

راهنمای کاربران برای تحلیل شبکه در R

شبیه‌سازی شبکه‌های اجتماعی پویا و پیچیده در دنیای کسب‌وکار

مؤلف

داگلاس ای. لوک

مترجمان

دکتر امیر علم‌بیگی (استادیار دانشگاه تهران)

دکتر رسول لوایی آدریانی

دکتر احسان اسدآبادی

سرشناسه:	لوک، داگلاس ا.
عنوان و نام پدیدآور:	راهنمای کاربران برای تحلیل شبکه در R / تألیف داگلاس ای. لوک؛ مترجمین امیر علم‌بیگی، رسول لوائی آدریانی، احسان اسدآبادی. تهران: ادیبان روز، ۱۳۹۹.
مشخصات نشر:	۲۴۰ ص.
مشخصات ظاهری:	۹۷۸-۶۲۲-۶۱۵۶-۴۵-۵
شابک:	فیپا
وضعیت فهرست‌نویسی:	عنوان اصلی: A user's guide to network analysis with R, 2015
موضوع:	شبکه‌های کامپیوتری -- برنامه‌نویسی
موضوع:	Computer networks -- Programming
موضوع:	علم‌بیگی، امیر، ۱۳۶۰ - مترجم
شناسه افزوده:	لوائی آدریانی، رسول، ۱۳۳۸ - مترجم / اسدآبادی، احسان، ۱۳۳۸ - مترجم
شناسه افزوده:	QA۲۷۶/۴۵
رده‌بندی کنگره:	۵۱۹ / ۵۰۲۸۵۵۱۳۳
رده‌بندی دیویی:	۶۰۸۴۴۰۳
شماره کتابشناسی ملی:	الهه شریفات
صفحه‌آرا:	مهسا نوری زاده
طراح جلد:	۳۰۰ نسخه
شمارگان:	۳۸۰۰۰ تومان
قیمت:	۱۳۹۹
تاریخ انتشار:	

کلیه حقوق این اثر متعلق به **انتشارات ادیبان روز** می‌باشد و هر گونه استفاده از این کتاب (کپی، تکثیر، استفاده در کارگاه‌های آموزشی) بدون اجازه ناشر پیگرد قانونی دارد. آدرس: تهران، میدان انقلاب، خیابان ۱۲ فروردین، ساختمان ۲۸۶، طبقه اول، واحد ۵

تلفن: ۱۵-۶۶۹۵۶۸۱۲

www.adibanbook.ir

Info@adibanbook.ir



انتشارات ادیبان روز

پیشگفتار مؤلف

در اوایل سال ۲۰۰۰، استفان هاوکنگ^۱ بیان داشت: «... قرن بعدی، قرن پیچیدگی خواهد بود». اگر پیش‌بینی او درست باشد، در نتیجه ما به نظریه‌های علمی جدید، روش‌های جدید جمع‌آوری داده‌ها و تکنیک‌های تحلیلی نوینی نیاز داریم که برای مطالعه نظام‌ها و رفتار پیچیده مناسب باشند. علم شبکه یکی از این رهیافت‌هاست که جهان را از لنز شبکه می‌بیند، جایی که نظام‌های فیزیکی و اجتماعی از کنشگران ناهمگنی تشکیل می‌شوند و از طریق انواع مختلفی از روابط پیوندی با یکدیگر ارتباط برقرار می‌کنند. تحلیل شبکه مجموعه‌ای از ابزارهای تحلیلی است که برای مطالعه این نوع از نظام‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. طی چند دهه گذشته، تحلیل شبکه به‌طور چشمگیری به بخشی از جعبه ابزار تحلیلی برای دانشمندان [حوزه علوم] اجتماعی، سلامت و فیزیک تبدیل شده است. اخیراً، تحلیل شبکه برای مدیریت داده‌های شبکه و تحلیل‌ها نیازمند نرم‌افزارهای تخصصی است. این در حالی است که از سال ۲۰۰۰، ابزارهای تحلیلی شبکه در محیط برنامه‌نویسی R در دسترس قرار گرفتند. این امر نه تنها تکنیک‌های تحلیلی شبکه را برای جامعه آماری وسیع‌تری نمایان ساخت؛ بلکه گستردگی و قدرت R در مدیریت داده‌ها، تصویرسازی گرافیکی و قابلیت‌های مدل‌سازی آماری عمومی را نیز برای جامعه تحلیل‌گران شبکه فراهم آورد.

همان‌گونه که از عنوان بر می‌آید، این کتاب راهنمای کاربران برای تحلیل شبکه در R است. این کتاب یک چارچوب عملی از عمده وظایف تحلیلی شبکه فراهم آورده است که هم اکنون در محیط R قابل اجراست. این کتاب بر چهار وظیفه اصلی که به‌طور معمول یک تحلیل‌گر با آن مواجه است، تمرکز کرده است: مدیریت داده‌های شبکه، تصویرسازی شبکه، توصیف شبکه و مدل‌سازی شبکه. این کتاب تمامی کدهایی (R) را که در مثال‌ها مورد استفاده قرار گرفته‌اند، ارائه می‌دهد. همچنین، شامل مجموعه‌ای از داده‌های شبکه است که در متن به کار گرفته شده است (برای کسب اطلاعات بیشتر در خصوص ساختار کتاب و نحوه دسترسی به داده‌های شبکه به فصل ۱ مراجعه شود). این کتاب برای تمامی علاقه‌مندان به انجام تحلیل شبکه در R به رشته تحریر در آمده است. بنابراین، می‌توان از آن به‌عنوان یک منبع تکمیلی در زمینه علم شبکه یا کلاس تحلیل شبکه استفاده نمود و یا آنکه می‌توان به‌عنوان مرجعی برای تحلیل شبکه در R به‌سادگی از آن بهره گرفت. این کتاب هرگز بدون کمک، پشتیبانی، راهنمایی و مربی‌گری‌ای که من طی ۳۰ سال گذشته از شبکه‌های اجتماعی فردی و حرفه‌ای خود دریافت داشتم، به سرانجام نمی‌رسید. در اواسط دهه ۱۹۸۰ در کلاس تحلیل شبکه استن واسرمن^۲ در مقطع کارشناسی دانشگاه ایلینویز در چمپاین^۳ شرکت داشتم. به یاد دارم که در خصوص این روش جدید تحلیل داده‌ها شگفت‌زده بودم؛ اما هرگز باور نداشتم که روزی در حرفه خود از آن بهره خواهیم گرفت. با این حال، همکارانم در رشته‌های روان‌شناسی و بهداشت عمومی در کار اولیه‌ام مبنی بر بررسی اینکه تحلیل شبکه چگونه می‌تواند به سؤالات مهم پژوهش

1. Stephen Hawking

2. Stan Wasserman

3. University of Illinois in Champaign

و ارزیابی پاسخ دهد، مشوقم بودند. در این میان می‌توان به جولیان راپاپورت^۱، اد سیدمن^۲، بروس راپکین^۳، کورت ریبلیس^۴، شارون هومن^۵، راس براونسون^۶ و مت کروتر^۷ اشاره کرد. خواه آن‌ها مطلع باشند یا نه، من از سوی گروه فوق‌العاده علوم شبکه و نظام‌ها الهام گرفتم و تشویق شدم که از جمله می‌توانم به تام والتنه^۸، استیو بورگاتی^۹، مارتینا موریس^{۱۰}، تام اسنایدرز^{۱۱}، اسکات لیشو^{۱۲}، پتی مابری^{۱۳}، استفان مارکوس^{۱۴} و راس هاموند^{۱۵} اشاره کنم. بهترین ایده‌های شبکه را از سوی دوستان و همکارانم در مرکز علوم نظام‌های بهداشت عمومی^{۱۶} دریافت داشتم؛ به‌ویژه از بوبی کاروترز^{۱۷}، عمار دهند^{۱۸}، کریس رویچاوکس^{۱۹} و نانسی مولر^{۲۰}. به‌طور ویژه از دانشجویان در کلاس‌های تحلیل شبکه و کارگاه‌های آموزشی طی سالیان متمادی سپاسگزارم. آن‌ها نه تنها منجر به بهبود این کتاب شدند؛ بلکه تفکر من در خصوص تحلیل شبکه را نیز بهبود بخشیدند. تشکر ویژه‌ای به جنین هاریس^{۲۱} تقدیم می‌کنم. او اولین دانشجوی دکترای من بود. اکنون من از دقت و ظرافت او در کار تحلیل شبکه الهام می‌گیرم. همچنین، از مراکز کنترل و پیشگیری بیماری^{۲۲}، مؤسسات ملی بهداشت^{۲۳} و بنیاد میسوری برای سلامت^{۲۴} به‌خاطر فراهم‌سازی تحقیقات و پشتیبانی ارزیابی که به من امکان توسعه و اصلاح رهیافتم را برای تحلیل شبکه دادند، تشکر می‌نمایم. در نهایت، ژرف‌ترین سپاس‌ام را به خانواده‌ام تقدیم می‌کنم. آن‌ها پیشنهادهای خاصی در خصوص محتوای کتاب ارائه کردند و فضا و فرصت فراهم نمودند تا در تألیف این کتاب سخت‌کوشی کنم (از جمله هدیه مهم روز پدر)؛ و هر زمانی که به آن‌ها نیاز داشتم در کنارم بودند.

از سو، علی و آندرو تشکر می‌کنم

داگلاس ای. لوک - ژوئیه، ۲۰۱۵

-
1. Julian Rappaport
 2. Ed Seidman
 3. Bruce Rapkin
 4. Kurt Ribisl
 5. Sharon Homan
 6. Ross Brownson
 7. Matt Kreuter
 8. Tom Valente
 9. Steve Borgatti
 10. Martina Morris
 11. Tom Snijders
 12. Scott Leischow
 13. Patty Mabry
 14. Stephen Marcus
 15. Ross Hammond
 16. Center for Public Health Systems Science
 17. Bobbi Carothers
 18. Amar Dhand
 19. Chris Robichaux
 20. Nancy Mueller
 21. Jenine Harris
 22. Centers for Disease Control and Prevention
 23. National Institutes of Health
 24. Missouri Foundation for Health

پیشگفتار مترجمان

بی‌شک پیچیدگی‌های موجود در روابط اجتماعی و تعامل میان کنشگران مختلف، لزوم درک علمی مفروضات و بنیان‌های شبکه‌ها را بیش از پیش مشهود کرده است. تعامل میان کنشگران می‌تواند در سطوح فردی، سازمانی، محلی، منطقه‌ای، ملی و حتی بین‌المللی رخ دهد. چنین تعامل‌هایی در حوزه‌های مختلف علوم از جمله جامعه‌شناسی، روان‌شناسی، بازار، سیاست، مدیریت، روابط بین‌الملل، آموزش، بهداشت و پزشکی، کشاورزی و غیره قابل بررسی است. این‌گونه تعامل‌ها را می‌توان در قالب ساختارهایی از شبکه‌های ایستا یا پویا مورد بررسی قرار داد و بدین ترتیب، دانش و اطلاعات کافی برای مدیران، سیاستگذاران و برنامه‌ریزان فراهم نمود تا در فرآیند تصمیم‌سازی با استناد به یافته‌های علمی، تصمیمات دقیق‌تری اتخاذ کنند.

تغییرات فزاینده فناوری اطلاعات منجر به معرفی زبان‌های برنامه‌نویسی متعددی شده است. این زبان‌ها با اهداف متفاوتی معرفی شدند. بنابراین، انتخاب زبان برنامه‌نویسی منحصر به فرد بر مبنای یک هدف مشخص و از پیش تعریف‌شده، تا حدودی دشور به نظر می‌رسد. در این میان، زبان R یکی از زبان‌های قدرتمند در حوزه تحلیل‌های آماری است که طی چند سال گذشته به‌طور چشمگیری مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. افزون بر این، این زبان از قابلیت‌های شگفت‌انگیزی در زمینه تحلیل شبکه‌های اجتماعی برخوردار است. در این خصوص، زبان R از قابلیت‌های جالب‌توجهی در زمینه بازنمایی بصری داده‌ها و ایجاد گرافیک‌های مناسب در جهت پشتیبانی از فرایندهای تحلیلی برخوردار است. شایان ذکر است که برای تحلیل شبکه‌های اجتماعی نرم‌افزارهایی دیگری همچون UCINet، Pajek و Gephi وجود دارند؛ اما در مقایسه با R دارای قابلیت‌های کمتری هستند. با توجه به اهمیت و کاربردهای فراوان زبان R، در این کتاب به‌صورت مشخص به چگونگی انجام فرآیند تحلیل شبکه در این نرم‌افزار پرداخته شده است. در این راستا، به معرفی چگونگی بهره‌گیری از کتابخانه‌های اختصاصی برای تحلیل شبکه در R تمرکز شده است. همچنین، به موضوع گرافیک و بازنمایی بصری اطلاعات با استفاده از واسط‌های گرافیکی در کنار برخی از مباحث پیشرفته تحلیل شبکه، نظیر شبکه‌های پویا نیز اشاره شده است. مهم‌ترین ویژگی این کتاب آن است که مفاهیم شبکه را با زبانی ساده و با ارائه مثال‌های قابل‌درک تبیین نموده است. بنابراین، محتوای آن می‌تواند برای دانشجویان، پژوهشگران، اساتید و سایر علاقه‌مندان به علوم شبکه مفید واقع شود. با این حال، برای استفاده حداکثری از محتوای کتاب حاضر، مخاطبان گرامی می‌بایست با مباحث اولیه زبان R و نحوه استفاده از آن و نیز مفاهیم تحلیل شبکه آشنا باشند. اگرچه، آگاهی کامل از این موارد ضروری نیست؛ اما فقدان اطلاعات کافی در این زمینه ممکن است مخاطبان را در فرآیند یادگیری مباحث مطرح‌شده با چالش مواجه کند.

لازم به توضیح است که نوپا بودن مباحث مربوط به شبکه‌های پویا و شبیه‌سازی آن‌ها در محیط R ضرورت ترجمه این کتاب را تبیین می‌کند. بنابراین، اثر حاضر می‌تواند برای آشنایی پژوهشگران، مدیران،

سیاستگذاران و دانشجویان حوزه‌های مختلف با مبانی تحلیل شبکه‌های اجتماعی پیچیده و پویا و نرم‌افزار مربوطه، مفید باشد. شایان ذکر است که تحلیل شبکه اجتماعی نیز مانند تمامی روش‌های مورد استفاده در علوم مختلف، دارای محدودیت‌های ذاتی است و این امر بر صاحبان خرد پوشنده نیست که استناد بی‌چون و چرا به هر روش و تکنیک و نتایج حاصل از آن‌ها ممکن است منجر به بروز اریب در نیل به اهداف پژوهشی شود. بنابراین، لازم است پژوهشگران با کسب درک عمیق از محتوای این کتاب، تکنیک‌های تحلیلی مناسبی را برای تحلیل شبکه‌های اجتماعی مورد نظر انتخاب نمایند. امید است که ترجمه این اثر علمی بتواند برای پژوهشگران در انجام مطالعات علمی مفید واقع شود و به تبع آن مدیران را در راستای برنامه‌ریزی‌های مناسب‌تر در انواع حوزه‌های تصمیم‌سازی یاری رساند. بدون شک، ترجمه کتاب حاضر خالی از اشکال نبوده و ممکن است در برخی موارد بتوان آن را بهبود بخشید؛ از این رو، از تمامی مخاطبان و خوانندگان محترم خواهشمندیم که نقطه‌نظرات خود را به آدرس الکترونیکی (alambaigi@ut.ac.ir) ارسال نمایند. در پایان، پیش از هر چیزی بر خود فرض می‌دانیم، خداوند متعال را به خاطر توفیقی که در راستای ترجمه این اثر علمی بر ما ارزانی داشت، سپاسگزار باشیم و از همکاری‌ها و همراهی‌های جناب آقای مهندس امیرحسین آتشکار که در روند ویرایش‌های علمی ما را یاری رسانند، صمیمانه قدردانی نمایم.

اسفند ماه ۱۳۹۸

مترجمان

فهرست مندرجات

صفحات	عنوان
۲۱	فصل اول: معرفی تحلیل شبکه در نرم‌افزار R
۲۱	۱-۱- شبکه چیست؟
۲۳	۱-۲- تحلیل شبکه چیست؟
۲۵	۱-۳- پنج دلیل مناسب برای انجام تحلیل شبکه در R
۲۵	۱-۳-۱- قلمرو R
۲۵	۱-۳-۲- دسترسی آزاد و ماهیت باز نرم‌افزار R
۲۶	۱-۳-۳- قابلیت‌های مدیریت پروژه‌ها و اطلاعات در R
۲۶	۱-۳-۴- گستردگی بسته‌های مرتبط با شبکه در R
۲۷	۱-۳-۵- قدرت مدل‌سازی شبکه در R
۲۷	۱-۴- قلمرو موضوعی کتاب و منابع
۲۷	۱-۴-۱- قلمرو موضوعی
۲۹	۱-۴-۲- نقشه راه کتاب
۳۰	۱-۴-۳- منابع
۳۱	بخش اول: بنیان‌های تحلیل شبکه
۳۳	فصل دوم: تحلیل شبکه «خلاصه پنج عددی»
۳۳	۲-۱- تحلیل شبکه در R: نقطه آغاز
۳۳	۲-۲- آماده‌سازی
۳۴	۲-۳- مصورسازی ساده
۳۴	۲-۴- توصیف مقدماتی
۳۴	۲-۴-۱- اندازه
۳۵	۲-۴-۲- تراکم

۳۶	۳-۴-۲- مؤلفه‌ها
۳۷	۳-۴-۲- قطر
۳۸	۳-۵- ضریب خوشه‌بندی
۳۹	فصل سوم: مدیریت داده‌های شبکه در R
۳۹	۳-۱- مفاهیم داده‌های شبکه
۳۹	۳-۱-۱- ساختارهای داده‌های شبکه
۴۰	۳-۱-۱-۱- ماتریس اجتماعی
۴۱	۳-۱-۱-۲- فهرست‌های لبه
۴۲	۳-۱-۲- اطلاعات ذخیره‌شده در اشیاء شبکه
۴۳	۳-۲- ایجاد و مدیریت اشیاء شبکه در R
۴۳	۳-۲-۱- ایجاد شیء شبکه در statnet
۴۶	۳-۲-۲- مدیریت خصیصه‌های گره و رابطه
۴۶	۳-۲-۲-۱- خصیصه‌های گره
۴۸	۳-۲-۲-۲- خصیصه‌های روابط
۴۹	۳-۲-۳- ایجاد شیء شبکه در igraph
۵۱	۳-۲-۴- رفت‌وبرگشت (جاب‌جایی) میان statnet و igraph
۵۱	۳-۳- وارد کردن اطلاعات شبکه
۵۳	۳-۴- وظایف اطلاعات شبکه‌های متداول
۵۳	۳-۴-۱- غربال‌گری شبکه‌ها بر اساس مقادیر خصیصه رأس و لبه
۵۳	۳-۴-۱-۱- غربال‌گری بر اساس مقادیر گره
۵۴	۳-۴-۱-۲- حذف منفردها
۵۵	۳-۴-۱-۳- غربال‌گری بر اساس مقادیر لبه‌ها

۵۹	۳-۴-۲- تبدیل یک شبکه جهت دار به شبکه بدون جهت
۶۳	بخش دوم: مَصورسازی
۶۵	فصل چهارم: آرایش و ترسیم مقدماتی شبکه
۶۵	۴-۱- چالش مَصورسازی شبکه
۶۷	۴-۲- زیبایی شناسی آرایش شبکه
۶۹	۴-۳- الگوریتم‌ها و روش‌های بنیادی ترسیم
۷۰	۴-۳-۱- نظارت دقیق بر آرایش شبکه
۷۱	۴-۳-۲- آرایش‌های گراف شبکه با استفاده از igraph
۷۳	فصل پنجم: طراحی کارآمد گرافیک شبکه
۷۳	۵-۱- اصول بنیادی
۷۳	۵-۲- طراحی عناصر
۷۴	۵-۲-۱- رنگ گره
۷۸	۵-۲-۲- شکل گره
۷۹	۵-۲-۳- اندازه گره
۸۲	۵-۲-۴- برجسب‌گذاری گره
۸۴	۵-۲-۵- پهنا (ضخامت) لبه
۸۴	۵-۲-۶- رنگ لبه
۸۵	۵-۲-۷- نوع لبه
۸۶	۵-۲-۸- علائم و اختصارها
۸۹	فصل ششم: گرافیک‌های شبکه پیشرفته
۸۹	۶-۱- گرافیک‌های شبکه تعاملی
۹۰	۶-۱-۱- شبکه‌های تعاملی ساده در igraph

۹۰	۶-۱-۲- انتشار دیاگرام‌های شبکه‌ی تعاملی مبتنی بر وب
۹۱	۶-۱-۳- وب Statnet: Statnet تعاملی توسط shiny
۹۱	۶-۲- دیاگرام‌های شبکه‌ی تخصصی
۹۴	۶-۲-۱- دیاگرام‌های کمان
۹۵	۶-۲-۲- دیاگرام‌های وتر
۹۸	۶-۲-۳- نقشه‌های حرارتی برای اطلاعات شبکه
۹۹	۶-۳- ایجاد دیاگرام‌های شبکه به کمک سایر بسته‌های R
۹۹	۶-۳-۱- ترسیم دیاگرام‌های شبکه با ggplot2

۱۰۳	بخش سوم: توصیف و تحلیل
-----	-------------------------------

۱۰۵	فصل هفتم: برتری کنشگران
-----	--------------------------------

۱۰۵	۷-۱- مقدمه
۱۰۶	۷-۲- مرکزیت: برتری برای شبکه‌های بدون جهت
۱۰۷	۷-۲-۱- سه سنجه‌ی متداول مرکزیت
۱۰۷	۷-۲-۱-۱- مرکزیت درجه
۱۰۷	۷-۲-۱-۲- مرکزیت مجاورت (نزدیکی)
۱۰۸	۷-۲-۱-۳- مرکزیت بینابینی
۱۰۸	۷-۲-۲- سنجه‌های مرکزیت در R
۱۱۰	۷-۲-۳- تمرکز: شاخص‌های مرکزیت سطح شبکه
۱۱۱	۷-۲-۴- گزارش مرکزیت
۱۱۴	۷-۳- نقاط برش و پُل‌ها

۱۱۷	فصل هشتم: زیرگروه‌ها
-----	-----------------------------

۱۱۷	۸-۱- مقدمه
-----	------------

۱۱۸	۸-۲- انسجام اجتماعی
۱۱۸	۸-۲-۱- دسته‌ها
۱۲۱	۸-۲-۲- K _ هسته
۱۲۵	۸-۳- تشخیص انجمن
۱۲۵	۸-۳-۱- ماجولاریتی
۱۲۸	۸-۳-۲- الگوریتم‌های تشخیص انجمن

فصل نهم: شبکه‌های وابستگی

۱۳۳	۹-۱- تعریف شبکه‌های وابستگی
۱۳۴	۹-۱-۱- شبکه‌های وابستگی در قالب شبکه‌های دو وجهی
۱۳۴	۹-۱-۲- گراف‌های دو قسمتی
۱۳۵	۹-۲- بنیان‌های شبکه‌های وابستگی
۱۳۵	۹-۲-۱- ایجاد ماتریس تلاقی برای شبکه‌های وابستگی
۱۳۶	۹-۲-۲- ایجاد شبکه‌های وابستگی با استفاده از فهرست‌های روابط
۱۳۷	۹-۲-۳- ترسیم پلات شبکه‌های وابستگی
۱۳۸	۹-۲-۴- نمایان‌سازی (پیش‌افکنی)
۱۴۰	۹-۳- مثال: یک شبکه وابستگی از بازیگران هالیوود
۱۴۱	۹-۳-۱- تحلیل شبکه وابستگی هالیوود
۱۴۶	۹-۳-۲- تحلیل نمایان‌سازی بازیگران و فیلم‌ها

بخش چهارم: مدل‌سازی

فصل دهم: مدل‌های شبکه تصادفی

۱۵۳	۱۰-۱- نقش مدل‌های شبکه
۱۵۴	۱۰-۲- مدل‌های ساختار و شکل‌گیری شبکه

۱۵۴	۱۰-۲-۱- مدل گراف تصادفی Erdos-Renyi
۱۵۷	۱۰-۲-۲- مدل جهان - کوچک
۱۶۰	۱۰-۲-۳- مدل‌های بدون مقیاس
۱۶۴	۱۰-۳- مقایسه شبکه‌های تصادفی در برابر شبکه‌های تجربی

فصل یازدهم: مدل‌های شبکه آماری

۱۶۷	۱۱-۱- مقدمه
۱۶۷	۱۱-۲- ایجاد مدل‌های گراف تصادفی نمایی
۱۷۰	۱۱-۲-۱- ساخت یک مدل تهی
۱۷۲	۱۱-۲-۲- لحاظ کردن خصیصه‌های گره
۱۷۳	۱۱-۲-۳- لحاظ کردن پیش‌بینی‌کننده‌های زوجی
۱۷۵	۱۱-۲-۴- لحاظ کردن عبارات رابطه‌ای (پیش‌بینی‌کننده‌های شبکه)
۱۷۸	۱۱-۲-۵- لحاظ کردن پیش‌بینی‌کننده‌های ساختاری محلی ...
۱۸۰	۱۱-۳- بررسی مدل‌های گراف تصادفی نمایی
۱۸۲	۱۱-۳-۱- تفسیر مدل
۱۸۲	۱۱-۳-۲- برازش مدل
۱۸۳	۱۱-۳-۳- مباحث تشخیصی مدل
۱۸۶	۱۱-۳-۴- شبیه‌سازی شبکه‌ها بر پایه برازش مدل

فصل دوازدهم: مدل‌های شبکه پویا

۱۹۱	۱۲-۱- مقدمه
۱۹۱	۱۲-۱-۱- شبکه‌های پویا
۱۹۳	RSiena - ۱۲-۱-۲
۱۹۴	۱۲-۲- آماده‌سازی اطلاعات

۲۰۰	۱۲-۳- تعیین و برآورد مدل
۲۰۰	۱۲-۳-۱- تعیین اثرات مدل
۲۰۵	۱۲-۳-۲- برآورد مدل
۲۰۵	۱۲-۴- کاوش در مدل
۲۰۵	۱۲-۴-۱- تفسیر مدل
۲۱۰	۱۲-۴-۲- نیکویی برازش
۲۱۳	۱۲-۴-۳- شبیه‌سازی‌های مدل

۲۱۷	فصل سیزدهم: شبیه‌سازی‌ها
۲۱۷	۱۳-۱- شبیه‌سازی شبکه‌های پویا
۲۱۸	۱۳-۱-۱- شبیه‌سازی گزینش اجتماعی
۲۱۹	۱۳-۱-۱-۱- پایه‌گذاری شبیه‌سازی
۲۱۹	۱۳-۱-۱-۲- ایجاد یک تابع به‌روزرسانی
۲۲۵	۱۳-۱-۱-۳- ایجاد یک شبیه‌سازی ساده از گزینش اجتماعی
۲۲۷	۱۳-۱-۱-۴- تفسیر نتایج شبیه‌سازی
۲۲۸	۱۳-۱-۲- شبیه‌سازی اثرات اجتماعی
۲۲۸	۱۳-۱-۲-۱- راه‌اندازی شبیه‌سازی
۲۲۹	۱۳-۱-۲-۲- ایجاد یک تابع به‌روزرسانی
۲۳۱	۱۳-۱-۲-۳- ایجاد شبیه‌سازی اثرات اجتماعی
۲۳۲	۱۳-۱-۲-۴- تفسیر نتایج شبیه‌سازی
۲۳۴	منابع

فهرست تصاویر

۲۲	تصویر ۱-۱- شبکه هواپیما ربایی ۱۱ سپتامبر [مشمول بر مرکز ...
۲۳	تصویر ۱-۲- شبکه تیم ملی هلند در جام جهانی ۲۰۱۰
۳۵	تصویر ۲-۱- سوسیوگرام مورنو
۴۰	تصویر ۳-۱- شبکه جهت دار ساده
۴۴	تصویر ۳-۲- ترسیمی از شیء شبکه جدید
۵۴	تصویر ۳-۳- زیرشبکه زنان
۵۴	تصویر ۳-۴- زیرشبکه با درجه بالا
۵۶	تصویر ۳-۵- همکاری های DHHS
۵۹	تصویر ۳-۶- همکاری های رسمی DHHS
۶۶	تصویر ۴-۱- شبکه یکسان، آرایش های متفاوت
۶۶	تصویر ۴-۲- اختیاری بودن طول خطوط
۶۸	تصویر ۴-۳- آرایش تصادفی شبکه مورنو در مقابل آرایش
۶۹	تصویر ۴-۴- تکرار الگوریتم فراچترمن - رینگولد
۷۰	تصویر ۴-۵- گزینه های آرایش شبکه
۷۲	تصویر ۴-۶- آرایش شبکه با مختصات های تعدیل شده
۷۲	تصویر ۴-۷- گزینه های آرایش شبکه در igraph
۷۵	تصویر ۵-۱- شبکه بالی با گره هایی با رنگ آبی آسمانی
۷۶	تصویر ۵-۲- مثال کانال شفافیت آلفا
۷۷	تصویر ۵-۳- رنگ بندی شبکه بالی بر اساس نقش ها
۷۸	تصویر ۵-۴- مجموعه ای از پنج رنگ انتخاب شده از بسته...
۷۸	تصویر ۵-۵- شبکه بالی با رنگ های تصحیح شده
۷۹	تصویر ۵-۶- شبکه بالی با اشکال مختلف گره

۸۰	تصویر ۵-۷- تنظیم اندازه کلی گره
۸۱	تصویر ۵-۸- تنظیم اندازه نسبی گره‌ها - مثال ۱
۸۲	تصویر ۵-۹- تنظیم اندازه نسبی گره - مثال ۲
۸۲	تصویر ۵-۱۰- تنظیم اندازه نسبی گره - مثال ۳
۸۲	تصویر ۵-۱۱- مقیاس‌بندی مجدد اندازه گره بر پایه درجه
۸۳	تصویر ۵-۱۲- شبکه بالی با گره‌های برجسب‌گذاری‌شده
۸۴	تصویر ۵-۱۳- شبکه بالی توأم با برجسب‌های نقش [کنشگران]
۸۵	تصویر ۵-۱۴- بیان میزان تعامل از طریق پهنای لبه در شبکه بالی
۸۶	تصویر ۵-۱۵- رنگ‌های مختلف لبه در شبکه بالی
۸۶	تصویر ۵-۱۶- شبکه بالی همراه با انواع مختلف لبه
۸۷	تصویر ۵-۱۷- شبکه بالی همراه با علائم و اختصارها
۹۵	تصویر ۶-۱- شبکه ارتباطی سیمپسون‌ها
۹۶	تصویر ۶-۲- شبکه ارتباطی سیمپسون‌ها - نسخه ۲
۹۸	تصویر ۶-۳- دیاگرام وتر تیم ملی هلند در سال ۲۰۱۰ ...
۹۹	تصویر ۶-۴- دیاگرام وتر تیم ملی هلند در سال ۲۰۱۰ ...
۱۰۰	تصویر ۶-۵- نقشه حرارتی تعداد پاس‌های تیم ملی هلند در ...
۱۰۲	تصویر ۶-۶- شبکه انتقال پاس تیم ملی هلند در سال ۲۰۱۰ ...
۱۰۶	تصویر ۷-۱- مثالی از گراف شبکه برای نمایش مفهوم برتری
۱۱۱	تصویر ۷-۲- نمونه‌هایی از شدت تمرکز
۱۱۲	تصویر ۷-۳- تعاملات میان ۱۷ نفر از اعضای شبکه تروریستی
۱۱۳	تصویر ۷-۴- مقایسه دو رهیافت تعیین اندازه رأس‌ها ...
۱۱۴	تصویر ۷-۵- شبکه بالی توأم با گره‌های سایزبندی‌شده بر مبنای ...
۱۱۵	تصویر ۷-۶- نمونه‌ای از گراف با نقاط برش مشخص

۱۱۶	تصویر ۷-۷- نمونه‌ای از گراف با حذف یک نقطه برش
۱۱۶	تصویر ۷-۸- نمونه‌ای از گراف با پل‌های مشخص
۱۱۸	تصویر ۸-۱- سوسیوگرام مورنو با دو زیرگروه
۱۱۸	تصویر ۸-۲- روابط همکاری در بین سازمان‌های DHHS
۱۱۹	تصویر ۸-۳- مثالی از گراف با دو دسته
۱۲۳	تصویر ۸-۴- ساختار K - هسته‌ای DHHS
۱۲۳	تصویر ۸-۵- ساختار K - هسته‌ای DHHS توأم با مقادیر ...
۱۲۴	تصویر ۸-۶- لایه‌برداری K - هسته‌ای‌های DHHS
۱۲۶	تصویر ۸-۷- مثالی از ماجولاریتی
۱۲۹	تصویر ۸-۸- تشخیص انجمن‌های موجود در شبکه مورنو
۱۳۲	تصویر ۸-۹- مقایسه تشخیص انجمن در شبکه بالی
۱۳۶	تصویر ۹-۱- گراف دو قسمتی به‌عنوان شبکه وابستگی
۱۳۸	تصویر ۹-۲- ترسیم ساده‌ای از شبکه وابستگی
۱۴۰	تصویر ۹-۳- ترسیم نمایان‌سازی‌های تک وجهی
۱۴۳	تصویر ۹-۴- شبکه وابستگی فیلم‌های اسکورسیزی
۱۴۶	تصویر ۹-۵- روابط بین تعداد بازی بازیگران هالیوود و محبوبیت
۱۴۷	تصویر ۹-۶- شبکه وابستگی فیلم‌ها
۱۴۸	تصویر ۹-۷- بزرگترین بخش شبکه وابستگی فیلم
۱۴۹	تصویر ۹-۸- هسته شبکه وابستگی فیلم
۱۵۵	تصویر ۱۰-۱- گراف‌های تصادفی
۱۵۵	تصویر ۱۰-۲- توزیع درجه برای G همراه با $n = 1000$ و $p = 0.005$
۱۵۶	تصویر ۱۰-۳- رابطه متوسط درجه و اتصال‌پذیری در شبکه‌های ..
۱۵۸	تصویر ۱۰-۴- روابط میان قطر و اندازه گراف تصادفی برای ...

۱۵۸	تصویر ۱۰-۵- مدل‌های جهان - کوچک همراه با افزایش ...
۱۶۰	تصویر ۱۰-۶- رابطه بین احتمال بازترسیم با قطر شبکه ...
۱۶۱	تصویر ۱۰-۷- مثالی از شبکه‌های بدون مقیاس همراه با ...
۱۶۲	تصویر ۱۰-۸- توزیع درجه مدل فاقد مقیاس ...
۱۶۳	تصویر ۱۰-۹- مثالی از شبکه‌های بدون مقیاس همراه با ...
۱۶۴	تصویر ۱۰-۱۰- رشد شبکه‌ها با استفاده از مدل پیوست ترجیحی
۱۶۵	تصویر ۱۰-۱۱- شبکه ارتباطات گروه بهداشت محلی
۱۶۵	تصویر ۱۰-۱۲- مقایسه توزیع درجه مدل‌های تصادفی و ...
۱۷۲	تصویر ۱۱-۱- شبکه انتشار روابط کنترل دخانیات ایندیانا
۱۷۴	تصویر ۱۱-۲- وابستگی بین تجربه و درجه گره‌ها
۱۸۷	تصویر ۱۱-۳- نمودارهای نیکویی برازش برای مدل نهایی کنترل
۱۸۸	تصویر ۱۱-۴- MCMC تشخیصی (جزیی)
۱۸۹	تصویر ۱۱-۵- مقایسه شبکه شبیه‌سازی شده با شبکه ...
۱۹۲	تصویر ۱۲-۱- مقایسه گزینش اجتماعی با نفوذ اجتماعی
۱۹۶	تصویر ۱۲-۲- تغییرات شبکه‌های Coevolve در طول زمان
۲۱۱	تصویر ۱۲-۳- نیکویی برازش برای درجه‌های ورودی
۲۱۳	تصویر ۱۲-۴- نیکویی برازش برای سرشماری سه‌گانه
۲۱۵	تصویر ۱۲-۵- مقایسه شبکه‌های مشاهده شده و شبیه‌سازی شده
۲۲۰	تصویر ۱۳-۱- شبکه آزمون تصادفی با پنج سطح رفتار نشان‌داده شده
۲۲۲	تصویر ۱۳-۲- آزمون شبکه با حذف یک رابطه میان ...
۲۲۴	تصویر ۱۳-۳- آزمون شبکه با افزودن یک رابطه جدید به گره ۲۴
۲۲۹	تصویر ۱۳-۴- ماجولاریتی شبیه‌سازی گزینش اجتماعی در طول ..
۲۳۲	تصویر ۱۳-۵- تغییرپذیری Bh در طول زمان

۲۳۳	تصویر ۶-۱۳- هموفیلی بیشتر در طول زمان
-----	---------------------------------------

فهرست جداول

۲۹	جدول ۱-۱- نقشه راه راهنمای کاربران
۴۰	جدول ۱-۳- ماتریس اجتماعی برای مثال شبکه جهت دار
۴۱	جدول ۲-۳- نمایش پراکندگی ماتریس اجتماعی
۴۲	جدول ۳-۳- فهرست لبه برای مثال شبکه جهت دار
۴۲	جدول ۴-۳- انواع اطلاعات موجود در اشیاء اطلاعات شبکه
۱۰۹	جدول ۱-۷- سنجش‌های برتری (برجستگی) موجود ...
۱۱۲	جدول ۲-۷- مرکزیت ۱۷ نفر از اعضای شبکه تروریستی بالی ...
۱۲۱	جدول ۱-۸- نمایش ویژگی‌های دسته
۱۲۸	جدول ۲-۸- توابع تشخیص انجمن در igraph
۱۳۴	جدول ۱-۹- گروه‌بندی دانش‌آموزان در کلاس‌ها
۱۶۵	جدول ۱-۱۰- مقایسه ویژگی‌های مدل‌ها و شبکه تجربی
۱۶۹	جدول ۱-۱۱- اصطلاحات متداول ERGM
۱۹۶	جدول ۱-۱۲- مشخصات شبکه‌های Coevolve در چهار موج
۲۰۲	جدول ۲-۱۲- اثرات RSiena برای داده‌های Coevolve