین بردار پشتیبان را مقایسه نکرده‌اند. لذا هدف این تحقیق، تشخیص سندرم حاد قلبی با استفاده از داده‌های متنوع و قابل‌اخذ در یک سیستم پزشکی از راه دور و اعمال انواع روش‌های ماشین بردار پشتیبان، جهت مقایسه دقت آن‌ها است. در این تحقیق داده‌های مناسب با نظر پزشک متخصص قلب انتخاب و از پرونده‌های پزشکی استخراج و پس از پیاده‌سازی در نرم‌افزار *MATLAB*، نتایج ارزیابی شده‌اند. نتایج نشان می‌دهد، افزایش داده مورد استفاده باعث افزایش دقت می‌شود و ماشین بردار پشتیبان خطی نسبت به سایر انواع آن دقیق‌تر است. کلید واژه- پزشکی از راه دور، سندرم حاد قلبی، ماشین بردار پشتیبان، هوش مصنوعی، داده‌کاوی

هستند [۵]. در قسمت استنتاج این سیستم‌ها، از روش‌های محاسباتی مختلف به منظور طبقه‌بندی داده‌ها و تشخیص وضعیت‌های مختلف استفاده می‌شود [۵]. بنابراین قلب این سیستم‌ها، قسمت استنتاج است.

یادگیری ماشین به‌عنوان بخشی از روش‌های هوش مصنوعی [۶]، از جمله مهم‌ترین روش‌ها برای طبقه‌بندی داده‌ها می‌باشد که در سال‌های اخیر در حل مسائل گوناگون استفاده شده است [۷]. طبقه‌بندی‌کننده‌های نظارت‌شده از جمله مهم‌ترین روش‌های یادگیری ماشین به‌شمار می‌روند که در موضوعات مختلفی کاربرد دارند [۸]. از بین طبقه‌بندی‌کننده‌های نظارت‌شده، ماشین بردار پشتیبان یکی از مهم‌ترین و ساده‌ترین و پرکاربردترین ابزارها برای طبقه‌بندی نمونه‌ها و داده‌کاوی است [۷] که تحقیقات مختلفی برای تشخیص و پیش‌بینی بیماری از آن استفاده نموده‌اند.

بنابراین استفاده از ماشین بردار پشتیبان در قسمت استنتاج سیستم‌های مراقبت پزشکی از راه دور، می‌تواند فرآیند تشخیص

۱- مقدمه

بیماری سندرم حاد قلبی، نسبت به سایر انواع بیماری‌های قلبی بسیار شایع و خطرناک است [1,2]. تشخیص، اطلاع‌رسانی و درمان به‌موقع در این بیماری برای حفظ جان فرد مبتلا بسیار حائز اهمیت است [۳]. آمار نشان می‌دهد اکثر مبتلایان به این بیماری به‌موقع تشخیص داده نمی‌شوند [۳]. لذا روش‌های سنتی پزشکی که محدود به معاینات حضوری هستند، قادر به پاسخگویی مناسب به این بیماری نمی‌باشند [4] بنابراین ارائه روش‌های نوین لازم است. مراقبت پزشکی از راه دور و سلامت هوشمند پاسخ مناسب به این موضوع هستند [4].

مطابق با معماری سیستم‌های هوشمند، سیستم‌های مراقبت پزشکی از راه دور دارای لایه‌های اخذ داده از منابع مختلف، پیش‌پردازش داده‌های اخذشده به منظور پالایش آن‌ها، ایجاد موتور استنتاج و تصمیم‌گیری به منظور تشخیص و پیش‌بینی حالات بحرانی و نمایش خروجی‌ها به منظور اطلاع‌رسانی

این منظور است [13].

مطابق با آنچه ذکر شد، تحقیقات پیشین، با استفاده از داده‌های مشابه و روش‌های معمول یادگیری نظارت شده به تشخیص یا پیش‌بینی بیماری‌ها پرداخته‌اند. مطابق نتایج این تحقیقات، ماشین بردار پشتیبان همواره جزء دو روش برتر و دارای دقت مطلوب برای این منظور بوده‌است. همچنین این روش پیچیدگی محاسباتی کمتری نسبت به سایر روش‌های هوش مصنوعی مانند شبکه عصبی مصنوعی دارد [7]. ضعف اصلی این تحقیقات، عدم استفاده از همه داده‌های موثر در تصمیم‌گیری و عدم مقایسه روش‌های مختلف استفاده از ماشین بردار پشتیبان است. در حالی که استفاده از داده‌های بیشتر می‌تواند دقت تصمیم‌گیری را بهبود دهد و روش‌های خطی و غیر خطی ماشین بردار پشتیبان با توجه به ماهیت مسئله، دقت متفاوتی دارند.

بنا بر آنچه که ذکر شد، مسئله این پژوهش، انتخاب اکثریت ممکن داده‌های موثر در تصمیم‌گیری و انتخاب بهترین روش برای ماشین بردار پشتیبان است. بنابراین در این پژوهش با این سوالات مواجه هستیم: داده‌های مورد نیاز برای تشخیص سندرم حاد قلبی چیست؟ کدام یک از این داده‌ها در سیستم پزشکی از راه دور قابل اخذ است؟ برای تشخیص سندرم حاد قلبی، از بین روش‌های خطی و غیر خطی ماشین بردار پشتیبان، کدام یک دقت بهتری دارند؟

بنابراین هدف اصلی این تحقیق، انتخاب بهترین روش ماشین بردار پشتیبان به عنوان موتور تصمیم‌گیری در سیستم مراقبت پزشکی از راه دور هوشمند جهت تسریع تشخیص سندرم حاد قلبی است. برای دستیابی به این هدف، فرض‌های این تحقیق به این شرح هستند: نظر پزشک متخصص بیماری‌های قلبی و منابع پزشکی در تعیین داده‌های مورد نیاز کافی هستند. داده‌های جمع‌آوری شده به طور همزمان و برخط توسط سیستم پزشکی از راه دور بدست آمده‌اند و پیش‌پردازش‌های لازم روی آن‌ها انجام شده‌است. پرونده پزشکی بیماران به عنوان منبع اخذ داده‌ها به صورت برخط استفاده می‌شود. جامعه آماری شامل افراد مبتلا به سندرم حاد قلبی و غیر مبتلا است.

در ادامه در بخش (۲)، مفاهیم پایه مربوط به سندرم حاد قلبی و ماشین بردار پشتیبان بیان می‌شود. در بخش (۳) روش تحقیق و در بخش (۴) نتایج پیاده‌سازی تشریح خواهد شد. در بخش (۵) نیز نتیجه‌گیری و جمع‌بندی لازم پیرامون نتایج اخذ شده تشریح می‌شود.

بیماری سندرم حاد قلبی را تسریع نماید. لذا بررسی دقت تشخیص به کمک الگوریتم ماشین بردار پشتیبان با استفاده از داده‌های قابل اخذ در یک سیستم مراقبت پزشکی از راه دور، به منظور استفاده عملی از آن ضروری است.

در سال‌های اخیر تحقیقات مختلف پیرامون کاربرد ماشین بردار پشتیبان و یادگیری ماشین در تشخیص و پیش‌بینی بیماری‌های مختلف به خصوص بیماری‌های قلبی انجام شده‌است. سرینیواس و همکاران به تحلیل و پیش‌بینی بیماری‌های قلبی با استفاده از داده‌کاوی و یادگیری ماشین پرداخته‌اند [9]. در پژوهش فوق روش‌های شبکه عصبی مصنوعی، ماشین بردار پشتیبان، بیز و درخت تصمیم‌گیری مقایسه شده‌اند. مطابق نتایج این پژوهش، شبکه عصبی مصنوعی و ماشین بردار پشتیبان به ترتیب با $90/17\%$ و 88% بیشترین دقت را داشته‌اند. در تحقیق مذکور از داده‌های سن، جنس، نوع درد سینه، قند خون، استاندارد بودن یا نبودن نوار قلب، فشارخون و ضربان قلب استفاده شده‌است.

گامبر و همکاران ماشین بردار پشتیبان با کرنل خطی و شبکه عصبی مصنوعی با تابع پایه شعاعی را برای ایجاد یک سیستم تصمیم‌یار به منظور تشخیص بیماری قلبی مقایسه نموده‌اند [10]. در آن تحقیق از داده‌های نوار قلب، درد سینه، تنگی نفس، درد بازو، اعتیاد، دیابت و ضربان قلب استفاده شده است. مطابق نتایج این تحقیق، دقت ماشین بردار پشتیبان $86/42\%$ و دقت شبکه عصبی مصنوعی $80/81\%$ است. مانیکاندان نیز در تحقیق خود سیستمی برای تشخیص سکته قلبی با استفاده از یادگیری نظارت شده و روش بیز ارائه نمود [11]. در تحقیق فوق از داده‌های تحقیق [10] استفاده شده و دقت تشخیص 81% به دست آمده است.

تحقیقاتی نیز به بررسی روش‌های مختلف و مقایسه دقت آنها پرداخته‌اند. مطابق تحقیق پوروسوسامان و کریشناکوماری، روش‌های درخت تصمیم‌گیری، K نزدیکترین همسایه، شبکه عصبی مصنوعی، ماشین بردار پشتیبان و بیز به ترتیب دارای دقت 76% ، 58% ، 85% ، 86% و 69% در پیش‌بینی بیماری قلبی هستند [12]. در تحقیقی مشابه اما با وسعت بیشتر، تایی چویی و همکاران تحقیقات مختلف در زمینه کاربرد روش‌های گوناگون یادگیری ماشین مانند ماشین بردار پشتیبان، درخت تصمیم‌گیری و ... در تشخیص بیماری‌های قلبی، دیابت، فراموشی و سل را به منظور استفاده در سیستم سلامت هوشمند در شهر هوشمند بررسی و مقایسه نمودند [13]. مطابق نتایج این تحقیق نیز ماشین بردار پشتیبان نسبت به سایر روش‌ها دارای دقتی مناسب برای

۲- مفاهیم پایه

در این قسمت ابتدا سندرم حاد قلبی و موارد مهم مربوط به آن تعریف می‌شود. سپس ماشین بردار پشتیبان و روابط ریاضی مربوط به آن بیان می‌گردد.

۲-۱- سندرم حاد قلبی

در بیماری عروق قلبی، جریان خون در رگ‌های قلبی محدود می‌شود لذا اکسیژن‌رسانی به قسمت‌های مختلف بدن کمتر خواهد شد. این بیماری منجر به سندرم حاد قلبی می‌شود که در آن خون‌رسانی به عضله قلب کاهش می‌یابد [14]. علامت اصلی این بیماری درد قفسه سینه است [14]. سکته قلبی نوعی از سندرم حاد قلبی می‌باشد [15].

۲-۲- ماشین بردار پشتیبان

ماشین بردار پشتیبانی یکی از روش‌های یادگیری نظارت شده است که از آن برای طبقه‌بندی و رگرسیون استفاده می‌شود [10]. از SVM، می‌توان برای تشخیص الگو یا دسته بندی اشیاء در کلاس‌های مشخص استفاده کرد [6]. SVM اساساً یک جداکننده دودویی است [6]. مبنای کار SVM، دسته‌بندی خطی داده‌ها است و در این دسته‌بندی، خطی انتخاب می‌شود که حاشیه اطمینان بیشتری داشته باشد [6]. پیدا کردن خط بهینه برای دسته‌بندی داده‌ها به وسیله روش‌های معمول در حل مسائل محدودیت‌دار انجام می‌شود [6]. اگر تعداد داده‌ها زیاد باشد، به جای خط از صفحه استفاده می‌شود [6]. روش دسته‌بندی و تشخیص الگو در SVM به شرح زیر است [6, 7, 10]:

فرض کنیم مجموعه A به عنوان نمونه‌های آموزشی در اختیار باشد.

$$A = \{(x_i, y_i)\}_{i=1}^n \quad (1)$$

در مجموعه A، n تعداد نمونه‌ها، i شماره نمونه، x_i داده‌های ورودی برای نمونه i و y_i خروجی مربوط به نمونه i است. اگر نمونه جز کلاس اول باشد مقدار y_i برابر 1 در غیر این صورت برابر -1 انتخاب می‌شود. معادله صفحه جداکننده برای هر نمونه به شکل معادله (۲) است [6, 7, 10]:

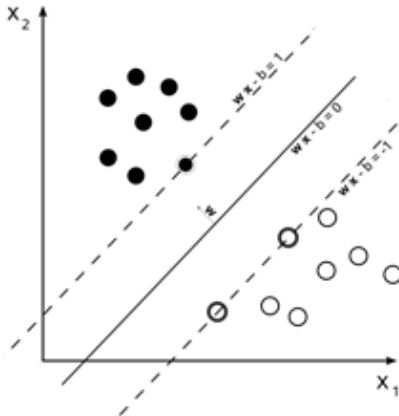
$$w^T \cdot x + b = 0 \quad (2)$$

مطابق شکل (۱)، هدف پیدا کردن صفحه جداکننده با بیشترین فاصله (کمترین w) از نقاط حاشیه است. در معادله (۲)، w بردار نرمال عمود بر صفحه جداکننده و b بایاس است.

بنابراین اساس دسته‌بندی براساس معادله (۳) است [6, 7, 10]:

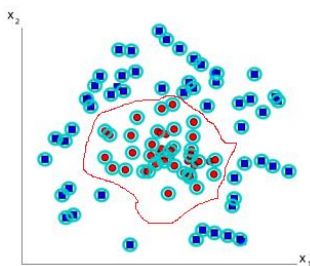
$$\begin{cases} w^T \cdot x + b \geq 0 & \text{if } y_i = 1 \\ w^T \cdot x + b < 0 & \text{if } y_i = -1 \end{cases} \quad (3)$$

در انتها با استفاده از روش‌های حل مسئله بهینه‌سازی، مقادیر w و b محاسبه می‌شوند. سپس به کمک مقادیر محاسبه شده، نمونه‌های جدید به یکی از دو کلاس موجود دسته‌بندی خواهند شد.



شکل ۱: صفحه جداکننده برای نمونه‌های دو کلاس در فضای دو بعدی [7]

اگر جداکردن نمونه‌ها با صفحه و به صورت خطی ممکن نباشد، مشابه شکل (۲) از توابع غیر خطی مانند چندجمله‌ای‌های غیرخطی یا تابع گوسین استفاده می‌شود [7]. الگوریتم نهایی این روش مشابه حالت خطی است، به جز آنکه تمام ضرب‌های نقطه‌ای در معادله (۲) با یک تابع غیرخطی جایگزین می‌شوند [7].



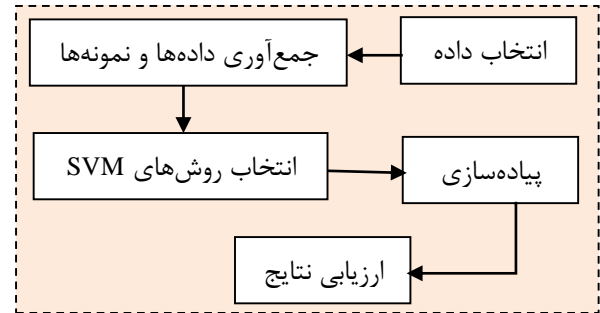
شکل ۲: جداکردن نمونه‌ها با استفاده از توابع غیرخطی [7]

۳- روش تحقیق

مطابق هدف ارائه شده، روش این تحقیق مطابق فلوجارت شکل (۳) است. در ادامه مراحل مختلف شکل (۳) تشریح می‌شود.

در مرحله انتخاب داده، با مشاوره پزشک متخصص

بیماری‌های قلبی و براساس [9-11,14]، داده‌های موثر بیشتری در تشخیص سندرم حاد قلبی که در یک سیستم پزشکی از راه دور هم قابل اخذ باشند، مطابق جدول (۱) انتخاب شده‌اند. استفاده از داده‌های موثرتر در اولویت قرار دارد. به همین دلیل برخی از داده‌ها علاوه بر تاثیرگذاری و قابل اخذ بودن، انتخاب نشدند.



شکل ۳: فلوچارت روش تحقیق

جدول ۱: داده‌های انتخاب شده

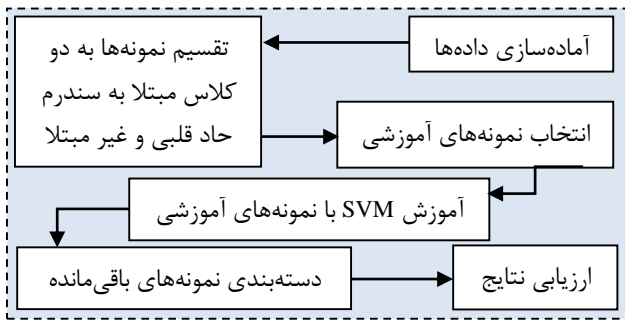
ردیف	داده‌ها	ردیف	داده‌ها
۱	سن	۹	درد سینه
۲	جنس	۱۰	درد معده
۳	دیابت	۱۱	درد بازو
۴	چربی خون	۱۲	تنگی نفس
۵	فشارخون	۱۳	بی‌اشتهایی
۶	سیگاری بودن	۱۴	ضربان قلب
۷	اعتیاد	۱۵	مقدار فشارخون
۸	سابقه بیماری قلبی	۱۶	نوار قلب طبیعی یا غیرطبیعی

در مرحله جمع‌آوری داده‌ها و نمونه‌ها، پرونده‌های پزشکی افراد مبتلا به سندرم حاد قلبی و افراد مبتلا به سایر بیماری‌های دارای علائم مشابه از بیمارستان گرفته شده و داده‌های جدول (۱) از آن استخراج شده‌اند. همچنین علائم و اطلاعات این بیماران بعد از معالجه و بازبازی وضع طبیعی از پرونده‌های پزشکی کراچان به بیمارستان‌ها و مراکز قلب و عروق استخراج و به عنوان اطلاعات افراد سالم استفاده شده‌است.

در مرحله سوم، ماشین بردار پشتیبان با توابع خطی، توابع چندجمله‌ای درجه دوم، سوم، چهارم و پنجم و تابع گوسین با مقیاس ۰/۶، ۰/۸ و ۱ انتخاب شده‌اند.

مرحله پیاده‌سازی مطابق فلوچارت شکل (۴) است. در این مرحله ابتدا داده‌های استخراج شده از پرونده‌های پزشکی رقومی می‌شوند. به عنوان مثال اگر بیمار مرد باشد، مقدار ۱ در غیر این

صورت مقدار ۰ به آن داده می‌شود. مطابق این روش، داده‌های



شکل ۴: فلوچارت مراحل پیاده‌سازی

ردیف ۳ تا ۱۳ و ۱۶ مقادیر ۰ یا ۱ و داده‌های ردیف ۱، ۱۴ و ۱۵ مقدار مربوط به خود را دریافت می‌نمایند. سپس نمونه‌ها به دو کلاس مبتلا به سندرم حاد قلبی با اندیس ۱ و غیرمبتلا با اندیس ۰- تقسیم می‌شوند. در ادامه ۸۰٪ از نمونه‌های هر کلاس به طور تصادفی به عنوان نمونه‌های آموزشی انتخاب شده و انواع مختلف ماشین بردار پشتیبان با این نمونه‌ها آموزش داده می‌شوند. سپس نمونه‌های باقی‌مانده با استفاده از توابع آموزش دیده به دو کلاس ۱ و ۰- طبقه‌بندی می‌شوند. پس از آن با مقایسه نمونه‌های طبقه‌بندی شده توسط ماشین بردار پشتیبان به دو کلاس مبتلا و غیر مبتلا با گزارش پرونده پزشکی آنها، صحت طبقه‌بندی‌ها مشخص می‌شود. در نهایت نتایج با استفاده از پارامترهای صحت، حساسیت و پیش‌بینی مثبت که به ترتیب بر اساس روابط (۴) تا (۶) محاسبه می‌شوند، ارزیابی خواهند شد [11].

$$Se = \frac{TP}{TP + FN} * 100 \quad (4)$$

$$p+ = \frac{TP}{TP + FP} * 100 \quad (5)$$

$$Acc = \frac{TP}{TP + FN + FP} * 100 \quad (6)$$

در معادلات (۴) تا (۶)، TP مجموع افرادی که درست طبقه‌بندی شده‌اند، FN تعداد بیماران مبتلا به سندرم حاد قلبی که در کلاس غیرمبتلا طبقه‌بندی شده و FP تعداد افراد غیر مبتلا که به اشتباه در کلاس مبتلا طبقه‌بندی شده‌اند، هستند. Se حساسیت، P+ پیش‌بینی مثبت و Acc صحت است.

۴- نتایج پیاده‌سازی و ارزیابی

برای پیاده‌سازی روش تحقیق ارائه‌شده، تعداد ۸۲ پرونده پزشکی مطالعه و داده‌های مورد نیاز از آنها استخراج شده‌اند. از میان این پرونده‌ها، ۳۸ پرونده مربوط به بیماران مبتلا به سندرم

حاد قلبی است.

SVM با تابع خطی دارای بهترین دقت در تشخیص سندرم حاد قلبی و افراد غیر مبتلا به این بیماری است. سایر روش‌ها دقت یکسانی دارند.

جدول ۳: نتایج اخذ شده و ارزیابی آنها براساس نمونه‌های آموزشی دسته دوم

تابع SVM	TP	FN	FP	Se	P+	Acc
خطی	۳۳	۱	۱	۹۷/۰۵	۹۷/۰۵	۹۴/۲۸
درجه ۲	۳۱	۳	۱	۹۱/۱۷	۹۶/۸۷	۸۸/۵۷
درجه ۳	۳۱	۳	۱	۹۱/۱۷	۹۶/۸۷	۸۸/۵۷
درجه ۴	۳۱	۳	۱	۹۱/۱۷	۹۶/۸۷	۸۸/۵۷
درجه ۵	۳۱	۳	۱	۹۱/۱۷	۹۶/۸۷	۸۸/۵۷
گوسین ۰/۶	۳۱	۳	۱	۹۱/۱۷	۹۶/۸۷	۸۸/۵۷
گوسین ۰/۸	۳۱	۳	۱	۹۱/۱۷	۹۶/۸۷	۸۸/۵۷
گوسین ۱	۳۱	۳	۱	۹۱/۱۷	۹۶/۸۷	۸۸/۵۷

پس از استخراج داده‌های مربوط به وضعیت طبیعی همه بیماران، تعداد ۱۶۴ نمونه برای پیاده‌سازی آماده‌شدند. ۳۸ نمونه به بیماران مبتلا به سندرم حاد قلبی، ۴۴ نمونه به بیماران مبتلا به سایر بیماری‌ها و ۸۲ نمونه مربوط به افراد سالم است. به نمونه‌های مبتلا به سندرم حاد قلبی اندیس ۱ و به سایر نمونه‌ها اندیس ۰-۱ داده می‌شود. سپس ۸۰٪ از ۳۸ نمونه مبتلا به سندرم حاد قلبی (۳۰ نمونه)، ۸۰٪ از ۴۴ نمونه مبتلا به سایر بیماری‌ها (۳۴ نمونه) و ۸۰٪ از نمونه‌های سالم (۶۵ نمونه) به طور تصادفی و جداگانه انتخاب می‌شوند تا به عنوان نمونه آموزشی استفاده شوند.

در مرحله بعد، کدهای موردنیاز برای پیاده‌سازی روش ارائه شده در نرم‌افزار MATLAB نوشته شده است. در انتها مراحل آموزش و تست ماشین بردار پشتیبان با توابع مختلف انجام می‌شود.

به منظور بررسی اثر ترکیب نمونه‌های آموزشی بر دقت محاسبات، مراحل سه تا شش پیاده‌سازی روش ارائه شده دوبار تکرار شد. در واقع نمونه‌های آموزشی دو بار به طور تصادفی انتخاب شده و آموزش توابع و ارزیابی نتایج با استفاده از آنها انجام شد. پس از انتخاب تصادفی نمونه‌ها، نمونه‌های تست در تکرار اول و دوم ۲۶٪ اشتراک داشتند. در واقع ۹ نمونه تست بین دو تکرار مشترک و سایرین متفاوت هستند. نتایج اخذ شده و ارزیابی آنها در جداول (۲) و (۳) گزارش شده است.

جدول ۲: نتایج اخذ شده و ارزیابی آنها براساس نمونه‌های آموزشی دسته اول

تابع SVM	TP	FN	FP	Se	P+	Acc
خطی	۳۴	۱	۰	۹۷/۱۴	۱۰۰	۹۷/۱۴
درجه ۲	۳۲	۲	۱	۹۴/۱۱	۹۱/۴۲	۹۱/۴۲
درجه ۳	۳۲	۲	۱	۹۴/۱۱	۹۶/۹۶	۹۱/۴۲
درجه ۴	۳۲	۲	۱	۹۴/۱۱	۹۶/۹۶	۹۱/۴۲
درجه ۵	۳۲	۲	۱	۹۴/۱۱	۹۶/۹۶	۹۱/۴۲
گوسین ۰/۶	۳۲	۲	۱	۹۴/۱۱	۹۶/۹۶	۹۱/۴۲
گوسین ۰/۸	۳۲	۲	۱	۹۴/۱۱	۹۶/۹۶	۹۱/۴۲
گوسین ۱	۳۲	۲	۱	۹۴/۱۱	۹۶/۹۶	۹۱/۴۲

مطابق با جدول (۲)، در یادگیری نظارت شده بوسیله نمونه‌های آموزشی دسته اول، SVM خطی یک نمونه مبتلا به سندرم حاد قلبی را تشخیص نداده است، در حالی که سایر توابع این نمونه را درست تشخیص داده‌اند. همچنین نمونه‌های تشخیص داده نشده توسط توابع غیر خطی یکسان هستند.

مطابق با جدول (۳)، آموزش توابع SVM با نمونه‌های دسته دوم دقت کمتری نسبت به تکرار اول دارد. این اختلاف تاثیرگذاری ترکیب نمونه‌های آموزشی را در طبقه‌بندی نشان می‌دهد. در تکرار دوم، مقدار همه پارامترهای ارزیابی که پارامتر حساسیت مهم‌ترین آنها می‌باشد، کمتر شده است. در واقع در تکرار دوم، تعداد کمتری از بیماران مبتلا به سندرم حاد قلبی تشخیص داده شده‌اند. مطابق جدول (۳) نیز، SVM خطی دارای بیشترین دقت در تشخیص سندرم حاد قلبی است. در تکرار دوم، نمونه تشخیص داده نشده توسط SVM خطی، توسط هیچ SVM دیگری تشخیص داده نشده است. همچنین سایر نمونه‌های تشخیص داده نشده توسط توابع غیر خطی یکسان هستند. مطابق جداول (۲) و (۳)، در تکرار اول و دوم پیاده‌سازی روش تحقیق ارائه شده، همه توابع SVM در تشخیص افراد غیر مبتلا به سندرم حاد قلبی دقت تقریباً یکسانی داشته‌اند. به طور کلی دقت پیاده‌سازی روش تحقیق ارائه شده توسط SVM در این پژوهش نسبت به تحقیقات [9-12] بیشتر است. استفاده از تعداد داده‌های موثر بیشتر در تصمیم‌گیری، می‌تواند علت اصلی این اختلاف باشد.

۵- نتیجه‌گیری

در این تحقیق دقت توابع مختلف ماشین بردار پشتیبان، به عنوان موتور استنتاج یک سیستم پزشکی از راه دور جهت تشخیص سندرم حاد قلبی، با استفاده از داده‌های موثر بیشتری در تشخیص این بیماری مقایسه گردید. برای این منظور،

- [9] K. Srinivas, G. R. Rao, and A. Govardhan, 'Analysis of coronary heart disease and prediction of heart attack in coal mining regions using data mining techniques', in *Computer Science and Education (ICCSE), 2010 5th International Conference on*, 2010, pp. 1344–1349.
- [10] S. Ghumbre, C. Patil, and A. Ghatol, 'Heart disease diagnosis using support vector machine', in *International conference on computer science and information technology (ICCSIT) Pattaya*, 2011.
- [11] S. Manikandan, 'Heart attack prediction system', in *2017 International Conference on Energy, Communication, Data Analytics and Soft Computing (ICECDS)*, 2017, pp. 817–820.
- [12] G. Purusothaman and P. Krishnakumari, 'A survey of data mining techniques on risk prediction: Heart disease', *Indian Journal of Science and Technology*, vol. 8, no. 12, 2015.
- [13] K. T. Chui, W. Alhalabi, S. S. H. Pang, P. O. de Pablos, R. W. Liu, and M. Zhao, 'Disease Diagnosis in Smart Healthcare: Innovation, Technologies and Applications', *Sustainability*, vol. 9, no. 12, p. 2309, 2017.
- [14] K. J. Overbaugh, 'ACUTE CORONARY SYNDROME Even nurses outside the ED should recognize its signs and', *AJN*, May 2009, Vol. 109, No. 5symptoms'.
- [15] Y. Cui, J. Song, S. Li, C. Lee, F. Zhang, and H. Chen, 'Plasmatic MicroRNA Signatures in Elderly People with Stable and Unstable Angina', *Int. Heart J.*, vol. 59, no. 1, pp. 43–50, Jan. 2018.

پایاده‌سازی‌ها توسط ترکیبات مختلفی از نمونه‌های آموزشی در دو تکرار انجام شد. مطابق نتایج این تحقیق، ماشین بردار پشتیبان با تابع خطی، همواره دارای بیشترین دقت در تشخیص است، درحالی که سایر روش‌ها دقت یکسانی دارند و تفاوتی بین آنها نیست. همچنین دقت نتایج این تحقیق از سایر تحقیقات مشابه بیشتر است، که استفاده از تعداد داده‌های بیشتر و متنوع‌تر در مرحله آموزش SVM، می‌تواند علت این برتری باشد. بنابراین می‌توان انتظار داشت که افزایش تنوع داده مورد استفاده موجب افزایش دقت شود. تفاوت دقت دو دسته نمونه آموزشی، تاثیرگذاری مرحله آموزش در استفاده از SVM را نشان می‌دهد. این مسئله محدودیت این روش در تصمیم‌گیری است. در همه پایاده‌سازی‌ها حداقل یک بیمار مبتلا به سندرم حاد قلبی توسط هیچ تابعی از SVM تشخیص داده نشده است. بنابراین در موضوع تحقیق پیشرو، استفاده از SVM به تنهایی قابل اعتماد نخواهد بود و نمی‌توان به عنوان یک روش تشخیص نهایی به آن تکیه کرد.

بنابراین هدف این پژوهش محقق و به سوالات آن پاسخ داده شده است. استفاده از سایر روش‌های یادگیری ماشین با همین داده‌ها و نمونه‌ها، داده‌های موثر بیشتر نظیر داده‌های بافت و تلفیق سایر روش‌های یادگیری ماشین با SVM نیز پیشنهادات آتی این تحقیق هستند.

مراجع

- [1] F. Kiani, N. Hesabi, and A. Arbabisarjou, 'Assessment of Risk Factors in Patients With Myocardial Infarction', *Glob J Health Sci*, vol. 8, no. 1, pp. 255–262, Jan. 2016.
- [2] F. FARIBA, A. A. Asna Ashari, and M. Moradi, 'Comparison of Risk Factors Frequency in Patients with ST-Elevation MI & Patients with Non-ST-Elevation MI in Hamadan City', vol. 22, no. 175, pp. 11–15, Jan. 2015.
- [3] ل. سلطانی، ع. راوری و س. سبزواری، 'ارتباط بین علائم هشدار دهنده و زمان مراجعه بیماران مبتلا به سکته قلبی'، فصلنامه پرستاری قلب و عروق، vol. 4, no. 4, pp. 22–31, Mar. 2016.
- [4] S. P. Mohanty, U. Choppali, and E. Kougianos, 'Everything you wanted to know about smart cities: The internet of things is the backbone', *IEEE Consumer Electronics Magazine*, vol. 5, no. 3, pp. 60–70, 2016.
- [5] A. Gaur, B. Scotney, G. Parr, and S. McClean, 'Smart City Architecture and its Applications Based on IoT', *Procedia Computer Science*, vol. 52, pp. 1089–1094, Jan. 2015.
- [6] R. S. Michalski, J. G. Carbonell, and T. M. Mitchell, *Machine learning: An artificial intelligence approach*. Springer Science & Business Media, 2013.
- [7] P. Harrington, 'Machine learning in action', *Shelter Island, NY: Manning Publications Co*, 2012.
- [8] ف. صمدزادگان، ف. طبیب محمودی و ب. بیگدلی، ادغام داده‌ها در سنجش‌ازدور مفاهیم و روش‌ها، ۱۳۹۱.