

۲۰۵۸۵۳

تحلیلی شبکه‌های اجتماعی

با بکارگیری پایتون

ترجمه و تألیف:

دکتر مهدی عنایت‌حری، مهندس زهرا سادات طبایی



انتشارات
شهرآب



انتشارات
آیندهسازان



انتشارات
شهرآب

مرکز پخش و دفتر مرکزی: تهران، خیابان انقلاب، خیابان منیری جاوید (اردیبهشت)، کوچه بهشت آیین، پلاک ۳۶

نمبر: ۶۶۴۸۳۱۵۱

تلفن: ۶۶۴۹۹۹۹۰

کد پستی ۱۳۱۴۹۶۳۳۳۱

تحلیل شبکه‌های اجتماعی با بکارگیری پایتون

ترجمه و تالیف: دکتر مهدی غضنفری، مهندس زهراسادات طبایی

ناشر: شهرآب

ناشر همکار: آینده‌سازان

نوبت چاپ: اول

تاریخ انتشار: ۱۳۹۸

تیراژ: ۱۱۰۰ نسخه

قیمت: ۹۸۰۰۰ تومان

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۳۱۴-۴۲۲-۷

تمام حقوق نشر و پخش این اثر برای انتشار، توسط شهرآب محفوظ است.

فهرست نویسی پیش از انتشار

سرشناسه	: غضنفری، مهدی، ۱۳۳۹ -
عنوان و نام پدیدآور	: تحلیل شبکه‌های اجتماعی با بکارگیری پایتون، ترجمه و تالیف مهدی غضنفری، زهراسادات طبایی.
مشخصات نشر	: تهران: شهرآب: آینده‌سازان، ۱۳۹۸.
مشخصات ظاهری	: ۴۰۶ ص: مصور، جدول، نمودار.
شابک	: 978-964-3144-22-7
وضعیت فهرست‌نویسی	: فیا
یادداشت	: واژه‌نامه.
موضوع	: تحلیل شبکه اجتماعی، Social sciences -- Network analysis، شبکه‌های اجتماعی، Social networks
موضوع	: گراف‌ها، Graph theory، پایتون (زبان برنامه‌نویسی کامپیوتر)، Python (Computer program language)
شناسه افزوده	: طبایی، زهراسادات، ۱۳۳۳ -
رده بندی کنگره	: HM۷۱۱
رده بندی دیویی	: ۳۰۲/۳
شماره کتابشناسی ملی	: ۵۸۶۶۵۰۸

مراکز پخش

فروشگاه مرکزی انتشارات شهرآب:

تهران، خیابان انقلاب، روبروی دانشگاه تهران، مجتمع فرهنگی فروزنده،

پلاک ۲۳۳ تلفن: ۶۶۹۶۱۱۰۰ نمابر: ۶۶۹۶۱۱۰۱

فروشگاه شماره ۲ انتشارات شهرآب:

تهران، خیابان انقلاب، ضلع جنوب شرقی میدان، بازار بزرگ کتاب، طبقه پایین

همکف، پلاک ۱۵ تلفن: ۶۶۴۹۷۵۲۶

فروشگاه آینده‌سازان:

تهران، خیابان انقلاب، روبروی دانشگاه تهران، مجتمع فرهنگی فروزنده،

پلاک ۳۰۵ تلفن: ۶۶۴۱۷۳۱۶

کتابفروشی حاجی‌پور:

کرمان، سراه احمدی، کتابفروشی حاجی‌پور

تلفن: ۰۲۴۱-۲۲۶۲۰۵۶

پیشگفتار

ن وَالْقَلَمِ وَمَا يَسْطُرُونَ ...

تحولات سریع در وب و اینترنت در دهه گذشته و پیشرفت در محاسبات و ارتباطات، بشر را با شیوه‌های جدید و پیچیده‌ای مواجه کرده است. سایتهای اجتماعی جدیدی بروز و ظهور یافته و با مشارکتی وسیع و استقبالی گسترده مواجه شده که هر یک اشکال متفاوتی از ارتباطات، تعاملات و همکاری را موجب شده‌اند. سایتهایی مانند توئیتر، فیسبوک، لینکدین و مای‌اسپیس، به افراد اجازه می‌دهند ارتباطات مجازی جدیدی ایجاد کنند و وبلاگها و وبلاگهای ویدئویی به راحتی به کاربران امکان می‌دهند تا ایده‌ها و افکار خود را منتشر کنند، بدون اینکه نگران هزینه‌های انتشار آن باشند.

تعداد زیادی از «فمندا» امروزه می‌توانند مقالات خود را چاپ کرده و عکسها، فیلمها و لینکها را در محدوده و مقیاسی بسیار بالا تصور نمی‌کردند، منتشر کنند. توصیه‌گرهای محصولات، از طریق بازارهای آنلاین مانند eBay، آمازون (پس از تجزیه و تحلیل رفتار کاربر) می‌تواند مصرف‌کنندگان آنلاین را ترغیب به سفارشات بیشتر کند. ما نیزه‌های برجسته زدن، به کاربران وب کمک می‌کنند تا اولویتهای خود را بیان کنند. ارسال و دریافت این بازخورد از یک صفحه وب و یا ارسال نظر در یک سایت وبلاگ، اغلب یک ردیابی دیجیتالی را از خودش بجا می‌گذارد که می‌تواند توسط فرد یا گروهی که پشت آن قرار گرفته‌اند ردیابی شود. گروهها و احزاب سیاسی می‌توانند از وب سایت برای ایجاد تالارهای گفتگو و یا اشکال دیگر همکاری بین طرفداران خود استفاده کرده، ایده‌ها و تفکرات تازه‌ای را مطرح کرده و حتی جنبشهای جدیدی را براه بیندازند.

تمام این تغییرات بدون کمک فناوری Web 2.0 هرگز ممکن نبود. اصطلاحی که توسط تیم آریلی¹ بکار گرفته شد تا نشان دهد که کاربران اینترنت، بیشتر از قبل آمادگی ایجاد محتوای وب را دارند. شبکه‌های اجتماعی یکی از عوامل مهم در ظهور چنین تعاملاتی هستند، زیرا اکثر کاربران اینترنت، بازیگران سایتهای اجتماعی بوده و بسیار منظم و فعال از سایتهای استفاده می‌کنند. مطالعات اخیر نشان داده است که "شبکه‌های اجتماعی" به عنوان یکی از سه مورد استفاده رایج از اینترنت، در کنار جستجوی اینترنتی و ایمیل می‌باشد، که به اهمیت این روند اجتماعی و نقش آن در اجتماعات اشاره می‌کند.

¹ Tim O'Reilly

در سالهای اخیر، موضوع تجزیه و تحلیل شبکه‌های اجتماعی، بعنوان زیرمجموعه مبحث شبکه‌های اجتماعی، به یک حوزه پژوهشی جذاب و بین‌رشته‌ای بدل شده است. مثالی از حوزه بین‌رشته‌ای، حوزه میان علوم کامپیوتر و جامعه‌شناسی است. در واقع دانشمندان رشته‌های کامپیوتر و جامعه‌شناسی تنها با ارتقا توان و دانش خود به سطحی بالاتر از گذشته، قادر به مواجهه با چالشهای این رشته در حال توسعه هستند. از یک سو، متخصصان رشته کامپیوتر، دانش تجزیه و پردازش داده‌ها را دارند، و از سوی دیگر جامعه‌شناسان، تجربه و ویرایش موثر و تفسیر درست داده‌های مفید را دارند. لذا تحلیل شبکه‌های اجتماعی در بسیاری از کاربردهای خود، محتاج دانش و تجربه توأم این دو گروه است.

تکنیکهای تجزیه و تحلیل شبکه‌های اجتماعی که در این کتاب گنجانده شده است، به خوانندگان کمک می‌کند تا به طور موثر، داده‌های اجتماعی تویتر، فیسبوک، لایو ژورنال^۱، گیت‌هاب^۲ و بسیاری دیگر را در سه سطح: فردی، بخشی و سیستمی تحلیل کنند. آنها قادر به تجزیه و تحلیل شبکه‌های سیاسی، شبه‌نظامی و انقلابی و یا شبکه‌های اقتصادی و فرهنگی خواهند بود. آنها حتی یاد خواهند گرفت چگونه وپروسه ابولا^۳ از طریق جوامع گسترش می‌یابد.

تجزیه و تحلیل شبکه‌های اجتماعی به صورت امنیت آیزی در زمینه‌های مختلف مانند سلامت، امنیت سایبری، کسب و کار، زندگی حیوانات، بازیابی تصارک و ارتباطات مورد استفاده قرار گرفته است. به عنوان مثال، در حیات وحش، تجزیه و تحلیل شبکه‌های اجتماعی برای بررسی روابط و ساختار اجتماعی تجمعات حیوانات و تعاملات مستقیم و غیر مستقیم بین گروه‌های حیوانی بکار گرفته شده است. در مورد امنیت جوامع انسانی، تحلیل شبکه‌های اجتماعی توسط سازمانهای امنیت بکار برده شده و به مطالعه ساختار و پویایی گروههای مختلف اجتماعی مثلا گروههای قومیتی و یا سبک‌های زندگی پرداخته است.

آموزش تحلیل شبکه‌ها به زبانی ساده

این کتاب در مورد تحلیل گراف و شبکه است و این کار را با زبانی ساده انجام داده است. کتاب حاضر عملاً دانش تئوری و کاربرد تحلیل شبکه را یکپارچه کرده است. با استفاده از روشی گام به گام، ابتدا مفاهیم ساختاری اصلی و سپس کاربرد آنها در تحقیقات اجتماعی را معرفی می‌کند. هدف این کتاب، حل

¹ LiveJournal

² GitHub

³ Ebola Virus

مسائل گرافها و شبکه‌های اجتماعی با کاوش و بررسی دهها مثال در این حوزه، از سطح آسان، متوسط و تا سخت است. چنین روشی باعث ارائه یک دانش کاربردی در این زمینه می‌شود.

بجز فصل اول که دربرگیرنده مفاهیم نظری است، در هریک از فصلهای دوم تا هشتم، هر بحث نظری با مثالهایی از نحوه تجزیه و تحلیل گراف و شبکه از طریق زبان پایتون دنبال می‌شود. پایتون، یک زبان برنامه‌نویسی عمومی با محبوبیت روزافزون در حوزه علوم داده است. فصل نهم یک مورد کاربردی جذاب در دنیای سیاست را مورد توجه قرار داده است.

همانطور که ذکر شد آموزشهای نظری این کتاب با دستورات پایتون همراه شده است. بکارگیری پایتون به این دلیل است که شرکت‌های بزرگ در سراسر جهان، برای کسب بینش در مورد داده‌های خود و رسیدن به مزایای رقابتی، از "پایتون" استفاده می‌کنند. این کتاب همچنین از کتابخانه *NetworkX* استفاده می‌کند که یک بسته نرم‌افزاری پایتون و یک ابزار منبع باز برای ایجاد، دستکاری و مطالعه ساختار، پویایی و عملکرد شبکه‌های پیچیده است. در کنار این دو، از بسته کتابخانه *Matplotlib* برای تجسم داده‌ها بهره می‌گیرد. در واقع این کتاب از سه ابزار منبع باز، برای تجزیه و تحلیل و تجسم داده‌های اجتماعی استفاده می‌کند. خواننده این کتاب در نهایت، دانش مهارت و ابزار لازم برای تجزیه و تحلیل شبکه‌های اجتماعی در تمام زمینه‌های قابل دسترس، اعراضاً به اجتماعات مدیریت کسب و کار و تاریخ را داراست.

این کتاب بویژه برای خوانندگانی مفید است که می‌خواهند نظریه و کاربرد تحلیل گراف و شبکه را با استفاده از یک زبان برنامه‌نویسی، یعنی پایتون، باهن عبق شدن در روشهای ریاضی یا آماری آنها، بکار گیرند. در واقع، این کتاب متناسب با نیاز آموزشی دوره‌های تجزیه و تحلیل شبکه‌های اجتماعی در تمام رشته‌هایی است که از روش‌شناسی اجتماعی استفاده می‌کنند. به زعم من، رسد بسیاری از خوانندگان، علاقه بیشتری به کاربردهای تحلیل شبکه اجتماعی داشته و علاقه کمتری به بررسی ویژگیهای ریاضی آن دارند.

این کتاب شامل نه فصل است:

فصل ۱- مفاهیم نظری تجزیه و تحلیل شبکه: در این فصل، به‌عنوان طولانی‌ترین فصل، مقدمه‌ای بر مفاهیم مهم نظری تحلیل شبکه ارائه شده است؛ البته تأکید فصل اول بر آن دسته از مفاهیمی است که در فصول بعد این کتاب، استفاده می‌شود.

فصل ۲- مبانی شبکه: این فصل "مفهوم شبکه" را معرفی می‌کند؛ موضوعی که عملاً هسته اصلی مبحث "تحلیل شبکه" است. ما در این فصل موضوعاتی همانند انواع شبکه‌ها، سنج‌ها یا معیارهای

شبکه، نصب و استفاده از کتابخانه *NetworkX*، نمایش داده‌های شبکه، عملیات پایه‌ای ماتریسی و تجسم بخشی یا تصویرسازی داده‌ها را مورد بحث قرار خواهیم داد.

فصل ۳- نظریه گراف: در این فصل ویژگی‌های اصلی "نظریه گراف"، مبانی ریاضی کاربردها و خواص آنها را بحث می‌کنیم. موضوع گرافها در ابتدا با مطالعه بازیهای شانسی شروع شد و سپس گسترش فراوانی یافت. بنابراین موضوعاتی همانند ریشه‌های نظریه گراف، مبانی گراف، گونه‌های مختلف گراف، پیمایشهای گراف و انواع عملیات در گراف را بررسی می‌کنیم.

فصل ۴- شبکه‌های اجتماعی: این فصل، مفاهیم اصلی و برخی دیگر از موضوعات مرتبط با شبکه‌های اجتماعی مانند خواص شبکه‌های اجتماعی، جمع‌آوری داده‌ها در شبکه‌های اجتماعی، نمونه‌گیری داده‌ها و تجزیه و تحلیل شبکه‌های اجتماعی را معرفی می‌کند.

فصل ۵- تجزیه و تحلیل گره‌ها: این فصل به بسط دانش خواننده در مورد چگونگی تجزیه و تحلیل شبکه در سطح گره یا کنده گره‌ها می‌پردازد. منظور از این دانش آنست که دریابیم چگونه یک شبکه اجتماعی را از ابتدا بسازیم، چگونه آن شبکه را وارد (نرم‌افزار) کنیم، چگونه بازیگران یا کنشگران کلیدی آنرا با استفاده از معیارهای مرکزیت با آن کنیم و بالاخره اینکه چگونه آن شبکه را مشاهده‌پذیر و متجسم یا مصور کنیم. همچنین در اداه فصل الگوریتم‌های مهمی را معرفی خواهیم کرد که با استفاده از آنها می‌توان شناخت و بینش مناسبی از درون گرافها کسب کرد.

فصل ۶- تحلیل در سطح گروه: در این فصل، قصد داریم مباحث و تکنیکهای شناسایی "گروههای منسجم" در شبکه‌ها (اصطلاحاً تحلیل بخشانه)، مانند جاذبه، ضریب خوشه‌گی، تحلیل سه‌وندی، حفره‌های ساختاری، واسطه‌گری (یا کارگزاری)، تراگذری، خوشه‌های سلسله‌مراتبی و مدل‌های بلوک را ارائه دهیم. همه این مفاهیم بر اساس نحوه اتصال گره‌ها در شبکه هستند. بی‌شک، وضعیت تفرق یا تجمع گروهی از گره‌ها در شبکه (و کثرت یا قلت پیوند میان آنان) موجب پدیدار شدن این مفاهیم شده است. در میان همه موضوعات فوق، دو مبحث: تحلیل انسجام و تعیین واسطه‌گری، همچنان دو عنوان مهم پژوهشی در حوزه تحلیل شبکه اجتماعی است.

فصل ۷- تحلیل در سطح شبکه: در این فصل قصد داریم گرافها و شبکه‌ها را بعنوان یک کل و در سطح کلان مطالعه و بررسی کنیم (تحلیل جمعانه). این تحلیل با آنچه در فصلهای پیشین انجام دادیم، یعنی گرافها را در سطح گره بررسی کردیم (تحلیل فردانه) و یا در سطح گروه مطالعه کردیم (تحلیل بخشانه)، متفاوت است. لذا، در این فصل مفاهیمی مانند مولفه‌ها (سازندها) و گره‌های مجزا (ایزوله‌ها)،

هسته‌ها و حاشیه (پیرامون)، چگالی (تراکم) شبکه، کوتاهترین مسیرها، دوسویگی (ارتباط متقابل)، شبکه‌های وابستگی سازمانی (وابستاری) و شبکه‌های دو-حالتی (دو-بخشی) و هم‌ریختی (همگونی) مورد توجه قرار می‌گیرند.

فصل ۸- انتشار اطلاعات در شبکه‌های اجتماعی: در این فصل، در مورد دو نوع کلی انتشار اطلاعات در شبکه‌های اجتماعی، مفصلاً بحث خواهیم کرد: انتشار نوآوری و همه‌گیری (ایدمی). انتشار نوآوری در بسیاری از زمینه‌ها مورد مطالعه قرار گرفته است، لذا در این فصل، ما تنها از دیدگاه شبکه اجتماعی آن را در نظر می‌گیریم. سایر انواع انتشار اطلاعات که در این فصل گنجانده نشده‌اند عبارتند از: رفتار گروهی (یا اصطلاحاً رفتار گله‌ای یا توده‌ای) و آبشار اطلاعات.

فصل ۹- کاربرد تجزیه و تحلیل شبکه در نگاشت گفتگوهای سیاسی برخط: در این فصل، به مدد روش‌های تجزیه و تحلیل شبکه که در فصول پیش بحث شد، قصد داریم جزئیات رفتار کاربران تالار گفتگوی جنبش پنبه‌ساز را در دو سطح که عبارتند از سطح گره، یعنی تحلیل فردانه (شامل کاربران و پیامها) و سطح شبکه، یعنی تحلیل جمعیانه (شامل سازندها و اجتماعات) بررسی کرده تا ویژگیهای شبکه مذکور و رفتار کنشگران آن را توضیح دهیم. این فصل، یک مطالعه موردی جذاب است که چگونگی استفاده از تکنیکهای تحلیل شبکه‌های اجتماعی را در معرض دید خواننده می‌گذارد.

مطالعه این کتاب برای دانشجویان مقاطع تحصیلاتی ارشد و دکتری در رشته‌های کامپیوتر، فناوری اطلاعات، مهندسی سیستم، تجارت الکترونیک و امثال آن مفید است. همچنین همه آنها بیکه در حوزه کاربردهای شبکه‌های اجتماعی در حوزه‌های گوناگون تحقیق می‌کنند، می‌توانند از مطالب این کتاب بهره ببرند.

علیرغم همه تلاشی که برای فقدان خطا در فهم و تایپ متن داشتیم، اما همچنان نگرانیم که مبادا اشتباهی در این کار رخ داده باشد. لذا، لطفاً وجود هر گونه خطا در تنظیم و تایپ کتاب را بر ما بخشیده و آنرا به نشانی رایانامه mehdi@just.ac.ir اطلاع دهید تا در ویرایشهای بعدی، مدنظر قرار گیرد.

زهره سادات طبایی

کارشناس ارشد مهندسی صنایع

دانشگاه علم و صنعت ایران

مهدی عضنفری

استاد دانشکده مهندسی صنایع

دانشگاه علم و صنعت ایران

فهرست مطالب

۱	فصل اول: مفاهیم نظری تحلیل شبکه‌های اجتماعی.....	
۲	۱-۱ معنای جامعه‌شناختی روابط شبکه‌ای.....	
۶	۱-۲ سنجش‌های شبکه.....	
۶	۱-۲-۱ همبندی شبکه.....	
۷	۱-۲-۲ تراگذری.....	
۸	۱-۲-۳ چندگانگی.....	
۱۱	۱-۲-۴ هم‌ریختی.....	
۱۲	۱-۲-۵ دووندها و تقابل.....	
۱۲	۱-۲-۶ سه‌وندها و تعادل.....	
۱۵	۱-۲-۷ درجه‌یگی.....	
۱۶	۱-۳ توزیع شبکه.....	
۱۶	۱-۳-۱ فاصله از آن گره.....	
۱۷	۱-۳-۲ مرکزیت درجه‌ای.....	
۱۹	۱-۳-۳ مرکزیت نزدیک.....	
۲۰	۱-۳-۴ مرکزیت میانی.....	
۲۳	۱-۳-۵ مرکزیت بردار ویژه.....	
۲۴	۱-۳-۶ رتبه-صفحه.....	
۲۶	۱-۳-۷ فاصله کروی (ژئودزیک) و کوتاه‌ترین مسیر.....	
۲۶	۱-۳-۸ گریز از مرکز.....	
۲۸	۱-۳-۹ چگالی.....	
۳۰	۱-۴ بخش‌بندی شبکه.....	
۳۰	۱-۴-۱ گروه‌های منسجم.....	
۳۱	۱-۴-۲ محفل.....	
۳۲	۱-۴-۳ k -هسته.....	
۳۳	۱-۴-۴ ضریب خوشه‌گی.....	
۳۵	۱-۴-۵ هسته/حاشیه.....	
۳۷	۱-۴-۶ مدل‌های بلوک.....	
۳۸	۱-۴-۷ خوشه‌بندی سلسله مراتبی.....	

۴۰	تحولات اخیر در حوزه تحلیل شبکه	۱-۵
۴۰	انجمن‌یابی	۱-۵-۱
۴۳	پیش‌بینی پیوند	۱-۵-۲
۴۵	شبکه‌های فضایی	۱-۵-۳
۴۶	شبکه‌های تعامل پروتئین به پروتئین	۱-۵-۴
۴۸	سیستم‌های توصیه‌گر	۱-۵-۵
۵۰	بسته <i>iGraph</i>	۱-۶
۵۵	فصل دوم: مبانی شبکه	
۵۶	شبکه چیست؟	۲-۱
۵۶	انواع شبکه‌ها	۲-۲
۵۹	ویژگی‌های شبکه‌ها	۲-۳
۶۱	سنجه‌های شبکه	۲-۴
۶۳	کتابخانه <i>NetworkX</i>	۲-۵
۶۵	نصب	۲-۶
۶۹	ماتریس‌ها	۲-۷
۷۱	انواع ماتریس در شبکه‌های اجتماعی	۲-۸
۷۱	ماتریس مجاورت	۲-۸-۱
۷۳	ماتریس فهرست یال	۲-۸-۲
۷۵	فهرست مجاورت	۲-۸-۳
۷۸	ماتریس <i>Numpy</i>	۲-۸-۴
۷۹	ماتریس تَنک	۲-۸-۵
۷۹	عملیات پایه‌ای ماتریس‌ها	۲-۹
۸۱	تجسم داده‌ها	۲-۱۰
۸۳	فصل سوم: تئوری گراف	
۸۴	ریشه‌های نظریه گراف	۳-۱
۸۷	مبانی گراف	۳-۲
۸۹	راس‌ها	۳-۳

۹۱	.....	انواع گراف	۳-۴
۹۶	.....	پیمایشهای گراف	۳-۵
۹۷	.....	پیمایش اول-عمق	۳-۵-۱
۱۰۰	.....	پیمایش اول-سطح	۳-۵-۲
۱۰۳	.....	الگوریتم دایکسترا	۳-۵-۳
۱۰۵	.....	عملیات بر روی گرافها	۳-۶

فصل چهارم: شبکه‌های اجتماعی ۱۰۷

۱۰۸	.....	شبکه‌های اجتماعی	۴-۱
۱۰۹	.....	خواص یک شبکه اجتماعی	۴-۲
۱۰۹	.....	شبکه‌ها بدون مقیاس	۴-۲-۱
۱۱۳	.....	شبکه‌های جهان کوچک	۴-۲-۲
۱۱۵	.....	ناوبری شبکه	۴-۲-۳
۱۱۵	.....	عدد دانبار	۴-۲-۴
۱۱۵	.....	جمع‌آوری داده‌ها در شبکه‌های اجتماعی	۴-۳
۱۱۸	.....	شش درجه جدایی	۴-۴
۱۱۸	.....	شبکه‌های اجتماعی آنلاین	۴-۵
۱۱۹	.....	جمع‌آوری داده‌های اجتماعی آنلاین	۴-۶
۱۲۱	.....	نمونه‌گیری داده	۴-۷
۱۲۴	.....	تجزیه و تحلیل شبکه اجتماعی	۴-۸
۱۲۶	.....	تحلیل شبکه اجتماعی در مقابل تحلیل بیوند	۴-۹
۱۲۶	.....	توسعه تاریخی	۴-۱۰
۱۲۹	.....	اهمیت تحلیل شبکه اجتماعی	۴-۱۱
۱۳۰	.....	ابزارهای مدلسازی تحلیل شبکه اجتماعی	۴-۱۲

فصل پنجم: تجزیه و تحلیل در سطح گره ۱۳۳

۱۳۴	.....	تجزیه و تحلیل شبکه فردانه	۵-۱
۱۵۲	.....	شناسایی افراد تاثیرگذار در شبکه	۵-۲
۱۵۴	.....	مرکزیت درجه‌ای	۵-۲-۱

۱۶۰	مرکزیت نزدیکی.....	۵-۲-۲
۱۶۳	مرکزیت بینابینی.....	۵-۲-۳
۱۶۵	مرکزیت بردار ویژه.....	۵-۲-۴
۱۶۷	رتبه-صفحه.....	۵-۳
۱۷۵	همسایگان.....	۵-۴
۱۷۵	پلها.....	۵-۵
۱۷۷	از کدام الگوریتم مرکزیت استفاده شود؟.....	۵-۶
۱۷۹	فصل ششم: تحلیل در سطح گروه.....	۱۷۹
۱۷۹	زیرگروههای منبجم.....	۶-۱
۱۸۱	محافل.....	۶-۲
۱۸۶	ضریب خوشه‌گی.....	۶-۳
۱۸۹	تجزیه و تحلیل سه‌وندی.....	۶-۴
۱۹۴	واسطه‌گری.....	۶-۶
۱۹۹	تراگذری.....	۶-۷
۲۰۴	هسته‌ای بودن.....	۶-۸
۲۰۵	اجتماعات همپوشان.....	۶-۹
۲۰۷	یافتن اجتماع پویا.....	۶-۱۰
۲۰۸	m -قطاع.....	۶-۱۱
۲۰۹	k -هسته‌ها.....	۶-۱۲
۲۰۹	اجتماع‌یابی.....	۶-۱۳
۲۱۰	بخش‌بندی گراف.....	۶-۱۳-۱
۲۱۱	خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی.....	۶-۱۳-۲
۲۲۱	مدلهای بلوکه‌ای.....	۶-۱۴
۲۲۹	بهینه‌سازی پیمانهای.....	۶-۱۴-۱
۲۳۰	روش لوون.....	۶-۱۵
۲۳۳	فصل هفتم: تحلیل در سطح شبکه.....	۲۳۳
۲۳۳	مؤلفه تحلیل در سطح شبکه.....	۷-۱

۲۳۴	مولفه‌ها/ایزوله‌ها.....	۷-۱
۲۳۴	هسته/حاشیه.....	۷-۲
۲۳۵	چگالی.....	۷-۳
۲۳۶	کوتاهترین مسیر.....	۷-۴
۲۳۸	دوسویگی.....	۷-۵
۲۳۹	شبکه‌های وابستاری.....	۷-۶
۲۴۲	شبکه‌های دو-حالته.....	۷-۷
۲۴۵	هم‌ریختی.....	۷-۸

فصل هشتم: انتشار اطلاعات در شبکه‌های اجتماعی..... ۲۵۷

۲۵۸	انتشار.....	۸-۱
۲۶۰	واگیری یا سایت.....	۸-۲
۲۶۱	انتشار نوآوری.....	۸-۳
۲۶۳	پذیرش نوآوریها.....	۸-۴
۲۶۳	مدلهای انتشار نوآوری.....	۸-۵
۲۶۴	مدل جریان دو مرحله‌ای.....	۸-۶
۲۶۷	شیوع اجتماعی.....	۸-۷
۲۶۸	نرخ پذیرش.....	۸-۸
۲۶۸	طبقه‌بندی و آستانه پذیرش.....	۸-۹
۲۶۹	میزان مواجهه.....	۸-۱۰
۲۷۱	پذیرندگان و پذیرش.....	۸-۱۱
۲۷۴	چرم بحرانی.....	۸-۱۲
۲۷۸	همه‌گیری.....	۸-۱۳
۲۷۹	مدلهای همه‌گیری.....	۸-۱۴
۲۸۰	مدلهای بخش‌بندی.....	۸-۱۵
۲۸۱	مدل سار (SIR).....	۸-۱۶
۲۸۴	خواص مدل سار (SIR).....	۸-۱۷

فصل نهم: کاربرد تجزیه و تحلیل شبکه در نگاشت گفتگوهای سیاسی برخط..... ۲۸۹

۲۹۰	تاریخچه جنبش سیاسی پنج ستاره	۹-۱
۲۹۲	آمار تالار گفتگو	۹-۲
۲۹۷	تجزیه و تحلیل شبکه	۹-۳
۲۹۷	شبکه دو حالته: مضامین و کاربران	۹-۳-۱
۳۰۰	تصویر یک حالته: طبقه بندی مضامین	۹-۳-۲
۳۰۲	تصویر یک حالته: کاربران	۹-۳-۳
۳۰۴	تجزیه و تحلیل مناظره ها	۹-۴
۳۰۶	مهاجرت	۹-۴-۱
۳۰۸	دولت ائتلافی	۹-۴-۲
۳۰۹	نتیجه گیری	۹-۵

۳۱۵ پیوست

۳۱۳	پیوست الف: پایتون 3.x یک راهنمای نحوی (با ساختاری) سریع	
۳۱۵	قواعد نحوی پایتون	
۳۱۵	متغیرها	
۳۱۶	اعداد	
۳۱۶	رشته ها	
۳۱۷	فهرست ها	
۳۱۸	چند تایپها یا تاپلها	
۳۱۸	دیکشنریها	
۳۱۹	شرطها	
۳۲۰	حلقه ها	
۳۲۱	توابع پایتون	
۳۲۲	مدیریت فایل	
۳۲۳	مدیریت استثناها	
۳۲۳	ماژولها	
۳۲۴	کلاسها	
325	پیوست ب: آموزش NetworkX	
۳۲۶	انواع گراف	

۳۲۷	گره‌ها
۳۲۷	یال‌ها
۳۲۸	گراف جهت‌دار
۳۲۹	گراف مشخصه‌دار
۳۳۰	گراف وزندار
۳۳۰	گراف چندگانه
۳۳۰	عملیات گراف کلاسیک
۳۳۱	تولیدکننده‌های گراف
۳۳۱	تجزیه شبکه پایه‌ای
۳۳۲	معارف‌های مرکزیت
۳۳۲	رسم گراف
۳۳۲	بسته الگوریتم‌ها (الگوریتم‌های NetworkX)
۳۳۴	خواندن و نوشتن
۳۳۵	واژه‌نامه
۳۸۳	منابع

www.ketaboo.ir