

رویکردی نوین به منظور کشف و تجزیه و تحلیل دانش پدیده‌های استثنایی با استفاده از داده کاوی

مسعود عابسی*
الهه حاجی گل یزدی**
حسن حسینی نسب***
محمدباقر فخرزاد****

چکیده

منطق یادگیری از استثنائات چالشی قابل توجه در حوزه داده‌کاوی است. استثنائات پدیده‌های نادری هستند که رفتاری مثبت و متفاوت از الگوهای اصلی و مورد انتظار موجود در پایگاه داده از خود بروز می‌دهند. ایجاد چارچوبی کارا برای افزایش اطمینان به پدیده‌های استثنایی در کشف دانش و یادگیری مؤثر از آن حائز اهمیت است. در این پژوهش، الگویی بر اساس تئوری استثنائات و تئوری اطلاعات ارائه شده است تا چالش‌های پیش روی داده‌کاوی داده‌های استثنایی را برطرف نماید. نخست از تابع آنتروپی رنی برای شناسایی استثنائات استفاده و سپس با به‌کارگیری رویکرد یادگیری پایین به بالا، بر مبنای الگوریتم پیشنهادی RISE ارتقا یافته، قوانین حاکم بر بروز رفتار استثنایی استخراج می‌گردد. به‌منظور تعیین کارایی مدل پیشنهادی، کشف سهام استثنایی و یادگیری رفتار آن‌ها مورد بررسی قرار گرفته است. از مجموع ۱۳۳۴ سهم مورد بررسی ۳۶ سهم رفتار استثنایی داشته‌اند که رفتار آن‌ها در قالب سه قانون مشخص شده

*استادیار گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

** دانشجوی دکتری مهندسی صنایع، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران (نویسنده مسئول) elahehajigol@gmail.com

*** دانشیار گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

**** استادیار گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

۲ مطالعات مدیریت فناوری اطلاعات، سال سوم، شماره ۱۲، تابستان ۹۴

است. ارجحیت نتایج حاصل از مدل پیشنهادی نسبت به نتایج به دست آمده از به کارگیری الگوریتم‌های معمول یادگیری بیانگر کارایی مدل ارائه شده است. **کلیدواژگان:** داده کاوی، تئوری استثنائات، تئوری اطلاعات، الگوریتم یادگیری پایین به بالا، پدیده‌های استثنایی



مقدمه

داده‌کاوی فرایند کشف و یادگیری الگوها و ارتباطات موجود در انباره داده است. منطق یادگیری رفتار استثنائات به‌عنوان یک چالش در حیطه داده‌کاوی، زمانی به عرصه ظهور رسید که یادگیری ماشین از یک دانش ابتدایی به یک فناوری کاربردی ارتقا یافت (چاولا و همکاران^۱، ۲۰۰۴). داده‌های موجود در یک پایگاه داده از لحاظ ماهیت به سه دسته داده نرمال، استثنایی و پرت تقسیم می‌شوند. داده‌های نرمال از الگوهای اصلی و عمومی موجود در یک پایگاه داده تبعیت می‌نمایند، درحالی‌که داده‌های استثنایی و پرت رفتاری متفاوت از الگوهای عمومی مورد انتظار موجود در پایگاه داده دارند. داده‌های استثنایی به دلیل رفتار مافوق تصور خوب یا تغییر مثبت در رفتار سیستم حاصل می‌شود. منشأ بروز داده‌های استثنایی وجود خطا در سیستم نیست، درحالی‌که داده‌های پرت به دلیل خطای انسانی، خطای ماشین (ابزار) و به‌طور کلی وجود خطا در سیستم رخ می‌دهند (آلبانیس و بچلور^۲، ۲۰۰۷). پدیده‌های استثنایی حجم کمی از داده‌های موجود در پایگاه داده را تشکیل می‌دهند. دانش نهفته در رفتار این پدیده‌ها بسیار ارزشمند است. آن‌گونه که در این تحقیق داده‌ها طبقه‌بندی شده‌اند داده‌های استثنایی داده‌های مثبت غیرقابل انتظار و داده‌های پرت داده‌های منفی غیرقابل انتظار می‌باشند. شناسایی عناصر و قواعد استثنایی بسیار دشوارتر از شناسایی پدیده‌های معمول است؛ زیرا پدیده‌های استثنایی به تعداد دفعات کمتری از رفتارهای عادی رخ می‌دهند و قابلیت پیش‌بینی بروز آن‌ها از پیچیدگی‌های خاص برخوردار است (نقی^۳، ۲۰۰۹). داده‌های استثنایی تأثیر مهمی بر تنزل عملکرد مدل‌های یادگیری دارند؛ زیرا تکنیک‌های کاوش الگوهای استاندارد، به‌منظور کشف و استخراج دانش عمومی نهفته در یک پایگاه داده طراحی شده‌اند و مجموعه داده‌های مشابه را به‌منظور کشف قوانین مربوطه مورد توجه قرار می‌دهند. هنگام مواجهه با داده‌های استثنایی، قوانینی که توسط آن‌ها دسته‌بندی و پیش‌بینی دسته‌های کوچک انجام می‌شود، بسیار کمتر و ضعیف‌تر از قوانینی هستند که دسته‌های اصلی را پیش‌بینی می‌نمایند (جاپکوویچ^۴، ۲۰۰۴). به همین علت نمونه‌های متعلق به طبقه‌های کوچک بیشتر از نمونه‌های متعلق به دسته‌های اصلی

1. Chawla
2. Albanis & Batchelor
3. Nagi
4. Japkowicz

به اشتباه دسته‌بندی می‌شوند (جوشی^۱، ۲۰۰۲). از سوی دیگر ماهیت غیرمتوازن داده، عدم ترسیم آستانه‌های دقیق، نبود سنجه ارزیابی مناسب، عدم وجود اطلاعات کافی از دیگر چالش‌های موجود در مسئله یادگیری داده‌های استثنایی است (ویس^۲، ۲۰۰۴)؛ بنابراین تدوین تکنیک یادگیری که بتواند برای تمامی انواع داده و در هر شرایطی به‌خوبی عمل نماید اهمیت زیادی دارد.

هدف اصلی تحقیق پیش روی، کشف و یادگیری از رخدادهای استثنایی از طریق شناسایی داده‌های استثنایی موجود در پایگاه داده و استخراج دانش پنهان این پدیده‌هاست. بدین منظور، نیازمند زبانی برای توضیح ساختار و رفتار سهام استثنایی با استفاده از مجموعه‌ای از اصول و قوانین برای کشف استثنائات هستیم.

پیشینه تحقیق

مطالعات پیشین در حوزه شناسایی و یادگیری داده‌های استثنایی را می‌توان در سه حوزه کشف استثنائات بر اساس نوع داده، بهبود کارایی الگوریتم‌های موجود در مواجهه با داده‌های نامتوازن و مرور و دسته‌بندی پژوهش‌های پیشین طبقه‌بندی نمود. به‌منظور کشف و شناسایی پدیده‌های استثنایی اغلب از تکنیک‌های دسته‌بندی (کیم و شون^۳، ۲۰۱۲ و آلبانیس و بچلور، ۲۰۰۷)، روش‌های آماری (کلارک^۴، ۲۰۱۴) و نمونه‌سازی (گانگ^۵، ۲۰۱۰) استفاده شده است. به‌عنوان مثال، یوفنگ کو (۲۰۰۶) الگوهای غیر نرمال موجود در پایگاه داده را بر اساس مقیاس فاصله از مراکز دسته شناسایی نمود. وی ماهیت داده‌های غیر نرمال و داده‌های پرت را یکسان انگاشته و رویکرد سامانمند برای کشف مناطق پرت در سری زمانی ارائه کرده است. کو و همکارانش^۶ (۲۰۰۸) با به‌کارگیری ابزار آماری به کاوش الگوی فعالیت‌های هدف، فعالیت‌های مغایر با هدف و فعالیت‌های با تأثیر معکوس پرداخته‌اند، درحالی‌که ساختار داده غیرمتوازن در نظر گرفته شده است. بورز^۷ و همکارانش (۲۰۰۹) موضوع از دست دادن مشتری را به‌عنوان یک رخداد استثنایی در صنعت خدمات مورد بررسی قرار دادند که هدف آن ارتقا

-
1. Joshi
 2. Weiss
 3. Kim & Sohn
 4. Clark
 5. Gong
 6. Kou
 7. Burez

رویکردی نوین به منظور کشف و... ۵

کارایی روش‌های نمونه‌سازی با به‌کارگیری سنج‌های ارزیابی مناسب‌تر است. چن^۱ و همکاران (۲۰۰۸) از رویکرد داده‌کاوی بر اساس دانه‌های اطلاعاتی برای کشف دانش از داده‌های نامتوازن استفاده نموده است. این روش باعث به حداقل رساندن دخالت انسان در پردازش اطلاعات شده و دانش لازم را از دانه‌های اطلاعاتی جمع‌آوری می‌کند. گارسیا^۲ و همکارانش (۲۰۱۲) کارایی روش‌های پیش‌پردازش را در مواجهه با سطوح مختلف عدم توازن مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه رسیدند که در مواجهه با داده‌های غیر متوازن مطلق، نمونه‌سازی افزایشی دسته کوچک بدتر از نمونه‌سازی کاهش‌ی عمل می‌کند. همچنین هو^۳ و همکارانش (۲۰۰۹) و دونگ^۴ و همکارانش (۲۰۰۵) به کشف رفتارهای پرخطر افراد در خانه‌های هوشمند با استفاده از روش زنجیره مارکوف پرداختند. همچنین مطالعه روند تاریخی پیشرفت سامانه‌های یادگیری از داده‌ها و حالات نامتوازن توسط چاولا و همکارانش (۲۰۰۴) و ویس (۲۰۰۴) بررسی شده است. ویس مسائل و مشکلات کاویدن داده‌ها و حالات نادر در یک مجموعه بزرگ از داده را بررسی نموده و به تفصیل به روش‌های مقابله با این مشکلات پرداخته است.

با بررسی تحقیقات پیشین درمی‌یابیم که هیچ‌یک از پژوهش‌های مورد مطالعه آستانه مشخصی برای تفکیک داده‌های پرت و داده‌های استثنایی ارائه ننموده‌اند (بوشن، ۲۰۰۹). در حالتی که داده‌ها از نوع چندرسانه‌ای هستند فقط به شناسایی استثنائات پرداخته شده و در بقیه موارد داده‌های پرت و استثنایی توأمان شناسایی شده‌اند (ژبانگ و گونگ^۵، ۲۰۰۸). با نظر به اهمیت دانش نهفته در داده‌های استثنایی و زایل بودن داده‌های پرت، یکی از اهداف تحقیق پیش روی تفکیک داده‌های استثنایی از داده‌های پرت است. این مهم با به‌کارگیری تابع آنتروپی و جداسازی استثنائات بر اساس محتوای اطلاعاتی محقق می‌شود. همچنین به‌کارگیری رویکرد یادگیری پایین به بالا کاستی‌های الگوریتم‌های یادگیری معمول مانند درخت تصمیم را بهبود می‌بخشد.

-
1. Chen
 2. García
 3. Hu
 4. Duong
 5. Xiang & Gong

اهداف پژوهش

پژوهش حاضر با ارائه مدل جدیدی به شناسایی استثنائات و یادگیری رفتار آنها می-پردازد. نخست با به کارگیری شاخص استخراج اطلاعات (آنترپی^۱)، داده‌های استثنایی را از داده‌های نرمال^۲ تفکیک نموده و سپس با به کارگیری الگوریتم پیشنهادی E-RISE بر اساس رویکرد یادگیری پایین به بالا^۳ قوانین بروز رفتار استثنایی استخراج می‌گردد. داده‌های استثنایی با استفاده از تابع آنترپی رنی شناسایی می‌گردد. آنترپی رنی با اختصاص وزن بیشتر به داده‌های استثنایی باعث شاخص شدن این نوع پدیده‌ها می-شود. قوانین بروز رفتار استثنایی توسط الگوریتم پیشنهادی RISE ارتقا یافته استخراج گردیده که برای ساخت سیستم خبره‌ای به منظور شناسایی استثنائات جدید بکار گرفته می‌شود. در پژوهش حاضر با به کارگیری مدل پیشنهادی، سهام استثنایی موجود در بازار سهام تهران شناسایی شده و الگوهای بروز رفتار سهام استثنایی کشف می‌گردد. به کارگیری روش پیشنهادی موجبات تحقق اهداف زیر فراهم می‌آورد:

۱. ارائه مدل جدیدی برای کشف سهام استثنایی بر اساس نظریه اطلاعات^۴ و استفاده از رویکرد یادگیری پایین به بالا برای ارائه الگوریتم RISE ارتقا یافته برای شناسایی دانش پدیده‌های استثنایی.

۲. به کارگیری مدل پیشنهادی برای شناسایی سهام استثنایی و یادگیری قوانین رفتاری سهام استثنایی.

۳. طراحی و به کارگیری سیستم خبره به منظور استفاده از دانش استخراج شده برای کشف استثنائات جدید.

۴. ارتقا نظریه استثنائات

چارچوب تحقیق حاضر به صورت زیر است. در بخش ۴ در قالب روش شناسایی پژوهش به بیان نظریه استثنائات پرداخته و سپس مفهوم آنترپی و چگونگی شناسایی داده‌های استثنایی با به کارگیری آنترپی رنی عنوان می‌شود. دانش رفتار سهام استثنایی با به کارگیری رویکرد پایین به بالا و بر اساس روش پیشنهادی RISE ارتقا یافته استخراج می‌گردد. در بخش ۵ مدل پیشنهادی برای کشف سهام استثنایی و استخراج

1. Entropy

2. Normal data

3. Bottom-Up learning approach

4. Abnormality Theory

رویکردی نوین به منظور کشف و... ۷

قوانین بروز رفتار استثنایی برای سهام موجود در بازار بورس تهران بکارگرفته شده و در نهایت نتایج حاصل از پژوهش ارائه می‌گردد.

روش‌شناسی پژوهش

منطق یادگیری از استثنائات یک مسئله قابل توجه در حوزه یادگیری ماشین است. در پژوهش حاضر مدلی بر اساس رویکرد تلفیقی تئوری استثنائات و تئوری اطلاعات ارائه شده است تا پدیده‌های استثنایی را کشف نموده و الگوهای رفتاری پنهان آن‌ها را شناسایی نماید. تئوری اطلاعات با هدف کشف استثنائات به‌عنوان راهبردی برای اندازه‌گیری میزان بی‌نظمی‌های مجموعه داده به کارگرفته می‌شود، سپس دانش پدیده‌های استثنایی و نرمال توسط الگوریتم یادگیری E-RISE کشف می‌گردد. چرخه شناسایی استثنائات، یادگیری رفتار آن‌ها و به‌کارگیری قوانین شناسایی شده با به‌کارگیری تئوری استثنائات و طراحی سیستم خبره تشخیص استثنائات تکمیل می‌گردد.

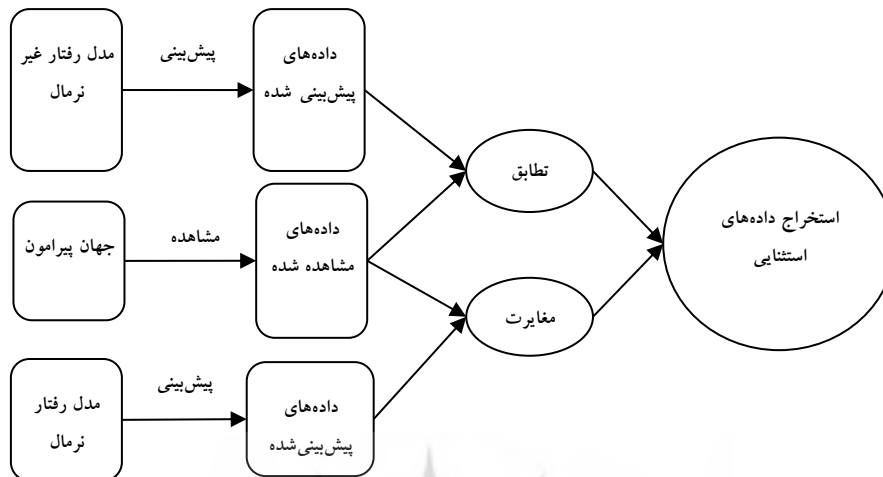
نظریه استثنائات

رویکردهای متفاوتی به مسئله استثنائات در حیطه‌های متفاوت علمی و عملی وجود دارد که از آن‌ها می‌توان به استثنائات موضوعی، استثنائات آماری، استثنائات ژنتیکی، استثنائات بیولوژیک، و رویکردهای تئوریک اشاره نمود. نخستین بار هافمن^۱ (۱۹۷۷) تئوری استثنائات را در علم ژنتیک مطرح نمود. پس از ظهور تئوری استثنائات در علم ژنتیک مک کارتی در سال ۱۹۸۰ مفهوم تئوری استثنائات را در استنتاج مطرح نمود. مک کارتی مثال معروفی را برای معرفی استثنائات بیان نمود. این قانون خاص را در نظر بگیرید «پرنده‌گان به‌صورت معمولی می‌توانند پرواز کنند» اگر x یک پرنده خاص باشد $Ab(x)$ به این معناست که " x یک مورد استثنایی از جامعه پرنده‌گانی هست که نمی‌تواند بپرنند مانند پنگوئن؛ بنابراین مک کارتی با به‌کارگیری قوانین علی و معلولی به شناسایی استثنائات پرداخت. پس از رویکرد مک کارتی، رویکردهای تئوریک به مسئله شناخت استثنائات مطرح گردید. رویکردهای تئوریک به استثنائات بر اساس یک تئوری که توسط شخصی ایجاد و یا توسعه داده شده، آغاز می‌گردد. اگر حیطه نرمال را بتوان برای مسئله تعریف نمود آنگاه استثنائات به‌عنوان شکست در توسعه این تئوری

1. Hoffman

در نظر گرفته می‌شود.

تئوری مفهومی که برای یافتن استثنائات به کار گرفته می‌شود، بسته به نوع دانش موجود عمل می‌کند. در واقع استثنائات مرتبط با تفسیر یافته‌های مشاهده‌شده در محتوای حوزه مسئله است. نقطه شروع مناسب برای توضیح استثنائات در مدل مفهومی انواع مختلف دانشی است که در کاربردهای مختلف استثنائات نقش دارد. دانش ضمنی موجود در سیستم یافتن استثنائات ممکن است بر پایه توضیحی از ساختار نرمال و رفتار وظیفه‌ای سیستم و یا بیان رفتار غیر نرمال سیستم باشد. یافته‌های جمع‌آوری شده‌ای که با رفتار نرمال سیستم مطابقت دارند "یافته نرمال" و در غیر این صورت "یافته غیر نرمال" گفته می‌شود. بر اساس انواع دانش موجود و یافته‌های مشاهده شده، دو دسته تئوری شکل می‌گیرد: تئوری انحراف از ساختار و رفتار نرمال و تئوری انطباق با رفتار غیر نرمال. تئوری انحراف از ساختار و رفتار نرمال تئوری نخستین بار توسط ری ریتز^۱ (۱۹۸۷) به‌عنوان چارچوب منطقی برای کشف عارضه‌های سامانه‌های فیزیکی با استفاده از مدل ساختار و رفتار نرمال سیستم مطرح گردید. بر اساس این تئوری، استثنائات بر اساس مقایسه داده‌های مشاهده‌شده با ساختار و رفتار نرمال سیستم و مغایرت با آن کشف می‌شوند. کشف استثنائات بر اساس تطابق با رفتار غیر نرمال با در نظر گرفتن دانش رفتارهای استثنایی سیستم عمل می‌کند، به‌نحوی که به شبیه‌سازی رفتار غیر نرمال سیستم می‌پردازد. به‌منظور ارتقا دقت در کشف استثنائات چارچوب تئوریک تلفیقی جدیدی بر اساس تئوری کشف استثنائات بر اساس سازگاری و تئوری کشف استثنائات بر اساس تطابق با رفتار غیر نرمال به‌صورت زیر (نمایه ۱) پیشنهاد می‌گردد. استثنائات بر مبنای میزان سازگاری داده‌های مشاهده‌شده با مدل رفتار غیر نرمال و یا مغایرت داده‌های مشاهده‌شده با رفتار نرمال سیستم کشف می‌گردند.



شکل ۱. مدل پیشنهادی برای شناسایی داده‌های استثنایی بر اساس تئوری استثنائات

آنتروپی

آنتروپی یکی از مفاهیم اصلی در تئوری اطلاعات است که به منظور ارزیابی میزان یکنواختی مجموعه‌ای از داده‌ها بکار می‌رود (ستیوهادی و همکاران، ۲۰۱۴). آنتروپی با مفهوم تصادفی بودن پدیده‌ها در ارتباط است و به‌عنوان راهبردی برای اندازه‌گیری میزان عدم قطعیت، بی‌نظمی و تصادفی بودن یک پیشامد استفاده می‌گردد. اندازه آنتروپی با افزایش میزان همگنی داده کاهش می‌یابد (لی و رو، ۲۰۱۲ و کاور و توماس، ۱۹۹۱). در پژوهش حاضر از تابع آنتروپی به‌عنوان ابزاری برای سنجش میزان استثنایی بودن داده‌ها استفاده شده است. بر اساس روش پیشنهادی میزان آنتروپی یک رکورد نشان‌دهنده میزان نفع اطلاعات موجود در آن سطر از داده است. هر سطر از پایگاه داده یک دسته منفرد انگاشته می‌شود و تابع آنتروپی برای هر رکورد محاسبه می‌گردد. هر اندازه تمایل تابع آنتروپی محاسبه‌شده به میانگین آنتروپی داده‌های موجود در پایگاه داده نزدیک‌تر باشد، یعنی داده مربوط به دسته نرمال است و رفتار آن از رفتار نرمال سیستم تبعیت می‌کند (قمر، ۲۰۱۱). داده‌هایی که آنتروپی آن‌ها تفاوت معناداری از متوسط آنتروپی داده‌های موجود در پایگاه داده دارد غیر نرمال است. این دسته از داده‌ها رفتاری متفاوت از رفتار معمول سیستم از خود بروز می‌دهند.

اگر X یک متغیر تصادفی باشد که یکی از مقادیر x_1, x_2, \dots, x_n را با احتمالات p_1, p_2, \dots, p_n و... به خود می‌گیرد، $H(x) = -\sum_{i=1}^n p_i \log(p_i)$ نشان‌دهنده میزان آنتروپی حاصل از آن است. $H(X)$ نشان‌دهنده میزان عدم قطعیت برای بروز حالت مشخص X است. آنتروپی با تعریف فوق آنتروپی شانون نامیده می‌شود. از آنجایی که هدف ما شناسایی داده‌های استثنایی در پایگاه داده است و تابع آنتروپی رنی برای داده‌هایی با احتمال وقوع کمتر وزن بیشتری را لحاظ می‌کند، از تابع آنتروپی رنی به‌عنوان ابزاری برای استخراج میزان اطلاعات موجود در هر رکورد و تشخیص داده‌های استثنایی از داده‌های نرمال استفاده می‌نماییم؛ زیرا تابع آنتروپی رنی تمایز بین داده‌های نرمال و غیر نرمال را آشکارتر می‌گرداند.

$$H(x) = \frac{1}{1-\alpha} \log(\sum p_i^\alpha) \quad (1)$$

تابع آنتروپی رنی با $\alpha = 2$ را به کار می‌گیریم. هراندازه α کوچک‌تر باشد توانایی تشخیص داده‌های استثنایی آسان‌تر است. بدین ترتیب استفاده از توان ۲ برای احتمالات کوچک باعث بزرگ‌تر شدن مقدار تابع $H(x)$ و وزن دهی بیشتر به آن می‌شود.

$$H(x) = -\log(\sum p_i^2) \quad (2)$$

برای محاسبه آنتروپی هر رکورد از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$H(x, y) = H(y) + H(x|y) \quad (3)$$

آنتروپی داده‌های غیر نرمال دارای انحراف زیادی نسبت به متوسط تابع آنتروپی دیگر داده‌ها است. چون $H(y)$ به ازای مقادیر کوچک y بزرگ‌تر است بنابراین آنتروپی داده‌های غیر نرمال فاصله بیشتری از بقیه داده‌ها می‌گیرد.

استخراج قوانین

پس از شناسایی داده‌های استثنایی و تفکیک آن از داده‌های نرمال، بایستی دانش رفتار پدیده‌های نرمال و استثنایی کشف شود. الگوریتم‌های یادگیری سنتی مانند درخت تصمیم بر پایه یک عمل جستجوی حریصانه از رویکرد یادگیری بالا به پایین پیروی می‌کنند. این الگوریتم‌ها اغلب در شناسایی قوانین عمومی موجود در پایگاه داده بهتر عمل می‌نمایند. بدین ترتیب که یادگیری با استفاده از مؤثرترین متغیر و ایجاد یک قانون عمومی آغاز و با در نظرگیری یک‌به‌یک متغیرهای مهم با استفاده از ساختاری که به‌طور طبیعی در فضای فرضیه‌ها رخ می‌دهد، صورت می‌پذیرد. این قوانین داده‌های

رویکردی نوین به منظور کشف و... ۱۱

متعلق به دسته‌های اصلی را پوشش داده و از داده‌های استثنایی صرف‌نظر می‌نمایند. لذا الگوریتم‌های یادگیری سنتی عملکرد مناسبی در رفتار استثنائات ندارند. به‌منظور غلبه بر کاستی‌ها و مشکلات این الگوریتم‌ها در یادگیری از استثنائات، روش جدیدی مبتنی بر رویکرد یادگیری پایین به بالا (کالیف، ۲۰۰۳) با نام الگوریتم RISE ارتقا یافته برای کشف دانش استثنائات پیشنهاد شده است. در این رویکرد توجه و تمایل به ایجاد قوانین خاص با دقت بالا است.

بر اساس الگوریتم RISE ارتقا یافته، ابتدا داده‌ها در دو دسته نرمال و استثنایی قرار می‌گیرند. سپس داده‌های نرمال با استفاده از روش‌های خوشه‌بندی و بر اساس میزان شباهتشان، به بیشترین تعداد خوشه ممکن تقسیم می‌شوند. فرایند خوشه‌بندی سبب افزایش دقت قوانین ایجادشده می‌گردد. استخراج قوانین با انتخاب تصادفی درصدی از داده‌های موجود در هر خوشه آغاز می‌شود و منطبق با هر نقطه داده انتخابی یک قانون ساخته می‌شود. سپس قوانین با توجه به نقاط داده موجود در همسایگی آن و با توجه به معیارهای دقت و support عمومی می‌شوند، به‌طوری‌که داده‌های موجود در یک همسایگی معین وجود دارد پوشش داده می‌شوند. عمومی‌سازی با توجه به تابع فاصله اقلیدسی صورت می‌گیرد و با حذف محدودیت روی متغیرها یا باز کردن بازه‌ها صورت می‌گیرد. مدل RISE ارتقا یافته یک مدل یادگیری خاص به عام برای یادگیری رفتار استثنائات است.

جدول ۱. مراحل استخراج قوانین بر اساس روش پیشنهادی یادگیری استثنائات بر اساس نقاط داده

فاز عمومی‌سازی	فاز ایجاد قوانین
<p>اگر $R = (a_1, a_2, \dots, a_m, C_R)$ یک رول و $N = (e_1, e_2, \dots, e_m, C_N)$ یک نمونه نزدیک باشد:</p> <p>function generalization (R,N)</p> <p>a_i is either true, $x_i = r_i$ or $r_{i,lower} \leq x_i \leq r_{i,upper}$</p> <p>For attribute i-th</p> <p>IF $a_i = True$ then do nothing</p> <p>else if $e_i > r_{i,upper}$ then $e_i = r_{i,upper}$</p> <p>else if $e_i < r_{i,lower}$ then $e_i = r_{i,lower}$</p>	<p>ES is the training set</p> <p>SS= select % of ES randomly</p> <p>Let RS be SS</p> <p>For each rule R in RS</p> <p>N= the nearest neighborhoods E to R by $d < d^*$</p> <p>let \hat{R} = Generalization (R,N)</p> <p>Let \hat{RS} = RS with R replaced R with \hat{R}</p> <p>if $Acc(\hat{RS}) \geq \beta \% Acc(RS)$</p> <p>Then replace RS by \hat{RS}</p> <p>if \hat{R} is identical to another rule in RS</p> <p>then delete \hat{R} from RS</p> <p>Until $Acc(RS) \geq \gamma$</p> <p>Return RS</p>

از نقاط قوت روش پیشنهادی یادگیری، شناسایی استثنائات و قرار دادن آن‌ها در یک دسته جداگانه است. این کار باعث افزایش دقت یادگیری رفتار استثنائات می‌گردد و کاستی‌های مدل‌های معمول یادگیری را برطرف خواهد نمود. همچنین نمایه ۲ فرایند کشف و یادگیری از رفتار استثنائات را نشان می‌دهد. چرخه کشف، یادگیری و به‌کارگیری قوانین با طراحی سیستم خبره‌ای تکمیل خواهد شد که وظیفه کشف استثنائات جدید را بر عهده دارد. استثنائات جدید با استفاده از قوانین ایجاد شده در چارچوب تئوری استثنائات شناسایی می‌شوند.

همان‌گونه که در بخش‌های پیشین مطرح شد رویکرد پیشنهادی جدیدی برای شناسایی سهام استثنایی و یادگیری از آن‌ها مطرح گردیده است که در ادامه به تفصیل به گام‌های آن می‌پردازیم:

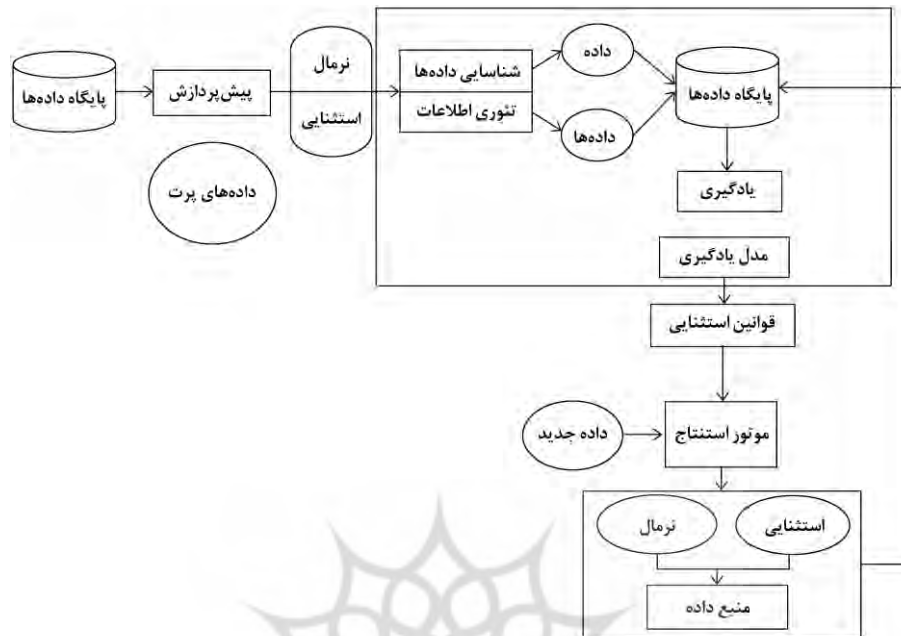
گام ۱- محاسبه آنتروپی همه سطرهای داده
گام ۲- شناسایی داده‌های استثنایی - داده‌هایی که آنتروپی آن‌ها تفاوت معناداری از میانگین آنتروپی داده‌ها دارد.

گام ۳- دسته‌بندی داده‌ها - ابتدا داده‌های نرمال و غیر نرمال شناسایی شده در گام دو را خوشه‌بندی نموده و سپس داده‌های نرمال را مجدداً به‌گونه‌ای دسته‌بندی می‌شود تا داده‌های مشابه در یک دسته قرار گیرند.

گام ۴- درصدی (%) از داده‌های موجود در هر دسته ایجاد شده (گام ۳) را به تصادف انتخاب کرده و به ازای هر داده موجود در نمونه تصادفی انتخاب شده یک قانون ایجاد می‌شود.

گام ۵- قوانین ایجاد شده با در نظرگیری داده‌هایی که نزدیک‌ترین فاصله را با آن‌ها دارند و تاکنون توسط قانون دیگری پوشش داده نشده‌اند، عمومی‌تر می‌شوند. این کار توسط حذف شرایط یا باز کردن بازه‌ها برای متغیرهای عددی انجام می‌گیرد. به‌منظور سنجش کارایی فرایند عمومی‌سازی در هر مرحله از شاخص g -means و support استفاده می‌شود. تغییرات در صورتی لحاظ می‌شوند که شاخص g -means بدتر نشده و قانون ایجاد شده درصد مشخصی از داده‌های موجود در آن دسته را بپوشاند.

گام ۷- طراحی سیستم خبره برای شناسایی استثنائات جدید با استفاده از چارچوب پیشنهادی تئوری استثنائات. استثنائات جدید بر اساس قوانین رفتاری نرمال و استثنایی کشف می‌شود. بدین ترتیب، داده‌هایی که با قوانین رفتار نرمال مطابقت ندارند یا منطبق با قوانین رفتار استثنایی عمل می‌نمایند، به‌عنوان پدیده‌های استثنایی تلقی می‌شوند.



شکل ۲. مندولوژی پیشنهادی بر پایه رویکرد تلفیقی تئوری استثنائات و اطلاعات

یافته‌های پژوهش

هدف از پژوهش حاضر، به‌کارگیری تئوری اطلاعات برای کشف پدیده‌های استثنایی و شناسایی الگوهای رفتاری استثنائات است. حیطه عملی موردبررسی، رصد رفتار متفاوت سهام مختلف به‌منظور شناسایی و تشکیل سبد سهام استثنایی است. نخستین گام پژوهش، شناسایی و انتخاب متغیرهای دخیل برای تبیین وضعیت سهام و انتخاب سبد سهام استثنایی است. رفتار متغیرها اساس تشخیص رفتار سیستم است. متغیرها بایستی به‌گونه‌ای انتخاب گردند که نسبت به استثنائات حساس باشند. مطالعات پیشین در حوزه کشف و شناسایی سهام استثنایی، سهام غیر نرمال را معادل سهام با بازده بالا دانسته‌اند. در رویکرد حاضر به مسئله، سهامی استثنایی خوانده می‌شود که منفعت استثنایی را برای سهامدار به همراه داشته باشد.

با هدف تشخیص سهام غیرعادی بر اساس مطالعات پیشین و نظر خبرگان متغیرهای مؤثر در بروز رفتار استثنایی سهم شناسایی شده‌اند. با به‌کارگیری آزمون آماری t از بین متغیرهای موردنظر متغیرهای سود هر سهم، سهام جایزه و افزایش سرمایه شرکت برای

تجزیه رفتار سهام برگزیده شده‌اند. این متغیرها تفاوت معناداری را بین سهام نرمال و استثنایی ایجاد می‌نمایند. در فرایند سرمایه‌گذاری استثنایی، ثروت سهامدار رشد استثنایی دارد که این رشد می‌تواند از طریق کسب سود استثنایی ایجاد گردد. همچنین صدور سهام جایزه با حجم بالا می‌تواند باعث چند برابر شدن ثروت سهامدار گردد. جامعه آماری تحقیق حاضر، اطلاعات ماهیانه پنجاه سهام برتر بازار بورس تهران از ابتدای سال ۱۳۹۲ تا پایان سال ۱۳۹۳ است که در ۱۳۳۴ رکورد گردآوری شده است. به منظور تشکیل پروفایل از سهام موردبررسی و کشف استثنائات می‌بایست مجموعه قابل نمایشی از سهام ایجاد گردیده است. فرض کنید $x_{i,j}$ نشان‌دهنده سهم i ام در مشخصه j باشد، درحالی‌که $i = \{1, 2, \dots, 1334\}$ نشان‌دهنده ۱۳۳۴ سهم موردبررسی و $j = \{1, 2, 3\}$ متغیرهای در نظر گرفته شده در شناسایی و یادگیری رفتار استثنایی سهام است. در این صورت M نشانگر پروفایل سهام مورد بررسی است.

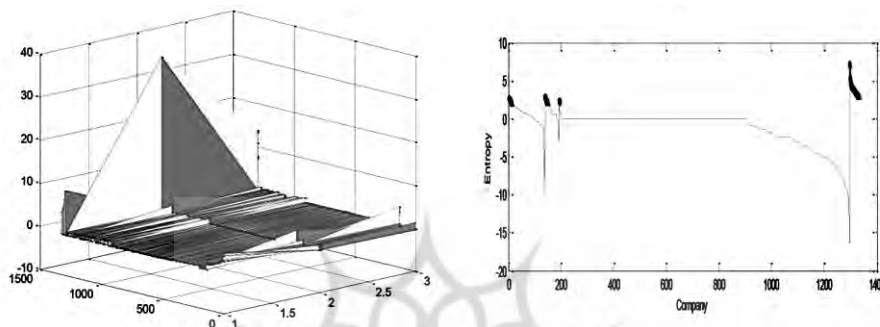
$$M = \begin{bmatrix} x_{1,1} & x_{1,2} & \dots & x_{1,m} \\ x_{2,1} & x_{2,2} & \dots & x_{2,m} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ x_{n,1} & x_{n,2} & \dots & x_{n,m} \end{bmatrix} \quad (۴)$$

در گام بعد به دلیل اهمیت پاک‌سازی ورودی‌های مدل و تأثیر آلودگی داده‌ها بر تنزل عملکرد فرایند داده‌کاوی، مرحله پیش‌پردازش داده‌ها انجام شده است. بدین صورت که داده‌های مفقود با میانگین داده‌های مربوط به سهم موردبررسی جایگزین شده‌اند. به منظور نرمالیزه نمودن داده‌ها، از مقدار Z استفاده شده است. لازم به ذکر است داده‌هایی را که خارج از -3 میانگین بوده‌اند به‌عنوان داده‌های پرت در نظر گرفته و از محاسبات خارج گردیده است.

به دلیل رفتار متفاوت داده‌های غیر نرمال از نظر میزان نظم و منفعت اطلاعاتی نسبت به داده‌های نرمال، تابع آنتروپی رنی برای شناسایی و تفکیک داده‌های استثنایی از داده‌های نرمال به‌کاررفته شده است. تابع آنتروپی رنی با ساختار لگاریتمی و پارامتر عملکرد بهتری در کشف و شناسایی داده‌های غیر نرمال از مجموعه داده در دست را دارد. با بررسی‌های انجام‌شده مشاهده گردید تابع مذکور با $2 =$ بهترین عملکرد را در تشخیص رفتار استثنایی دارد؛ زیرا رویدادهای غیر نرمال به دلیل احتمال پایین بروز آن‌ها باعث بزرگ‌تر شدن تابع آنتروپی می‌شوند. در پژوهش حاضر سهام استثنایی سهامی هستند که میزان تابع آنتروپی آن‌ها به فاصله $+1/5$ از میانگین تابع آنتروپی تمامی سهام است. از مجموع ۱۳۳۴ سهم بررسی‌شده، ۳۶ سهم رفتار استثنایی از خود

رویکردی نوین به منظور کشف و... ۱۵

بروز داده‌اند؛ یعنی ۲/۶ درصد از سهام مورد بررسی رفتار استثنایی داشته‌اند. نمایه ۳- الف تفاوت رفتار سهام استثنایی را با ترسیم اطلاعات سهام بر اساس سه متغیر انتخابی نشان می‌دهد. پرواضح است که سهام استثنایی رفتار متفاوت از خود بروز می‌دهند. در نمایه ۳- ب تابع آنروپی سهام ترسیم شده است. همان‌گونه که در تصویر مشخص است میزان آنروپی سهام استثنایی با میانگین سایر سهام تفاوت معناداری دارد.



شکل ۳. الف - اطلاعات سهام بر اساس سه متغیر انتخابی ب - تابع آنروپی سهام

پس از اجرای مدل درستی و کارایی مدل پیشنهادی مورد بررسی قرار گرفته است. بدین منظور از مقایسه نتایج به دست آمده با نتایج حاصل از به کارگیری روش‌های سنتی برای کشف داده‌های استثنایی، استفاده می‌نماییم. همچنین از شاخص‌های g-means و دقت برای سنجش مطلوبیت مدل پیشنهادی استفاده شده است.

$$g\text{-means} = \sqrt{\frac{TP}{TP+FN} \times \frac{TN}{TN+FP}}$$

نتایج نشان داد که مدل پیشنهادی به طور قابل توجهی عملکرد شناسایی داده‌های استثنایی را بهبود می‌بخشد. نتایج سنجش کارایی روش پیشنهادی در جدول شماره ۲ تلخیص شده است. به منظور یادگیری رفتار استثنایی سهام و کسب توانایی در پیش‌بینی سهام استثنایی از رویکرد یادگیری پایین به بالا استفاده شده است. بدین ترتیب که داده‌های موجود در پایگاه داده ابتدا بر اساس رفتار نرمال یا غیر نرمال و سپس با به کارگیری روش k-means خوشه‌بندی شده‌اند. این نوع خوشه‌بندی به دلیل استراتژی آن در جداسازی داده‌ها و قابل کنترل بودن تعداد خوشه‌ها انتخاب شده است؛ بنابراین سهام در چهار دسته قرار گرفته‌اند که شامل یک خوشه از داده‌های استثنایی و سه خوشه از داده‌های نرمال است. خوشه‌بندی باعث قرارگیری داده‌های نسبتاً مشابه در

۱۶ مطالعات مدیریت فناوری اطلاعات، سال سوم، شماره ۱۲، تابستان ۹۴

یک گروه می‌شود. این کار باعث بالا رفتن دقت قوانین استخراج شده از آن خوشه می‌گردد. اطلاعات مربوط به خوشه‌ها در جدول ۳ خلاصه شده است.

جدول ۲. سنجش کارایی روش پیشنهادی

شاخص / روش	SVM	CHAD	C5.0	روش پیشنهادی
دقت	۹۷/۴	۹۶/۸	۹۸/۳	۱۰۰
g-means	۰/۹۴۶	۰/۹۳	۰/۹۵	۱

جدول ۳. اطلاعات خوشه‌ها

خوشه	دسته	تعداد	میانگین			انحراف معیار		
			سود سهم	سهم جایزه	افزایش سرمایه	سود سهم	سهم جایزه	افزایش سرمایه
۱	استثنایی	۳۶	۳۴۴۲	۲۱۹/۴	۲۹۱	۳۴۷۳/۲	۲۷۵/۹۷	۱۶۹۷/۸۳
۲	نرمال	۱۱۰۵	۲۶۰	۲/۹	۱۶/۲	۲۸۱	۱۱	۵۸/۴
۳	نرمال	۱۳۸	۲۰۷۵/۶	۰/۹۱	۵/۱۴	۷۸۲,۷	۸/۷۷	۳۱
۴	نرمال	۵۳	۰	۱۴۱/۵۰	۲۴/۳	۰	۵۲/۵	۶۸/۴۳

درصدی (%) از سهام موجود در هر خوشه به تصادف انتخاب و به ازای هر داده، یک قانون منطبق بر آن ساخته شده است. قابل ذکر است مقادیر متفاوتی برای در خوشه‌های مختلف لحاظ شده است. جدول ۴ تأثیر تغییر در مقدار را بر دقت پیش‌بینی و تعداد قانون استخراج شده نشان می‌دهد.

جدول ۴. تعیین تعداد بهینه قوانین مستخرج

خوشه	α	α	α	α	α
۱	٪۱۰	٪۵	٪۱۰	٪۱۲	٪۱۵
۲	٪۱۰	٪۷	٪۵	٪۲	٪۲
۳	٪۱۰	٪۷	٪۵	٪۵	٪۲,۵
۴	٪۱۰	٪۵	٪۵	٪۷	٪۷
دقت پیش‌بینی	٪۷۵	٪۷۸	٪۸۸	٪۹۶	٪۱۰۰
تعداد قانون استخراجی	۱۳۴	۹۰	۶۶	۳۴	۳۱

بر اساس بررسی‌های صورت گرفته بهترین مقدار برای در خوشه‌های ۱ و ۲ و ۳ و ۴ به ترتیب برابر با ٪۱۰، ٪۲، ٪۲,۵ و ٪۵ است. داده‌های خوشه ۱ مربوط به سهام

رویکردی نوین به منظور کشف و... ۱۷

استثنایی است. از آنجایی که تعداد نقاط داده مربوط به سهام استثنایی اندک (۲/۶٪ از حجم داده) است لذا نیاز به تعداد قانون اولیه بیشتری (۱۵٪ معادل ۵ قانون) برای استخراج دانش پنهان در این گونه سهام وجود دارد. در این حالت دقت پیش‌بینی در بیشینه مقدار خود قرار دارد و مسئله از لحاظ پیچیدگی و زمان حل به کمترین میزان خود می‌رسد. در مرحله بعد بر اساس رویکرد یادگیری پایین به بالا و با استفاده از تابع فاصله قوانین اولیه را عمومی‌تر شده است تا جایی که تمامی داده‌ها پوشش داده شود. به منظور سنجش فاصله سهام تا قوانین ایجاد شده از تابع فاصله اقلیدسی استفاده می‌نماییم. سهامی که نزدیک‌ترین فاصله را با قانون ایجاد شده دارند و تا به حال توسط هیچ‌یک از قوانین پوشش داده نشده‌اند، به کار گرفته می‌شوند تا با حداکثر دقت و حداقل عمومی‌سازی در قوانین اولیه، قوانین جدید ایجاد شود. این کار توسط حذف شرایط یا باز کردن بازه‌ها برای متغیرهای عددی با حفظ میزان دقت از پیش تعیین شده برای قانون ایجاد شده انجام می‌گیرد. در صورتی که اندازه فاصله کم باشد تعداد تکرارها و زمان عمومی‌سازی افزایش خواهد یافت و در صورتی که این فاصله زیاد باشد، دقت قوانین کاهش خواهد یافت. با در نظر گرفتن $k=0/3$ قوانین استخراجی برای تشخیص داده‌های استثنایی ۵ عدد است که با به‌کارگیری قوانین همپوشانی در ۲ قانون به صورت زیر خواهد بود:

اگر سود هر سهم ≤ 5000 باشد آنگاه سهم استثنایی است.

اگر تعداد سهام جایزه ≤ 300 باشد آنگاه سهم استثنایی است.

با نظر به دانش رفتاری سهام استثنایی مشخص است که متغیر افزایش سرمایه، نقشی در بروز رفتار استثنایی سهام ندارد. پس از شناسایی قوانین بروز رفتار نرمال و استثنایی سهام، سیستم خبره‌ای بر اساس مدل پیشنهادی تئوری استثنائات طراحی شده است که با ورود اطلاعات سهام جدید، توانایی شناسایی سهام استثنایی را دارد. این سیستم در مواجهه با اطلاعات سهام جدید به دو صورت سهام استثنایی را شناسایی می‌نماید: سهامی که رفتارشان با هیچ الگوی نرمالی مطابقت ندارد و یا سهامی که رفتارشان با یک الگوی استثنایی مطابقت دارد.

به منظور سنجش صحت عملکرد مدل پیشنهادی کشف و یادگیری سهام استثنایی، مدل حاضر بر روی داده‌های سه ماهه آخر سال ۱۳۹۳ بکار گرفته شده است. همچنین از خبرگان خواسته شده تا سهام استثنایی موجود در این دوره را شناسایی نمایند. نتایج مقایسه خروجی مدل حاضر و نظرات خبرگان بازار بورس نشان‌دهنده تطبیق دانش

استخراج شده در مورد سهام استثنایی با نظر خبرگان است.

نتیجه گیری

هدف از این تحقیق، طراحی ابزاری کارآمد برای کشف و شناسایی داده‌های استثنایی از میان انبوه داده موجود در پایگاه داده و یادگیری رفتار آن‌ها است. اساس روش پیشنهادی، تدوین مدل کشف و یادگیری استثنائات با به‌کارگیری تئوری اطلاعات و روش یادگیری RISE تعدیل یافته است. ابتدا با استفاده از شاخص استخراج اطلاعات (آنتروپی) به شناسایی داده‌های استثنایی موجود در پایگاه داده پرداخته و سپس با به‌کارگیری روش پیشنهادی یادگیری استثنائات بر اساس نقاط قوانین بروز رفتار استثنایی استخراج می‌گردد. به‌منظور سنجش کارایی روش پیشنهادی به کشف و یادگیری سهام استثنایی موجود در بازار بورس ایران پرداخته شده است. اطلاعات مربوط به شرکت‌های حاضر در بازار بورس تهران در ۱۳۳۴ رکورد مورد بررسی قرار گرفت. از مجموع داده‌های مورد بررسی ۲/۶٪ استثنایی هستند. از قوانین استخراجی برای پیش‌بینی رفتار سهام جدید و تشکیل پرتفوی بهینه استفاده می‌شود. از نقاط قوت پژوهش حاضر، تفاوت دیدگاه حاکم بر تحقیق با مطالعات موجود، در نحوه کشف استثنائات، به‌کارگیری روش E-RISE برای یادگیری با رویکردی متفاوت، طراحی سیستم خبره برای استفاده از قوانین استخراج شده، تعریف متفاوت از سهام استثنایی و بکارگیری ابزارهای کارآمد برای کشف آن‌ها است. هدف ما حداکثر سازی اطمینان به قوانین رفتار استثنائات برای افزایش ثروت سهامداران با شناسایی سهام استثنایی بر مبنای بروز رفتار فراتر از انتظار مثبت و تشکیل پرتفوی استثنایی است. تحقیقات آتی می‌تواند با در نظر گرفتن مجموعه متغیرهای بیشتری که بروز رفتار استثنایی سهام را بیشتر توجیه نماید مانند سود تقسیمی، حق تقدم، درجه نقد شوندگی، نوسانات قیمت و... انجام گیرد. همچنین پیشنهاد می‌شود به‌منظور افزایش دقت تشخیص آستانه رفتار استثنایی سهام از ریاضیات فازی استفاده گردد.

منابع

- Albanis G. Batchelor R. Combining heterogeneous classifiers for stock selection, **Intelligent Systems in Accounting, Finance and Management**, vol. 15, no. 1-2, pp. 1-27, 2007.
- Burez J. Van den Poel D. Handling class imbalance in customer churn prediction, **Expert Systems with Applications** 36, 4626° 4636, 2009
- Califf M. E. Mooney R. J. Bottom-Up Relational Learning of Pattern Matching Rules for Information Extraction, **Journal of Machine Learning Research** 4,177-210, 2003.
- Cao L. Zhao Y. Zhang C. Mining Impact-Targeted Activity Patterns in Imbalanced Data, **IEEE Transactions on knowledge and data engineering**, Vol. 20, NO. 8, 2008.
- Chawla N. V. Japkowicz N. Icz A. K. Editorial: Special Issue on Learning from Imbalanced Data Sets, **Sigkdd Explorations**, 6(1):1° 6, 2004.
- Chen M. C. Chen L. S. Hsu C. C. Zeng W. R. An information granulation based data mining approach for classifying imbalanced data, **Information Sciences** 178, 3214° 3227, 2008.
- Clark E. Exploiting stochastic dominance to generate abnormal stock returns, **Journal of Financial Markets** 20, 20° 38, 2014.
- Cover T. M. Thomas J. A. Entropy, Relative Entropy and Mutual Information; Elements of Information Theory, ISBN 0-471-06259-6-pp: 12-49, 1991.
- Duong T. V. Bui H. H. Phung D. Q. Venkatesh S. Activity Recognition and Abnormality Detection with the Switching Hidden Semi-Markov Model, **IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR 05)**, 2005.
- García V. Sánchez J.S. Mollineda R.A. On the effectiveness of preprocessing methods when dealing with different levels of class imbalance, **Knowledge-Based Systems** 25, 13° 21, 2012.
- Gong R.S. A Segmentation and Re-balancing Approach for Classification of Imbalanced Data, PHD theses, **University of Cincinnati**, 2010.
- Hoffman M. L. Moral internalization: Current theory and research, In L. Berkowitz (Ed.), **Advances in experimental social psychology**10, 85-133, 1977.
- Hu D. H. Zhang X. X. Yin J. Zheng V. W. Yang Q. Abnormal Activity Recognition Based on HDP-HMM Models, **the Twenty-First International Joint Conference on Artificial Intelligence**, 2009.
- Japkowicz, N., The class imbalance problem: Significance and strategies, the international conference on artificial intelligence: **Special track on inductive learning**, 2000.
- Joshi M. V, Learning Classifier Models for Predicting Rare Phenomena, PhD thesis, **University of Minnesota**, Twin Cities, Minnesota, USA, 2002.
- Kim Y. Sohn S.Y. Stock fraud detection using peer group analysis, **Expert Systems with Applications** 39, 8986° 8992, 2012.
- Kou Y, Abnormal Pattern Recognition in Spatial Data, PHD theses, **Faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University**, 2006.
- Li X. Rao F. Outlier Detection Using the Information Entropy of

- Neighborhood Rough Sets, **Journal of Information & Computational Science**, 3339° 3350, 2012.
- McCarthy J. Applications of circumscription to formalizing common-sense knowledge, **Artificial Intelligence** 28, 89-116, 1986.
- Nagi J. An intelligent system for detection of non-technical losses in Tanaga National Berhad (TNB) Malaysia low voltage distribution network, PhD Thesis, **Tenaga national university**, 2009.
- Qamar U. Automated Entropy Value Frequency (AEVF) Algorithm for Outlier Detection in Categorical Data, **Recent Advances in Knowledge Engineering and Systems Science**, 28-35, 2011.
- Reiter R. A Theory of Diagnosis from First Principles, **Artificial Intelligence** 32, 57-95, 1987.
- Setyohadi D. B. Abu Bakar A. Othman Z.A. Rough K-means Outlier Factor Based on Entropy Computation, **Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology** 8(3): 398-409, 2014.
- Weiss G. Mining with rarity: A unifying framework. **SIGKDD Explorations Special Issue on Learning from Imbalanced Datasets**, 6(1):7° 19, 2004.
- Xiang T. Gong S. Video Behavior Profiling for Anomaly Detection. **IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence** 30(5), 893° 908, 2008.

