



داده کاوی با رویکرد منطق فازی

حمید شیخ ویسی^۱، مینا بامدی^۲، ابوالفضل میرشکاری معظم^۳ و فاطمه شریفی صدر^۴

^۱مربی، دانشگاه پیام نور زاهدان، دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات، Hamid.sheikhveisi@pnu.ac.ir

^۲دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه هاتف واحد زاهدان، مهندسی فناوری اطلاعات

^۳دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه هاتف واحد زاهدان، مهندسی فناوری اطلاعات

^۴دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه هاتف واحد زاهدان، مهندسی فناوری اطلاعات

چکیده - نظریه مجموعه های فازی در داده کاوی نقش مهمی را ایفا می کند. و منجر به پیدایش مبحث داده کاوی فازی شده است. در این مقاله ما به بررسی منطق فازی و داده کاوی و برخی از کاربرد های آن می پردازیم سپس ما به مفهوم داده کاوی فازی اشاره می کنیم. مجموعه فازی می تواند به داده کاوی کمک کند. در این رابطه برخی از مزایای روش های فازی برای نشان دادن و شناسایی الگوهای مبهم در داده ها به طور خاص تاکید می شود. و برخی از پژوهش های متعددی در حوزه داده کاوی فازی انجام شده که نقش مبحث فازی در آن ها در زمینه های گوناگون بیان شده است. و سپس به داده کاوی و دسته بندی های فازی و برخی روش های آن را مطالعه می کنیم.

کلید واژه- داده کاوی، مجموعه های فازی، سیستم فازی، داده کاوی فازی.

مخازن اطلاعات است هان و کمبر در [۳]. واژه فازی به معنای نادقیق، نرم، مبهم و گنگ است. تئوری فازی یک چارچوب جدید است که توانایی مدل کردن واقعیت را آنچنان که هست دارد. همانطور که در [۸] بیان شده است منطق فازی در سال ۱۹۶۵ توسط لطفی زاده، استاد علوم رایانه در دانشگاه کالیفرنیا در برکلی آغاز شد. اساسا منطق فازی (FL) یک منطق چند منظوره است. داده کاوی، و چندین حوزه تحقیقاتی مرتبط با آن برای القای خودکار مدل ها و استخراج الگوهای جالب از داده های تجربی، در ارتباط هستند. کسب دانش خودکار از این نوع از زمان طولانی جنبه ضروری هوش مصنوعی بوده است و اخیرا توجه قابل توجهی را در مجموعه مجموعه های فازی به خود جلب کرده است. این مقاله به مشارکت بالقوه ی نظریه مجموعه های فازی و داده کاوی و حوزه های مربوطه را برجسته می کند. در این رابطه برخی از مزایای روش های فازی برای نمایش و استخراج الگوهای مبهم کاوی در داده ها به طور خاص مورد تاکید قرار می گیرند. این بخش داده کاوی فازی را ارائه می دهد که یادآوری پایه را بر روی داده کاوی می دهد. سپس استفاده های مختلف از مجموعه های فازی در داده کاوی ارائه شده است. داده کاوی به یک فرآیند جهانی که از چندین مرحله تشکیل شده (پیش پردازش اطلاعات، یادگیری، تحلیل، انتخاب، ...) اشاره دارد. لازم به ذکر است که بر خلاف داده کاوی

۱- مقدمه

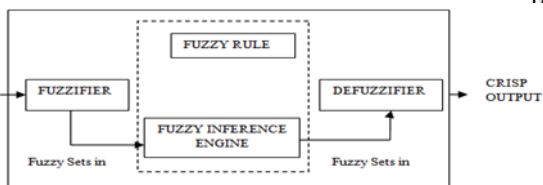
ریشه های داده کاوی در میان سه خانواده از علوم قابل پیگیری می باشد. مهمترین این خانواده ها آمار کلاسیک می باشد. بدون آمار هیچ داده کاوی وجود نخواهد داشت بطوریکه آمار اساس اغلب تکنولوژی هایی می باشد که داده کاوی بر روی آنها بنا می شود. آمار کلاسیک مفاهیمی مانند تحلیل رگرسیون توزیع استاندارد، انحراف استاندارد، واریانس، تحلیل خوشه، و فاصله های اطمینان را که همه این موارد برای مطالعه داده و ارتباط بین داده ها می باشد را در بر می گیرد. مطمئنا تحلیل آماری کلاسیک نقش اساسی در تکنیکهای داده کاوی ایفا می کند. تئوری فازی توسط پرفسور لطفی عسگر زاده یا زاده معرفی شد. زاده به ناتوانی ریاضیات کلاسیک برای پرداختن به مسائل نادقیق دنیای واقعی اشاره کرد و فونداسیون چارچوب جدیدی بنام تئوری فازی را پایه ریزی کرد و مبانی آن را معرفی کرد. همانطور که دیوید و هیکی ذکر کرده اند به طور ساده داده کاوی به معنای استخراج یا معدن کاری دانش از مقدار زیادی داده خام است [۲]. داده کاوی عبارتست از فرآیند یافتن دانش از مقادیر عظیم داده های ذخیره شده در پایگاه داده، انباره داده و یا دیگر



دیگر خارج از مرز این مجموعه سقوط خواهد کرد. این به عنوان یک مجموعه کلاسیک و کریسپ است، همانطور که بدون شک شناخته شده است که این چهار عدد متعلق به این مجموعه اند.

۲-۱- توصیف سیستم منطقی فازی

یک سیستم منطقی فازی (FLS) شامل چهار عنصر اساسی می شود (شکل ۱): فازی ساز، قواعد فازی، موتور استنتاج و فازی ساز. پایگاه قواعد فازی مجموعه ای از قواعدی است که در موتور استنتاج ترکیب شده است تا خروجی فازی تولید کند (در اصل، موتور نتیجه گیری تولید مقادیر از مجموعه های فازی را به مجموعه های فازی) می دهد. Fuzzifier ورودی های کریسپ را به مجموعه های فازی نشان می دهد که بعدها به عنوان ورودی ها به موتور استنتاج مورد استفاده قرار می گیرند، در حالی که دستگاه Defuzzifier مجموعه های فازی تولید شده توسط موتور استنتاج را به اعداد کریسپ تبدیل می کند. مجموعه های فازی می توانند به عنوان توابع عضویت μ_X تفسیر شوند که با هر عنصر x جهانی U تعداد $\mu(x)$ در فاصله $[0,1]$ تعریف می شود



شکل ۱: نمایی از یک سیستم فازی [۹]

۳- داده کاوی

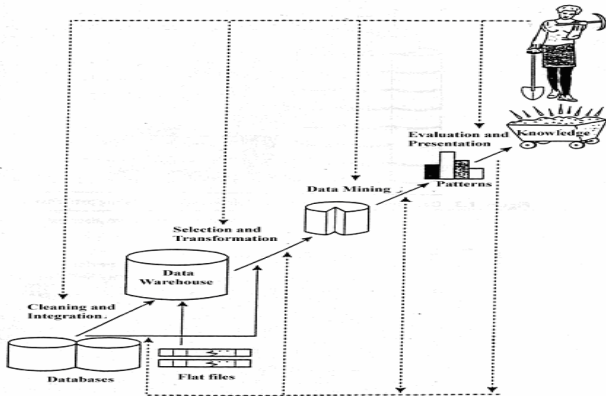
بطور کلی استفاده همگانی از وب و اینترنت به عنوان یک سیستم اطلاع رسانی جهانی ما را مواجه با حجم زیادی از داده و اطلاعات می کند. این رشد انفجاری در داده های ذخیره شده، نیاز مبرم وجود تکنولوژی های جدید و ابزارهای خودکاری را ایجاد کرده که به صورت هوشمند به انسان یاری رسانند تا این حجم

کلاسیک، در حال حاضر در داده کاوی فازی معیارهای متشکل از مجموعه داده های فازی برای مقایسه الگوریتم ها وجود ندارد. مقاله حاضر به بررسی مفهوم داده کاوی و منطق فازی می پردازد و سپس ترکیب این دو مفهوم یعنی داده کاوی فازی را تعریف خواهد کرد. و به کاربرد ها و اهمیت آن خواهد پرداخت. در بخش ۲ به تعریف منطق فازی که در سال ۱۹۶۵ توسط لطفی زاده، معرفی شده است خواهیم پرداخت. در بخش ۳ مفهوم داده کاوی یا کشف را تعریف خواهیم کرد و در بخش ۴ داده کاوی فازی را مرور خواهیم کرد. که شامل مفاهیم داده کاوی فازی و مدیریت احساسات و الگوهای فازی کاوی در داده ها و استخراج ویژگی فازی و نمایش الگوی و داده کاوی و دسته بندی فازی می باشد.

۲- منطق فازی

منطق فازی (FL) در سال ۱۹۶۵ توسط لطفی زاده، استاد علوم رایانه در دانشگاه کالیفرنیا در برکلی آغاز شد. اساسا منطق فازی (FL) یک منطق چند منظوره است که اجازه می دهد مقادیر متوسط بین تعاریف متداول تعریف شود ارزیابی هایی مانند درست / غلط، بله / خیر، بالا / پایین و غیره سیستم فازی یک جایگزین برای مفاهیم سنتی عضویت و منطق است که منشأ آن در فلسفه یونان باستان و کاربرد در هوش مصنوعی است. با این حال، با وجود ریشه های طولانی آن، این یک زمینه نسبتا جدید است و به همین ترتیب فرصت های زیادی برای توسعه دارد. بر اساس مطالعات متداول، اطلاعات مختصر در مورد سیستم های منطقی فازی آمده است [۱۰].

منطق فازی یک مفهوم است که بر اساس نظریه مجموعه کلاسیک و کریسپ است. نظریه مجموعه کریسپ یک جهان را تعریف می کند، می گوید Z ، که در آن مجموعه ای از اشیاء، همچنین به عنوان عناصر شناخته می شوند، در این جهان وجود دارد. اغلب این عناصر یک شباهت دارند که به آنها امکان می دهد تا برای سادگی یا راحتی گروه بندی شوند. به عنوان مثال در یک جهان که عناصر مشخصه آنها عدد کل شامل یک تا ده مجموعه ای با عنوان "اعداد اول" وجود دارد. بنابراین عناصر منحصر به این مجموعه دو، سه، پنج و هفت هستند. هر عدد



شکل ۲: داده کاوی به عنوان یک مرحله از فرایند کشف دانش [۱]

زیاد داده را به اطلاعات و دانش تبدیل کند: داده کاوی به عنوان یک راه حل برای این مسائل مطرح می باشد. در یک تعریف غیر رسمی داده کاوی فرآیندی است، خودکار برای استخراج الگوهایی که دانش را بازنمایی می کنند، که این دانش به صورت ضمنی در پایگاه داده های عظیم، انباره داده ۲ و دیگر مخازن بزرگ اطلاعات، ذخیره شده است. داده کاوی بطور همزمان از چندین رشته علمی بهره می برد نظیر: تکنولوژی پایگاه داده، هوش مصنوعی، یادگیری ماشین، شبکه های عصبی، آمار، شناسایی الگو، سیستم های مبتنی بر دانش ۳، حصول دانش ۴، بازیابی اطلاعات ۵، محاسبات سرعت بالا ۶ و بازنمایی بصری داده ۷ داده کاوی در اواخر دهه ۱۹۸۰ پدیدار گشته، در دهه ۱۹۹۰ گامهای بلندی در این شاخه از علم برداشته شده و انتظار می رود در این قرن به رشد و پیشرفت خود ادامه دهد.

اغلب به صورت مترادف یکدیگر مورد استفاده قرار می گیرند. (کشف دانش در پایگاه داده) و (داده کاوی) واژه های ۱ نشان داده شده است. کشف دانش به عنوان یک فرآیند در شکل ۲ کشف دانش در پایگاه داده فرایند شناسایی درست، ساده، مفید، و نهایتاً الگوها و مدل‌های قابل فهم در داده ها می باشد.

داده کاوی مرحله ای از فرایند کشف دانش می باشد و شامل الگوریتم‌های مخصوص داده کاوی است بطوریکه تحت محدودیتهای مؤثر محاسباتی قابل قبول الگوها و یا مدل‌ها را در داده کشف می کند. به بیان ساده تر داده کاوی به فرایند استخراج دانش ناشناخته درست و بالقوه مفید از داده اطلاق می شود. تعریف دیگر اینست که داده کاوی گونه ای از تکنیکها برای شناسایی اطلاعات و یا دانش تصمیم گیری از قطعات داده می باشد، به نحوی که با استخراج آنها، در حوزه های تصمیم گیری، پیش بینی، پیشگویی، و تخمین مورد استفاده قرار گیرند. داده ها اغلب حجیم اما بدون ارزش می باشند داده به تنهایی قابل استفاده نیست بلکه دانش نهفته در داده ها قابل استفاده می باشد. به این دلیل اغلب به داده کاوی تحلیل داده ای ثانویه گفته می شود [۱-۳].

کشف دانش دارای مراحل تکراری زیر است:
پاکسازی داده ها: از بین بردن نویز و ناسازگاری داده ها.
یکپارچه سازی داده ها: چندین منبع داده ترکیب می شوند.
انتخاب داده ها: داده های مرتبط با آنالیز پایگاه داده بازیابی می شوند.
تبدیل کردن داده ها: تبدیل داده ها به فرمی که مناسب برای داده کاوی باشد مثل خلاصه سازی و همسان سازی
داده کاوی فرایند اصلی که روال های هوشمند برای استخراج الگوها از داده ها به کار گرفته می شوند.
ارزیابی الگو: برای مشخص کردن الگوهای صحیح و مورد نظربه وسیله معیارهای اندازه گیری
ارائه دانش یعنی نمایش بصری، تکنیکهای بازنمایی دانش برای ارائه دانش کشف شده به کاربر استفاده می شود. [۱]

۴- داده کاوی فازی

اطلاعات ذهنی و عاطفی پس از ارائه مبحث فازی طرح شدند و امکان کاوش اطلاعات پیچیده‌ای که در محیط کلاسیک ارزش‌های صفر و یک کار با آن‌ها دشوار است را با در نظر گرفتن عواطف فراهم می‌کنند. در ادامه، فازی بودن در داده‌ها و دانش ورودی، مدل و دانش خروجی طی فرآیند داده‌کاوی مورد بررسی قرار گرفته. لازم به ذکر است در داده‌کاوی فازی برخلاف



بتواند از داده های موجود در مجموعه ی آموزش، متفاوت باشد) که این اصطلاحاً مجموعه ی تست نامیده می شود. در یک مفهوم کلی تر، مجموعه ی تست می تواند با موارد کاربردی خاص مدل در موقعیت های ویژه در ارتباط باشد. با توجه به اینکه الگوریتم های یادگیری ماشینی بسیار قابل اعتماد هستند انتخاب یک مدل جهت استفاده در داده کاوی به کمک تفسیرپذیری مدلی که ایجاد می نماید، انجام می شود. داده کاوی فرآیندی است که بر استفاده از الگوریتم یادگیری ماشینی بر امر کاربردی مورد نظر استوار است. یکی از تفاوت های اصلی آن است که مدل ساخت ه شده، پس از آن نه تنها جهت دسته بندی موارد جدید، بلکه به منظور فراهم نمودن دانشی اضافی نیز استفاده می شود. داده کاوی با دقت مدل حاصله به منظور ارائه ی اعتبار آن یا یک ارزیابی از عملکردهای آن نیز در ارتباط است. در این موارد، مدل های دارای دقت مناسب می توانند به جای بالاترین موارد، به عنوان هدف اصلی در دستیابی به دانش قابل فهم از داده ها، کفایت کنند.

داده کاوی فازی، تعمیمی از داده کاوی است که در آن مدلسازی مجموعه های فازی معرفی می شود. انواع مختلف داده کاوی فازی را می توان بسته به کاربرد یا مسئله ای که با آن سروکار داریم، برجسته نمود. سوال اصلی که می توان بدان اشاره نمود این است که "فازی" در داده کاوی فازی به چه معناست؟ جهت پاسخ به این پرسش، بایستی مؤلفه های فرآیند داده کاوی با دقت کامل بررسی شوند [۶].

۴-۱- داده کاوی و مدیریت احساسات

داده کاوی فازی یکی از فعال ترین زمینه های تحقیقاتی است که نمایندگان دانش فازی بر پایه آنها تأثیرگذار هستند. بسیاری از حوزه های آن هنوز به شدت مورد مطالعه قرار گرفته اند و ما بر دو جنبه امیدوار کننده تمرکز می کنیم که در آن تحولات زیادی باید انجام شود و علاوه بر این، تفسیر پذیری و رفتار ذهنی مهم است. در میان دامنه های اصلی که داده کاوی فازی می تواند مفید باشد، ما می خواهیم این مقاله را با اشاره به دامنه ای که هنوز برای کشف کردن آن، با انواع برنامه های بسیار امیدوار کننده برای مشکلات دنیای واقعی، به پایان برسانیم، به دلیل شناخت شناختی آن اجزا و ذاتی ذاتی آن. این دامنه بسیار فعال محاسبات عاطفی یا محاسبات عاطفی نامیده

داده کاوی کلاسیک، هیچ محکی برای مقایسه الگوریتم ها وجود ندارد. بنابراین، الگوریتم ها معمولاً به وسیله محک های کلاسیک و گاهی پس از فرآیند فازی سازی مصنوعی داده های عددی، سنجیده می شوند. متأسفانه، چنین محک هایی تنها برای مقایسه صحت مدل ها مفید است نه تفسیرپذیری آن ها، لذا نیاز به ارائه رویکردهایی که بتوانند بین صحت و تفسیرپذیری در مدل سازی فازی توازن ایجاد کنند احساس می شود داده کاوی به فرآیندی سراسری اطلاق می شود که از چندین مرحله تشکیل شده است (پیش پردازش داده ها، یادگیری، تحلیل، گزینش، داده کاوی و یادگیری ماشینی دو حوزه ی درهم تنیده هستند، به این معنا که معمولاً داده کاوی دربردارنده ی یک الگوریتم یادگیری ماشینی (به عنوان یک مرحله) است. در متون و مقالات، "داده - کاوی می تواند به مرحله ی یادگیری ماشینی یک فرآیند داده کاوینیز اشاره داشته باشد. در اینجا، داده کاوی و یادگیری ماشینی متفاوتند، عمدتاً به این معنا که هر کدام از آنها هدف خاصی دارند. در تفاوت های زیر بیان شده اند: هدف اصلی یادگیری ماشینی توسط عملکردهایی در چشم انداز پیشگویانه هدایت می شود، در حالیکه داده کاوی با قابل فهم بودن الگوهای کشف شده در ارتباط است. اهداف یادگیری ماشینی ایجاد مدلی از مجموعه ای شامل داده هاست که دانشی زمینه ای فراهم می آورند. داده ها، دسترس پذیری مجموعه ی آموزشی را برای ساخت مدل یا تنظیم آن، فراهم می کنند. دانش زمینه ای در صورت وجود داشتن، توسط متخصصین آن حوزه تهیه شده، یا به تخصص حوزه مربوط می شود. در این روند، مدل را می توان دانشی نو دانست که از یادگیری تولید شده است، و می تواند شکل های مختلفی داشته باشد: برای نمونه توابع ریاضی، شبکه ی عصبی، پایگاه قوانین (پایگاه داده ای شامل مجموعه ای از قوانین)، الگوها، قواعد وابستگی، ...

تصویر زیر پیوندهای میان این المان ها را به تصویر می کشد. بایستی خاطر نشان شود که مدل می تواند دربردارنده ی بخشی از الگوریتم یادگیری باشد، البته در صورتی که الگوریتم، به جای ایجاد کامل مدل، شیوه ای برای تنظیم آن باشد (برای مثال، شبکه های عصبی تنظیم می شوند و درخت های تصمیم گیری ساخته می شوند). در این تصویر، یک کاربرد احتمالی مدل ارائه شده است: می توان از مدل جهت فراهم نمودن یک خروجی برای هرگونه داده ی آتی بهره برداری نمود (یعنی داده هایی که



از داده ها به بیان دیگر، داده‌کاوای فرایندی است که با استفاده از تکنیکهای است. هوشمند، دانش را از مجموعه ای از داده ها استخراج می کند. دانش استخراج شده در قالب مدلها، الگو ها یا قواعد ارائه می شود. این الگوها، مدلها و قواعد اشکال مختلفی از برای ارائه دانش استخراج شده هستند. این دانش می تواند ملاک تصمیم گیری های آتی، عملکرد های بعدی و یا تغییرات لازم در سیستم قرار گیرند. [۱۱]

یکی از روشهای اکتشاف دانش که عموماً در داده کاوی به کار می رود روش طبقه بندی و استفاده از الگوریتمهای درخت تصمیم می باشد درخت های تصمیم می توانند قواعد قابل فهمی را تولید کنند و حتی در یک درخت بزرگ یا پیچیده هم، یک مسیر را به راحتی می توان طی کرد و این باعث می شود که تفسیر دسته بندی ها یا پیش بینی ها نسبتاً آسان باشد. الگوریتم های مختلفی جهت ساخت درخت های تصمیم معرفی شده است، که از روش های معروف آن می توان به ، C_{5.0}، ID₃، OC ، CART ، CHAID ، SERCH ، AID روش های QUEST ، SAS ، algorithms اشاره کرد. [۱۲]

۵- نتیجه گیری

نظریه مجموعه های فازی (Fuzzy Sets) نقش مهمی در داده کاوی داشته و منجر به ظهور مبحث «داده کاوی فازی» شده است. داده کاوی فازی یک افزونه از داده کاوی محسوب که با مدل سازی مجموعه های فازی انجام می شود و مدیریت اطلاعات قابل تفسیر و ذهنی را در فرآیندهای ورودی و خروجی داده کاوی امکان پذیر می سازد. پژوهش های متعددی در حوزه داده کاوی فازی انجام شده که نقش مبحث فازی در آن ها در زمینه های گوناگون شامل افزایش تفسیرپذیری، بهبود استحکام فرآیند و مدیریت اطلاعات مهم به ویژه اطلاعات ذهنی و عاطفی بوده است. FST می تواند به روش های مختلف داده کاوی کمک کند برای بسیاری از مسائل مورد نظر، رویکرد فازی تنها راه حل نیست. با این حال، FST یک چارچوب نسبتاً انعطاف پذیر را فراهم می کند. FST دارای توانایی تولید مدل هایی است که قابل درک بودن، پیچیده تر و قوی تر هستند. در داده کاوی، روش های فازی به نظر می رسد بسیار مفید است برای نشان دادن الگوهای «مبهم»، نقطه ای از اهمیت حیاتی در بسیاری از

می شود و مربوط به تولید احساسات مجازی و شناخت و تحلیل احساسات طبیعی یا وضعیت های روانی در پشتیبانی های دیجیتال است، به عنوان مثال در منابع باز وب شامل تصاویر، فیلم ها یا اسناد متنی. واضح است که بازنمایی دانش فازی می تواند به واسطه توانایی خود برای پردازش داده های نامشخص و ذهنی، و نیز تعاملات آن با زبان طبیعی، به نحو موثری بیشتر از آنچه در حالت فعلی هنر به این وظایف کمک می کند، کمک کند. [۶]

۴-۲- الگوهای فازی کاوی در داده ها

این بخش به طور دقیق تر یکی از مزایای روش های فازی را مورد بحث قرار می دهد که به نظر نویسندگان یکی از مهمترین مشارکت FST در زمینه داده کاوی است. به طور خاص، استدلال می شود که افزایش بیان شده از روش های فازی، که عمدتاً به دلیل توانایی نمایش خواص درجه بندی به روش کافی است، برای هر دو استخراج ویژگی و تجزیه و تحلیل وابستگی پس از آن مفید است. در اینجا، ما از نمایه استاندارد نهادهای داده از نظر بردارهای ویژگی، یعنی تعداد مشخصی از ویژگی ها یا ویژگی ها، که هر یک از آنها یک ویژگی مشخص از یک نهاد است، پی می بریم. برای مثال، اگر نهادهای داده کارمند باشند، ویژگی های احتمالی ممکن است جنسیت، سن و درآمد باشند. هدف مشترکی از روشهای مبتنی بر ویژگی در آن زمان برای تجزیه و تحلیل روابط و وابستگی بین صفات است [۶].

۴-۳- استخراج ویژگی های فازی و نمایش الگو

بسیاری از ویژگی های مورد علاقه، و به این ترتیب الگوهای بیان شده از نظر این ویژگی، ذاتاً فازی هستند. به عنوان مثال، به اصطلاح "candlestick patterns" که به برخی ویژگی های سری زمانی مالی اشاره می کنند را در نظر بگیرید. اعتقاد بر این است که این الگوها روانشناسی بازار را منعکس می کنند و از تصمیمات سرمایه گذاری حمایت می کنند. نیازی به گفتن نیست که یک الگوی شمعدانی فازی است به این معنی که انتقال بین حضور و عدم وجود الگو به تدریج و نه ناگهانی است [۶].

۴-۴- داده کاوی و دسته بندی فازی

داده کاوی، عبارت از اقتباس یا استخراج دانش از مجموعه ای



کنگره ملی توسعه پژوهش های نوین در مهندسی برق و کامپیوتر

موسسه آموزش عالی وحدت، تربت جام، ایران



۸ و ۹ اسفند ۹۷

2nd National Congress of Innovative Research Developments in Electrical and Computer Engineering

زمینه های کاربردی است. مفهوم داده کاوی فازی نیاز به پرداختن بیشتر در بسیاری از زمینه ها دارد.

مراجع

- [۱] Two Crows Corporation, *Introduction to Data Mining and Knowledge Discovery* ۱۹۹۹.
- [۲] A. David Hand ۱ and B. Heikki Mannila ۲, "Padhraic Smyth. Principles of Data Mining. The MIT Press ۲۰۰۱.
- [۳] A. J. Han ۱ and B. M. Kamber ۲, "Data Mining: Concepts and Techniques", San Diego Academic Press, ۲۰۰۱.
- [۴] A Christophe Marsala ۱, " Fuzzy data mining and management of interpretable and subjective information Fuzzy Sets and Systems ۲۸۱ (۲۰۱۵) ۲۵۲-۲۵۹.
- [۵] A. Gilbert NSHIMYUMUREMYIP, , Application of Fuzzy Sets Theory in Students' Performance Appraisal IJSET - International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology, Vol. ۳ Issue ۱, January ۲۰۱۶.
- [۶] A Eyke Hu, , Ilermeier Fuzzy sets in machine learning and data mining Applied Soft Computing ۱۱ (۲۰۱۱) ۱۴۹۳-۱۵۰۵.
- [۷] A. Susan M ۱. Bridges "FUZZY DATA MINING AND GENETIC ALGORITHMS APPLIED TO INTRUSION DETECTION Mississippi State, MS ۳۹۷۶۲ (۶۶۲) ۳۲۵-۲۷۵۶.
- [۸] Zadeh, L. A. (۱۹۸۴). Making computer think like people. IEEE Spectrum, (pp. ۲۶-۳۲).
- [۹] Mendel, J. M., & Mouzouris, G. C. (۱۹۹۷). Designing Fuzzy Logic Systems. *IEEE Transactions On Circuits And Systems—II: Analog*.
- [۱۰] Ramot, D., Menahem, F., Gideon, L., & Abraham, K. (August, ۲۰۰۳). Complex Fuzzy Logic. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, vol. ۱۱, pp. ۴۵۰-۴۶۱.

[۱۱] .مروج، مصطفی، افزودن قابلیت داده کاوی فازی به بانکهای اطلاعاتی رابطه ای"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی امیر کبیر ۱۳۸۳.

[۱۲] .مشکانی، علی، ناظمی، عبدالرضا، " داده کاوی کاربردی"، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نیشابور. ۱۳۸۸.