شبکه‌های اجتماعی و نقش آن در اقتصاد[1]

امیر حبیب دوست | amirhabibdoost@yahoo.com
دکتری اقتصاد، دانشکده علوم اداری و اقتصادی
دانشگاه مازندارن (نویسنده مسئول).

زهرا (میلا) علمی | z.elmi@umz.ac.ir
استاد اقتصاد، دانشکده علوم اداری و اقتصادی دانشگاه
مازندارن.

دریافت: ۱۳۹۵/۰۲/۱۲ | پذیرش: ۱۳۹۶/۰۸/۱۷

چکیده: شبکهٔ ارتباطاتی افراد، یک نهاد غیررسمی است که بر تصمیم‌های اقتصادی و هم‌چنین عملکرد اقتصادی آن‌ها مؤثر است. اما الگووارهٔ (پارادایم) نئوکلاسیکی حاکم بر علم اقتصاد، به‌دلیل نگاه ذره‌ای از نقش ارتباط میان آحاد اقتصادی، غفلت کرده است؛ درحالی‌که شبکه‌های اجتماعی می‌توانند نقش حیاتی در پدیده‌های اقتصادی و اجتماعی داشته باشند (مهاجرت، یافتن شغل، شبکهٔ جُرم و جنایت، یادگیری، سرایت بحران مالی، تأمین مالی خرد، تقسیم مخاطره و...). در چند سال اخیر، شبکه‌های اقتصادی-اجتماعی توجه اقتصاددانان را به خود جلب کرده‌اند. اما در داخل کشور، بنا به دلایل گوناگون، به این موضوع پرداخته نشده است. بر این اساس، با توجه به جدید بودن این موضوع در جهان و ایران، مقالهٔ پیشِ‌رو سعی دارد در کنارِ معرفی مفاهیم اولیه و ریاضی آن و کاربردهای گوناگون اقتصاد شبکه‌های اجتماعی، مروری بر مباحث ناظر بر چند پرسش اساسی در این زمینه انجام دهد. درواقع، همهٔ مسائل و مباحث این حوزه را می‌توان براساس چهار پرسش اساسی طبقه‌بندی کرد: تحلیل ساختار و هندسهٔ شبکه چگونه به تحلیل‌های اقتصادی کمک می‌کند؟ اثرات شبکهٔ ارتباطی و اجتماعی بر عملکرد اقتصادی افراد چگونه است؟ از نگاه علم اقتصاد، شکل‌گیری یک شبکهٔ اجتماعی چگونه است؟ چگونه می‌توان این اثرات را برآورد کرد؟

کلیدواژه‌ها: شبکه‌های اقتصادی-اجتماعی، نهاد غیررسمی، ساختار شبکه، اثر شبکه، شکل‌گیری شبکه.
طبقه‌بندی JEL: Z13, O10, C7.

۱. این مقاله مستخرج از پایان‌نامه دکتری نویسنده نخست است و توسط صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور حمایت و تأمین مالی شده است.

مقدمه

بدون ارتباط، زندگی معنا ندارد. ما در بستری از شبکهٔ ارتباطاتی احاطه شده‌ایم که بروز رفتار اقتصادی و اجتماعی ما در آن بستر نمود می‌یابد. شبکه‌ای اجتماعی[1] که عضو آن هستیم، ازجمله خانواده، طایفه، گروه همکلاسی‌ها، شبکهٔ اساتید، همسایگان و شبکه‌هایی بزرگ‌تر مانند ارتباط میان مهاجران، کارخانه‌ها و غیره بسیار فراگیر است. رشد جمعیت در کنار رشد به‌هم‌پیوستگیِ جوامع، پویایی‌های جدید را ایجاد کرده است که توجه پژوهشگران و سیاست‌گذاران را بیش‌تر از گذشته به خود جلب کرده است. یک پرسش اساسی که در مرکز این توجه‌ها قرار دارد، این است که آیا این شبکه‌ها، این نهادهای غیررسمی، بر رفتار و تصمیم‌های آحاد اقتصادی مؤثر است؟ وجود پرسش‌هایی مانند آن‌چه که در ادامه می‌آید، سبب جذابیت بیش‌تر پژوهش ـ روی شبکه، برای اقتصاددانان شده است. آیا شبکهٔ ارتباطی بین بانکی، در سرایت[2] بحران‌های مالی مؤثر است؟ آیا تکانه‌های اقتصاد خرد از طریق شبکهٔ ارتباطی داده‌ـستانده می‌تواند به تکانه‌های اقتصاد کلان منجر شود؟ یا پرسش‌هایی مانند این‌که در یک شبکه، بازی میان افراد و کارگزاران اقتصادی چگونه است؟ یا این‌که شبکهٔ ارتباطی چگونه بر تصمیم افراد برای مهاجرت و اشتغال اثر می‌گذارد؟ «شکل‌گیری شبکه»[3] از نگاه علم اقتصاد چگونه است؟ چگونه می‌توان اثر شبکه و عوامل مؤثر بر شکل‌گیری شبکه را برآورد کرد؟ و همین‌گونه، پرسش‌های سیاستی مانند این‌که آیا یکپارچگی و درهم‌تنیدگی مؤسسات مالی باید مورد حمایت قرار گیرد یا خیر؟ آیا در کنترل جرم و جنایت، سیاست کنترل بازیگر کلیدی[4] بهتر از سیاست‌های دیگر در این زمینه است؟ باوجود اهمیت این پرسش‌ها و اهمیت این نهاد غیررسمی، فقط در دههٔ اخیر به مباحثی از این دست مورد توجه واقع شده است. به بیان دیگر، «با وجود اهمیت احاطه‌شدن فعالیت‌های اقتصادی در یک زمینه و محیط اجتماعی، اقتصادانان تا دههٔ گذشته از شبکه اجتماعی غافل بودند» (Zenou, 2015).

تخصیص منابع کمیاب در محیطی شبکه‌ای رخ می‌دهد؛ اما اقتصاددانان این محیط یا نهاد غیررسمی را از دو جهت کاهش داده‌اند یا به بیان مرسوم، «ساده‌سازی» انجام داده‌اند. از یک طرف فرض می‌کنند که هرگونه ارتباطات و فعل و انفعالی به‌صورت گمنام انجام می‌شود. یعنی «فرض همگنی کالا و یکسان‌بودن مصرف‌کنندگان از دید فروشندگان اطمینان ایجاد می‌کند که بنگاه‌ها و

1. Social Network
2. Contagion
3. Network Formation
4. Key Player Policy

مصرف‌کنندگان گمنام[1] هستند» (Henderson & Quandt, 1958, 86). تقلیل دیگر این است که در نظریهٔ بازی‌ها، تعدادی اندک بازیگر وجود دارد که ویژگی‌های آن‌ها از پیش تعیین شده است (این وضعیت ایده‌ال فقط در بازار رقابت کامل برآورده می‌شود که در آن، اطلاعات کامل است و درعمل نیازی به مذاکره، چانه‌زنی و توافق وجود ندارد). «شاید بتوان رَوَند کم‌توجهی و سپس درک اهمیت مسأله ارتباطات و شبکهٔ اجتماعی را با روند اقتصاد رفتاری شبیه‌سازی کرد. به‌طور مشابه، ابراز علاقهٔ اخیر به اقتصاد اجتماعی ناشی از درک این واقعیت است که فهم عمیق‌تر از بنیان‌های اجتماعی رفتار انسان می‌تواند به تقویت مدل‌سازی فعل و انفعالات و ارتباطات اقتصادی کمک کند» (Jackson, 2007). اگرچه جامعه‌شناسان (مانند Granovetter, 1974,1983) مدتی است که به تأثیر شبکهٔ اجتماعی و نقش ارتباطات بر رفتار و تصمیم‌های افراد می‌پردازند؛ اما آن‌ها با روش‌شناسی علم اقتصاد و دغدغه‌های آن به این مقوله نگاه نمی‌کنند. درواقع، تفاوت اصلی در نگاه دیگر علوم با علم اقتصاد به مسألهٔ شبکه و ارتباط میان افراد این است که «پدیده‌های اقتصادی باید سرانجام بر اساس انتخاب یک بنگاه عقلایی صورت گیرد» (Goyal, 2007, 7).

مقالهٔ پیش‌رو به مروری اجمالی و قابل‌استفاده برای پژوهشگران اقتصاد و جامعه‌شناسی دربارهٔ اقتصاد شبکه‌های اجتماعی می‌پردازد. در این راستا، در بخش دوم به تعاریف، مفاهیم و مبانی نظری اقتصاد شبکه‌های اجتماعی و مباحث مربوط به برآورد و «اقتصادسنجی شبکه‌های اجتماعی» پرداخته می‌شود. بخش سوم به جمع‌بندی نهایی اختصاص یافته است. بیان این نکته پیش از ورود به بخش دوم ضروری است که موضوع این مقاله، صنعت شبکه‌ای مانند، صنایع الکتریکی، نرم‌افزارها، خدمات خطوط هوایی و مشابه آن نیست. «در ادبیات مربوط به صنایع شبکه‌ای، بنگاه‌های بیشینه‌کنندهٔ سود مالک شبکه خود هستند و عملکرد شبکه خود را کنترل می‌کنند» (Goyal, 2007, 6).

اقتصاد شبکه‌های اجتماعی[2]

دیدگاه شبکه در کنار دیگر وجوه بازار (قیمت و رقابت) می‌تواند در درک پدیده‌های اقتصادی کمک کند. «زمانی که نقص اطلاعات چشمگیر و فراگیر است، این نهاد غیررسمی که همان الگوی ارتباطات است، در شکل‌گیری فعالیت اقتصادی نقشی مهم ایفا می‌کند» (Goyal, 2007, 6). اما پارادایم حاکم بر تحلیل‌های اقتصادی این است که «رفتار اقتصادی در جوامع پیش‌بازاری[3] به‌شدت

1. Autonomous
2. Economics of Social Networks
3. Premarket

توسط روابط اجتماعی احاطه شده بود؛ اما به‌تدریج با مدرنیزاسیون این رفتارها مستقل شده‌اند» (Granovetter, 1985). از این‌رو، ارتباطات نقشی ویژه در دیدگاه نئوکلاسیکی ندارد.

اقتصاد شبکه‌های اجتماعی یا به بیان دیگر، لحاظ نمودن نقش ارتباط میان آحاد اقتصادی در مدل‌های اقتصادی، به درک بهتر و عمیق‌تر ما از پدیده‌های اقتصادی و اجتماعی پیرامون کمک می‌کند. در واقع، به‌منظور رفع نواقص مدل‌های پیشین، زمانی که اطلاعات ناقص است، لحاظ کردن این نهاد غیررسمی در مدل‌ها، به درک ما عمقی بیش‌تر می‌هد.

«برای نمونه، رهیافت‌های رایج برای برخی پدیده‌ها، مانند نفوذ و گسترش نوآوری، تفاوت‌ها در همکاری و نقش همکار در عملکرد دانشگاهی، گسترش همکاری‌های پژوهشی میان بنگاه‌ها و همچنین حوزهٔ بازار کار مناسب نیست؛ درحالی‌که رهیافت اقتصاد شبکه‌های اجتماعی، درک مناسبی از این پدیده‌ها در اختیار می‌گذارد» (Goyal, 2007, 6). در ادامه، با چند نمونه، موضوع روشن خواهد شد.

تغییرات فنی عاملی مهم در رشد اقتصادی است و نفوذ آن میان همهٔ بنگاه‌ها برای اجرایی‌شدن و برآورده‌شدن فناوری جدید، در عمل بسیار مهم است. پژوهش‌ها دربارهٔ نفوذ نشان می‌دهد که عامل حیاتی در یک فناوری جدید، نااطمینانی دربارهٔ سودآوری آن است. اطلاعاتی که دولت و دیگر بنگاه‌ها منتشر می‌کنند، این نوع نااطمینانی‌ها را کاهش می‌دهد. حال اگر فناوری موردنظر پیچیده باشد و درگیر منافعی اساسی و چشمگیر باشد، روشن است که افراد احتمالاً به اطلاعات دوستان نزدیک، همکاران، همسایگان و دیگرانی که درگیر تصمیمی مشابه هستند، بیش‌تر اعتماد می‌کنند.

افزون بر این، در برخی موارد، سود و پیامد استفاده از یک فناوری (برای نمونه، دستگاه فاکس) وابسته به استفادهٔ دیگرانی است که با او در ارتباط هستند. از این‌رو، ارتباط میان افراد، در نوآوری و توسعهٔ استفاده از فناوری جدید مهم است. به بیان کلی‌تر، الگوی ارتباطات بر برونداد اقتصادی مؤثر است. بنابراین، جنبه‌های مهم بازار و سازوکار قیمت‌ها و رقابت را می‌توان با این نهاد غیررسمی ترکیب کرد و توضیحی بهتر برای پدیده‌های پیش‌گفته ارائه کرد. گویال و موراگا[1](۲۰۰۱) دربارهٔ همکاری‌های تحقیق‌وتوسعهٔ میان بنگاه‌ها مدلی ارائه کردند و بر اساس آن نشان دادند با افزایش تعداد ارتباطات، تلاش کل ناشی از همکاران بیش‌تر می‌شود و بازدهی نهایی افزایش می‌یابد. اما از طرف دیگر، با افزایش درجهٔ ارتباط، تعداد همکاران بنگاه مورد نظر زیاد می‌شود و بازدهی نهایی کم می‌شود.

در بازار کار نیز جستجوی غیررسمی شغل از طریق شبکهٔ دوستان و نزدیکان و همچنین استفاده

1. Goyal & Moraga

از توصیه‌نامه‌ها رایج است. بنابراین، جریان اطلاعات بسیار مهم است و طبیعی است که الگوی شبکه در جورشدن نیروی کار و بنگاه مهم است. افزون بر این، الگوی شبکه مشخص می‌کند که چه کسی و در چه زمانی اطلاعات را دریافت می‌کند و چه کسی بیکار باقی می‌ماند. درنتیجه، الگوی توزیع درآمد و سرانجام نابرابری نیز تحت تأثیر الگوی شبکه قرار می‌گیرند.

از این‌رو، در صورتی‌که موضوع ارتباط لحاظ نشود و همچنان تحلیل‌ها بر اصل گمنامی استوار باشند، برخی پدیده‌ها در بازار کار را نمی‌توان به‌درستی درک کرد. یک مسألهٔ جذاب در بازار کار این است که چرا وقتی نیروهای کار همگن هستند (از نظر مهارت‌ها، تحصیلات و تجربیات و ...)، از نظر شغل‌یابی و موقعیت شغلی متفاوت هستند. کالوـ آرمنگول و جکسون[1] (۲۰۰۴) و مانتوگورمری[2] (۱۹۹۱) با کنار گذاشتن نگاه اتمیک[3] و اصل گمنامی، به اهمیت ارتباطات در توضیح تفاوت‌های شغلی و درآمدی با وجود همگنی نیروی کار پرداخته‌اند.

به عنوان نمونه‌ای دیگر، سیاست‌گذاری بازیگر کلیدی برای کاهش جُرم به‌جای دیدگاه بکر[4] (بالستر و همکاران (۲۰۱۰)) ناشی از پیشرفت‌های علم اقتصاد در حوزهٔ اقتصاد شبکه‌های اجتماعی است. در این دیدگاه، بر سیاست‌گذاری برای بازیگران کلیدی در شبکهٔ جرم و جنایت تأکید می‌شود. این سیاست‌گذاری که ناشی از ادبیات مربوط به اثر شبکه و اثرات همتایی در شبکه ایجاد شده است، به سیاست‌گذاری برای بازیگران کلیدی در حوزهٔ تحقیق‌وتوسعه، بانکداری و مانند آن تسری پیدا کرده است. می‌توان به نمونه‌ای دیگری نیز اشاره کرد. ارائهٔ کالاهای عمومی و سواری مجانی افراد کلیدی در شبکه و همچنین اثر نوع ساختار شبکه در شیوهٔ استفاده از منافع کالای عمومی و همچنین مشارکت در ارائهٔ آن، حوزه‌ای دیگر است که ادبیات اقتصاد شبکه، زوایای دیگری از سیاست‌گذاری در این حوزه را برجسته می‌کند که می توان به مطالعهٔ براموله و کرانتون، (۲۰۰۶) اشاره کرد.

پژوهشگران برای پژوهش و مطالعه دربارهٔ شبکهٔ ارتباطی (اجتماعی) در اقتصاد، با سه پرسش یا چالش اصلی روبه‌رو هستند:

۱. ساختار شبکهٔ اجتماعی و خصوصیات آن چگونه است؟ ۲. شبکهٔ اجتماعی چگونه بر تصمیم‌ها و عملکرد اقتصادی افراد اثر می‌گذارد؟ ۳. نقش انگیزه‌ها و تصمیم‌های اقتصادی در شکل‌گیری شبکه چگونه است؟ پرداختن به پرسش نخست، به‌گونه‌ای هم‌ارز با پرداختن به خصوصیات ظاهری شبکه

1. Calvo-Armengol & Jackson
2. Montgomery
3. Atomic
4. Becker

و هندسه آن است و شاید بتوان این بخش از پژوهش‌های شبکه را با آمار توصیفی در فضای آمار شبیه‌سازی کرد. پرسش دوم نیز اثر شبکهٔ اجتماعی بر عملکرد افراد را بررسی می‌کند و مطالعات این حوزه با نام «اثر شبکه»[1] یا «بازی روی شبکه»[2] شناخته می‌شوند. سرانجام موضوع مهم دیگر، عوامل مؤثر بر شکل‌گیری یک شبکه است. به بیان دیگر، پژوهشگران به این موضوع می‌پردازند که چه عواملی سبب ایجاد یک الگوی خاص از شبکه می‌شوند.

ساختار شبکه

«یک شبکه درواقع، یک مجموعه از واحدها (که آن‌ها را راس[3] و یا گره[4] می‌نامیم) و ارتباطات میان آن‌ها، که لبه[5] نامیده می‌شوند، است» (Newman, 2003). شبکهٔ همکاری‌های علمی، شبکهٔ بانکی، شبکهٔ وابستگی مالی، شبکهٔ داده و ستانده در تولیدکنندگان صنعتی در آمریکا و غیره که نمونه‌هایی از آن در شکل (۱) ارائه شده است.

شکل ۱. الف) شبکهٔ بانکی (Soramaki *et al.*, 2007)،
ب) شبکهٔ تولیدات صنعتی در آمریکا (Acemoglu *et al.*, 2012)

بدیهی است پیش از ورود به مباحث مرتبط با ساختار شبکه، ایجاد زبان مشترک از طریق ارائهٔ تعاریف مرتبط با شبکه لازم است. از این‌رو، در ادامه تعاریف و مفاهیم مرتبط با شبکه ارائه خواهد شد.

1. Network Effect
2. Games on Network
3. Vertices
4. Node
5. Edge

تعاریف

ریشهٔ مباحث شبکه در دانش ریاضیات و به‌طور دقیق‌تر، نظریهٔ گراف است که پس از آن، در حوزه‌های دیگر مانند علوم رایانه و فناوری اطلاعات توسعه یافته است. ازاین‌رو تعاریف و مفاهیم اولیه، مربوط به نظریهٔ گراف است.

رأس: «واحد بنیادین یک شبکه است که در علوم رایانه به آن گره و در اقتصاد به آن بازیگر یا آحاد[1] گفته می‌شود» (Newman, 2003).

لبه (یال): خطی که دو رأس را به‌هم متصل می‌کند و در علوم رایانه با نام اتصال[2] و در جامعه‌شناسی و اقتصاد با نام رابطه[3] شناخته می‌شود.

گراف یا شبکهٔ جهت‌دار[4]: «گرافی است که همهٔ لبه‌های آن جهت‌دار باشند؛ یعنی یک جهت خاص برای هر لبه وجود داشته باشد» (Newman, 2003). شبکهٔ وام‌دهی یک فرد به فرد دیگر، یا ارجاع‌دهی به مقالات، دنبال‌کردن افراد دیگر در شبکه‌های اجتماعی مجازی و غیره، نمونه‌هایی از شبکه‌های جهت‌دار هستند.

گراف یا شبکه بدون جهت[5]: «گرافی که هیچ‌کدام از لبه‌های آن جهت‌دار نباشد، یک گراف بدون جهت است. درواقع، همهٔ روابط در این نوع گراف، دوطرفه است» (Newman, 2003). مانند شبکهٔ رابطهٔ پرداخت‌های میان بانکی و رابطهٔ دوستانهٔ دو همکلاسی که دو نمونه از شبکهٔ بدون جهت هستند.

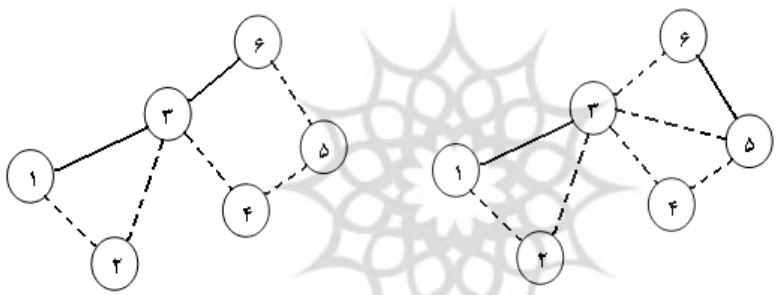
گراف یا شبکهٔ وزنی[6]: شبکه‌ای که در آن، ارتباط میان گره‌ها شدت و ضعف داشته باشد، یک شبکهٔ وزنی است؛ یعنی وزن ارتباطی افراد با یکدیگر در آن مهم است. وابستگی مالی و بدهی‌های مالی کشورها به یکدیگر، سهمی از تولید یک کشور در تجارت با کشور دیگر، ساعات متفاوت تخصیص‌یافتهٔ افراد به یکدیگر و... نمونه‌هایی از شبکه ارتباطی وزنی هستند.

مسیر[7]: یک مسیر در یک شبکه، میان فرد i و j، یک توالی از لبه‌ها، $i_1 i_2 \dots i_k i_k$، است؛ به‌گونه‌ای که برای هر $k \in \{1, \dots, K-1\}$ داشته باشیم: $i_k i_{k+1} \in E$ (یعنی همهٔ لبه‌ها عضو شبکه باشند) و

1. Agent
2. Link
3. Tie
4. Directed Network
5. Undirected Network
6. Weighted Network
7. Path

همچنین، هر فرد (گره) در توالی $i_k \dots i_1$، متمایز[1] باشد (یعنی گره‌ها دوباره تکرار نشوند). در این تعریف داریم: $i_1 = 1$ و $i_k = j$. (Jackson, 2008, 43).

گام[2]: یک گام در یک شبکه، میان فرد i و j، یک توالی از لبه‌ها، $i_1 i_2 \dots i_k i_k$ است؛ به‌گونه‌ای که برای هر $k \in \{1, \dots, K-1\}$ داشته باشیم: $i_k i_{k+1} \in E$ (همهٔ لبه‌ها عضو شبکه باشند). در این تعریف داریم: $i_1 = 1$ و $i_k = j$ (جسکون، ۲۰۰۸، ۴۳). این دو تعریف، مهم هستند؛ زیرا ممکن است اطلاعات از طریق دوستان یا به بیان دیگر از طریق ارتباطات غیرمستقیم انتشار یابد. از این‌رو، در مدل‌سازی‌های ارتباطات غیرمستقیم، به چنین تعریفی نیاز است. شکل ۲ به درک گام و مسیر کمک می‌کند.



الف) یک گام ۱ به ٦ که یک مسیر نیست. ۱و۲و۳و٤و٥و٦

ب) یک مسیر و یک گام از ۱ به ٦ ۱و۲و۳و٤و٥و٦

شکل۲. گام و مسیر در شبکه

درجه[3]: «تعداد لبه‌هایی که یک گره درگیر آن‌هاست را درجه می‌نامند» (Jackson, 2008, 51). برای نمونه، در شکل (۲ - ب)، درجهٔ گرهٔ ۳، برابر ۴ است. تعاریف دیگر مانند اجزا، چرخه و... نیز در ادبیات شبکه وجود دارد که خارج از حوصلهٔ این نوشتار است[4].

1. Distinct
2. Walk
3. Degree

۴. خوانندهٔ علاقه‌مند می‌تواند به کتاب شبکه‌های اقتصادی و اجتماعی جکسون (۲۰۰۸) مراجعه کند.

نمایش ریاضی شبکه

توصیف ریاضی یک شبکه، به‌منظور مدل‌سازی و پژوهش نظری و تجربی لازم است. این شیوهٔ نمایش، در واقع همان نمایش گراف در ریاضیات است. یک شکبهٔ G یک جفت[1]، G=(N,E)، است که شامل یک مجموعه[2] از گره‌ها یا آحاد اقتصادی، N(G) و یک مجموعه از لبه‌ها یا ارتباطات، E(g)، است. مجموعهٔ لبه‌ها، E(g)، یک رابطهٔ جفتی یا دوتایی روی مجموعهٔ گره‌ها اعمال می‌کند که به رابطهٔ الحاقی[3] گراف G معروف است.

ماتریس الحاقی[4]: «ماتریسی n×n است (n تعداد گره‌هاست) که در واقع، بیان‌کنندهٔ وضعیت ارتباطی میان گره‌ها در شبکه است؛ از این‌رو آرایه‌های آن ۰ و ۱ است. به بیان ریاضی:

$a_{ij} = 1$ آنگاه $e_{ij} \in E$ اگر (۱)

$a_{ij} = 0$ در غیراین‌صورت

که در آن، a_{ij} درایهٔ سطر i و ستون j از ماتریس الحاقی است» (König and Battiston, 2009).

در یک شبکهٔ بدون‌جهت، این ماتریس یک ماتریس متقارن خواهد بود. شکل(۲) تعاریف مطرح شده را روشن‌تر می‌کند.

ساده‌سازی و توصیف شبکه

پس از ارائهٔ تعاریف اولیه، لازم است به مفاهیم و تعاریفی دیگر که برای ساده‌سازی پیچیدگی‌های شبکه و توصیف آن نیاز است، پرداخته شود. در یک تقسیم‌بندی کلی می‌توان در چهار حوزهٔ کلی، ابزارهایی را برای توصیف و اندازه‌گیری در شبکه معرفی کرد که پیچیدگی‌های شبکه را ساده می‌کند. این چهار حوزه، عبارتند از: الگوی جهانی[5] (کلی) شبکه، الگوی محلی شبکه، الگوی تفکیکی[6] (همرنگی[7]) و موقعیت[8] در شبکه که می‌توانند به توصیف سادهٔ محیط پیچیده شبکه کمکی شایان کنند (جدول۱).

1. Pair
2. Set
3. Adjacency Relation
4. Adjacency Matrix
5. Global
6. Segregation
7. Homophily
8. Position

جدول ۱: تقسیم‌بندی برای ساده‌سازی پیچیدگی‌های شبکه

الگوی جهانی شبکه	الگوی محلی شبکه	الگوی تفکیکی	موقعیت در شبکه
درجهٔ متوسط، توزیع درجه، قطر	خوشه‌بندی	همرنگی	همسایگی، گرایش مرکزی

الگوی جهانی شبکه

درجهٔ متوسط[1]: متوسطِ درجه‌های گره‌های یک شبکه است که به سادگی از تقسیم درجهٔ هر گره بر تعداد کل گره‌ها به‌دست خواهد آمد و می‌تواند معیاری برای توصیف متصل‌بودن[2] شبکه باشد.

توزیع درجه[3]: «توزیع درجهٔ یک شبکه، یک توصیف از تواترهای نسبی گره‌هایی است که درجه‌های متفاوتی دارند» (Jackson, 2008, 52). توزیع درجه بدین دلیل لازم است که «متوسط درجه»، توصیفی مناسب از متصل‌بودن شبکه نیست و به اطلاعات تکمیلی نیاز دارد. برای نمونه، دو شبکه می‌توانند درجهٔ میانگین ۵ داشته باشند؛ اما توزیع آن‌ها متفاوت باشد؛ از این‌رو، آگاهی از شیوهٔ توزیع درجات گره‌ها در شبکه، یک آمار توصیفی بهتر از اتصالات در شبکه است. قطر و طول متوسط مسیر نیز در دیگر ابزارهای توصیفی در ارتباط با الگوی جهانی شبکه هستند که خوانندهٔ علاقه‌مند می‌تواند برای مطالعه به کتاب جکسون (۲۰۰۸) و گویال (۲۰۰۷) مراجعه کند.

الگوی محلی شبکه

خوشه‌بندی[4]: چه تعداد از افراد در یک شبکه با یکدیگر دوست هستند یا به‌صورت دقیق‌تر چه تعداد از دوستان شما با یکدیگر دوست هستند. در ادبیات شبکه، خوشه بندی یا انتقال‌پذیری به این معناست که[5] «چه قدر احتمال دارد که دوست دوست شما با خود شما دوست باشد» (Newman, 2003).» نکته قابل توجه این است که «شبکه‌های اجتماعی در عمل ضریب خوشه‌بندی بالاتری نسبت به حالتی که شبکه به‌طور تصادفی ایجاد می‌شود، دارند»[6] (Jackson, 2008, 88). همانطور که در شکل (۳) ملاحظه می‌شود فرد ۱ با فرد ۳ دوست است و فرد ۳ نیز با فرد ۲ دوست

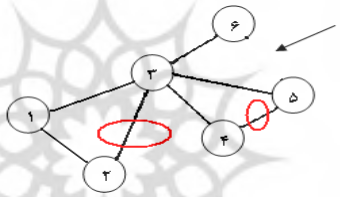
1. Average Degree
2. Connectivity
3. Degree Distribution
4. Clustering
5. Transitivity

۶. Newman (2003) ضریب خوشه‌بندی کلی را برای شبکهٔ همکاری علمی میان دانشمندان علوم رایانه، ۰/۴۹۶ و برای فیزیک‌دانان، ۰/۴۵گزارش کرده است.

است. ضمنا فرد ۱ با فرد ۲ نیز دوست است. چنین وضعیتی برای گره‌های ۳ و ۴ و ۵ نیز حاکم است، اما برای گره‌های ۳ و ۵ و ۶ چنین انتقال‌پذیری وجود ندارد. این ابزار به دنبال اندازه‌گیری چنین وضعیتی در یک شبکه است. چند تعریف برای محاسبه این شاخص ارائه شده است که یک تعریف رایج از آن به صورت رابطه (۲) است (König and Battiston, 2009):

$$C_l(i) = \frac{\left|\{e_{jk} \in G(N,E): e_{ij} \in G(N,E) \wedge e_{ik} \in G(N,E)\}\right|}{d_i(d_i-1)/2} \qquad (۲)$$

که در آن، d_i تعداد گره‌های همسایهٔ یک گره است[۱]. درواقع، رابطهٔ (۲) هم‌ارز با حاصل تقسیم تعداد ارتباطاتی است که فرد i دارد، بر حداکثر ارتباطاتی که فرد i می‌تواند داشته باشد.



شکل۳: خوشه‌بندی یا انتقال‌پذیری

الگوی تفکیک یا همرنگی

همرنگی مسأله‌ای بسیار مهم در ادبیات شبکه است. همرنگی درواقع تمایل به برقراری ارتباط با افراد مشابه است که این مشابهت می‌تواند نژادی، جنسی، قومی، مذهبی و حرفه‌ای و شغلی باشد. همرنگی می‌تواند روی تصمیم‌های خرید و فروش، رأی دادن، تصمیم‌های افراد دربارهٔ سرمایه‌گذاری، تحصیل و شغل و... مؤثر باشد. مارسدن[۲] (۱۹۷۸، ۱۹۸۸)، وربروگ[۳] (۱۹۷۷) و کورارینی[۴] و همکاران (۲۰۰۹) شواهدی گوناگون دربارهٔ وجود همرنگی در روابط اجتماعی ارائه کرده‌اند. گلوب و جکسون[۵] (۲۰۰۸) دربارهٔ اثرات همرنگی بر ارتباطات و فرایند یادگیری، به‌تفصیل بحث کرده‌اند. کالوو-آرمنگول و جکسون

۱. این تعریف را واتز و استروگاز (۱۹۹۸) ارائه کرده‌اند که کونیگ و باتیستون (۲۰۰۹) آن را به شکل فرمولی که در متن آورده شده است، نمایش داده‌اند.

2. Marsden
3. Verbrugge
4. Currarini
5. Golub & Jackson

(۲۰۰۴، ۲۰۰۷) اثرات همرنگی، روی یافتنِ شغل و هم‌چنین پایداری نابرابری‌های درآمدی را در دو شبکه که فقط از نظر همرنگی متفاوت هستند، مدل‌سازی کردند. نکتهٔ مهم دیگر دربارهٔ اهمیت و کاربرد مطالعات روی همرنگی این است که همرنگی می‌تواند بر تحرک‌پذیری اجتماعی[1] مؤثر واقع شود. در واقع، بسیاری از تصمیم‌ها و رفتارهای فرزندان، تحت تأثیر والدین است. «در صورتی که شبکهٔ اجتماعی فرزندان و والدین همپوشانی داشته باشد، ممکن است باوجود برخی اختلافات، به‌دلیل وجود چنین واسطه‌ای، تصمیم‌های فرزندان و والدین همگرا شود» (Jackson, 2009). خوانندهٔ علاقه‌مند به مدل‌سازی همرنگی می‌تواند به مقالات کورارینی و همکاران[2] (۲۰۰۹ و ۲۰۱۶) و مل[3] (۲۰۱۳) مراجعه کند.

موقعیت در شبکه

همسایگی[4]: «همسایگی یک گره، i، مجموعهٔ گره‌هایی است که گرهٔ i به آن‌ها متصل است» (Jackson, 2008, 50). برای نمونه، در شکل (۲-ب) مجموعهٔ گره‌های $\{۱و۲و۴و۶\}$ همسایگی گرهٔ ۳ هستند.

گرایش مرکزی[5]: گرایش مرکزی، یک ابزار توصیفی است که به‌منظور اظهارنظر دربارهٔ موقعیت گره‌ها در شبکه و اهمیت نسبی موقعیت آن‌ها یا اندازهٔ در کانون ارتباطات بودن گره‌ها به‌کار می‌رود. وقتی با مسائلی دربارهٔ جریان اطلاعات، شایعه، شبکهٔ پولی، قدرت چانه‌زنی، نفوذ و... پژوهش می‌کنیم، اهمیت این ابزار برجسته‌تر می‌شود.

ابزارهایی که تاکنون معرفی شد را می‌توان به‌گونه‌ای ابزارهای کلان معرفی کرد؛ اما گرایش مرکزی را می‌توان یک ابزار توصیفی و اندازه‌گیری خرد محسوب کرد؛ زیرا «به ما اجازه می‌دهد تا گره‌ها را مقایسه کنیم و دربارهٔ این‌که چگونه یک گره مشخص به کل شبکه مربوط می‌شود، چیزی بگوییم» (Jackson, 2008, 61). فریمن[6] (۱۹۷۸) و بورگاتی[7] (۲۰۰۵) به‌تفصیل دربارهٔ روش‌های اندازه‌گیری گرایش مرکزی توضیح داده‌اند. اما این ویژگی‌ها در دنیای واقعی شبکه‌های اجتماعی پیرامون ما چگونه هستند؟ به دیگر سخن، حقایق آشکارشده دربارهٔ ویژگی‌های شبکه‌های اطراف ما چیست؟

1. Social Mobility
2. Currarini *et al*.
3. Mele
4. Neighborhood
5. Centrality
6. Freeman
7. Borgatti

ویژگی‌های شبکه

مطالعه و بررسی ویژگی‌های آماری شبکه‌های اجتماعی واقعی، حقایقی جالب توجه را پیشِ رو قرار می‌دهد. مطالعات نشان می‌دهد شبکه‌های پیرامون ما در عمل، متفاوت از شبکه‌های تصادفی هستند که می‌تواند بر اساس یک الگوریتم تصادفی تولید شوند. برخی از حقایق آشکارشده دربارهٔ شبکه‌های اجتماعی را می‌توان بر اساس برخی ویژگی‌های توصیفی شبکه (که در بخش پیش به آن‌ها اشاره شد)، بیان کرد. دنیاهای کوچک[1] یا اثر دنیای کوچک[2]، انتقال‌پذیری یا خوشه‌بندی، توزیع درجه، همرنگی، قدرت ارتباطات ضعیف[3]، حفرهٔ ساختاری[4]، سرمایهٔ اجتماعی و نفوذ[5]، عباراتی هستند که برای اشاره به وضع موجود در دنیای واقعی از آن‌ها استفاده می‌شود که در ادامه به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود.[6]

دنیاهای کوچک

استنلی میلگرام[7] (۱۹۶۷) در یک آزمایش معروف نشان داد میان هر فرد در جهان تا فردی خاص در نقطه‌ای دیگر از جهان به‌طور متوسط ۶ حلقهٔ ارتباطی وجود دارد. نامه‌ای به سه فرد در ایالات متحده آمریکا داده شد و از آن‌ها خواسته شد که این نامه را به یک نفر خاص در ایالت ماساچوست برسانند. بسیاری از نامه‌ها به مقصد نرسید؛ اما از آن‌هایی که به مقصد رسیده بود، به‌طور متوسط از دست ۶ نفر گذشته بود. نتیجهٔ این آزمایش و آزمایش‌های مشابه منجر به پیدایش نظریهٔ دنیای کوچک و شش درجهٔ جدایی[8] شد .

قدرت ارتباطات ضعیف

نخستین‌بار گرانووتر (۱۹۷۳) با انجام یک آزمایش مدعی شد ارتباطات ضعیفِ[9] افراد، تأثیر بیش‌تری نسبت به ارتباطات قوی افراد در پیدا کردن شغل کرد. ایدهٔ اصلی او این است که کسانی که درگیر ارتباطات ضعیف هستند، احتمالاً در میان دوستان خود همپوشانی کم‌تری دارند؛ از این‌رو این

1. Small Worlds
2. The Small World Effect
3. The Strength of Weak Ties
4. Structural Hole
5. Influence
6. خواننده علاقه‌مند می‌تواند برای مطالعهٔ بیش‌تر، به جکسون(۲۰۰۸) و نیومن (۲۰۰۳) مراجعه کند.
7. Stanley Milgram
8. Six Degree of Separation
9. Weak Ties

نوع ارتباطات امکان برقراری ارتباطات در شبکه‌های اجتماعی دیگر را بیش‌تر می‌کند. کالووآرمنگول و جکسون (۲۰۰۴ و۲۰۰۷) و زنو (۲۰۱۵) در حوزهٔ بازار کار و گیولیتی و همکاران[1] (۲۰۱۴) در حوزهٔ مهاجرت به این ویژگی شبکه‌های اجتماعی پرداخته‌اند.

اثر شبکه

همان‌گونه در مقدمه گفته شد، شبکهٔ اجتماعی روی تصمیم‌ها و عملکرد افراد تأثیرگذار است. شبکهٔ اجتماعی وسیله‌ای برای انتقال اطلاعات در بازار کار، تولید محصول جدید، عقاید سیاسی و... است. افزون بر این، شبکه می‌تواند کانالی برای تسهیم ریسک یا تصمیم برای مهاجرت، آموزش و ... باشد. به‌طبع، در حوزهٔ بازارهایی که شبکه‌ای هستند نیز تأثیر شبکهٔ برجسته است. مانند شبکه میان بنگاه‌ها که بر روی نوآوری، تحقیق و توسعه و... مؤثر است یا شبکهٔ ارتباطی کشورها که بر توافقات سیاسی مؤثر است. ازاین‌رو، «برای درک، مدل‌سازی و کشف این نوع از اثرگذاری شبکه، دو نوع کلی را می‌توان تمیز داد. در یک نوع، اثرگذاری بر رفتار، تاحدی مکانیکی و غیرراهبردی است. برای نمونه، درک شیوهٔ انتشار یک بیماری یا ایده یا اطلاعات دربارهٔ مشاغل، یادگیری[2] و مانند آن‌ها، شبکه به‌عنوان یک کانال انتقال‌دهنده عمل می‌کند که می‌تواند به‌صورت احتمالی و تصادفی مدل‌سازی شود. در موقعیت‌های دیگر، مانند تجارت کالا و خدمات، ارائهٔ کالاهای عمومی محلی و ایجاد فناوری جدید، ساختار شبکه مهم است؛ اما با اضافه‌کردن ویژگی راهبردی بودن ارتباط میان بنگاه‌ها» (Jackson, 2010). به‌طبع، در دستهٔ دوم مسائلی مربوط به نظریهٔ بازی‌ها، تعادل و کارایی مطرح می‌شود. جدول (۳) این تقسیم‌بندی را به‌صورت خلاصه نشان می‌دهد.

جدول ۳: اثر شبکه روی عملکرد و رفتار

اثر شبکه بر رفتار	توضیح	نمونه
اثرگذاری راهبردی	شبکه فقط به‌عنوان کانال انتقال یا انتشار است.	یادگیری در جامعه، انتشار شایعه، سرایت بحران مالی، انتشار یک ایده
اثرگذاری راهبردی (بازی در شبکه)	علاوه بر ویژگی انتقال‌دهندگی، رفتار راهبردی میان اجزای شبکه نیز مهم است.	تولیدکالاهای عمومی محلی، استفاده از فناوری جدید، برونداد دانش‌آموزان.

1. Giulietti
2. Learning

بازی روی شبکه

برای تحلیل راهبردی، اثر شبکه که به بازی در شبکه یا بازی روی شبکه معروف است، شبکهٔ ثابت[1] یا مفروض[2] در نظر گرفته می‌شود. به بیان بهتر، هدف این تحلیل‌ها این است که برونداد یک بازی با n بازیگر (که در یک شبکهٔ مفروض با یکدیگر ارتباط دارند) که در آن، بازیگران برای بیشینه‌سازی مطلوبیت یا پیامد خود، عملی را انجام می‌دهند (همانند تصمیم‌گیری دربارهٔ شغل، شرکت در فعالیت‌های تروریستی، سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه، راه‌اندازی یک کسب‌وکار و استفاده از کالاهای عمومی) را معین کند. پیامد بازیگران ناشی از عمل خود آن‌ها و هم‌چنین اعمال دیگر بازیگران است[3]. در مدل‌سازی اثر شبکه دو نوع بازی اصلی مطرح است. بازی با جانشین‌های راهبردی[4] و بازی با جانشین‌های مکمل[5] دو نوع بازی هستند که ملاحظات متفاوتی دارند[6].

در بازی‌های جانشین‌های راهبردی، افزایش فعالیت همسایه‌های فرد i، سبب ترغیب شدن فرد i به کاهش سطح فعالیت یا ترغیب به سواری مجانی[7] می‌شود. برای نمونه، وقتی یک کالای عمومی محلی[8] توسط همسایه فرد i تولید می‌شود (برای نمونه، ایجاد یک باغ) منافعی برای تولیدکننده و هم‌چنین اطرافیان او وجود دارد؛ اما اطرافیان هزینه‌ای نمی‌پردازند؛ از این‌رو فرد i ترجیح می‌دهد تلاشی در ایجاد این کالای عمومی نکند (این بازی معروف به بازی شلیک کالای عمومی[9] است).

در بازی‌های جانشین‌های مکمل، عکس حالت رخ می‌دهد و افراد مرتبط، به انجام فعالیت بیشتر

1. Fix
2. Given

۳. به‌طبع، بازی دیگری نیز قابل تصور است که در آن، عمل بازیگران انتخاب یک ارتباطات برای بیشینه‌سازی پیامد یا مطلوبیت ناشی است. در این نوع بازی، دیگر شبکه مفروض نخواهد بود و مسألهٔ شکل‌گیری شبکه مطرح خواهد شد که در بخش۲-۳ به آن پرداخته خواهد شد.

4. Strategic Substitutes
5. Strategic Complementarities

۶. این نوع بازی‌ها توسط Bluow *et al*. (1985) و (Milgram & Roberts, 1990) توسعه داده شد؛ اما در ادبیات «بازی روی شبکه» این نوع بازی‌ها زیرمجموعه‌ای بازی‌های گرافیکی هستند که نخستین‌بار توسط کرنز Kearns *et al*. (2001) مطرح شد. خوانندهٔ علاقه‌مند برای مطالعهٔ بیش‌تر می‌تواند به این مقاله گالوتی Galeotti *et al*. (2006) و Jackson (2008, 348) مراجعه کنند.

7. Free Ride

۸. کالا عمومی است؛ زیرا فرد به‌طور کاملاً شخصی از آن بهره‌مند نمی‌شود و فواید آن در دسترس عموم است و محلی است؛ زیرا این بهرمندی عمومی محدود به افراد در همسایگی فرد است.

9. One Shot Public Goods

ترغیب می‌شوند. شرکت در فعالیت‌های مجرمانه، مصرف سیگار و تصمیم دربارهٔ سرمایهٔ انسانی، نمونه‌هایی از این نوع بازی هستند.

به بیان ریاضی و اقتصادی می‌توان مسأله را این‌گونه توضیح داد: بازیگران، فضای عمل X_i را دارند که مجموعهٔ محدود یا زیرمجموعه‌ای از فضای اقلیدسی است و توابع پیامد آن‌ها $u_i = X_i \to R$ است. فرض می‌کنیم پیامد فرد، تحت تأثیر رفتار فردی باشد که با او در ارتباط است (البته در حالت جامع، پیامد فرد به دیگر بازیگران نیز وابسته است). می‌توان این‌گونه نوشت که «یک بازی، مکمل راهبردی (مانند تصمیم‌های سرمایهٔ انسانی، مصرف سیگار و شرکت در فعالیت‌های مجرمانه) است، اگر ویژگی تفاوت‌های افزایشی[1] را ارضا کند» (Jackson, 2008, 356). یعنی اگر برای همهٔ i و j ها که $i \neq j$ و $x_i \geq \acute{x}_i$ و $x_j \geq \acute{x}_j$ داشته باشیم:

$$u_i(x_i, x_j) - u_i(\acute{x}_i, x_j) \geq u_i(x_i, \acute{x}_j) - u_i(\acute{x}_i, \acute{x}_j) \qquad (۳)$$

به بیان دیگر، «یک افزایش در اعمال دیگر بازیگران، سبب می‌شود تا تلاش یا عمل بیش‌ترِ یک بازیگر مفروض، پیامد بیش‌تری نسبت به حالتی که او فعالیت یا تلاش کم‌تری می‌کند، داشته باشد» (Jackson & Zenou, 2014).

«یک بازی، جانشین‌های راهبردی (مانند بازی کالای عمومی محلی یا نوشتن جزوه) است، اگر ویژگی تفاوت‌های کاهشی[2] را برآورده کند» (Jackson, 2008, 356). یعنی اگر برای همهٔ i و j ها که $i \neq j$ و $x_i \geq \acute{x}_i$ و $x_j \geq \acute{x}_j$، داشته باشیم:

$$u_i(x_i, x_j) - u_i(\acute{x}_i, x_j) \leq u_i(x_i, \acute{x}_j) - u_i(\acute{x}_i, \acute{x}_j) \qquad (۴)$$

به بیان دیگر، «یک افزایش در اعمال دیگر بازیگران، سبب می‌شود تا تلاش یا عمل بیش‌تر یک بازیگر مفروض، پیامد کم‌تری نسبت به حالتی که او فعالیت یا تلاش کم‌تری می‌کند، داشته باشد» (Jackson & Zenou, 2014).

برای نمونه، از مدل‌سازی یک بازی از نوع مکمل‌های راهبردی، یک بازی را با n بازیگر در نظر بگیرید که در شبکهٔ G با هم در ارتباط هستند. بازیگران با اطلاعات کامل دربارهٔ این‌که چه مقدار تلاش (فعالیت) برای یک فعالیت انجام دهند، تصمیم‌گیری خواهند کرد. سطح تلاش بازیکن i را با x_i و سطح تلاش همهٔ بازیگران را با $X = (x_i \dots \dots, x_i)^T$ نشان می‌دهیم. هر بازیکن، فعالیتی به اندازهٔ $x_i \geq 0$ را انتخاب می‌کند و پیامد $u_i(x, G)$ را به شکل معادله (۵) به‌دست می‌آورد:

$$u_i(x, G) = ax_i - \frac{1}{2}{x_i}^2 + \theta \sum_{j=1}^{n} g_{ij} x_i x_j \qquad (۵)$$

1. Increasing Differences
2. Decreasing Differences

که درآن، a و θ بزرگ‌تر از صفر هستند و $g_{ij} = 1$ است، اگر دو بازیکن i و j مستقیم با یکدیگر در ارتباط باشند؛ در غیر این‌صورت، $g_{ij} = 0$ است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، پیامد فرد بستگی به مجموعهٔ برداری X و اتصالات شبکهٔ G دارد. عبارت نخست از معادلهٔ (۵)، دریافتی بابت فعالیت است؛ عبارت دوم، هزینه‌های فعالیت مجرمانه و عبارت سوم، اثرات رفتار دوستان روی فرد i است. این یک نوع تابع پیامد درجهٔ دوم است که در مدل‌سازی اثرات شبکه از آن استفاده می‌شود. برای نمونه، به‌منظور مدل‌سازی شبکهٔ مجرمانه می‌توان تابع مطلوبیتی به شکل معادله (۶)، روی شبکه تعریف کرد:

$$u_i(x, G) = bx_i - \frac{1}{2}{x_i}^2 - \mathrm{p.f}x_i + \theta \sum_{j=1}^{n} g_{ij}x_i x_j \qquad (۶)$$

که درآن، bx_i درآمد حاصل از جرم، $\frac{1}{2}{x_i}^2$ هزینهٔ اخلاقی و دلهرهٔ دستگیری، $\mathrm{p.f}x_i$ هزینهٔ دستگیری است. p احتمال دستگیری است و $\mathrm{f}x_i$ نیز جریمه‌ای است که در صورت دستگیری، فرد مجرم متحمل خواهد شد. عبارت $\theta \sum_{j=1}^{n} g_{ij}x_i x_j$ اثرات مثبت شبکهٔ ارتباطی یا اثر همکار (همتا)[1] است که نشان‌دهندهٔ تأثیر دوستان بر رفتار فرد i است. با در نظر گرفتن $a = bx_i - p.f$، معادلهٔ (۶) مشابه معادلهٔ (۵) خواهد بود. این مدل‌سازی، پیامد سیاستی مهمی دارد و آن این است که برای کنترل جرم و جنایت باید به سمت سیاست بازیگر کلیدی حرکت کرد. یعنی باید به سمت حذف بازیگر کلیدی رفت؛ زیرا با حذف او، سطح فعالیت‌های مجرمانه کاهشی چشمگیر می‌یابد. اگرچه مبانی تحلیل فایده‌ـهزینهٔ این مدل بر اساس ایدهٔ گَری بِکِر[2] (۱۹۶۸) دربارهٔ جرم است، پیشنهاد سیاستی حاصل از آن، برخلاف پیشنهاد سیاستی بِکِر است که در آن، بر «اثر مجازات و بازداشت بر رفتار متوسط مجرمانه تأکید می‌شود و فرقی میان مجرمان با توجه به نقش آن‌ها در سطح کل فعالیت‌های مجرمانه قائل نمی‌شود» (Ballester *et al.*, 2010). از این ادبیات می‌توان برای تحلیل‌های دیگری نیز استفاده کرد؛ برای نمونه، اثر همکار در شبکه، بر آموزش توسط کالووـآرمنگول و همکاران (۲۰۰۹) مورد بررسی قرار گرفته است. توابع و حالات گوناگون دیگری برای مدل‌سازی اثرات شبکه وجود دارند که جکسون و زنو (۲۰۱۴) و بقامول و کرانتون[3] (۲۰۱۶) مروری بر آن‌ها انجام داده‌اند. با استفاده از ادبیات بازی جانشین‌های راهبردی نیز تحلیل‌هایی گوناگون صورت پذیرفته است. بقامول و کرانتون (۲۰۰۷) با استفاده از مفاهیم جانشین‌های راهبردی در شبکه، به تحلیل اثرات شبکه، روی ارائهٔ کالاهای عمومی محلی پرداختند[4].

1. Peer Effect
2. Gary Becker
3. Bramoulle & Kranton

۴. گالوتی و گویال (۲۰۱۰) با استفاده از بازی جانشین‌های استراتژیک به مدل‌سازی جمع‌آوری اطلاعات توسط افراد درشبکه پرداخته‌اند.

می‌توان به تحلیل‌ها جنبهٔ پویایی و هم‌چنین اطلاعات ناقص را اضافه کرد. از میان مطالعات گوناگون دربارهٔ تحلیل‌های پویا درمورد اثر شبکه می‌توان به مقالهٔ کالووـآرمنگول و جکسون (۲۰۰۴) اشاره کرد. آن‌ها مدلی را توسعه دادند که در آن، آحاد اقتصادی، اطلاعات فرصت‌های شغلی خود را از طریق تماس‌های اجتماعی به‌دست می‌آورند. آن‌ها نشان دادند که اشتغال به‌گونه‌ای مثبت، میان آحاد اقتصادی همبسته است. علاوه بر این، بیکاری وابسته به مدت زمان بیکاری[1] است. اثرات شبکه در شرایط نقص اطلاعات نیز در مقاله‌های کالوو-آرمنگول و بلتران[2] (۲۰۰۹) و عجم اقلو و همکاران (۲۰۱۱) مورد بررسی قرار گرفته است.

یادگیری، نفوذ و سرایت

همان‌گونه که در ابتدای این بخش اشاره شد، اثر شبکه بدون توجه به نگاه راهبردی و فقط به‌عنوان یک کانال انتقال‌دهنده نیز مورد توجه اقتصاددانان و جامعه‌شناسان قرار گرفته است (در این تحلیل‌ها نیز شبکه داده شده و ثابت فرض می‌شود). موضوع‌هایی مانند یادگیری در جامعه، شایعه، انتشار یک ایده یا خبر دربارهٔ شغل جدید یا سرایت یک بحران مالی، در این حوزه می‌گنجد. این حوزه از اثرات شبکه بر رفتار را می‌توان در دو بخش خلاصه کرد: نفوذ و یادگیری.

ـ نفوذ، انتشار و سرایت

بخشی مهم از پژوهش‌ها در حوزهٔ اثرات شبکه در شرایط غیرراهبردی است که به نفوذ اطلاعات یا ایده‌ها و همچنین سرایت و انتشار آن‌ها معطوف است. پرسش‌هایی مانند آن‌چه در ادامه آمده است، به روشن‌شدن مباحث مطرح‌شده در این زمینه کمک خواهد کرد. چگونه خرید یک کالا تحت تأثیر شبکه قرار می‌گیرد؟ چگونه استفاده از یک فناوری جدید به دیگران نیز انتقال می‌یابد؟ اگر شبکه، ارتباطاتی بسیار پرتراکم داشته باشد، سرعت انتشار چگونه است؟ حذف برخی گره‌ها (افراد) در شبکه، چگونه بر نفوذ شایعه مؤثر است؟ یا چگونه بحران مالی می‌تواند گسترش پیدا کند و بحران یک بازار به بازار دیگر سرایت پیدا کند؟ نمونه‌ای از اثر سرایت و انتشار شبکه نیز موضوع پژوهش عجم اقلو و همکاران (۲۰۱۲) است. آن‌ها منشأ شبکه‌ای نوسان‌های کلان را بررسی کردند. ایدهٔ اصلی آن‌ها این است که در وجود پیوندهای داده‌ـستاندهٔ میان‌بخشی[3]، ریسک و تکانهٔ غیرنظام‌مند[4] (ویژهٔ بنگاه) می‌تواند منجر به

1. Duration Dependence
2. Beltran
3. Intersectoral Input-Output Linkage
4. Idiosyncratic

نوسانات اقتصاد کلان شود. آن‌ها نشان دادند هر چه اقتصاد جزئی[1]‌تر شود، نرخی که در آن نوسانات کل به‌تدریج محو می‌شود، به‌وسیلهٔ ساختار شبکه‌ای این ارتباطات و پیوندها تعیین می‌شود. ادبیات گسترده‌ای به‌منظور مدل‌سازی نفوذ ایجاد شده است. قدیمی‌ترین آن‌ها مدل بس[2] (۱۹۶۹) است. این مدل بر مبنای ساختار شبکه طراحی نشده است و فقط تحت تأثیر قرارگرفتن افراد از یکدیگر را لحاظ می‌کند. مدل‌هایی گوناگون بر مدل‌سازی نفوذ وجود دارد که بر اساس ادبیات شبکه استوار است؛ مانند روش برآورد جزء عمدهٔ[3] شبکه و مدل‌های SIS[4] و SIR[5] که از پرکاربردترین این مدل‌ها هستند.

روش جزء عمده یا اعظم: این روش، درواقع به‌گونه‌ای برآورد نفوذ است. در این روش، محاسباتی برای محاسبهٔ جزء عمدهٔ یک شبکه صورت می‌گیرد. ایدهٔ اصلی این است که اگر اثر اولیه از یک گره که عضو یک بخش بزرگ یا عمده از شبکه است شروع شود، نفوذ و سرایت در بخش بیش‌تری از شبکه و با سرعت بیش‌تری صورت خواهد گرفت. از این‌رو، تمرکز روی ساختار اجزای شبکه می‌تواند احتمال شروع و ابعاد سرایت اثر اولیه را روشن کند و اندازه‌گیری جزء عمدهٔ شبکه احتمال شروع و گسترش نفوذ را مشخص می‌کند.

بنابراین، محاسبهٔ احتمال قرارگرفتن گره‌ها در جزء عمدهٔ شبکه، q، برآوردی از نفوذ است. حال اگر این گره، تعداد d همسایه داشته باشد، احتمال این‌که هر یک از آن‌ها خارج از جزء اصلی باشد، برابر با $(1-q)^d$ خواهد بود. حال اگر $P(d)$ شانس داشتنِ تعداد d همسایه برای گره مورد نظر باشد، می‌توان نوشت:

$$1 - \mathrm{q} = \sum (1-q)^d P(d) \qquad (۸)$$

با حل معادلهٔ (۸)، q بر حسب مقدار انتظاری d به‌دست خواهد آمد[6].

مدل‌های SIS[7]: این مدل‌ها ریشه در مطالعات همه‌گیرشناسی[8] دارند و برخلاف مدل‌های پیشین، اجازهٔ تغییر وضعیت گره‌ها (یعنی یک گره که آلوده به ویروس شده می‌تواند دوباره پاک شود) را

1. Disaggregate
2. Bass
3. Giant
4. Susceptible, Infected, Susceptible
5. Susceptible, Infected, Removed

۶. خوانندهٔ علاقه‌مند، برای مطالعهٔ بیش‌تر در این زمینه می‌تواند به فصل ۵ کتاب گویال (۲۰۰۷) و فصل هفتم کتاب جکسون (۲۰۰۸) مراجعه کند.

7. Susceptible, Infected, Susceptible
8. Epidemiology

می‌دهند. در این مدل، گره‌ها یا عفونی[1] هستند یا مستعد پذیرش عفونت[2] و احتمال این‌که عفونی شود، نسبتی از همسایه‌های عفونی با نرخ $v > 0$ به‌علاوهٔ یک مقدار تصادفی e است. در این مدل، گره‌ها می‌توانند با نرخ a بهبود پیدا کنند و p درصدی از گره‌ها است که عفونی شده‌اند. در یک نسخهٔ ساده از مدل SIS، افراد به‌تصادف یکدیگر را ملاقات می‌کنند و رشد درصدی از گره‌ها که عفونی شده‌اند، بر اساس رابطهٔ (۹) به‌دست می‌آید:

$$p = \frac{[(v - a - e) + ((v - a - e)^2 + 4ev)^{1/2}]}{2v} \qquad (۹)$$

برای وارد کردن ساختار شبکه در این مدل، از روش‌های جورسازی تصادفی[3] استفاده می‌شود که برای هر گره، به‌اندازه درجه‌اش، d، جور[4] وجود دارد. یکی از پژوهش‌های مهم در این زمینه، مطالعهٔ بنرجی و همکاران[5] (۲۰۱۳) دربارهٔ اثر شبکه و نفوذ بر دریافت وام خرد در یکی از روستاهای هند است. آن‌چه در این روستای بسیار فقیر هند رخ می‌دهد، این است که مسؤول بانک وام‌دهنده، به‌دلیل مشکلات زیرساخت فیزیکی و مجازی مربوط به انتقال اطلاعات و اطلاع‌رسانی دربارهٔ وام، این اطلاعات را از طریق افراد و سیستم اطلاع‌رسانی سینه‌به‌سینه منتقل می‌کند. انتظار می‌رود در این شرایط، نهاد غیررسمی شبکه، نقشی بسیار برجسته ایفا کند. بر اساس مطالعهٔ آن‌ها، درصورت لحاظ نکردن ساختار شبکه، ضریب متغیر «تعداد دوستان دریافت‌کنندهٔ وام» معنادار و مثبت است؛ یعنی هرچه تعداد دوستان بیش‌تری از فرد i وام دریافت کرده باشند، احتمال دریافت وام برای فرد i افزایش می‌یابد. اما زمانی که ساختار شبکه در تحلیل و رگرسیون لحاظ می‌شود، اثر این متغیر، کامل حذف می‌شود. یک دلیل این رویداد این است که در روستای مورد بررسی، درواقع آن‌چه مهم‌تر است، اثر شبکه و انتقال اطلاعات از طریق شبکه است. به بیان دیگر، ممکن است فردی وام دریافت نکرده باشد، اما خبر آن را به اطلاع افراد مرتبط با خود رسانده باشد. به‌عنوان یک نمونهٔ مهم دیگر از اثر شبکه می‌توان پژوهش الیوت و همکاران[6] (۲۰۱۴) اشاره کرد که از ادبیات نفوذ برای تشریح فرآیند سرایت در بازارهای مالی استفاده کرده‌اند.

1. Infected
2. Susceptible
3. Random Matching
4. Matches
5. Banerjee *et al*.
6. Elliott *et al*.

ـ یادگیری

چگونه اطلاعات در یک شبکه یا به‌صورت عام‌تر در جامعه، مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد؟ چگونه اطلاعات در جامعه جریان پیدا می‌کند؟ چگونه یک عقیده در جامعه عمومیت پیدا می‌کند؟ کدام فرد تأثیر بیش‌تری بر باورهای جامعه دارد؟ پرسش‌هایی از این دست، به حوزهٔ یادگیری و عملکرد شبکه در این‌باره مربوط می‌شود. یادگیری در علم اقتصاد، ادبیات گسترده‌ای دارد؛ اما رهیافت شبکه، یادگیری افراد شبکه از یکدیگر را برجسته می‌کند. اگرچه دربارهٔ اثر شبکه بر یادگیری مدل‌هایی گوناگون وجود دارد، اما دو دیدگاه متفاوت مدل‌های یادگیری بِیزین[1] و مدل دگروت[2]، دو مدل معروف هستند.

در مدل یادگیری بیزین، افراد به عمل یکدیگر نگاه می‌کنند و بر اساس نظر خود و تجربهٔ حاصل از ارتباط با دیگران، عمل خود را در هر دورهٔ زمانی با احتمال p تغییر می‌دهند که این تغییر، پیامدهایی برای آن‌ها به همراه دارد. اما در مدل دگروت، مردم یک میانگین وزنی از اطلاعات دوستان خود دریافت می‌کنند و عقاید آن‌ها به‌وسیلهٔ به‌روزکردن این میانگین اطلاعات در طول زمان حاصل می‌شود. در دیدگاه بیزین، آحاد اقتصادی کاملاً عقلایی نیستند؛ در حالی‌که در مدل دگروت، این جنبهٔ عقلایی‌بودن، به شکل عقلانیت محدود بروز می‌کند. مدل بالا[3] و گویال (۱۹۹۸) یک مدل اولیه و ساده بر اساس دیدگاه بیزین است[4].

در مدل دگروت (۱۹۷۴) که مدلی ساده‌تر است، وزنی که به اطلاعات گوناگون داده می‌شود، در طول زمان تغییر نمی‌کند. در این مدل، فرد بر اساس تجربهٔ گذشته و با اطلاعات اولیه، $b_i(0)$، شروع می‌کند و به‌مرور زمان در اثر ارتباط با دیگران در شبکه، وزنی جهت‌دار T (وزن ارتباطی افراد با یکدیگر در شبکه متفاوت است)، عقاید خود را به‌روزرسانی می‌کند؛ به‌گونه‌ای که خواهیم داشت:

$$b_i(t) = \sum_j T_{ij} b_j(t-1) \qquad (۱۰)$$

یعنی عقاید فرد i، میانگین وزنی از عقاید همسایه‌های او در دورهٔ پیش است. لازم به یادآوری است که یک تمایز مهم این مدل با چارچوب بیزین، «ثابت بودن وزن‌ها در طول زمان» است. اگرچه

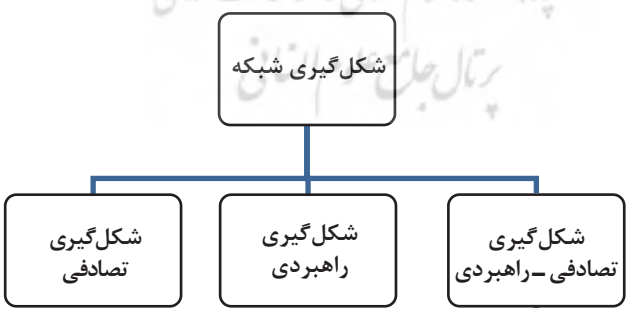
1. Bayesian Learning
2. DeGroot
3. Bala

۴. دربارهٔ جزییات و پیچیدگی‌های این مدل‌ها، به کتاب گویال (۲۰۰۷) فصل ۵ و کتاب جکسون (۲۰۰۸) فصل ۸ مراجعه کنید.

پژوهش‌ها و مقالاتی گوناگون در این باره فراهم شده است، اما برای نمونه می‌توان به پژوهش عجم اقلو و همکاران (۲۰۱۰) اشاره کرد. آن‌ها الگویی را طراحی کردند که در یک جامعه، تنش میان اطلاعات نادرست[1] را بررسی کنند. آن‌ها فرض کردند همهٔ افراد در ارتباط با یکدیگر اطلاعات خود را مبادله و اصلاح می‌کنند. در این شرایط، جامعه به‌گونه‌ای مؤثر می‌تواند اطلاعات همهٔ افراد را تجمیع کند. اما زمانی که اشخاصی قوی و مؤثر[2] وجود داشته باشند که می‌توانند باورهای افرادِ در جریانِ ارتباط و مبادله اطلاعات را تغییر دهند و خود نیز همان نظر پیشین و ثابت خود را داشته باشند، امکان بروز و انتشار اطلاعات نادرست وجود دارد. آن‌ها نشان دادند در چنین جامعه‌ای ممکن است باورها به سمت یک اجماع و توافق همگرا نشوند.

شکل‌گیری شبکه

در مقدمه گفته شد که یک پرسش اساسی دربارهٔ شبکه‌های ارتباطی، چگونگی شکل‌گیری آن‌هاست. به‌طور ویژه، پرسش‌هایی مانند چه شبکه‌هایی شکل می‌گیرند؟ آیا شبکه‌های ایجاد شده کارا هستند؟ آیا یک سیاست دخالتی می‌تواند کارایی شبکه را بهبود دهد؟ چالش‌های اصلی مباحث مربوط به شکل‌گیری شبکه است. شکل‌گیری شبکه را می‌توان از دو جهت بررسی کرد: شکل‌گیری تصادفی که در آن برقراری ارتباط میان افراد به‌صورت تصادفی اتفاق می‌افتد و شکل‌گیری راهبردی که در آن ارتباطات با توجه به ملاحظات افراد دربارهٔ پیامدهای برقراری ارتباط، شکل می‌گیرد. به‌طبع، ترکیب این دو دیدگاه، خود یک چارچوب جدید برای تحلیل ایجاد می‌کند.



شکل ۴: روش‌های مدل‌سازی شکل‌گیری شبکه

1. Misinformation
2. Forceful

ـ شکل‌گیری تصادفی شبکه[1]:

در «شکل‌گیری تصادفی شبکه»، تعدادی مشخص از گره‌ها (افراد) در نظر گرفته می‌شود که ارتباط میان آن‌ها به‌صورت تصادفی و با احتمال مستقل p در هر جفت[2] ایجاد می‌شود. این نوع مدل‌سازی به مدل‌سازی بر اساس گراف تصادفی برنولی معروف است. ارداش و رنی[3] (۱۹۵۹) و بولاباس[4] (۲۰۰۱) روی این نوع مدل‌سازی تمرکز کرده‌اند. افزون‌بر این، در مدل‌سازی شکل‌گیری تصادفی شبکه، روش‌هایی دیگر نیز بر پایهٔ گراف تصادفی برنولی توسعه داده شده است. مدل «گراف کلاسترینک و مارکوف»[5] (که فرانک و استراس[6] (۱۹۸۶) این مدل را طراحی کرده‌اند.)، مدل «دنیای کوچک» (که واتز و استراگتز[7] (۱۹۹۸) و واتز (۱۹۹۹) این شیوه را مطرح کردند) و مدل‌های بر اساس «توزیع درجه» (که باراباسی و آلبرت[8] (۱۹۹۹) این روش را توسعه دادند) از مدل‌های معروف در این زمینه هستند.

ـ شکل‌گیری راهبردی شبکه[9]

شکل‌گیری راهبردی شبکه یا شکل‌گیری شبکه بر اساس مدل‌های نظریهٔ بازی، از دو جهت متفاوت از شکل‌گیری تصادفی است. نخست این‌که، ارتباطات بر اساس صلاحدید و تصمیم افراد انتخاب می‌شوند و نه بر اساس شانس و تصادف. دوم این‌که «به‌صورت طبیعی یک هزینه-فایده در ارتباط با شبکه وجود خواهد داشت که اجازه می‌دهد تا تحلیل رفاه نیز صورت گیرد» (Jackson, 2008, 201). درواقع، تحلیل‌ها و مدل‌های شکل‌گیری راهبردی، به دو موضوع اساسی می‌پردازند که یکی از آن‌ها تنش[10] یا مبادلهٔ میان انگیزه های شخصی و انگیزه‌های اجتماعی است و دیگری چگونگی و چرایی شکل‌گیری یک شبکهٔ خاص است. میرسون (۱۹۷۷و ۱۹۹۱) و همچنین آیومن و میرسون[11] (۱۹۸۸)، مبنای نظری شکل‌گیری شبکه را بر اساس بازی همکارانه و غیرهمکارانه ایجاد کردند.

1. Random Network Formation
2. Dyad
3. Erdos & Rényi
4. Bollobas
5. Clustering & Markov Graph
6. Frank & Strauss
7. Watts & Strogatz
8. Barabasi & Albert
9. Strategic Network Formation
10. Tension
11. Aumann & Myerson

ـ بازی حرکت همزمان[1]

میرسون[2] (۱۹۷۷) یک کلاس از بازی‌های همکارانه[3]را طراحی کرد که با ساختار گراف اصلاح شده‌اند[4] (Jackson, 2008). درواقع، او برای«مطالعهٔ ساختار همکاری در بازی‌ها از ایده‌های نظریهٔ گراف» استفاده کرد (Myerson, 1977). نظریهٔ‌های مربوط به شکل‌گیری ائتلاف[5] را با واردکردن و ترکیب نظریهٔ گراف و بازی‌های همکارانه توسعه داد و سنگ‌بنای نظریه‌های شکل‌گیری شبکه را گذاشت. میرسون (۱۹۹۱) در کتاب خود، نظریهٔ تشکیل ائتلاف را تکمیل کرد. او یک بازی حرکت همزمان[6] ارائه کرد که در آن بازیگر به‌طور همزمان تمایل خود را برای همهٔ کسانی‌که وی مایل است با آن‌ها ارتباط برقرارکند، اعلام می‌کند و در صورتی‌که پاسخ مثبت دریافت شود، ارتباط (لینک) شکل می‌گیرد. در این نوع بازی، با استفاده از مفهوم تعادل ناش[7] می‌توان شبکه یا ائتلافی که پایدار است را تشخیص داد. اما مسألهٔ اصلی در مورد استفاده از مفهوم تعادل ناش این است که شبکهٔ بدون عضو نیز یک تعادل ناش محسوب می‌گردد. افزون‌بر این، وجود چندین تعادل ناش مشکل دیگر این نوع بازی‌ها است.

ـ بازی با شکل توسعه‌یافته[8]

آیومن و میرسون (۱۹۸۸) نیز یک مدل شکل‌گیری گراف ارتباطات معرفی کردند که بر اساس بازی با شکل توسعه‌یافته[9] استوار است. در بازی آن‌ها، بازیگران به‌طور همزمان[10] حرکت می‌کنند و پیشنهاد برقراری ارتباط می‌دهند. این پیشنهاد اگر پذیرفته شود، ارتباط ایجاد می‌شود؛ در غیر

1. Simultaneous Move Game
2. Myerson
3. Cooperative Games

۴. در میان دیگر مقالات، میرسون (۱۹۹۱) و گویال و وگا-ردندو (۲۰۰۵) از مدل بازی‌های غیرهمکارانه برای مدل‌سازی شبکه استفاده کرده‌اند. در بازی‌های همکارنه، به ترکیب همکاری و ارتباط افراد توجه می‌شود. در حالی‌که در بازی‌های غیرهمکارانه، به پیامد ناشی از عمل‌های گوناگون افراد توجهی نمی‌شود. درواقع، در بازی‌های همکارانه، عمل بازیگران معلوم است و می‌خواهیم بدانیم ترکیب‌های متفاوت چه نتایجی در پی دارد. به‌صورت دقیق‌تر، بازیگران در شکل‌گیری شبکه نه‌تنها این‌که چه عملی را به چه فعالیت تخصیص دهند، بلکه این‌که با چه کسی ارتباط برقرار کنند را نیز انتخاب می‌کنند.

5. Coalition Formation
6. Simultaneous Move Game
7. Nash Equilibrium
8. Extensive Form
9. Extensive Form
10. Simultaneously

این‌صورت، ارتباط شکل نمی‌گیرد. این بازی به دلیل پیچیدگی حل آن، مورد استقبال قرار نگرفت. درضمن، در بازی آن‌ها «ترتیب ارتباطات می‌تواند تأثیری چشمگیر روی این‌که چه شبکه‌ای ایجاد خواهد شد، داشته باشد و از طرف دیگر، روشن نیست که ترتیب حقیقی چه باشد» (Jackson, 2008, 481). برای حل این مشکلات، جکسون و ولینسکی (۱۹۹۶) مفهوم پایداری جفتی[1] را مطرح کردند که مستقیم سراغ مفهوم پایداری می‌رود.

ـ پایداری جفتی

جکسون و ولینسکی (۱۹۹۶) برای نخستین‌بار، این مفهوم را جایگزین تعادل ناش در ادبیات مدل‌سازی بازی شکل‌گیری شبکه کردند. در واقع، آن‌ها از فضای بازی‌های غیرهمکارانه خارج شدند و مستقیم سراغ تعریف شبکهٔ پایدار رفتند و به جای مفهوم «حل بازی» از ادبیات پایداری استفاده کردند. ایدهٔ اصلی آن‌ها این است که شبکه‌ای پایدار جفتی است که نخست، هیچ بازیکنی تمایل به حذف یک ارتباط نداشته باشد، دوم، اگر یک ارتباط جدید ایجاد شود، یکی از بازیگران متضرر شود. این دو شرط را به‌صورت ریاضی می‌توان به شکل شماره (۱۱و۱۲) نوشت[2].

(۱۱) برای همهٔ i و jهای عضو شبکه $u_i(G) \geq u_i(G-ij)$ و $u_j(G) \geq u_j(G-ij)$

(۱۲) برای همهٔ i و jهای غیرعضو شبکه $u_i(G) < u_i(G+ij)$ آنگاه $u_j(G) > u_j(G+ij)$

که در آن، $u_i(G)$ مطلوبیت بازیگر i در شبکه است. $u_j(G+ij)$ و $u_j(G-ij)$ بهترتیب مطلولبیت ناشی از یک ارتباط جدید و کاهش مطلوبیت ناشی از قطع یک ارتباط برای فرد jاست[3].

کارایی: کارایی در شبکه از دیدگاه ملاحظات اقتصاد رفاه، مفهومی بسیار مهم است؛ زیرا کمک خواهد کرد تا بتوانیم پیامدهای یک شبکهٔ مفروض را برای کل شبکه (جامعه) بررسی کنیم. تشخیص شبکهٔ کارا می‌تواند در سیاست‌گذاری و دخالت‌های دولت کمک کند. در ادبیات شبکه، کارایی با رابطهٔ (۱۳) تعریف می‌شود:

$$\sum_i u_i(g) \geq \sum_i u_i(\acute{g}) \qquad (۱۳)$$

1. Pairwise Stability

۲. این بیان ریاضی از زنو(۲۰۱۵) و جکسون (۲۰۰۸) صفحه ۲۰۵ است.

۳. خوانندهٔ علاقه‌مند، برای مطالعهٔ بیش‌تر می‌تواند به جکسون و ولینسکی (۱۹۹۶) و جکسون (۲۰۰۵) مراجعه کند.

یعنی شبکه‌ای که در مجموع، بیش‌ترین مطلوبیت یا پیامد را در کل شبکه ایجاد کند، کاراست[1]. بدیهی است برای بررسی پایداری و کارایی، لازم است تابع مطلوبیت یا پیامد روی شبکه مشخص گردد. جکسون و ولینسکی (۱۹۹۶) مدلی را با نام مدل ارتباطات[2] معرفی کردند که در آن، تابع مطلوبیتی به شکل رابطه (۱۴) استفاده شده است:

$$u_i(g) = \sum_{j \neq i} \delta^{t_{ij}} - \sum_{j:ij \in g} c_{ij} \qquad (۱۴)$$

t_{ij} تعداد ارتباطات در کوتاه‌ترین فاصلهٔ i تا j، $0 < \delta < 1$ نیز پیامد حاصل از ارتباط i با j است. برای نمونه، فرد ۱ از ارتباط مستقیم خود با فرد ۲ به اندازهٔ δ پیامد کسب می‌کند و از ارتباط غیرمستقیم خود با فرد ۳ پیامد غیرمستقیم δ^2 را کسب می‌کند و تا آخر. c_{ij} نیز هزینهٔ برقراری ارتباط میان i و j است. جکسون و ولینسکی (۱۹۹۶) نتایجی مهم بر اساس این تابع گرفتند که از جمله مهم‌ترین آن‌ها این است که اگر $\delta - \delta^2 < c < \delta$ باشد، یک شبکهٔ ستاره شکل[3]، پایدار جفتی است؛ درضمن، آن‌ها نشان دادند تنشی میان پایداری و کارایی وجود دارد[4]. آن‌ها مدل معروف دیگری را نیز با نام مدل نویسندهٔ همکار[5] مطرح کردند که بسیار مورد استفاده قرار گرفت.

ـ دیگر مدل‌های شکل‌گیری شبکه

غیر از مدل‌های میروسون و آیومن دربارهٔ شکل‌گیری شبکه و همچنین دیدگاه جکسون و ولینسکی دربارهٔ شکل‌گیری شبکهٔ پایدار، حالاتی دیگر را نیز می‌توان برای مدل‌سازی شکل‌گیری شبکه متصور شد. برای نمونه، کورارینی و مورلی[6] (۲۰۰۰) مدلی را ارائه کردند که در آن، تخصیص پیامد میان افراد به‌صورت درونزا یا همزمان با شکل‌گیری ارتباط رخ می‌دهد و افراد می‌توانند دربارهٔ سهم خود و برقراری ارتباط مذاکره کنند (در مدل‌های پیشین، فرایند تخصیص ارزش و پیامد، از تشکیل شبکه مجزا بود).

---

۱. این تعریف بر اساس دیدگاه فایده‌گرایانه صورت گرفته است. تعاریفی دیگر از کارایی نیز وجود دارد؛ مانند کارایی پارتویی و کارایی مقید که خوانندهٔ علاقه‌مند برای مطالعهٔ بیش‌تر می‌تواند به جکسون (۲۰۰۱) صفحه ۱۶ و جکسون (۲۰۰۸) صفحه ۲۰۶ مراجعه کند.

2. Connection Model
3. Star-Shaped

۴. برای مطالعهٔ بیش‌تر به مقالهٔ جکسون و ولینسکی (۱۹۹۶) مراجعه کنید.

5. Coauthor Model
6. Currarini & Morelli

افزون‌بر این، مدل‌هایی را می‌توان تصور کرد که پیامد و عمل، هر دو همزمان در بازی وجود داشته باشند. بلوچ و دوتا[1] (۲۰۰۹)، گالوتی و گویال[2] (۲۰۱۰) و کابرالس و همکاران[3] (۲۰۱۱)، مدل‌های این‌چنینی را ارائه کرده‌اند. به‌طبع، مدل‌های پویای شکل‌گیری شبکه و همچنین مدل‌های با اطلاعات ناقص نیز به‌لحاظ نظری و کابردی جذابیت‌های خاص خود را دارند. واتس[4] (۲۰۰۳) و جکسون و واتس (۲۰۰۲) نیز مدل‌های پویای شکل‌گیری شبکه را بررسی کرده‌اند. سونگ و شار[5] (۲۰۱۵) نیز بازی‌های پویای شکل‌گیری شبکه با اطلاعات ناقص را مورد مطالعه قرار داده‌اند.

اقتصادسنجی شبکه‌های اجتماعی

بدیهی است نظریه‌های مطرح‌شده بدون ابزار اندازه‌گیری، سنجش و آزمون در علم اقتصاد اعتبار چندانی ندارند و برای سیاست‌گذاری قابل استفاده نخواهند بود. به بیان بهتر، برای آزمون نظریه‌ها، به ابزار آماری و همچنین داده‌های مناسب نیاز است. اقتصادسنجی شبکه‌های اجتماعی، موضوع جدید و پیچیده‌ای در اقتصاد و به‌ویژه اقتصادسنجی است. باتوجه به کمبود داده‌های مربوط به شبکهٔ اقتصادسنجی، شبکه‌های اجتماعی نسبت به بخش نظری توسعه‌ای کم‌تر پیدا کرده است. در ادامه، ضمن مروری بر داده‌های موجود در این حوزه، به‌طور اجمالی به اقتصادسنجی شبکه‌های اجتماعی پرداخته خواهد شد.

اطلاعات و داده‌های شبکه

داده‌های مربوط به شبکه‌های اجتماعی، نادر است؛ زیرا توسط مراکز آماری تولید نمی‌شود و آن‌چه وجود دارد، حاصل برخی پیمایش‌های مراکز علمی-پژوهشی یا پژوهشگران این حوزه گردآوری شده است. داده‌های معروف و پرکاربرد، بیش‌تر در حوزهٔ مطالعات اقتصاد توسعه، اقتصاد بازار کار و اقتصاد مالی است. برای نمونه، می‌توان به داده‌های مربوط به اد هلث[6] اشاره کرد که در مدارس و میان نوجوانان آمریکا انجام شده است و به‌روزرسانی می‌شود. این داده‌ها، در مطالعات مربوط به تأثیرات متقابل دانش‌آموزان بر یکدیگر، مورد استفاده زیادی قرار گرفته است. برای نمونه، می‌توان

1. Bloch & Dutta
2. Galeotti & Goyal
3. Cabrales *et al*.
4. Watts
5. Song & Schaar
6. Add Health (The National Longitudinal Study of Adolescent to Adult Health)

به مطالعات کریستاکیس و همکاران[1] (۲۰۱۱) و گلداسمیت پینکام و ایمبنس[2] (۲۰۱۳) اشاره کرد. داده‌های مربوط به برخی نواحی روستایی هند در کارناتاکا[3] (برای نمونه، بنرجی و همکاران (۲۰۱۳ و ۲۰۱۴))، داده‌های روستاهای فیلیپین در کوردیرالا[4] (برای نمونه، فاشمپس و لوند، ۲۰۰۳ و فاشمپس و گوبرت، ۲۰۰۷) و روستاهای تانزانیا (برای نمونه، د ویرت[5]، ۲۰۰۲) و د ویرت و درکن[6]، ۲۰۰۶) و شهر میلان (برای نمونه، کومولا و مندولا، ۲۰۱۵) در مطالعات اقتصاد توسعه و در حوزهٔ تقسیم ریسک و تأمین مالی خرد، گسترش شایعه و مهاجرت مورد استفاده قرار گرفته و می‌گیرد. الیوت و همکاران[7] (۲۰۱۴) نیز از داده‌های میان بانکی برای بررسی سرایت بحران مالی استفاده کرده‌اند. در یک تقسیم‌بندی کلی می‌توان نظریه‌های شکل‌گیری راهبردی شبکه را به‌صورت جدول (۴) نشان داد.

جدول ۴: اثر شبکه روی عملکرد و رفتار

همکارانه و غیر همکارانه
دوراندیشانه[8] و نزدیک‌بینانه[9]
دینامیک و ایستا
با اطلاعات کامل و با اطلاعات ناقص

منبع: نتایج مطالعات پژوهش

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

1. Christakis *et al*.
2.Goldsmith-Pinkham & Imbens
3. Karnataka
4. Cordillera
5. De Weerdt
6. Dercon
7. Elliott *et al*.
8. Farsighted
9. Myopic

اقتصادسنجی و اثر شبکه

تشخیص اثرگذاری شبکه بر برونداد اقتصادی، سبب توسعهٔ ادبیات اقتصادسنجی در این حوزه شده است. برای نمونه، پاتاچینی و زنو[1] (۲۰۰۸) (بررسی اثرات شبکه و ارتباط ضعیف بر فعالیت‌های مجرمانه)، برتراند و همکاران[2] (۲۰۰۰) (اثر شبکه روی استفاده از برنامه‌های رفاهی)، کالوو-آرمنگول و همکاران (۲۰۰۹) (اثر شبکه روی آموزش)، تروگدن و همکاران[3] (۲۰۰۸) (اثر شبکه روی چاقی نوجوانان) و د ویرت و درکن (۲۰۰۶) (اثر شبکه روی تقسیم ریسک) می‌توان اشاره کرد که پژوهش‌هایی تجربی برای بررسی اثر شبکه هستند. اما به‌طور خاص، در حوزهٔ دانش اقتصادسنجی نیز تلاش‌هایی گوناگون دربارهٔ اثر شبکه شده است. برای نمونه، مانسکی[4](۱۹۹۳) نخستین و مهم‌ترین تلاش دربارهٔ مشکلات برآورد و تشخیص اثر همکار است. بقامول و همکاران (۲۰۰۹) نیز به مسألهٔ تشخیص و چالش‌های آن در برآوردهای اثر شبکه‌های اجتماعی پرداخته‌اند. بلوم و همکاران (۲۰۱۵) نیز در سال‌های اخیر، به مسألهٔ تشخیص در شبکه‌های اجتماعی به‌ویژه در حالت اطلاعات ناقص پرداخته است. مسألهٔ تخصیص اثر شبکه، ذاتی مسأله‌ای پیچیده و دشوار است؛ زیرا افزون بر اثری که شبکه می‌تواند روی عملکرد افراد داشته باشد، بسیاری از موارد درونزا و برونزا (که می‌تواند ناشی از ساختار شبکه، رفتار و خصوصیات پیشینه افراد باشد) بر عملکرد افراد مؤثر است.

یک مدل اقتصادسنجی اولیه برای اندازه‌گیری اثر شبکه (یا گروه مرجع) روی عملکرد افراد که توسط مانسکی (۱۹۹۳) برای بررسی مسألهٔ تشخیص در مطالعات مربوط به اثر همکار مطرح شده، به شکل رابطهٔ (۱۵) است:

$$y_i = \alpha + \beta \sum_{j=1}^{N} W_{ij} y_j + \gamma \sum_{j=1}^{N} W_{ij} x_j + \sigma x_i + \varepsilon_i, \qquad (۱۵)$$

که در آن، y_i برونداد فرد i، W_{ij} ماتریس الحاقی توصیف‌کنندهٔ شبکه است، x مجموعهٔ عوامل مؤثر بر y و ε_i مجموعه عوامل مشاهده‌ناشدنی است. این نوع مدل‌سازی و فرمول‌بندی، ناشی از سه چالش اساسی دربارهٔ تشخیص اثر شبکه است که مانسکی (۱۹۹۳) از آن به‌عنوان مشکل بازتاب[5] یاد می‌کند. این سه چالش اصلی «اثر درونزا، اثر برونزا و اثر همبستگی هستند» (Manski, 1993). او در مقالهٔ

1. Patacchini & Zenou
2. Bertrand *et al*.
3. Trogdon *et al*.
4. Manski
5. Reflection Problem

خود، این سه اثر را این‌گونه شرح می‌دهد: اگر y عملکرد تحصیلی باشد، تغییر عملکرد فرد بر اساس رفتار متوسط گروه مرجع[1] خود، همان اثر درونزا است. اگر عملکرد فرد تحت تأثیر پیشینهٔ اقتصادی ـ اجتماعی گروه مرجع (یعنی عوامل برونزا) باشد، با اثر برونزا روبه‌رو هستیم. اثر همبستگی زمانی بروز می‌کند که عملکرد تحصیلی فرد به دلایلی مشاهده‌شدنی یا مشاهده‌ناشدنی، مانند بهره‌گیری از یک معلم یا برخوداری از پیشینهٔ فامیلی شبیه به هم، مشابه عملکرد گروه مرجع باشد. با توجه به این‌که این سه اثر روی عملکرد مؤثرهستند، باید تشخیص اثر شبکه دشوار است. در معادلهٔ (۱۵)، β و γ به‌ترتیب اثر اجتماعی درونزا و برونزا هستند. مانسکی (۱۹۹۳) معتقد است اثر شبکه (مجموع اثر درونزا و برونزا از اثر همبستگی و همچنین تفکیک آن‌ها (اثر درونزا و برونزا) در یک مدل خطی ـ میانگین[2] به‌راحتی ممکن نیست. برای حل مسألهٔ تشخیص، مطالعاتی گوناگون صورت پذیرفته است که می‌توان به بروک و دورلوف[3] (۲۰۰۱)، گاویرا و رافائل[4] (۲۰۰۱) و بقامول و همکاران (۲۰۰۹) اشاره کرد[5].

اقتصادسنجی شکل‌گیری شبکه

همان‌گونه که گفته شد، پژوهش‌های حوزهٔ شکل‌گیری شبکه، به چرایی و چگونگی شکل‌گیری شبکهٔ روابط می‌پردازد. مدل‌های اقتصادسنجی شبکه در حوزهٔ کلی تقسیم‌بندی می‌شوند. مسألهٔ تعیین‌کننده در اقتصادسنجی شکل‌گیری شبکه، شیوهٔ وابستگی ارتباطات به یکدیگر از طریق تعیین ویژگی‌های توزیع و ترجیحات در مدل است. برای نمونه، آیا تصمیم برقراری ارتباط فرد i و j به تصمیم j و k بستگی دارد یا خیر (فرض کنید همهٔ تصمیم‌ها با هم همبستگی داشته باشد؛ آن‌گاه برآورد سازگار احتمال برقراری ارتباط، غیرممکن خواهد بود). از این‌رو، درونزایی (یا وجود اثرات خارجی) چالش جدی برای متخصصان اقتصادسنجی در این زمینه است که در مدل‌های ساختاری، منجر به بروز چند تعادل خواهد شد. از طرف دیگر، متغیر خروجی یا وابسته (برقراری ارتباط) میان دو گره رخ می‌دهد؛ از این‌رو، ناهمگنی‌های مشاهده‌نشده نیز می‌تواند بر شکل‌گیری شبکه مؤثر باشند. بنابراین، ناهمگنی‌های مشاهده‌نشده چالش جدی دیگر در برآورد است. در این راستا، به‌طبع، لازم است

1. Reference Group
2. Linear-in-Mean
3. Brock & Durlauf
4. Gaviria & Raphael

۵. خوانندهٔ علاقه‌مند برای مطالعهٔ بیش‌تر دربارهٔ اندازه‌گیری اثرات شبکه می‌تواند به کتاب جکسون (۲۰۰۸) فصل ۱۳ و مقالات بروک و دورلوف (۲۰۰۱)، بقامول و همکاران (۲۰۰۹) و دورلوف و آیونیدس (۲۰۱۰) مراجعه کند.

فرض‌هایی دربارهٔ وابستگی تصمیم‌های برقراری ارتباط افراد با یکدیگر صورت پذیرد. در این راستا، دو موقعیت کلی را می‌توان در نظر گرفت:

۱. نبود وابستگی ارتباطات

یک راه‌حل برای حل مشکل تعادل چندگانه و درونزایی، چشم‌پوشی از وابستگی تصمیم‌های شکل‌دهی ارتباط افراد با یکدیگر است. به بیان دیگر، فرض می‌شود که ارتباطات غیرمستقیم (دوستِ دوست یک فرد) تأثیری در شکل‌گیری شبکه ندارد. مطلوبیت نهایی اکتسابی فرد ناشی از برقراری ارتباط را می‌توان این‌گونه نوشت:

$$u_{i(g+ij)} - u_{i(g-ij)} = f(x_i, x_j) - \varepsilon_{ij} \qquad (۱۶)$$

که x_i برداری از ویژگی‌های فردی، ε_{ij} تکانه در سطح جفت ارتباط، $u_{i(g+ij)}$ مطلوبیت ناشی از برقراری ارتباط میان i و j و $u_{i(g-ij)}$ نیز مطلوبیت ناشی از نبود برقراری ارتباط میان i و j است. بنابراین، یک ارتباط بر اساس شرط (۱۷) شکل می‌گیرد:

$$L_{ij} = 1 \; if \; \{ f(x_i, x_j) - \varepsilon_{ij} > 0 \} \qquad (۱۷)$$

در غیر این صورت = 0

که در آن L_{ij} ماتریس ارتباطات یا همان ماتریس الحاقی است (صفر به معنای نبودِ ارتباط و یک به معنای ارتباط است). تابع f نیز مجموعه‌ای از متغیرهای توضیحی مؤثر بر شکل‌گیری شبکه و ε_{ij} خطا یا شوک است. آن‌چه مهم است، برآورد احتمال شکل‌گیری رابطه است. با فرض‌هایی متفاوت برای $f(x_i, x_j)$ و چالش دوم یعنی در نظر گرفتن یا نگرفتن ناهمگنی‌های مشاهده نشده در مدل نیز بخشی بزرگ از تلاش‌ها برای مدل‌سازی اقتصادسنجی این حوزه را تشکیل می‌دهد. در مجموع، با نوعی برآورد رگرسیون لجستیک[1] روبه‌رو خواهیم بود که با استفاده از روش‌های مرسوم در رگرسیون‌های دوتایی[2]، ضرایب تابع f برآورد خواهد شد. یک مدل پرکاربرد در پژوهش‌ها، مدل فشمپز و گوبرت[3] (۲۰۰۷) است که ناهمگنی‌های مشاهده‌نشده را در نظر نمی‌گیرد. در این حالت، مدل لجستیک (۱۸) برای شکل‌گیری شبکه استفاده می‌شود[4]:

1. Logistic
2. Dyadic Regression
3. Fafchamps & Gubert

۴. برای کسب اطلاعات بیش‌تر دربارهٔ چالش‌های (تشخیص و خطای استاندارد) این مدل، به مقالهٔ فشمپز و گوبرت (۲۰۰۷) مراجعه کنید.

$$Pr(L_{ij}=1|X,Z)=\frac{\exp(d'_{ij}B+(Z_i+Z_j)'\theta}{1+\exp(d'_{ij}B+(Z_i+Z_j)'\theta} \quad (۱۸)$$

که در آن، Z_i و Z_j ویژگی‌های مختص افراد (گره‌ها) است و d'_{ij} بردار ویژگی‌های ارتباط یا همان ویژگی‌های جفت‌ها است. مدلی که ناهمگنی‌های مشاهده‌نشده را لحاظ می‌کند، توسط گراهام (۲۰۱۴) ارایه شد:

$$Pr(L_{ij}=1|X)=\frac{\exp(x'_{ij}B+v_i+v_j)}{1+\exp(x'_{ij}B+v_i+v_j)} \quad (۱۹)$$

v_i اثرات مشاهده‌ناشدنی است.

۲. وابستگی مرتبهٔ بالای ارتباطات

در نظر نگرفتن این وابستگی‌ها ممکن است نتایجی مناسب را در بر نداشته باشد. همان‌گونه که بقامول و فورتین[1] (۲۰۰۸) اشاره کرده‌اند، «این یک فرض قوی است که مبنای آن جدایی‌پذیری مطلوبیت است». به بیان دیگر، در آن مدل‌ها فرض بر این است که مطلوبیت شبکه، حاصل جمع مطلوبیت کل افراد است. از این‌رو، مدل‌هایی توسط متخصصان اقتصادسنجی توسعه یافته است که این وابستگی‌ها یا اثرات خارجی را لحاظ می‌کنند. برای نمونه، یک تابع مطلوبیت که توسط جکسون و همکاران (۲۰۱۲) مورد استفاده قرار گرفته است، به شکل رابطهٔ (۲۰) است:

$$u_i(g,x,e;\beta)=\sum_{i\neq j}(\beta_L-e_{ij})L_{ij}+\sum_{j<k\neq i}(\beta_T-e_{ijk})T_{ijk} \quad (۲۰)$$

«که در آن، L_{ij} ارتباطی را نشان می‌دهد که ij عضو یک مثلث نیست و T_{ijk} نیز یک مثلث است؛ یعنی i، j و k به‌صورت متقابل به هم مرتبط هستند. در این‌جا افراد پیامدهایی متفاوت از انواع گوناگون ارتباط دریافت می‌کنند» (Jackson *et al.*, 2012).

روش‌های پیش‌گفته براساس مبانی اقتصادی بنا نهاده شده‌اند (مدل‌سازی راهبردی)، در چهارچوب دیدگاه آماری نیز مدل‌هایی گوناگون توسعه داده شده‌اند (مدل‌های تصادفی) که معروف‌ترین و ساده‌ترین آن‌ها مدل اراش ـ رنی[2] (بدون در نظر گرفتن وابستگی‌ها میان تشکیل ارتباطات)، مدل‌های گراف تصادفی نمایی (ERGM)[3] بدون در نظر گرفتن وابستگی‌ها است.

1. Bramoullé & Fortin
2. Erdős–Rényi
3. Exponential Random Graph Models

جمع‌بندی و پیشنهادات

مقالهٔ حاضر مروری اجمالی است بر اقتصاد شبکه‌های اجتماعی که با سرعت در دانشکده‌های معتبر اقتصاد در سراسر دنیا در حال رشد و توسعه است. در بسیاری از کشورهای در حال‌توسعه، روابط غیررسمی و نهاد غیررسمی شبکه نقشی بزرگ در انتقال اطلاعات و عملکرد اقتصاد افراد دارد؛ از این‌رو، چارچوب اقتصاد شبکه‌های اجتماعی در این کشورها به تحلیل‌ها و درک اقتصاددانان عمقی بیش‌تر می‌بخشد.

«زمانی که نقص اطلاعات چشمگیر و فراگیر است؛ این نهاد غیررسمی که همان الگوی ارتباطات است، در شکل‌گیری فعالیت اقتصادی نقشی مهم ایفا می‌کند» (Goyal, 2007, 6). افزون‌بر این، تا پیش از رشد ادبیات بازی روی شبکه و شکل‌گیری شبکه، نظریهٔ بازی‌ها محدود به برهم‌کنش بازیگران محدود بر یکدیگر باقی مانده بود. اما امروزه این ادبیات، درک بهتری از بازی با تعداد زیادی بازیگر به ما ارائه می‌دهد.

مطالعهٔ کاربردی بنرجی و همکاران (۲۰۱۳) در روستاهای هند برای بهبود عملکرد وام‌دهی و تأمین مالی خرد یک نمونه بسیار مناسب از اهمیت شبکه است؛ در صورتی عملکرد نامناسب در دریافت وام ناشی از نقص اطلاعات باشد، یک سیاستگذاری لازم است. در حالی‌که اگر اثر شبکه و تأثیرپذیری از رهبران و دوستان اهمیت دارد، سیاستی دیگر برای بهبود پیشنهاد خواهد شد.

افزون بر این، اثر شبکه بر روی نفوذ و رشد یک ایده و نوآوری (مانند پژوهش عاصم اقلو و همکاران (۲۰۱۶))، سرایت بحران مالی و بانکی (مانند پژوهش الیوت و همکاران (۲۰۱۳))، انتقال شوک‌های خرد به اقتصاد کلان (مانند عاصم اقلو و همکاران (۲۰۱۲)) یا تأثیر شبکهٔ ارتباطی بنگاه‌ها روی گسترش شوک‌ها در اقتصاد کلان (مانند پژوهش عاصم اقلو و همکاران، (۲۰۱۷))، مواردی هستند که تحلیل اقتصاد شبکه به درک بهتری از این پدیده‌ها کمک می‌کنند.

می‌توان فهرستی از فرصت‌هایی جذاب که در ایران دربارهٔ پژوهش در این حوزه وجود دارد، تهیه کرد؛ اما چند مورد از آن‌ها عبارتند از: وجود جوامع کوچک در ایران که می‌تواند برای آزمایش‌های میدانی و آزمون بسیاری از نظریه‌ها به‌ویژه یادگیری روی شبکه و نفوذ مورد استفاده قرار گیرد. مطالعاتی که می‌تواند به‌دنبال پرسش‌هایی از این دست باشد که سازوکار اجماع و یادگیری در شبکه چگونه است؟ چگونه می‌توان سرعت همگرایی افکار را در جامعه افزایش داد؟ شبکه مهاجرین و اثر آن بر عملکرد مهاجرین چگونه است؟، و یا شکل‌گیری شبکه مهاجرین تحت تاثیر چه عواملی است؟، آیا شبکه ارتباطی بنگاه‌های کشور بر عملکرد آنها موثر است؟ و مانند آنها در ایران جذابیت‌های سیاستی

و پژوهشی خاص خود را دارند.

افزون‌بر این، در حوزهٔ نظری و نظریهٔ بازی‌ها نیز زمینه‌هایی گوناگون برای توسعه وجود دارد. «افراد عضو شبکه‌هایی گوناگون هستند و از هر کدام از آن‌ها ممکن است تأثیر بپذیرند. چگونه می‌توان این ارتباط میان شبکه‌ای را بر مبنای اقتصاد خرد مدل‌سازی کرد؟» (جکسون و همکاران، ۲۰۱۷). تأثیر توابع مطلوبیت متفاوت روی مدل‌های شکل‌گیری شبکه چگونه است؟ چه راه‌حل‌های دیگری افزون‌بر آن‌چه تاکنون انجام شده، دربارهٔ حل مشکل تعادل چندگانه وجود دارد؟ پژوهش در حوزه‌های هنجارهای اجتماعی، فساد، نابرابری، بیکاری و بهره‌وری نیروی کار که در آن‌ها ادبیات شبکه به اقتصاددانان کمک شایانی در درک و توضیح این پدیده‌ها می‌کند، از جمله موضوع‌هایی هستند که در ایران می‌توان برای آن‌ها ادبیات جهانی تولید کرد. با توجه به اصطکاک‌های بازار کار در ایران و نقص اطلاعات در جستجوی کار، شبکهٔ ارتباطی در یافتن شغل چگونه عمل می‌کند؟ نقش شبکه در بهره‌وری نیروی کار در ایران چیست؟ پژوهش‌های اقتصادی و جامعه‌شناسی در حوزهٔ جرم و جنایت، مهاجرت، تأثیرپذیری از دوستان در آموزش و رفتار نیز پرونده‌های باز دیگری هستند که فرصت مناسبی برای پژوهش در این زمینه را فراهم می‌کند. شکل‌گیری شبکهٔ مهاجران مؤثر است؟ شبکهٔ مهاجران چگونه بر عملکرد آن‌ها مؤثر است؟ دلیل ثبات برخی هنجارها و مقاومت آن‌ها در برابر تغییر چیست؟ در حوزهٔ اقتصادسنجی و برآورد مدل‌ها نیز زمینه‌های پژوهشی گسترده‌ای وجود دارد و نسبت به مدل‌سازی‌های نظری، کم‌تر به آن پرداخته شده است. چگونه می‌توان نظریه‌های یادگیری روی شبکه و سازوکار همگرایی در جامعه را آزمون کرد؟ «کدام شاخص اندازه‌گیری در ادبیات شبکه، توصیف بهتری از الگوی همرنگی در شبکه ارائه می‌دهد؟» (جکسون و همکاران، ۲۰۱۷). درضمن، پویایی شکل‌گیری شبکه، ناهمگنی‌های مشاهده‌نشده، ارتباط میان دو شبکه، ترکیب اثر شبکه و شکل‌گیری شبکه و بررسی رفتار پویای آن‌ها، از جمله زمینه‌های پژوهشی جذاب دیگر هستند.

منابع:

الف) انگلیسی

Acemoglu, D, Ozdaglar, A & ParandehGheibi, A. (2010). Spread of (mis) Information in Social Networks. *Games and Economic Behavior.70*(2), pp. 194–227

Acemoglu, D., Akcigit, U., & Kerr, W. R. (2016). Innovation Network. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(41), pp. 11483-11488.

Acemoglu, D., Carvalho, V., Ozdaglar, A. & Tahbaz-Salehi, A. (2012). The Network Origins of Aggregate Fluctuations. *Econometrica*, 80 (5), pp.1977–2016.

Acemoglu, D., Ozdaglar, A., & Tahbaz-Salehi, A. (2017). Microeconomic Origins of Macroeconomic Tail Risks. *American Economic Review*, 107(1), pp. 54-108.

Acemoglu, D.; Dahleh, M. A.; Lobel, I., & Ozdaglar, A. (2011). Bayesian Learning in Social Networks. *The Review of Economic Studies*, 78(4), pp.1201-1236.

Aumann, R., & Myerson, R. (1988). *Endogenous Formation of Links Between Players and Coalitions: an Application of the Shapley Value*. Networks and Groups: Models of Strategic Formation.

Bala, V., & Goyal, S. (1998). Learning from Neighbours. *The Review of Economic Studies*, 65(3), pp. 595-621.

Ballester, C., Zenou, Y., & Calvó-Armengol, A. (2010). Delinquent Networks. *Journal of the European Economic Association*, 8(1), pp.34-61.

Banerjee, A., Chandrasekhar, A. G., Duflo, E., & Jackson, M. O. (2013). *The Diffusion of Microfinance. Science*, 341(6144).

Banerjee, A., Chandrasekhar, A. G., Duflo, E., & Jackson, M. O. (2014). *Gossip: Identifying Central Individuals in a Social Network* (No. w20422). National Bureau of Economic Research.

Barabási, A. L., & Albert, R. (1999). Emergence of Scaling in Random Networks. *Science*, 286(5439), pp. 509-512.

Bass, F. M. (1969). A New Product Growth for Model Consumer Durables. *Management Science*, 15(5), pp. 215-227.

Becker, G. S. (1968). *Crime and Punishment: An Economic Approach*. In the Economic Dimensions of Crime (pp. 13-68). Palgrave Macmillan UK.

Bertrand, M., Luttmer, E. F., & Mullainathan, S. (2000). Network Effects and Welfare Cultures. *The Quarterly Journal of Economics*, 115(3), pp. 1019-1055.

Bloch, F., & Dutta, B. (2009). Communication Networks with Endogenous Link Strength. *Games and Economic Behavior*, 66(1), pp. 39-56.

Blume, L. E., Brock, W. A., Durlauf, S. N., & Jayaraman, R. (2015). Linear Social Interactions Models. *Journal of Political Economy*, 123(2), pp. 444-496.

Bollobás, B. (2001). *Random graphs*. Cambridge Studies in Advanced Mathematics.

Borgatti, S. P. (2005). Centrality and Network Flow. *Social Networks*, 27(1), pp. 55-71.

Bramoullé, Y., & Fortin, B. (2009). The Econometrics of Social Networks. *Cahier de recherché Working Paper*, 9, 13.

Bramoullé, Y., & Kranton, R. (2007). Public Goods in Networks. *Journal of Economic Theory*, 135(1), pp.478-494.

Bramoullé, Y., Djebbari, H., & Fortin, B. (2009). Identification of Peer Effects through Social Networks. *Journal of Econometrics*, 150(1), pp.41-55.

Bramoullé, Y., Kranton, R. (2016). *Games Played on Networks*. Oxford Handbook of the Economics of Networks, eds. Yann, Andrea Galeotti and Brian Rogers.

Brock, W. A., & Durlauf, S. N. (2001). Interactions-Based Models. *Handbook of Econometrics*, 5, pp.3297-3380.

Bulow, J. I., Geanakoplos, J. D., & Klemperer, P. D. (1985). Multimarket Oligopoly: Strategic Substitutes and Complements. *Journal of Political Economy*, 93(3), pp.488-511.

Cabrales, A., Calvó-Armengol, A., & Zenou, Y. (2011). Social Interactions and Spillovers.

Games and Economic Behavior, 72(2), pp.339-360.
Calvó-Armengol, A., & Beltran, J. D. M. (2009). Information Gathering in Organizations: Equilibrium, Welfare, and Optimal Network Structure. *Journal of the European Economic Association*, 7(1), pp.116-161.
Calvo-Armengol, A., & Jackson, M. O. (2004). The Effects of Social Networks on Employment and Inequality. *The American Economic Review*, 94(3), pp.426-454.
Calvó-Armengol, A., & Jackson, M. O. (2007). Networks in Labor Markets: Wage and Employment Dynamics and Inequality. *Journal of Economic Theory*, 132(1), pp.27-46.
Calvó-Armengol, A., & Zenou, Y. (2004). Social Networks and Crime Decisions: The Role of Social Structure in Facilitating Delinquent Behavior. *International Economic Review*, 45(3), pp.939-958.
Calvó-Armengol, A., Patacchini, E., & Zenou, Y. (2009). Peer Effects and Social Networks in Education. *The Review of Economic Studies*, 76(4), pp.1239-1267.
Christakis, N. A., Fowler, J. H., Imbens, G. W., & Kalyanaraman, K. (2010). *An Empirical Model for Strategic Network Formation* (No. w16039). National Bureau of Economic Research.
Comola, M & Mendola, M. (2015). Formation of Migrant Networks. *The Scandinavian Journal of Economics*, 117(2), pp.592–618.
Currarini, S., & Morelli, M. (2000). Network Formation with Sequential Demands. *Review of Economic Design*, 5(3), pp.229-249.
Currarini, S., Jackson, M. O., & Pin, P. (2009). An Economic Model of Friendship: Homophily, Minorities, and Segregation. *Econometrica*, 77(4), pp.1003-1045.
Currarini, S., Matheson, J., & Redondo, F. V. (2016). A Simple Model of Homophily in Social Networks. *European Economic Review*.
De Weerdt, J. (2002). *Risk-Sharing and Endogenous Network Formation*. United Nations University, World Institute for Development Economics Research.
De Weerdt, J., & Dercon, S. (2006). Risk-Sharing Networks and Insurance Against Illness. *Journal of Development Economics*, 81(2), pp.337-356.
De Groot, M. H. (1974). Reaching a Consensus. *Journal of the American Statistical Association*, 69(345), pp.118-121.
Durlauf, S. N., & Ioannides, Y. M. (2010). Social Interactions. *American. Economic Review*. 2(1), pp. 451-478.
Elliott, M., Golub, B., & Jackson, M. O. (2014). Financial Networks and Contagion. *The American Economic Economic Review*, 104(10), pp.3115-3153.
Erdös, P., & Rényi, A. (1959). *On Random Graphs, I.* Publications Mathematicae (Debrecen).
Fafchamps, M., & Gubert, F. (2007). The Formation of Risk Sharing Networks. *Journal of Development Economics*, 83(2), pp.326-350.
Fafchamps, M., & Lund, S. (2003). Risk-Sharing Networks in Rural Philippines. *Journal of Development Economics*, 71(2), pp.261-287.
Frank, O., & Strauss, D. (1986). Markov Graphs. *Journal of the American Statistical Association*, 81(395), pp. 832-842.
Freeman, L. C. (1978). Centrality in Social Networks Conceptual Clarification. *Social Networks*, 1(3), pp.215-239.

Galeotti, A., & Goyal, S. (2010). The Law of the Few. *The American Economic Review*, 100(4), pp.1468-1492.

Galeotti, A., Goyal, S., & Kamphorst, J. (2006). Network Formation with Heterogeneous Players. *Games and Economic Behavior*, 54(2), pp. 353-372.

Galeotti, A., Goyal, S., Jackson, M. O., Vega-Redondo, F., &Yariv, L. (2010). Network Games. *The review Review of Economic Studies*, 77(1), pp.218-244.

Gaviria, A., & Raphael, S. (2001). School-Based Peer Effects and Juvenile Behavior. *Review of Economics and Statistics*, 83(2), pp.257-268.

Giulietti, C., Wahba, J., & Zenou, Y. (2014). *Strong Versus Weak Ties in Migration*. IZA DP No. 8089.

Goldsmith-Pinkham, P., & Imbens, G. W. (2013). Social Networks and the Identification of Peer Effects. *Journal of Business & Economic Statistics*, 31(3), pp. 253-264.

Golub, B., & Jackson, M. (2008). *How Homophily Affects Communication in Networks*. arXiv preprint arXiv:0811.4013.

Goyal, S. (2007). *Connections: An Introduction to the Economics of Networks* (No. 330.0151 G724). University Press.

Goyal, S., & Moraga-Gonzalez, J. L. (2001). R&D Networks. *Rand Journal of Economics*, pp. 686-707.

Goyal, S., & Vega-Redondo, F. (2005). Network Formation and Social Coordination. *Games and Economic Behavior*, 50(2), pp. 178-207.

Graham, B. S. (2014). *An Econometric Model of link Formation with Degree Heterogeneity* (No. w20341). National Bureau of Economic Research.

Granovetter, M. (1985). Economic Action and Social Structure: The Problem of Embeddedness. *American Journal of Sociology*, 91(3), pp. 481-510.

Granovetter, M. S. (1973). The Strength of Weak Ties. *American Journal of Sociology*, pp.1360-1380.

Henderson, J. M., & Quandt, R. E. (1958). *Microeconomic Theory: a Mathematical Approach* (Economics handbook series) Subsequent Edition.

Jackson, M. O. (2001). *The Stability and Efficiency of Economic and Social Networks*. Forthcoming: Advances of Economic Design, edited by Murat Sertel, Springer-Verlag.

Jackson, M. O. (2005). *A Survey of Network Formation Models: Stability and Efficiency*. Group Formation in Economics: Networks, Clubs, and Coalitions, pp. 11-49.

Jackson, M. O. (2007). *The Study of Social Networks in Economics*. Chapter in "The Missing Links: Formation and Decay of Economic Networks", edited by James E. Rauch.

Jackson, M. O. (2008). *Network Formation*. The New Palgrave Dictionary of Economics. Second Edition. Eds. Steven N. Durlauf and Lawrence E. Blume. Palgrave Macmillan, 2008.

Jackson, M. O. (2009). *Social Structure, Segregation, and Economic Behavior.* Segregation, and Economic Behavior.

Jackson, M. O. (2010). An Overview of Social Networks and Economic Applications. *The Handbook of Social Economics*, 1, pp. 511-85.

Jackson, M. O., & Watts, A. (2002). The Evolution of Social and Economic Networks. *Journal of Economic Theory*, 106(2), pp. 265-295.

Jackson, M. O., & Wolinsky, A. (1996). A Strategic Model of Social and Economic

Networks. *Journal of Economic Theory*, 71(1), pp. 44-74.
Jackson, M. O., & Zenou, Y. (2014). *Games on Networks*. Handbook of Game Theory, 4.
Jackson, M. O., Rodriguez-Barraquer, T., & Tan, X. (2012). Social Capital and Social Quilts: Network Patterns of Favor Exchange. *The American Economic Review*, 102(5), pp.1857-1897.
Jackson, M. O., Rogers, B. W., & Zenou, Y. (2017). The Economic Consequences of Social-Network Structure. *Journal of Economic Literature*, 55(1), pp. 49-95.
Kearns, M., Littman, M. L., & Singh, S. (2001, August). Graphical Models for Game Theory. *In Proceedings of the Seventeenth Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence* (pp. 253-260). Morgan Kaufm ann Publishers Inc.
König, M, D., & Battiston, S. (2009). *From Graph Theory to Models of Economic Networks*. A Tutorial in Networks, Topology and Dynamics (pp. 23-63).Springer Berlin Heidelberg.
Manski, C. F. (1993). Identification of Endogenous Social Effects: The Reflection Problem. *The Review of Economic Studies*, 60(3), pp.531-542.
Marsden, P. V. (1987). Core Discussion Networks of Americans. *American Sociological Review*, pp.122-131.
Marsden, P. V. (1988). Homogeneity in Confiding Relations. *Social Networks*, 10(1), pp.57-76.
Mele, A. (2013). A Structural Model of Segregation in Social Networks. *Available at SSRN 2294957*.
Milgram, S. (1967).The Small World Problem. *Psychology Today*, 2(1), pp.60-67.
Montgomery, J. D. (1991). Social Networks and Labor-market Outcomes: Toward an Economic Analysis. *The American Economic Review*, 81(5), pp. 1408-1418.
Myerson, R. (1977). Graphs and Cooperation in Games. Mathematics of Operations Research, 2(3), pp. 225-229.
Myerson, R. (1991). *Game Theory: Analysis of Conflict. Cambridge*, MA: Harvard University Press.
Newman, M. E. (2003). The Structure and Function of Complex Networks. *SIAM Review*, 45(2), pp.167-256.
Patacchini, E., & Zenou, Y. (2008). The Strength of Weak Ties in Crime. *European Economic Review*, 52(2), pp.209-236.
Song, Y., & Van der Schaar, M. (2015). Dynamic Network Formation with Incomplete Information. *Economic Theory*, 59(2), pp.301-331.
Soramäki, K., Bech, M. L., Arnold, J., Glass, R. J., & Beyeler, W. E. (2007). The Topology of Interbank Payment Flows. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 379(1), pp.317-333.
Trogdon, J. G., Nonnemaker, J., & Pais, J. (2008). Peer Effects in Adolescent Overweight. *Journal of Health Economics*, 27(5), pp.1388-1399.
Verbrugge, L. M. (1977). The Structure of Adult Friendship Choices. *Social forces*, 56(2), pp. 576-597.
Watts, A. (2003). *A Dynamic Model of Network Formation*. In Networks and Groups (pp. 337-345). Springer Berlin Heidelberg.
Watts, D. J. (1999). Networks, Dynamics, and the Small-World Phenomenon. *American*

Journal of Sociology, 105(2), 493-527.
Watts, D. J., & Strogatz, S. H. (1998). Collective Dynamics of 'Small-World 'Networks. *Nature*, 393(6684), pp. 4-40.
Zenou, Y. (2015). A Dynamic Model of Weak and Strong Ties in the Labor Market. *Journal of Labor Economics*, 33(4), pp.891-932.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

Social Networks and their Role in the Economy

Amir Habibdoust[1] | amirhabibdoost@yahoo.com
Zahra (Mila) Elmi[2] | z.elmi@umz.ac.ir

Abstract Network of connections is an informal institution, which affects agents' decisions as well as their outcomes. Dominant neoclassical paradigm has neglected the role of connections and links, due to its atomistic view, while social networks can play a crucial role with regards to economic and social phenomena, such as migration, job finding, crime network, learning, financial crisis contagion, microfinance, risk sharing and so on. In recent years, economic-social networks have attracted economists' attention, nonetheless, for some reasons, it is not well considered in Iran yet. Accordingly, this paper aims to not only introduce some fundamental and mathematical concepts on economics of networks, but also review several central questions correspondingly. Indeed, all issues and topics can be categorized under the four following questions. How can analyzing structure and topology of networks help economic analysis? How does social network affect agents' outcomes? How does social network form from economic point of view? How can one estimate such effects?

Keywords: Social-Economic Network, Informal Institution, Network Structure, Network Effect, Network Formation.

JEL Classification: Z13, O10, C7.

1. Ph.D. in Economics, Faculty of Economics and Administrative Sciences, University of Mazandaran, Iran (Corresponding Author).
2. Professor of Economics, Faculty of Economics and Administrative Sciences, University of Mazandaran, Iran.

The Journal of PLANNING & BUDGETING | Indexed In ISC | ISSN: 2251-9092 | Vol. 22 | No. 1 | Spring 2017 | PP 103-141