نشریه علمی-تخصصی
پژوهش های نوین علوم مهندسی
ISSN: 2538-3809
سال هشتم، شماره ۲ (پیاپی: ۴۳)، تابستان ۱۴۰۲

ارائه روشی جهت کشف جوامع در شبکه‌های اجتماعی چندلایه

احسان نریمانی[۱]، محمد جانبزرگی[۲]، سبحان هدایتی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۳/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۴/۲۰
کد مقاله: ۱۵۰۵۱

چکـیده

در سال های اخیر که جهان تبدیل به یک دهکده جهانی شده است و با رشد توانی تعداد کاربران اینترنت، هزاران نفر بصورت آنلاین با هم محاوره دارند، تعداد زیادی از شبکه های اینترنتی به وجود آمده اند. برای دانشمندان کامپیوتر، این رشد توانی و منابع دادهای عظیم زمینه های جدیدی را در زمینه داده کاوی، کشف الگو و ... ایجاد کرده است. این مطالعات امروزه به خاطر پیدا کردن الگوهای رفتاری کاربران از طریق شبکه های اجتماعی مهم شده است. یک شبکه اجتماعی به عنوان یک ساختار اجتماعی از اشخاص تعریف می شود که به صورت مستقیم یا غیر مستقیم و بر اساس رابطه ای مثل دوستی، اشتراک فایل، ارسال ایمیل و ... با هم محاوره دارند. آنالیز چنین شبکه هایی مانند فیس بوک[۴]، مای اسپیس[۵] با تکنیک داده کاوی اخیرا مورد توجه قرار گرفته است که انگیزه اصلی آن، تقاضا برای جستجوی دانش‌های مجموعه داده ها و یادگیری رفتار کاربران در محیط آنلاین است. آنالیز شبکه های اجتماعی، نگاشتن و یادگیری روابط و جریان های ارتباطی بین مردم و گروه‌ها، سازمان ها، کامپیوترها یا دیگر موجودیت اطلاعات دانش است. برای نمایش شبکه های اجتماعی از یک گراف استفاده میشود که افراد، گره‌ها و ارتباطات بین آنها، لینک های گراف هستند. آنالیز شبکه های اجتماعی هم تحلیل بصری و هم تحلیل ریاضی روابط بشری را فراهم می کنند. شبکه های اجتماعی را می توان هم از لحاظ ساختار و هم از لحاظ محتوای اجتماعات مورد بررسی قرار داد که در زمینه ساختار شبکه های اجتماعی در حوزه گراف کاوی و در زمینه تحلیل محتوا در حوزه متن کاوی قرار می گیرند.

واژگـان کلـیدی: کشف جوامع، شبکه اجتماعی، الگوریتم ژنتیک.

۱- دانشجوی دکتری مهندسی نرم افزار کامپیوتر، گروه کامپیوتر دانشگاه یاسین بروجرد، ایران
۲- کارشناس ارشد مهندسی نرم افزار کامپیوتر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دورود، ایران
۳- کارشناس مهندسی کامپیوتر، مرکز آموزش عالی پلدختر، دانشگاه لرستان، ایران

4- facebook
5- myspace

۱- مقدمه

بیش از دو دهه است که شبکه های اجتماعی در زمینه تجزیه و تحلیل تعاملات بین بازیگران و تعیین الگوهای ساختاری مهم در ارتباطات مورد مطالعه قرار گرفته اند. شبکه های اجتماعی مفهوم جدیدی نیستند. انسانها از قرن ها پیش در حال تشکیل شبکه های اجتماعی بودند. اما چیزی که باعث شده است امروز، شبکه های اجتماعی بیشتر از همیشه مورد توجه قرار بگیرند، به وجود آمدن ابزارهای دیجیتال و کمک آنها به توسعه شبکه های اجتماعی بوده است(چارو و همکاران[1]، ۲۰۱۱). شبکه های اجتماعی را می توان در زمینه های مختلفی در نظر گرفت، سیستم هایی مانند فیس بوک که به صراحت برای تعاملات اجتماعی طراحی شده است و یا در شرایط دیگر فلیکر که برای سرویس های مختلف مانند اشتراک گذاری محتوا طراحی شده است و اجازه تعامل اجتماعی را در یک سطح گسترده برای کاربران خود فراهم می کند (واسرمن و همکاران، ۱۹۹۴).

امروزه بسیاری از افراد بخشی از روابط خود با دوستان و آشنایان را از طریق شبکه های اجتماعی مجازی برقرار می‌کنند. تجزیه و تحلیل شبکه های اجتماعی یکی از زمینه های تحقیقاتی مهم است که اخیراً توجه محققین را به خود جلب کرده است. تشخیص جوامع زمینه ای است که در سال های اخیر مطالعه زیادی در مورد آن صورت گرفته و یکی از زمینه های مورد علاقه شبکه‌های اجتماعی است (صمیمیان و همکاران، ۱۳۹۳). یک شبکه اجتماعی غالباً در یک گراف بیان می شود که در آن رأس ها، بازیگران و یال ها نشانگر ارتباط میان آن ها است (کوشیا و همکاران، ۲۰۱۱).

امروزه وب سایت های شبکه های اجتماعی به یک منبع غنی از داده های ناهمگون مبدل شده است، از این رو تجزیه و تحلیل این داده‌ها می تواند منجر به کشف اطلاعات و روابط ناشناخته در این شبکه ها شود. به هر ساختار اجتماعی از افراد که بر اساس یک رابطه اجتماعی ایجاد می شود، یک شبکه اجتماعی می گوییم. بنابراین هر شبکه اجتماعی شامل مجموعه ای از انسان ها و روابط اجتماعی بین آن هاست. لذا هر شبکه اجتماعی از دو عنصر تشکیل شده است: موجودیت های شرکت کننده در ارتباط و ارتباط بین این موجودیت ها . درعلوم اجتماعی به موجودیت های شرکت کننده در ارتباط بازیگر و به ارتباطات بین این موجودیت ها رابطه گفته می شود. شبکه های اجتماعی به دو نوع برخط و برون خط تقسیم می شود .از شبکه های برون خط می توانبه شبکه دوستان، شبکه همکاران و شبکه همکلاسی ها اشاره کرد .از شبکه های برخط می توان به شبکه های اجتماعی نظیر فیس بوک، توییتر و گوگل پلاس اشاره کرد. شبکه های اجتماعی از قرن نوزدهم مورد توجه قرار گرفت. پژوهش ها در این حوزه از دهه چهل به بعد باتعریف ابزارهایی چون گراف اجتماعی شتاب بیشتری گرفت. تجزیه و تحلیل شبکه اجتماعی برای بررسی ساختار روابط اجتماعی یک گروه با هدف کشف ویژگی ها و روابط گروه یا افراد می باشد .همچنین اینطور هم می توان تعریف کرد ، تجزیه و تحلیل شبکه های اجتماعی به درک رابطه بین"بازیگران" می باشد که بازیگر (گره) می‌تواند یک فرد، یک سازمان، یک رویداد یا یک شی باشد. امروزه تجزیه و تحلیل شبکه های اجتماعی مورد مطالعه محققان رشته‌هایی مانند: جامعه شناسی، ارتباطات، علوم کامپیوتر، آموزش و پرورش ،اقتصاد ، جرم شناسی، علم مدیریت، پزشکی،علوم سیاسی و سایر رشته ها قرار گرفته است (ساعی و همکاران، ۱۳۹۰).

کشف جامعه متشکل از گره‌های «مشابه» یک چالش مهم در زمینه تجزیه و تحلیل داده های شبکه اجتماعی است و به طور گسترده ای در زمینه ساختار گرافی در این شبکه ها مورد مطالعه قرار گرفته است. شبکه های اجتماعی اینترنتی علاوه بر ساختار گرافی، حاوی اطلاعات مفیدی از کاربران درون شبکه می باشند، که استفاده از این اطلاعات می تواند منجر به بهبود کیفیت کشف جوامع گردد (موسوی و همکاران، ۱۳۹۴).

هدف این تحقیق صرفاً تجزیه و تحلیل شبکه های اجتماعی و کشف جوامع در این شبکه ها می باشد. چرا که اهمیت این مبحث از نظر اینکه شبکه های اجتماعی توانایی منحصر به فردی برای برقراری ارتباط و تعاملات افرادی که از لحاظ جغرافیایی پراکنده میباشد را داشته و آن ها را به حالت های مختلف با یکدیگر ارتباط داده و اجازه تعامل و شراکت گذاری اطلاعات با افراد مختلف از جمله همکاران، آشنایان، خانواده، دوستان، طرفداران، فعالان و غیره را بر فراهم سازی اطلاعات افراد، امکان به روز رسانی هر یک از موارد نمایه ها، به اشتراک گذاری اطلاعات شخصی و عمومی را به کاربران می دهد روشن است(ساچان و همکاران، ۲۰۱۲).

ساختار شبکه های اجتماعی، شاخص خوبی برای پیش بینی اقدامات بالقوه کاربران است. بنابراین ما در شبکه های اجتماعی اینترنتی علاوه بر ارتباطاتی که بین کاربران وجود دارد، عملیات مختلفی نیز خواهیم داشت، که معمولاً کاربران این عملیات را به سلیقه و تمایل خود انتخاب می کنند، و این سلایق کاربران است که ساختار تکمیلی شبکه را می سازد. یکی از چالش های اساسی در زمینه تجزیه و تحلیل شبکه های اجتماعی چندلایه، کشف جوامع می باشد (جانلی و همکاران، ۲۰۰۹).

جوامع به عنوان گروه ها، خوشه ها، زیرگروه های منسجم در زمینه های مختلف دیده می شوند، پیدا کردن جامعه در یک شبکه اجتماعی چند لایه، شناسایی مجموعه ای از گره‌هاست که بیشتر از گره‌های درون شبکه با یکدیگر ارتباط برقرار می کنند.

1- Charu

همزمان با توسعه سریع وب در دنیای مجازی، وب سایت های شبکه اجتماعی در اشکال جدیدی طراحی شده اند و مردم را به همکاری و ارتباطات با دیگران قادر می سازند. تشخیص جوامع در این وب سایت ها نیز می تواند وظایف محاسبات اجتماعی را تسهیل کند و در بسیاری از برنامه های کاربردی استفاده شود(عنوان مقاله). برای کشف جوامع در شبکه های اجتماعی چند لایه راه ها و روش های متفاوتی موجود است. ما در این تحقیق از روش داده کاوی به کمک الگوریتم ژنتیک به تشخیص جوامع در شبکه های اجتماعی چند لایه می پردازیم.

۲- مبانی نظری

۲-۱- شبکه های اجتماعی

شبکه ی اجتماعی، به هر ساختار اجتماعی متشکل از مجموعه ای از عامل ها و روابط میان آنها گفته می‌شود. مجموعه عامل ها می تواند نماینده ی مجموعه ای از افراد، گروه‌ها یا سازمان های یک جامعه باشد. مجموعه‌ی عامل ها را گره‌های (رأس‌های) شبکه می نامند. روابط میان گره‌ها بیانگر نوعی وابستگی بین اعضای شبکه است. این نوع وابستگی می تواند رابطه‌ی دوستی یا هم گروهی، ارتباط تجاری یا سیاسی و مثال های دیگری از این دست باشد.

۲-۲- انواع شبکه های روابط اجتماعی

در نوشتارهای علمی تعاریف مختلفی برای شبکه روابط اجتماعی بیان شده است. در گونه شناسی شبکه های اجتماعی، آنها را به دو دسته تقسیم می کنند: شبکه های گسترده[1] و شبکه های متمرکز[2] شبکه های اجتماعی گسترده مانند فیس بوک روی حوزه خاصی تمرکز ندارند. در این نوع از شبکه ها اشخاص مختلف با اهداف گوناگون، به دنبال برقراری ارتباط با دیگران هستند. در حالی که شبکه های اجتماعی متمرکز بر حوزه های خاصی مانند آموزش، کسب و کار، اخبار و ... تمرکز دارند که پیرامون همان محتوا و موضوع خاص میگردند(میرلوی[3]، ۲۰۱۳).

۲-۳- مزایای شبکه های اجتماعی

بدون شک، شبکه های اجتماعی به دلیل وجود قابلیت های فراوان و موثر، بدین درجه از توجه و کاربرد دست یافته است و این روند با توسعه فناوری ها و ابزار سریع و در دسترس، هرچه بیشتر رو به گسترش دارد. مزایایی از جمله انتشار سریع و آسان اخبار و اطلاعات، عبور از مرزها و قیود انسانی، خرد جمعی نمونه هایی از آن می باشد.

- انتشار سریع و آزادانه اخبار و اطلاعات
- امکان عبور از مرزهای جغرافیایی و آشنایی با افراد، جوامع و فرهنگ های مختلف
- ارتباط مجازی مستمر با دوستان و آشنایان
- تبلیغ و توسعه ارزش های انسانی و اخلاقی در عرصه جهانی
- یکپارچه سازی[4] بسیاری از امکانات اینترنتی و وبی
- افزایش اعتماد، صمیمیت و صداقت در فضای سایبر
-

۲-۴- داده کاوی

با تعریف داده کاوی به صورت فرایند کشف و تحلیل دادهٔ متعلق به مجموعه های بزرگ با استفاده از ابزار خودکار و بر اساس الگوها و قوانین معنی دار متوجه میشویم که داده کاوی استفاده از ابزار تحلیل داده برای کشف ناشناخته ها، الگوهای معتبر و روابط مجموعه های بزرگ داده است. این ابزار شامل مدل های آماری، الگوریتم های ریاضی و روش های یادگیری ماشینی[5] (الگوریتم هایی که عملکردشان را به صورت خودکار و با نظر به تجربه ها بهبود می دهند. مانند شبکه های عصبی[6] یا درخت های تصمیم گیری[7]) است. پس داده کاوی چیزی بیش از جمع آوری و اداره داده است و تحلیل و پیشبینی داده را نیز شامل می شود(سهرابی، ۱۳۹۳).

1- Comprehensive Network
2- Concentrated Networks
3- Milroy
4- ntegration
5- Machine learning
6- Neural network
7- Decision tree

معمولاً در تحلیل داده از روش هایی مانند پرسشنامه ساختاریافته (متداول در اکثر پایگاه های تجاری داده) یا نرم افزارهای تحلیل آماری استفاده می شود. اکثر ابزارهای ساده تحلیلی از روشی مب تنی بر تحقیق استفاده می کنند. نقطه آغازین فرایند این ابزارهای ساده، ارائه فرضیه است و سپس با استفاده از داده، درستی یا نادرستی آن فرضیه آزمون می شود(فان[1] و همکاران، ۲۰۱۴).

باید توجه داشت که اثربخشی این روش با توجه به قوه ابتکار کاربر در ارا ئهٔ فرضیه های گوناگون متناسب با ساختار نرم افزار مورد استفاده محدود می شود. در مقابل، داده کاوی نیز با به کارگیری رو شی اکتشافی و کاونده به آزمون هم زمان روابط بین داده می پردازد و درجه یگانگی و تکراری بودن داده را بررسی می کند. روش های داده کاوی هیچ فرض یا ساختاری را بر داده تحمیل نمی کنند و به داده اجازه می دهند تا خود، مراحل بعدی را تعیین کند. البته روش های داده کاوی، جانشین روش های آماری سنتی نیستند، بلکه آنها را کامل می کنند. پس میتوان گفت داده کاوی فرایندی مربوط به الگوهای اکتشافی، پیوسته، مدل های آماری و نامتعارف در داده است. این تعریف به مواردی اشاره دارد که داده از نظر حجم، بسیار بزرگ و یا انجام تحلیل دو جانبه بیش از حد بغرنج است(هان[2] و همکاران، ۲۰۱۱).

۲-۵- مراحل الگوریتم ژنتیک

۱. { شروع، Start }: ایجاد جمعیتی از n کروموزوم (جواب های بالقوه مساله به صورت تصادفی
۲. { برازش، Fitness }: ارزیابی میزان سازگاری هر کروموزوم (۸) با استفاده از تابع برازش f(x)
۳. { جمعیت جدید، New Population }: ایجاد جمعیت جدید با تکرار مراحل زیر تا تکمیل جمعیت جدید
۴. { انتخاب، Selection }: انتخاب دو کروموزوم والد از میان جمعیت بر اساس میزان سازگاری آنها
۵. سازگاری بیشتر احتمال انتخاب بیشتر
۶. { تقاطع، Crossover }: کروموزوم های والد مرحله a به طور تصادفی با میزان احتمال تعیین شده جفت گیری (تقاطع) می کنند و دو فرزند جدید به وجود می آورند. اگر تقاطع صورت نگیرد فرزندان عینا مشابه دو کروموزوم والد می شوند.
۷. جهش، Mutation }: کروموزوم های فرزند ایجاد شده به طور تصادفی با میزان احتمال تعیین شده جهش می یابد.
۸. { قبول، Accepting : فرزندان ایجاد شده در جمعیت جدید قرار می گیرند.
۹. { جایگزینی، Replace }: از جمعیت جدید برای تکرار الگوریتم استفاده می شود.
۱۰. { آزمون، Test }: اگر شرایط مطلوب حاصل شود الگوریتم متوقف و جمعیت موجود جواب مطلوب را نشان می دهد.
۱۱. { حلقه تکرار، Loop }: به مرحله ۲ برگشت داده می شود(من[3] و همکاران، ۲۰۱۲).

۳- پیشینه پژوهش

ترشیزی نژاد و همکاران در سال ۱۳۹۴، به بررسی پژوهشی با عنوان تشخیص جوامع در شبکه های اجتماعی با ترکیب الگوریتم ICA و ضریب خوشه بندی پرداختند. مسئله تشخیص جوامع از مسائل مهم در بسیاری از زمینه ها مثل شبکه های کامپیوتری، سیستم های توصیه گر وشبکه های بی سیم است و لذا محققان زیادی از رشته های مختلف، تحقیقات متنوعی را پیرامون آن انجام داده اند. درروش پیشنهادی ابتدا معایب الگوریتم رقابت استعماری با استفاده از عملگرهای اصلی الگوریتم ژنتیک رفع شده و سپس با ترکیب الگوریتم رقابت استعماری با ضریب خوشه بندی و گشت بسته دقت تشخیص جامعه درشبکه های اجتماعی نسبت به روش‌های قبلی بالا برده شده. برای این منظور در الگوریتم رقابت استعماری از عملگر برشدر هنگام حرکت مستعمره ها به سمت استعمارگر و از عملگر جهش برای انتخاب یکی از کشورها به صورت تصادفیاستفاده کرده و همچنین برای تعیین استعمارگرها و محاسبه هزینه کل امپراتوری از ضریب خوشه بندی و گشت بسته استفاده می کنیم. برای ارزیابی روش پیشنهادی از دو معیار اطلاعات متقابل هنجارسازی شده و پیمانه استفاده شده است؛ همچنین مقایسه ها را بر روی دو مجموعه داده یوتیوب و فیسبوک انجام داده ایم. نتایج نشان میدهد روش پیشنهادی از نظر معیار اطلاعات متقابل هنجارسازی شده بر روی مجموعه داده یوتیوب، در مقایسه با روش Fast Greedy به میزان ۰,۴۱ درصد و بر روی مجموعه داده فیسبوک در مقایسه با روش GCE به میزان ۰,۳۷ درصد بهبود داشته است؛ همچنین روش پیشنهادی از نظر معیار پیمانه بر روی مجموعه داده یوتیوب،

1- Fan, etal
2- Han et al
3- Man, etal

در مقایسه با روش DDA-M1 به میزان ۰,۱۱ درصد و بر روی مجموعه داده فیسبوک در مقایسه با روش DDA-M2 به میزان ۰,۲۴ درصد بهبود داشته است. به طور کلی روش پیشنهادی، تشخیص جامعه را نسبت به روشهای دیگر بهبود بیشتری می دهد.

موسوی و همکاران در سال ۱۳۹۴، به بررسی پژوهشی با عنوان کشف جوامع در شبکه‌های اجتماعی با استفاده از کاوش الگوی تکرارشونده پرداختند. در این پژوهش یک روش به منظور کشف جامعه ارائه شده است که علاوه بر اطلاعات ارتباطی بین گره‌ها از اطلاعات محتوایی به منظور ارتقا کیفیت کشف جوامع استفاده می‌گردد. این روش یک رویکرد جدید مبتنی بر الگوی تکرار شونده و بر اساس عملیات کاربران در شبکه است و به طور خاص، بر روی شبکه‌های اجتماعی اینترنتی که در آن کاربران عملیات مورد علاقه خود را انتخاب می‌کنند، اجرا می‌شود. ابتدا، بر اساس علایق و یا فعالیت های کاربران در شبکه، تعدادی جوامع کوچک متشکل از کاربران مشابه را کشف می کنیم و سپس با استفاده از ارتباطات اجتماعی هر جامعه را گسترش می دهیم. نتایج ارزیابی F-measure بر روی دو مجموعه داده دنیای واقعی (بلاگ کاتالوگ و فلیکر) نشان می‌دهد که روش پیشنهادی منجر به بهبود کیفیت کشف جوامع می‌شود.

موسوی و همکاران در سال ۱۳۹۴، به بررسی پژوهشی با عنوان کشف جوامع در شبکه های اجتماعی با استفاده از کاوش الگوی تکرار شونده پرداختند. در این پژوهش به منظور کشف جامعه علاوه بر اطلاعات ارتباطی بین گره‌ها از اطلاعات محتوایی به منظور ارتقا کیفیت کشف جوامع استفاده می گردد. این روش یک رویکرد جدید مبتنی بر الگوی تکرار شونده و بر اساس عملیات کاربران در شبکه است و به طور خاص، بر روی شبکه های اجتماعی اینترنتی که در آن کاربران عملیات مورد علاقه خود را انتخاب می کنند، اجرا می شود.

مشکل تشخیص جامعه با توجه به اهمیت آن در شبکه های اجتماعی تاکنون به طور گسترده مورد مطالعه قرار گرفته است. این روش ها بر اساس خوشه بندی های مبتنی بر تراکم(موهایمنال ادنان و همکاران، ۲۰۰۹)، پارتیشن بندی حداقل – برش(گویال و همکاران، ۲۰۰۸)، مبتنی بر آمار و استنتاج (زاگ، ۲۰۰۹)، مبتنی بر معیارهای تجزیه و تحلیل شبکه های اجتماعی(خوراسگانی و همکاران، ۲۰۱۰)، روش های مبتنی بر کلیک (قنواتی، ۲۰۱۱) و غیره جوامع را شناسایی می کنند. این روش فقط بر روی ارتباطات و ساختار گرافی شبکه های اجتماعی تمرکز می کنند و تعاملات و علاقه مندی کاربران و تأثیر نفوذ کاربران در شبکه های اجتماعی اینترنتی را در نظر نمی گیرند(لو و همکاران، ۲۰۱۱).

تاکالکار[1] و همکارش در سال ۲۰۱۸، به بررسی پژوهشی با عنوان کنترل دسترسی مبتنی بر اعتماد در محیط شبکه های اجتماعی آنلاین دارای چندین نقش پرداختند. در دهه گذشته، به شبکه های اجتماعی آنلاین به عنوان یک پدیده مترقی با توجه به استفاده های آن نگریسته شده است. بسیاری از کاربران حجم زیاد داده ها را آپلود می کنند که شاید امنیت داده ها و کنترل دسترسی را با خطر مواجه کند. راهبرد کنترل دسترسی مبتنی بر اعتماد در ابتدا برای مالک و دوستان وی برای محدود سازی دسترسی به داده ها با استفاده از قواعد به خوبی تعریف شده اعتماد مورد استفاده قرار گرفت. این پژوهش کنترل دسترسی مبتنی بر اعتماد را بسته به نقش های متفاوت ایفا شده توسط کاربر پیاده سازی کرده است. کاربر نقش های متفاوتی مانند مالک، سهیم، پخش کننده و سهامدار ایفا میکند. محاسبه امتیاز انباشته شده اعتماد و محاسبه سطح امنیت در محیط دارای چندین نقش بسته به سناریوهای متفاوت دارای چندین نقش محاسبه شده است. مفهوم بدیع پیشنهاد شده مسئله کنترل دسترسی را حل میکند که در آن کاربر نقش های چندگانه ای ایفا میکند که بیشتر مورد بحث قرار میگیرند.

دباکو[2] و همکاران در سال ۲۰۱۷، به بررسی پژوهشی با عنوان تشخیص جوامع در شبکه های اجتماعی چند لایه ای پرداختند. در این پژوهش یک مدل تولید کننده برای تشخیص جوامع چند لایه ای تعریف شده که به شبکه های مستقیم و غیر مستقیم و همچنین شبکه هایی با لینکهای وزنی عدد صحیح قابل اعمال است. در این پژوهش یک الگوریتم بسیار مقیاس پذیر جهت حداکثر رسانی انتظار ارائه شده که برای داده ها با این مدل برازش پیدا می کند که یک شبکه چندلایه ای را به عنوان ورودی در نظر گرفته و تقسیم عضویت مرکب را به دست میدهد. گره‌ها به جوامع یا گروه هایی تقسیم میشوند ولی هر گره تا حدودی به چند گروه تعلق دارد. در عین اشتراک این بخش توسط همه لایه ها، مدل الگوهای اتصال متفاوتی در هر لایه از قبیل ترکیبات دلخواه ساختارهای وابسته، مستقل یا مستقیم محقق میسازد.

۴- شرط پایان اجرای الگوریتم ژنتیک

برای اینکه تشخیص دهیم چه موقع الگوریتم از اجرا متوقف شود از شیوه های مختلفی می توان استفاده کرد. به عنوان نمونه می توان همگرا شدن کل جمعیت را در نظر گرفت و با اینکه فاصله ارزیابی (برازندگی) بهترین فرد جمعیت از متوسط ارزیابی‌ها

1- Takalkar,etal
2- De Bacco, etal

(برازندگی ها) را در نظر گرفت که در این حالت باید از حد مشخصی کوچکتر باشد یا مقدار تابع هدف از حد مشخصی بیشتر باشد یا می توان تعداد نسل های مشخصی را به عنوان محک اختتام در نظر گرفت:

۱. به دست آوردن جواب نهایی مورد نظر بعد از چند تکرار کم و قابل قبول بودن جواب به ازای خطای خاص.

۲. اگر با پیشروی الگوریتم هیچ نوع بهبودی مشاهده نشود خواه الگوریتم جواب دلخواه را پیدا کرده باشد و یا اینکه در مینیمم محلی گیر کرده باشد.

۳. اگر مقدار میانگین تابع هدف به ازای تعدادی تکرر به مقدار خاصی رسیده باشد.

۴. الگوریتم به تعداد ثابتی از نسل ها رسیده باشد.

۵. بیشترین درجه برازش فرزندان حاصل شود یا دیگر نتایج بهتری حاصل نشود.

۶. بازرسی دستی

۷. ترکیب موارد بالا

۵- اجرای برنامه

تعداد پیام‌های هر عضو به عضو دیگر و محتوای پیام‌ها در فایلها اکسل پیوست برنامه قرار دارد و پس از اجرای برنامه خروجی‌های زیر به‌عنوان دسته‌بندی اعضا با تعداد پیام‌هایی که به هم داده آن به‌عنوان جامع و نیز طبقه‌بندی هر جامعه با محتوای پیام‌هایی که به همدیگر داده‌اند انجام می‌پذیرد.

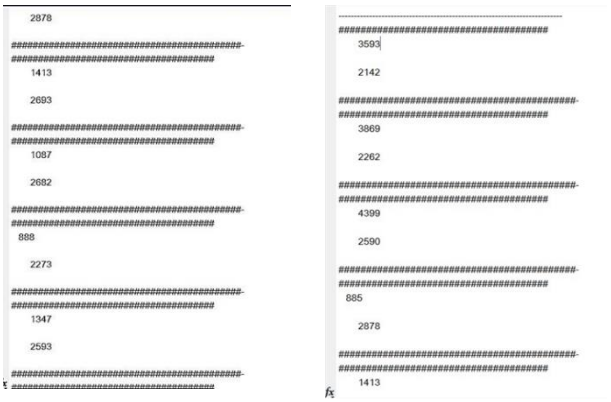
50x50 double

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	125	2374	276	4336	2019	1306	2182	2490	4299	2791
2	2207	4322	995	2024	2994	5023	5654	4234	1036	710
3	810	2212	175	5122	3197	3911	4958	2634	5245	1958
4	4828	3710	3619	4593	4425	762	837	4861	3646	4246
5	991	2342	3223	3863	2465	3577	5670	310	5396	3190
6	5863	1105	1840	5295	5832	164	3613	1462	4475	5174
7	2451	2939	3703	3222	2468	3480	3446	2996	5867	3132
8	3782	2007	313	2782	2112	5733	3677	3176	4978	171
9	4440	4812	786	1636	3603	4644	2249	2099	1749	2948
10	1579	2722	4912	5807	4497	679	4103	2808	2321	5861
11	5568	729	3376	2524	5947	3522	5162	5884	2635	494
12	3283	291	591	953	357	4680	5506	5276	1895	4726
13	4420	4049	1558	4102	3597	3367	5808	3578	3231	1179
14	4619	4377	2498	1425	3688	1787	3400	257	187	5085
15	5259	2960	4685	3239	3249	2927	5007	2010	1929	2719
16	5467	1681	1998	5978	2387	284	836	4142	46	2043
17	5742	1662	1951	1302	1945	3901	4744	4384	4549	4139
18	2106	1083	3816	4920	5595	3683	722	292	4822	4970
19	1245	4352	902	474	1415	3085	1290	4115	4500	4603
20	1247	452	934	3683	2646	261	1327	5720	642	5272
21	234	2156	5294	2924	117	2825	2066	5551	2187	4801
22	5748	5460	65	955	5336	1822	633	2319	331	4004
23	1189	737	2771	829	3602	1572	1598	5092	5389	1822
24	4099	3752	96	5984	528	1630	5535	2412	3872	3147
25	1454	5255	136	2845	1665	2105	3143	119	179	4469
26	4305	1857	5134	5146	226	683	2562	5144	4472	4082
27	1992	2950	1543	1835	3558	3198	4340	734	1002	5099
28	3179	783	5399	1030	5346	1128	2411	3498	1318	4517

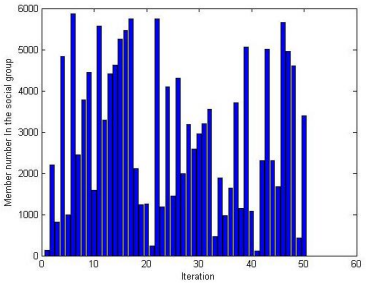
شکل۱- خروجی نرم‌افزار

- در شکل (۱) گروه‌بندی اعضای شبکه اجتماعی در جوامع ۵ نفری که به انتخاب کاربر بوده به‌وسیله الگوریتم ژنتیک انجام پذیرفته است در این تحقیق به پردازش جامه اول که بیشینه پیام را در بین جوامع معرفی‌شده به‌وسیله الگوریتم ژنتیک بوده پرداخته می‌شود.
- در شکل (۲) جواب‌های خروجی نرم‌افزار شماره عضوهای جامعه معرفی‌شده شماره ۱ در شبکه کلی و تعداد پیام‌های فرستاده‌شده به سایر اعضای جامعه شماره ۱ را به ما معرفی می‌کند.
- شکل (۳) شماره ۵۰ عضوی که در جامعه شماره ۱ بر اساس الگوریتم ژنتیک طبقه‌بندی‌شده‌اند را در شبکه اجتماعی کلی مشخص می‌کند و مختصات اعضا را نمایان می‌سازد.

جدول شماره (۱) شماره ۵۰ عضوی که در جامعه شماره ۱ بر اساس الگوریتم ژنتیک طبقه‌بندی‌شده‌اند محتوای پیام‌هایشان بر اساس طبقه‌بندی اجتماعی، سیاسی، هنری و ورزشی نمایان می‌کند.



شکل ۲- جواب‌های خروجی نرم‌افزار

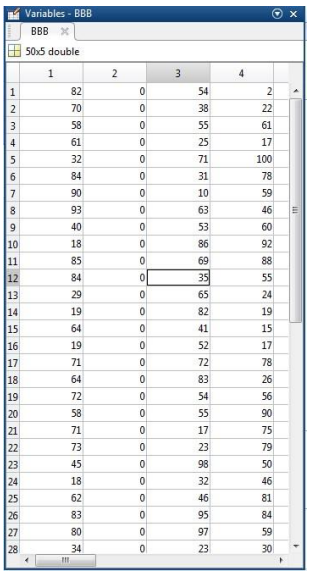


شکل ۳- نمودار میله‌ای شماره اعضا در شبکه اجتماعی

در جدول (۲) شماره ۵۰ عضوی که در جامعه شماره ۱ بر اساس الگوریتم ژنتیک طبقه‌بندی‌شده‌اند در شبکه اصلی و همچنین مقدار پیام‌های هر عضو با سایر اعضا گروه شماره ۱ و محتوای پیام‌های ارسالی به سایر اعضای گروه (اجتماعی-سیاسی- هنری- ورزشی) و طبقه‌ای که به آن ازنظر محتوای پیام در گروه شماره ۱ تعلق می‌گیرد را نشان می‌دهد.

در شکل (۳) و (۴) شماره سرگروه (عضوی که بیشترین پیام ارسالی و دریافتی را ابا سایر اعضای گروه داشته است) ۵۰ عضوی که در جامعه شماره ۱ بر اساس الگوریتم ژنتیک طبقه‌بندی‌شده‌اند را نشان می‌دهد و تعداد پیام‌های ارسالی و دریافتی سرگروه را نیز نمایان می‌سازد.

جدول ۱- محتوای پیام‌های ارسالی هر عضو جامعه



1	2	3	4
1	82	0	54	2
2	70	0	38	22
3	58	0	55	61
4	61	0	25	17
5	32	0	71	100
6	84	0	31	78
7	90	0	10	59
8	93	0	63	46
9	40	0	53	60
10	18	0	86	92
11	85	0	69	88
12	84	0	35	55
13	29	0	65	24
14	19	0	82	19
15	64	0	41	15
16	19	0	52	17
17	71	0	72	78
18	64	0	83	26
19	72	0	54	56
20	58	0	55	90
21	71	0	17	75
22	73	0	23	79
23	45	0	98	50
24	18	0	32	46
25	62	0	46	81
26	83	0	95	84
27	80	0	97	59
28	34	0	23	30

جدول۲- اطلاعات خروجی از نرم‌افزار متلب برای گروه ۵۰ عضوی یکم ژنتیک

شماره عضو در گروه جواب svm	شماره عضو در شبکه اجتماعی	تعداد پیام‌ها با سایر اعضا	محتوای پیام‌ها بر اساس موارد اجتماعی	محتوای پیام‌ها بر اساس موارد سیاسی	محتوای پیام‌ها بر اساس موارد هنری	محتوای پیام‌ها بر اساس موارد ورزشی	شماره دسته‌ای که عضو تعلق می‌گیرد
۱	125	2497	82	56	54	2	1
۲	2207	2638	70	23	38	22	1
۳	810	2513	58	5	55	61	4
۴	4828	2379	61	43	25	17	1
۵	991	2694	32	27	71	100	4
۶	5863	2731	84	28	31	78	1
۷	2451	2476	90	52	10	59	1
۸	3782	2567	93	86	63	46	1
۹	4440	1904	40	13	53	60	4
۱۰	1579	2558	18	57	86	92	4
۱۱	5568	2570	85	58	69	88	4
۱۲	3283	2522	84	65	35	55	1
۱۳	4420	2660	29	76	65	24	2
۱۴	4619	2638	19	17	82	19	3
۱۵	5259	2711	64	25	41	15	1
۱۶	5467	2439	19	93	52	17	2
۱۷	5742	2284	71	61	72	78	4
۱۸	2106	2704	64	73	83	26	3
۱۹	1245	2656	72	58	54	56	1

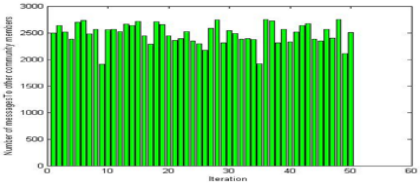
شماره عضو در گروه جواب svm	شماره عضو در شبکه اجتماعی	تعداد پیام‌ها با سایر اعضا	محتوای پیام‌ها بر اساس موارد اجتماعی	محتوای پیام‌ها بر اساس موارد سیاسی	محتوای پیام‌ها بر اساس موارد هنری	محتوای پیام‌ها بر اساس موارد ورزشی	شماره دسته‌ای که عضو تعلق می‌گیرد
۲۰	1247	2440	58	71	55	90	4
۲۱	234	2355	71	17	17	75	4
۲۲	5748	2391	73	5	23	79	4
۲۳	1189	2520	45	89	98	50	3
۲۴	4099	2348	18	70	32	46	2
۲۵	1454	2296	62	30	46	81	4
۲۶	4305	2175	83	41	95	84	3
۲۷	1992	2583	80	22	97	59	3
۲۸	3179	2740	34	90	23	30	2
۲۹	2593	2308	24	84	72	96	4
۳۰	2958	2536	62	50	39	73	4
۳۱	3199	2488	47	10	59	43	3
۳۲	3558	2379	86	24	56	77	1
۳۳	466	2392	61	68	49	43	2
۳۴	1882	2374	41	96	14	84	2
۳۵	967	1916	40	84	38	96	4
۳۶	1642	2748	61	82	27	87	4
۳۷	3710	2727	96	61	27	90	1
۳۸	1154	2310	94	85	64	70	1
۳۹	5067	2569	26	30	93	51	3
۴۰	1082	2331	60	94	21	40	2
۴۱	110	2513	75	11	63	38	1
۴۲	2306	2640	52	31	62	90	4
۴۳	5013	2671	15	35	50	85	4
۴۴	2311	2382	2	17	16	66	4
۴۵	1668	2344	70	82	79	7	2
۴۶	5654	2563	32	45	30	98	4
۴۷	4962	2403	42	48	94	95	4
۴۸	4611	2747	25	69	25	65	2
۴۹	438	2108	67	33	95	93	3
۵۰	3391	2503	32	78	98	87	3

شکل ٤- مشخصات سرگروه در خروجی متلب

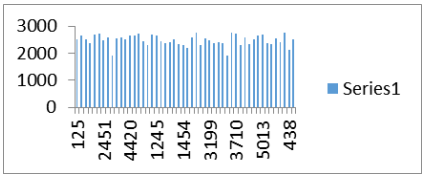
جدول ۳- مشخصات سرگروه

شماره عضو سرگروه	تعداد پیام‌های عضو سرگروه
۳٦	۲۷٤۸

شکل (۵) تعداد پیام‌های ارسالی و دریافتی هر عضو از ۵۰ عضوی که در جامعه شماره ۱ بر اساس الگوریتم ژنتیک طبقه‌بندی‌شده‌اند را بیان می‌کند. شکل (۶) تعداد پیام‌های ارسالی و دریافتی هر عضو (محور y) از ۵۰ عضوی که در جامعه شماره ۱ بر اساس الگوریتم ژنتیک طبقه‌بندی‌شده‌اند را بر اساس شماره عضو در شبکه اصلی اجتماعی بیان می‌دارد (محور x) را بیان می‌کند.

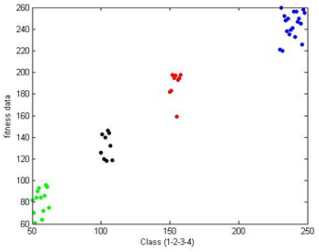


شکل۵- تعداد پیام‌های ارسالی و دریافتی

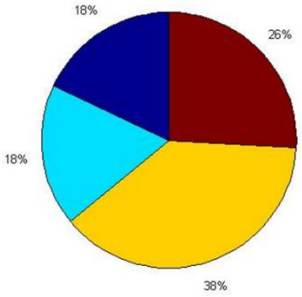


شکل ٦- تعداد پیام‌های ارسالی و دریافتی بر اساس مختصات عضو

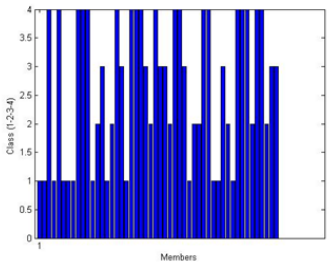
شکل (۷) اعضای جامعه یکم معرفی‌شده با الگوریتم ژنتیک را بر اساس نوع محتوای پیام اجتماعی، سیاسی، هنری و ورزشی طبقه‌بندی می‌کند که اعضای سبزرنگ گروه طبقه اجتماعی و اعضای مشکی طبقه سیاسی اعضای قرمز طبقه هنری و اعضای آبی‌رنگ طبقه ورزشی می‌باشند. شکل (۸) درصد تعداد اعضای جامعه یکم معرفی‌شده با الگوریتم ژنتیک را بر اساس نوع محتوای پیام اجتماعی، سیاسی، هنری و ورزشی طبقه‌بندی می‌کند که اعضای گروه ورزشی ۳۸٪ و اعضای گروه اجتماعی ۲۶٪ و اعضای گروه سیاسی ۱۸٪ و اعضای گروه هنری ۱۸٪ به خود اختصاص داده‌اند. شکل (۹)تعلق هر عضو از اعضای جامعه یکم معرفی‌شده با الگوریتم ژنتیک را بر اساس نوع محتوای پیام اجتماعی، سیاسی، هنری و ورزشی طبقه‌بندی‌شده‌اند را بیان می‌کند.



شکل ۷- طبقه‌بندی اعضای گروه



شکل۸- درصد اعضای هر گروه



شکل ۹- نمودار تعلق هر عضو به گروهش

۶- نتیجه گیری

هدف این تحقیق تجزیه‌وتحلیل شبکه‌های اجتماعی و کشف جوامع در شبکه‌های اجتماعی چندلایه می‌باشد.

ما در این تحقیق از روش داده‌کاوی به کمک الگوریتم ژنتیک به تشخیص جوامع در شبکه‌های اجتماعی چندلایه می‌پردازیم.

جامعه آماری، تعداد اعضای عضو شبکه اجتماعی موردتحقیق را ۶۰۰۰ نفر به‌عنوان نمونه در نظر گرفته‌ایم که این مقدار می‌تواند در مقیاس واقعی باشد ولی برای انجام آماری تحقیق و استفاده از دستگاه‌های پردازش معمول برای انجام این پژوهش این مقدار از اعضا جهت سرعت اجرا و هم دقت بالا انتخاب گردیده است.

مراحل انجام به شرح زیر می باشد:

۱- پیش‌پردازش‌ها

۲- استخراج تعداد پیام‌های ارسالی و دریافتی هر کاربر با سایر کاربران در شبکه اجتماعی

۳- دسته‌بندی محتوای پیام‌های ارسالی بر اساس متن اجتماعی- سیاسی- هنری و ورزشی

۴-استفاده از الگوریتم ژنتیک برای به دست آوردن ۵۰ عضوهایی که بیشترین پیام‌ها را باهم داشته‌اند در جوامع ۵۰ نفری

۵- طبقه‌بندی جامعه یکم بر اساس محتوا

برای دستیابی به این اهداف، شبکه اجتماعی با ۶۰۰۰ عضو و تعداد پیام‌های ارسالی و دریافتی هر عضو با سایر اعضا در فایل اکسل ضمیمه در نظر گرفته شد و در فایل ضمیمه شماره ۲ محتوای پیام‌ها با سای اعضا در نظر گرفته شد. سپس فایلِ در الگوریتم ژنتیک تحقیق که در نرم‌افزار matlab کد نویسی شده‌اند، وارد شد. پس از محاسبه برازندگی در الگوریتم ژنتیک و تقسیم‌بندی جوامع به گروه‌های ۵۰ نفری بر اساس پیام‌های ردوبدل شده بین اعضا جامع اجتماعی گروه اول را به‌عنوان گروه نمونه ازنظر محتوی طبقه‌بندی کردیم و اطلاعات مفیدی در مورد نوع تأملات بین جوامع در شبکه‌های اجتماعی چندلایه به دست آوردیم. سرعت الگوریتم تلفیقی موردنظر بسیار مناسب بوده و نتایج نشان از درصد بالای تطبیق اعضا باهم را دارد. نتیجه‌گیری کلی به این صورت است که الگوریتم ژنتیک الگوریتم قدرتمندی با ساختار ساده و جدای از پیچیدگی‌های خاص سای الگوریتم‌هاست که تجزیه‌وتحلیل شبکه‌های اجتماعی را به‌خوبی انجام می‌دهد و به معرفی جوامع در شبکه‌های اجتماعی با سرعت و دقت بالا می‌پردازد.

منابع

۱. ترشیزی نژاد، فاطمه، جلالی، مهرداد، بهره پور، داوود، ۱۳۹۴، تشخیص جوامع در شبکه های احتماعی با ترکیب الگوریتم ICA و ضریب خوشه بندی، دومین کنگره بین المللی فناوری، ارتباطات و دانش ICTCK۲۰۱۵

۲. رحیمی، شادی، عبداله پوری، علیرضا، مرادی دولت آبادی، پرهام، یک راهکار برای تشخیص جامعه در شبکه های پیچیده بر اساس روش های چند هدفه مبتنی بر جمعیت، پایان نامه کارشناسی ارشد ، ۱۳۹۳

۳. ساعی، بهروز، نوروزی، علیرضا، مروری بر الگوریتم های انجمن یابی در تحلیل شبکه های اجتماعی، دومین همایش ملی مهندسی کامپیوتر، داده های حجیم و الگوریتم ها، ۱۳۹۰

۴. سهرابی، بابک، رئیسی وانانی، ایمان، زارع میرک آباد، فائزه، ۱۳۹۵، طراحی سیستم توصیه گر به منظور بهینه سازی و مدیریت تسهیلات بانکی بر مبنای الگوریتم های خوشه بندی و طبقه بندی تسهیلات، دانشگاه تهران

۵. صمیمیان، لیلا، صادق زاده، مهدی، بررسی تشخیص جوامع در شبکه های اجتماعی، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان واحد شوشتر، اسفند ماه ۱۳۹۳

۶. علیزاده، حسین، حسین زاده، رسول، ناظمی، اسلام، ۱۳۹۲، تشخیص اجتماعات ترکیبی در شبکه های اجتماعی، نشریه مهندسی برق و الکترونیک ایران، سال یازدهم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۱۳۹۳.

۷. کوشا، نوشین، ۱۳۹۵، بهینه سازی Queryها در sql server، کنفرانس بین المللی مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات، تهران.

۸. موسوی، احمد، جلالی، مهرداد، میثاقیان، نگین، ۱۳۹۳، کشف جوامع در شبکه‌های اجتماعی با استفاده از کاوش الگوی تکرارشونده، پاییز و زمستان ۱۳۹۴، صفحه ۲۳-۴۱

۹. موسوی، سید احمد، جلالی، مهرداد، میثاقیان، نگین، ۱۳۹۴،کشف جوامع در شبکه های اجتماعی با استفاده از کاوش الگوی تکرار شونده، مقاله علمی پژوهشی ، دوره ۸، پاییز و زمستان ۱۳۹۴.

۱۰. میرانی، مانا، میبدی، محمدرضا، رضوانیان، علیرضا، ۱۳۹۳، یک الگوریتم جدید برای شناسایی جوامع در شبکه های اجتماعی با استفاده از اتوماتای یادگیر، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

11. Clauset, C. Moore, and M. E. J. Newman, "Hierarchical structure and the prediction of missing links in networks.," Nature vol. 453, pp. 98-101, 2008.
12. Goyal, B. Francesco, and L. Laks V. S, "Discovering Leaders from Community Actions," presented at the CIKM, 2008.
13. Bakshy, E., Rosenn, I., Marlow, C., & Adamic, L. (2012, April). The role of social networks in information diffusion. In Proceedings of the 21st international conference on World Wide Web (pp. 519-528). ACM.
14. Bakshy, E., Rosenn, I., Marlow, C., & Adamic, L. (2012, April). The role of social networks in information diffusion. In Proceedings of the 21st international conference on World Wide Web (pp. 519-528). ACM.
15. Baradwaj, B. K., & Pal, S. (2012). Mining educational data to analyze students' performance. arXiv preprint arXiv:1201.3417.
16. Bedi, P., & Sharma, C. (2016). Community detection in social networks. Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery, 6(3), 115-135.
17. Bhargava, N., Sharma, G., Bhargava, R., & Mathuria, M. (2013). Decision tree analysis on j48 algorithm for data mining. Proceedings of International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering, 3(6).
18. Borgatti, S. P., Everett, M. G., & Johnson, J. C. (2018). Analyzing social networks. Sage
19. Charu and R. Aggarwal, " Social Network Data Analytic," Springer Science+Business Media, 2011.
20. Ganley and C. Lampe, "The ties that bind: social network principles in online communities," Decision Support Systems vol. 47, pp. 266-274, 2009.
21. Lu, Q. Li, and S. S. Liao, "A graph-based action network framework to identify prestigious members through member's prestige evolution," Elsevier, 2011.
22. De Bacco, C., Power, E. A., Larremore, D. B., & Moore, C. (2017). Community detection, link prediction, and layer interdependence in multilayer networks. Physical Review E, 95(4), 042317.
23. Fan, C., Xiao, F., & Wang, S. (2014). Development of prediction models for next-day building energy consumption and peak power demand using data mining techniques. Applied Energy, 127, 1-10

24. Fisher DH. 2013. Knowledge acquisition via incremental conceptual clustering. Machine Learning. 2. 139–153.
25. G. J. Qi, C. C. Aggarwal, and T. Thomas Huang, "Community Detection with Edge Content in Social Media Networks," presented at the 28th International Conference on Data Engineering (ICDE), 2012.
26. Goldberg, D. E. (2013). The design of innovation: Lessons from and for competent genetic algorithms (Vol. 7). Springer Science & Business Media.
27. H. Zhuge, "Communities and Emerging Semantics in Semantic Link Network," IEEE TRANSACTIONS ON KNOWLEDGE AND DATA ENGINEERING 2009.
28. Hamid, S., Waycott, J., Kurnia, S., & Chang, S. (2015). Understanding students' perceptions of the benefits of online social networking use for teaching and learning. The Internet and Higher Education, 26, 1-9.
29. Han, J; Kamber, M; Pei, J; 2011, Data mining: concepts and techniques: concepts and techniques. Elsevier
30. Hand, David ; Heikki, Mannila ; Padhraic, Smyth; 2011, Principles of Data
31. He, X., & Xu, S. (2010). Artificial neural networks. Process Neural Networks: Theory and Applications, 20-42.
32. Huang, Y. H., & Chang, C. W. (2013). Constructing a data mining sensor to classify Tw-DRGs medical specialties. In Applied Mechanics and Materials(Vol. 263, pp. 969-972). Trans Tech Publications.
33. J. M. Hofman and C. H. Wiggins, "A bayesian approach to network modularity," Phys Rev Lett 100, 2008.
34. Jeub, L. G., Mahoney, M. W., Mucha, P. J., & Porter, M. A. (2017). A local perspective on community structure in multilayer networks. Network Science, 5(2), 144-163.
35. Koh, H. C., Tan, W. C., & Goh, C. P. (2015). A two-step method to construct credit scoring models with data mining techniques. International Journal of Business and Information, 1(1).
36. Kumar, R., Novak, J., & Tomkins, A. (2010). Structure and evolution of online social networks. In Link mining: models, algorithms, and applications (pp. 337-357). Springer, New York, NY.
37. Lento, T. M., Smith, S. A., & Braginsky, D. E. (2018). U.S. Patent No. 9,940,402. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
38. Leskovec, J., Huttenlocher, D., & Kleinberg, J. (2010, April). Predicting positive and negative links in online social networks. In Proceedings of the 19th international conference on World wide web (pp. 641-650). ACM.
39. M. Coscia, F. Giannott, and D. Pedreschi, "REVIEW A Classification for Community Discovery Methods in Complex Networks," Published online in Wiley Online Library, 2011.
40. M. Muhaimenul Adnan, R. Alhaji, and J. Rokne, " Identifying Social Communities by Frequent Pattern Mining," presented at the 13th International Conference Information Visualisation, 2009.
41. M. Sachan, D. Contractor, A. Faruquie, and L. Venkata, "Using Content and Interactions for Discovering Communities in Social Networks," presented at the International World Wide Web Conference Committee, 2012.
42. Man, K. F., Tang, K. S., & Kwong, S. (2012). Genetic algorithms: concepts and designs. Springer Science & Business Media.
43. Milroy, L., & Llamas, C. (2013). Social networks. The handbook of language variation and change, 407-427.
44. Oselio, B., Liu, S., & Hero, A. (2018). Multilayer Social Networks. In Cooperative and Graph Signal Processing (pp. 679-697). Academic Press.
45. Pham, D., & Karaboga, D. (2012). Intelligent optimisation techniques: genetic algorithms, tabu search, simulated annealing and neural networks. Springer Science & Business Media.
46. Pizzuti, C. (2008, September). Ga-net: A genetic algorithm for community detection in social networks. In International Conference on Parallel Problem Solving from Nature (pp. 1081-1090). Springer, Berlin, Heidelberg.
47. R. Kanawati, " Leaders Identification For Community Detection in Complex Network," presented at the IEEE International Conference on Social Computing, 2011.
48. R. Khorasgani, J. Chen, and O. R. Zaïane, "Top Leaders Community Detection in Information Network," ACM Transactions on Knowledge Discovery from Data, 2010.

49. S. Wasserman and K. Faust, "Social Network Analysis in the Social and Behavioral Sciences," Social Network Analysis: Methods and Applications, 1994.
50. Sachan, M., Contractor, D., Faruquie, T. A., & Subramaniam, L. V. (2012, April). Using content and interactions for discovering communities in social networks. In Proceedings of the 21st international conference on World Wide Web (pp. 331-340). ACM.
51. Simplican, S. C., Leader, G., Kosciulek, J., & Leahy, M. (2015). Defining social inclusion of people with intellectual and developmental disabilities: An ecological model of social networks and community participation. Research in developmental disabilities, 38, 18-29.
52. Spillius, E., & Bott, E. (2014). Family and social network: Roles, norms and external relationships in ordinary urban families. Routledge.
53. Stolfo, W.L ; San, S; 2010, Data Mining Approaches for Intrusion Detection. TX 7th USENIX Security Symposium. Antonio, TX: USENIX Security Symposium
54. Symeonidis, P., & Mantas, N. (2013). Spectral clustering for link prediction in social networks with positive and negative links. Social Network Analysis and Mining, 3(4), 1433-1447
55. T. Eliassi-Rad, K. Henderson, S. Papadimitriou, and C. Faloutsos, "A hybrid community discovery framework for complex networks,," presented at the SIAM Conference on Data Mining, 2010.
56. Takalkar, V., & Mahalle, P. N. (2018). Trust-Based Access Control in Multi-role Environment of Online Social Networks. Wireless Personal Communications, 100(2), 391-399.
57. Valente, T. W. (2010). Social networks and health: Models, methods, and applications (Vol. 1). New York: Oxford University Press.
58. Wang, P., Robins, G., Pattison, P., & Lazega, E. (2016). Social selection models for multilevel networks. Social Networks, 44, 346-362.
59. Wang, Z., Zhang, D., Zhou, X., Yang, D., Yu, Z., & Yu, Z. (2014). Discovering and Profiling Overlapping Communities in Location-Based Social Networks. IEEE Trans. Systems, Man, and Cybernetics: Systems, 44(4), 499-509.
60. Xie, J., Szymanski, B. K., & Liu, X. (2011, December). Slpa: Uncovering overlapping communities in social networks via a speaker-listener interaction dynamic process. In Data Mining Workshops (ICDMW), 2011 IEEE 11th International Conference on (pp. 344-349). IEEE.