

ارائه روشی جهت کشف جوامع در شبکه‌های اجتماعی چندلایه

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۳/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۴/۲۰

کد مقاله: ۱۵۰۵۱

احسان نریمانی^۱، محمد جانبزرگی^۲، سبحان هدایتی^۳

چکیده

در سال‌های 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 شبکه‌های اینترنتی به وجود آمده‌اند. برای دانشمندان کامپیوتر، این رشد توانی و منابع داده‌های عظیم زمینه‌های جدیدی را در زمینه داده کاوی، کشف الگو و ... ایجاد کرده است. این مطالعات امروزه به خاطر پیدا کردن الگوهای رفتاری کاربران از طریق شبکه‌های اجتماعی مهم شده است. یک شبکه اجتماعی به عنوان یک ساختار اجتماعی از اشخاص تعریف می‌شود که به صورت مستقیم یا غیر مستقیم و بر اساس رابطه‌ای مثل دوستی، اشتراک فایل، ارسال ایمیل و ... با هم محاوره دارند. آنالیز چنین شبکه‌هایی مانند فیس بوک^۴، مای اسپیس^۵ با تکنیک داده کاوی اخیراً مورد توجه قرار گرفته است که انگیزه اصلی آن، تقاضا برای جستجوی دانش‌های مجموعه داده‌ها و یادگیری رفتار کاربران در محیط آنلاین است. آنالیز شبکه‌های اجتماعی، نگاشتن و یادگیری روابط و جریان‌های ارتباطی بین مردم و گروه‌ها، سازمان‌ها، کامپیوترها یا دیگر موجودیت اطلاعات دانش است. برای نمایش شبکه‌های اجتماعی از یک گراف استفاده میشود که افراد، گره‌ها و ارتباطات بین آنها، لینک‌های گراف هستند. آنالیز شبکه‌های اجتماعی هم تحلیل بصری و هم تحلیل ریاضی روابط بشری را فراهم می‌کنند. شبکه‌های اجتماعی را می‌توان هم از لحاظ ساختار و هم از لحاظ محتوای اجتماعات مورد بررسی قرار داد که در زمینه ساختار شبکه‌های اجتماعی در حوزه گراف کاوی و در زمینه تحلیل محتوا در حوزه متن کاوی قرار می‌گیرند.

واژگان کلیدی: کشف جوامع، شبکه اجتماعی، الگوریتم ژنتیک.

۱- دانشجوی دکتری مهندسی نرم افزار کامپیوتر، گروه کامپیوتر دانشگاه پاسین 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 شبکه‌های اجتماعی در زمینه تجزیه و تحلیل تعاملات بین بازیگران و تعیین الگوهای ساختاری مهم در ارتباطات مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. شبکه‌های اجتماعی مفهوم جدیدی نیستند. انسانها از قرن‌ها پیش در حال تشکیل شبکه‌های اجتماعی بودند. اما چیزی که باعث شده است امروز، شبکه‌های اجتماعی بیشتر از همیشه مورد توجه قرار بگیرند، به وجود آمدن ابزارهای دیجیتال و کمک آنها به توسعه شبکه‌های اجتماعی بوده است (چارو و همکاران، ۲۰۱۱). شبکه‌های اجتماعی را می‌توان در زمینه‌های مختلفی در نظر گرفت، سیستم‌هایی مانند فیس‌بوک که به صراحت برای تعاملات اجتماعی طراحی شده است و یا در شرایط دیگر فلیکر که برای سرویس‌های مختلف مانند اشتراک‌گذاری محتوا طراحی شده است و اجازه تعامل اجتماعی را در یک سطح گسترده برای کاربران خود فراهم می‌کند (واسرمن و همکاران، ۱۹۹۴).

امروزه بسیاری از افراد بخشی از روابط خود با دوستان و آشنایان را از طریق شبکه‌های اجتماعی مجازی برقرار می‌کنند. تجزیه و تحلیل شبکه‌های اجتماعی یکی از زمینه‌های تحقیقاتی مهم است که اخیراً توجه محققین را به خود جلب کرده است. تشخیص جوامع زمینه‌ای است که در سال‌های اخیر مطالعه زیادی در مورد آن صورت گرفته و یکی از زمینه‌های مورد علاقه شبکه‌های اجتماعی است (صمیمیان و همکاران، ۱۳۹۳). یک شبکه اجتماعی غالباً در یک گراف بیان می‌شود که در آن رأس‌ها، بازیگران و یال‌ها نشانگر ارتباط میان آن‌ها است (کوشیا و همکاران، ۲۰۱۱).

امروزه وب‌سایت‌های شبکه‌های اجتماعی به یک منبع غنی از داده‌های ناهمگون مبدل شده است، از این رو تجزیه و تحلیل این داده‌ها می‌تواند منجر به کشف اطلاعات و روابط ناشناخته در این شبکه‌ها شود. به هر ساختار اجتماعی از افراد که بر اساس یک رابطه اجتماعی ایجاد می‌شود، یک شبکه اجتماعی می‌گوییم. بنابراین هر شبکه اجتماعی شامل مجموعه‌ای از انسان‌ها و روابط اجتماعی بین آن‌هاست. لذا هر شبکه اجتماعی از دو عنصر تشکیل شده است: موجودیت‌های شرکت‌کننده در ارتباط و ارتباط بین این موجودیت‌ها. در علوم اجتماعی به موجودیت‌های شرکت‌کننده در ارتباط بازیگر و به ارتباطات بین این موجودیت‌ها رابطه گفته می‌شود. شبکه‌های اجتماعی به دو نوع برخط و برون خط تقسیم می‌شود. از شبکه‌های برون خط می‌توان به شبکه دوستان، شبکه همکاران و شبکه همکلاسی‌ها اشاره کرد. از شبکه‌های برخط می‌توان به شبکه‌های اجتماعی نظیر فیس‌بوک، توئیتر و گوگل پلاس اشاره کرد. شبکه‌های اجتماعی از قرن نوزدهم مورد توجه قرار گرفت. پژوهش‌ها در این حوزه از دهه چهل به بعد با تعریف ابزارهایی چون گراف اجتماعی شتاب بیشتری گرفت. تجزیه و تحلیل شبکه اجتماعی برای بررسی ساختار روابط اجتماعی یک گروه با هدف کشف ویژگی‌ها و روابط گروه یا افراد می‌باشد. همچنین اینطور هم می‌توان تعریف کرد، تجزیه و تحلیل شبکه‌های اجتماعی به درک رابطه بین "بازیگران" می‌باشد که بازیگر (گروه) می‌تواند یک فرد، یک سازمان، یک رویداد یا یک شی باشد. امروزه تجزیه و تحلیل شبکه‌های اجتماعی مورد مطالعه محققان رشته‌هایی مانند: جامعه‌شناسی، ارتباطات، علوم کامپیوتر، آموزش و پرورش، اقتصاد، جرم‌شناسی، علم مدیریت، پزشکی، علوم سیاسی و سایر رشته‌ها قرار گرفته است (ساعی و همکاران، ۱۳۹۰).

کشف جامعه متشکل از گره‌های «مشابه» یک چالش مهم در زمینه تجزیه و تحلیل داده‌های شبکه اجتماعی است و به طور گسترده‌ای در زمینه ساختار گرافی در این شبکه‌ها مورد مطالعه قرار گرفته است. شبکه‌های اجتماعی اینترنتی علاوه بر ساختار گرافی، حاوی اطلاعات مفیدی از کاربران درون شبکه می‌باشند، که استفاده از این اطلاعات می‌تواند منجر به بهبود کیفیت کشف جوامع گردد (موسوی و همکاران، ۱۳۹۴).

هدف این تحقیق صرفاً تجزیه و تحلیل شبکه‌های اجتماعی و کشف جوامع در این شبکه‌ها می‌باشد. چرا که اهمیت این مبحث از نظر اینکه شبکه‌های اجتماعی توانایی منحصر به فردی برای برقراری ارتباط و تعاملات افرادی که از لحاظ جغرافیایی پراکنده می‌باشد را داشته و آن‌ها را به حالت‌های مختلف با یکدیگر ارتباط داده و اجازه تعامل و شراکت‌گذاری 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 نمایه‌ها، به اشتراک‌گذاری اطلاعات شخصی و عمومی را به کاربران می‌دهد روشن است (ساچان و همکاران، ۲۰۱۲).

ساختار شبکه‌های اجتماعی، شاخص خوبی برای پیش‌بینی اقدامات بالقوه کاربران است. بنابراین ما در شبکه‌های 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 می‌کنند، و این سلايق کاربران است که ساختار تکمیلی شبکه را می‌سازد. یکی از چالش‌های اساسی در زمینه تجزیه و تحلیل شبکه‌های اجتماعی چندلایه، کشف جوامع می‌باشد (جانلی و همکاران، ۲۰۰۹).

جوامع به عنوان گروه‌ها، خوشه‌ها، زیرگروه‌های منسجم در زمینه‌های مختلف دیده می‌شوند، پیدا کردن جامعه در یک شبکه اجتماعی چند لایه، شناسایی مجموعه‌ای از گره‌هاست که بیشتر از گره‌های درون شبکه با یکدیگر ارتباط برقرار می‌کنند.

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 می شود. مجموعه عامل ها می تواند نماینده ی مجموعه ای از افراد، گروه ها یا سازمان های یک جامعه باشد. مجموعه ی عامل ها را گره های (رأس های) شبکه می نامند. روابط میان گره ها بیانگر نوعی وابستگی بین اعضای شبکه است. این نوع وابستگی می تواند رابطه ی 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^۱ و شبکه های متمرکز^۲ 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^۳، 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^۴ 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 داده 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^۵ (الگوریتم هایی که عملکردشان را به صورت خودکار و با نظر به تجربه ها بهبود می دهند. مانند شبکه های عصبی^۶ یا درخت های تصمیم گیری^۷) 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- Integration
- 5- Machine learning
- 6- Neural network
- 7- Decision tree

معمولاً در تحلیل داده از روش‌هایی مانند پرسشنامه ساختاریافته (متداول در اکثر پایگاه‌های تجاری داده) یا نرم افزارهای تحلیل آماری استفاده می‌شود. اکثر ابزارهای ساده تحلیلی از روشی مبتنی بر تحقیق استفاده می‌کنند. نقطه آغازین فرایند این ابزارهای ساده، ارائه فرضیه است و سپس با استفاده از داده، درستی یا نادرستی آن فرضیه آزمون می‌شود (Fan^۱ و همکاران، ۲۰۱۴). باید توجه داشت که اثربخشی این روش با توجه به قوه ابتکار کاربر در ارائه فرضیه‌های گوناگون متناسب با ساختار نرم افزار مورد استفاده محدود می‌شود. در مقابل، داده کاوی نیز با به کارگیری روشی اکتشافی و کاونده به آزمون هم‌زمان روابط بین داده می‌پردازد و درجه یگانگی و تکراری بودن داده را بررسی می‌کند. روش‌های داده کاوی هیچ فرض یا ساختاری را بر داده تحمیل نمی‌کنند و به داده اجازه می‌دهند تا خود، مراحل بعدی را تعیین کند. البته روش‌های داده کاوی، جانشین روش‌های آماری سنتی نیستند، بلکه آنها را کامل می‌کنند. پس میتوان گفت داده کاوی فرایندی مربوط به الگوهای اکتشافی، پیوسته، مدل‌های 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^۲ و همکاران، ۲۰۱۱).

۲-۵- مراحل الگوریتم ژنتیک

۱. { شروع، Start } : ایجاد جمعیتی از n کروموزوم (جواب‌های بالقوه مساله به صورت تصادفی)
۲. { برازش، Fitness } : ارزیابی میزان سازگاری هر کروموزوم (f) 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 } : کروموزوم‌های والد مرحله a به طور تصادفی با میزان احتمال تعیین شده جفت‌گیری (تقاطع) می‌کنند و دو فرزند جدید به وجود می‌آورند. اگر تقاطع صورت نگیرد فرزندان عیناً مشابه دو کروموزوم والد می‌شوند.
۷. { جهش، Mutation } : کروموزوم‌های فرزند ایجاد شده به طور تصادفی با میزان احتمال تعیین شده جهش می‌یابد.
۸. { قبول، Accepting } : فرزندان ایجاد شده در جمعیت جدید قرار می‌گیرند.
۹. { جایگزینی، Replace } : از جمعیت جدید برای تکرار الگوریتم استفاده می‌شود.
۱۰. { آزمون، Test } : اگر شرایط مطلوب حاصل شود الگوریتم متوقف و جمعیت موجود جواب مطلوب را نشان می‌دهد.
۱۱. { حلقه تکرار، Loop } : به مرحله ۲ برگشت داده می‌شود (من^۳ و همکاران، ۲۰۱۲).

۳- پیشینه پژوهش

ترشیزی نژاد و همکاران در سال ۱۳۹۴، به بررسی پژوهشی با عنوان تشخیص جوامع در شبکه‌های احتمالی با ترکیب الگوریتم ICA و ضریب خوشه بندی پرداختند. مسئله تشخیص جوامع از مسائل مهم در بسیاری از زمینه‌ها مثل شبکه‌های کامپیوتری، سیستم‌های توصیه‌گر و شبکه‌های بی‌سیم است و لذا محققان زیادی از رشته‌های مختلف، تحقیقات متنوعی را پیرامون آن انجام داده‌اند. در روش 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 در شبکه‌های اجتماعی نسبت به روش‌های قبلی بالا برده شده. برای این منظور در الگوریتم رقابت استعماری از عملگر بردر هنگام حرکت مستعمره‌ها به سمت استعمارگر و از عملگر جهش برای انتخاب یکی از کشورها به صورت تصادفی استفاده کرده و همچنین برای تعیین استعمارگرها و محاسبه هزینه کل امپراتوری از ضریب خوشه بندی و گشت بسته استفاده می‌کنیم. برای ارزیابی روش پیشنهادی از دو معیار اطلاعات متقابل هنجارسازی شده و پیمانه استفاده شده است؛ همچنین مقایسه‌ها را بر روی دو مجموعه داده یوتیوب و فیسبوک انجام داده‌ایم. 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 تکرار شونده 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 فعالیت‌های کاربران در شبکه، تعدادی جوامع کوچک متشکل از کاربران مشابه را کشف می‌کنیم و سپس با استفاده از ارتباطات اجتماعی هر جامعه را گسترش می‌دهیم. 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 شبکه‌های 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 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.

مشکل تشخیص جامعه با توجه به اهمیت آن در شبکه‌های اجتماعی تاکنون به طور گسترده مورد مطالعه قرار گرفته است. این روش‌ها بر اساس خوشه بندی‌های مبتنی بر تراکم (موهایمانال 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 شبکه‌های اجتماعی (خوراسگانی و همکاران، ۲۰۱۰)، روش‌های مبتنی بر کلیک (قنواتی، ۲۰۱۱) و غیره جوامع را شناسایی می‌کنند. این روش فقط بر روی ارتباطات و ساختار گرافی شبکه‌های اجتماعی تمرکز می‌کنند و تعاملات و علاقه مندی کاربران و تأثیر نفوذ کاربران در شبکه‌های اجتماعی اینترنتی را در نظر نمی‌گیرند (لو و همکاران، ۲۰۱۱).

تاکالکار^۱ و همکارش در سال ۲۰۱۸، به بررسی پژوهشی با عنوان کنترل دسترسی مبتنی بر اعتماد در محیط شبکه‌های اجتماعی آنلاین دارای چندین نقش پرداختند. در دهه گذشته، به شبکه‌های اجتماعی آنلاین به عنوان یک پدیده مرفقی با توجه به استفاده‌های آن نگریده شده است. بسیاری از کاربران حجم زیاد داده‌ها را آپلود می‌کنند که شاید امنیت داده‌ها 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 داده‌ها با استفاده از قواعد به خوبی تعریف شده اعتماد مورد استفاده قرار گرفت. این پژوهش کنترل دسترسی مبتنی بر اعتماد را بسته به نقش‌های متفاوت ایفا شده توسط کاربر پیاده سازی کرده است. کاربر نقش‌های 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 نقش‌های چندگانه ای ایفا میکند که بیشتر مورد بحث قرار میگیرند.

دباکو^۲ و همکاران در سال ۲۰۱۷، به بررسی پژوهشی با عنوان تشخیص جوامع در شبکه‌های اجتماعی چند لایه ای پرداختند. در این پژوهش یک مدل تولید کننده برای تشخیص جوامع چند لایه ای تعریف شده که به شبکه‌های مستقیم و غیر مستقیم و همچنین شبکه‌هایی با لینکهای وزنی عدد صحیح قابل اعمال است. در این پژوهش یک الگوریتم بسیار مقیاس پذیر جهت حداکثر رسانی انتظار ارائه شده که برای داده‌ها با این مدل برازش پیدا می‌کند که یک شبکه چند لایه ای را به عنوان ورودی در نظر گرفته و تقسیم عضویت مرکب را به دست میدهد. گره‌ها به جوامع یا گروه‌هایی تقسیم میشوند ولی هر گره تا حدودی به چند گروه تعلق دارد. در عین اشتراک این بخش توسط همه لایه‌ها، 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 شیوه‌های مختلفی می‌توان استفاده کرد. به عنوان نمونه می‌توان 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 تکرار 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

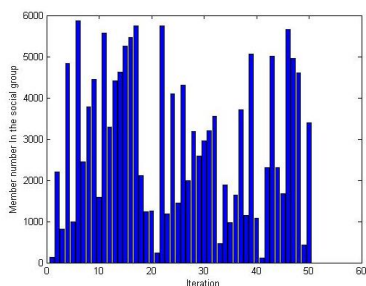
تعداد پیام‌های هر عضو به عضو دیگر و محتوای پیام‌ها در فایلها اکسل پیوست برنامه قرار دارد و پس از اجرای برنامه خروجی‌های زیر به‌عنوان دسته‌بندی اعضا با تعداد پیام‌هایی که به هم داده آن به‌عنوان جامع و نیز طبقه‌بندی هر جامعه با محتوای پیام‌هایی که به همدیگر داده‌اند انجام می‌پذیرد.

	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

شکل ۱- خروجی نرم افزار

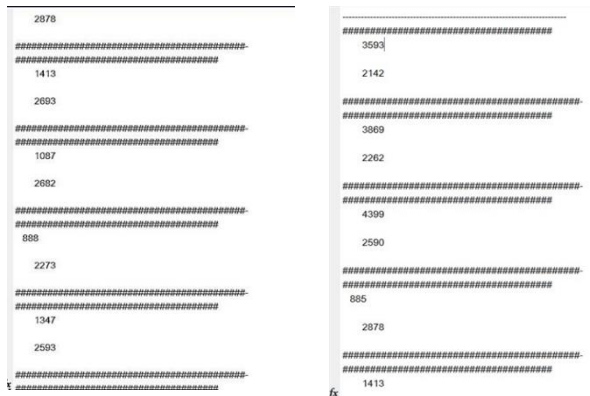
- در شکل (۱) گروه‌بندی اعضای شبکه اجتماعی در جوامع ۵ نفری که به انتخاب کاربر بوده به‌وسیله الگوریتم ژنتیک انجام پذیرفته است در این تحقیق به پردازش جامعه اول که بیشینه پیام را در بین جوامع معرفی شده به‌وسیله الگوریتم ژنتیک بوده پرداخته می‌شود.
- در شکل (۲) جواب‌های خروجی نرم افزار شماره عضوهای جامعه معرفی شده شماره ۱ در شبکه کلی و تعداد پیام‌های فرستاده شده 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 طبقه‌بندی شده‌اند 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 طبقه‌بندی شده‌اند محتوای پیام‌هایشان بر اساس طبقه‌بندی اجتماعی، سیاسی، هنری و ورزشی نمایان می‌کند.



شکل ۳- نمودار میله‌ای شماره اعضا در شبکه اجتماعی
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



شکل ۲- جواب‌های خروجی نرم‌افزار

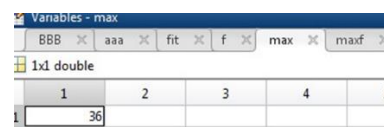
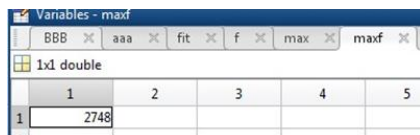
در جدول (۲) شماره ۵۰ عضوی که در جامعه شماره ۱ بر اساس الگوریتم ژنتیک طبقه‌بندی شده‌اند در شبکه اصلی و همچنین مقدار پیام‌های هر عضو با سایر اعضا گروه شماره ۱ و محتوای پیام‌های ارسالی به سایر اعضای گروه (اجتماعی-سیاسی-هنری-ورزشی) و طبقه‌ای که به آن از نظر محتوای پیام در گروه شماره ۱ تعلق می‌گیرد را نشان 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 طبقه‌بندی شده‌اند را نشان می‌دهد و تعداد پیام‌های ارسالی و دریافتی سرگروه را نیز نمایان می‌سازد.

جدول ۲- اطلاعات خروجی از نرم‌افزار متلب برای گروه ۵۰ عضوی یکم ژنتیک

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

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

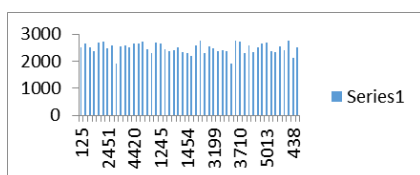


شکل ۴- مشخصات سرگروه در خروجی متلب

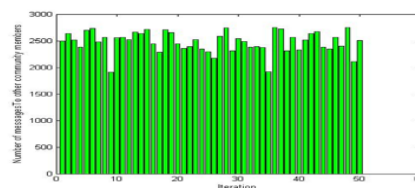
جدول ۳- مشخصات سرگروه

تعداد پیام‌های عضو سرگروه	شماره عضو سرگروه
۲۷۴۸	۳۶

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

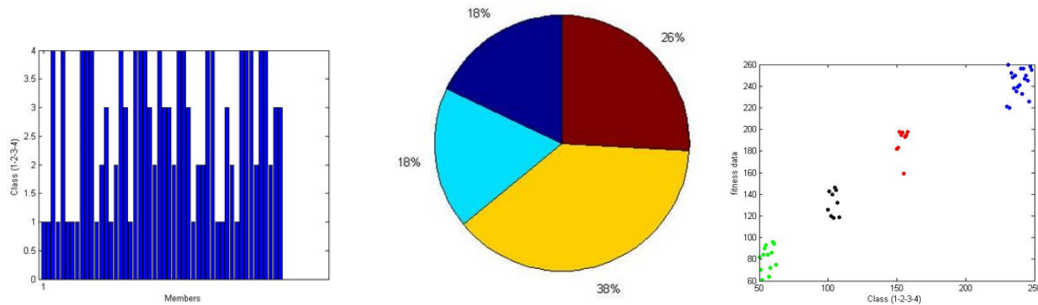


شکل ۶- تعداد پیام‌های ارسالی و دریافتی بر اساس مشخصات عضو

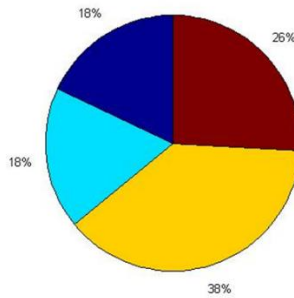


شکل ۵- تعداد پیام‌های ارسالی و دریافتی

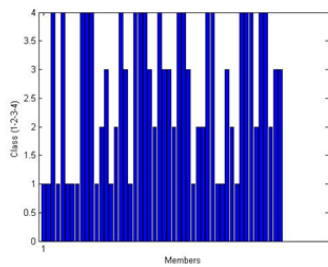
شکل (۷) اعضای جامعه یکم معرفی شده با الگوریتم ژنتیک را بر اساس نوع محتوای پیام اجتماعی، سیاسی، هنری و ورزشی طبقه‌بندی می‌کند که اعضای سبزرنگ گروه طبقه اجتماعی و اعضای مشکی طبقه سیاسی اعضای قرمز طبقه هنری و اعضای آبی‌رنگ طبقه ورزشی می‌باشند. شکل (۸) درصد تعداد اعضای جامعه یکم معرفی شده با الگوریتم ژنتیک 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 معرفی شده با الگوریتم ژنتیک را بر اساس نوع محتوای پیام اجتماعی، سیاسی، هنری و ورزشی طبقه‌بندی شده‌اند را بیان می‌کند.



شکل ۷- طبقه‌بندی اعضای گروه



شکل ۸- درصد اعضای هر گروه



شکل ۹- نمودار تعلق هر عضو به گروهش

۶- نتیجه گیری

هدف این تحقیق تجزیه و تحلیل 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 مورد تحقیق را ۶۰۰۰ نفر به عنوان 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 می‌باشد:

- 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 سبب اعضا در نظر گرفته شد. سپس فایل 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 به عنوان گروه نمونه از نظر محتوای طبقه‌بندی کردیم و اطلاعات مفیدی در مورد نوع تأملات بین جوامع در شبکه‌های اجتماعی چندلایه به دست آوردیم. سرعت الگوریتم تلفیقی مورد نظر 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 سبب الگوریتم‌هاست که تجزیه و تحلیل شبکه‌های اجتماعی را به خوبی 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 اجتماعی با ترکیب الگوریتم ICA و ضریب خوشه بندی، دومین کنگره بین المللی فناوری، ارتباطات و دانش ICTCK ۲۰۱۵
۲. رحیمی، شادی، عبدالله 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، فاتزه، 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 شبکه های اجتماعی با استفاده از کاوش الگوی تکرار شونده، 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، میدی، 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. Faruque, 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., Faruque, 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.