تحقیقات اقتصادی / دورهٔ ۵۰، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۳۹۴ / ص۹۵۸-۹۲۵

اشاعهٔ سواری مجانی توسط بازیکن قدرتمند در ساختار شبکه‌ای

عباد عبادی [۱*]، قهرمان عبدلی [۲]

۱. کارشناس‌ارشد اقتصاد، مدرسهٔ اقتصادی لندن (LSE) ebad.ebadi@ut.ac.ir

۲. دانشیار دانشکدهٔ اقتصاد دانشگاه تهران، abdoli@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱/۲۳، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۷/۱۴

چکیده

تا کنون، در ادبیات اقتصادی، بررسی‌هایی که دربارهٔ همکاری یا سواری مجانی توسط افراد در گروه به وسیلهٔ نظریهٔ بازی‌ها انجام گرفته فقط بر اساس تفکر همسانی بازیکنان گروه استوار بوده است و در بیشترِ موارد نتایج نشان‌دهندهٔ غلبهٔ استراتژی سواری مجانی و تک‌ریختی‌شدن مدل است. در این مطالعه به بررسی سواری مجانی در گروه در صورت ناهمسانی بازیکنان گروه در فضای شبکه‌های اتصالی دنیای کوچک پرداخته شده و از طریق موضوع بازی‌های تکاملی در نظریهٔ بازی‌ها تفاوتِ بازیکنان با تعداد اتصالات و ارتباطات آنان با یکدیگر نشان داده شده است. بازیکنی که در گروه دارای بیشترین ارتباطات باشد قدرت بزرگ نامیده می‌شود. بنابراین، به بررسی استراتژی انتخابی این قدرت بزرگ، با توجه به شرایط و اتصالات مدل، پرداخته شده است. تابع قدرت برای بررسی میزان قدرت بازیکنان در مدل تعریف شده است؛ با این تابعِ قدرت میزان قدرت بازیکن قدرتمندِ گروه تقسیم‌بندی و نتایج ناشی از پیروی از استراتژی سواری مجانی توسط او ارائه خواهد شد. با توجه به میزان ارتباطات قدرت بزرگ و همچنین با توجه به ساختار شبکه‌ای مورد بررسی، اثر سواری مجانیِ قدرت بزرگ در حالت‌های مختلف بررسی می‌شود. از طریق مفاهیم و روش‌های تعریف‌شده در این مطالعه، مطالعهٔ موردی در خصوص بررسی کاهش سقف تولید در صدوشصت‌وششمین جلسهٔ کشورهای عضو اوپک در نوامبر ۲۰۱۴ ارائه می‌شود.

طبقه‌بندی JEL: D71، D85 و F53.

واژه‌های کلیدی: اجلاس اوپک، بازی‌های تکاملی، سواری مجانی، شبکهٔ اتصالی دنیای کوچک، قدرت بزرگ، نظریهٔ بازی‌ها، همسانی.

---

* نویسندهٔ مسئول، تلفن: ۰۹۱۲۴۱۹۶۶۰۴

مقدمه

یکی از موضوعات مهم و حیاتی در زمینهٔ عدالت و تخصیص بهینهٔ منابع و امکانات در اقتصاد، موضوع سواری مجانی است؛ از این رهیافت می‌توان به سیاست‌گذاری و ارائهٔ راهکارهای گوناگون در زمینهٔ عدالت و تخصیص بهینهٔ منابع و امکانات رسید. در ادبیات اقتصادی، موضوع سواری مجانی را می‌توان با عنوان مشکل سواری مجانی جست‌وجو کرد. مشکل از این منظر که سواری مجانی افراد در یک گروه، موجب دشواری و سختی در تأمین منابع لازم برای تولید کالا یا خدمت می‌شود یا مسئولیت‌ناپذیریِ افرادِ گروه موجب عملکرد نامناسب گروه می‌شود. مفهوم سواری مجانی اغلب در مباحث مربوط به کالاهای عمومی در ادبیات اقتصادی مطرح می‌شود.

برای حل مشکلات سواری مجانی راهکارهای گوناگونی از جمله دخالت دولت در اقتصاد مطرح می‌شود: در ادبیات کالاهای عمومی سواری مجانی نمونه‌ای از شکست بازار بیان می‌شود، بنابراین، از این مدخل دخالت دولت توجیه‌پذیر خواهد بود.

در مخالفت با دخالت دولت در مقابله با مشکل سواری مجانی، پاسور[1] (۱۹۸۱) بیان می‌کند که دخالت دولت لزوماً موجب عملکرد بهتر در اقتصاد نخواهد شد و این فقط یک قضاوت ارزشی است و پایه و تحلیلی ارزیابی‌شده ندارد. همچنین، وی بر آن است که شکست بازار و مشکل سواری مجانی به گونه‌ای سنتی دخالت دولت را توجیه می‌کند، اما این دخالتِ دولت خود مشکلات بیشتری را همراه خواهد آورد. دولت برای مقابله با مشکل سواری مجانی می‌تواند به شرکت‌ها امتیازات انحصاری بدهد، اما نکتهٔ جالب توجه آن است که برای مقابله با این مشکل انحصارات رخ می‌دهد و بازارهای انحصاری شکل می‌گیرد که خود رد فروض رقابت کامل و گونه‌ای از شکست بازار است. علاوه بر این، شکست دولت حالتی محتمل‌تر و پُرهزینه‌تر از شکست بازار به نظر می‌آید و مشاهده شده که شکست دولت به اندازهٔ شکست بازار رایج است. بنابراین، دخالت دولت نه‌تنها موجب شکست دولت در بخش عمومی می‌شود، بلکه موجب می‌شود تا شرکت‌های خصوصی به گونه‌ای تبعیض‌آمیز در بازار به تولید بپردازند. بنابراین، ارائهٔ سازوکاری به منظور حل مشکل سواری

1. E.C. Pasour

مجانی بدون دخالت عامل بیرونیِ دولت راه حل مطلوبی خواهد بود. در این مطالعه راه حل‌های این موضوع با توجه به ساختار شبکه‌ای جست‌وجو می‌شود.

در این مطالعه سواری مجانی عبارت است از: تخلفِ فرد از قواعد سازمان یا گروهی که در آن قرار دارد. از آنجا که فرد با شرکت‌کردن در فعالیت یک گروه یا عضویت در نهادی موظف به پذیرفتنِ قواعد و قوانین آن نهاد یا گروه می‌شود، مسئولیت‌ناپذیری در گروه، که به نوعی عمل سواری مجانی است، تخلف به‌شمار می‌رود. با توجه به این رویکرد، می‌توان تحلیل‌های صورت‌گرفته در این کار را برای بررسی تخلف اعضای گروه، به جای عمل سواری مجانی توسط اعضای گروه، مطالعه کرد.

در این مطالعه به بررسی سواری مجانی در بازی‌های همکاری پرداخته شده است. وجه تمایز این مطالعه با مطالعات پیشین، که در آن‌ها به بررسی سواری مجانی در بازی‌های همکارانه پرداخته شده است، از این جهت است که در این طرح به ناهمگونی بازیکنان در بازی توجه شده است. به طور مشخص، در این مطالعه حالتی بررسی می‌شود که پُرنفوذترین بازیکنِ گروه به انتخاب استراتژی سواری مجانی اقدام کند. بررسی نتایج و پیامدهایِ انتخابِ این بازیکن قدرتمند مورد توجه این مطالعه است. این ناهمگونی در بازیکنان به وسیلهٔ مدل‌های شبکه‌ای بیان شده است. نتایج نشان می‌دهد پیامد نهایی بازی به میزان قدرت بازیکنی که سواری مجانی را در بازی انتخاب کرده و ساختار شبکه وابسته است.

این مطالعه در شش بخش ارائه شده است: در بخش اول مقدمه و توضیح مختصری دربارهٔ سواری مجانی ارائه و در بخش دوم به ادبیات پیشین دربارهٔ جلوگیری از سواری مجانی در بازی‌های همکارانه پرداخته شده است. در بخش سوم دربارهٔ بازی‌های تکاملی و شبکه‌های ارتباطی توضیحاتی ارائه شده که متدلوژی کار را تبیین می‌کند. در بخش چهارم دستاورد این مطالعه دربارهٔ تعریف قدرت بازیکنان در شبکه و همچنین مثال‌هایی برای تبیین هرچه بیشتر نتایج و ساختار مطالعه ارائه شده است. در بخش پنجم به بیان کاربردِ روشِ بیان‌شده پرداخته شده، که در قالب جلسهٔ کشورهای عضو اوپک در نوامبر ۲۰۱۴ در خصوص کاهش سقف تولید نفت صورت گرفته است. در بخش نهایی نیز نتایج و پیشنهادها ارائه شده است.

ادبیات پیشین

ادبیات مطرح‌شده در خصوص استراتژی سواری مجانی به‌ویژه در زمینهٔ کالاهای عمومی بسیار گسترده است. در این مطالعه سعی شده تا خوانندگان با برخی از مطالعاتِ مهم در این زمینه آشنا شوند و فضایی برای ادامهٔ کار ترسیم شود. نگارندگانِ مطالعهٔ حاضر، همچنین، در این مطالعات به دنبال پاسخِ این سؤال بوده‌اند: «چگونه می‌توان استراتژی همکاری را برای بازیکنان در بازی نگاه داشت؟» از آنجا که روش بررسی این مطالعه به وسیلهٔ مدل‌های شبکه‌ای است، مطالعات مطرح‌شده در این بخش فقط به بیان مسئلهٔ سواری مجانی و فهمِ آن یاری می‌رساند و راهکار پیشنهادی این مطالعه راهکاری جدید در برخورد با مسئلهٔ سواری مجانی خواهد بود.

استروب، دیهل و آباکومکین[1] (۱۹۹۲) در مطالعه‌ای با عنوان «سواری مجانی و عملکرد تیمی در زمینهٔ آموزش» به بررسی عملکرد کار تیمی و نتایج آن در زمینهٔ آموزش دانش‌آموزان پرداختند. آنان به بررسی عوامل مؤثر در افزایشِ بهره‌وری دانش‌آموزان در خصوص یادگیری از طریق عملکرد گروهی و نیز به بررسی عوامل ایجاد مشارکت و عدم عمل سواری مجانی پرداختند. این محققان با تقسیمِ فعالیت‌ها به فعالیت‌های افزایشی، فعالیت‌های مرتبط و فعالیت‌های نامرتبط بیان کردند که فعالیت‌های افزایشی در گروه بهترین نوع فعالیت برای جلوگیری از سواری مجانی است. همچنین، استروب، دیهل و آباکومکین به بررسی عواملِ مرتبط با کاهش سواری مجانی در گروه پرداختند. این عوامل عبارت‌اند از: اندازهٔ گروه، نوع عملکردها و پاداش‌ها، قابلیت شناسایی مشارکت افراد و ویژگی‌های گروه همکاری.

بوکنان[2] (۱۹۶۵)، با بیان سوءاستفاده‌کردن (سوارکار مجانی بودن)، به منظور استفاده از منافع عمومی بدون پرداخت هزینه، به این نتیجه می‌رسد که ترجیحات شخصی افراد موجب می‌شود که افراد سود شخصی خود را بر سود به‌دست‌آمده از بازی همکاری ترجیح دهند که این خود موجب از بین رفتن همکاری در گروه می‌شود. بوکنان بر آن است که ترجیح شخصی افراد مانعِ ایجاد بازی همکارانه می‌شود. همچنین،

1. Stroebe, Diehl & Abakoumkin
2. Buchanan

وی بر آن است که نتیجهٔ بهینه برای افراد عملِ سواری مجانی است، زیرا شخص از تولید کالای عمومی بدون مشارکت در هزینه‌ها لذت می‌برد. همچنین، بوکنان بیان می‌کند که بین اندازهٔ گروه و انگیزهٔ سواری مجانی رابطهٔ مثبتی وجود دارد. به عبارت دیگر، با افزایش اندازهٔ گروه، انگیزهٔ بازیکنان گروه برای عمل سواری مجانی افزایش خواهد یافت.

لاک وود و توماس[1] (۲۰۰۲) به بررسی استراتژی همکارانه در بازی با استفاده از ابزار نظریهٔ بازی‌ها پرداختند. آن‌ها با استفاده از بازی‌های تکراری و استراتژی دست به ماشه برای مجازات تخلف‌کننده تلاش کردند مدلی را برای ایجاد همکاری تبیین کنند. آن‌ها با بررسی بازی‌های همکارانه بین دو بازیکن نتیجه گرفتند که همکاریِ کامل به‌مرور و به‌تدریج امکان‌پذیر است.

باتاگلینی، نوناری و پالفری[2] (۲۰۱۲) در مطالعه‌ای با عنوان «مشکل سواری مجانی: تحلیلی پویا» به بررسی مدل سواری مجانی به صورتِ بی‌نهایت بازیکن پرداختند. باتاگلینی، نوناری و پالفری بین مصرف کالای خصوصی یا مشارکت در کالاهای عمومی به فعالیت پرداختند. این محققان از روش تعادل مارکف برای بررسی عمل سواری مجانی در مدل استفاده کردند. همچنین، آن‌ها در مدل خود به بررسی دو حالت بازگشت‌پذیری و بازگشت‌ناپذیزی سرمایه‌گذاری برای پیشبرد تحلیل‌ها پرداختند. نتایج مطالعهٔ این محققان با توجه به نرخ استهلاک، نرخ تنزیل و بازگشت‌پذیری و بازگشت‌ناپذیزی سرمایه‌گذاری مطرح شده است. همچنین، برخلاف توماس و لاک وود (۲۰۰۲)ـ که به این نتیجه رسیده بودند که در صورت برگشت‌ناپذیربودن سرمایه در کالاهای عمومی به علت محدودکردن استراتژی دست به ماشه برای مجازات تخلف‌کننده به نتایجی با کارایی کمتر می‌رسیمـ باتاگلینی، نوناری و پالفری به این نتیجه رسیدند که این حالت موجب رسیدن به پیامدهایی کارا خواهد شد.

آندرونی و میلر[3] (۱۹۹۰) در مطالعه‌ای با عنوان «آیا مسیرهای تکاملی می‌توانند

1. Lockwood & Thomas
2. Battaglini, Nunnari & Palfrey
3. Andreoni & Miller

سواری مجانی را در تجربیات توضیح دهند؟» به بررسی موضوع سواری مجانی به وسیلهٔ بازی تکاملی با روش الگوریتم یادگیری بر اساس روش تکرارشوندهٔ پویا پرداختند. طبق این روش و الگوریتم، استراتژی‌هایی با عملکرد بهتر تقویت و استراتژی‌هایی با عملکرد ضعیف‌تر و بدتر تضعیف خواهند شد. میلر و آندرونی بر این باورند که این روش می‌تواند راهی برای درک مشاهدات غیرمنتظره در زمینهٔ کالاهای عمومی باشد. آن‌ها در این مطالعه به نتیجه‌ای جالب و غیره‌منتظره دربارهٔ عملکرد سواری مجانی با توجه به اندازهٔ گروه رسیدند. طبق بررسی‌های میلر و آندرونی سرعت اشاعهٔ عمل سواری مجانی یا به عبارت دیگر سرعت تغییر نسبت بیشتری از افراد جامعه به استراتژی سواری مجانی در گروه‌های بزرگ‌تر و گروه‌هایی با نرخ بالای بازدهی مشارکت کمتر است. نتایج مطالعهٔ میلر و آندرونی را می‌توان ذیل دو مورد کلی بیان کرد: روش تکرارشوندهٔ پویا به سواری مجانی منجر خواهد شد و استراتژی‌هایی با کمترین حد مشارکت در کالاهای عمومی جایگزین استراتژی‌های مشارکتی خواهد شد. همچنین، سرعت تعدیل و تغییرات با افزایش اندازهٔ گروه و نرخ بازگشت مشارکت کاهش می‌یابد.

فوروساوا و کونیشی[1] (۲۰۱۱) در مطالعه‌ای با عنوان «همکاری یا سواری مجانی» به بررسی همکاری و سواری مجانی در کالاهای عمومی پرداختند. بازی و مدلی که آن‌ها برای این موضوع طراحی کردند دارای دو مرحله است: در مرحلهٔ اول، بازیکنان دربارهٔ شرکت خود در بازی و گروه همکارانه (در گروه لابی) تصمیم می‌گیرند؛ و در مرحلهٔ دوم شرکت‌کنندگان پیشنهاد و طرح همکاری خود (برای تولید کالای عمومی) را به دولت تسلیم می‌کنند و دولت تصمیم می‌گیرد که چه مقدار کالا بر اساس طرح همکاری پیشنهادشده و هزینه‌های موجود مرتبط با تولید کالاهای عمومی تولید کند. باید ذکر کرد که دولت، به منزلهٔ بازیکن، در این بازی طراحی‌شده نقشی ایفا نمی‌کند، بلکه دولت به منزلهٔ دستگاهی است که پیامد خود را بر اساس طرح همکاری پیشنهادشده به حداکثر خواهد رساند. فوروساوا و کونیشی با تعریف مفهومی با عنوان FRP-Core[2] به بررسی وجود یا فقدان سواری مجانی در گروه‌ها پرداختند و انگیزهٔ اعضای گروه‌ها را

1. Furusawa & Konishi
2. Free Riding Poof Core

برای سواری مجانی بررسی کردند. این دو با بهره‌گیری از روش PCPNE[1] در بازی دومرحله‌ای- که مرحلهٔ اول به شکل‌گیری این گروه همکاری اختصاص داشت- توانستند با برآورده‌کردن شرایط لازم برای Core-FRP به مقولهٔ سواری مجانی کمک کنند تا بتوان از طریق مدل آن‌ها به وجود یا فقدان سواری مجانی در گروه‌ها یا زیرگروه‌های موجود در بازی همکاری پی برد.

مدل سواری مجانیِ قدرت بزرگ

با توجه به ساختارهای شبکه‌های اتصالی، سعی شده است برای جلوگیری از اشاعهٔ استراتژی سواری مجانیِ قدرت بزرگ راهکارهایی با توجه به ساختار مدل پیشنهاد شود پیش از آنکه به تبیین مدل‌ها بپردازیم، برای ارتباط مفاهیم مورد استفاده در این بخش و بخش پیشین به تعریف دقیق‌تر برخی عبارات می‌پردازیم.

در این مطالعه، سواری مجانی به حالتی اطلاق می‌شود که در آن فرد استراتژی عدم همکاری را در بازی همکاری دنبال می‌کند. به عبارت دیگر، سواری مجانی نوعی تخلف از قواعد سازمان یا گروهی است که فرد در آن قرار دارد. از آنجا که فرد با شرکت‌کردن در فعالیت یک گروه یا عضویت در نهادی موظف به قبول قواعد و قوانین آن نهاد یا گروه می‌شود، مسئولیت‌ناپذیری در گروه به نوعی عمل سواری مجانی محسوب می‌شود. از این رو، استراتژی‌های عدم همکاری و خیانتی را که در بازی همکاری تعریف شده است، می‌توان نوعی از استراتژی سواری مجانی در نظر داشت. ذکر این نکته لازم است که ساختار پیامدها در بازی همکاری به شکل معمای زندانی است؛ از این ساختار در تبیین مدل مطالعهٔ حاضر استفاده شده است. از طرف دیگر، در تعریف قدرت بزرگ بیان خواهیم کرد که قدرت بزرگ بازیکنی است که در مدل دارای بیشترین ارتباطات است. در ادامه برای قدرت بازیکنان در مدل با توجه به ارتباطات آن‌ها تعریفی ارائه خواهیم کرد. این تعاریف برای ارائهٔ راهکارها در مدل این مطالعه ضروری است.

برای تبیین قدرت بزرگ یا بازیکن قوی در جامعه، به ارتباط آن بازیکن با سایر بازیکنان توجه شده است. طبق این روش، بازیکنی که دارای ارتباطات بیشتر و قوی‌تر در شبکهٔ

1. Perfectly coalition Proof Nash Equilibrium

ارتباطی است بازیکنی قدرتمند است، زیرا اثرگذاری او بر سایرین بیشتر است و افراد بسیار زیادی تحت تأثیر رفتارهای او قرار می‌گیرند و رفتارِ این افراد وابسته به قدرت بزرگ است. این تعریف بیش از آنکه نشان‌دهندهٔ قدرت بزرگ به واسطهٔ دلایل علّی پیدایش آن باشد تعریفی است مبتنی بر نتایج شکل‌گیری و وجود قدرت بزرگ که خود آثار معلولی به‌شمار می‌روند. به عبارت دیگر، قدرت بزرگ را با کمکِ ارتباطاتی که پس از تبدیل‌شدن به قدرت بزرگ به‌دست آورده است شناسایی می‌کنیم. مثلاً، فردی که دارای پایگاه اجتماعی است مردم بسیاری از تصمیمات او آگاه‌اند و رفتار خود را بر اساس عملکرد او تنظیم می‌کنند، بنابراین، این فرد دارای قدرت اجتماعیِ فراوانی است. می‌توان شخصیت‌های سیاسی، مذهبی و فرهنگی را در هر یک از حیطه‌های مرتبط با فعالیتشان افرادی قدرتمند تلقی کرد. مثلاً، یک روحانی، که بسیاری از مردم از او پیروی می‌کنند و تصمیمات خود را در جهت افکار او تنظیم می‌کنند، به سبب ارتباطات گسترده‌اش با مردم، می‌تواند موجب تغییرات گسترده‌ای شود و عملاً از قدرت اجرایی و عملی بسیار زیادی نیز برخوردار است. این تعریف را می‌توان در حیطهٔ بین‌المللی و ارتباط کشورها در صحنهٔ جهانی نیز مطرح کرد. مثلاً، کشور آمریکا، به سبب ارتباطات گستردهٔ سیاسی و اقتصادی با بیشتر کشورهای جهان، کشوری پُرنفوذ و قدرتمند در جهان تلقی می‌شود. این کشور می‌تواند در سیاست‌های بین‌المللی کشورهای دیگر و تصمیمات آنان مؤثر واقع شود. بنابراین، می‌توان بهره‌گیری از ارتباطات گسترده را عامل و شاخصی برای قدرتمندبودن در نظر گرفت.

طبق تعریفی که از قدرت بزرگ بیان شد، در مدل مورد نظر این مطالعه، بازیکن قدرتمند بازیکنی است که دارای ارتباطات زیاد است یا به عبارتی «عامل دارای ارتباطات قوی» است. از آنجا که تنها تفاوت این بازیکن با سایر بازیکنان در داشتن این ارتباطات است و هیچ‌گونه تفاوت خصوصیتی دیگری در نظر گرفته نمی‌شود، لازم است که از طریق نمونه‌هایی در این زمینه موضوع روشن‌تر شود. رأی‌گیری کشورهای عضو سازمان تجارت جهانی را برای عضویتِ کشور دیگری در نظر بگیرید. کشور آمریکا اگرچه در این عرصه از حق وتو برخوردار نیست، به سبب ارتباطات گسترده و تأثیرگذارش بر بیشتر کشورها، نقش یک قدرت بزرگ را بازی می‌کند. نمونه‌های دیگری از این قبیل را می‌توان در دیگر سازمان‌های بین‌المللی مانند صندوق بین‌المللی پول یا بانک جهانی یافت.

نکتهٔ درخور توجه دیگر نحوهٔ ارتباط دو بازیکن و دو فرد در داخل گروه است. به‌نظر می‌آید که در بیشترِ موارد ارتباط یک فرد قوی و یک فرد معمولیِ دیگر به گونه‌ای است که فرد قدرتمند فقط تأثیرگذار است یا تأثیر خیلی زیادی بر دیگری خواهد گذاشت. نحوهٔ این تأثیرگذاری و قدرت رابطهٔ بین دو فرد یا حتی جهت این تأثیرگذاری را می‌توان به کمک مدل‌های پویا در بازی‌های تکاملی بررسی کرد. با توجه به شرایط مختلف موجود در بازی، می‌توان به بررسی اشکال این ارتباطات پرداخت. ولی در مدل این مطالعه هر ارتباط بین دو بازیکن به صورت دوطرفه است؛ به طوری که هر دو بر هم می‌توانند تأثیرگذار باشند. یعنی همان طور که بازیکن قدرتمند می‌تواند بر بازیکن عادی تأثیر بگذارد، بازیکن عادی نیز قدرت تأثیرگذاری بر بازیکن قدرتمند را خواهد داشت. همان طور که ذکر شد، اگر قدرت بازیکن با ارتباطات او شناسایی شود و این ارتباطات عاملی برای قدرت او باشد، به‌ناچار باید ارتباط بین قدرت بزرگ و بازیکنان دیگر دوطرفه باشد تا قدرت بزرگ بتواند از راه ارتباطاتی که با بازیکنان دیگر دارد خود را تقویت کند. به عبارت دیگر، از آنجا که قدرت بازیکنان گروه در مدل‌های مورد استفاده در مطالعهٔ حاضر از ارتباطات آن‌ها با یکدیگر ناشی می‌شود، این خود نوعی خصوصیت داخلی مدل محسوب می‌شود. بنابراین، این ارتباطات باید عاملی برای قدرت افراد باشد. بدین ترتیب، از این منظر که هر نوع ارتباطی عاملی برای قدرت‌یافتن است، باید شکل ارتباطات را دوطرفه در نظر گرفت. بدین منظور، بررسی مدل‌های شبکهٔ اتصالی برای مدل‌سازی رفتاری قدرت بزرگ مناسب به‌نظر می‌رسد و شرایط لازم را برای بازی فراهم می‌کند.

برای تعیین قدرت بازیکنان در مدل، به تعریف تابعی برای تعیین میزان قدرت بازیکنان با توجه به ارتباطات آن‌ها در مدل نیازمندیم. همان طور که بیان شد، قدرت بزرگ در گروه به وسیلهٔ تعداد ارتباطات او با سایر اعضای گروه معین می‌شود؛ در نتیجه، هر بازیکنی که ارتباطات بیشتری دارد قدرت بزرگ یا بازیکن قوی‌تری شناخته می‌شود. پس قدرت هر بازیکن تابعی مستقیم از تعداد ارتباطات آن بازیکن در گروه است. اگر قدرت بازیکن را با S نشان دهیم و همچنین تعداد اتصالات بازیکنان را با d نشان دهیم، آن‌گاه برای بازیکن i خواهیم داشت:

$$S_i = f(d_i), \frac{\partial S_i}{\partial d_i} > 0 \qquad (۱)$$

طبق تعریف، بازیکن i در صورتی قدرت بزرگ خواهد بود که دارای بیشترین تـأثیر و به عبارتی اتصالات باشد، به عبارت دیگر:

$$\forall i, j \in N, i \neq j : S_i > S_j \qquad (۲)$$

هر بازیکن می‌تواند تعداد اتصالاتی از $[0,1,...,N-1]$ داشته باشد، به عبارت دیگر:

$$d_i \in [0,1,...,N-1] \qquad (۳)$$

باید ذکر کرد از آنجا که در مدل مطالعهٔ حاضر فرض شده است که همهٔ افراد بـا هـم در تقابل‌اند و بر یکدیگر تأثیر می‌گذارند تعداد حداقلیِ اتصـالات یـک اسـت: K.min=1. همهٔ افراد و بازیکنان داخل گروه از آنجا که در بازیِ مشارکت و همکاری قرار گرفتـه‌انـد بر یکدیگر ثأثیرگذارند و پیامدها و مشارکت‌های آن‌ها با یکدیگر مرتبط اسـت. بنـابراین، مجموعهٔ تعداد اتصالات یک بازیکن برای مدل مطالعهٔ حاضر به صـورت معادلـهٔ ۴ تغییـر خواهد یافت:

$$d_i \in [1,...,N-1] \qquad (۴)$$

برای سهولت و از آنجا که نوع ارتباطات را در مدل یکسان فرض کرده‌ایم، مـی‌تـوانیم تابع قدرت را تابعی خطی به صورت $S_i=d_i$ فرض کنیم که در ایـن حالـت قـدرت فقـط و فقط به تعداد ارتباطات بازیکن وابسته است. در این حالت، اگر $d_i>d_j$ باشـد، بـازیکن i از بازیکن j قوی‌تر خواهد بود. و در صورتی که di از سـایر بازیکنـان نیـز بـزرگ‌تـر باشـد، بازیکن i قدرت بزرگ بازی خواهد بود.

پس از تبیین تابع قدرت برای بازیکنان، به بررسی تأثیر این قدرت بزرگ با توجه بـه درجهٔ آن در مدل خواهیم پرداخت. می‌خـواهیم تـابع قـدرت را در مقیـاس واحـد بـرای سادگی بیشتر مطرح کنیم. همان طـور کـه بیـان شـد، اتصـالات بازیکنـان در مجموعـه $[1,2,\ldots,N-1]$ اسـت و Si تـابعی خطـی از di اسـت. اگـر بـازیکن i دارای $N-1$ (بیشترین اتصال موجود در مدل) اتصال باشد، در این صورت بازیکن i بازیکنی با قـدرت کامل است. در نتیجه Si جدید که در مقیاس واحد تعریف شده اسـت در بـالاترین حـد

خود، یعنی یک، قرار خواهد گرفت. برای بررسی در مقیاس واحد تعریف Si را با توجه به درجهٔ بازیکن i به صورت معادلهٔ ۵ بیان می‌کنیم:

$$S_i = \frac{d_i}{N-1} \qquad (۵)$$

در این صورت خواهیم داشت:

$$S_i \in \left[\frac{1}{N-1}, \frac{2}{N-1}, \ldots, 1\right] \qquad (۶)$$

$S_i = 1/(N-1)$ نشان‌دهندهٔ بازیکنی تنها با یک اتصال است که کمترین قدرت را در بازی دارد و $S_i = 1$ نشان‌دهندهٔ بازیکنی با بیشترین قدرت ممکن است. در ادامه مشاهده خواهیم کرد که با توجه به میزان قدرت بازیکن قدرتمند مدل نتایج گوناگونی حاصل خواهد شد.

پیش از آنکه به بیان مدل‌های فرضی برای بیشتر روشن‌شدن تأثیر قدرت بازیکنان در نتیجهٔ نهایی مدل بپردازیم، لازم است به دو نکته دربارهٔ مدل‌های این بخش توجه شود: نخست آنکه دربارهٔ مدل‌ها فرض کرده‌ایم که در ابتدا همهٔ بازیکنان در بازی همکاری استراتژی همکاری را دنبال کرده‌اند. این فرض از آن جهت بنا شده است که می‌خواهیم اشاعهٔ استراتژی سواری مجانی بازیکن با بیشترین ارتباطات را بررسی کنیم. همچنین، در این مدل‌ها فرض بر قاعدهٔ تقلید از همسایه با بیشترین پیامد برای بازیکنان به‌جز قدرت بزرگ در مدل وجود خواهد داشت. از آنجا که هدف از این مطالعه بررسی تأثیر استراتژی انتخابی قدرت بزرگ در ساختار است، شروع تحلیل‌ها با انتخابِ (استراتژی سواری مجانی) قدرتِ بزرگ خواهد بود. می‌توان فرض دوم را این‌گونه بیان کرد که این بازی بازی اطلاعات کامل برای بازیکنان نیست؛ بدین ترتیب، بازیکنان در انتخاب استراتژی‌هایشان به تقلید از همسایگان خود خواهند پرداخت. اما، در مورد قدرت بزرگ بازی فرض بر این است که این بازیکن اطلاعات کاملی دارد. این قدرت بزرگ با استفاده از پیامدهای بازی معمای زندانی، که نشان‌دهندهٔ پیامدهای بازی همکاری است، به انتخاب استراتژی خود خواهد پرداخت و از آنجا که همسایگان این بازیکن استراتژی همکاری را پیش می‌گیرند، این بازیکن به انتخاب استراتژی سواری مجانی اقدام خواهد کرد.

پس از تبیین فروض مورد نیاز برای مدل‌ها، پیامدهای معمای زندانی همراه با مشارکت افراد بیان می‌شود تا با استفاده از این ماتریس پیامدها به بررسی اشاعهٔ استراتژی سواری مجانی در بازی همکاری بپردازیم.

جدول ۱. پیامدهای بازی همکاری با منفعت گروهی مشخص

		استراتژی بازیکن ۲	
		همکاری(C)	سواری مجانی(F)
استراتژی بازیکن ۱	همکاری (C)	Q-z+2a, Q-z+2a	Q-z+a,Q+a
	سواری مجانی(F)	Q+a, Q-z+a	Q, Q

در جدول پیامدهای فوق، منفعتِ استفاده از بازی همکارانه برای افراد Q است. پس هر کس که داخل این بازی قرار بگیرد بدون هیچ‌گونه فعالیتی پیامدی به میزان Q به دست می‌آورد. در نظر می‌گیریم که مشارکت برای هر فرد هزینه‌ای به اندازهٔ z وارد می‌کند؛ در حالی که منفعتی به میزان a برای کل اعضای جامعه به علت مشارکت آن فرد ایجاد خواهد شد. در این بازی استراتژی سواری مجانی را عدم هر گونه مشارکت در بازی در نظر می‌گیریم که فرد فقط از منفعت حاصل از بازی Q یا در صورت مشارکت و همکاری فرد دیگر از منفعت حاصل از بازی و مشارکت فرد دیگر Q+a بهره می‌برد. همان طور که از شکل‌گیری پیامدهای بالا مشخص است، برای برقراری شکل معمای زندانی خواهیم داشت:

$$Q+a>Q-z+2a>Q>Q-z+a \qquad (۷)$$

به ازای همهٔ مقادیر مثبت برای a و $a < z < 2a$ شرایط بالا صدق می‌کند و شکل معمای زندانی برقرار است. با بررسی شرط دیگر برای بازی‌های معمای زندانی به شرایط زیر می‌رسیم:

$$\frac{(Q+a)+(Q-z+a)}{2}<Q-z+2a \qquad (۸)$$

از شرط بالا خواهیم داشت:

$$z < ۲a \qquad (۹)$$

پس همان طور که در معادلهٔ ۷ برای z داشتیم $a < z < ۲a$ است که صحت شرط بالا را نشان می‌دهد. پس به ازای داشتن مقادیر مثبت a و z و با وجود برقراری شرط $a < z < ۲a$ دارای ماتریس پیامدی به شکل معمای زندانی خواهیم بود.

جدول ۱ هنگامی می‌تواند مطرح باشد که در مقیاس کوچک بازی همکاری داشته باشیم: بدین صورت که مشارکت افراد (a) در بازی مؤثر باشد. اما، این پیامدها هنگامی که منفعت حاصل از بازی همکاری به اندازه‌ای بالا باشد که مشارکت یا عدم مشارکت افراد تأثیری در این منفعت نداشته باشد مطرح نیست. کالایی مانند امنیتِ ملیِ کشور را در نظر بگیرید؛ این کالا کالایی عمومی به‌شمار می‌رود. در این حالت پرداخت یا عدم پرداخت یک فرد برای این خدمت نمی‌تواند در منفعت حاصل از داشتن امنیت ملی بر افراد تأثیرگذار باشد. در این حالت پیامدها را می‌توان به صورت جدول ۲ مطرح کرد:

جدول ۲. پیامد بازی همکاری در صورت اثر بسیار کوچک پیامد مشارکتی بازیکنان

		استراتژی بازیکن ۲	
		همکاری(C)	سواری مجانی(F)
استراتژی بازیکن ۱	همکاری(C)	Q-z, Q-z	Q-z,Q
	سواری مجانی(F)	Q, Q-z	Q, Q

در صورتی که این مشارکت اثر ناچیزی داشته باشد، a بسیار کوچک خواهد بود. اما، در این حالت مقدار Z به اندازهٔ a نمی‌تواند کوچک باشد، زیرا زحمتی که هر فرد خواهد کشید و مشارکتی که در بازی انجام می‌دهد، اگرچه در قیاس با کل (کل زحمت‌ها و مجموع مشارکت‌ها) بسیار ناچیز است، برای خود فرد به صورت تکی هزینهٔ زیادی خواهد داشت؛ به طوری که در محاسبات فرد وارد خواهد شد. در این حالت نیز استراتژی سواری مجانی F هم برای بازیکن اول هم برای بازیکن دوم استراتژی غالب خواهد بود و تعادل

نش در استراتژی (F,F) قرار خواهد داشت. در این فرم بازی، استراتژی سواری مجانی استراتژی غالب مدل است که تعادل (F,F) از آن به دست می‌آید.

مدل‌های نمونه‌ای که در این بخش ارائه خواهد شد بر اساس پیامدهای بازی معمای زندانی شکل گرفته است. به عبارت دقیق‌تر جدول ۱ در حالی که مشارکت افراد مؤثر باشد به عنوان پیامدهای تقابل دو بازیکن با یکدیگر در بازی مطرح می‌کنیم (در غیر این صورت جدول ۳ مد نظر خواهد بود). با استفاده از این پیامدها و ساختارهای پیش رو به بررسی اشاعهٔ استراتژی سواری مجانی در مدل‌ها خواهیم پرداخت.

مدل نمونه‌ای را بر پایهٔ پیامدهای جدول ۱ در نظر می‌گیریم و به‌ترتیب Q، a+Z-Q، a۲+Z-Q، a+Q را با پارامترهای S، P، R، T (برای بیان حالت کلی معمای زندانی) نام‌گذاری می‌کنیم؛ به طوری که $S < P < R < T$ است. پس از تبیین این پیامدها، شکل ساختاری مدل را ترسیم می‌کنیم. برای ساختار مدل شکل ساختاری همچون مدل شبکه دنیای کوچک یا مدل شبکه‌های اتصالی را به صورت زیر مد نظر خواهیم داشت (مدل حالتی ما بین شکل تصادفی و قاعده‌مند متناسب با ساختار شبکه‌های اتصالی در نظر گرفته شده تا نمونه‌ای مناسب باشد).

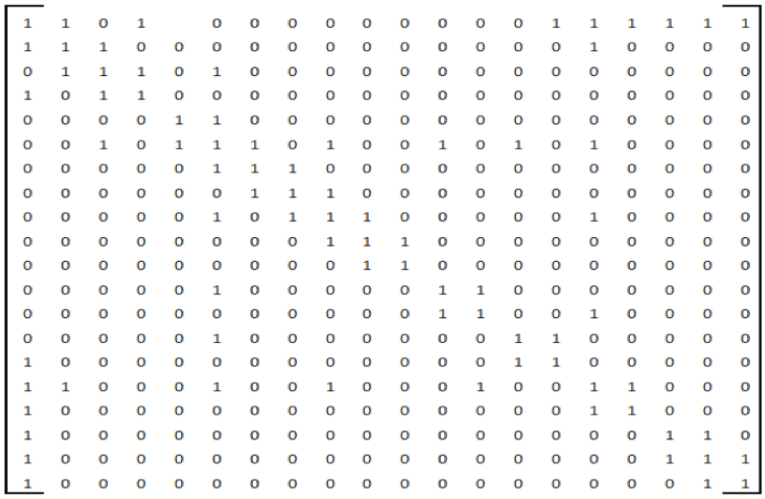
وب[1] (۲۰۰۷) و واتس و استراگتز[2] (۱۹۹۸) به بیان نحوهٔ تشکیل ساختارهای شبکه‌ای پرداختند. با توجه به ادبیات آن‌ها، ماتریس ساختاری مدل این مطالعه ماتریس مربعی ۲۰ در ۲۰ است که در شکل ۱ نشان داده شده است. به کمک این ماتریس اتصالات ساختاری شکل ۲ به وجود می‌آید که از این طریق می‌توان ساختار شبکه‌ای را رسم کرد. این ماتریس نشان‌دهندهٔ روابط بازیکنان در مدل است، که در ادامه به آن خواهیم پرداخت: به کمک ماتریس ساختاری قادر به رسم شکل شبکه خواهیم بود. البته، شکل ۲ حالت نهایی بازی و استراتژی بازیکنان را با توجه به ساختار ماتریسی مذکور و در حالت سواری مجانی قدرت بزرگ نشان می‌دهد که در آن تعداد بازیکنان برابر ۲۰ است (N=۲۰). این شکل نشان‌دهندهٔ بازی در دور آخر آن است که بازیکنان پس از چند دوره تقابل با یکدیگر به این ساختار باثبات دست یافته‌اند. شعاع تأثیرپذیری

1. Webb
2. Watts & Strogatz

و تأثیرگذاری برابر r=۱ است: یعنی بازیکنان فقط از همسایگان خود به صورت مستقیم تأثیر می‌پذیرند یا بر آن‌ها تأثیر می‌گذارند.

در شکل ۲ نقاط مشکی نشان‌دهندهٔ بازیکنان با استراتژی سواری مجانی و نقاط سفید مبیّن بازیکنان با استراتژی همکاری است. همان طور که از ماتریس ساختاری و همچنین شکل ۲ مشاهده می‌شود، بازیکن ۱ قدرت بزرگ نسبت به بازیکنان و نه نسبت به گروه است (در ادامه این دسته‌بندی را برای نتیجه‌گیری این مطالعه توضیح خواهیم داد). از آنجا که $d_1 = 8$ و $S_1 = 8/19$ است، اتصالات و نحوهٔ ارتباط بازیکنان با این قدرت بزرگ هم در ماتریس ساختار هم در شکل نشان داده شده است. پس از بازیکن ۱، بازیکن ۶ با داشتن ۷ ارتباط با سایر بازیکنان $d_6 = 7$ و قدرت $S_6 = 7/19$ بازیکنِ قویِ دوم و بازیکن ۱۶ با داشتن ۶ ارتباط بازیکن مؤثر سوم است. سایر بازیکنان نیز به همین نحو از جهت تقسیم‌بندی قدرت طبقه‌بندی خواهند شد. استراتژی اولیهٔ بازیکنان همگی بدین شکل است که همهٔ بازیکنان نخست دارای استراتژی همکاری‌اند. پس از تبیین چارچوب ساختار مدل، به بررسی تقابل بازیکنان و روند تکاملی آن‌ها در مدل می‌پردازیم.

قاعدهٔ بازی در این چارچوب قاعدهٔ تقلید از بهترین همسایه است. طبق این قاعده، اگر بازیکنی از همسایگان مجاور خود پیامد کمتری کسب کند، به تقلید از استراتژی همسایه‌ای که بیشترین پیامد را کسب کرده و در مجاورت و همسایگی او قرار دارد خواهد پرداخت. از منظر این قاعده، بازیکنان می‌توانند در استراتژی انتخابیِ سایر بازیکنان تأثیرگذار باشند و قدرت بزرگ بازی می‌تواند استراتژی خود را در طول مدل گسترش دهد. با استفاده از قاعدهٔ تقلید از بهترین همسایه، از آنجا که قدرت بزرگ دارای ارتباطات و همسایگان فراوانی است، می‌تواند بر سایر بازیکنان اثر بگذارد. در نتیجه، عامل اثرگذاری و جریان این اثر را به سبب پیروی بازیکنان از استراتژی بهترین همسایه می‌دانیم.



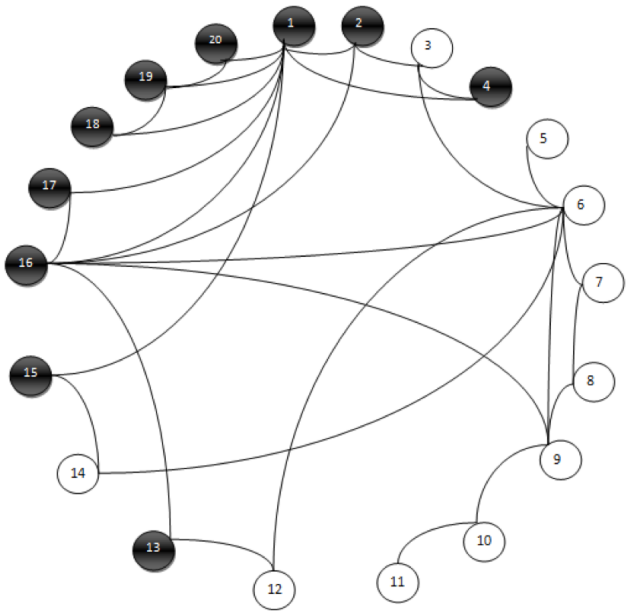
شکل ۱. ماتریس ساختاری مدل شبکه‌ای

از آنجا که تفاوت میان بازیکنان را می‌توان از تعداد ارتباطات آن‌ها در شبکه جست‌وجو کرد، از این رهیافت بازیکنی که دارای ارتباطات بیشتری (بازیکن قوی یا قدرت بزرگ) است با سایر بازیکنان متفاوت خواهد بود. به علت آنکه این قدرت بزرگ دارای بیشترین ارتباطات در شبکه است، این قدرت بزرگ همسایه با بالاترین پیامد برای سایر همسایگان خود خواهد بود. البته، این بدان معنا نیست که بازیکن با بیشترین پیامد در گروه باشد، ولی در انتها بهترین همسایه برای همسایگان خود خواهد بود. اگر قدرت بزرگ بیشترین پیامد را در بین همسایگان خود داشته باشد، به سبب آنکه همسایگان بیشتری دارد، می‌تواند تأثیر بسیار زیادی در شبکه بگذارد. بنابراین، قدرتِ بزرگ کلیدی‌ترین بازیکنِ شبکه است و در شبکه بسیار زیاد تأثیرگذار است. باید توجه کرد که علت اصلیِ اثرگذاریِ قدرت بزرگ و پیروی از استراتژی او در طول شبکه فقط به علت پیروی از قاعدهٔ تقلید از بهترین همسایه خواهد بود، در غیر این صورت، یعنی تقلیدنکردن از همسایه، قدرت بزرگ اثرگذاری خود را از دست خواهد داد.

در اینجا برای روشن‌ترشدن مفاهیم به‌کاررفته در عبارت پیشین لازم است بیان کرد که منظور از همسایگان یک بازیکن در مدل سایر بازیکنان مرتبط با آن بازیکن است. بدین

منظور، هنگامی که شعاع تأثیرپذیری و تأثیرگذاری در مدل یک باشد، همسایگان یک بازیکن فقط آن دسته از بازیکنانی خواهند بود که ارتباط مستقیم با بازیکن مورد نظر دارند.

حال با توجه به شرایط بیان‌شده برای مدل نمونه‌ای مطالعهٔ حاضر به تحلیل پویای این مدل نمونه‌ای اقدام خواهیم کرد. نخست فرض می‌کنیم که همهٔ بازیکنان موجود در گروه استراتژی همکاری را دنبال می‌کنند. از آنجا که می‌خواهیم آثار استراتژی سواری مجانی قدرت بزرگ را در گروه بررسی کنیم، فقط بازیکن ۱، که قدرت بزرگ در این مدل نمونه‌ای است، استراتژی خود را از همکاری به سواری مجانی تغییر خواهد داد. با تغییر استراتژی قدرت بزرگ (بازیکن ۱)، از آنجا که او بیشترین پیامد را دارد (پیامدی برابر $8T$ در مرحلهٔ اول بازی که بالاترین پیامد ممکن در ساختار است)، همسایگان او بازیکنان ۲ و ۴ و ۱۵ و ۱۶ و ۱۷ و ۱۸ و ۱۹ و ۲۰ در مرحلهٔ بعدی استراتژی خود را همانند بازیکن ۱، یعنی استراتژی سواری مجانی، تغییر خواهند داد.



شکل ۲. شکل نهایی بازی هنگامی که قدرت بزرگ شمارهٔ یک استراتژی سواری مجانی را انتخاب کرده است. N=20, r=1, S.max= 8/19

در اینجا تقابل استراتژی در مرحلهٔ دوم بازی برای بازیکن ۱۶ جالب توجه است. بازیکن ۱۶، در حالی که بازیکن ۱ در همسایگی او قرار دارد و عمل سواری مجانی را پیش گرفته، به همکاری می‌پردازد و پیامدی به اندازهٔ $(Q-Z+a)+5(Q-Z+2a)$ کسب خواهد کرد. با استفاده از پارامترهای کلی تعریف‌شده، این پیامد به اندازهٔ 5R+ S خواهد بود. از آنجا که بازیکن ۱ بیشترین پیامد ممکن را در بازی داراست، هر بازیکنی که در همسایگی او قرار دارد، اگر استراتژی‌ای مغایر با استراتژی او داشته باشد، ناگزیر خواهد بود که استراتژی خود را هماهنگ با استراتژی بازیکن ۱ تغییر دهد. وضع بازیکن ۱۶ نیز، که قوی‌ترین بازیکن در همسایگی بازیکن ۱ است، بدین صورت خواهد بود:

$$\text{پیامد بازیکن ۱}=5(Q+a)=8T>S+5R=(Q-Z+a)+5(Q-Z+2a)=\text{پیامد بازیکن ۱۶}$$

مشاهده می‌شود که در این حالت بازیکن ۱۶ طبق قاعدهٔ تقلید از بهترین همسایه استراتژی سواری مجانی را برخواهد گزید. در مرحلهٔ بعدی، پس از آنکه قدرت بزرگ (بازیکن ۱) بر همسایگان خود اثر گذاشت، بازیکن ۱۶، که در مرحلهٔ دوم بازی استراتژی خود را به سواری مجانی تغییر داده بود، این بار با تأثیرگذاری بر بازیکن ۱۳ـ که در حالت همکاری پیامدی به میزان S+R به علت داشتن دو همسایه با استراتژی‌های سواری مجانی (بازیکن ۱۶) و با استراتژی همکاری (بازیکن ۱۲) به‌دست آورده است‌ـ موجب می‌شود بازیکن ۱۳، که پیامد کمتری از بازیکن همسایهٔ خود به‌دست آورده، از استراتژی بازیکن ۱۶ تقلید کند و به سواری مجانی در دور بعدی بازی مبادرت ورزد. در مرحلهٔ دوم بازی، بازیکن ۱۶، که عمل سواری مجانی را انتخاب کرده است، پیامدی به میزان ۳R + ۳T در این مرحله خواهد داشت که بیش از استراتژی بازیکن ۱۳ است. بنابراین، موجب تغییر استراتژی بازیکن ۱۳ خواهد شد (S+R<3P+3T).

در مرحلهٔ بعدیِ بازی، تقابل دو استراتژی سواری مجانی و همکاری در بازیکنان ۳ و ۹ بسیار مهم است و برای ادامهٔ بازی و بقای استراتژی همکاری نقش کلیدی خواهد داشت. اما، پیش از آن باید به پیامد بازیکن ۶، به منزلهٔ قدرت دوم در بازی، توجه کنیم تا تقابل استراتژی‌ها را در بازیکنان ۳ و ۹ بهتر درک کنیم.

بازیکن ۶، با داشتن ۷ ارتباط، پیامدی به اندازهٔ S+۶R خواهد داشت که از قرارگیری در کنار شش همسایه (بازیکنان ۳ و ۵ و ۷ و ۹ و ۱۲ و ۱۴) با استراتژی‌ای همچون استراتژی خود او یعنی همکاری و یک بازیکن با استراتژی عدم همکاری و سواری مجانی (بازیکن ۱۶) این پیامد شکل می‌گیرد. اگر پیامد بازیکن ۱۶ـ که در همسایگی بازیکن ۶ قرار دارد و استراتژیِ متفاوتی با او داردــ از پیامد بازیکن ۶ بیشتر باشد، بازیکن ۶ استراتژی خود را تغییر خواهد داد. در غیر این صورت، استراتژی همکاری خود را حفظ خواهد کرد. بنابراین، بازیکن ۶ استراتژی همکاری را ادامه خواهد داد اگر:

= پیامد بازیکن ۱۶

پیامد بازیکن ۶ $= ۳(Q+a)+۳Q = ۳T+۳P > S+۶R = ۶(Q-Z+a)+(Q-Z+۲a)$

$Q+۱۰a > ۷Z$

از آنجا که نشان دادیم که $۲a > Z > a$، در نتیجه باید $۴a < Q$ باشد تا رابطهٔ بالا در هر حالتی بتواند صحیح باشد. بدیهی است که منفعت گروهی بازی بسیار بیشتر از منفعت مشارکت چهار نفر در بازی است، بنابراین، فرض اینکه Q بزرگ‌تر از ۴a باشد پذیرفتنی خواهد بود. با بررسیِ پیامدهای دو بازیکن ۶ و ۱۶، مشاهده خواهیم کرد هنگامی که $۴a < Q$ پیامد بازیکن ۶ از بازیکن ۱۶ بیشتر است، در نتیجه، استراتژی همکاری خود را حفظ می‌کند.

در این مرحله از بررسی مدل به بررسی تقابل استراتژی‌ها در بازیکنان مرزی می‌پردازیم. نخست به بررسی این تقابل در بازیکن ۹ خواهیم پرداخت. بازیکن ۹ در حالت همکاری پیامدی به میزان S+۳R را به‌دست آورده است که از پیامد دو همسایهٔ خودـ یعنی بازیکن ۱۶ با پیامد ۳P+۳T و بازیکن ۶ با پیامد S+۶Rـ کمتر است. اما، از آنجا که پیامد بازیکن ۶ از بازیکن ۱۶ بیشتر است، بازیکن ۹ استراتژی همکاری خود را حفظ خواهد کرد. بازیکنان ۳ و ۱۲ و ۱۴ نیز، که بازیکنان مرزی‌اند، به سبب همسایگی با بازیکن ۶، که قدرت دوم مدل است، به حفظ استراتژی همکاری خود ادامه می‌دهند. همان طور که مشاهده می‌شود، بازیکن ۶ موجب بقای استراتژی همکاری در بازی و همچنین ادامهٔ بازی خواهد شد، به‌رغم اینکه قدرتِ بزرگِ بازی، یعنی بازیکن ۱، استراتژی سواری مجانی را انتخاب کرده است.

در پایان همان طور که از شکل ۲ نیز مشخص است، روندهای تکاملی مدل را به حالتی باثبات به همراه ده بازیکن، که از استراتژی سواری مجانی پیروی می‌کنند، و ده بازیکن، که دارای استراتژی همکاری‌اند، سوق خواهد داد. از آنجا که نیمی از افراد گروه به مشارکت در بازی پرداخته‌اند و استراتژی همکاری را دنبال کرده‌اند و نیمی دیگر سواری مجانی را دنبال کرده‌اند و از آنجا که دیگر تغییری در استراتژی‌ها شکل نمی‌گیرد، می‌توان ادامهٔ بازی همکارانه را ممکن دانست؛ هنگامی که نیمی از افراد همکاری‌کنندهٔ بازی بتوانند در تولید کالا مشارکت لازم را داشته باشند. به عبارت دیگر، اگر تداوم و بقای گروه وابسته به مشارکت حداقل نیمی از افراد گروه باشد، دوام این گروه همکاری (یا تولید کالای گروهی) ادامه خواهد یافت.

نکتهٔ درخور توجه در این مدل پیروی بازیکنانی همچون بازیکن ۹ در مدل است: این بازیکن، بنا بر تقلید از همسایه، با بیشترین پیامد استراتژی همکاری را دنبال کرده است. از طرفی، در صورتی که این بازیکن بر اساس عقلانیت‌پذیری با استفاده از پیامدهای جدول ۱به انتخاب استراتژی می‌پرداخت، سواری مجانی استراتژیِ انتخابی وی می‌بود. بنابراین، در اینجا فرض غیرعقلایی‌بودن رفتار بازیکنان مشاهده می‌شود که این خود از پیش‌فرض‌های موجود در مباحث بازی‌های تکاملی است. به عبارت دیگر، غیرعقلایی‌بودن در بازی‌های تکاملی به زیبایی در این مدل به نمایش گذارده شده است.

پس همان طور که از تحلیل‌ها می‌توان دریافت که روند تکاملی، علاوه بر پیامدهای موجود در بازی، به عوامل دیگری چون توزیع اولیهٔ استراتژی‌ها در بازی، ساختار شبکه‌ای، استراتژی قدرت بزرگ، شعاع اثرپذیری و اثرگذاری و سایر عوامل دیگر بستگی دارد؛ تغییر هر یک از این موارد می‌تواند در دست‌یابی به نتیجه‌ای متفاوت مؤثر باشد.

اتصالات و ارتباطات مهم‌ترین عامل برای استفاده از مدل‌های شبکه‌های اتصالی در مدل‌های مورد استفاده در این مطالعه است، زیرا قدرت بازیکنان مدل را فقط به وسیلهٔ ارتباطاتِ آن‌ها بیان می‌کنیم. از روش تحلیل‌های پویا برای رسیدن به حالت نهایی مدل استفاده می‌کنیم و به بیان حالات نهایی سواری مجانی قدرت بزرگ، با توجه به میزان قدرت او، خواهیم پرداخت.

همان طور که بیان شد، بازهٔ قدرت بازیکنـان بـه صـورت $S_i \in \left[\frac{۱}{N-۱}, \frac{۲}{N-۱}, ..., ۱\right]$ است. اگر میزان قدرت قوی‌ترین بازیکن مدل این مطالعه (قدرت بزرگ مدل) به صـورت معادلهٔ ۱۰ باشد، آن را قدرت بزرگ نسبت به گروه تعریف می‌کنیم:

$$S_i \geq \frac{۱}{۲}, S_i > S_j; \forall i, j \in N$$
$$d_i \geq \left[\frac{N-۱}{۲}\right] \qquad (۱۰)$$

اما، اگر میزان قدرت قوی‌ترین بازیکن مدل کمتر از ۱/۲ باشد، قدرت بـزرگ مـدل را با نام قدرت بزرگ نسبت به بازیکنان تعریف خواهیم کرد. در این حالـت معادلـه‌هـایی را که در پی می‌آید خواهیم داشت:

$$S_i < \frac{۱}{۲}, S_i > S_j; \forall i, j \in N$$
$$d_i < \left[\frac{N-۱}{۲}\right] \qquad (۱۱)$$

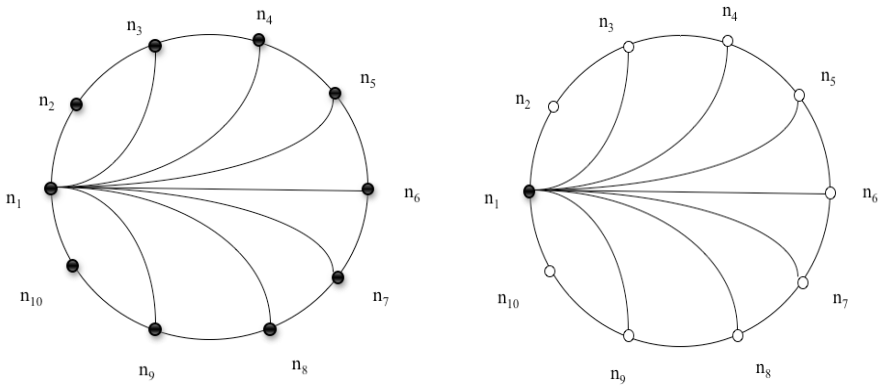
طبق تقسیم‌بندی فوق، اگر حداقل قدرتمندی قدرت بزرگ برابـر ۱/۲ باشـد، از آنجـا که نیمی از افراد گروه با توجه به قاعدهٔ تقلید از بهترین همسایه استراتژی قدرت بـزرگ را انتخاب می‌کنند- در صورتی که قدرت بزرگ عمل سواری مجانی را پیش گیرد- بـازی همکاری به‌سختی می‌تواند ادامه یابد و اگر به میزان مشـارکت حـداقلی ۵۰ درصـد نیـاز باشد، بازی همکاری از بین خواهد رفت، زیرا در این حالت حداقل نیمـی از افـراد گـروه عمل سواری مجانی را دنبال کرده‌اند. پس در صورتی که تعداد اتصـالات قـدرت بـزرگ برابر $(N-۱)/۲$ باشد، عمل سواری مجانی قدرت بزرگ موجب بـر هـم خـوردن بـازی خواهد شد.

می‌توان این بحث را بدین صورت بیان کرد که اگر بازیکن i قـدرت بـزرگ باشـد، در حالی که $S_i \geq \frac{۱}{۲}$ باشد، آنگاه در صورتی کـه بـازیکن i عمـل سـواری مجـانی را پـیش بگیرد، بازی همکاری دچار مشکل خواهد شد. اما در صورتی که $S_i < \frac{۱}{۲}$ باشد، در ایـن

صورت ادامهٔ همکاری در گروه به ساختار شبکه‌ای گروه، توزیع اولیهٔ استراتژی‌ها در گروه و شعاع‌های اثرپذیری و اثرگذاری وابسته خواهد بود. بررسی دقیق‌تر موضوع با ذکر مدل‌هایی در خصوص سواری مجانی قدرت بزرگ و با توجه به میزان قدرت این بازیکن که دارای بیشترین اتصالات است به روشن‌ترشدن مطلب کمک می‌کند:

$S_i = 1$ نشان‌دهندهٔ بازیکنی است که کاملاً قدرتمند و از قدرت کامل برخوردار است. بدین معنا که با همهٔ بازیکنان و عاملان موجود در بازی ارتباط خواهد داشت. در این حالت $d_i = N-1$ است که خود نشان‌دهندهٔ ارتباط بازیکن i با همهٔ بازیکنان دیگر است. در اینجا بازیکن i مدل قدرت بزرگ دارای قدرت کامل است. در این حالت سواری مجانی قدرت بزرگ موجب فراگیرشدن استراتژی سواری مجانی و تک‌ریختی‌شدن مدل فقط با گذشت یک دور از بازی خواهد شد. بنابراین، تأثیرگذاری قدرت بزرگ در این حالت در بالاترین حد خود قرار دارد.

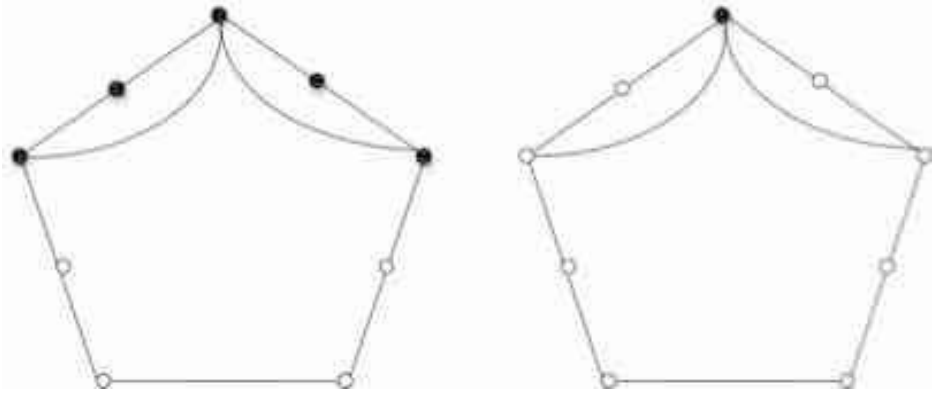
شکل ۳ نشان‌دهندهٔ دو حالت موجود در صورت سواری مجانی قدرت بزرگ کامل در مدل است که به تک‌ریختی‌شدن سریع مدل در دور دوم منجر خواهد شد. باید ذکر کرد که نقاط سیاه نشان‌دهندهٔ بازیکنان با استراتژی سواری مجانی است و نقاط سفید شکل تعیین‌کنندهٔ بازیکنان با استراتژی همکاری است.



شکل ۳. شکل سمت راست وضعیت ابتدایی توزیع اولیهٔ استراتژی‌ها در حالت وجود قدرت بزرگ کامل را نشان می‌دهد؛ در حالی که شکل سمت چپ وضعیت نهایی بازی در دور دوم پس از تحولات در حالت سواری مجانی قدرت بزرگ کامل را نشان می‌دهد.

پس از بررسی سواری مجانی قدرت بزرگ با قدرت کامل، به بررسی سواری مجانی قدرت بزرگ، در حالی که میزان قدرت او برابر ۱/۲ باشد، خواهیم پرداخت. در این حالت، در دور دوم بازی حداقل نیمی از بازیکنان به علت پیروی از قدرت بزرگ استراتژی سواری مجانی را دنبال می‌کنند و اگر برای بقای گروه همکاری حداقل مشارکت نیمی از افراد نیاز باشد، در این حالت گروه همکاری دوام نخواهد یافت.

شکل ۴ سواری مجانی قدرت بزرگ را در حالت داشتن قدرتی به میزان ۱/۲ نشان می‌دهد. با توجه به ساختارِ مدل در شکل ۴، سواری مجانی قدرت بزرگ با توجه به این ساختار پس از گذشت چند دوره از بازی موجب تکریختی‌شدن مدل و فراگیرشدن استراتژی سواری مجانی در مدل خواهد شد. بنابراین، در این حالت نیز ادامهٔ بازی همکاری ممکن نخواهد بود. همچنین، با فرض اینکه استراتژی سواری مجانی فقط به واسطهٔ قدرت بزرگ در شبکه گسترش یابد و با فرض اینکه برای تداوم بازی همکاری به مشارکت حداقل نیمی از بازیکنان داخل مدل نیاز است، همچنان بازی همکاری از بین خواهد رفت. پس از بررسی دو حالت بالا، که نمونه‌هایی از بیان سواری مجانی قدرت بزرگ در حالت قدرت بزرگ نسبت به گروه بود، به بررسی نمونه‌ای از سواری مجانی در حالت قدرت بزرگ نسبت به بازیکنان خواهیم پرداخت.

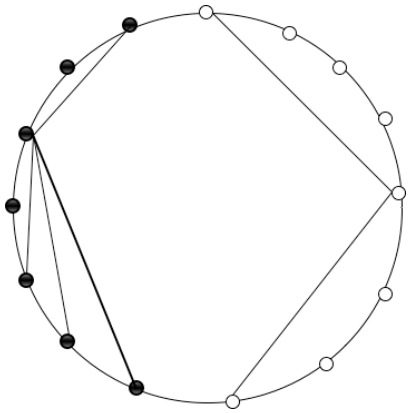


الف) حالت اولیهٔ بازی ب) حالت ثانویهٔ بازی

شکل ۴. سواری مجانی قدرت بزرگ در حالت $r = ۱$ ، $d_i = [۲/(۱-N)]$ ، $S_i = ½$

در صورتی که بازیکن فقط نسبت به سایر بازیکنان قدرت بزرگ باشد (در حالی که S_i > ۱/۲)، این قدرت ممکن است نتواند در تعیین نتیجهٔ نهایی بازی اثرگذار باشد. اما، فراموش نشود که امکان ادامهٔ همکاری در گروه و احتمال چندریختی یا تک‌ریختی‌شدن مدل به عوامل دیگری در مدل همچون ساختار مدل وابسته خواهد بود.

شکل ۵ نشان می‌دهد با وجود اینکه قدرت بزرگ (نسبت به بازیکنان) استراتژی سواری مجانی را انتخاب کرده است، به سبب آنکه S_i <۱/۲ است (d_i = ۶ و S_i =۶/۱۵) نتیجهٔ نهایی به علت ساختار شکل و وجود بازیکنی همچون j، که دارای d_j = ۴ است و استراتژی همکاری را برگزیده، از اشاعهٔ استراتژی F جلوگیری شده و اکثریت بازیکنان، که گروه هشت‌نفره‌اند، استراتژی همکاری را انتخاب خواهند کرد.



شکل ۵. ادامهٔ همکاری با وجود سواری مجانی قدرت بزرگ

در شکل ۵ نقاط مشکی نشان‌دهندهٔ بازیکنان با استراتژی سواری مجانی و نقاط سفید نشان‌دهندهٔ بازیکنان با استراتژی همکاری است. همچنین، شعاع تأثیرپذیری و تأثیرگذاری در این مدل همراه ۱۵ بازیکن یک است. بازیکن قدرتمند اول یا قدرت بزرگ بازی، بازیکن i، با شش ارتباط و بازیکن j، که دومین قدرت بازی است، با چهار ارتباط در تعیین نتیجهٔ بازی مؤثرند.

همان طور که نشان داده شده است، فقط در حالت داشتن میزان قدرت زیر ۱/۲ برای قدرت بزرگ تحت شرایط ساختاری ویژه‌ای که از اشاعهٔ استراتژی سواری مجانی

جلوگیری شود می‌توان به ادامهٔ همکاری در مدل‌ها مبادرت ورزید. البته، این امر نیازمند این فرض است که تعداد افرادی که در مدل همکاری می‌کنند شرایط حداقلی را برای نگه‌داشتن بازی همکاری فراهم کنند: $S_i \geq \frac{1}{2}$.

مطالعهٔ کاربردی

برای بیان مثال کاربردی دربارهٔ مدل مطرح‌شده برای سواری مجانی قدرت بزرگ، به بررسی آرای کشورهای عضو اوپک دربارهٔ کاهش سطح تولید فعلی به منظورِ افزایش قیمت نفت خواهیم پرداخت. توجه به این نکته ضروری است که مدل مطرح‌شده در این بخش مدلی فرضی بر اساس روابط کشورهای عضو اوپک است. روابط مشخص‌شده در بین کشورهای عضو اوپک، که در مدل نشان داده شده است، بر اساس میزان شناخت نویسندگانِ این مطالعه از روابط و مراوده‌های اقتصادی و سیاسیِ کشورهای عضو است. همچنین، در نظر گرفته شده است که در اجلاس اوپک بر اساس میزان آرای کشورهای عضو، تصمیمی اخذ می‌شود. به طور کلی، می‌توان این‌گونه بیان کرد که این مطالعهٔ کاربردی مثالی فرضی برای یک پدیدهٔ واقعی بیان می‌کند یا به عبارتی برای درک برخی نتایج اتخاذشده در میان کشورهای عضو اوپک می‌تواند راهکار مناسبی باشد.

در جولای ۲۰۱۴، به علت افزایش تولید نفت شیل آمریکا و کاهش تقاضایِ کشورهای اروپایی و چین برای نفت، قیمت نفت روند کاهشی را آغاز کرد؛ به طوری که از قیمتی در حدود ۱۱۵ دلار در هر بشکه قبل از ژوئن ۲۰۱۴ به قیمتی نزدیک به ۷۰ دلار در هر بشکه در نوامبر ۲۰۱۴ کاهش یافت. به علت کاهش شدید قیمت نفت در این مدت کوتاه، برخی از کشورهای عضو اوپک، که شرایط اقتصادی مناسبی نداشتند و اقتصاد آن‌ها بسیار به نفت وابسته بود، خواستار کاهش سطح تولید نفت اوپک به منظور افزایش قیمت نفت شدند. این استراتژی استراتژی‌ای سنّتی است که در اوپک به منظور افزایش قیمت نفت در گذشته اتخاذ می‌شد. ایران و نیجریه، که از کشورهای عضو اوپک‌اند، به طور مشخص خواستار کاهش مقدار تولید و افزایش قیمت نفت در بازارهای جهانی بودند.

در دسامبر ۲۰۱۴، کشورهای عضو اوپک، به منظور بررسی کاهش سقف تولید نفت در سال آیندهٔ میلادی به درخواست کشورهایی چون ایران و نیجریه، جلسه‌ای تشکیل دادند؛ اما، در این جلسه به منظور کاهش سطح تولید نفت برای کشورهای عضو اوپک تصمیمی اتخاذ نشد. علت اصلی این موضوع، به نظر کارشناسان، مخالفت کشور عربستان سعودی با کاهش سطح تولید و افزایش قیمت بیان شده است. وزیر نفت عربستان سعودی، که به نمایندگی از کشور عربستان سعودی در این اجلاس حضور داشت، علت مخالفت کشور عربستان با افزایش قیمت را در حفظ سهم بازار نفتی عربستان و کاهش استخراج نفت شیل آمریکا به منظور تنظیم بازار در بلندمدت بیان کرد. به عبارت دیگر، عربستان به دنبال حفظ بازار نفتی خود و کاهش عرضهٔ نفت آمریکا و کانادا در آینده است.

بر اساس این واقعیت، مدل شبکه‌ای متشکل از کشورهای عضو اوپک را در این بخش بررسی می‌کنیم. در اینجا استراتژی همکاری را همان دنبال‌کردنِ استراتژی سنّتیِ کشورهای عضو اوپک در نظر می‌گیریم: این استراتژی به گونه‌ای است که در هنگام پایین‌آمدن قیمت نفت کشورهای عضو اوپک سقف تولید خود را به منظور افزایش قیمت کاهش می‌دهند. از سوی دیگر، فرض بر آن است که در اجلاس اوپک تصمیم نهایی با رأی اکثریت (نصف به علاوهٔ یک) کشورهای عضو اتخاذ می‌شود. بنابراین، برای آنکه به درخواست ایران و نیجریه رأی کاهش سقف تولید برای سال آینده اجرا شود، حداقل هفت کشور از دوازده کشور عضو باید به این طرح رأی مثبت می‌دادند. همان طور که در ادامه نشان داده می‌شود، با داشتن این نوع نظام تصمیم‌گیری در اجلاس اوپک، کشورهای ایران و نیجریه نمی‌توانستند موفق به نهایی‌شدنِ تصمیم بر کاهش سقف تولید اوپک شوند.

از آنجا که اوپک یک کارتل اقتصادی به شمار می‌رود، در بین کشورهای عضو اوپک بازیِ همکارانه صورت می‌پذیرد. این همکاری بدین صورت است که به منظور حفظ قیمت نفت کشورهای عضو اوپک از سقف تولید تعیین‌شده بیشتر تولید نمی‌کنند. بنابراین، استراتژی همکاری استراتژی‌ای است که با پایین نگه‌داشتنِ سقفِ تولید قیمت بالای نفت حفظ می‌شود. از طرف دیگر، استراتژی سواری مجانی (یا همان استراتژی خیانت و عدم همکاری) استراتژی‌ای است که کشوری نخواهد سطح تولید و عرضهٔ خود

را کاهش دهد و به بهای کاهش قیمت در بازار سود کسب کند یا فقط بـه دنبـال حفـظ سهم بازاری خود در بازار باشد. بر این اساس، می‌توان جـدول پیامـدهـای ایـن مـدل را همچون جدول بازی معمای زندانی در نظر گرفت.

همچنین، شعاع تأثیرپذیری و تأثیرگذاری در مدل را برابر یک در نظر گرفتـه‌ایـم. در خصوص قاعدهٔ بازی نیز از قاعدهٔ تقلید از همسایه با بهترین استراتژی، که در بخش‌هـای قبل آن را بیان کردیم، استفاده خواهیم کرد.

ماتریس ساختاری مدل ماتریس مربعی ۱۲ در ۱۲ است. این مـاتریس نشـان‌دهنـدهٔ اتصالات شکل ساختاری مدل اوپک است که از این طریق می‌تـوان سـاختار شـبکه‌ای را رسم کرد. شکل ۶ این ماتریس را نشان می‌دهد. از ماتریس نمایش‌داده‌شـده در شـکل ۶ می‌توان فرم نهایی شبکهٔ کشورهای عضو اوپک را به صورت شکل ۷ ترسیم کرد.

	IRAN	ECUADOR	NIGERIA	VENEZUELA	LIBYA	SAUDI ARABIA	U.A.E	QATAR	KUWAIT	ALGERIA	ANGOLA	IRAQ
IRAN	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1
ECUADOR	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NIGERIA	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
VENEZUELA	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
LIBYA	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
SAUDI ARABIA	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1
U.A.E	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0
QATAR	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
KUWAIT	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0
ALGERIA	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
ANGOLA	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
IRAQ	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1

شکل ۶. ماتریس ساختاری مدل شبکه‌ای اوپک

همان طور که مشاهده می‌شود، در این مدل N=12 به اندازهٔ کشورهای عضو اوپک است. کشور عربستان سعودی، به سبب ارتباطات بیشتر با سایر کشورهای عضو اوپک، قدرت بزرگِ این مدل خواهد بود. این کشور با داشتن پنج ارتباط قدرت بزرگ مدل است: ($d_{Saudi\ Arabia} = 5$ و $S_{Saudi\ Arabia} = 5/11$). البته، عربستان سعودی قدرت بزرگ نسبت به بازیکنان و نه نسبت به گروه شناخته می‌شود. از این جهت، کشور عربستان سعودی صرفاً با انتخاب استراتژی عدم همکاری و سواری مجانی نمی‌تواند مانعِ ادامهٔ همکاری در گروه شود؛ اگرچه ادامهٔ همکاری در گروه را سخت‌تر می‌کند.

در شروع بازی برای دوازده کشور عضو اوپک سیاست همکاری پیروی از استراتژی سنتی اوپک را، که همان کاهش سقف تولید برای حفظ قیمت نفت است، در نظر می‌گیریم. همان طور که اشاره شد، کشور عربستان سعودی با سیاست عدم همکاری و جلوگیری از کاهش سقف تولید در اوپک استراتژی خود را تغییر می‌دهد. از آنجا که عربستان سعودی با دو کشور عراق و الجزایر و با کشورهای عضو شورای همکاری کشورهای عرب خلیج فارس در ارتباط است دارای بیشترین ارتباط در این شبکه است. از آنجا که عربستان سعودی قدرت بزرگ است و در دور اول به علت انتخاب سیاست عدم همکاری (سواری مجانی) به بیشترین پیامد دست می‌یابد، پیامد 5T، همسایگان عربستان به پیروی از استراتژی انتخابی عربستان سعودی روی می‌آورند.

در مرحلهٔ دوم بازی، کشورهای عراق، الجزایر، کویت، امارات متحدهٔ عربی و قطر، که در ارتباط مستقیم (همسایگی عربستان) قرار دارند، استراتژی خود را به استراتژی عدم همکاری تغییر داده‌اند. در این مرحله به همسایگان کشورهای عراق، کویت و لیبی باید توجه کرد، زیرا فقط این کشورها هستند که همسایگانی در این مرحله دارند که همچنان از استراتژی همکاری پیروی می‌کنند؛ در نتیجه، بررسی تقابل این کشورها با کشورهای همسایهٔ آن‌ها برای بررسی اینکه آیا کشورهای همسایهٔ آن‌ها استراتژی خود را تغییر می‌دهند درخور توجه است.

از آنجا که کشور لیبی فقط با کشور قطر ارتباط دارد، در مرحلهٔ بعد، به پیروی از استراتژی قطر، از همان استراتژی سواری مجانی (یا عدم همکاری) پیروی خواهد کرد. پیامد کشور قطر در مرحلهٔ دوم بازی به اندازهٔ 2P+T است. در مرحلهٔ سوم بازی، که

کشور لیبی استراتژی خود را به عدم همکاری تغییر می‌دهد، پیامد کشور قطر به میـزان 3P خواهد بود.

کشور ایران همسایهٔ دو کشور کویت و عراق است و همچنان سیاست همکـاری خـود را دنبال می‌کند. ایران با داشتن چهار ارتباط با کشورهای عراق، کویت، نیجریه و اکوادور قدرت دوم در این شـبکه شـناخته مـی‌شـود: ($d_{Iran} = 4$ و $S_{Iran} = 4/11$). در مرحلـهٔ اول بازی کشور ایران دارای پیامد 4R به علت داشتن چهـار همسـایه بـا سیاسـت همکـاری خواهد بود و در مرحلهٔ دوم بازی دارای پیامد 2R+2S بـه علـت داشـتن دو همسـایه بـا سیاست همکاری و دو همسایه با سیاست عدم همکاری خواهد بود. در ادامه بـه بررسـی پیامدهای دو کشور عراق و کویت در مقابل ایران خواهیم پرداخت تا تصویر نهایی بـازی در مرحلهٔ سوم معین شود.

در مرحلهٔ دوم بازی، از آنجا که کشور عـراق در همسـایگی عربسـتان سـعودی قـرار گرفته استراتژی عدم همکاری را انتخاب کرده است. عراق با داشتن دو همسایه، ایـران و عربستان سعودی، در مرحلهٔ دوم بازی پیامدی به میزان P+T به‌دست مـی‌آورد ($d_{Iraq} = 2$ و $S_{Iraq} = 2/11$). این پیامد در مقابل پیامد ایران در مرحلهٔ دوم بازی کمتر است:

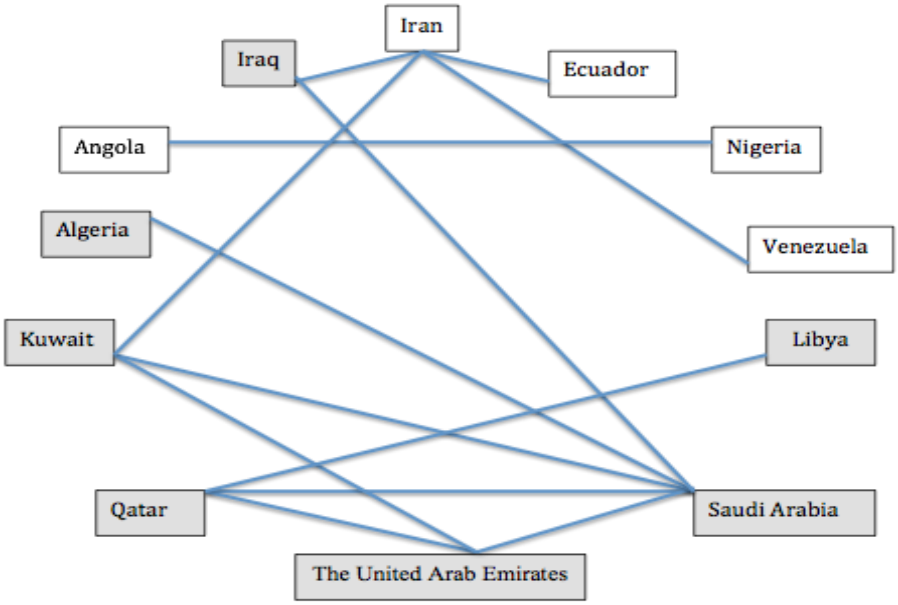
پیامد کشور عراق $= P+T$ < $۲R+۲S$ = پیامد کشور ایران

نامساوی بالا نشان‌دهندهٔ آن است کـه کشـور عـراق نمـی‌توانـد سیاسـت ایـران را از همکاری به عدم همکاری تغییر دهد.

از طرف دیگر، کشور کویت، که در همسایگی ایـران قـرار دارد، دارای سـه همسـایه‌ـ ایران، عربستان سعودی و امارات متحدهٔ عربی‌ـ خواهد بود. در مرحلـهٔ دوم بـازی کشـور کویت سیاست خود را به عـدم همکـاری، بـه سـبب پیـروی از سیاسـت‌هـای عربسـتان سعودی، تغییـر داده اسـت و فقـط کشـور ایـران، کـه در همسـایگی کویـت قـرار دارد، استراتژی همکاری را دنبال می‌کند ($d_{Kuwait} = 3$ و $S_{Kuwait} = 3/11$). بدین جهـت کویـت پیامدی به میزان2P+T در مرحلهٔ دوم بازی به‌دسـت مـی‌آورد. حـال بـه بررسـی تقابـل پیامدهای دو کشور ایران و کویت در مرحلهٔ دوم بازی خواهیم پرداخت:

پیامد کشور کویت $= P+T$ < $۲R+۲S$ =پیامد کشور ایران

از نامساوی بالا نیز مشخص می‌شود که کشور کویت نمی‌تواند سیاست ایران را از همکاری به عدم همکاری تغییر دهد.[۱]



شکل ۷. مدل شبکه‌ای کشورهای عضو اوپک

همان طور که ذکر شد، کشور ایران سیاست خود را از همکاری تغییر نخواهد داد و همچنان سیاست خود را در مرحلهٔ سوم بازی ادامه می‌دهد. شکل ۷ تصویر نهایی بازی را نشان می‌دهد. این تصویر تصویرِ بازی در مرحلهٔ سوم بازی است. از آنجا که در مرحلهٔ نهایی این بازی هفت کشور از مجموع دوازده کشور استراتژی عدم همکاری را دنبال کرده‌اند (بیشتر از نصف تعداد کشورها)، استراتژی همکاری در بازی ادامه نخواهد یافت. از آنجا که استراتژی همکاری ادامه نمی‌یابد، نتیجهٔ این بازی عدم کاهش سقف تولید در

۱. برای مشخص‌شدن جهت نامساوی‌های بالا می‌توان مقادیری به شکل $T=4 , R=3, P=2, S=1$ برای ماتریس پیامدها در نظر گرفت. ذکر این نکته لازم است که در صورت داشتن مقادیری که نامساوی‌های بالا را تضمین کنند کشور ایران سیاست همکاری را دنبال خواهد کرد.

اوپک است. این تصمیم از آنجا که مازاد تولید در بازار نفت وجود دارد، نمی‌تواند باعث افزایش قیمت نفت شود.

با مدل شبکه‌ای ترسیم‌شده در این بخش و با فروضی که در ابتدا برای این مدل در نظر گرفتیم، نتایج نشان می‌دهد که این مدل می‌تواند برای تحلیل بسیار سادهٔ تصمیمِ اخذشده در جلسهٔ کشورهای اوپک، در نوامبر ۲۰۱۴، مبنی بر عدم کاهش سقف تولید، مفید واقع شود.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

پس از بررسیِ مدل‌ها و ساختارهای مطرح‌شده در این مطالعه، می‌توان به این نتیجه رسید که سواری مجانی قدرت بزرگ نسبت به گروه موجب اشاعهٔ استراتژی سواری مجانی در اکثر بازیکنان گروه خواهد شد و این موضوع بسیار ممکن است که موجب از بین رفتن همکاری در گروه شود. در صورتی که فرض بر نیاز به مشارکت حداقلی ۵۰ درصد در گروه باشد، سواری مجانی قدرت بزرگ نسبت به گروه خود موجب از بین رفتن همکاری خواهد شد. بنابراین، نخست باید از سواری مجانیِ این نوع قدرت‌های بزرگ جلوگیری کرد. از راهکارهایی که برای جلوگیری از سواری مجانی می‌توان بهره برد نظارت و اعمال هزینهٔ سنگین برای این افراد و ارگان‌ها در صورت تخلف یا وابسته‌کردن منافع گروه با منافع قدرت بزرگ است. برای نمونه، وضع جریمه‌های سنگین برای فرار مالیاتی شرکت‌های بزرگ، که در صنعت دارای ارتباطات فراوان‌اند، می‌تواند از این فرار مالیاتی- که خود نوعی سواری مجانی به‌شمار می‌رود- جلوگیری کند. به عبارت دیگر، این نوع جریمه‌ها انگیزهٔ قدرت بزرگ را برای اجرای سواری مجانی از بین خواهد برد و از ابتدا مانع خواهد شد که قدرت بزرگ این استراتژی را انتخاب کند. در صورتی که این قدرت‌ها مبادرت به انتخاب استراتژی سواری مجانی کنند، در دوره‌های بعدی، در صورتِ نیاز به مشارکت حداقل نیمی از افراد موجود در جامعهٔ مورد بررسی دیگر بازی همکاری وجود نخواهد داشت.

دربارهٔ سواری مجانی قدرت بزرگ نسبت به بازیکنان گروه نیز می‌توان به این نتیجه رسید که اگرچه عدهٔ زیادی از افراد و بازیکنانِ گروه از استراتژی سواری مجانی این

قدرت بزرگ پیروی می‌کنند، این عمل لزوماً به از بین رفتن بازی همکاری همچون حالت قبل منجر نخواهد شد و ادامه یا ادامه‌نیافتنِ بازی به عوامل دیگری همچون ساختار بازی نیز وابسته خواهد بود. در این حالت نیز نظارت بر عملکرد این قدرت‌های بزرگ می‌تواند مفید واقع شود. البته، در این حالت، شکل‌دادن به ساختار شبکهٔ ارتباطی نیز می‌تواند در جلوگیری از اشاعهٔ سواری مجانی به‌رغم سواری مجانی قدرت بزرگ مؤثر واقع شود.

در این مطالعه همچنین با استفاده از مدل طراحی‌شده برای سواری مجانی قدرت بزرگ به تحلیل نتیجهٔ جلسهٔ ۱۶۶ اوپک (۲۰۱۴) دربارهٔ کاهش سقف تولید نفت پرداختیم. همان طور که بیان شد، کشور عربستان سعودی به سبب آنکه در اجلاس اوپک قدرت بزرگ (به علت ارتباطات بیشتر با سایر کشورهای عضو) به‌شمار می‌رود، مانعِ کاهش سقف تولید نفت شده است. در این مطالعه این نتیجه را با بررسی روابط میان کشوها توضیح دادیم.

مدل و نتایج ارائه‌شده در این مطالعه می‌تواند، علاوه بر اقتصاد، در علوم دیگر همچون علوم سیاسی (همان طور که برای تصمیمات در اوپک نشان داده شد) و جامعه‌شناسی مفید واقع شود. این مدل در سیاست در زمینهٔ روابط بین‌الملل می‌تواند کارکرد داشته باشد، زیرا روابط کشورها و تبعیت سیاست‌های آن‌ها از سیاست‌های قدرت بزرگ در سطح جهانی را می‌تواند توضیح دهد. همچنین، در زمینهٔ انتخابات، بررسی ارتباطات افراد می‌تواند به ارائهٔ راهکار برای جلوگیری از سواری مجانی مؤثر واقع شود. در سیاست‌گذاری‌ها نیز برای جلوگیری از تخلف مدیران اجرایی کشور یا سازمان‌ها نتایج این کار دارای اهمیت است. برای نمونه، مجازاتِ سنگینِ مدیران اجرایی کشور چین به سبب فساد اداری و رشوه‌گیری راهکاری است برای مقابله با تخلفِ قدرت بزرگ و اشاعهٔ آن در آن سازمان. در زمینهٔ جامعه‌شناسی نیز جلوگیری از عمل سواری مجانیِ افراد در گروه یا به عبارتی مانع‌شدن از استراتژی عدم همکاری و ایجاد فضای همکاری بین بازیکنان در گروه می‌تواند به ایجاد حس اعتماد در بین اعضای گروه کمک کند. از این رو، نتایج و مدل این کار می‌تواند به تولید بیشتر سرمایهٔ اجتماعی کمک کند. از

طرفی، ایجاد اعتماد و همکاری در جامعه می‌تواند از بروز خشونت و اشاعهٔ فساد در جامعه جلوگیری کند و باعث ایجاد جامعهٔ سالم‌تر شود.

در پایان ذکر این نکته لازم است که در این مطالعه مفهوم سواری مجانی با استفاده از مدل‌های شبکه‌ای و نظریهٔ بازی‌های تکاملی مطرح شد. ساختارهای شبکه‌ای به‌کارگرفته‌شده در این مطالعه به صورت ساده در نظر گرفته شد تا در بیان مفهوم و نتایج به‌کارگرفته‌شده در این مطالعه بسیار تأثیرگذار باشد. البته، طراحی ساختار هر شبکه با توجه به زمینه‌ای که کار در آن بررسی می‌شود باید صورت پذیرد. همچنین، استفاده از شبکه‌های اتصالی جهت‌دار برای کارهای آینده در این زمینه به‌ویژه در مباحث مربوط به تجارت بین‌الملل و سواری مجانی در این مباحث توصیه می‌شود.

منابع

1.Andreoni, James & Miller, John H. (1990). Can Evolutionary Dynamics Explain Free Riding in Experiments?, University of Wisconsin and Santa Fe Institute.

2.Battaglini, M., Nunnari, S. & Palfrey, T. (2012). The Free Rider Problem: a Dynamic Analysis., National Bureau of Economic Research.

3.Buchanan, James M. (1965). An Economic Theory of Clubs, Economica (Blackwell Publishing), 32 (125), 1-14.

4.Cressman, Ross (2003). Evolutionary Dynamics and Extensive Form Gamed, Cambridge: The MIT Press.

5.Easley, David & John Kleinberg (2010). Networks, Crowds and Markets; Reasoning a bout a Highly Connected World, Cambridge University Press.

6.E.C. Pasour, Jr. (1981). The Free Rider as a Basis for Government Intervention, The Journal of Libertarian Studies (Fall), 459-464.

7.Furusawa, Taiji & Konishi, Hideo (2011). Contributing or Free-Riding? Voluntary Participation in a Public Good Economy, Theoretical Economics, 6, 219-256.

8.Lockwood, B. & Thomas, J. (2002). Gradualism and Irreversibility, Review of Economic Studies, 63, 993-956.

9. McKenzie, Alexander J. (2007). The Structural Evolution of Morality, Cambridge University Press.

10. Samuelson, Paul A. (1954). The Pure Theory of Public Expenditure, Review of Economics and Statistics, 36(4), 387-389.

11. Shavell, Stoeven (1987) Economic Analysis of Accident Law, Harvard University Press, Cambridge, MA.

12. Stroebe, W., Diehl, M. & Abakoumkin, G. (1992). Social compensation and the Köhler effect: Toward a theoretical explanation of motivation gains in group productivity, In: Witte, E.H. (ed.), Understanding Group Behavior, 1, 97-65.

13. Watts, Duncan J. & Strogatz, Steven H. (1998). Collective dynamics of 'small-world' networks, *Nature*, 393.

14. Webb, James N. (2007). Game Theory; Decision, Interaction and Evolution, London: Springer.