بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده مهندسی

پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد در رشته‌ی مهندسی کامپیوتر- هوش مصنوعی

شناسایی تشکل های همپوشان در شبکه های اجتماعی

به وسیله‌ی

حمیدرضا الواری

استادان راهنما

دکتر ستار هاشمی

دکتر علی حمزه

شهریور ماه ۱۳۹۱

بـــه نـــام خـــدا

اظهار نامـــه

اینجانب حمیدرضا الواری دانشجوی رشته ی مهندسی کامپیوتر گرایش هوش مصنوعی، اظهار می کنم که این پایان نامه حاصل پژوهش خودم بوده و در جاهایی کـه از منـابع دیگـران اسـتفاده کـرده ام، نشـانی دقیـق و مشخصات کامل آنرا نوشته ام.همچنین اظهار می کنم که تحقیق و موضوع پایان نامه ام تکراری نیست و تعهد می نمایم کـه بـدون مجـوز دانشـگاه دستاورد های آنرا منتشر ننموده و در اختیار غیر قرار ندهم.کلیـه حقـوق این اثر مطابق با آیین نامه مالکیت فردی و معنـوی متعلـق بـه دانشـگاه شیراز است.

نام و نام خانوادگی: حمیدرضا الواری
تاریخ و امضا: ۱۳۹۱/۶/۱۸

تقدیم به

پدر و مادر عزیزم که بی شک بزرگترین هدیه های الهی به من هستند.

سپاسگزاری

برخود لازم می دانم از زحمات اساتید ارجمند جناب آقای دکتر هاشمی و آقای دکتر حمزه که در تمام مدت انجام پایان نامه مرا از راهنمایی ها و مساعدت هـای بـی دریـغ شـان بهـره منـد نمودند تشکر کنم. همچنین از استادان مشاور خود که با نظرات و راهنمایی های مفیدشان مرا در پیشبرد این پایان نامه یاری نموده اند کمال تشکر را دارم.

در انتها از تمام عزیزانی که مرا در انجام ایـن پـروژه تحقیقـاتی یـاری نمودنـد کمـال تشـکر و قدردانی را دارم.

چکیده

شناسایی تشکل های همپوشان در شبکه های اجتماعی

به وسیله

حمیدرضا الواری

امروزه شبکه های اجتماعی نظیر فیسبوک از محبوبیت زیادی برخوردار شده اند، چرا که به مردم سرتاسر جهان این اجازه را می دهند که بدون تماس فیزیکی، با دوستان خود ارتباط برقرار کرده، برای آن ها پیغام گذاشته و نظرات خود را در مورد موضوعات گوناگون بیان کنند. شناسایی تشکل ها در شبکه های اجتماعی بسیار مورد توجه قرار گرفته است اما به مبحث همپوشانی اگرچه در اغلب شبکه های اجتماعی دیده می شود کمتر پرداخته شده است. مفهموم تشکل، یک مفهوم اجتماعی است. مردم اغلب سعی در ایجاد گروه هایی در خانواده، دوستان و محیط کار دارند. تشکل های شبکه های اجتماعی می تواند دایره های دوستی یا گروه هایی از مردمی باشد که علائق مشترکی دارند. به علاوه، بسیاری از سیستم های پیچیده ی دیگر نظیر شبکه های زیستی و علوم کامپیوتر نیز دارای تشکل هستند. این ویژگی شبکه ها، به علت کاربرد زیاد، توجه محققان زیادی را از رشته های مختلف به خود معطوف کرده است. در این مطالعه، بر اساس وجود انگیزه در انسان ها برای برقراری ارتباط و دوستی با یکدیگر، مسئله ی تشخیص تشکل های شبکه های اجتماعی را به عنوان یک رویکرد مبتنی بر تئوری بازی ها در یک محیط چند عامله در نظر گرفته ایم که در آن هر رأس از گراف شبکه عاملی است که سعی در بیشینه کردن تابع سودمندی خود از طریق ایجاد دوستی با عامل های مشابه خود در دو مرحله دارد: اولا به عامل های مشابه خود درخواست دوستی می دهد و ثانیا از سیستم، پیشنهادهای دوستی دریافت می کند. در اینجا، شباهت های بین عامل ها از طریق رابطه ی پیرسون و رابطه ی همسایگی محاسبه می شود. هر چه عامل ها به هم شبیه تر باشند، تابع سودمندی آن ها بیشتر خواهد بود. ساختار نهایی شبکه زمانی معلوم می شود که بازی مورد نظر به تعادل نش برسد که در آن هیچ عاملی سعی در تغییر استراتژی خود ندارد. اثبات وجود تعادل نش آورده شده که نشان می دهد روش موجود همواره به جواب نهایی می رسد. نتایج حکایت از برتری روش پیشنهادی در مقایسه با سایر روش های مطرح موجود دارد.

واژگان کلیدی: شبکه های اجتماعی، تشکل همپوشان، تئوری بازی، محیط چندعامله، تطابق ساختاری

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه

۱-۱- انگیزه از انجام این پایان نامه ۱۹

۱-۲- نگاه کلی به فصول رساله ۲۲

فصل دوم:پیشینه ی تحقیق

۲-۱-مقدمه ۲۴

۲-۲-تعریف مسئله ۲۵

۲-۳-روش های ارائه شده ۲۷

۲-۳-۱- دسته ی اول ۲۷

۲-۳-۱-۱- روش های خوشه بندی سلسله مراتبی توده ای ۲۸

۲-۳-۱-۲- روش های خوشه بندی سلسله مراتبی تقسیم شونده ۳۰

۲-۳-۲- دسته ی دوم ۳۰

۲-۳-۳- دسته ی سوم ۳۰

۲-۴- جمع بندی ۳۱

فصل سوم:ارائه راه حل و روش های پیشنهادی

۳-۱-مقدمه ۳۳

۳-۲- مروری بر نظریه بازی ها ۳۴

۳-۲-۱- تاریخچه ۳۵

۳-۲-۲- کاربردها ۳۶

۳-۲-۳- انواع بازی ۳۷

۳-۲-۳-۱- متقارن - نامتقارن ۳۷

۳-۲-۳-۲- مجموع صفر - مجموع غیر صفر ۳۸

۳-۲-۳-۳- تصادفی - غیر تصادفی ۳۸

۳-۲-۳-۴- با آگاهی کامل – بدون آگاهی کامل ۳۸
۳-۲-۴- عناصر یک بازی ۳۸
۳-۲-۴-۱- بازیکن ها ۳۸
۳-۲-۴-۲- استراتژی ۳۹
۳-۲-۵- تعادل ۴۰
۳-۲-۵-۱- تعریف غیر رسمی ۴۲
۳-۲-۵-۲- تعریف رسمی ۴۳
۳-۳- مقدمات ریاضی ۴۴
۳-۳-۱- فضای استراتژی و تعادل نش ۴۵
۳-۳-۲- توابع منفعت و زیان ۴۷
۳-۳-۳- معیار شباهت اول ۴۸
۳-۳-۴- معیار شباهت دوم ۴۹
۳-۴- الگوریتم های پیشنهادی ۵۰
۳-۴-۱- الگوریتم NGGAME و PSGAME ۵۰
۳-۴-۲- الگوریتم EPSGAME ۵۳
۳-۵- محاسبه تعادل نش و اثبات وجود آن ۵۶
۳-۶- جمع بندی ۶۱

فصل چهارم

۴-۱- مقدمه ۶۳
۴-۲- مجموعه داده ها ۶۳
۴-۲-۱- مجموعه داده های مصنوعی ۶۳
۴-۲-۱-۱- شبکه های LFR ۶۴
۴-۲-۱-۲- شبکه های Erdös-Réyni ۶۴
۴-۲-۲- مجموعه داده های واقعی ۶۵
۴-۲-۲-۱- شبکه ی Flickr ۶۵
۴-۲-۲-۲- شبکه ی DBLP ۶۵
۴-۲-۲-۳- شبکه ی Dolphin ۶۶
۴-۲-۲-۴- شبکه ی Zachary Karate Club ۶۶
۴-۲-۲-۵- شبکه ی American College Football ۶۷
۴-۳- معیارهای ارزیابی ۶۷
۴-۳-۱- معیار Normalized Mutual Information ۶۷

۴-۳-۲- معیار Fraction of Correctly Classified Nodes ۶۹
۴-۳-۳- معیار Modularity ۶۹
۴-۴- نتایج و تحلیل ها ۷۰
۴-۴-۱- روش های NGGAME و PSGAME ۷۰
۴-۴-۱-۱- مجموعه داده های مصنوعی ۷۰
۴-۴-۱-۲- مجموعه داده های واقعی ۷۱
۴-۴-۲- روش EPSGAME ۷۲
۴-۴-۲-۱- مجموعه داده های مصنوعی ۷۲
۴-۴-۲-۲- مجموعه داده های واقعی ۷۵
۴-۴-۳- تحلیل پیچیدگی زمانی ۷۹
۴-۴-۳-۱- روش PSGAME و NGGMAE ۷۹
۴-۴-۳-۲- روش EPSGAME ۸۰

فصل پنجم: بحث و نتیجه گیری

۵-۱- نتیجه گیری ۸۳
۵-۲- پیشنهادات برای کار های آتی ۸۸

منابع و مأخذ ۸۸

فهرست جدول ها

عنوان **صفحه**

جدول ۳-۱ علائم و تعاریف به کار رفته ۴۴
جدول ۳-۲ اعمال و تعاریف آن ها ۵۰
جدول ۴-۱ ویژگی های آماری مجموعه داده Flickr ۶۵
جدول ۴-۲ زمان اجرا و تعداد تشکل های تشخیص داده شده بر روی Flickr ۷۵
جدول ۴-۳ تشکل های تشخیص داده شده توسط روش EPSGAME برای نام خانوادگی Lee ۷۶
جدول ۴-۴ تشکل های تشخیص داده شده توسط روش Game برای Wei Chen ۷۶
جدول ۴-۵ NMI میانگین بر روی مجموعه داده های واقعی ۷۷
جدول ۴-۶ FCCN میانگین بر روی مجموعه داده های واقعی ۷۷
جدول ۴-۷ Modularity میانگین بر روی مجموعه داده های واقعی ۷۷

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱- ویژگی ساختار تشکل. مجموعه هایی از رأس ها (به رنگ خاکستری) که تعداد زیادی یال دارند اما تعداد یال های ما بین آن ها کم است ۱۷
شکل ۱-۲- ساختار تشکل یک شبکه به صورت (الف) تشکل های جدا (ب) تشکل های دارای همپوشانی ۱۹
شکل ۲-۱- افراز گراف. خط نقطه چین نشان دهنده حل مسأله است که در آن رأس ها به دو گروه با اندازه های یکسان تقسیم شده و یال های بین دو گروه، کمینه است ۲۴
شکل ۲-۲- درخت سلسله مراتبی یا دندروگرام. نشان دهنده خروجی الگوریتم های خوشه بندی سلسله مراتبی ۲۹
شکل ۲-۳- روش های توده ای اغلب تمایل به شناسایی هسته تشکل ها دارند (نقاط و خطوط پررنگ در این شکل) ۲۹
شکل ۳-۱- رابطه ی پیرسون. (الف) ۱+ (ب) ۰ (پ) ۱- ۴۹
شکل ۳-۲- فلوچارت مربوط به دو روش PSGAME و NGGAME ۵۳
شکل ۳-۳- فلوچارت مربوط به روش EPSGAME ۵۶
شکل ۴-۱- ساختار تشکل واقعی شبکه ی Karate ۶۶
شکل ۴-۲- مقایسه ی نتایج NGGAME و PSGAME با سایر روش ها بر روی گراف هایی با اندازه ی ۱۰۰۰ رأس ۷۱
شکل ۴-۳- تشکل های تشخیص داده شده بر روی گراف ساده ی نشان داده شده در (الف). (ب) روش NGGAME (پ) روش Game ۷۱
شکل ۴-۴- گراف Karate . (الف)تشکل های تشخیص داده شده توسط NGGAME. رئوس با حاشیه های ضخیم همزمان به چند تشکل تعلق دارند. (ب) تشکل های تشخیص داده شده توسط Game ۷۲
شکل ۴-۵- مقایسه ی نتایج EPSGAME با سایر روش ها بر روی گراف هایی با اندازه ی ۱۰۰۰ رأس ۷۳

شکل ۴-۶- مقایسه ی نتایج EPSGAME با سایر روش ها بر روی گـراف هـایی بـا انـدازه ی ۱۰۰۰۰ رأس ۷۴
شکل ۴-۷- نتایج در غالب FCCN بر روی گراف های با (الف) ۱۰۰۰ (ب) ۱۰۰۰۰ رأس..... ۷۴
شکل ۴-۸- بهترین ساختار تشکل یافت شده با بیشینه ی NMI . (الف) روش Game بـر روی گـراف Dolphin. (ب) روش Game بـر روی گـراف Karate. (پ) روش EPSGAME بـر روی گراف Dolphin . (ت) روش EPSGAME بر روی گراف Karate. ۷۸
شکل ۴-۹- بهترین ساختار تشکل بر روی گراف Football بـا بیشـینه ی NMI. (الـف) روش EPSGAME (ب) روش Game ۷۹
شکل ۴-۱۰- مقایسه بین میانگین تعداد عملیات انجام شده بر روی گراف های با انـدازه هـای مختلف توسط روش های EPSGAME و Game ۸۰
شکل ۴-۱۱- مقایسه بین میـانگین زمـان اجـرای روش هـای EPSGAME و Game بـر روی گراف های با اندازه های مختلف ۸۱

فصل اول

مقدمه

تعامل انسان با کامپیوتر[1] از زمان ایجاد اولین کامپیوترها همواره مورد توجه بوده است و شامل مطالعه، برنامه ریزی و طراحی رابطه بین مردم (کاربران) و کامپیوترها است. معمولا از HCI به عنوان نقطه تقاطع علوم کامپیوتر، علوم رفتاری[2] ، علم طراحی[3] و چند زمینه ی دیگر یاد می شود. این اصطلاح برای اولین بار توسط کارد، موران و نیوول در کتاب "روانشناسی تعامل انسان با کامپیوتر" مطرح شده است و دلالت ضمنی بر این مطلب دارد که بر خلاف ابزارهایی که کاربرد محدود دارند، کامپیوتر دارای مزایا و کاربردهای بیشماری بوده که در یک دیالوگ بدون انتها بین آن و کابر انجام می شوند [۱].

متخصصان این حوزه در ابتدا به دنبال تولید سخت افزارهایی با ارگونومی مناسب برای راحتی انسان بودند. طی دهه ی ۱۹۸۰، این حوزه با تحولی پارادایمیک مواجه شد و تمرکز اصلی آن به جنبه های ادراکی رفتار کاربر و ایجاد نرم افزارهای کاربر پسند سوق یافت. اما طولی نکشید که در دهه ۱۹۹۰، موج جدیدی گفتمان غالب متخصصان این حوزه را متحول ساخت. در این گفتمان جدید، افزایش کیفیت ارتباط میان انسان ها با کامپیوترها هدف نبود، بلکه در این دیدگاه کامپیوتر به عنوان ابزاری برای ایجاد تعاملات انسانی نگاه می شد. با توجه به این رویکرد، شبکه های اجتماعی اینترنتی به عنوان عامل ایجاد تعامل میان انسان ها در فضای مجازی از اهمیت خاصی برخوردار گشت. یکی از این تاثیرات ظهور مفاهیم جدیدی چون وب اجتماعی ۲ بود [۲].

امروزه فراگیری اینترنت و فن آوری های جدید ارتباطی و اطلاعاتی، موجب ظهور فضای مجازی در کنار جهان واقعی شده که این امر، معادلات و الگوهای ارتباطات سنتی، تولید، انتقال و مصرف اطلاعات را به هم زده و موجب تغییر در آن شده است. چنین فضایی که به عنوان واقعیت مجازی یک پارچه، درنظر گرفته می شود، از ویژگی هایی چون بی مکانی، فرا زمان بودن، صنعتی بودن محض، عدم محدودیت به قوانین مدنی متکی بر دولت- ملت ها، از معرفت شناسی تغییر شکل یافته پسامدرن برخوردار بودن، قابل دسترسی بودن همزمان، روی فضا

[1] Human-Computer Interaction (HCI)

[2] Behavioral Science

[3] Design Science

بودن و برخورداری از فضاهای فرهنگی، اعتقادی، اقتصادی، سیاسی و نیز آزادی از هویت بدنی و جنسی جدید برخوردار است. شبکه های اجتماعی مجازی، امروزه نقش بسیار مهمی در خلق این فضای مجازی دارند. از خلال همین واقعیت های مجازی است که آسیب های روانی و سیاسی بسیار گسترده ای را می توانند برای یک جامعه به وجود آورند.

شبکه های اجتماعی، به مجموعه ای از افراد که به صورت گروهی با یکدیگر ارتباط داشته و مواردی مانند اطلاعات، نیازمندی ها، فعالیت ها و افکار خود را به اشتراک بگذارند، شبکه های اجتماعی گویند. شبکه های اجتماعی را می توان به دو دسته شبکه های مجازی و شبکه های غیرمجازی تقسیم کرد. شبکه های غیرمجازی در واقع شبکه هایی هستند که توسط مجموعه ای از افراد و گروه های به هم پیوسته، در محیط اجتماعی عمل می کنند. شبکه اجتماعی مجازی یا شبکه اجتماعی اینترنتی، وب سایت یامجموعه ای از وب سایت هایی است که به کاربران امکان می دهد، علاقه مندی ها، افکار و فعالیت های خود را با یکدیگر به اشتراک بگذارند؛ به عبارت دیگر، شبکه های اجتماعی سایت هایی هستند که با استفاده از یک موتور جست وجوگر و افزودن امکاناتی مانند چت، پیام رسانی الکترونیک، انتقال تصویر و صدا و...، امکان ارتباط بیشتر کاربران را در قالب شبکه ای از روابط فردی و گروهی فراهم می آورند. وبلاگ ها، فیس بوک[1]، توییتر[2]، یوتیوب[3] از جمله شبکه های اجتماعی مجازی هستند.

شبکه های اجتماعی مجازی در جوامع جهانی مورد استقبال بیشتری قرار گرفته است. شبکه اجتماعی مجازی ابزار متنوعی است که به صورت آزاد و مجانی به آن دسترسی می توان داشت. یک فرد می تواند مطالب مورد نظر خود یا یک سری اطلاعات خاص را دریک ثانیه با صدها و حتی هزاران فرد در سرأسر جهان به اشتراک بگذارد.این شبکه مزایا و معایب خاص خود را دارد، برای مثال عده ای ازمحققان معتقدند شبکه های مجازی باعث افزایش معاشرت پذیری می شود و در سوی دیگر نیز افرادی مقابل این تعریف قرار دارند و معتقدند شبکه های اجتماعی فعلی باعث کاهش ارتباط با خانواده می شود.

با گسترش وب اجتماعی، نیاز به تحلیل ساختارها و رفتارهای شبکه های اجتماعی، به عنوان یکی از نیازمندی های اساسی شرکت های تجاری مبدل گشت. تحلیل شبکه های اجتماعی در بسیاری از کاربردها از جمله مدیریت شبکه اجتماعی، تحلیل گرایش بازار، شناسایی افراد تاثیرگذار و حامیان، ارتقاء کارایی سامانه های توصیفگر و.... قابل استفاده است. نیازمندی های تجاری باعث شده است در سال های اخیر در بعد آکادمیک توجه زیادی به تحلیل شبکه های اجتماعی گردد. امروزه این ابزار قدرتمند نه تنها مورد توجه متخصصان فناوری اطلاعات می

[1] www.facebook.com

[2] www.twitter.com

[3] www.youtube.com

باشد، بلکه پژوهشگران سایر رشته هایی چون علوم تربیتی، زیست شناسی، علوم ارتباطات، اقتصاد، ....، به عنوان یک تکنیک کلیدی از تحلیل شبکه اجتماعی بهره می برند.
برای تحلیل شبکه ها، از معیارها و نرم افزارهای متفاوتی استفاده می شود. نرم‌افزارهای تجزیه و تحلیل شبکه اجتماعی جهت شناسایی، تجزیه و تحلیل، تجسم و شبیه سازی رأس ها و یال‌ها از انواع مختلف داده‌های ورودی (رابطه ای و غیر رابطه ای)، از جمله مدل‌های ریاضی شبکه‌های اجتماعی است. ابزار تجزیه و تحلیل شبکه به محققان اجازه می‌دهد تا شبکه‌هایی با اندازه‌های مختلف (شبکه‌های کوچک مانند خانواده و شبکه‌های بزرگ مانند اینترنت) را بررسی کنند این نرم‌افزارها با فراهم آوردن ابزارهای مختلف اجازه اعمال رویه‌های ریاضی و آماری را روی مدل شبکه می‌دهند. این نرم‌افزارها با نمایش‌های بصری شبکه‌های اجتماعی به درک و تحلیل نتایج کمک زیادی می‌کنند. معیارهای زیر در تحلیل شبکه های اجتماعی کاربرد وسیعی دارند:

Betweenness: تعداد افرادی در شبکه که یک شخص بطور غیر مستقیم از طریق خطوط مستقیم آنها متصل شده‌است.

Closeness: تنوع مجموعه کوتاهترین مسیرها بین هر فرد و دیگر افراد در شبکه.

Centrality degree: محاسبه میزان پیوندهایی که فرد با دیگر افراد در شبکه دارد.

Centralization: تفاوت بین تعداد پیوندها برای هر نود تقسیم شده توسط بیشترین مجموع تفاوتها. یعنی در یک شبکه همیشه نودهایی وجود دارند که نسبت به دیگر نودها تعداد پیوندهای بیشتری دارند. در شبکه‌ای که دچار عدم تمرکز است تفاوت کمی بین پیوندهای هر نود وجود دارد.

Cohesion: اشاره به درجه‌ای دارد که افراد بطور مستقیم با همدیگر ارتباط دارند.

Path length: مسافت بین هر دو نود در یک شبکه را می‌گویند، میانگین Path length در واقع میانگین مسافتهای بین تمامی جفت نودها است.

Structural hole: تعداد کمی از افراد که اگر از گروه خارج شوند گروه از همدیگر جدا می‌شوند و اتصالات قطع می‌شود.

شبکه ی اجتماعی ساختاری اجتماعی است که از گره هایی(که عموما فردی یا سازمانی هستند) تشکیل شده‌است که توسط یک یا چند نوع خاص از وابستگی به هم متصل اند، برای مثال: قیمت‌ها، الهامات، ایده‌ها و تبادلات مالی، دوست‌ها، خویشاوندی، تجارت، لینک‌های وب، سرایت بیماری‌ها (اپیدمولوژی) یا مسیرهای هواپیمایی. ساختارهای حاصل اغلب بسیار پیچیده هستند. تحلیل شبکه‌های اجتماعی روابط اجتماعی را با اصطلاحات رأس و یال می‌نگرد. رأس‌ها بازیگران فردی درون شبکه‌ها هستند و یال‌ها روابط میان این بازیگران هستند. انواع زیادی از یال‌ها می‌تواند میان رأس‌ها وجود داشته باشد. تحقیق در تعدادی از زمینه‌های آکادمیک نشان داده‌است که شبکه‌های اجتماعی در بسیاری از سطوح به کار گرفته می‌شوند از خانواده‌ها گرفته تا ملت‌ها و نقش مهمی در تعیین راه حل مسائل، اداره کردن تشکیلات و میزان موفقیت افراد در رسیدن به اهدافشان ایفا می‌کند. در ساده‌ترین شکل یک شبکه ی اجتماعی نگاشتی از تمام یال‌های مربوط، میان رأس‌های مورد مطالعه است. شبکه ی اجتماعی هم چنین می‌تواند برای تشخیص موقعیت اجتماعی هر یک از بازیگران مورد استفاده قرار گیرد. این مفاهیم غالبا در یک نمودار شبکه ی اجتماعی نشان داده می‌شوند که درآن، نقطه‌ها رأس‌ها هستند و خط‌ها نشانگر یال‌ها [۳]. اما آنچه که در این تحلیل، پایه و اساس محسوب می شود، نظریه ی گراف ها است که در کنار کاربرد های بیشمار آن، در تحلیل شبکه های اجتماعی نیز نقشی مهم ایفا می کنند. در ادامه به شرح خلاصه ای از تاریخچه گراف و مواردی از کاربرد آن خواهیم پرداخت.

نظریه گراف شاخه‌ای از ریاضیات بوده که درباره ی گراف‌ها بحث می‌کند و در واقع شاخه‌ای از توپولوژی است که با جبر و نظریه ماتریس‌ها پیوند مستحکم و تنگاتنگی دارد. نظریه ی گراف برخلاف شاخه‌های دیگر ریاضیات خاستگاه مشخصی دارد و آن، حل معمای پل های کونیگزبرگ[1] در سال ۱۷۳۶ و توسط اویلر ریاضیدان سوئیسی است[۴]. از آن زمان تاکنون تحقیقات زیادی بر روی گراف ها انجام شده که این امر منجر به جمع آوری مطالب بسیاری در مورد آن ها شده است. از جمله ی این تحقیقات می توان به موارد زیر اشاره کرد.

در سال ۱۸۴۷، گوستاو کیرشهف نوع خاصی از گراف‌ها به نام درخت را مورد بررسی قرار داد. کیرشهف این مفهوم را هنگام تعمیم قوانین اهم برای جریان الکتریکی در کاربردهایی که حاوی شبکه‌های الکتریکی بودند به‌کار گرفت. ده سال بعد، آرتور کیلی همین نوع گراف را برای شمارش ایزومرهای متمایز هیدروکربنهای اشباع شده ی C_nH_{2n+2} به‌کار برد. در همین دوران شاهد حضور دو ایده ی مهم دیگر در صحنه هستیم. ایده ی اول حدس چهار رنگ بود که نخستین بار توسط فرانسیس گوثری در حدود سال ۱۸۵۰ مورد تحقیق قرار گرفت. این مسئله سرانجام در سال ۱۹۷۶، توسط کنث اپل و ولفگانگ هیکن و با استفاده از یک تحلیل

[1] Puzzle of Königsberg's bridges

رایانه‌ای پیچیده حل شد. ایده ی مهم دوم، دور همیلتونی بود. این دور به افتخار سر ویلیام روآن همیلتون نامگذاری شده است. او این ایده را در سال ۱۸۵۹ برای حل معمای جالبی حاوی یال‌های یک دوازده وجهی منتظم به‌کار گرفت. یافتن جوابی برای این معما چندان دشوار نیست ، ولی ریاضیدانان هنوز در پی یافتن شرایطی لازم و کافی هستند که گراف‌های بیسوی حاوی مسیر یا دورهای همیلتونی را مشخص کنند. پس از این کارها تا بعد از سال ۱۹۲۰ فعالیت اندکی در این زمینه صورت گرفت. مسئله ی مشخص کردن گراف‌های مسطح را کازیمیر کوراتوفسکی، ریاضیدان لهستانی، در سال ۱۹۳۰ حل کرد. نخستین کتاب درباره ی نظریه ی گراف در سال ۱۹۳۶ منتشر شد. این کتاب را ریاضیدان مجارستانی، دنش کونیگ، که خود محقق برجسته‌ای در این زمینه بود، نوشت. از آن پس فعالیت‌های بسیاری در این زمینه صورت گرفته و کامپیوتر نیز در چهار دهه ی اخیر به یاری این فعالیت‌ها آمده است [۵].

پیشرفت‌های اخیر در ریاضیات، به ویژه در کاربردهای آن موجب گسترش چشمگیر نظریه ی گراف شده است به گونه‌ای که هم‌اکنون نظریه ی گراف ابزار بسیار مناسبی برای تحقیق در زمینه‌های گوناگون مانند نظریه کدگذاری، تحقیق در عملیات، آمار، شبکه‌های الکتریکی، علوم رایانه، شیمی، زیست‌شناسی، علوم اجتماعی و سایر زمینه‌ها گردیده است.

از گراف‌ها برای حل مسایل زیادی در ریاضیات و علوم کامپیوتر استفاده می‌شود. ساختارهای زیادی را می‌توان به کمک گراف‌ها به نمایش در آورد. برای مثال برای نمایش چگونگی رابطه وب سایت‌ها به یکدیگر می‌توان از گراف جهت دار استفاده کرد. به این صورت که هر وب سایت را به یک رأس در گراف تبدیل می‌کنیم و در صورتیکه در این وب سایت لینکی به وب سایت دیگری بود، یک یال جهت دار از این رأس به رأسی که وب سایت دیگر را نمایش می‌دهد وصل می‌کنیم. از گراف‌ها همچنین در شبکه‌ها، طراحی مدارهای الکتریکی، اصلاح هندسی خیابان‌ها برای حل مشکل ترافیک، و.... استفاده می‌شود. مهم‌ترین کاربرد گراف مدل‌سازی پدیده‌های گوناگون و بررسی بر روی آنهاست. با گراف می‌توان به راحتی یک نقشه بسیار بزرگ یا شبکه‌ای عظیم را در درون یک ماتریس به نام ماتریس وقوع گراف ذخیره کرد و یا الگوریتمهای مناسب مانند الگوریتم دایکسترا یا الگوریتم کروسکال و... را بر روی آن اعمال نمود. در این جا به بررسی گراف‌هایی می‌پردازد که می‌توان آن‌ها را به نحوی روی صفحه کشید که یال‌ها جز در محل رأس‌ها یکدیگر را قطع نکنند. این نوع گراف در ساخت جاده‌ها و حل مساله کلاسیک و قدیمی سه خانه و سه چاه آب به کار می‌رود. کاربرد گراف بازه‌ها از گراف‌ها برای حل مسایل زیادی در ریاضیات و علوم کامپیوتر استفاده می‌شود. ساختارهای زیادی را می‌توان به کمک گراف‌ها به نمایش در آورد. درخت و ماتریس درخت در رشته‌های مختلفی مانند شیمی مهندسی برق و علم محاسبه کاربرد دارد. کیرشهف در سال ۱۸۴۷ میلادی هنگام حل دستگاههای معادلات خطی مربوط به شبکه‌های الکتریکی درختها را کشف و نظریه درختها را بارور کرد. کیلی در سال ۱۸۵۷ میلادی درختها را در ارتباط با شمارش ایزومرهای مختلف

هیدروکربنها کشف کرد وقتی مثلا می‌گوییم در ایزومر مختلف C_4H_{10} وجود دارد منظورمان این است که دو درخت متفاوت با ۱۴ رأس وجود دارند که درجه ۴ رأس از این ۱۴ رأس جهار و درجه هر یک از ۱۰ رأس باقیمانده یک است. اگر هزینه کشیدن مثلا راه آهن بین هر دو شهر از p شهر مفروض مشخص باشد ارزانترین شبکه‌ای که این p شهر را به هم وصل می‌کند با مفهوم یک درخت از مرتبه p ارتباط نزدیک دارد. به جای مساله مربوط به راه آهن می‌توان وضعیت مربوط به شبکه‌های برق رسانی و لوله کشی نفت و لوکشی گاز و ایجاد کانالهای آبرسانی را در نظر گرفت. برای تعیین یک شبکه با نازلترین هزینه از قاعده‌ای به نام الگوریتم صرفه جویی استفاده می‌شود که کاربردهای فراوان دارد. از گرافها می‌توان به عنوان کدهای کمکی نام برد که به *DVB Player*[1] ها در بالا بردن قابلیت‌های آنها کمک می‌کنند. گراف‌ها دارایی مزایای مختلفی هستند که شفاف تر کردن و واضحتر کردن تصویر و کاهش مصرف *CPU* به عنوان یکی از اصلی‌ترین مزایای آنها بشمار می‌رود [۵].

یکی دیگر از کاربرد های مهم گراف ها در نمایش سیستم های پیچیده طبیعی و اجتماعی و در قالب یک شبکه[2] است؛ مجموعه ای از رأس ها و یال هایی که این رأس ها را به هم متصل می کنند [۶]. سیستم های پیچیده نگاهی نو به پدیده های است که به علت ارتباط بین اجزای آن و همچنین ارتباط با دیگر پدیده ها، از پیچیدگی بالایی برخوردارند و رفتار جمعی متفاوتی بروز می دهند. بدین معنی که با مطالعه تک تک اجزای یک سیستم پیچیده نمی توان به رفتار جمعی آن دست یافت. به عبارت دیگر، سیستم پیچیده معرف پارادایم پیچیدگی است که عناصر سازنده آن تشکیل شبکه ای را می دهند که اجزاء شبکه دارای برهم کنش هستند و از اندیشه کل نگر بهره می گیرند. پارادایم کلاسیک که بخشی نگر است، بر این فرض استوار است که اگر اجزاء سیستمی را دقیقا شناسایی کنیم و از عمل کرد آن اطلاع یابیم، قادر خواهیم بود به خواص کلی پدیده و سیستم دست یابیم. مطالعات کیهان شناسی، ساختارهای بی نظم در مواد، زیست شناسی، جامعه شناسی و اقتصاد محدودیت کاربرد این مسئله در مقالات و کتب متعدد را به نمایش گذاشته اند.

اغلب پدیده‌های طبیعی و بسیاری از ساخته‌ها و آفرینش‌های امروزین انسانی را باید تحت رده ی عام سامانه‌های پیچیده به بررسی و مطالعه نشست. هر چند انسان صدها سال است که بررسی سیستمهای پیچیده را آغاز کرده است. اما بررسی این سیستمها در شاخه های مختلفی برداشت مدرن از آن را ایجاد کردهاست. در ریاضیات با کشف آشوب در سیستمهای تعینی و همچنین بررسی دینامیکی شبکه های عصبی، بررسی این سیستمها در زمینه کلید خورد. در شیمی و فیزیک، بررسی سیستمهای خود سامانده در غالب مباحث فیزیک آماری و ترمودینامیک غیرتعادلی آغاز شد. مدل سازی تلاطم، سیستمهای فرو مغناطیسی و همچنین

[1] Digital Video Broadcasting
[2] Network

پدیده های بحرانی، گامهای مهم بعدی در بسط این مباحث شد. با مطرح شدن مسایل زیست شناختی و انسان شناختی در حوزه ی مدل سازی ریاضیاتی و فیزیکی، تکنیکهای سیستمهای پیچیده رشد روزافزونی پیدا کرده اند. امروزه سیستمهای پیچیده نگاهی کلی نگر بر پدیده دارد و برپایه تئوریهای شبکه های پیچیده، آشوب، پدیده های بحرانی، هندسه فرکتالی، تئوری مقیاسی، تئوری اطلاعات و دینامیک غیر خطی بنا شده است.

در دهه های گذشته پس از گذر از نگاه ساده انگارانه و غیر تخصصی به مسائل و حوزه های علمی در دوره های قبل از آن، نوعی نگاه جدید مبتنی بر تخصصی انگاری علمی در اکثر حوزه های علمی ایجاد گردید. این نگاه، در بطن خود، وجود رفتار وابسته بین بسیاری از پدیده ها را نادیده می انگارد. بسیاری از پدیده های طبیعی و نیز اجتماعی، در ذات خود وابستگی بسیاری به حوزه های متنوعی از علوم دارند که نمی توان با نگاه موجود در یک رشته علمی آن ها را تحلیل نمود. بنابراین با رشد پیچیدگی موجود در پدیده ها، نیاز به سطحی از تحلیل فراتر از علوم تک نگر می باشد. در این سطح، در دو دهه گذشته، بنا به اقتضائات موجود جهت تحلیل سیستم های پیچیده، نیاز به تکنیک هایی جدید و مطالعات مبسوطی در این حوزه احساس گردیده است. تشکیل مراکز مطالعاتی متمرکز با رویکرد میان رشته ای از جمله اقدامات پژوهشگاهها در رأستای توسعه نگاه علمی تر بر پدیده های وابسته و تحلیل آن ها برا ی درک بهتر پدیده ها می باشد.
سیستم های پیچیده یک شاخه بین رشته‌ای است که امروزه دامنه وسیعی از مقولات علمی تئوری و کاربردی علم فیزیک و ریاضیات را با دیگر رشته‌ها از جمله شیمی، علوم زیستی، شاخه‌های مهندسی و زمین‌شناسی، اقتصاد، جامعه‌شناسی و رشته های دیگر مرتبط ساخته است. این گرایش در دو دهه گذشته درتمام مراکز تحقیقاتی و دانشگاه‌های معتبر دنیا (آمریکا، ایتالیا، فرانسه، آلمان، انگلیس ... حتی برخی از کشورهای آسیایی ژاپن، کره، هند...) مورد توجه وسیع قرارگرفته است و درحال حاضر از مهمترین شاخه‌های علوم نوین هم از دیدگاه شناخت طبیعت و هم از رهیافت کاربردهای وسیع آن در حوزه‌های دیگر دانش و فناوری به شمار می‌رود.
هدف این گرایش توسعه ابزارهای ریاضی، محاسباتی و یا شبیه‌سازی با تکیه بر فهم رفتارهای فیزیکی حاکم بر آنها، به منظور توصیف و پیش‌بینی این گونه پدیده‌هاست. قدرت روش های سیستم های پیچیده در تحلیل سیستم های بس عاملی و همچنین امکان دسترسی آسان به حجم روز افزون داده ها در امروز این امکان را ایجاد کرده است که هر روز شاهد تولد روشی نوین در زمینه های گوناگون بر پایه ی تفکر سیستم های پیچیده باشیم. کشورهای صاحب قدرت با سرمایه گذاری روی چنین روش هایی تعریف ابزار قدرت را در دنیای چند بعدی امروز تغییر داده اند و برای عقب نماندن از قافله ی جهانی و همچنین دسترسی به منابع انسانی،