مدل حد آستانه‌ای رفتار جمعی

Threshold Model of Collective Behavior

مقدمه

این مقاله، تحقیقی است در رابطه با بررسی بنیادین یکی از تعابیر و مفاهیم ریاضی در رابطه با رفتارشناسی فردی و جمعی (جامعه شناسی) و چگونگی کاربرد و پیاده سازی آن در دنیای کامپیوتر. خواندن این مقاله، به علاقه مندان علوم ریاضیات و نیز علوم کامپیوتر و نظریه پردازان آن، در زمینه های مهندسی اجتماعی، مهندسی روانشناسی، هوش مصنوعی و قانون گذاری و جرائم رایانه ای و نهایتا مقوله ی محاسبه ی انتزاعی توصیه می شود.

دقت به جنبه های رفتار شناسی آن (که در مباحث اجتماعی همچون هوش مصنوعی، شبکه های اجتماعی، قانون گذاری و جرائم رایانه ای و غیره کاربرد دارد) به همان میزان حائز اهمیت است که جنبه های محاسباتی آن در فضاهای گسسته (فضاهای مقابلِ فضاهای پیوسته، در ریاضیات).

کلمات کلیدی: *مد حد آستانه، رفتارهای جمعی، هوش مصنوعی، شبکه های اجتماعی، رفتارشناسی، رفتارشناختی دیجیتال، مهندسی اجتماعی، مهندسی روانشناسی*

مدل حد آستانه

چون تئوری اجتماعی به شرح رفتارها و ارزش‌های نهادینه شده میپردازد، لذا مطالعه رفتارهای غیر قابل درک در تئوری سیستماتیک، موقعیت محیطی پیدا کرده است. الگوهای رایج چگونه از انحرافات آن باز شناخته میشوند. در حوزه ی رفتار جمعی، نورم‌ها یا عقاید، در موقعیتهایی ظاهر میشوند که اشخاص مسن در جامعه نبوده و یا مقدار کمی از سنن اجتماعی وجود داشته و باقی مانده باشد. دانستن نورم‌ها، ترجیحات، انگیزه‌ها و عقاید افراد در رفتار اجتماعی آنها، در اغلب موارد شرایط لازم و نه کافی برای توصیف اعمال آنها می‌باشد. بعلاوه لازم است مدلی در دست باشیم تا بدانیم چگونه ترجیحات فردی با هم تعامل کرده و تشدید میشوند. چون تئوری‌هایی که تاکنون در مورد نورم‌های اجتاعی ارائه شده، چنین مدلی را ارائه نداده است، لذا ارتباط ساده‌ای بین نتایج رفتار جمعی و انگیزه‌های فردی معتقد است. به این معنی که اگر اغلب افراد یک گروه یک تصمیم رفتاری مشابهی بگیرند- تا مثلا به یک شورش ملحق شوند- میتوانیم این نتیجه‌گیری را داشته باشیم که غالب آنها درباره وضعیت پیش آمده، نورم و عقیده یکسانی خواهند داشت، خواه در ابتدا آنها چنین دیدگاهی داشته و یا نداشته باشند. در مدل اول، تغییر و تنوع نورم‌ها و ترجیحات در گروه‌های عمل‌کننده مورد بررسی قرار میگیرد. در ساده‌ترین نسخه این مدلها، چینن مینماید که رفتارهای جمعی ممکن است متناقض به نظر برسند و این تابع اهداف و مقاصد افرادی است که آنرا تولید میکنند. اگر چنانچه تعریف رفتار اجتماعی مد نظر نباشد، کما اینکه مردم نورم‌های جدیدی اختیار کرده و یا نرم‌های موجود را کنار بگذارند، در این صورت محدوده وضعیتها و موقعیتهایی که باید مورد نظر قرار داد بسیار وسیع میگردد. به همین دلیل این مدلها باید در مورد فرایندهایی مورد استفاده قرار گیرد که معمولا آنها را "رفتارهای جمعی" مینامند، از قبیل رای دادن، تفرق در محل زندگی، انتشار نوآوری‌ها، یافته‌های آموزشی، اعتصابات، مهاجرت و بازار و همچنین فرایندهای تیپیک‌تر رفتارهای جمعیتی و حرکتهای اجتماعی.

مدل آستانه‌ای رفتار جمعی

مدلهای این قسمت در مورد تصمیمات دو گانه است. تصمیماتی که عمل‌کننده، دارای دو آلترناتیو رفتاری مجزا و مشخص می‌باشد. در بسیاری از موارد، تصمیم‌ها دو جنبه مثبت و منفی دارد، به این معنی که فرد باید تصمیم بگیرد که کاری را انجام دهد یا ندهد. به یک شورش بپیوندد یا نپیوندد. مسئله دیگر این که هزینه و فایده فرد عمل‌کننده از نظر انتخاب یک عمل یا عمل آلترناتیو آن، بستگی به این دارد که دیگران چگونه انتخاب میکنند. در اینجا شورش به عنوان یک مثال بکار برده شده است. به موازات اینکه یک شورش گسترش می‌یابد هزینه پیوستن فرد به آن کاهش می‌یابد.

در این مدلها، افراد منطقی در نظر گرفته شده‌اند، به این معنی که با در نظر گرفتن اهداف و ترجیحات‌شان و نیز درک آنها از موقعیتی که در آن قرار گرفته‌اند، به گونه‌ای رفتار میکنند که مطلوبیت خود را به حداکثر برسانند. در این مدل، تفاوت رفتارهای فردی مورد توجه است. افراد مختلف قبل از اینکه وارد یک شورش شوند، دارای سطوح متفاوتی از امنیت هستند و همچنین از شورش، منافع مختلفی میبرند. مفهوم اساسی برای توصیف چنین تغییر و تنوعاتی را "حد آستانه" (threshold) میدانیم. حد آستانه فرد برای پیوستن به شورش به عنوان نسبتی از گروه تعریف میشود که قبل از اینکه عملا به شورش بپیوندند، آنها را ملاقات کرده و به آنها می‌پیوندند. یک فرد رادیکال دارای حد آستانه پایینی است و منافع شورش برای او زیاد است و هزینه توقیف، برای او پایین است. برخی افراد دارای چنان رادیکالیسمی هستند که حد آستانه عمل آنها برابر صفر است. این افراد، وقتی دیگران هیچ عملی انجام نمی دهند آنها به شورش میپردازند. این افراد محرک (instigator) هستند. افراد محافظه‌کار دارای حد آستانه بالایی هستند و منافع شورش برای آنها کوچک و حتی منفی است و عواقب توقیف برای آنها بسیار است، به این دلیل که آنها دوست دارند افراد معنون و شهروندان محترمی تلقی شوند. حد آستانه ۸۰ یا ۹۰ درصد رایج است. برای افرادی که در هیچ شرایطی به شورش نمی‌پیوندند، حد آستانه ۱۰۰درصد قائل هستیم.

لازم نیست افراد، از روی حد آستانه آنها به رادیکال یا محافظه‌کار تقسیم‌بندی و دسته‌بندی شوند. یکی از نقاط قوت این مفهوم این است که به ما اجازه میدهد تا از بکار بردن تلقی دوگانه جلوگیری کنیم و افراد را خاکستری ببینیم. چون حد آستانه در نتیجه ترکیب پیچیده از منافع و هزینه‌ها بوجود می‌آید، لذا دو فردی که دارای حد آستانه یکسانی هستند از نظر سیاسی شبیه نیستند. حد آستانه به طور ساده نقطه‌ای است که در آن منافع متصوره فرد از انجام کاری (در اینجا پیوستن به شورش) بیش از هزینه‌های متصوره آن است.

ایده حد آستانه رفتاری برای اولین بار در مدلهای شلینگ (۱۹۷۱) مطرح شد که به بیرون رفتن افراد از یک منطقه مسکونی به صورت تابعی از اینکه چند نفر از افراد همرنگ او آنجا را ترک میکردند، پرداخت. همچنین مدل بکار رفته در این مقاله با توجه به رفتارهای مسری (behavioral contagion) و به دلیل مشابهت با آن بکار رفته است که توسط ویلر در سال ۱۹۶۶ مطرح شد. در مدل ویلر، تحلیل هزینه- فایده به عنوان یک "تضاد نزدیکی-اجتناب" مطرح شده و سرایت عمل در زمانی رخ میدهد که رفتارهای دیگران، فرد را به سمت میل به نزدیکی کشانده و میل اجتناب آنها کاهش می‌یابد. در واقع منافع آن بر هزینه‌های آن پیشی میگیرد. همچنین مدلی که در اینجا ارائه داده‌ایم با تئوریهای اپیدمولوژی، انتشار اطلاعات و نوآوری‌ها و همچنین تکامل رفتار در گروه در طی زمان ارتباط‌هایی دارد. در این مدل، شورش به عنوان مثال ذکر شده و میتوان به جای آن هر وضعیت دو انتخابی را مثال زده و مدل حد آستانه‌ای را بکار برد.

۱- انتشار نوآوری (Diffusion of innovations). زنان روستاهای کره، از نظر پذیرفتن راههای کنترل موالید متفاوت هستند و منتظر میشوند تا دیگران راهی را بپذیرند تا آنها از آن استقبال نمایند. هر زن، حد آستانه متفاوتی دارد و این بسته به آموزش، سن، عقیده شوهر، موقعیت در نردبان رهبری رسمی جامعه و یا ذائقه‌های شخصی او دارد.

۲- شایعه و بیماری (Rumors and diseases). برای گسترش یک شایعه لازم است شایعه از یک نفر شنیده شود. برخی از مردم باید شایعه را از بیش از یک نفر بشنوند تا آنرا بپذیرند. این قابلیت (credulity) آدمها شباهت زیادی با حد آستانه دارد. مورد شبیه به این را میتوان به بروز بیماری اشاره کرد که در مورد بیماری به آن حساسیت (vulnerability) گفته میشود. مردم از این نظر که قبل از بیمار شدن چند بیمار را باید ملاقات و تماس داشته باشند فرق میکنند.

۳- اعتصابات. تصمیم کارگران برای اعتصاب به شدت بستگی به این دارد که چگونه دیگران با آنها موافق باشند زیرا اگر یکی از تعداد معدود افراد اعتصابی باشند، هزینه بالایی دارد به ویژه اینکه وضعیت استخدام آنها ناجور باشد. میتوان انتظار داشت که معلمین بدون شغل دارای حد آستانه اعتصاب بالاتری در مقایسه با افرادی باشند که مشغول کار هستند.

۴- رای دادن. تصمیم فرد برای رای دادن به یک کاندیدا به شدت بستگی به این دارد که چه تعداد از افراد دیگر قبلا تصمیم گرفته‌اند که به همان فرد رای دهند. مقداری از این، به نفوذ اجتماعی بر میگردد و قسمتی به این دلیل است که او نمی‌خواهد رای خود را تلف کند. رفتار فرد در چنین مواقعی را اصطلاحا اثر تزایدی (bandwagon effects) می‌نامند.

۵- یافته‌ها و تکلیف آموزشی (Educational attainment). تصمیم فرد برای رفتن به دانشکده، تا حدودی تابع این است که اطرافیان او به چه میزان این کار را انجام می‌دهند و این که بعدها استفاده از این دوره آموزش در فرصت شغلی به او چقدر کمک میکند.

۶- ترک فرصت‌های اجتماعی (Leaving social occasions). تا کنون برای بسیاری از ما پیش آمده که بی‌صبرانه در پای یک سخنرانی خنک نشسته‌ایم و قادر به ترک آنجا نیستیم، زیرا افراد کافی این تصمیم را نگرفته‌اند. افراد از نظر زمان ترک کردن یک سخنرانی، مهمانی های شبانه و دیگر موقعیتها با هم تفاوت دارند. دلیل آن تاحدودی صفات شخصیتی مثل ادب و فروتنی و امثال آن و قسمتی به فشار ناشی از اجبارها بر میگردد.

۷- مهاجرت. بدیهی است که تصمیم گرفتن به مهاجرت تابع تصمیم دیگران است. این را بویژه در مورد مهاجرت زنجیره‌ای می‌توان ملاحظه کرد. آنها که حد آستانه مهاجرت پایین دارند، دارای منابع روانی و اقتصادی غنی‌تری هستند.

۸- روانشناسی اجتماعی آزمایشی. آزمایشات انجام شده روی تطابق افراد در اجتماع، نتایج متفاوتی داشته است و این بستگی به تعداد افراد هم رای و هم نظر است. وضعیت افرادی که بدون مداخله، کناری می‌ایستند و به یک حادثه نظاره میکنند، توسط "حد آستانه کمک" آنها توصیف میگردد.

تعادل در مدل‌های ساده حد آستانه‌ای

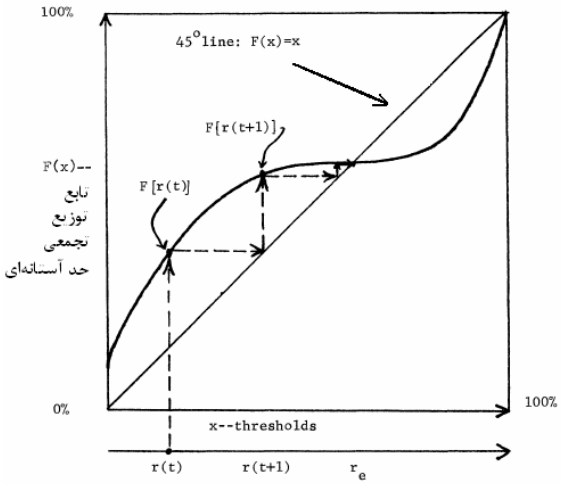
برای تمامی مثالهایی که در بالا ارائه شد، هدف از مدل ارائه شده در این مقاله، مشابه و در واقع پیش‌بینی تعداد نهایی یا نسبت نهایی افرادی است که از بین دو گزینه و با توجه به توزیع اولیه حد آستانه‌ای یکی را انتخاب می‌کنند. از نظر ریاضی مسئله پیدا کردن تعادل در طول زمان است. فرض کنید ۱۰۰ نفر در اطراف یک میدان میدوند. احتمال شورش وجود دارد. فرض کنید حد آستانه شورش آنها به صورت زیر توزیع شده باشد: یک نفر دارای حد آستانه صفر، یک نفر آستانه ۱، یک نفر آستانه ۲ و همینطور تا نفر آخری با آستانه ۹۹. این یک نوع توزیع یکنواخت حد آستانه است. نتیجه معلوم است و میتوان آن را به عنوان اثر "دومینو" یا اثر تزایدی تعریف کرد: فردی که دارای آستانه صفر است، نقش محرک را بازی کرده و بلافاصله دست به شورش میزند. مثلا شیشه میشکند. رفتار او، فرد با آستانه ۱ را تحریک میکند. رفتار این دو نفر، فرد بعدی را تحریک میکند و زنجیره ادامه می‌یابد تا زمانی که تمامی

۱۰۰ نفر به شورش می‌افتند. در این حالت تعادل برابر ۱۰۰ است. اگر چنانچه فرد با آستانه ۱ را از جمعیت بالا حذف کرده و به جای آن فردی با آستانه ۲ وارد کنیم چه میشود. ابتدا فکر میکنیم که این جمعیت با جمعیت اولیه تفاوتی نمیکند و رفتار مشابهی نشان میدهند ولی نتیجه در جمعیت دوم کاملا متفاوت است. نفر اول تحریک به شورش میکند، ولی نفر دوم با حد آستانه ۱ نیست که از او تقلید و تبعیت کند و در نتیجه شورش در همان نقطه پایان می‌یابد و فقط یک نفر شورشی وجود خواهد داشت. حتی در این مثال ساده می‌بینیم که ویژگی فردی یک نفر چگونه می‌تواند بر روی برونده تجمعی و نتیجه کار یک جمعیت از نظر اعمال فعالیتهای احتمالی اثر بگذارد. روزنامه‌نگاران دو حادثه فوق را چگونه گزارش می‌کنند: در مورد حادثه اول می‌نویسند جمعیتی از افراد رادیکال در یک رفتار شورشی شرکت کردند در حالی که در مورد دومی مینویسند:"یک شورشی شیشه پنجره‌ای را شکست در حالی که دیگر شهروندان او را نظاره میکردند." میدانیم که دو جمعیت اساسا تفاوتی با هم ندارند. نتیجه عمل در دو مثال بالا فقط ناشی از فرایند تجمع (process of aggregation) و در واقع به دلیل شکاف موجود در توزیع فراوانی مورد دوم است.

ممکن است خواننده بخواهد مثال بالا را در وضعیتهایی از قبیل اقتباس نوآوری، شایعه یا بیماری، اعتصاب، رای دادن، رفتن به دانشکده، ترک فرصتهای اجتماعی، مهاجرت و کونفرمیتی بدانند. در هر یک از موارد بالا میتوان اثر تزایدی را در نظر گرفت، ولی حساسیت چنین اثری از نظر تدقیق توزیع ترجیحات افراد در نظر گرفته نشده است. مدلهای حد آستانه‌ای از نظر فهم شرایط و وضعیت‌هایی که در آن سطح متوسط ترجیحات به وضوح و قویا به نفع یک عمل است ولی عمل انجام نمیشود، دارای ارزش ویژه و خاصی است. مدل‌های جامعه‌شناسی مرسوم برای توصیف عمل افراد در چنین مواردی از ارزش محدودی برخوردار هستند.

می‌توان به لحاظ عددی و از نظر ریاضی مقدار دقیق احتمال خروج فرد از توزیع فراوانی حد آستانه و رسیدن به یک وضعیت تعادل را ارائه داد. حد آستانه را با x و توزیع فراوانی را با $f(x)$ و تابع توزیع تجمعی را با $F(x)$ نشان میدهیم. تابع توزیع تجمعی نسبتی از جمعیت را نشان میدهد که دارای آستانه کمتر یا مساوی x هستند. نسبتی از افراد را که در زمان t (در اینجا دوره زمانی منقطع است) به شورش میپیوندند $r(t)$ می‌نامیم. فرض کنید $r(t)$ را برای برخی از t ها می‌دانیم. برای مثال میدانیم که بعد از دو مقطع زمانی ($t=2$)، ۶۰ درصد جمعیت به آن می‌پیوندند. در این صورت چه نسبتی از جمعیت در دوره ۳ به آن می‌پیوندند؟ بر حسب تعریف حد آستانه، میدانیم که دقیقا نسبتی از جمعیت به شورش میپیوندد که حد آستانه‌ای آنها کمتر یا برابر ۶۰ درصد باشد. بلافاصله میتوان فرایند فوق را با معادله تفاوت زیر نشان داد: $r(t+1) = F[r(t)]$

اگر توزیع فراوانی دارای شکل ساده‌ای باشد، میتوان معادله تفاوت را به راحتی حل کرد و یک عبارت برای $r(t)$ برای هر رقم t ارائه داد. در این صورت با جایگزین کردن $r(t+1) = r(t)$، میتوان خروجی تعادل را بدست آورد. وقتی که شکل تابعی ساده نباشد، نمی‌توان با استفاده از ریکورژن پیش رونده، تعادل را بدست آورد. در این مدل ساده که هیچگونه تدارکی برای حذف شرکت‌کنندگان تدارک نشده است، رفتار نوسانی $r(t)$ مقدور نبوده و حالت تعادل همیشه خواهد رسید.



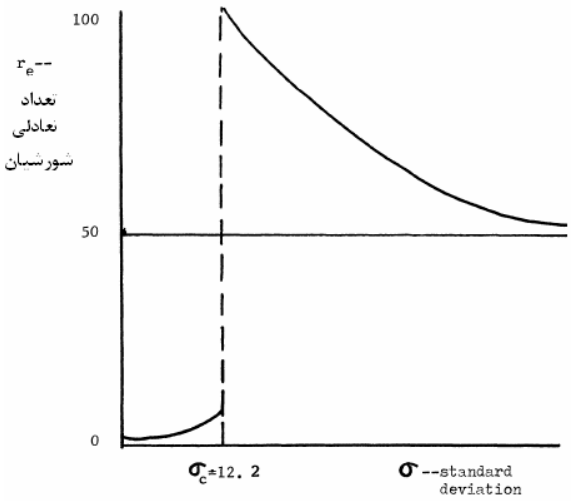
تصویر ۱- روش گرافیکی پیداکردن نقطه تعادل یک توزیع آستانه‌ای
$r(t)$ = درصدی که در زمان t شورش میکنند

بدون اینکه از روش‌های معادلات تفاوت و یا ریکورژن رو به جلو استفاده گردد، میتوان با استفاده از مشاهدات گرافیکی نقطه تعادل را نشان داد (تصویر ۱). در این تصویر حد آستانه (x) دربرابر تابع توزیع تجمعی $F(x)$ پلات

شده است. فرض کنید مثل مورد قبل، r(t) برای ما شناخته شده است. چون r(t + 1) = F[r(t)]، لذا میتوان نسبت افراد شرکت‌کننده در شورش در دوره بعدی را با ادامه پیکان عمودی سمت چپ r(t)، تا نقطه برخورد آن با تابع توزیع تجمعی بدست آورد. برای اینکه بتوان این نقطه را روی محور X داشت، پیکان افقی را تا خط ۴۵ درجه ادامه میدهیم، یعنی جایی که F(x) = x. همین کار را برای پیدا کردن r(t+2)= F[r(t+1)] تکرار می‌کنیم. در مورد توزیع تجمعی، می‌بینیم که فاصله افقی پیکان به سمت صفر رفته و r(t) به سمت "مقدار حدی" به نام نقطه تعادل re میرود. این حد، نقطه‌ای است که در آنجا تابع توزیع تجمعی، برای اولین بار خط ۴۵ درجه را از بالا قطع میکند. از نظر جبری، نقطه فوق را میتوان به صورت زیر نشان داد: F(r) = r.

بدون دلیل تجربی یا تئوریک برای در نظر گرفتن یک نوع توزیع یا نوع دیگر، معمولا ثمری ندارد که به نحو گسترده رفتار و نقطه تعادل تعداد زیادی از اشکال تابعی را تعقیب و دنبال کنیم. من در اینجا نتایج توزیع نرمال حد آستانه‌ای را با استفاده از آنالیز تعادل موجود در تصویر ارائه میکنم.

توزیع فراوانی نرمال به این دلیل مورد علاقه ماست که میتوانیم آنرا شاخص جمعیتهایی بدانیم که هیچ تمایل قوی وجود ندارد تا توزیع ترجیحات را از واریاسیون طبیعی آن از حول و حوش تمایل مرکزی خارج کند. نتیجه جالب است و نشان میدهد که نتایج متناقض محدود به توزیع‌های خاص از قبیل توزیع یکنواخت نیست.



تصویر ۲- تعداد تعادلی تعداد شورشیان در برابر انحراف استاندارد نرمال توزیع حد آستانه با میانگین ۲۵ و تعداد ۱۰۰

مجددا ۱۰۰ نفر را در نظر بگیرید. فرض کنید توزیع حد آستانه شورش آنها توزیع نرمال دارد و متوسط حد آستانه برابر ۲۵ است. حد آستانه زیر صفر را به دلایل عملی برابر صفر می‌گیریم. اینها دارای چنان رادیکالیسمی هستند که از نظر ایدئولوژیک اهمیت دارد، ولی منجر به عمل یکسانی میگردد. تفسیر مشابهی در مورد آستانه بالای ۱۰۰ مورد نظر است. سوال این است که اگر میانگین ثابت باشد و انحراف معیار توزیع نرمال ما، تغییر کند، اثر آن بر روی تعادل و نقطه تعادلی چه خواهد بود؟ در تصویر دو نتیجه جالبی ارائه شده است که re در برابر σ (انحراف معیار) پلات شده است. تا رسیدن به نقطه بحرانی σc، تعداد شورش‌کنندگان تعادلی به تدریج اضافه میشود تا به حدود ۶ برسد. پس از آن و زمانیکه برابر ۱۲/۲ است، یک مرتبه re جهش کرده و به نزدیک ۱۰۰ میرسد و بعد از آن کاهش می‌یابد. (ارزش حدی که به مو ازات افزایش σ به آن میرسیم برابر ۵۰ است، زیرا در نهایت تمامی مناطق سمت راست میانگین را میتوان در ورای ۱۰۰ دید، و تمامی مناطق سمت چپ آنرا زیر صفر دانست.)

از نظر ریاضی میتوان این پدیده را به راحتی توضیح داد. تعادل زمانی بدست می‌آید که اولین برخورد تابع توزیع تجمعی با خط ۴۵ درجه از بالا صورت میگیرد. تابع توزیع تجمعی نرمال، ممکن است این خط را در سه، دو و یا یک نقطه قطع کند. وقتی مقدار σ کمتر از σc باشد، اولین نقطه برخورد از بالا در نقطه پایینی خواهد بود و پس از آن یک نقطه از پایین و یک نقطه از بالا خواهیم داشت. در نقطه بحرانی σc اولین دو نقطه برخورد در نقطه تانژانت و مماس بر خط ۴۵ درجه با هم ترکیب میشوند و در نتیجه فقط یک نقطه برخورد در بالای آن وجود خواهد داشت. بعد از این نقطه، فقط در نقطه حول و حوش ۱۰۰ خواهیم داشت و بعد از آن، خط منحنی به تدریج و مادامی که چگالی احتمال مسطح میشود، فرو می‌افتد.

البته این روش محاسبه ریاضی در عمل و در زمینه علوم اجتماعی خیلی کاربرد ندارد. هنوز یک مسیر جامعه‌شناسی مشخصی وجود ندارد تا شرح دهد که چگونه یک تغییر جزئی توزیع نرمال در اطراف انحراف استاندارد اصلی، منجر

به بروز یک اثر کاملا منقطع با ویژگی کیفی برجسته میگردد. این تغییر جزئی ممکن است مربوط به یک نوسان اندک در ترکیب یک جمعیت و یا بروز تغییرات در وضعیتی باشد که توزیع حد آستانه را مقدار اندکی تغییر میدهد. اثری که به قدری بی معنی و غیر مهم است که نمیتوان هیچگونه استناد علّی را به آن نسبت داد. این مسئله به ویژه زمانی مهم است که تئوری جامعه‌شناسی در کل به این جهت هدایت نمیگردد، تا اثرات تغییر در توزیع دقیق خصوصیات را تجزیه و تحلیل کند. در عوض بر اثر وارده بر روی متوسط، متمرکز میگردد. این مثال نشان میدهد که چگونه دو جمعیت که ترجیحات متوسط آنها نزدیک به هم است، نتایج کاملا متفاوتی از خود نشان می‌دهند. کما اینکه در گذشته اشاره شد، به زحمت میتوان بدون در اختیار داشتن یک مدل فرایند تجمعی، به نحو صحیحی، ساختار ترجیحات جمعیت را استنباط کرد.

پایداری نتایج تعادلی

اثر دوستی و نفوذ- بحث فوق در زمینه خروجی تعادلی جمعیت در تصمیم گرفتن برای انجام کار مشخص، مستلزم تیمار سیستمایتیک پایداری تعادل است، که از توزیع مشخص حد آستانه ای تبعیت میکند. برای آنالیز دینامیک رفتار جمعیت این مسئله ضروری است، زیرا تنوع اثرات ممکن است در وضعیت واقعی مداخله کرده و توزیع موجود را تغییر دهد. اینکه این اثرات دارای اثر کوچک یا بزرگ هستند تابع این ملاحظات در زمینه پایداری تعادل میباشد. یکی از آشکارترین روشها برای تغییر توزیع آن است که برخی افراد از وضعیتی که دارند خارج شوند و یا به وضعیت جدیدی وارد گردند. برای بررسی اینکه چگونه وارد شدن و یا خارج شدن یک فرد به وضعیت جدید بر روی توزیع احتمال اثر گذاشته و چه بر سر توزیع میآورد، میتوان تغییر انحراف استاندارد در توزیع نرمال و یا تغییر یکنواختی در توزیع یکنواخت را در نظر گرفت. متوجه شدیم که در توزیع یکنواخت واقعی و نیز در توزیع نرمال که نزدیک انحراف استاندارد اساسی آن باشد، یک تعادل غیر پایدار وجود دارد.

Behavioral Contagion

در صبح یک روز پاییزی در سال ۱۹۹۸ یک معلم در دبیرستانی در تنسی احساس بوی گاز کرد و بی هوش شد. بلافاصله بعد از او برخی دانش آموزان او نیز، همان احساس را گزارش کردند و توسط آمبولانس به بیمارستان ارسال شدند و برخی احساس مریضی میکردند. آنروز ۱۰۰ نفر در کلینیک مربوطه اعتقاد داشتند که علایمی از وجود گاز در کلاس آنها را به این روز انداخته است. آزمونهای پزشکی هیچگونه مریضی را نشان نداد. البته این بیماری عفونی نبود، ولی انتقال یافته بود. آنچه دیده شد یک مریضی واقعی بود، که آنرا مریضی سایکوژنیک دسته جمعی مینامند، که بیماری از فردی به فرد دیگر انتقال می یابد و دلیل آن صرفا دیدن فرد بیمار اولیه است. این بیماری نمونه بسیار عالی از یک پدیده عمومی تر به نام رفتارهای مسری (contagious behavior) است که در واقع انتقال ناخود آگاه یک عمل یا هیجان از فردی به فرد دیگر میباشد. هر یک از ما در روز نمونه های زیادی از این رفتارها را تجربه میکنیم و خوشحالی،خشم و افسردگی دیگران را دریافت میکنیم. این عمل سرایت (contagion) یک فرایند بیولوژیکی و اجتماعی است.

ساختار شبکه های اجتماعی

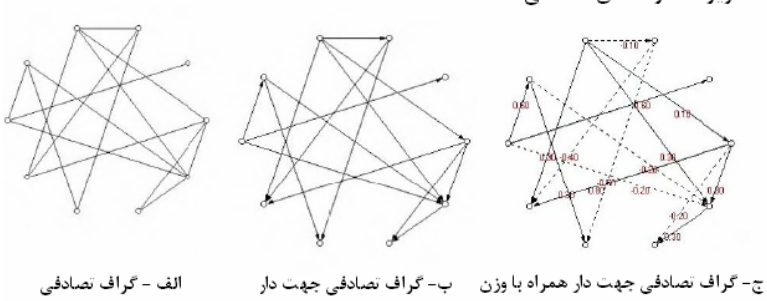
بسیاری از سیستمهایی که ما را احاطه کرده اند (از قبیل جریان ترافیک جاده، شبکه ارتباطات، جوامع پرجمعیت، اکوسیستمهای با گونه های متنوع و رقیب و یا مغز انسان که حدود ۱۰۰ میلیارد سلول دارد، همگی دارای رفتارهای بزرگ، پیچیده، پویا و غیر خطی هستند. در ۱۰سال گذشته نشان داده شد که بسیاری از سیستم های پیچیده جنبه

های توپولوژیک یکسانی دارند و میتوان عناصر اصلی رفتار آنها را مرتب کرد. تحقیقات نشان داد که توپولوژی بر روی دینامیک شبکه اثر دارد و بالعکس. در اینجا برخی از ویژگی های شبکه های اجتماعی پیچیده بررسی میگردد. یکی از ویژگی های شناخته شده شبکه های اجتماعی، پدیده دنیای کوچک (small-world phenomenon) است. این چیزی است که ما تجربه کرده ایم. اغلب، مردمی را ملاقات میکنیم که نقاط مشترکی با هم داریم و گاه به طور غیر قابل انتظاری در ارتباط متقابل قرار میگیریم. ایده ۶ درجه جدایی هم اکنون در افواه عمومی رایج است که هر کسی را از کوین بیکون تا مونیکا لووینسکی در بر می گیرد. آنالیز شبکه های اجتماعی نشان میدهد که الگوهای ارتباطی که هر یک از ما را در خود میگیرد، اغلب فرصت هایی را برای ما فراهم میسازد و سطح تاثیر، دایره اجتماعی، ثروت و حتی سلامت ذهنی ما را رقم میزند.

شبکه‌ها

در عبارت ریاضی، شبکه شامل گرافی است که در آن گره‌ها (node) و خط تماسهایی (edge) (یال ها) با هم در ارتباط هستند. گراف G به صورت یک جفت G={V,E} تعریف میشود که در آن V مجموعه‌ای از N گره و E در واقع V*V مجموعه خط تماس است، که هر جفت از گره ها را به هم متصل میکند. مجموعه ای از گره ها (vertex) که توسط یال ها به هم متصل شده باشند، ساده ترین شبکه را تشکیل میدهد. معمولا شبکه ها پیچیده تر هستند. ممکن است بیش از یک نوع گره یا بیش از یک نوع خط تماس در شبکه وجود داشته باشد. از طرفی ممکن است گره ها دارای ویژگیهای متفاوتی بوده و یا خط تماسها جهت دار باشند. این نوع خط تماس را قوس (Arc) مینامند. قوسها و خط تماس ها، ممکن است دارای وزن مشخصی باشند (تصویر ۱). در یک شبکه اجتماعی از انسانها، گره ها شامل مردان یا زنان، مردمی با ملیت، موقعیت، سن، درآمد و یا دیگر صفات مختلف باشند. خط تماسها میتواند مبین ارتباط هایی از قبیل دوستی، همکار بودن، تماس جنسی، نزدیکی جغرافیایی و دیگر روابط باشند. خط تماس ممکن است به صورت مشاور و یا زیردست باشد. خط تماس ها ممکن است به صورت جریان اطلاعات از یک فرد به دیگری باشد. ممکن است خط تماس دارای وزن باشد. باری مثال فاصله فیزیکی بین دو منطقه جغرافیایی، فراوانی تعاملات، درجه شدت علاقه افراد به یکدیگر و امثال آن را میتوان مثال زد.

تصویر ۱- گراف‌های تصادفی



الف - گراف تصادفی　　ب- گراف تصادفی جهت دار　　ج- گراف تصادفی جهت دار همراه با وزن

خصوصیات شبکه

ارتباط (connectivity)

ارتباط به معنی درجه ارتباط مستقیم گرهه ها در شبکه است. شبکه ای که دارای ارتباط بالا است، دارای خط تماس های زیادتری در مقایسه با تعداد گره ها است. برای محاسبه ارتباط شبکه (C) که تعداد خط تماسها با K و تعداد گرهها با n نشان داده میشود، خواهیم داشت: $C= k/[n(n-1)]$

توزیع درجه ای

درجه یک گره در یک شبکه تعداد خط تماس ها یا ارتباطهایی است که به گره میرسد. تابع توزیع p(k) احتمال انتخاب یک گره تصادفی را نشان میدهد که دقیقا دارای k خط تماس باشد. پلات کردن p(k) یک شبکه، یک هیستوگرام با تعداد درجه به شماره گره ها را بوجود میآورد. این را اصطلاحا توزیع درجه مینامیم. به عبارت دیگر توزیع درجه تعداد گره هایی است که تعداد خط تماس مورد انتظار ما را در شبکه داراست.

کوتاه ترین فاصله مسیر متوسط

فاصله مسیر متوسط (l) یک شبکه، متوسط تعداد خط تماس ها یا ارتباط های بین گره ها است که در کوتاهترین مسیر بین دو گره همدیگر را قطع میکنند. فرمول محاسبه آن به صورت ارائه $l = \frac{2}{N(N-1)}\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{N} l_{\min}(i,j)$ شده است، به طوریکه $l_{\min}(i,j)$ حداقل فاصله بین دو گره i و j میباشد.

قطر

قطر یک شبکه بزرگترین مسیر موجود در یک شبکه است و آن را به صورت $D = \max_{i,j} l_{\min}(i,j)$ تعریف میکنیم.

خوشه بندی (clustering)

یک یا دو ویژگی بسیاری از شبکه های اجتماعی، کلیک (clique) است. کلیک گروهی از دوستان هستند که هر یک از افراد آن دیگران را میشناسد.تمایل ذاتی شبکه از نظر خوشه بندی جمعیتی، توسط ضریب خوشه بندی شکل میگیرد. برای گره مشخص i، در یک شبکه با ki منطقه همجوار $CC = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\frac{E_i}{k_i(k_i-1)}$ درجه خوشه بندی در اطراف گره i، به عنوان نسبتی از ارتباط ها تعریف میشود که بین ki منطقه و ki (ki -1)/2 لینک بالقوه وجود دارد.

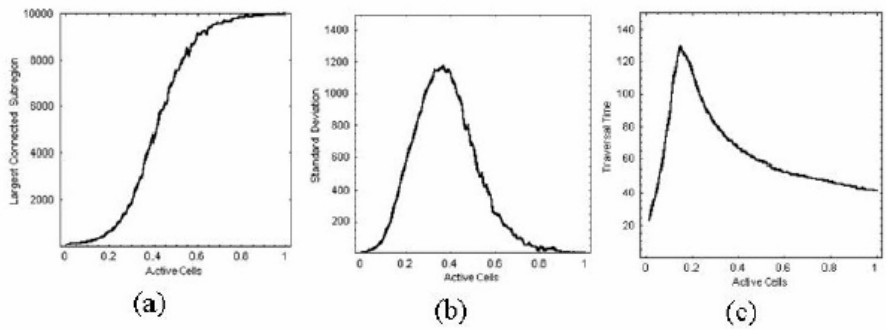
گرافهای فرعی

یکی از ویژگیهای گراف‌های تصادفی، وجود گرافهای فرعی است. گراف G1 دارای مجموعه p1 گره و E1 خط تماس و یک گراف فرعی برای شبکه G={P,E} است که در آن P1⊂P و E1⊂E باشد. ساده‌ترین نمونه گرافهای فرعی شامل چرخه، درختها و گرافهای فرعی کامل است. مهمترین مفهوم تئوری گرافها مفهوم قدم (walk) است. اگر گراف G را داشته باشیم، یک گام، در واقع ترتیب (0, 1), (1, 2,), … (k-1, k,) گره و خط تماس از گره V0 تا گره Vk است. تعداد خط تماسها در یک قدم، فاصله آن است. یک قدم در صورتی که تمامی گره ها تنها برای یک بار در آن مشاهده شود، یک مسیر (path) نامیده میشود. اگر تمامی خط تماس های یک قدم مجزا باشند، آن قدم را اصطلاحا trail می نامند. چرخه، یک حلقه ی بسته با k خط تماس است، به طوری که هر دو خط تماس متوالی دارای گره های مشترکی باشند. یک درخت از مرتبه K است، اگر دارای k گره بوده و k-1 خط تماس داشته باشد و هیچ یک از گرافهای فرعی آن چرخه نباشد. متوسط درجه یک درخت از مرتبه k برابر (k) = 2- 2/k است که برای درختهای بزرگ به حد ۲ نزدیک میشود. یک گراف فرعی کامل از مرتبه k دارای k گره و تمامی [k(k-1)]/2 خط تماس احتمالی میباشد، به عبارت دیگر تمامی گرهها در گراف فرعی به تمامی دیگر گره ها متصل هستند.

میزان بحرانی (Criticality)

احتمالا مهمترین یافته در رابطه با تئوری گراف تصادفی، کشف حد آستانه بحرانی است که در آن خوشه های غول پیکر شکل میگیرد. در متن حاضر خوشه به معنی کوهی از گره های به هم متصل است. در پایین این حد آستانه ای، شبکه به صورت یک سری از گرافهای فرعی غیر مرتبط می باشد و بالای آن گراف به صورت یک خوشه شامل عام می باشد. در تصویر ۲ با استفاده از یک مدل گراف ساده این تغییر فاز اساسی و مهم نشان داده شده است. در ابتدا تمامی گره ها در گراف ارتباط ندارند. در هر مرحله زمانی خط تماس های جدیدی وارد میشوند. قسمت a تصویر نشان میدهد که به موازات اینکه خط تماس هایی اضافه میشوند، گره ها به سرعت از حالت عدم اتصال به اتصال کامل در میآیند. قسمت b بزرگترین انحراف استاندارد اندازه بزرگترین منطقه فرعی متصل را نشان میدهد. بیشترین انحراف در حدآستانه بحرانی رخ میدهد. در طرف دیگر این نقطه، شبکه به صورت یک سری از نقاط فرعی بدون ارتباط و یا یک خوشه غول پیکر وجود خواهد داشت. در قسمت c، زمانی را نشان می دهد که برای عبور گراف از یک گره به گره دیگر مورد نیاز است. خاطر نشان میشود که حداکثر زمان مورد نیاز برای عبور گراف، فقط در قسمت زیرین این سطح بحرانی وجود دارد. این تغییر فاز به ویژه از نظر فرایندهی پرکولاسیون و اپیدمی خیلی مهم هستند. توجه داشته باشید که تغییر فاز در این مثال (نقطه ۰/۲) بسته به قابلیت اتصالی که در مدل تعریف میکنیم، تغییر میکند.

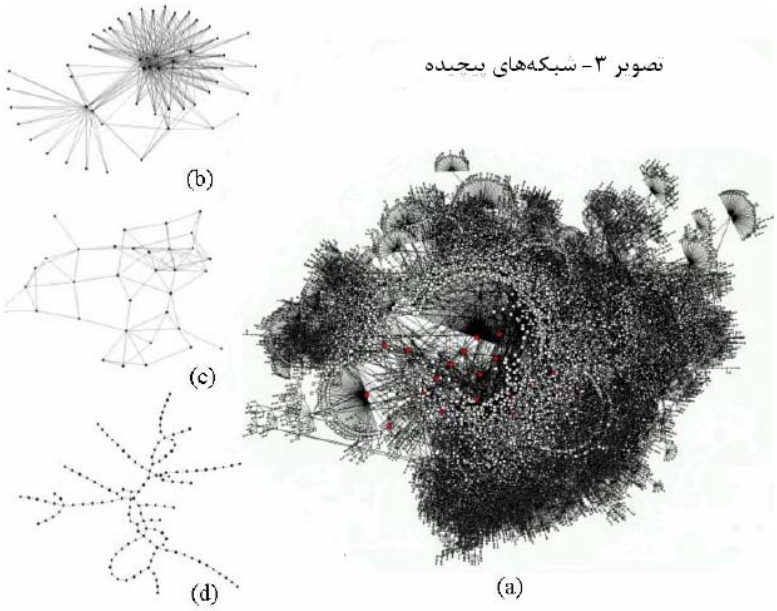
تصویر ۲- مثالی از آستانه بحرانی در گرافها



شبکه های پیچیده در دنیای واقعی

تصویر ۳ تعدادی از شبکه های پیچیده را نشان میدهد. قسمت a یک شبکه اینترنت را نشان میدهد که در آن گره‌ها شامل روترها است و خط تماسها در واقع ارتباطات فیزیکی شبکه است. قسمت b یک اکوسیستم را نسان میدهد و قسمت c شبکه همکاری حرفهای دکترها را نشان میدهد و d شبکه خط آهن بارسلونا است که گرههای آن ایستگاه های زیرزمینی و خط تماسهای آن ارتباطات ریلی است.

تصویر ۳- شبکه‌های پیچیده



جمعیت‌های اکولوژیک

زنجیره غذایی توسط متخصصین اکولوژی بکار میرود تا ارتباط بین گونه‌های مختلف را به صورت کمی بیان کنند. در این سیستم‌ها، گره ها شامل گونه‌های موجود و خط تماسها رابطه

شکار-شکارچی و دیگر روابط است که دارای اثرات مثبت یا منفی بر روی گونه‌های موجود در اکوسیستم میباشند. وزنی که بر هر خط تماس وجود دارد در واقع بزرگی این ارتباط را نشان میدهد. در مطالعه ای در یک اکوسیستم تعداد ۱۳۴ گونه زندگی میکرد که به طور متوسط ۸/۷ ارتباط به ازای هر گونه وجود داشت. مطالعات دیگری روی اکوسیستمهای دیگر انجام شد. اینها نشان میدهد که این اکوسیستم ها به شدت خوشه‌بندی شده و در برابر حملات مقاوم هستند.

سیستم‌های اجتماعی

مطالعه بر روی گروه‌های انسانی و دیگر حیوانات نشان داد که ساختار بسیاری از جوامع قابل انطباق با مدل دنیای کوچک است. برای مثال، بررسی ارتباط جنسی ۲۸۱۰ نفر در سوئد در سالهای ۱۹۹۶ نشان داد که شبکه آنها دارای درجه گره منطبق با توزیع قانون توان (power-law dist.) بود. بحث دیگری که در دسته سیستم‌های مورد مطالعه مشخص شد، شامل شبکه‌های ارتباطی است (association networks). با در نظر گرفتن یک مرکز ثقل (centroid)، اولین وظیفه ما این است که فاصله یک فرد از دیگران (تعداد مراحل) را محاسبه کنیم. احتمالا بهترین مثال شبکه همکاری بین هنرپیشه‌ها است که به صورت "عددهای بیکون" میشناسیم. مثال دیگر "عددهای لووینسکی" و شبکه همکاریهای علمی است. مشهورترین شبکه‌های همکاری علمی را به نام "عددهای اردوس" میشناسند که در آنها ریاضیدان معروف "پاول اردوس" به عنوان مرکز ثقل مطرح میشود.

شبکه گسترده جهانی و شبکه‌های ارتباطی

شبکه‌های اینترنتی امروزه مورد توجه قرار گرفته است. شبکه گسترده جهانی وب (www) بزرگترین شبکه ارتباطی است که دارای نزدیک ۱ میلیارد گره (صفحه) در سال ۱۹۹۹ بوده است. زیرمجموعه‌های مطالعه شده شبکه گسترده جهانی، منطبق با شبکه آزاد مقیاس (scale free network) است. دیگر شبکه‌ها از جمله تلفن موبایل نیز از مدل شبکه آزاد مقیاس تبعیت میکنند.

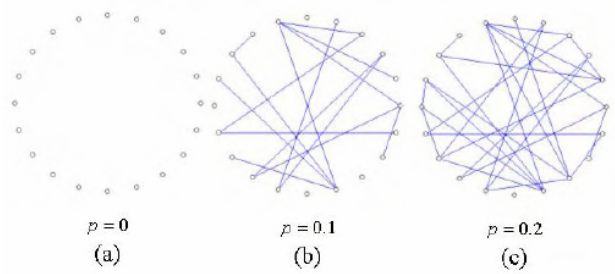
شبکه‌های عصبی

مطالعه ساختار عصبی ساده یک کرم خاکی امکان بررسی ویژگی‌های توپولوژیک شبکه‌ها را در اختیار ما نهاد. مدل طراحی شده نشان داد که مغزها و گره‌ها، بیانگر نورون‌ها هستند و خط‌های تماس برای ایجاد ارتباطات سیناپتیک مورد استفاده قرار میگیرند. ساختار عصبی کرم خاکی منطبق بر مدل شبکه دنیای کوچک بود که در آن گروهی از نورونها به شدت خوشه‌بندی شده و باخوشه‌های دیگر ارتباطات تصادفی برقرار میکنند.

مدل شبکه‌های پیچیده

شبکه‌های پیچیده را میتوان بر اساس توزیع درجه Pk آنها (احتمال اینکه یک گره در شبکه به تعداد k گره دیگر ارتباط داشته باشد) به دو دسته اصلی تقسیم کرد. این اولین دسته گرافها را به عنوان گرافهای "نمایی" می‌شناسیم و توزیع خط تماسها (تعداد آنها به ازای هر گره) منطبق با توزیع پواسون است. این دسته از گرافها شامل نوع گرافهای تصادفی اردوس- رنیی و شبکه‌های دنیای کوچک است.

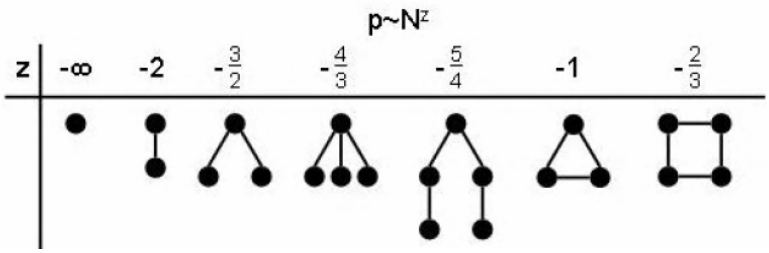
تصویر ۴-مدل اردوس – رنیی برای گراف تصادفی



گراف‌های تصادفی

پاول اردوس و آلفرد رنیی در سال ۱۹۵۹ برای اولین بار مفهوم گراف‌های تصادفی را مطرح کردند. مدل ساده آنها شبکه‌ای است که شامل تعداد N گره است که توسط تعداد N(N-1)/2 خط تماس احتمالی و به صورت تصادفی میتوانند گره‌ها را به هم وصل کنند. تصویر ۴، سه گراف تصادفی را نشان میدهد که احتمال انتخاب یک خط تماس در هر یک از آنها برابر ۰، ۰/۱ و ۰/۲ است. توجه داشته باشید که در تصویر a تعداد ۲۰ گره در نظر گرفته شده و هیچ ارتباطی با هم ندارند. در تصویر b، جفت گره‌ها با احتمال ۰/۱ توسط خطوط تماس به هم وصل شده‌اند و در تصویر c با احتمال ۰/۲.

تصویر ۵– گرافهای فرعی در احتمال حد آستانه مختلف در یک گراف تصادفی



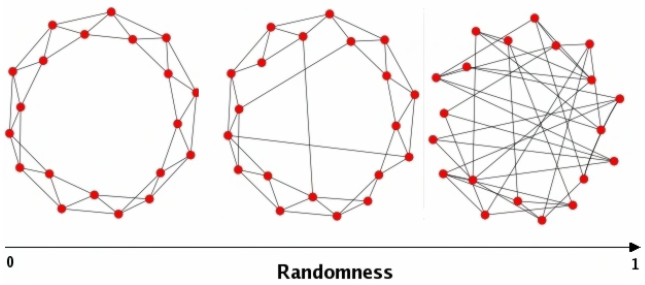
توجه شود که چگونه با افزایش این احتمال سطح ارتباطات وسیعا گسترش یافته است. در واقع مطالعات این دو نفر نشان داد که چگونه توپولوژی مورد انتظار هر گراف تصادفی به صورت تابعی از تعداد لینک‌ها تغییر میکند. وقتی تعداد لینک‌ها کمتر از 1/N است، گراف به صورت خوشه‌های مجزای کوچکی در می‌آیند، و وقتی تعداد لینک‌ها به بالاتر از این حد آستانه‌ای میرود، شبکه به صورت یک خوشه منفرد و یا یک جزءغول‌پیکر در می‌آید (تصاویر ۲ و ۴). در زمان حد آستانه، رفتار شبکه در حد واسط است. گرافهای تصادفی همچنین بروز گرافهای فرعی را نشان میدهد. اردوس و رنیی این پدیده را کشف کردند که به صورت درختچه‌ها، چرخه‌ها و حلقه‌ها می‌باشد. این گرافهای فرعی هم که تشکیل میشوند، همچون شبکه غول‌پیکر اولیه دارای حد آستانه مجزا هستند (تصویر ۵).

شبکه‌های دنیای کوچک (small-world networks)

آزمایش دنیای کوچک در ۱۹۶۷ توسط استنلی میلگرم ارائه شد. این آزمایش سعی داشت توزیع فاصله مسیرها در یک شبکه از آشنایان را بررسی کند و به این منظور از شرکت کنندگان میخواست تا یک حرف از نام اول آشنایان خود را بیان کنند تا حرف مطرح شده به فرد هدف برسد. در حالی که اغلب حروف از دست میرفت ولی در حدود یک چهارم از آنها به فرد هدف میرسید. یک حرف به طور متوسط از دست ۵ تا ۶ نفر میرفت. این آزمایش منشا مفهوم رایج "جدایی ۶ درجه‌ای" شد.

بسیاری از شبکه‌های پیچیده، دو جنبه اساسی دارند: آنها از پدیده جداسازی ۶ درجه‌ای تبعیت میکنند، ولی به طور موضعی دارای بسیاری از ویژگی‌های شبیه ویژگی‌های شبکه منظم میباشند. برای مدل‌سازی اینگونه سیستمها، وات و استروگاتس در سال ۱۹۹۸ یک مدل تک پارامتری پیشنهاد کردند که چیزی در حد واسط یک شبکه منظم دو بعدی محدود و یک گراف تصادفی بود. الگوریتم این مدل به شرح زیر است: از یک شبکه دایره‌های منظم با N گره شروع میشود که در آن هر گره با اولین K همسایه خود ارتباط دارد (K/2 همسایه در طرف دیگر). سپس هر یک از خط تماسها به طور تصادفی با یک احتمال p کشیده میشود، به طوریکه ارتباط با خود و نیز تماس های مضاعف در آن نباشد. این فرایند خط تماس های با حوزه وسیعی را وارد میکند و گره‌هایی را به هم اتصال میدهند که در غیر این صورت در مناطق همجوار متفاوتی قرار میگرفتند. با

تصویر ۶– انتقال پیش رونده از حالت گراف منظم به گراف تصادفی



تغییر p، سیستم از حالت کاملا منظم (p=0) به حالت کاملا تصادفی (p=1) میرسد. تصویر ۶ مراحل مختلف این تبدیل و انتقال را نشان میدهد. شبکه‌های دنیای کوچک برای توصیف طیف وسیعی از شبکه‌ها و فرایندهای جهان واقعی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

شبکه‌های فارغ از مقیاس (scale free networks)

دومین دسته از گراف‌ها را شبکه‌های عاری از مقیاس می‌نامند. فراوانی گره‌های Pk با k رابطه از توزیع قانون توان $P_k \approx k^{-\gamma}$ تبعیت میکند که در آن اغلب گره‌ها با نسبت اندکی از دیگر گره‌ها ارتباط دارد، و نسبت کوچکی از گره‌ها به شدت باهم مرتبط هستند. در شبکه‌های نمایی احتمال آنکه یک گره تعداد بالایی از ارتباطات را داشته باشد کم است. در شبکه‌های عاری از مقیاس گره‌هایی که به شدت ارتباط دارند (برای مثال (k) >> k) از نظر آماری معنی‌دار هستند.

سلسله مراتب و رابطه غالبیت

در رقابت بین دو فرد همیشه یک نفر بازنده و یک نفر برنده است. اگر فرد الف همواره بازیگر ب را شکست دهد، در این صورت گفته میشود، که الف بر ب غالبیت دارد. یک چنین ارتباطی را میتوان در یک شبکه با استفاده از گره‌ها (بازیگرها) و قوسها نشان داد تا فرد غالب معلوم باشد. رفتارشناسان حیوانی معمولا از تکنیک های رتبه‌بندی خطی سلسله مراتبی، برای تعیین افراد غالب در یک جمعیت استفاده میکنند.

غالبیت و رتبه‌بندی خطی سلسله مراتبی

برای رتبه‌بندی افراد یک گروه اجتماعی از نظر رابطه سلسله مراتب غالبیت، راه‌های متفاوتی وجود دارد. میتوان این راه‌ها را به دو دسته تقسیم کرد. اولین دسته از روشها، سعی میکنند رابطه غالبیت را با کمینه و بیشینه کردن برخی معیارهای عددی تعیین کنند. دسته دوم سعی دارد یک اندازه‌گیری از مجموع موقعیت فرد را بدست آورد، و از روی آن، رتبه را به طور مستقیم تعیین کند. "اسکور دیوید" (۱۹۸۸)، معرف یکی از روشهای رتبه‌بندی نسبتا ساده در دسته دوم است. رتبه‌های فردی محاسبه شده توسط اسکور دیوید، توسط حداقل انحرافات از جهت اصلی غالبیت بین جفت‌های دو نفره توزین نشده‌اند، زیرا عدم تقارن برد/باخت با استفاده از نسبتهای غالبیت در محاسبات مورد استفاده قرار میگیرند. نسبت بردها/باختها توسط فرد i در برابر فرد j (Pij) تعداد دفعاتی است که فرد i رقیب خود را شکست میدهد(aij) تقسیم بر تعداد کل تعاملاتی که بین این دو نفر انجام شده (nij) است. که آنرا به صورت Pij=ai/nij نشان میدهند و نسبت باخت‌های فرد i برابر است با Pji=1-Pij. حال اگر nij=0، در این صورت Pij=Pji=0 است. اسکور دیوید هر عضو i از یک گروه با استفاده از فرمول زیر بدست می‌آید: $DS_i = w_i^1 + w_i^2 - l_i^1 - l_i^2$

که در آن w_i^1 مجموع ارزش احتمالات برد فرد i، w_i^2 مجموع ارزشهای Pij که توسط ارزشهای Pij افرادی که با وی تعامل داشته‌اند توزین شده اند (مثال در بخش بعدی)، l_i^1 جمع Pijهای فرد i و l_i^2 جمع ارزشهای l_i^1 (توزین شده بر اساس ارقام Pij) افردی که با فرد i رابطه تعامل دارند.

جدول ۱– مثالی از رتبه بندی دیوید

		Player Losses							
		A	B	C	D	E	w_i^1	w_i^2	DS
Player Victories	A	—	4.5(0.75)	4(0.8)	7(1)	2(0.5)	3.05	2.90	3.20
	B	1.5(0.25)	—	4(0.8)	0(0)	5(1)	2.05	2.38	2.45
	C	1(0.2)	1(0.2)	—	0(0)	4(1)	1.40	1.52	-0.20
	D	0(0)	0(0.0)	0(0)	—	0(0)	0.00	0.00	-1.95
	E	2(0.5)	0(0.0)	0(0)	0(0)	—	0.50	1.52	-3.5
	l_i^1	0.95	0.95	1.60	1.00	2.50			
	l_i^2	1.80	1.03	1.52	0.95	3.02			

در جدول ۱ مقدار w، W2، l و l2 برای فرد A نشان داده شده است:

w_A^1 جمع ارقام PAj فرد A و w_2^2 جمع w_i^1 متوازن شده بر اساس Pij افرادی است که با A تعامل دارند.

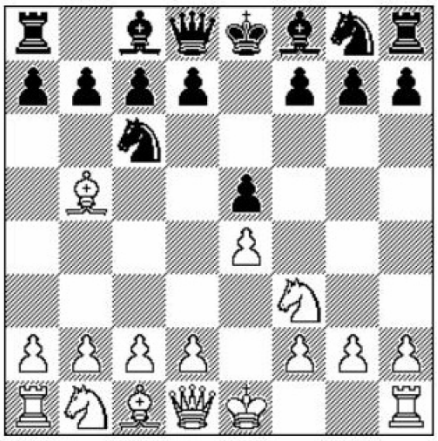
$$w_A^1 = 0.75 + 0.8 + 1 + 0.5 = 3.05$$

l^1 و l^2 فرد A به روش مشابهی محاسبه شده است.

$$w_i^2 = \left[(0.75\times2.05)+(0.8\times1.4)+(1\times0)+(0.5\times0.5)\right] = 2.90$$

بابی فیشر و خط گشایش روی لوپز

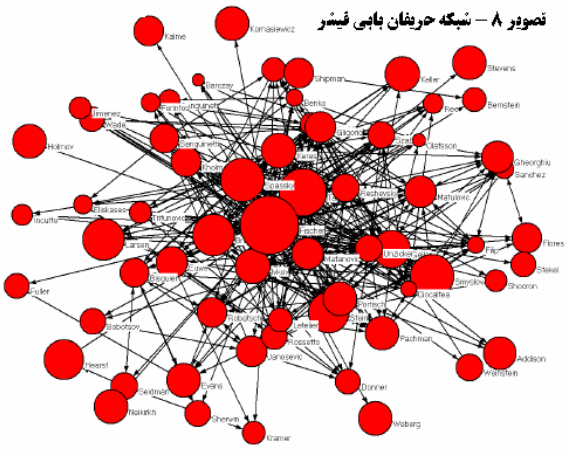
بابی فیشر مشهورترین شطرنج باز تمامی زمانها است و از نظر بسیاری از مردم او قوی‌ترین است. در سال ۱۹۷۰ بابی فیشر بردهای مشهوری از شطرنج بازان مشهور جهانی داشت و خبر دیدار او با بوریس اسپاسکی در ریکیاویک در سراسر جهان طنین انداخت. یکی از خطوط گشایش مشهور که فیشر مورد استفاده قرارداد، خط گشایش "روی لوپز" است. روی لوپز برای فیشر یک اسلحه قوی بود. بازی‌های استراتژیک فیشر بر صفحه شطرنج به نفع استعدادهای او بود. او در اولین خطوط اصلی رقابتها و با استفاده از تکنیک روی لوپز، چنان غالب بازی کرد که بسیاری از حریفان او وقتی میخواستند از موقعیت خود دفاع کنند، مراحل نامنظمی را اختیار میکردند. روی لوپز یک روحانی اسپانیایی است که در نیمه قرن ۱۶، اولین تجزیه و تحلیل خود در زمینه گشایش خط در بازی شطرنج را منتشر کرد. سرعت توسعه، انعطاف‌پذیری و طبیعت حمله‌آور او باعث شد که در حوزه شطرنج معروف بماند و تجربیات او در شطرنج مدرن راه یابد. تصویر ۷ نحوه تنظیم صفحه شطرنج توسط روی لوپز را نشان می‌دهد.



تمامی بازیهایی که فیشر انجام داد به یک شبکه تبدیل شد. هر بازیگر، یک گره بود و هر بازی که بین دو بازیگر انجام میشد، یک قوس را تشکیل می‌داد. قوسها از بازنده به برنده کشیده میشد و برای هر پیروزی برای هر بازیگر یک وزن ۱ داده میشد. در صورت پات شدن، بین دو بازیگر (گره)، قوسی در دو جهت و با وزن ۱/۲ (نیم) کشیده میشد.

غالبیت فیشر

رابطه بین فیشر و نزدیکترین رقبای او را بررسی کنیم. شبکه دارای ۶۵ نفر است. تصویر ۸ رابطه شبکه‌ای بین فیشر و حریفان او را نشان میدهد و اندازه قوسها، سطح غالبیت بازیگر را نشان می‌دهد. استفاده از اسکور دیوید در مورد این شبکه، نشان میدهد که بابی فیشر موفق‌ترین بازیگر در میان رقبای اطراف است. جدول مندرج در تصویر فوق، ده بازیگر همسایه او را نشان میدهد.



تصویر ۸ – شبکه حریفان بابی فیشر

ده بازگر درجه یک که با فیشر شطرنج کردند

Rank	Player	Rank	Player
1.	Bobby Fischer	6.	David Bronstein
2.	Mikhail Tal	7.	Leonid Stein
3.	Vasily Smyslov	8.	Eliot Hearst
4.	Boris Spassky	9.	Yefim Geller
5.	Bent Larsen	10.	Borislav Ivkov

برخی تفسیرها در مورد سلسله مراتب غالبیت

در شبکه ارتباطات رقابتی، میتوان افراد کلیدی یا غالب و نیز سلسله مراتب قدرت (pecking order) بین افراد یک گروه را تعیین نمود، زیرا افراد از نظر غالبیت از کم تا زیاد مرتب میشوند. اگرچه در اینجا از مثال شطرنج استفاده شده است، میتوان آنرا در مورد هر گونه رقابتی بکار برد که رابطه غالبیت در آن وجود داشته باشد.

اجرای نورم‌های اجتماعی

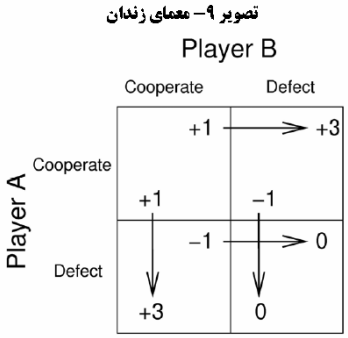
به عنوان افراد، وقتی از یک منبع مشترک استفاده می کنیم و لازم نیست شرکتی در حفظ آن منبع داشته باشیم، بهترین استفاده را به عمل می‌آوریم. اگر هر یک از ما اینگونه عمل کند به زودی منبع تخلیه میشود و همه افراد ضرر خواهند کرد. گروه‌های اجتماعی اغلب رفتارهای با درجه بالایی از هماهنگی نشان میدهند، تا بر این برخورد منافع غلبه کنند. وقتی یک چنین رفتاری را انجام می‌دهیم، بدون اینکه یک مقام مسئول مرکزی عمل ما را نظارت کند، عمل ما را اصطلاحا "نورم اجتماعی" مینامند. نورم اجتماعی زمانی در یک جامعه دیده میشود که افراد در یک مسیر معین عمل میکنند و در صورتی که منطبق با آن عمل نکنند مجازات شوند. ساختار اجتماعی و اندازه گروه، نقش مهمی در بروز نورم‌های اجتماعی و رفتار گروه بازی میکنند.

مدل‌هایی برای معماهای اجتماعی (social dilemma)

تمامی معماهای اجتماعی حداقل توسط یک تعادل کمبود (deficient equilibrium) مشخص می‌گردند. از این نظر دارای کمبود است که، حداقل یک خروجی و برونده دیگر وجود دارد که در آن هر فردی بهتر بتواند سود ببرد. از این نظر تعادل است که، هیچ یک انگیزه آن را ندارد که رفتارش را تغییر دهد.

معمای زندان نمونه مثال اصلی برای چنین معماهای اجتماعی است. معمای زندان یک جمع ۲×۲ غیر صفر و بازی غیر رقابتی است که در آن جمع غیر صفر نشان میدهد که منافعی که توسط یک بازیگر بدست می‌آید ضرورتا جریمه‌هایی نیست که توسط بازیگر دیگر دریافت میگردد. همچنین غیر رقابتی است، زیرا بین بازیگران در هر بازی هیچ ارتباطی وجود ندارد. در اساسی‌ترین فرم خود، هر بازیگر دو انتخاب دارد: همکاری (cooperate) یا رد همکاری (defect). بر اساس استراتژی‌های ارائه شده هر بازیگر یک پاداش (payoff) دریافت میکند.

تصویر ۹– معمای زندان



تصویر ۹، ارقام نمونه مورد استفاده در کشف رفتار معمای زندان را نشان میدهد. ماتریس پاداش باید شرایط زیر را تامین کند: رد همکاری، مکافات بیشتری دارد، همکاری متقابل، موجب رد همکاری متقابل میشود و تغییر استراتژی، مکافات یا پاداشی ندارد.

در این تصویر همچنین دینامیک بازی نشان داده شده است. پیکانهای عمودی، بیانگر ترجیحات بازیگر افقی و پیکانهای افقی بیانگر ترجیحات بازیگر عمودی است. چنانچه ملاحظه میشود پیکانها بر روی رد همکاری متقابل به همگرایی میرسند و این نقطه تعادل ۱ پایدار است. به عبارت بهتر بازی دارای یک تعادل ناپایدار همکاری متقابل و یک تعادل پایدار عدم همکاری متقابل است. در حالی که معمای زندان برای بسیاری از وضعیتهای دنیای واقعی کاربرد دارد، ولی مشکلاتی وجود دارد که نمیتوان آنها را به این صورت مدل داد. تراژدی عموم (Tragedy of the Commons) بهترین مثال یک چنین معمایی است.

وقتی بازیهای n نفره برای مطالعه چنین سناریویی مورد استفاده قرار میگیرد، آنها معمولا ساختار اجتماعی را مورد غفلت قرار میدهند، به طوریکه فرض میشود که بازیگرها در یک محیط کاملا مخلوط به سر می‌برند. در سیستمهای

اجتماعی واقعی، مردم با کلیک‌های کوچکی ارتباط تنگاتنگ دارند، در حالیکه با دیگر مردمان ارتباطات سست و دورادور دارند. همچنین بازیهای سنتی چندنفره به بازیگران این امکان را نمیدهد که در صورتی که افراد، رفتار قابل قبول جامعه را تایید نکردند، آنها را مجازات کنند. این نیز یکی از جنبه‌های بسیاری از جوامع است. برای غلبه بر این محدودیتها، بازیهای نورم‌ها و متانورم‌ها ارائه میشود، که واریاسیونی از معمای زندان چند نفره است. آنها قادرند که در یک شبکه به راحتی از بازی متوقف شوند و نیز بازیگران اجازه دارند که افرادی را که همکاری نمی کنند مجازات نمایند. تصویر ۱۰ ساختار معمای زندان چند نفره و نورمها و متانورمها را نشان میدهد. هر دو بازی با واریاسیونی از معمای زندان چند نفره آغاز میشود. در بازی نورمها، بازیگران این اجازه را دارند که بازیگران رد کننده پیشنهاد را مجازات کنند. در بازی متانورم، بازیگران اجازه دارند تا بازیگرانی را مجازات کنند که ردکنندگان پیشنهاد را مجازات نمیکنند.

بازی نورم‌ها

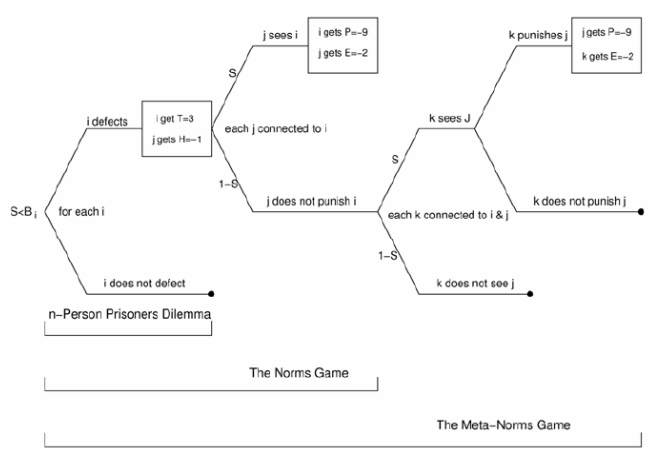
بازی نورم‌ها زمانی آغاز میشود که فرد i دارای فرصت عدم قبول پیشنهاد همکاری است. این فرصت همراه است با یک شانس برای نزدیکترین همسایه‌های او تا عدم همکاری (S) وی را مشاهده کنند. اگر i همکاری نکند، مکافات یا مجازات T از مقدار کل ۳ را دریافت خواهد کرد و هر بازیگر دیگری که با i ارتباط دارد یک پاداش H برابر 1- دریافت خواهد کرد. اگر بازیگر عدم همکاری نداشته باشد، در این صورت هر یک از بازیگرها پاداش صفر دریافت خواهند داشت. تا اینجای بازی همه چیز مثل یک معمای زندان چند نفره است که بر روی یک شبکه انجام گردد. حال اگر فرد i عدم همکاری را انتخاب کند، یکی از همسایه‌های او ممکن است عمل او را (با احتمال 1-S) ببیند و i را تنبیه کند. اگر i تنبیه شود، یک جریمه p=-9 دریافت خواهد کرد، ولی افرادی که فرد i را جریمه کرده‌اند، خود متحمل جریمه E=-2 می‌شوند. بنابراین اجرای یک نورم اجتماعی برای همکاری کردن با هم مستلزم نوعی فداکاری بشر دوستانه (altruistic sacrifice) است.

با توجه به توضیحات بالا دیده شد که استراتژی هر بازیگر دارای دو بعد است. اولین بعد استراتژی بازیگر i، شهامت او است (Bi) و تعیین میکند که چه زمان بازیگر همکاری نخواهد کرد. عدم همکاری زمانی است که S<Bi. دومین بعد استراتژی فرد i، انتقام است (V) که بیان‌کننده این احتمال است که بازیگر فرد دیگری را مجازات کند، اگر عدم همکاری او را دریافت کند.

بازی‌های متانورم‌ها

بازی متانورم در واقع استطاله بازی‌های نورم است. اگر بازیگر i، عدم همکاری را انتخاب کند، آنگاه بازیگر j عدم تنبیه او را انتخاب کند و این دو نفر دارای همسایه k باشند که مشاهده کرده است که دومی اولی را مجازات نکرده است، در این صورت k میتواند فرد دوم (j) را تنبیه کند. در این حالت، مجددا فرد j جریمه p=-9 را دریافت میکند و همچون بازی نورم، فرد k نیز یک هزینه e=-2 خواهد داشت.

تصویر ۱۰– معماری بازیهای نورم و متانورم



بازیهای نورم و متانورم نیز همچون بازی معمای زندانی دارای تعادل همکاری متقابل ناپایدار و تعادل عدم همکاری پایدار هستند. مجازات بشردوستانه نیز یک استراتژی ناپایدار است به طوری که تنبیه یک فرد مستلزم ازخود

گذشتگی است. استراتژی پایدار عدم همکاری متقابل بدون مجازات برای کسانی که عدم همکاری دارند، می‌باشد. قبول عمومی این استراتژی به معنی آن است که جمعیت در مقایسه با زمانی که استراتژی تعادل ناپایدار همکاری متقابل با مجازات عدم همکاری‌کننده را بپذیرد، در مجموع ضرر کند.

مدل ساختار اجتماعی

فرض کنیم دو متغیر B و V که یک استراتژی را میسازند، هر یک بتوانند رقم بین صفر و یک را به خود بگیرند. متغیرها به ترتیب، احتمال عدم همکاری و مجازات است. متغیرها هر یک به صورت یک عدد باینری ۱۶ بیتی کد شده‌اند. مسیر استراتژی بازیگرها به شکل زیر پیش می‌رود:

۱- یک شبکه دنیای کوچک با ۱۰۰ بازیگر با درجه تصادفی P بوجود می‌آید.

۲- هر بازیگر یک استراتژی تصادفی اختیار میکند.

۳- نمره شایستگی هر بازی با توجه به استراتژی هر بازیگر و استراتژی‌های بازیگران همسایه او تعیین میشود.

۴- وقتی نمره ی همه بازیگرها تعیین میشود، از یک شمای انتخاب چرخ بازی رولت متوازن، استفاده به عمل می‌آید تا استراتژیهای بازیگران نسل بعد انتخاب گردد.

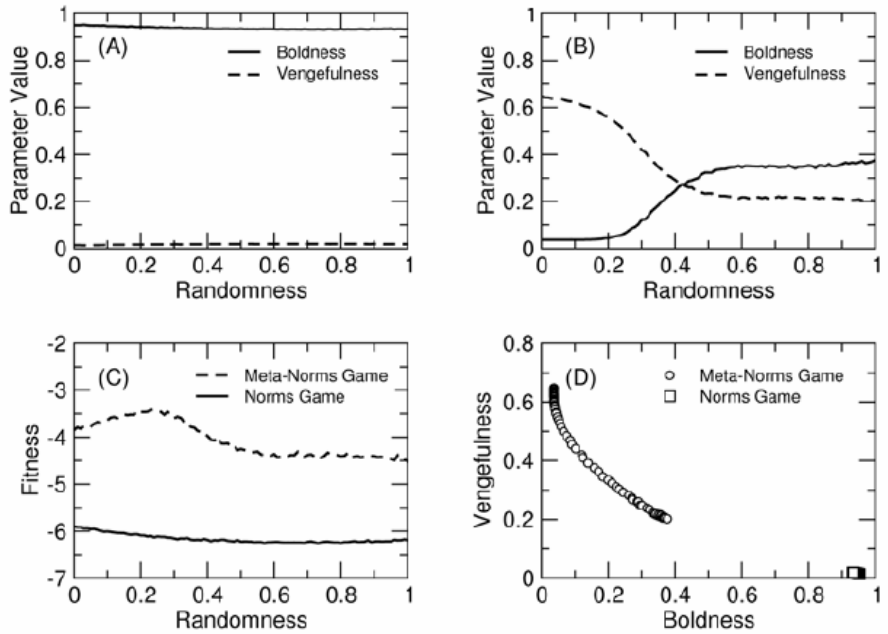
۵- سپس یک عملگر موتاسیون بکار برده می‌شود. هر بیت یک شانس ۱ درصدی پریدن دارد.

۶- مراحل ۳ تا ۵ برای ۵۰۰ بار تکرار میشود و نتایج نهایی ثبت می‌گردد.

۷- مراحل ۲ تا ۶ برای ۱۰۰۰۰ بار تکرار میشود.

۸- مراحل ۱ تا ۷ برای مقدار p بین صفر تا ۱ با افزایش‌های ۰/۰۱ تکرار می‌گردد. مراحل فوق برای بازی نورم و متانورم تکرار شد. تصویر ۱۱ نتایج چنین مدل‌سازی را نشان میدهد.

تصویر ۱۱– نتایج بدست آمده از زیمولاسیون



در قسمت A ارقام متوسط شهامت و انتقام در شبکه‌های اجتماعی با درجات متفاوتی از تصادفی بودن را برای بازی نورمها نشان میدهد. قسمت B متوسط شهامت و انتقام در شبکه‌های اجتماعی با درجات متفاوت تصادفی بودن برای بازی متانورم را نشان میدهد. قسمت C مقایسه رقم شایستگی بازی نورم و متانورم را نشان میدهد و قسمت D نوسان (trade-off) بین شهامت و انتقام را نشان میدهد.

با مشاهده تصویر متوجه میشویم که بدون توجه به ساختار اجتماعی، مجازات بشردوستانه مرتبه اول به اندازه‌ای کافی نیست که نورم اجتماعی همکاری متقابل را به اجرا در آورد. در قسمت A نشان داده شده است که بدون توجه به ساختار اجتماعی، انتقام به سمت صفر و شهامت به سمت ۱ میرود. اساسا تمام بازیگران کوشش دارند تا منابع سهیم شده را مورد بهره‌برداری قرار دهند، بدون اینکه ترسی از مجازات داشته باشند. البته در بازی متانورم که مجازات مرتبه دوم برقرار است، مجموعه مجزایی از شرایط وجود دارد که جمعیت به عنوان یک کل، منابع در دسترس را مورد بهره‌برداری قرار نمیدهد. در قسمت B نشان داده شده است که وقتی ساختار اجتماعی منظم و به شدت خوشه‌بندی شده باشد، صفت شهامت بازیگران کاهش می‌یابد، ولی ساختار اجتماع تصادفی‌تر میگردد و خوشه‌بندی به هم میریزد و شهامت هر بازیگر افزایش می‌یابد و هر فرد کوشش میکند تا منبع مشترک را مورد بهره‌برداری قرار دهد، ولی سطح بهره‌برداری از منبع کمتر از زمان بازی نورم است. این تفاوت رفتار سیستم، همچنین به صورت متوسط پیاف دریافت شده توسط یک بازیگر در قسمت C نشان داده شده است. متوسط پیاف هر بازیگر در بازی متانورم بیشتر از بازی نورم است. مقدار پیاف بازی متانورم درست قبل از انتقال به یک حالت بهره‌برداری عمومی از منبع، به حداکثر میرسد. تجزیه و تحلیل آماری ساختار شبکه نشان میدهد که این نقطه پیاف حداکثر منطبق با زمان شکستن خوشه‌بندی در شبکه جمعیت است. بالاخره در قسمت D، تریداف بین انتقام و شهامت را نشان میدهد. بازی نورمها (مربع‌ها) منجر به یک استراتژی با انتقام کمتر و شهامت بیشتر میگردد، در حالیکه در بازی متانورمها، دامنه‌ای از رفتارها (دایره‌ها) تولید میگردد. میتوان دید که بین شهامت و انتقام یک بده بستان و تریدافی وجود دارد. در بازی متانورمها، طیف وسیعی از استراتژیها ایجاد میگردد. این استراتژیها توسط توپولوژی شبکه اجتماعی مدیریت میشود. سطح تریداف را میتوان به عنوان مجموعه ای از استراتژی های قابل حیات دانست، کما اینکه استراتژی های غیر حیاتی و غیر واقعی (از قبیل شهامت و انتقام بالا) در برابر آن انتخاب میشود.

بحث و استدلالات

نتایج بدست آمده از بخش پیشین، منظرگاه‌های جالبی را در رابطه با نورمهای اجتماعی و رفتارهای گروهی بوجود آورد. ساختار اجتماعی و تعاملات مرتبه دوم آن نقش مهمی در تکامل رفتارهای گروهی بازی میکنند. در منابع مطالعاتی موارد ثبت شده بسیاری وجود دارد که این دو عامل بر روی رفتارهای گروهی موثرند. در اینجا سه مثال آورده می‌شود.

نوآوری حیوانات

ماکاک ژاپنی اولین پریماتهایی بودند که توسط انسان مشاهده شد که نوعی نوآوری و انتشار رفتارهای جدید به دیگر اعضای گروه را از خود نشان دادند. گرچه بسیاری از حیوانات الگوهای رفتاری جدیدی را ابداع میکنند، ولی بسیاری از این رفتارهای جدید (حتی اگر مفید باشند) در درون جماعت تثبیت نمی‌گردند. بین ساختار اجتماعی پریمات‌ها و فراوانی که تکنیکهای جدیدی را بوجود می‌آورند، ارتباط وجود دارد. جمعیتهایی که گروه گروه میشوند، احتمالا رفتارهای جدید را به عنوان عضوی از کلیک می‌پذیرند و رفتار جدید تقویت می‌گردد.

پیوستگی اجتماعی (cohesion)

بین اندازه نئوکورتکس و اندازه گروه طبیعی پریماتها همبستگی وجود دارد. همین همبستگی بین اندازه نئوکورتکس با گروه‌گروه شدن آنها، از نظر ساختار اجتماعی وجود دارد. حدس زده میشود که افزایش اندازه نئوکورتکس به

معنی توان بیشتر آنها از نظر اداره کردن و حفظ ارتباطات گروهی باشد. توان افراد برای برقراری ارتباطات پیچیده ممکن است به افراد اجازه دهد تا به طور موضعی و محلی امکان اجرای رفتارهای اجتماعی را برقرار کنند. همچنین دیده شده است که وقتی گروه‌های پریمات‌ها رشد میکنند، نظم اجتماعی در آنها از بین میرود و به دو یا چند جمعیت تجزیه میشوند و دوباره نظم اجتماعی مستقر میگردد.

کنترل رفتار اجتماعی

روش متانورم به نحو گسترده‌ای در مورد بدگویی و اتهامات رایج در جوامع کمونیست بکار میرود. وقتی مقامات کسی را متهم میکنند که کار غلطی انجام داده است، دیگران نیز فراخوانده میشوند تا متهم را مورد عیب‌جویی قرار دهند. عدم شرکت در این نوع از مجازات، به نوبه خود به عنوان نوعی عدم همکاری علیه گروه است و مهاجمان جریمه میشوند.

تفاسیری بر اجرای نورمهای اجتماعی

در این مبحث ظهور و اجرای نورم‌های اجتماعی را از طریق واریاسیون معمای زندانی چند نفره مورد بررسی قرار دادیم. نتایج زیمولاسیون، دلالت بر آن داشت که ترکیبی از تعاملات مرتبه دوم، مجازاتهای شهامت‌گونه و ساختار اجتماعی میتواند رفتارهای اجتماعی را شکل دهند. به کار رفتن چنین جنبه‌هایی برای اجرای نورم‌ها در سیستمهای اجتماعی نیز دیده شده است. نتایج این مبحث رویکردها و جهت‌های آینده را فرا روی ما قرار میدهد:

نظم اجتماعی پریماتها در زمانی که گروه آنها بزرگ شود، به هم میریزد. این سوال مطرح است که چه ارتباطی بین چگالی لینک‌ها، تعداد گره‌ها و دیگر آمارهای شبکه وجود دارد؟ و چگونه این آمارها بر روی رفتار بازیهای تکاملی که نمونه آنرا در این فصل شرح دادیم اثر میگذارد؟

در طول زمان ائتلاف‌ها (coalition) و دسته‌بندیهایی (faction) شکل میگیرد. در صورتی که شبکه، رشد و نمو (evolve) کند، نتایج کلی که به آن اشاره کردیم به کدام سو میروند؟

مفاهیمی از قبیل "تعادل نش" در تئوری بازیها، زمانی برقرار میگردد که بازیگران منطقی باشند. آیا اگر به جای تصمیم‌گیرندگان انسانی، بازیگران کامپیوتری که صددرصد منطقی هستند بکار برده شوند، همین الگوها و تریداف‌ها دیده میشود؟

همه این سوالات احتیاج به آزمایش بیشتری دارند، ولی میتوان در منابعی که تا هم اکنون نیز در دست است، آنها را دنبال کرد و برای آنها پاسخی پیدا نمود. از شبکه‌های اجتماعی معمولی تا فراساختارهای بزرگ مقیاس یعنی تمامی سیستمهایی که ما را احاطه کرده‌اند، معمولا بزرگ و پیچیده هستند، و علیرغم تفاوتهایی که دارند در تعدادی از قوانین از جمله ویژگی‌های دنیای کوچک با هم مشترک هستند. در این مبحث مقالاتی را در مورد ساختار و عملکرد سیستمهای شبکه‌ای مورد بررسی قرار دادیم. تحقیقات در این زمینه در درجه بالایی با مطالعات تجربی در مورد شبکه‌های دنیای واقعی از قبیل شبکه اینترنت، شبکه‌های اجتماعی، شبکه‌های همکاری، شبکه‌های منابع و اقتباس و طیف وسیعی از شبکه‌های بیولوژیکی دنبال میشود. در این مبحث برخی مطالعات تجربی را مورد بررسی قرار دادیم و بر روی تعدادی از ویژگیهای آماری شبکه‌ها متمرکز شدیم که تاکنون مورد توجه خاصی بوده‌اند که از آن جمله میتوان به فاصله مسیر، توزیع‌های درجه‌ای و خوشه‌بندی اشاره کرد. فرا رفتن از این آمارها و توجه به ساختار و طبیعت تعاملات بین عناصر درون یک سیستم، میتواند دینامیک شبکه‌ها و نیز مسیر تاثیر این دینامیکها بر روی شکل شبکه‌ها را روشن سازد...

اثرات آبشاری در جمعیت های غیر همگن

عقیده دیگران تاثیر زیادی روی تصمیم ما دارد. لباسی که می پوشیم، ماشینی که سوار می شویم، غذایی که میخوریم تماما تحت تاثیر عقاید عموم مردم است. حتی تصمیم های عمده زندگیمان از قبیل اینکه کدام مدرسه برویم قویا تحت تاثیر انتخاب دیگران است. نقش فشار معلمان بر روی رفتار بچه مدرسه‌ای‌ها را به خوبی میدانیم: بچه‌ها تحت تاثیر معلمان و مربیان خود ممکن است به سمت مصرف مواد مخدر بروند و یا به آن پاسخ "نه" بدهند. حتی بزرگسالان نیز از این گونه فشارها در امان نیستند: حمایت ما از یک کاندید، ایستادگی ما بر روی موضوعات عمومی ممکن است تحت تاثیر عقیده عمومی باشد و یا همسایگان ما آنرا شکل دهند. اثر تزایدی (bandwagon effect) را در ادبیات بازاریابی به خوبی میشناسیم: مصرف‌کنندگان، کالایی را میخرند که در مورد رواج عمومی آن متقاعد شوند. به همین دلیل است که مکدونالد میلیارد میلیارد فروش میکند و بسیاری از شرکتها مبالغ هنگفتی صرف تبلیغات و مشهور کردن خود میکنند.

پدیده رفتار گله‌ای (herd behavior) زمانی اتفاق می‌افتد که مردم از عمل دیگران پیروی میکنند، حتی وقتی که اطلاعات خصوصی و ترجیحات خصوصی آنها دلالت بر وجود بدیل‌های دیگری دارد. مدلهای مختلفی مطرح شد تا شرح داده شود، چگونه تصمیمات خردمندانه فردی به رفتار گله‌ای منجر میگردد. این مدلها در مورد وضعیتهای مختلف سیاسی، اجتماعی و اقتصادی بکار رفته و شامل انتخاب محصول، سرمایه‌گذاری، رای دادن، انتخاب باروری، حرکتهای سیاسی، مد، هوس‌های زودگذر (fads) و تغییرات فرهنگی میشود. به ویژه در وضعیت انتخاب های متوالی که افراد، تحت تاثیر عمل تصمیم‌گیرندگان اولیه و مکانیسم‌های بازخورد مثبت قرار می گیرند و موجب ایجاد اثر آبشاری در آنها میگردد. چرا که معمولا برای تصمیم‌گیرندگان جدید مناسب است که رفتار افراد قبلی را بررسی و تعقیب کنند، بدون اینکه لازم باشد در مورد اطلاعات و ترجیحات خصوصی او چیزی بدانند.

تعدادی از مکانیسم های بازخورد مثبت، شناسایی و مورد بحث قرار گرفته است. در بسیاری از موارد مکانیسم های چندگانه ممکن است موجب بروز اثر آبشاری شود. در یک مطالعه بر روی انتخاب تکنولوژی نشان داده شد که خارجی بودن یک شبکه (network externality) و تاثیر پذیری از رفتارهای غیر بومی، موجب بازخورد مثبت شده است و قبول گسترده یک تکنولوژی منفرد، هزینه ی مربوط به فقدان سازگاری بین تکنولوژیهای مختلف را کاهش داده است. این مسئله موجب میشود که تکنولوژیهای قبلی قفل کنند و حتی اگر سطح بالاتری داشته باشند، نتواند به صورت آلترناتیو در بازار مجددا مطرح گردند. یکی از نمونه‌های آن طراحی کیبوردهای qwerty است. افزایش سرمایه‌گذاری در یک تکنولوژی مشخص منجر به پیشرفت آن تکنولوژی میشود و قیمتها را کاسته و عملکرد را بهبود می‌بخشد. همچنین افزایش تولید به دلیل اقتصاد مقیاس، موجب کاهش هزینه هر واحد میشود و این مکانیسمها موجب سرمایه‌گذاری بیشتری در تکنولوژی به هزینه تکنولوژی‌های بدیل میگردند. یک مثال شاخص، قبول اتوموبیل های گازوئیل سوز در برابر اتوموبیل هایی بود که با قدرت بخار کار میکردند که نمونه بارز خارجی بودن قیمت و کارآیی (price and performance externality) از نقطه نظر عموم بود. مثال دیگر پیروزی میکروکامپیوتر در برابر مینی‌کامپیوتر و مین‌فریم بود. بطور کلی هماهنگی در تاثیر پذیری از مفاد خارجی (coordination externality) ممکن است منجر به بسیاری از وضعیتهای تصمیم‌گیری شود، که پیاف هر فرد تحت تاثیر عمل دیگرانی قرار گیرد که با او در تعامل هستند. اینها شامل عمل دسته جمعی (collective action) از قبیل تظاهرات سیاسی و معمای اجتماعی شامل معمای زندان می‌باشد.

بیشترین مکانیسم‌های بازخورد مثبت، در حوزه ی منابع مرور شده آبشارهای اطلاعاتی دیده میشود. مدل "آبشار اطلاعاتی"(informational cascade) شرایطی را توصیف میکند که افراد باید از بین چندین بدیل، دست به انتخاب بزنند و یکی از آنها به صورت موضوعی درست است (و لذا اگر اطلاعات کامل و درستی در مورد آن داده شود،

توسط تمامی افراد ترجیح داده میشود). از طرفی هر فرد، تنها جزئی از اطلاعات را دارد (partial information) که به صورت یک سیگنال پر سروصدا، همبستگی مثبتی با انتخاب صحیح دارد و هر کس باید بر اساس سیگنال‌های فردی خود و نیز مشاهداتش از انتخاب دیگران دست به انتخاب بزند. در انتخابهای متوالی، آبشار اطلاعاتی زمانی بوجود می‌آید که برای افراد (که عمل تصمیم‌سازان قبلی را مشاهده کرده) مناسب است که از افراد قبلی و پیشین تبعیت کنند، بدون اینکه به اطلاعات فردی خود توجهی داشته باشند. در نتیجه تصمیم افراد در یک آبشار، حامل اطلاعات جدیدی نیست و به همین دلیل هر تصمیم‌ساز جدید (که با یک وضعیت تصمیم یکسانی معرفی میشود) نیز اطلاعات خود را مورد غفلت قرار داده و دنباله رو گله میشود. بنابراین یکی از مهمترین نتایجی که در ادبیات گله‌ای دیده میشود، تظاهر قدرت آبشار اطلاعات در القا، تطابق و همنوایی است: در برخی مدلها، آبشار اطلاعاتی همیشه فرا خواهد رفت و جز مواردی که آبشار توسط شوک خارجی (مثل رها شدن اطلاعات عمومی) درهم شکسته شود، ادامه خواهد یافت تا به طور نامحدودی رفتار انطباقی و همنوایی نشان دهد.

الف. آبشار اطلاعاتی در برابر آبشار اشتهاری (reputational cascade)

آبشار اطلاعاتی برای توصیف طیف وسیعی از پدیده‌ها از جمله سرمایه‌گذاری در بازارهای مالی، مد، فساد و تغییرات فرهنگی بکار میرود. در مورد برخی از این پدیده‌ها، مدل آبشار اطلاعاتی به وضوح مناسب است: برای مثال در آزمایشی، افراد می‌بایست به نوبت حدس بزنند (بر اساس اطلاعات جزئی) که از کدام گلدان یک توپ بیرون خواهد آمد. همچنین در ادبیات سرمایه‌گذاری، سوال این است که یک شرکت چه عملی انجام دهد تا سود خود را به حداکثر برساند: بنابراین یکی از انتخابها به طور موضوعی یا آبجکتیو درست است و بازیگرها باید از اطلاعات مهیا شده توسط انتخاب دیگر بازیگران استفاده کنند و احتمال اتخاذ بهترین انتخاب خود را به حداکثر برسانند. البته در دیگر مثال های مربوط به رفتار گله‌ای (همچون انتخاب محصول)، انتخاب صحیح یک امر سوبجکتیو است و ممکن است، از فردی به فرد دیگر تفاوت کند. مثال مرکزی ما در این مورد (انتخاب بین دو مارک تجاری نوشیدنی) است. انتخاب مناسب هر فرد، هم به ترجیح خصوصی او، و هم به میل او برای انتخاب مارک مورد علاقه عموم بستگی دارد. بدیهی است که در این شرایط انتخاب سوبجکتیو، این آبشار اطلاعات نیست که عمل میکند، بلکه مکانیسم بازخورد مثبت دیگری است که دارای اثرات آبشاری است. بسیاری از این مکانیسم‌های بازخورد مثبت را میتوان تحت عنوان اثرات اشتهاری طبقه‌بندی کرد: اثری که ناشی از قبول یا رد دیگران است. علایق اشتهاری ممکن است اثر عظیمی روی تصمیم‌گیری ها داشته باشد و بتواند افرادی را بوجود آورد که اغلب اوقات بر خلاف ترجیح خصوصی خود تصمیم بگیرند. پدیده‌ای که انحراف ترجیحات (preference falsification) نام دارد.

برای مثال نشان داده شده است که اثر اشتهاری ممکن است موجب شود که مدیران سرمایه‌گذاری از کل تبعیت کنند، حتی اگر معتقد باشند که اگر به نحو متفاوتی عمل نمایند سود بیشتری عاید آنها خواهد شد. برخی اثرات اشتهاری مستقیم هستند: جوامع یا افرادی هستند که ممکن است انحراف از یک نورم مستقر را مجازات کنند و این کار را با شدت های متفاوتی انجام دهند. از عدم رضایت ساده و بیان کلمات و عبارات منفی گرفته تا مجازاتهای سختی از قبیل شکنجه و مرگ. همچنین چسبیدن به یک نورم ممکن است، منجر به تایید و یا حتی پاداش درست و حسابی گردد. در بسیاری از موارد، نورم‌ها و رسومات به اندازه کافی داخلی شده‌اند که انحراف از نورم، حتی در غیاب حکم و فتوای رسمی باعث تنش هیجانی شدید گردد و حتی در مواردی که هیچگونه نورم اجتماعی مستقر مشخصی وجود ندارد و نه مجازات و نه پاداشی در میان است (مثل مورد نوشیدنیها)، افراد تمایل دارند که از ترجیح اکثریت تبعیت نمایند. یکی از دلایل این امر ارتباط روانی قوی بین اشتهار و ارزش درک شده از نظر افراد است: افراد اغلب از انتقاد و رد شدن در اجتماع ترس قوی دارند و حتی عدم رضایت ملایم توسط یک گروه هم‌شأن آنها منجر به ایجاد خسارت شدید به احترام فردی (self-esteem) آنان میشود.

البته غیر ممکن است که یک تصمیم برای تمام افراد مطلوب باشد. ترجیحاتی که برای یک فرد یا گروه قابل قبول است، ممکن است برای گروه دیگر غیر قابل قبول باشد. به همین دلیل تصمیم‌سازان باید بین اثرات اشتهاری منتج از تایید، و عدم تایید بسیاری از منابع، تعادل بر قرار کنند. برخی مطلوبیت اشتهاری را به عنوان پیاف خالص ایجاد شده توسط مجموعه فتاوی مثبت، و منفی برای حفظ آن ترجیح تعریف کرده‌اند. در نتیجه اثرات اشتهاری نه تنها ممکن است، به ترجیح اکثریت بستگی داشته باشد، بلکه به اندازه و سایز اکثریت نیز ارتباط داشته باشد: یک فرد ممکن است مخالف یک اکثریت ضعیف باشد، در حالیکه وقتی همان عمل توسط اکثریت بزرگتری تایید شد، از آن تبعیت کند. در مواردی که گروه‌ها دارای قدرت و پرستیژ متفاوتی هستند، لازم است این اختلاف در نظر گرفته شود. یک گروه اجتماعی غالب بر روی نورم‌های جامعه اثر معنی‌دار و قابل ملاحظه دارد، حتی اگر نسبت کوچکی از جمعیت را به خود اختصاص داده باشد.

ب. آبشارهای ضعیف در برابر آبشارهای قوی

در منابع مطالعاتی، اثرات آبشاری را اصطلاحا تحت عنوان مکانیسم‌های اولیه بازخورد مثبت بیان می‌کنند: بنابراین آبشار اطلاعاتی در نتیجه ی اثر اطلاعات، و آبشار اشتهاری در نتیجه ی اثر اشتهاری است، و به همین ترتیب ما میتوانیم آبشار شبکه‌ای، آبشار قیمت و آبشار فراهمی (networking, price and availability cascade) را نام ببریم. در خصوص مدل رسمی ما از اثرات آبشاری، علاقه اصلی ما، مکانیسم بازخورد مثبت نیست، بلکه اثری است که تولید میکند: چگونه عاملین ترجیحات خصوصی خود را با درک خود از توزیع این ترجیحات در جامعه ترکیب میکنند تا به یک تصمیم برسند؟

به همین دلیل دو نوع آبشار قوی و ضعیف را مطرح میکنیم. آبشار قوی زمانی است که ترجیح خصوصی یک عامل نسبت به ترجیح دیگران وزن میشود و آبشار ضعیف زمانی اتفاق می‌افتند که ترجیح خصوصی فرد نسبت به ترجیح جامعه به طور کلی وزن میگردد. این دو نوع آبشار در دراز مدت رفتارهای متفاوتی دارند: در آبشار قوی وقتی تصمیم تعداد زیادی از افراد دیگر مشاهده شد، ترجیح خصوصی عامل مورد نظر تحت تاثیر اطلاعات تصمیمات گذشته او به طور مطمئنی از بین میرود. بنابراین آبشارهای کلی (total cascade) رخ میدهد: نقطه‌ای وجود دارد که پس از آن هر فردی تابع گله میشود و در نتیجه (در حد یک جمعیت محدود) نسبت افراد تابع گله به سمت عدد ۱ می‌رود. در آبشارهای ضعیف تعداد تصمیم‌سازان قبلی از اهمیتی برخوردار نیست ولی توزیع درک شده ترجیحات در جمعیت از اهمیت برخوردار است. به همین دلیل افراد بسته به قدرت ترجیح خصوصی خود و در مقایسه با اندازه اکثریت، دست به انتخاب‌های متفاوتی میزنند. همانگونه که در بالا اشاره شد برخی افراد اگر معتقد شوند که اگر نورم توسط اکثریت و تقریبا تمامی افراد تبعیت میشود از نورم تبعیت میکنند، ولی اگر اقلیت معنی‌داری نیز به انتخاب همین نورم برخیزد، آنها از نورم فاصله می‌گیرند. در نتیجه آبشار جزئی (partial cascade) بوجود می‌آید و در دراز مدت نسبت افرادی که از نورم تبعیت میکند، به موازات اینکه جمعیت بزرگ میشود، به احتمال کمتر از ۱ منحرف خواهد شد. به بیان دیگر در یک آبشار ضعیف هر فردی که اعتماد او به عقیده عمومی به اندازه کافی بالا است ،دنباله‌رو گله میشود ولی دیگر افراد ممکن است از گله فاصله بگیرند: نتیجه دراز مدت آبشار، تابع توزیع وزن عقیده عمومی در جمعیت است. واضح است که آبشارهای قوی را راحت‌تر میتوان تجزیه و تحلیل کرد و بخش عمده منابع مطالعاتی بر روی آبشار قوی کار کرده‌اند. مدل ما بر روی آبشار ضعیف است، ولی در مورد آبشار قوی نیز بکار میرود. به همین دلیل بسیاری از مدلهای آبشار قوی را که تاکنون مطرح شده‌اند، میتوان به عنوان نمونه خاصی از مدل ما مطرح کرد.

یک از مثالهای آبشار قوی، مثال آبشار اطلاعاتی بانرجی (۱۹۹۲) است که در آن مادامی که کل اطلاعات انتخابهای افراد پیشین بر اطلاعات خصوصی او بچربد، وی به تبعیت از گله ادامه خواهد داد و در نتیجه آبشار کل صورت

میگیرد. اگر چنانچه هر فرد دارای اطلاعات دقیق مشابه باشند، اطلاعات خصوصی فرد نسبت به تصمیم مشاهده شده یک فرد منفرد دیگر وزن شده و اگر افراد اعتماد بیشتری به اطلاعات خود در مقایسه با اطلاعات دیگران داشته باشند، در این صورت اطلاعات فرد در مقایسه با اطلاعات دیگران از وزن بیشتری برخوردار خواهد شد.

مثال دوم از آبشارهای قوی، آبشار اشتهاری بیچیری و فوکوئی (۱۹۹۹) است. در این مورد تمامی افراد نسبت به عقیده عمومی بسیار حساس هستند: افراد از ترجیح اکثریت (اگر وجود داشته باشد) تبعیت میکنند، بدون اینکه به اندازه اکثریت توجهی داشته باشند. بنابراین ترجیح خصوصی افراد در تعیین ترجیح اکثریت به صورت یک رای به حساب می‌آید. این مدل میتواند تعمیم داده بیاید و افرادی را شامل شود، که وزن زیادی برای ترجیح خصوصی خود قائل هستند. در این حالت آبشار اشتهاری از نظر رسمی خیلی شبیه مدل آبشار اطلاعاتی میگردد، و وزن ترجیح خصوصی با دقت اطلاعات خصوصی ربط پیدا میکند: در واقع اگر هدف استنباط باشد، میتوانیم آنرا به عنوان یک آبشار اطلاعاتی بنگریم و نتیجه، تبعیت از ترجیح اکثریت است.

سومین و آخرین مثال از آبشار قوی توسط آرتور (۱۹۸۹) در مورد بیگانگی قیمت و عملکرد ارائه شد. اقتصاد مقیاس و بهبود به دلیل پیشرفت تکنولوژی، نوعا تحت تاثیر تولید کل تکنولوژی است و نه نسبت نسبی آن در جمعیت. بنابراین اگر تکنولوژی به اندازه کافی قابل اعتماد و ارزان باشد، تقریبا هر کسی ترجیح میدهد که آنرا در برابر بدیلهای دیگرش انتخاب کند و در نتیجه آبشار کل روی خواهد داد. مدل آرتور نیز همین را نشان میدهد که در آن، وقتی یک تکنولوژی جا می‌افتد، تقریبا همه افراد از این تکنولوژی جا افتاده استفاده میکنند.

واضح‌ترین مثال آبشار ضعیف، آبشار اشتهاری با شرایط بدون یک نورم اجتماعی واضح، و شرایط بدون فتوی قوی است، که در مورد مثال مرکزی نوشابه اشاره کردیم. در این مورد هر فرد یا گروه ممکن است علاقه و ترجیحات متفاوتی داشته باشد و تصمیم‌سازان باید توزیع این ترجیحات را در کل جمعیت بدانند و در نظر بگیرند. در چنین مواردی وجود یک اقلیت کوچک برای اینکه افراد بر خلاف ترجیح خصوصی‌شان دست به انتخاب بزنند، کافی نیست و وجود یک اکثریت بزرگ میتواند افراد را به سوی گله براند. به طور کلی آبشارهای ضعیف ممکن است در نتیجه انواعی از اثرات هماهنگی (coordination effect) برآیند که در آن مطلوبیت، از طریق عمل و یا ترجیحات موافق با دیگران افزایش یابد، و با عمل و ترجیحات مخالف دیگران کاهش پیدا کند. در این صورت مطلوبیت کل حاصل از اثر هماهنگی، به صورت جمع مطلوبیت‌های موافقت و مخالفت با افراد دیگر محاسبه شده و توسط احتمال موافقت/مخالفت وزن می‌گیرد. اثر هماهنگی ممکن است در نتیجه مطلوبیت مربوط به افزایش یا کاهش محبوبیت (reputation) بوجود آید، ولی ممکن است روشهای دیگری نیز روی آن اثر بگذارند. یک مثال، آبشار شبکه‌ای کاتز و شاپیرو (۱۹۸۶) است. در این مورد پیاف‌ها در نتیجه مشهوریت و محبوبیت نیست، بلکه به دلیل قابلیت انطباق (compatibility) است: انتخاب تکنولوژی‌های یکسان اجازه برقراری ارتباط و تعامل آسان‌تر بین فرآوران این تکنولوژی‌ها می‌باشد، در حالیکه انتخاب تکنولوژیهای متفاوت و غیر منطبق ممکن است تعاملات سودمند متقابل را با سختی مواجه ساخته و حصول به آن را غیر ممکن سازد.

پ. عدم کفایت (inefficiency) اثرات آبشاری

آبشارها (گرچه توسط رفتارهای عقلانی افراد شکل بگیرند) ممکن است منجر به برونده غیر موثر و نامکفی شوند. بانرجی (۱۹۹۲) مدلی از آبشار اطلاعاتی ارائه میدهد که دارای تعداد زیادی از انتخابهای محتمله و یک انتخاب صحیح منفرد است. او ثابت میکند که برای هر اندازه‌ای از جمعیت، احتمال اینکه هیچیک از افراد جامعه گزینه درست را انتخاب کند، از احتمال صفر فاصله دارد. دیگران انتخاب‌های باینری را مثال زده و نشان دادند که آبشار اطلاعات موجب میشود که رفتارها به یک انتخاب غلط منتهی شود، زیرا به دلیل تعدد سیگنالهای اطلاعاتی، احتمال آبشار غلط بالا است. دلیل این عدم کفایت این است که آبشارها از تجمع و تکثیر اطلاعات جلوگیری میکنند: وقتی

آبشار راه افتاد، عمل افراد، حامل هیچ گونه اطلاعاتی در مورد سیگنالها و ترجیحات خصوصی آنها نیست و در نتیجه کیفیت تصمیمات بعدی آنها را بهبود نمیدهد. به همین دلیل اگر تصمیات اولیه آنها دارای اطلاعات غلط و گمراه‌کننده باشد، بروز آبشار از نشر اطلاعات صحیح و جدید ممانعت کرده و اثر اطلاعات غلط بر روی تصمیمات آینده را تشدید میکند. همچنین در مثال کاتز و شاپیرو (۱۹۸۹) در مورد انتخاب تکنولوژی، حوادث تصادفی (که توسط مکانیسمهای بازخورد مثبت از قبیل بیگانگی شبکه و بیگانگی قیمت تشدید شده‌اند) ممکن است موجب آن شود که تکنولوژی ضعیف‌تر جا بیافتد و از تکثیر و نمایش تکولوژی های برتر جلوگیری کند.

بیچییری و فوکویی (۱۹۹۹) اثرات آبشاری را مورد استفاده قرار دادند تا ظهور و دوام نورم‌های غیر رایج و بی‌کفایت جامعه را توضیح دهند. نمونه مثالهای چنین نورم‌هایی شامل فساد گسترده و رشوه خواری نهادهای عمومی، رفتارهای آشوب‌گونه اعضای گروه‌های جوانان و نورمهای تبعیض علیه اقلیتها را میتوان نام برد. در تمامی این موارد علیرغم اینکه نورمها توسط اکثریت و حتی گروه‌هایی که به طور فعال در حفظ نورم‌ها میکوشند، ترجیح داده نشده‌اند، ولی به بقای خود ادامه میدهند. چند عامل در حفظ نورم‌های غیر عمومی موثر است: افراد که ممکن است به طور غیر عقلانی آنرا انتخاب کنند و یا در معماهای اجتماعی از قبیل معمای زندان که ممکن است انتخاب فردی عقلانی منتج به یک برون‌ده جمعی ضعیف گردد. البته این مولفین نشان دادند که نورم‌های غیر رایج ممکن است به یک جمعیتی از عوامل و افراد منطقی منجر گردد، حتی در تعاملاتی که در آن هیچ تضاد و تناقضی بین خیر فردی و خیر جمعی وجود نداشته باشد. این زمانی اتفاق می‌افتد که انتخابهای فردی تحت تاثیر ترجیحات دیگران است، ولی توزیع دقیق ترجیحات شناخته شده نیست و باید از طریق مشاهده آن را استنباط کرد. اگر چنانچه رفتاری که یک فرد مشاهده میکند، منعکس‌کننده ی ترجیحات حقیقی جمعیت در کل نباشد، ممکن است تحت تاثیر قرار گرفته و عملی را انتخاب کند که نه توسط خود او و نه در جامعه ترجیح داده نمیشود. در نتیجه دیگران عمل او را مشاهده کرده و انتخاب خود را طبق آن تنظیم میکنند. نتیجه آن یک آبشار منفی (negative cascade) است که در آن اکثریت مردم یک عمل غیر مرجح را انتخاب میکنند. برای مثال در مورد نوشیدنی خود ما، ممکن است یک نفر به جای نوشیدن کوکا، یک پپسی بنوشد، زیرا او دیده است که دیگران پپسی را انتخاب کرده‌اند و او فرض کند که پپسی به طور عمومی توسط مردم انتخاب شده است، در حالی که آن دیگران هم، پپسی را فقط به این دلیل مصرف میکنند که دیگران چنین کرده‌اند، و همین طور تا آخر.

یکی از اهداف ما در این مبحث بررسی احتمال وقوع آبشار منفی و بررسی اندازه اثر این نوع آبشارها در شرایط متفاوت تصمیم‌سازی متوالی است. مدل راه رفتن تصادفی اریب (biased random walk) قادر به چین کاری هست.

ت. مدل ما

هدف ما ارائه مدلی از اثرات آبشاری است که بر اساس تحقیقات بیچیری و فوکوئی (۱۹۹۹) بنا شده و همچنین اغلب مطالعات مربوط به آبشارهای اطلاعاتی و اشتهاری را شامل گردد. همانگونه که در مورد دیگر مدلهای اثرات آبشاری بکار رفته است، مدل کوچکی (micromodel) از رفتار عاملین فردی عقلانی را بررسی کرده و نشان خواهیم داد که منجر به رفتار گله‌ای خواهد شد. همچنین نشان خواهیم داد که رفتارهای گله‌ای اغلب بی‌کفایت هستند، زیرا با احتمال محدود ولی بالایی، اکثریت جمعیت عملی را انتخاب خواهند کرد که مغایر ترجیح خصوصی آنهاست. مثل سایر مدلها فرض بر این است که ترتیب حرکتها متوالی، برونزا و تصادفی است.

هدف ما بررسی شیوع نورم‌های بی‌کفایت و غیر رایج در جامعه در نتیجه اثر آبشاری به طور کلی و آبشارهای منفی به طور خاص است و در این زمینه تحقیق کمی انجام داده‌ایم. البته ما برخی از فرض های ساده‌ساز مدل آنها را رد کرده‌ایم، تا یک مدل کلی‌تر و واقعی‌تر از اثرات آبشاری را در یک جمعیت غیرهمگن ارائه نماییم. اول از همه باید خاطر نشان کنیم که مدل ما محدود به یک مکانیسم بازخورد مثبت (همچون آبشارهای اطلاعاتی یا اشتهاری) نیست،

ولی میتوان آنرا در مورد تمامی این مدلها بکار برد. برای بدست آوردن اثر آبشاری فقط لازم است که دو شرط وجود داشته باشد: انتخاب متوالی با مشاهده انتخابهای پیشین و نوعی از مکانیسم بازخورد مثبت که افراد را تشویق کند که به تبعیت از گله بپردازند. آنگاه سوال اساسی این است که چگونه افراد، مشاهدات خود در مورد انتخابهای قبلی را با ترجیح خصوصی و عقیده پیشین خود ترکیب میکنند. ما یک مدل سلسله مراتبی دو مرحله‌ای را پیشنهاد میکنیم: اول اینکه افراد به منظور ترکیب مشاهدات خود و نیز قبل از اینکه تخمینی از توزیع ترجیحات در جمعیت داشته باشند، از یک استدلال ساده و بایاس (naïve Bayesian)استفاده میکنند. دوم اینکه افراد این برآوردها را با ترجیح خصوصی خود ترکیب کرده و برای اینکار از مدل مطلوبیت اضافی شبیه مدل ترجیح دوگانه کوران (۱۹۹۵) استفاده شده است. بدیهی است که تاکید ما روی آبشارهای ضعیف است زیرا افراد ترجیح خصوصی خود را در برابر توزیع ترجیحات جامعه در کل وزن میکنند ولی مدل را میتوان به راحتی در مورد آبشارهای قوی نیز بکار برد که در مورد آن در بخش ۴-۴ اشاره شده است. از همه مهمتر اینکه در آبشارهای ضعیف لازم نیست هر فرد از جمعیت از ترجیح اکثریت تبعیت کند، ولی به آنها اجازه داده میشود که اندازه اکثریت را در مقایسه با قدرت ترجیحات خصوصی آنها به حساب آورند. این مسئله متفاوت از مدلهای بانرجی (۱۹۹۲)، بیچیری و فکویی(۱۹۹۹) است که در آنها فرض شده است که هر فرد وزن زیادی به عقیده عمومی میدهند و به همین دلیل از اکثریت تبعیت میکنند. در چنین وضعیت‌هایی جای تعجب نیست که آبشار صورت گیرد، ولی در یک سناریوی واقعی که بسیاری از افراد وزن و اعتبار زیادی به عقیده عمومی قایل نیستند، تاکنون مورد بررسی قرار نگرفته است. در این سناریو، مدل ما نشان میدهد که در یک جمعیت بزرگ، آبشارهای جزئی همیشه اتفاق می‌افتد. بعلاوه در بسیاری از موارد این آبشارها ناموثر و بیکفایت خواهند بود: آبشارهای منفی حتی در جمعیتهایی بوجود می‌آید که اکثریت افراد وزن و اعتبار کمی به عقیده عمومی میدهند. البته اثر آبشار متفاوت است و بستگی به اعتباری دارد که افراد برای عقیده عمومی قائل هستند. در برخی موارد آبشارها ممکن است اثرات کوچک و قابل چشم پوشی داشته باشند، در حالیکه در برخی موارد دیگر اثر بزرگی را بر تصمیم‌گیریها بگذارند.

این مسئله ما را به مهمترین جنبه‌های مدل مورد استفاده خودمان در مورد اثر آبشارها نزدیک میکند: احتمال یک جمعیت ناهمگن. علاوه بر داشتن ترجیحات خصوصی متفاوت، افراد ممکن است عقاید متفاوت پیشینی در مورد توزیع ترجیحات جمعیت داشته باشند و ممکن است قبل از اعمال عقیده خود و رفتار دیگر مردمان، تا حد متفاوتی تحت تاثیر ترجیحات خصوصی خود باشند. در نتیجه هر فرد ممکن است برای تبعیت از گله، حد آستانه متفاوتی داشته باشد، در حالیکه حد آستانه وی هم تحت تاثیر تصمیم‌سازان پیشین و هم تحت تاثیر نسبت هر یک از انتخابها باشد. این مفهوم حد آستانه شبیه آن چیزی است که گرانووتر و دیگران (۱۹۷۸، ۱۹۸۳، ۱۹۸۶ و ۱۹۸۸) مطرح کردند. البته مدل ما متفاوت از گرانووتر است و این تفاوت هم از نظر میکرومدل (چگونه حد آستانه مقایسه شود) و هم از نظر ماکرومدل (تجمع انتخاب افراد به سمت ایجاد اثر آبشاری) است. به ویژه اینکه در مدل ما حد آستانه هر عامل در نتیجه ترکیب ترجیحات خصوصی، پیشینه و مشاهدات او به روش مشخص (توسط میکرومدل تعقیب‌کنندگان نورم بی تکلف بایاس) بوجود می‌آید، در حالی که مدل گرانووتر به سادگی، یک توزیع حد آستانه را در میان جمعیت در نظر گرفته و دینامیک آنرا مورد مطالعه قرار میدهد. علاوه بر این، ماکرومدل ما که مبتنی بر تصمیمات متوالی است، یک مدل استوکاستیک است (مدل شده بر اساس راه رفتن تصادفی بایاس)، در حالیکه مدل گرانووتر از مدلهای تعینی است و شامل یک اثر تزایدی ساده (هر فرد زمانی که از حد آستانه عبور کرد، دست به عمل می‌زند) است و مدل‌سازی جمعیتی او از طریق معادلات دیفرانسیل و تفریقی بدست آمده است.

بنابراین تفاوت اصلی مدل ما با آنچه در منابع آمده است، کاربردی بودن آن در جمعیتهای غیر همگن است، یعنی در شرایطی که نه تنها افراد از نظر ترجیحات و عقاید پیشینی با هم تفاوت دارند، بلکه ترجیحات، پیشینه و مشاهدات آنها وزن خاصی میگیرد. در مدل ما یک فرد توسط چهار پارامتر تعریف میشود: مطلوبیت مستقل از نورم او، وزن

عقیده عموم مردم در انتخاب او، وزن مشاهدات او و بالاخره پیشینه او. به این ترتیب بسیاری از مدلهای قبلی یک مورد فرعی از مدل ما هستند، یعنی زمانی که افراد، وزن بالایی به عقیده عموم میدهند، یا وزن بالایی بر مشاهدات خود میگیرند و بالاخره اینکه پیشینه افراد با هم یکسان است.

بنابراین، ما یک مدل انتخاب متوالی از تصمیم‌سازی را ارائه داده و نشان خواهیم داد که اثرات آبشاری از تصمیمات عقلانی فردی بوجود می‌آید. ما تصمیم‌سازان منفرد را به صورت تعقیب‌کنندگان بی تکلف بایاس مدل‌سازی کردیم به طور که عقلانی ولی نزدیک‌بین (myopic) هستند، که از استدلال بایاسی برای ترکیب ترجیحات خصوصی و عقاید قبلی خود با مشاهدات تجربی دیگر عوامل تصمیم‌گیرنده استفاده میکنند. یک تعیقیب‌کننده نورم بی تکلف بایاس، مطلوبیت مورد انتظار یک عمل را به صورت جمع وزن شده مطلوبیت‌های مستقل از نورم (NIU یا Norm-independent utility) و مطلوبیت تابع نورم (Norm-following utility یا NFU) محاسبه میکند. NIU یک عمل مستقل از انتخاب دیگر عاملها است، در حالیکه NFU یک عمل، بستگی به برآورد بایاس فرد از احتمال اینکه عمل او موافق با دیگر افراد انتخاب شده به طور طبیعی باشد، داشته و با آن متناسب است. در صورتی که عدم موافقت بین افراد و عاملها دارای عواقب بالقوه منفی باشد، بهترین منافع فرد اقتضا میکند که اعمالی را انتخاب کند که او معتقد است توسط اکثریت پذیرفته شده است، حتی اگر این اعمال با توجه به علایق و ترجیحات خصوصی او مرجح نباشد، ولی در موارد زیر افراد ممکن است عمل مرجح خود را حتی اگر در مخالفت با دیگران باشد انتخاب نمایند:

الف- اکثریت قابل توجهی وجود نداشته باشد،

ب- رفتارهای مشاهده شده به اندازه‌ای وجود نداشته باشد که بتوان اکثریت را تعریف کرد،

ج- تاثیر عقاید عمومی بسیار پایین باشد.

منابع

- ***Threshold Models of Collective Behavior, Mark Granovetter***, The American Journal of Society, Vol. 83, No. 6
- ***Cascade Effects in Heterogeneous Populations***, Daniel Neill, Rationality and Society, Vol. 17(2)
- ***Activities: Abstractions for Collective Behavior***, Bent Bruun Kristensen, Daniel C.M. Maym Institute of Electronic Systems, Aalborg University
- ***Averages of Norms and Quasi-norms***, A.E. Litvak, V.D. Milman, G. Schechtman
- ***Can Threshold Networks be Trained Directly?***, Guang-Bin Huang, Qin-Yu Zhu, K.Z. Mao, Chee-Kheong, P. Saratchandran
- ***Comparing Robot and Animal Behavior***, Bridget Hallam, Gillian Hayes
- ***Graphical Animation of Behavior Models***, Jeff Magee, Nat Pryce, Dimitra Giannakopoulou, Jeff Kramer
- ***Implementation of Threshold Logic***, Alexander Stokman
- ***Interaction and Intelligent Behavior***, Maja J. Mataric, PhD thesis at Department of Electrical Engineering and Computer Science
- ***Motivated Behavior for Goal Adoption***, Michael Luck, Mark d'Inverno
- ***Threshold phenomena in NK landscapes***, Yong Gao, University of Alberta
- ***Neighborhood-based models for Social Networks***, Philippa Pattison, Garry Robins

تالیف و ترجمه: سعید بیکی (cephexin@secumania.net)

© Secumania Security & Vulnerability Research Lab
www.secumania.net

February 21, 2009