استراتژی مناقشه در نظریه بازی‌ها

به بهانه جایزه نوبل اقتصاد ۲۰۰۵

بهناز عمومی *
رامین جوادی **

دانشگاه صنعتی اصفهان
دانشکده ریاضی

۱ مقدمه

زندگی انسان به مثابه موجودی اجتماعی، آمیخته و ممزوج به روابط و تعاملات اجتماعی است. آن گونه که شناخت ابعاد وجودی او مستلزم شناخت دقیق کنش‌ها و واکنش‌های بین انسانی است. شاید بتوان ادعا کرد حیات بشری چیزی جز روابط، داد و ستدها و کنش‌های متقابل اجتماعی نیست. این روابط طیف وسیعی از همکاری‌ها و مناقشه‌ها را در بر می‌گیرد که در بستر یک بازی به نام زندگی شکل گرفته، تداوم می‌یابند یا از بین می‌روند و انسان‌ها، بازیگران این بازی محتوم، در مقابل یا کنار هم قرار می‌گیرند، به علایق مشترک یا متقابل می‌رسند، با یک‌دیگر همکاری کرده یا همدیگر را حذف می‌کنند و سرانجام نتیجه اعمال خود را خواهند دید. بی‌شک این نتیجه به طور مستقیم متاثر از حرکات و افعال تک‌تک این انسان‌ها است. بترسید از بلایی که چون آید تنها مخصوص ستمکاران نباشد. (انفال، ۲۵)

با گسترش و پیشرفت تمدن‌های بشری، روابط انسانی نیز گسترده و پیچیده شد تا آن‌جا که امروزه چگونگی و چرایی تعاملات اجتماعی انسان‌ها بسیار دشوارْ فهم و درک و تحلیل آن‌ها مشکل و پیچیده است. دانشمندان علوم اجتماعی تلاشی طولانی برای درک

*bomoomi@iut.ac.ir
**ramin2javadi@yahoo.com

مبانی و ریشه‌های همکاری‌ها و مناقشه‌های انسانی داشته‌اند و در این راه از روش‌ها و بینش‌هایی که علوم مختلف و جدید در اختیار می‌گذارند بهره جسته‌اند. با ابداع نظریه بازی‌ها در اواسط قرن بیستم توسط ریاضیدان شهیر مجارستانی جان فون نویمن، بینش و بصیرتی جدید در راستای این تلاش ظهور کرد که به محققین اجازه می‌داد ابزارها و روش‌های دقیق ریاضی را در تحلیل و بررسی روابط اجتماعی، اقتصادی و سیاسی انسان‌ها و جوامع بکار گیرند. بعد از این، همکاری ریاضیدانان و اقتصاددانان در بسط و توسعه این روش‌ها ادامه داشت. با کارهای جان نش، رینهارت سلتن و جان هرسانی مفاهیم و راه‌حل‌هایی ارائه شد که تاثیر شگرفی در افزایش کارایی و قدرت پیش‌بینی نظریه بازی‌های غیر مشارکتی بوجود آورد. محوری‌ترین مفهوم در این کارها، مفهومی به نام موازنه نش است که در ادامه درباره آن صحبت خواهیم کرد. شاید اگر این ابزارها برای پاسخ به سوالات اساسی جامعه بکار گرفته نمی‌شد، دستاوردهای هوشمندانه این محققین ثمر چندانی نداشت تا در سال ۱۹۹۴ شایسته دریافت جایزه نوبل اقتصاد شناخته شود.

در این میان کارهای دو دانشمند آمریکایی و آلمانی، رابرت اومان و توماس شلینگ در توسعه نظریه بازی‌های غیرمشارکتی برای پاسخ به سوالات بنیادی در علوم اجتماعی نقش اساسی داشت. این دو هر کدام از یک زاویه (اومان از منظر ریاضی و شلینگ از منظر اقتصاد) متوجه شدند که نظریه بازی‌ها توانایی لازم برای تحلیل روابط انسانی را داراست. مهم‌تر از آن شلینگ نشان داد که بسیاری از کنش‌های متقابل اجتماعی متعارف می‌توانند به عنوان یک بازی غیرمشارکتی که علائق مشترک و متقابل بازیکنان در آن لحاظ شده، در نظر گرفته شوند و اومان ثابت کرد که اکثر روابط دراز مدت اجتماعی توسط نظریه بازی‌های غیر مشارکتی قابل تحلیل هستند. از اواخر دهه ۵۰ که کارهای این دو منتشر شد زمان زیادی گذشت تا نگرش آن‌ها به خوبی فهمیده شود. اما خصوصاً در طول ۲۵ سال اخیر نظریه بازی‌ها به یک ابزار مقبول جهانی و یک زبان فراگیر در اقتصاد و بسیاری از دیگر شاخه‌های علوم اجتماعی تبدیل شده است. این دو محقق در سال ۲۰۰۵ به خاطر ارتقاء درک مناقشه‌ها و همکاری‌های اجتماعی از طریق تحلیل‌های نظریه بازی‌ها، برنده جایزه نوبل اقتصاد شدند. در این مقاله به تشریح برخی از مهمترین تحقیقات آن‌ها می‌پردازیم.

۲ نظریه بازی‌های غیرمشارکتی

یک بازی استراتژیک یک بازی است که در آن هر بازیکن یک مجموعه از استراتژی‌ها دارد. او یک استراتژی از مجموعه استراتژی‌های خود انتخاب می‌کند، بدون این‌که از انتخاب بازیکن دیگر مطلع باشد. سپس انتخاب‌ها آشکار شده و به هر بازیکن سودی تعلق می‌گیرد. میزان سود یک بازیکن به انتخاب همه بازیکن‌ها وابسته است. در نوع

غیرمشارکتی بازیکن‌ها نمی‌توانند بر روی یک انتخاب توافق کنند، حتی در صورت امکان وجود توافق هم، هیچ توافقی الزام‌آور نخواهد بود. در واقع چیزی جز سود شخصی بیشتر نمی‌تواند یک بازیکن را ملزم به انتخاب یک استراتژی خاص کند. بر عکس در بازی‌های مشارکتی طرفین می‌توانند با یک‌دیگر مذاکره کرده، روی یک مجموعه از استراتژی‌ها که سود جمعی بیشتری را عاید آن‌ها می‌کند به توافق برسند و حتی برای تشویق طرف مقابل به پذیرفتن توافق، بخشی از سود خود را به او بدهند. در اکثر روابط و تعاملات اجتماعی امکان اِعمال یک قرارداد یا معاهدهٔ مصنوعی وجود ندارد. هر فرد در یک سیستم اجتماعی به صورت فردی عمل کرده و از استراتژی‌های انتخاب شده توسط رقبا (طرف‌های درگیر) اطلاع ندارد. لذا بازی‌های غیرمشارکتی برای تحلیل این‌گونه تعاملات مناسب‌ترند.

اگر دو بازیکن داشته باشیم و مجموعه استراتژی‌های آن‌ها متناهی باشد، می‌توانیم یک بازی را با یک ماتریس نشان دهیم، به این صورت که سطرها نشان‌دهنده استراتژی‌های بازیکن (الف) و ستون‌ها نمایان‌گر استراتژی‌های بازیکن (ب) هستند. درایه سطر iام و ستون jام در این ماتریس، یک زوج مرتب (a_{ij}, b_{ij}) است به این صورت که اگر بازیکن (الف) استراتژی iام و بازیکن (ب) استراتژی jام را انتخاب کند، سود بازیکن (الف) به میزان a_{ij} و سود بازیکن (ب) به مقدار b_{ij} خواهد بود.

اجازه دهید با یک مثال ساده موضوع را روشن کنیم. دولت ایران در چند سال اخیر با چالش جدی در رابطه با مساله انرژی هسته‌ای مواجه شده است. از طرفی ایران با تکیه بر قوانین بین‌المللی بر حق خود در زمینه غنی‌سازی اورانیم در داخل خاک خود پافشاری می‌کند و از سوی دیگر طرف مقابل، یعنی کشورهای غربی با ادعای بی‌اعتمادی نسبت به فعالیت‌های ایران، او را از این کار منع کرده و بر تعلیق کامل غنی‌سازی تاکید می‌کنند. این نمونه یک مناقشه بین دولت‌ها است که طرفین علائق مشترک و متقابل زیادی دارند. اگر بخواهیم مساله را ساده کنیم، می‌توان فرض کرد که هر کدام از طرفین دو استراتژی دارند، این‌که بر مواضع خود پافشاری کنند و یا این‌که عقب‌نشینی کرده و به خواسته طرف مقابل تن دهند. طرفین در هر مرحله یکی از این دو استراتژی (پافشاری یا عقب‌نشینی) را انتخاب می‌کنند و در هنگام انتخاب از تصمیم طرف مقابل مطمئن نیستند. اگر دو طرف بر سیاست پافشاری اصرار کنند، احتمال وقوع جنگ افزایش یافته و احتمال دستیابی به یک توافق صلح‌آمیز کم می‌شود که این یک نتیجه بسیار بد برای دو طرف محسوب می‌شود. اجازه دهید سود هر دو بازیکن را در این حالت صفر قرار دهیم. اما اگر هر دو طرف از مواضع خود عقب‌نشینی کنند، احتمال برقراری یک تفاهم صلح‌آمیز افزایش می‌یابد، این نتیجه قطعاً از جنگ بهتر است و لذا سود دو بازیکن را در این حالت مقدار مثبت b قرار می‌دهیم. با این وجود اگر یکی از دو طرف بر مواضع خود ایستادگی کند و طرف دیگر عقب نشینی نماید، این یک پیروزی بزرگ برای طرف ایستاده و یک سرافکندگی بزرگ برای طرف عقب نشسته خواهد بود. هرچند او می‌تواند امتیازاتی را در قبال این عقب نشینی

از طرف مقابل بگیرد. اگر فرض کنیم هر دو طرف، این سرافکندگی را همراه با دریافت امتیازات، به افزایش تنش و بحرانی شدن شرایط ترجیح می‌دهند، می‌توانیم سود طرف پیروز را در این حالت a و سود طرف شکست خورده را c قرار دهیم که $a > b > c > 0$.[۱] در نتیجه می‌توانیم این بازی ساده را در قالب ماتریس زیر نمایش دهیم. توجه کنید که همیشه مولفه اول هر درایه سود بازیکن انتخاب کننده سطر را نشان می‌دهد. این بازی به دسته‌ای از بازی‌ها تعلق دارد که بازی‌های «بزدل»[۲] یا «باز—کبوتر»[۳] خوانده می‌شوند.

$$\begin{array}{rc} & \begin{array}{cc} \text{پافشاری} & \text{عقب نشینی} \end{array} \\ \begin{array}{r} \text{پافشاری} \\ \text{عقب نشینی} \end{array} & \begin{pmatrix} (0,0) & (a,c) \\ (c,a) & (b,b) \end{pmatrix} \end{array}$$

در یک بازی علاوه بر استراتژی‌هایی که در بالا ذکر کردیم (استراتژی‌های خالص)، استراتژی‌های دیگری هم وجود دارند که «استراتژی‌های مرکب» گفته می‌شوند. یک استراتژی مرکب برای یک بازیکن، یک توزیع احتمالی روی استراتژی‌های خالص او است. به عنوان مثال در بازی قبل، انتخاب پافشاری با احتمال $\frac{1}{3}$ و عقب‌نشینی با احتمال $\frac{2}{3}$ یک استراتژی مرکب برای هر کدام از بازیکن‌ها است. استراتژی‌های مرکب به خصوص وقتی یک بازی چندبار تکرار می‌شود بسیار سودمند هستند. اکثر کنش‌ها و واکنش‌های اجتماعی نه به صورت دفعتی و آنی بلکه در یک فرایند تدریجی صورت می‌گیرند و در طی این دوره دراز مدت طیفی از تعاملات متعدد و پی‌درپی انجام می‌شوند و برایند این تعاملات در نهایت نتیجه را مشخص می‌کند. بازیکنان در هر مرحله رفتاری از خود به نمایش می‌گذارند و نعل و میخ هر یک به سهمی آماج ضربه پتک قرار می‌گیرند تا در یک بستر طولانی، مقصود حاصل شود. بنابراین استراتژی‌های مرکب در مدل‌سازی فرایندهای اجتماعی مفید هستند.

سود متوسط حاصل از انتخاب یک استراتژی مرکب برابر امید ریاضی سود استراتژی‌های خالص متناظر است. به عنوان مثال در بازی قبل، اگر ایران سیاست عقب‌نشینی مطلق را انتخاب کند و غرب با احتمال $\frac{1}{3}$ پافشاری و به سهم $\frac{2}{3}$ عقب‌نشینی پیش گیرد، سود متوسط ایران برابر $\frac{1}{3}c + \frac{2}{3}b$ خواهد بود. به طور طبیعی هر بازیکن به دنبال ماکزیمم کردن سود خود است. قطعاً او برای رسیدن به نتیجه مناسب باید علاوه بر استراتژی‌های خود، استراتژی‌های طرف مقابل و علائق مشترک و متقابل را در نظر بگیرد.

یکی از مهم‌ترین مفاهیمی که به عنوان یک «راه‌حل» یا نتیجه قابل پیش‌بینی در بازی‌های غیرمشارکتی مطرح می‌شود، مفهوم «موازنه نش»[۴] است. یک موازنه نش، در

[۱] در برخی موارد برای طرفین، چنین سرافکندگی از وقوع جنگ نامطلوب‌تر است. در چنین مواردی $a > b > 0 > c$. این بازی‌ها دوراهی زندانی نام دارند که در بخش ۴ به آن اشاره خواهیم کرد.

[۲] Chicken

[۳] Hawk-Dove

[۴] Nash Equilibrium

یک بازی ماتریسی، عبارتست از پیشنهاد یک استراتژی به هر بازیکن به طوری که هیچ بازیکنی نتواند با رد یک جانبهٔ این پیشنهاد سود بیشتری عاید خود کند. اگر پیشنهادها، استراتژی خالص باشند، موازنه را «موازنه خالص» می‌گوییم و در صورت مرکب بودن استراتژی‌ها، آن را «موازنه مرکب» می‌خوانیم. جان نش ثابت کرده است که هر بازی متناهی لااقل یک موازنه وجود دارد[۹] و [۱۰]. در بازی‌های بزدل دو موازنهٔ خالص وجود دارد که همان (عقب نشینی، پافشاری) و (پافشاری، عقب نشینی) هستند. اگر بر سر یکی از این دو پیشنهاد، توافق صورت گیرد، هیچ کشوری نمی‌تواند با نقض یک‌جانبه توافق، سود خود را افزایش دهد. این دو موازنه خالص تنها در موقعیتی موجه و قابل قبول هستند که دو طرف روی انتخاب یکی از این دو موازنه هماهنگ عمل کنند و راهی برای این هماهنگی وجود داشته باشد. مثلاً تفاوت قدرت دیپلماسی طرفین ممکن است باعث ایجاد عدم تقارن در سودهای بازیکنان شود و به عنوان نمونه سود پافشاری درصورت عقب نشینی رقیب، برای دو بازیکن به ترتیب a و a' باشد که $a \neq a'$. این موضوع کافی است تا هر دو بازیکن انتظار داشته باشند که بازیکنی که از سیاست پافشاری سود بیشتری عایدش می‌شود، این سیاست را پیش گیرد و در نتیجه یکی از این دو موازنه، برجسته و مهم شده و احتمالاً دو طرف روی آن هماهنگ می‌شوند.

بر اساس نظر شلینگ، در بسیاری از موقعیت‌ها، انسان‌ها توانایی برقراری چنین هماهنگی را دارند. هرچند که به نظر نمی‌رسد تحلیل محض و صوری اصول این هماهنگ شدن و برجسته بودن یک موازنه در یک بازی ممکن باشد. در اینجا گزینش یک موازنه به تعبیر شلینگ "حوزه‌ای است که روانشناسی تجربی می‌تواند به کمک نظریه بازی‌ها بیاید." ([۱۲]، صفحه ۱۱۳) در غیاب چنین هماهنگی و تفاهمی، موازنه مرکب بیشتر از این دو موازنه موجه به نظر می‌رسد. خوشبختانه بازی‌های بزدل یک موازنه مرکب نیز دارند. این موازنه، «موازنه تساوی ساز» گفته می‌شود. به این صورت که یک بازیکن با احتمال p پافشاری می‌کند و p به گونه‌ای است که طرف مقابل نسبت به انتخاب استراتژی‌های خود بی‌تفاوت شود؛ یعنی در هر صورت سود مساوی بگیرد. به عنوان مثال در مساله قبل اگر ایران با احتمال p پافشاری کند، سود غرب از سیاست پافشاری برابر $(1-p)a$ و از سیاست عقب نشینی به مقدار $pc+(1-p)b$ است. حال اگر $(1-p)a = pc+(1-p)b$، یعنی $p = \frac{a-b}{a-b+c}$، سود غرب در صورت انتخاب هر دو سیاست، برابر خواهد بود. بنابراین او نمی‌تواند با تغییر استراتژی، سود بیشتری عاید خود کند. در نتیجه با توجه به تقارن مساله، پیشنهاد این‌که هر دو طرف با احتمال $\frac{a-b}{a-b+c}$ پافشاری کنند، یک موازنه مرکب است و می‌تواند به عنوان یک راه حل موجه در نظر گرفته شود. همان‌طور که می‌بینید احتمال بحرانی شدن اوضاع p^2، با پاداش کشور بازنده c، رابطه عکس دارد. لذا این تحلیل نشان می‌دهد که کلید کاهش ریسک جنگ در افزایش پاداش کشور بازنده است.

۳ تحقیقات توماس شلینگ

در اواسط دهه پنجاه توماس شلینگ شروع به استفاده از روش‌های نظریه بازی‌ها در حیاتی‌ترین مساله آن دوره یعنی امنیت جهانی و مسابقه تسلیحاتی کرد. همان طور که خود او اشاره می‌کند، کار اصلی تشکیل یک بازی با در نظر گرفتن گزینه‌های ممکن برای هر دو طرف، سپس تحلیل نتیجه در حالت‌های مختلف است. در طول این کار باید این فرض را به یاد داشت که طرف دیگر مناقشه نیز با یک مساله تصمیم‌گیری مشابه مواجه است. عمده کارهای شلینگ استخراج موازنه‌ها در بازی‌های خاص و نشان دادن کاربرد این بازی‌ها و موازنه‌های آن‌ها در اقتصاد و علوم اجتماعی است. نتایج کارهای او در کتاب «استراتژی مناقشه» [۱۲] منتشر شد. این کتاب بعدها به یک کتاب کلاسیک در زمینه مطالعات استراتژیک تبدیل شد و تاثیر زیادی در نگرش محققین این حوزه گذارد. در ادامه به چند نمونه از کارهای او اشاره می‌کنیم.

۱.۳ بازدارندگی: سیاست ضربهٔ دوم

تحلیل دقیق مفهوم بازدارندگی نیاز به اطلاعاتی در زمینه بازی‌های دینامیک چند مرحله‌ای دارد. در ادامه سعی می‌کنیم این مساله را بدون پرداختن به جزئیات ریاضی آن بررسی کنیم. مطالعه بازدارندگی‌های قابل اعتنا از طریق استراتژیی به نام «استراتژی ضربهٔ دوم»[5] یک بخش اصلی از کتاب استراتژی مناقشه را تشکیل داده است. شلینگ تاکید می‌کند که اگر هشدارهای اشتباه داده شود یا در مورد علائق و نیات دشمن قضاوت غلط صورت گیرد، استفاده از این سیاست می‌تواند خطرناک باشد.

در ادامه مثال قبل فرض کنید مناقشه ایران و غرب در مساله هسته‌ای به بن‌بست برسد. در اینصورت ایران می‌تواند دو سیاست پیش گیرد: یکی این‌که اعلام کند در صورت آماده باش آمریکا، به قوای خود آماده باش می‌دهد(تهدید به تلافی که آن را حمله دوم می‌گوییم) و یا این‌که سکوت کند. آمریکا پس از مشاهده رفتار ایران می‌تواند دو سیاست اتخاذ کند: به قوای خود آماده باش دهد یا این‌که از آماده باش اجتناب کند. می‌توانیم بازی را با ماتریس زیر نشان دهیم:

$$\begin{array}{cc} & \begin{array}{cc} \text{آماده باش} & \text{خویشتن‌داری} \end{array} \\ \text{تهدید به اقدام تلافی‌جویانه} \\ \text{سکوت} & \begin{pmatrix} (\circ,\circ) & (b,c) \\ (c,a) & (b,b) \end{pmatrix} \end{array}, \quad a > b > c > \circ$$

مانند مثال قبل دو موازنه خالص وجود دارد (درایه ۱۲ و ۲۱). در این حالت چون آمریکا هنگام انتخاب استراتژی، از رفتار ایران مطلع است، بنابراین موازنهٔ ۱۲، یعنی تهدید به

[5] second-strike strategy

تلافی برای ایران و خویشتن‌داری برای آمریکا برجسته‌تر از بقیه موازنه‌هاست. لذا نتیجه محتمل این است که ایران تهدید به اقدام تلافی جویانه نماید و آمریکا از آماده باش نیروها اجتناب کند. چنین بازدارندگی یک نتیجه صلح‌آمیز را تضمین می‌کند. حال فرض کنید دیپلماسی ایران برای تهدید به اقدام تلافی جویانه به قدر کافی قوی نباشد. به عبارت دیگر به دلیل برخی واقعیت‌های بین‌المللی ایران فقط می‌تواند تا حدی تهدید به اقدام تلافی جویانه کند و تهدید بیش از آن قابل اعتنا نیست. مثلاً ایران می‌تواند حداکثر با احتمال p که $0 < p < 1$، از سیاست بازدارندگی استفاده کند. در اینصورت سیاست تهدید به احتمال p برای ایران و خویشتن داری آمریکا فقط وقتی یک موازنه تشکیل می‌دهد که سود متوسط آمریکا در صورت آماده باش بیشتر از سود او در صورت خویشتن‌داری نباشد، یعنی $(1-p)a \geq (1-p)b + pc$. بنابراین در این حالت سیاست بازدارندگی ایران فقط وقتی منجر به یک نتیجه صلح‌آمیز می‌شود که $p \geq \frac{a-b}{a-b+c} = p^*$. مقدار p^* را آستانه اعتبار بازدارندگی ایران می‌گوییم.

۲.۳ بازی با اطلاعات ناقص

در مواردی ممکن است اطلاعات بازیکنان درباره تابع سود رقیب ناقص باشد. چنین بازی‌ها را «بازی با اطلاعات ناقص»[٦] گویند. کارهای جان هرسانی یکی از برندگان نوبل اقتصاد در سال ۱۹۹۴ باعث پیشرفت زیادی در تحلیل این بازی‌ها شده است. اجازه دهید به مثال خود باز گردیم. تحلیل ما در این موقعیت مبتنی بر این فرض بود که در صورت تهدید به اقدام تلافی جویانه توسط ایران، برای آمریکا خویشتن‌داری نسبت به برپایی آتش جنگ ارجح است، یعنی $c > 0$. آیا واقعاً آمریکا یکه تازی ایران را به احتمال وقوع جنگ ترجیح می‌دهد؟ در اینجا اطلاعات ایران درباره تابع سود آمریکا ناقص است. این نقص اطلاعات را در ماتریس زیر با یک علامت سوال نشان می‌دهیم:

$$\begin{array}{r} \\ \text{تهدید به اقدام تلافی‌جویانه} \\ \text{سکوت} \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cc} \text{آماده باش} & \text{خویشتن‌داری} \end{array} \\ \begin{pmatrix} (0,0) & (b,?) \\ (c,a) & (b,b) \end{pmatrix} \end{array}, \quad a > b > c,\ b \geq ?$$

آیا در این حالت نیز اگر ایران سیاست تهدید را پیش گیرد، آمریکا خویشتن داری خواهد کرد؟ سیاست حمله دوم ایران در این حالت چقدر موجه است؟ فرض کنید ایران با احتمال θ گمان می‌کند که آمریکا در هر صورت آماده باش را ترجیح می‌دهد (حتی در صورت تهدید به تلافی ایران). هم‌چنین فرض کنید که ایران با احتمال π سیاست تهدید را پیش گیرد. در اینصورت سود متوسط آمریکا از آماده باش برابر $(1-\pi)a$ و از خویشتن داری به مقدار $(1-\pi)b + (?)\pi$ خواهد بود که مقدار اخیر حداکثر برابر b است. قرار می‌دهیم

[٦] game with incomplete information

$\pi^* = 1 - \frac{b}{a}$، در اینصورت:
الف) اگر $\pi^* > \pi$، یعنی $(1-\pi)a > b$، آمریکا قطعاً آماده‌باش را ترجیح خواهد داد و سود متوسط ایران در این حالت $(1-\pi)c$ خواهد شد. این یک تابع نزولی برحسب π است. اما:
ب) اگر $\pi^* \leq \pi$، سود متوسط ایران برابر $\theta(1-\pi)c + (1-\theta)b$ می‌شود که این تابع نیز برحسب π نزولی است.
بنابراین با توجه به (الف) و (ب) بیشترین سود ایران برابر $\max\{c, \theta(1-\pi^*)c + (1-\theta)b\}$ خواهد بود. در نتیجه اگر $c \leq \theta(1-\pi^*)c + (1-\theta)b$، یعنی $\theta \leq \frac{1-\frac{c}{b}}{1-\frac{c}{a}} = \theta^*$ (ایران احتمال ارجح بودن جنگ برای آمریکا را حداکثر θ^* بداند)، در اینصورت سیاست بهینه برای ایران این است که با احتمال π^* تهدید به اقدام تلافی جویانه کند. در این حالت سود او برابر $\theta(1-\pi^*)c + (1-\theta)b$ می‌شود. اما اگر $\theta > \theta^*$ (ایران احتمال ارجح بودن جنگ برای آمریکا را بیش از θ^* بداند)، بهتر است که سیاست سکوت کامل را پیش گیرد و به سود c برسد.

شلینگ علاوه بر تحلیل‌های فوق، در این شرایط توصیه‌هایی نیز دارد. در این‌جا به چند نمونه اشاره می‌کنیم. یک کشور در مواجهه با افزایش تدریجی نیروهای نظامی دشمن، باید به جای عکس‌العمل قطعی تهدید کند که اوضاع را از کنترل خارج خواهد کرد، به تعبیر خود شلینگ "تهدید کند که همه چیز را به تقدیر خواهد سپرد." علت این است که حتی وجود یک احتمال بسیار کم از وقوع جنگ نیز ممکن است برای بازداشتن دشمن از افزایش بسیج نیروها کافی باشد. یک مزیت دیگر تهدید به تلافی غیرقطعی این است که باور پذیری آن راحت‌تر بدست می آید و هزینهٔ اقدام تلافی‌جویانه در آن کمتر است. علاوه بر این شلینگ پیشنهاد می‌کند که یک راه خوب هنگام مواجهه با افزایش ریسک تهاجم دشمن این است که گام‌به‌گام و تدریجاً احتمال وقوع درگیری را بالا ببریم. چون اقدامات صورت گرفته در هر گام کوچک است، از به خشم آمدن دشمن سخت‌گیر جلوگیری می‌کند و چون دشمن در هر مرحله فرصت نشان دادن نرمش را دارد، احتمال وقوع درگیری پایین می‌ماند. در نهایت شلینگ از تحلیل فوق نتیجه می‌گیرد که کشورها باید دشمن را در مورد تصمیم خودشان مردد نگاه دارند و در عین حال او را مطمئن سازند که اقدام تلافی جویانه پر قدرت به عنوان یک گزینه جدی مورد توجه است.

۳.۳ دیوار بلند بی اعتمادی

دسته دیگری از مسائل تصمیم گیری‌های اجتماعی که شلینگ مورد بررسی قرار داد موقعیت‌هایی هستند که در آن طرفین درگیر، نسبت به هم بدگمان هستند. به عنوان مثال ایران و آمریکا هر دو توافق دارند که جنگ مطلوب نیست و هر دو تا وقتی که فکر کنند طرف دیگر برای صلح تلاش می‌کند، آن‌ها نیز چنین خواهند کرد. اما هر کدام به محض

این‌که شک کنند دیگری در حال آماده شدن برای جنگ است، قطعاً آماده جنگ می‌شوند. شلینگ در فصل ۹ کتاب استراتژی مناقشه این موضوع را با کمک اصطلاحات نظریه بازی‌ها تحلیل کرده و نقش بی اعتمادی را در وقوع تهاجم مورد بررسی قرار داده است. برای این‌که نقش بدگمانی طرفین را در یک بازی غیر مشارکتی مشاهده کنید به مثال زیر توجه کنید:

هند و پاکستان درگیر مسابقه تسلیحاتی با یک‌دیگر هستند. فرض کنید که هیچ‌کدام از این دو کشور علاقه‌ای به توسعه سلاح‌های جدید ندارند اما اگر معتقد باشند که طرف مقابل مشغول توسعه سلاح‌های جدید است، خود نیز این کار را ترجیح می‌دهند. هر کشور دو استراتژی خالص دارد که ساخت سلاح جدید و امتناع از ساخت سلاح جدید است. اگر سود طرفین را وقتی که هر دو از توسعه سلاح‌های جدید امتناع می‌کنند، صفر قرار دهیم و فرض کنیم که هزینه تولید سلاح جدید برای هر دو $-c$، سود ناشی از جلو افتادن تسلیحاتی از رقیب $+\mu$ و ضرر ناشی از عقب افتادن تسلیحاتی از رقیب $-d$ باشد که $d > c > \mu > 0$. در اینصورت بازی ماتریسی زیر را خواهیم داشت:

$$\begin{array}{rc} & \begin{array}{cc} \text{ساخت سلاح جدید} & \text{امتناع} \end{array} \\ \begin{array}{r} \text{ساخت سلاح جدید} \\ \text{امتناع} \end{array} & \begin{pmatrix} (-c,-c) & (\mu-c,-d) \\ (-d,\mu-c) & (0,0) \end{pmatrix} \end{array}$$

در این بازی دو موازنه نش خالص وجود دارد که (ساخت سلاح جدید، ساخت سلاح جدید) و (امتناع، امتناع) است که موازنه دوم سود بیشتری را عاید هر دو می‌کند. شلینگ معتقد است که اگر هر دو کشور منطقی باشند، برنامه‌های خود را به طور صحیح و کامل انجام دهند و دربارهٔ سود رقیب مشکوک نباشند، موازنه دوم یعنی امتناع از تولید سلاح‌های جدید برای هر دو، نتیجه قابل انتظار در چنین بازی خواهد بود[۷]. با این وجود تاکید می‌کند که میزان کمی از بدگمانی در مورد قصد رقیب و عصبانیت می‌تواند برای به خطر افتادن نتیجه صلح‌آمیز کافی باشد. به این جملات از خود او توجه کنید:

«اگر من در پی شنیدن صدایی در شب به طبقه پایین بروم در حالی که یک اسلحه در دست دارم و خودم را در مقابل یک دزد ببینم که او هم اسلحه‌ای در دست دارد، خطر وقوع حادثه‌ای که برای هیچ‌کدام از ما خوشایند نیست وجود دارد. حتی اگر او ترجیح دهد که آرام آن‌جا را ترک کند و من هم چنین بخواهم، این خطر وجود دارد که او فکر کند که من قصد شلیک دارم و ابتدا به من شلیک کند. بدتر از آن این خطر وجود دارد که او فکر کند که من فکر می‌کنم او قصد شلیک دارد.»

شلینگ برای تحلیل این موقعیت‌ها تلاش‌هایی کرده است اما چون در آن زمان نظریه بازی‌ها در مطالعه بازی‌های با اطلاعات ناقص، پیشرفت زیادی نکرده بود، این تحلیل‌ها

[۷] البته این مطلب مورد قبول همه متخصصین نظریه بازی‌ها نیست.

بیشتر بر اساس شهود او هستند. اخیرا بالیگا و دیگران یک تحلیل دقیق از مساله بی‌اعتمادی ارائه کرده اند [۲].

کتاب استراتژی مناقشه علاوه بر علوم اجتماعی بر نظریه‌های اقتصادی نیز تاثیر زیادی داشته است. این کتاب و کتاب دیگر شلینگ «استراتژی و کنترل تسلیحاتی» هم‌چنین روی نگرش نظریه‌پردازان نظامی در دوره جنگ سرد تاثیرات بنیادی گذاشته و نقش محوری در بنیان‌گذاری «مطالعات استراتژیک» به عنوان یک رشته آکادمیک ایفا کرده است. محرمانه بودن مسائل نظامی، تعیین میزان دقیق تاثیر کارهای شلینگ روی رفتار ابرقدرت‌ها را مشکل می‌کند. با این وجود یک مدرک برای اثبات این موضوع می‌تواند این باشد که او در سال ۱۹۹۳ جایزهٔ ملی آکادمی علوم ایالات متحده را به خاطر تحقیقات مرتبط با پیشگیری از جنگ هسته‌ای دریافت کرده است.

۴ تحقیقات رابرت اومن

رابرت اومن نقش کلیدی در شکل‌گیری نظریه بازی‌ها و گسترش دامنه کاربردهای آن داشته است. او نگرش متحدی نسبت به گستره وسیعی از تعاملات استراتژیک ارائه کرده است که بسیاری از زمینه‌های به ظاهر متفاوت مثل اقتصاد، علوم سیاسی، بیولوژی، فلسفه، علوم کامپیوتر و آمار را در بر می‌گیرد. اومن به جای استفاده از ساختارهای مختلف در تحلیل موقعیت‌های خاص مثل بازدارندگی، مالیات گذاری یا رای‌گیری، روش‌ها و اسلوب‌هایی کلی را توسعه داده است که در هر موقعیت به نتایج و کاربردهای خاص منجر می‌شود. تحقیقات او ترکیبی غیر متعارف از گستردگی و عمق را در بر دارد. برخی از آن‌ها تحلیلی عمیق را شامل می‌شوند در حالی که برخی دیگر از نظر تکنیکی ساده اما از نظر مفهومی بنیادی هستند. در بین تحقیقات اومن، مطالعه همکاری‌های دراز مدت و تعاملات تکرار شونده، اصلی‌ترین تاثیر را در علوم اجتماعی داشته است.

۱.۴ همکاری‌های دراز مدت

همان‌طور که قبلاً اشاره شد بسیاری از تعاملات و روابط متعارف اجتماعی، دراز مدت و بعضاً با مدت نامعلوم هستند. این کنش‌ها و واکنش‌ها به صورت تدریجی، متوالی و پی‌درپی و در یک روند طولانی صورت می‌گیرند. مثلاً کشورهای مختلف در تعامل با یک‌دیگر برای رسیدن به یک مقصود مشترک یا متقابل، طیفی از گفتگوها و تعاملات را انجام می‌دهند. آن‌ها در هر مرحله رفتاری از خود بروز می‌دهند که رفتار گذشته کشورهای رقیب یا درگیر، در این رفتار تاثیر می‌گذارد. لذا مطالعهٔ تعاملات تکرار شونده و متناوب با یک افق دراز مدت حائز اهمیت است.

ساده‌ترین راه برای نمایش تفاوت روابط دراز مدت و کوتاه مدت، استفاده از یک بازی معروف به نام «دو راهی زندانی»[۸] است. این بازی بر اساس یک داستان نام‌گذاری شده است. دو کلاه بردار هم‌دست دستگیر می‌شوند و در دو اتاق مجزا مورد بازجویی قرار می‌گیرند. هر کدام می‌توانند با هم‌دست خود همکاری کرده و سکوت کنند یا این‌که به او پشت کرده و او را لو دهند. اگر هر دو همکاری کنند و اطلاعاتی به پلیس ندهند، تنها به یک مجازات جزئی (مثلاً جریمه نقدی) محکوم می‌شوند. این حالت را با سود ۲ برای دو طرف نشان می‌دهیم. اگر هر دو به همدست خود پشت کنند و ماجرا را لو دهند، هر دو به مجازات زندان با کمترین مدت محکوم می‌شوند که آن را با سود ۱ بیان می‌کنیم. وفاداری یکی از شرکا و خیانت دیگری باعث حداکثر مجازات (زندان طولانی) برای فرد وفادار و آزادی برای فرد خیانت کننده خواهد شد. مجازات حداکثری را با سود صفر و آزادی را با سود ۳ نشان می‌دهیم. لذا ماتریس بازی به صورت زیر خواهد بود:

$$\begin{array}{r c} & \begin{array}{cc} \text{همکاری} & \text{لو دادن} \end{array} \\ \begin{array}{r} \text{همکاری} \\ \text{لو دادن} \end{array} & \begin{pmatrix} (۲,۲) & (۰,۳) \\ (۳,۰) & (۱,۱) \end{pmatrix} \end{array} \qquad (۱)$$

این بازی کاربردهای اقتصادی فراوانی دارد. یک مثال آن تولید یک کالای خاص توسط دو شرکت رقیب است. هر دو شرکت می‌توانند کالا را در سطح بالا یا در سطح پایین تولید کنند. اگر هر دو در یک سطح پایین تولید کنند، قیمت بالا می‌ماند و هر دو ۲ واحد سود می‌کنند. اگر هر دو در سطح بالا تولید کنند قیمت کاهش می‌یابد و هر دو ۱ واحد سود می‌کنند. اگر یکی در سطح بالا تولید کند در حالی که دیگری در سطح پایین تولید می‌کند، تولید کننده‌ای که زیاد تولید می‌کند، بیشترین سود (۳ واحد) و دیگری کمترین سود (۰ واحد) را دریافت می‌کند.

برای هر بازیکن بدون توجه به استراتژی‌های رقیب، استراتژی لو دادن یک استراتژی غالب است و لذا تنها موازنه نش این بازی درایهٔ ۲۲ یعنی لو دادن برای هر دو بازیکن می‌باشد. با این وجود مشاهده می‌کنید که اگر هر دو از استراتژی همکاری استفاده کنند، سود هر دو آن‌ها افزایش خواهد یافت. اگر این دو کلاه بردار (یا دو شرکت) تنها یک بار با هم کار کنند، نتیجه معقول این است که هر دو از موازنه نش استفاده می‌کنند و شریک را لو خواهند داد. (در سطح بالا تولید می‌کنند.) اما فرض کنید این بازی مرتب تکرار شود، یعنی این دو کلاه‌بردار به طور متوالی و مکرر با هم کار کنند یا دو شرکت به صورت روزانه یا ماهیانه میزان تولید خود را تغییر دهند. در این روند هر بازیکن به دنبال ماکزیمم کردن متوسط طیف سود خود در مدت طولانی کار با هم‌دیگر است. می‌توان دید که در این‌گونه موارد استراتژی همکاری در هر مرحله برای هر دو یک نتیجه معقول خواهد بود، به این دلیل که بازیکنان در این حالت می‌توانند تهدید کنند که هر گونه خیانت و انحراف از توافق

[8] Prisoner's Dilemma

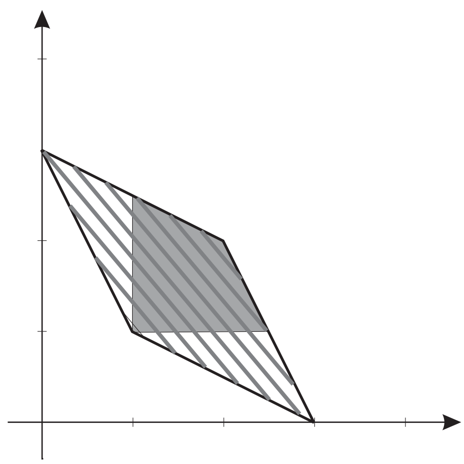
همکاری در یک بازی را با عدم همکاری خودشان در بازی بعد تنبیه خواهند کرد. در واقع افزایش کوتاه مدت سود در یک بازی به خاطر خیانت، با کاهش سود به کمتر از حد موازنه در بازی‌های بعد، از بین می‌رود و همین می‌تواند بازیکنان منطقی را مجاب کند که در هر مرحله همکاری نمایند. به این دلایل در دهه پنجاه چند متخصص نظریه بازی‌ها حدس زده بودند که اگر در چنین شرایطی بازی به قدر کافی ادامه یابد، بازیکنان منطقی باید قادر به همکاری باشند. اومن این مطلب را به صورت دقیق اثبات کرد. برای تشریح نتایج او به چند تعریف نیاز داریم.

فرض کنید G یک بازی غیرمشارکتی چند نفره باشد، منظور از «ابربازی»[۹] G^*، همان بازی G است که بی‌نهایت بار تکرار شود. یک استراتژی خالص در G^*، یک قانون تصمیم‌گیری است که در هر مرحله از بازی با گرفتن تاریخچه اتفاقات بازی تا آن مرحله، یک استراتژی خالص از G را برای آن مرحله پیشنهاد می‌دهد. بنابراین مجموعه استراتژی‌های خالص در یک ابربازی، نامتناهی است و استراتژی‌های پیچیده‌ای را در بر می‌گیرد. یک استراتژی (مرکب) در G^* یک توزیع احتمالی روی استراتژی‌های خالص G^* است. اگر هر بازیکن یک استراتژی در G^* انتخاب کند و بازیکن X در مرحلهٔ n ام به میزان a_n سود کسب کند، آن‌گاه سود آن بازیکن در G^* را برابر $\limsup_{n\to\infty} \frac{a_1+\ldots+a_n}{n}$ تعریف می‌کنیم. یک «موازنهٔ قوی»[۱۰] در بازی G^* که به عنوان راه‌حل بازی در نظر گرفته می‌شود، یک بسته پیشنهادی است که به هر بازیکن یک استراتژی در G^* ارائه می‌دهد، به طوری که هیچ گروه (زیرمجموعه یا ائتلاف) از بازیکن‌ها نتوانند با تغییر استراتژی‌های خود (نپذیرفتن بسته)، سودهایی بیشتر از ماکزیمم سود اعضای آن گروه در حالت پذیرش بسته به دست آورند. بنابراین موازنه نش در G^* یک حالت خاص موازنه قوی است، وقتی که گروه‌ها را تک عضوی بگیریم. نتیجه اساسی اومن، مجموعه سودهای حاصل از موازنه‌های قوی را به طور دقیق مشخص می‌کند. وقتی این نتیجه برای گروه‌های یک نفره به کار گیریم، قضیه جالبی به دست می‌آید که «قضیه عامه برای بازی‌های تکرار شونده»[۱۱] گفته می‌شود. بر اساس این قضیه مجموعهٔ سودهای به دست آمده از موازنه‌های نش در بازی تکرار شونده G^*، دقیقاً برابر با مجموعه پاداش‌های امکان‌پذیر و شخصاً منطقی در G است. یک بردار سود (یک لیست از سودها که به هر بازیکن یک سود نسبت می‌دهد) «امکان پذیر»[۱۲] گفته می‌شود اگر بازیکن‌ها بتوانند با به کارگیری یک استراتژی (مرکب) در G، آن سودها را کسب کنند. در واقع یک بردار سود امکان پذیر، یک ترکیب خطی محدب از بردارهای سودی است که به وسیله استراتژی‌های خالص G به دست می‌آید و مجموعه بردارهای سود امکان پذیر برابر غلاف کوژ به دست آمده از بردارهای سود حاصل

[۹] supergame
[۱۰] strong equilibrium
[۱۱] folk theorem for repeated games
[۱۲] feasible

از استراتژی‌های خالص G است. یک سود برای یک بازیکن، «شخصاً منطقی»[۱۳] خوانده می‌شود اگر حداقل به اندازهٔ کمترین سودی در G باشد که بقیه بازیکن‌ها می‌توانند بازیکن مذکور را مجبور به دریافت آن کنند. به عبارت دیگر فرض کنید یک بازیکن برای هر ترکیب از استراتژی‌های بازیکنان دیگر در G، بهترین پاسخ را بدهد. کمترین مقدار در بین همهٔ سودهای حاصل برای آن بازیکن را m بنامید. هر سود بزرگتر یا مساوی m، یک سود شخصاً منطقی برای بازیکن ذکر شده است. در نهایت یک بردار سود را شخصاً منطقی می‌گوییم اگر سود نسبت داده شده به هر بازیکن برای او شخصاً منطقی باشد. «قضیه عامه» ادعا می‌کند هر بردار سودی که در بازی G امکان پذیر و شخصاً منطقی باشد، می‌تواند توسط یک موازنهٔ نش در بازی G^* بدست آید.

به عنوان مثال در بازی دو راهی زندانی ماتریس (۱)، مجموعه بردارهای پاداش امکان پذیر، غلاف کوژ حاصل از نقاط $(۲,۲)$، $(۰,۳)$، $(۳,۰)$ و $(۱,۱)$ است که در شکل ۱ به صورت هاشور خورده نشان داده شده است. در این بازی می‌بینیم که هر بازیکن می‌تواند با انتخاب استراتژی لو دادن، حداقل سود ۱ را برای خود تضمین کند، بنابراین بردارهای سود شخصاً منطقی بردارهایی هستند هر دو مولفهٔ آن‌ها حداقل ۱ باشد. در نتیجه اشتراک این دو مجموعه همان طور که در شکل ۱ به صورت سایه دار نشان داده شده است، بردارهای سود امکان پذیر و شخصاً منطقی هستند. طبق قضیه عامه همه این بردارهای پاداش، از جمله بردار مطلوب $(۲,۲)$، می‌توانند به عنوان حد میانگین سود حاصل از به کارگیری یک موازنه نش در بازی تکرار شوندهٔ G^* به دست آیند. این در حالی است که وقتی بازی یک بار انجام می‌شود، تنها بردار $(۱,۱)$ می‌تواند به عنوان موازنه نش به دست آید.



شکل ۱: بردارهای سود امکان پذیر و شخصاً منطقی.

[۱۳] individually rational

بنابراین بازیکن‌ها می‌توانند روی موازنه همکاری در هر مرحله هماهنگ شوند. در مقابل هر گونه انحراف از موازنه توسط یکی از بازیکنان در یک مرحله، بازیکن دیگر می‌تواند در مراحل بعد او را تنبیه کند، به این صورت که استراتژی خود را به گونه‌ای تنظیم کند که سود متوسط طرف خاطی وقتی که او بهترین جواب را در مقابل این تنبیه اتخاذ کند، می‌نیمم شود. چنین تنبیهی می‌تواند موقتاً سود بازیکن خاطی را به میزانی کمتر از سطح موازنه نش در بازی مرحله‌ای G تنزل دهد. همین تهدید کافی است تا موازنه مذکور به عنوان یک راه حل معقول پذیرفته شود.

۲.۴ تحقیقات دیگر

در طول سال‌های جنگ سرد، در فاصله سال ۱۹۶۵ تا ۱۹۶۸، رابرت اومن، مایکل مشلر و ریچارد استرن مشترکاً تحقیقاتی در زمینهٔ مذاکرات کنترل تسلیحاتی انجام دادند. کارهای آن‌ها بعداً مبانی نظریه بازی‌های تکرار شونده با اطلاعات ناقص را تشکیل داد. این بازی‌ها، بازی‌های تکرار شونده‌ای هستند که در آن همه یا برخی از بازیکنان، قسمتی از اطلاعات بازی مرحله‌ای G را ندارند. برای مثال ممکن است یک کارخانه از هزینه‌های رقیب خود مطلع نباشد یا یک کشور تعداد زرادخانه‌های تسلیحات نظامی کشور دیگر را نداند. شخص، شرکت یا کشوری که اطلاعات بیشتری در اختیار دارد، چقدر می‌تواند از این مزیت سود ببرد؟ یک بازیکن با اطلاعات ناقص چقدر می‌تواند با مشاهدهٔ عملکرد بازیکنان دیگر از آن‌ها اطلاعات کسب کند؟ آیا یک بازیکن مطلع، باید از این مزیت برای بهره برداری کوتاه مدت استفاده کند، علی‌رغم این‌که با استفاده از این اطلاعات، خطر لو رفتن آن‌ها وجود دارد، یا باید اطلاعات خود را به منظور بهره برداری در آینده مخفی کند؟ به کمک کارهای هرسانی، اومن، ماشلر و استرن، نظریه بازی‌ها قدرت تحلیل این موقعیت‌های استراتژیک را به دست آورده است. مشروح تحقیقات این محققین در [۱] جمع آوری شده است.

کارهایی نیز دربارهٔ همکاری‌ها در بازی‌های با تکرار متناهی انجام شده است. بنوت و کریشنا قضیه‌ای شبیه قضیه عامه را وقتی زمان بازی متناهی اما طولانی است، ثابت کرده‌اند [۳]. کرپس و دیگران نشان داده‌اند که اگر بازی دو راهی زندانی به تعداد کافی تکرار شود و اطلاعات بازیکنان دربارهٔ سودها ناقص باشد، در بیشتر مراحل، همکاری اتفاق می‌افتد هر چند که در مرحلهٔ آخر این همکاری از بین خواهد رفت [۷]. علاوه بر این نیمن ثابت کرده است که حتی در بازی دو راهی زندانی با تکرار متناهی و اطلاعات کامل نیز اگر زمان پایان بازی برای بازیکنان معلوم نباشد، همکاری نتیجه قابل پیش بینی است [۱۱]. همه این نتایج و تحقیقات دیگر بر پایه تحقیقات بنیادی اومن انجام گرفته است. نظریه بازی‌های تکرار شونده کمک زیادی به توجیه و توضیح دسته وسیعی از دریافت‌های تجربی کرده است. به طور ویژه این‌که چرا وقتی تعداد بازیکن‌ها زیاد است، تعامل بازیکن

مکرر و متوالی نیست، زمان تعامل کوتاه است یا رفتار بازیکنان پس از مدتی تاخیر مشاهده می‌شود، همکاری بازیکنان سخت‌تر محقق می‌شود، به خوبی توسط این نظریه قابل درک و توجیه است. سرانجام این‌که نتایج به دست آمده در این نظریه تاکنون برای افزایش کارایی موسسه‌های مختلف از سازمان تجارت جهانی گرفته تا مافیا به کار رفته است [۵] و [۸].

در مجموع کارهای توماس شلینگ و رابرت اومن در طول نیم قرن اخیر، بینش و نگرشی جدید به روی تحلیل تعاملات اجتماعی باز کرده است و درک ما را نسبت به مناقشه‌ها و همکاری‌های اقتصادی، سیاسی، نظامی و غیره ارتقاء داده است.

[1] Aumann. R.J. and M. Maschler (1995) *Repeated Games with Incomplete Information,* MIT Press.

[2] Baliga. S. and T. Sjöström (2004) *Arm races and negotiations,* Review of Economic Studies 71, 351-369.

[3] Benoit. J.P. and V. Krishna (1985) *Finitely repeated games,* Econometrica 53,890-904.

[4] Binmore. K. and L. Samuelson (2004) *The evolution of focal points,* Games and Economic Behavior.

[5] Dixit. A. (2003) *On modes of economic governance,* Econometrica 71,449-481.

[6] Dixit. A. and S. Skeath (2004) *Games of Strategy,* 2nd ed., W.W. Norton, New York.

[7] Kreps D., P. Milgrom, J. Roberts and R. Wilson (1982) *Rational cooperation in the finitely repeated prisoners' dilemma,* Journal of Economic Theory 27, 245-252.

[8] Maggi G. (1999) *The role of multinational institutions in international trade cooperation,* American Economic Review 89, 190-214.

[9] Nash. J. (1950) *Equilibrium points in n-person games,* Proceedings of the National Academy of Science 36, 48-49.

[10] Nash. J. (1951) *Non-cooperative games,* Annals of Mathematics 54, 286-295.

[11] Neyman A. (1999) *Cooperation in repeated games when the number of stages is not commonly known,* Econometrica 67, 45-64.

[12] Schelling. T. (1960) *The Strategy of Conflict,* Harvard University Press, Cambridge MA.