فرهنگ و اندیشهٔ ریاضی
شماره ۴۰ (بهار ۱۳۸۷) صص. ۴۷ تا ۶۲

استراتژی مناقشه در نظریهٔ بازی‌ها*

رامین جوادی و بهناز عمومی

چکیده

هدف اصلی نظریهٔ ریاضی بازی‌ها تحلیل و بررسی دستهٔ وسیعی از موقعیت‌های رقابتی است. این موقعیت‌ها تقریباً همهٔ سرگرمی‌هایی که مردم آن‌ها را بازی می‌خوانند شامل می‌شود اما تنها به این سرگرمی‌ها محدود نیستند. رقابت بین دو شرکت، رویارویی نیروهای نظامی یا جنگ تمدن‌ها نیز از جنبهٔ نظری، بازی محسوب می‌شوند و با مدل‌های ریاضی نظریهٔ بازی‌ها قابل تحلیل هستند. در ۱۹۹۴، سه ریاضی‌دان به نام‌های جان نَش، رینهارد سلتن و جان هرسانی برای تحقیق در این زمینه موفق به کسب جایزهٔ نوبل اقتصاد شدند. در این میان تحقیقات دو اقتصاددان و ریاضی‌دان، توماس شلینگ و رابرت اومان در پیشبرد قدرت نظریهٔ بازی‌ها برای تحلیل مناقشه‌ها و همکاری‌های اجتماعی تأثیری شگرف داشت. این تحقیقات جایزهٔ نوبل اقتصاد را در در ۲۰۰۵ برای آنان به ارمغان آورد. در این مقاله ضمن معرفی اجمالی نظریهٔ بازی‌های غیرمشارکتی به تشریح برخی از مهمترین تحقیقات توماس شلینگ و رابرت اومان می‌پردازیم.

۱ مقدمه

زندگی انسان به مثابه موجودی اجتماعی، آمیخته و ممزوج به روابط و تعاملات اجتماعی است. آن‌گونه 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 یا هم‌دیگر را حذف می‌کنند و سرانجام نتیجهٔ اعمال خود را می‌بینند. بی‌شک این نتیجه به طور مستقیم متأثر از حرکات و افعال تک‌تک این انسان‌ها است.

*) به بهانهٔ جایزه نوبل اقتصاد ۲۰۰۵

با گسترش و پیشرفت تمدن‌های بشری، روابط انسانی نیز گسترده و پیچیده شده است تا آن جا که امروزه چگونگی و چرایی تعاملات اجتماعی انسان‌ها بسیار دشوارْ فهم و تحلیل و پیش‌بینی سازوکار آن‌ها مشکل و پیچیده است. دانشمندان علوم اجتماعی تلاشی طولانی برای درک 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 نظریهٔ 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 به‌کار گیرند. بعد از این، همکاری ریاضیدانان و اقتصاددانان در بسط و توسعهٔ این روش‌ها ادامه داشت. با کارهای جان نش، رینهارت سلتن و جان هرسانی مفاهیم و راه‌حل‌هایی ارائه شد که تأثیر شگرفی در افزایش کارایی و قدرت پیش‌بینی نظریهٔ بازی‌های غیرمشارکتی به‌وجود آورد. محوری‌ترین مفهوم در این کارها، مفهومی به نام موازنهٔ نش است که در ادامه دربارهٔ آن صحبت خواهیم کرد. شاید اگر این ابزارها برای پاسخ به سؤالات اساسی جامعه به‌کار گرفته نمی‌شد، دستاوردهای هوشمندانهٔ این محققین ثمر چندانی نداشت، تا در سال ۱۹۹۴ شایستهٔ دریافت جایزه نوبل اقتصاد شناخته شوند.

در این میان کارهای دو دانشمند آمریکایی و آلمانی، رابرت اومان و توماس شلینگ در توسعهٔ نظریهٔ بازی‌های غیرمشارکتی برای پاسخ به سؤالات 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 نظریهٔ 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 است، در نظر گرفته شوند و اومان ثابت کرد که اکثر روابط دراز مدت اجتماعی توسط نظریهٔ بازی‌های غیرمشارکتی قابل تحلیل هستند. از اواخر دههٔ ۵۰ که کارهای این دو منتشر شد زمان زیادی گذشت تا نگرش آن‌ها به خوبی فهمیده شود. اما خصوصاً در طول ۲۵ سال اخیر نظریهٔ 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 ۲۰۰۵ به خاطر «ارتقاء درک مناقشه‌ها و همکاری‌های اجتماعی از طریق تحلیل‌های نظریه بازی‌ها» برندهٔ جایزهٔ نوبل اقتصاد شدند. در دسامبر ۲۰۰۷ شلینگ با حضور در دانشگاه صنعتی شریف در این زمینه سخنرانی کرد.

۲ نظریه بازی‌های غیرمشارکتی

در این بخش مفاهیم اولیهٔ نظریهٔ بازی‌ها و قضیهٔ اساسی این نظریه (قضیهٔ موازنه نش) را معرفی می‌کنیم و با ذکر یک مثال نحوهٔ مدل‌سازی استراتژیک یک بازی را نشان می‌دهیم.

فرض کنید $\{۱,۲,\ldots,N\}$ یک مجموعه از بازیکن‌ها باشد که به بازیکن i ، $۱ \leq i \leq N$، یک

مجموعه A_i نسبت داده شده است. اعضای A_i را **استراتژی‌های خالص** بازیکن i می‌نامیم. در هر مرحله، هر بازیکن یک استراتژی از مجموعه استراتژی‌های خالص 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 همهٔ بازیکن‌ها وابسته است. در حالت خاص برای $N = ۲$ وقتی که مجموعه‌های $A_۱$ و $A_۲$ به ترتیب m و n عضو داشته باشند، می‌توانیم مدل استراتژیک یک بازی بین آنان را با یک آرایه $m \times n$ نشان دهیم، به این صورت که سطرها نشان‌دهندهٔ استراتژی‌های خالص بازیکن (۱) و ستون‌ها نمایان‌گر استراتژی‌های خالص بازیکن (۲) هستند. درایه سطر iام و ستون jام در این آرایه، یک زوج مرتب (a_{ij}, b_{ij}) است به این صورت که اگر بازیکن (۱) استراتژی iام و بازیکن (۲) استراتژی jام را انتخاب کند، آن‌گاه سود بازیکن (۱) به میزان a_{ij} و سود بازیکن (۲) به مقدار b_{ij} خواهد بود.

به عنوان مثال وقتی که دو بازیکن ($N = ۲$) به ترتیب دارای استراتژی‌های خالص $A_۱ = \{x_۱, x_۲\}$ و $A_۲ = \{y_۱, y_۲\}$ باشند، آرایه زیر مدل استراتژیک یک بازی بین آنها را نشان می‌دهد.

$$\begin{array}{cc} & \begin{array}{cc} y_۱ & y_۲ \end{array} \\ \begin{array}{c} x_۱ \\ x_۲ \end{array} & \begin{pmatrix} (a_{۱۱}, b_{۱۱}) & (a_{۱۲}, b_{۱۲}) \\ (a_{۲۱}, b_{۲۱}) & (a_{۲۲}, b_{۲۲}) \end{pmatrix} \end{array}$$

در یک بازی هر بازیکن می‌تواند علاوه بر استراتژی‌هایی که در بالا ذکر کردیم (استراتژی‌های خالص)، استراتژی‌های دیگری نیز انتخاب کند، که استراتژی‌های مرکب گفته می‌شوند. در حقیقت یک **استراتژی مرکب** برای یک بازیکن، یک توزیع احتمالی روی استراتژی‌های خالص او است. در این صورت سود حاصل برای آن بازیکن برابر امید ریاضی سود حاصل از استراتژی‌های خالص متناظر است. به عنوان مثال برای $N = ۲$ اگر بازیکن (۱) استراتژی مرکب $\mathbf{p} = (p_۱, \ldots, p_m)$ و بازیکن (۲) استراتژی مرکب $\mathbf{q} = (q_۱, \ldots, q_n)$ را انتخاب کند، آن‌گاه سود بازیکن (۱) برابر $\sum_{ij} p_i a_{ij} q_j$ و سود بازیکن (۲) برابر $\sum_{ij} p_i b_{ij} q_j$ است. توجه داشته باشید که یک استراتژی خالص در واقع یک استراتژی مرکب است که در توزیع احتمال آن، احتمال متناظر با آن استراتژی خالص برابر یک باشد. استراتژی‌های مرکب به خصوص وقتی یک بازی چندبار تکرار می‌شود بسیار سودمند هستند. اکثر کنش‌ها و واکنش‌های اجتماعی نه به صورت ناگهانی و آنی بلکه در یک فرایند تدریجی صورت می‌گیرند و در طی این دورهٔ 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. در ادامه منظور از یک استراتژی، استراتژی خالص یا مرکب است.

اگر برای بازیکن‌ها توافق بر روی یک انتخاب از استراتژی‌ها امکان‌پذیر نباشد یا در صورت

امکان وجود توافق هم، هیچ توافقی الزام‌آور نباشد، آن‌گاه بازی غیرمشارکتی نامیده می‌شود. در این صورت در واقع چیزی جز سود شخصی بیشتر نمی‌تواند یک بازیکن را ملزم به انتخاب یک استراتژی خاص کند. بر عکس اگر بازیکنان بتوانند با یک‌دیگر مذاکره کرده و روی یک مجموعه از استراتژی‌ها که سود جمعی بیشتری را عاید آن‌ها می‌کند به توافق برسند، آن‌گاه بازی را مشارکتی می‌نامیم. در بازی‌های مشارکتی طرفین می‌توانند 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 می‌کند و از استراتژی‌های انتخاب شده توسط رقبا (طرف‌های درگیر) اطلاع ندارد. لذا بازی‌های غیرمشارکتی برای تحلیل این‌گونه تعاملات مناسب‌ترند.

اجازه دهید با یک مثال ساده موضوع را روشن کنیم. فرض کنید دو کشور فرضی (۱) و (۲) در یک مناقشهٔ مرزی درگیر می‌شوند. در این حالت هر یک از دو کشور می‌توانند به نیروهای خود آماده‌باش داده و آن‌ها را در مرز مستقر کنند یا این که از آماده‌باش امتناع کرده و خویشتن‌داری به خرج دهند. هر کدام از این کشورها بدون این که از تصمیم طرف مقابل آگاهی داشته باشند یکی از این دو استراتژی را انتخاب می‌کنند. این یک نمونهٔ ساده از مناقشه بین دو کشور است که طرفین دارای علائق مشترک و متقابل هستند. اگر دو طرف به نیروهای خود آماده‌باش دهند، آن‌گاه احتمال وقوع جنگ بسیار زیاد شده 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 خویشتن‌داری کنند، آن‌گاه 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 نیروهای خود را در مرز مستقر کند و طرف دیگر خویشتن‌داری نماید، آن‌گاه این یک پیروزی بزرگ برای طرف مهاجم و یک سرافکندگی بزرگ برای طرف خویشتن‌دار خواهد بود که منجر به تصرف منطقهٔ مورد مناقشه توسط طرف مهاجم می‌شود. اگر فرض کنیم هر دو طرف، سرافکندگی تصرف منطقه توسط رقیب را به شعله‌ور شدن آتش جنگ ترجیح می‌دهند، آن‌گاه می‌توانیم سود طرف پیروز را در این حالت a و سود طرف شکست خورده را c قرار دهیم که $a > b > c > ۰$.[۱] در نتیجه می‌توانیم این بازی ساده را در قالب آرایهٔ زیر نمایش دهیم. توجه کنید که همیشه مؤلفهٔ اول هر درایه سود بازیکن انتخاب کنندهٔ سطر را نشان می‌دهد. این بازی به دسته‌ای از بازی‌ها تعلق دارد که بازی‌های «بزدل[۲]» یا «باز ــ کبوتر[۳]» خوانده می‌شوند.

---

۱) در برخی موارد برای طرفین، چنین سرافکندگی از وقوع جنگ نامطلوب‌تر است. در چنین مواردی $a > b > ۰ > c$. این بازی‌ها مسالهٔ زندانی نام دارند که در بخش ۴ به آن اشاره خواهیم کرد.

2) Chicken 3) Hawk-Dove

$$
\begin{array}{rcc}
 & \text{آماده‌باش} & \text{خویشتن داری} \\
\text{آماده‌باش} & (0,0) & (a,c) \\
\text{خویشتن‌داری} & (c,a) & (b,b)
\end{array}
$$

به عنوان مثال در این‌جا انتخاب آماده‌باش با احتمال $\frac{1}{3}$ و خویشتن‌داری با احتمال $\frac{2}{3}$ یک استراتژی مرکب برای هر کدام از بازیکن‌ها است. اگر کشور (۱) استراتژی خالص خویشتن‌داری را انتخاب کند و کشور (۲) با احتمال $\frac{1}{3}$ آماده‌باش و با احتمال $\frac{2}{3}$ خویشتن‌داری نماید، آن‌گاه سود متوسط کشور (۱) برابر $\frac{1}{3}c + \frac{2}{3}b$ خواهد بود.

هر بازیکن به طور طبیعی به دنبال ماکزیمم کردن سود خود است. او برای رسیدن به نتیجهٔ مناسب باید علاوه بر استراتژی‌های خود، استراتژی‌های طرف مقابل و علائق مشترک و متقابل را در نظر بگیرد. در یک بازی یک بازیکن کدام استراتژی را انتخاب کند تا سود بیشتری عاید خود نماید؟ یکی از مهم‌ترین مفاهیمی که به عنوان یک «راه حل» یا نتیجهٔ قابل پیش‌بینی در بازی‌های غیرمشارکتی مطرح می‌شود، مفهوم موازنهٔ نش[1] است. یک **موازنهٔ نش** یا به طور خلاصه یک موازنه در یک بازی عبارت است از پیشنهاد یک استراتژی (خالص یا مرکب) 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 **موازنهٔ خالص** می‌گوییم و در صورت مرکب بودن استراتژی‌ها، آن را **موازنهٔ مرکب** می‌خوانیم. قضیهٔ نش که قضیهٔ اساسی نظریهٔ بازی‌های غیرمشارکتی است وجود حداقل یک موازنهٔ نش در بازی‌های متناهی را تضمین می‌کند.

قضیهٔ ۱. ([۱۰] و [۱۱]) اگر در یک بازی غیرمشارکتی N نفره مجموعه استراتژی‌های هر بازیکن متناهی باشد، آن‌گاه بازی حداقل دارای یک موازنهٔ نش (خالص یا مرکب) است.

به عنوان مثال در بازی‌های بزدل دو موازنهٔ خالص وجود دارد که همان (خویشتن‌داری، آماده‌باش) و (آماده‌باش، خویشتن‌داری) هستند. اگر بر سر یکی از این دو پیشنهاد، توافق صورت گیرد، آن‌گاه هیچ کشوری نمی‌تواند با نقض یک‌جانبهٔ توافق، سود خود را افزایش دهد. این دو موازنهٔ 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 نظامی ــ سیاسی طرفین یا تفاوت اهمیت موقعیت ژئوپلتیک منطقهٔ مورد مناقشه ممکن است باعث ایجاد عدم تقارن در سودهای بازیکنان شود و به عنوان نمونه سود آماده‌باش در صورت خویشتن‌داری 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 آماده‌باش، 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.

---

1) Nash Equilibrium

بر اساس نظر شلینگ، در بسیاری از موقعیت‌ها، انسان‌ها توانایی برقراری چنین هماهنگی را دارند. هرچند که به نظر نمی‌رسد تحلیل محض و مجرد 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.» ([۱۳]، صفحه ۱۱۳) در بخش ۱.۳ به مسألهٔ وجود چند موازنه و انتخاب یک موازنه از بین آن‌ها بیشتر می‌پردازیم. در غیاب چنین هماهنگی و تفاهمی، موازنه مرکب بیشتر از این دو موازنه موجه به نظر می‌رسد. خوشبختانه بازی‌های بزدل یک موازنهٔ مرکب نیز دارند. به این صورت که یک بازیکن با احتمال p اعلام آماده‌باش 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 مسألهٔ قبل اگر کشور (۱) با احتمال p به نیروها آماده‌باش بدهد، آن‌گاه سود کشور (۲) از سیاست آماده‌باش برابر $(۱-p)a$ و از سیاست خویشتن‌داری به مقدار $pc+(۱-p)b$ است. حال اگر $(۱-p)a=pc+(۱-p)b$، یعنی $p=\frac{a-b}{a-b+c}$، آن‌گاه سود کشور (۲) 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 مسأله، پیشنهاد این که هر دو طرف با احتمال $\frac{a-b}{a-b+c}$ اعلام آماده‌باش کنند، یک موازنهٔ مرکب است و می‌تواند به عنوان یک راه حل موجه در نظر گرفته شود. همان‌طور که می‌بینید احتمال بحرانی شدن اوضاع (استقرار نیروها از سوی هر دو طرف و وقوع جنگ) برابر $p^۲$ است که با پاداش کشور بازنده c، رابطهٔ عکس دارد. لذا این تحلیل نشان می‌دهد که کلید کاهش ریسک جنگ در افزایش پاداش کشور بازنده است.

۳ تحقیقات توماس شلینگ

در اواسط دههٔ پنجاه توماس شلینگ شروع به استفاده از روش‌های نظریهٔ بازی‌ها در حیاتی‌ترین مسألهٔ آن دوره یعنی امنیت جهانی و مسابقهٔ تسلیحاتی کرد. همان طور که خود او اشاره می‌کند، ایدهٔ اصلی، مدل‌سازی مسأله توسط یک بازی با در نظر گرفتن گزینه‌های ممکن برای هر دو طرف و سپس تحلیل نتیجه در حالت‌های مختلف است. در ضمن باید این فرض را به یاد داشت که طرف دیگر مناقشه نیز با یک مسألهٔ 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 شده است. این کتاب بعدها به یک کتاب کلاسیک در زمینهٔ مطالعات استراتژیک تبدیل شد و تأثیر زیادی در نگرش محققین این حوزه گذاشت. در ادامه به چند نمونه از کارهای او اشاره می‌کنیم.

۱.۳ آسیب‌شناسی اجتماعی مسالهٔ انتخاب موازنه

همان طور که در بخش ۲ دیدیم یک بازی ممکن است چندین موازنهٔ نش داشته باشد و مسألهٔ

اصلی هماهنگ شدن بازیکنان بر روی یکی از این موازنه‌هاست. اگر در مثال بخش ۲ بازیکن اول روی موازنه (آماده‌باش، خویشتن‌داری) و بازیکن دوم روی موازنه (خویشتن‌داری، آماده‌باش) تأکید داشته باشد، آن‌گاه نتیجهٔ حاصل، یعنی وقوع جنگ به نفع هیچ‌کدام نیست. شلینگ در تحلیل این نوع بازی‌ها وارد حوزهٔ روانشناسی تجربی می‌شود. او نشان می‌دهد که در اغلب موارد محیط و شرایطی که بازی در آن انجام می‌گیرد و هم‌چنین گذشتهٔ بازیکنان در شرایط مشابه باعث می‌شود که آنان بر روی یک موازنهٔ خاص متمرکز شوند. شلینگ این موازنه را موازنهٔ اصلی[1] نامید. معرفی مفهوم موازنه اصلی راه را برای تأثیر عوامل محیطی و فرهنگی روی تحلیل رفتارهای منطقی افراد باز کرد. مسألهٔ انتخاب از بین موازنه‌های متعدد می‌تواند ما را در درک بهتر تأثیر اقتصادی فرهنگ بر پدیده‌های اجتماعی مثل مسألهٔ عدالت، مالکیت، حاکمیت و مشروعیت سیاسی، روابط اجتماعی و آسیب‌شناسی آن‌ها یاری کند. در ادامه به ذکر یک مثال از آسیب‌شناسی یک رفتار اجتماعی می‌پردازیم که مبتلا به امروز جامعهٔ ما نیز هست.

فرض کنید دو رقیب تجاری بر سر انتخاب یکی از این دو راه قرار گرفته‌اند. می‌توانند مالیات خود را به دولت پرداخت کنند یا به ترفندی از پرداخت مالیات فرار کنند. فرض کنید هدف اصلی برای هر دو رقیب، عقب نیفتادن از طرف مقابل باشد. اگر یکی از طرفین مالیات خود را پرداخت کند و دیگری پرداخت نکند، آن‌گاه طرف پرداخت کننده سود کمتری عایدش می‌شود و در نتیجه از رقیب خود عقب می‌افتد، ضمن این‌که طرف مقابل توانسته است با قبول یک جریمهٔ احتمالی گوی سبقت را از رقیب خود برباید. اما بهترین حالت برای هر دو طرف این است که هر دو مالیات خود را پرداخت کنند که با این کار هم از رقیب عقب نمی‌افتند و هم از مزیت‌های فردی و اجتماعی پرداخت مالیات برخوردار می‌شوند. در نتیجه می‌توانیم ماتریس این بازی را به صورت زیر بنویسیم.

	پرداخت مالیات	عدم پرداخت
پرداخت مالیات	(۴, ۴)	(۰, ۳)
عدم پرداخت	(۳, ۰)	(۲, ۲)

در این بازی نیز دو موازنهٔ خالص وجود دارد که (پرداخت، پرداخت) و (عدم پرداخت، عدم پرداخت) هستند. اجازه دهید موازنهٔ اول را موازنهٔ خوب و موازنهٔ دوم را موازنهٔ بد بنامیم. همان طور که می‌بینیم موازنهٔ خوب برای هر دو بازیکن سود بیشتری را فراهم می‌کند، بنابراین به عنوان یک اقتصاددان شاید مجاب شویم که موازنهٔ خوب را می‌توان به عنوان موازنه اصلی و راه‌حل بازی در نظر گرفت. اما اگر از منظر آسیب‌شناسانه به این قضیه نگاه کنیم، متأسفانه در برخی شرایط موازنهٔ بد محقق می‌شود. فرض کنید بازی در فضا و زمینه‌ای اجرا می‌شود که بر اساس انتظارات فرهنگی و تجارب حرفه‌ای بازیکنان در شرایط مشابه، انتظار هر بازیکن از رقیب خود این است که او مالیات خود را نخواهد داد. در شرایط وجود چنین جو بدبینانه‌ای پاسخ عاقلانهٔ هر بازیکن به این درک عمومی این است که او نیز مالیات خود را پرداخت نکند تا سود خود را از صفر به ۲ تبدیل نماید.

1) focal equilibrium

در نتیجه موازنهٔ بد اتفاق می‌افتد. آسیب‌شناسی این مسأله یک آسیب‌شناسی اجتماعی را می‌طلبد. در واقع این مشکل ناشی از انتظارات دو طرف از رفتار طرف مقابل یا درک عمومی جامعه از شرایط موجود است. بنابراین حل آن نیز در گرو تغییر این درک عمومی است. این تغییر فرهنگی مستلزم وجود یک هدایت کنندهٔ مقبول اجتماعی است.

شلینگ معتقد است که در چنین بازی‌هایی میزان کمی از بدگمانی در مورد قصد رقیب می‌تواند برای به خطر افتادن نتیجهٔ صلح‌آمیز کافی باشد. به این جملات از خود او توجه کنید:

" اگر من در پی شنیدن صدایی در شب به طبقهٔ 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 هیچ کدام از ما خوشایند نیست وجود دارد. حتی اگر او ترجیح دهد که آرام آن‌جا را ترک کند و من هم‌چنین 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."

این نگرش منجر به تحقیقات گسترده‌ای دربارهٔ مسأله بی‌اعتمادی در تعاملات اجتماعی، سیاسی و نظامی شده که کاربردهای زیادی به خصوص در مسألهٔ مسابقهٔ تسلیحاتی داشته است. برای نمونه به [۲] مراجعه کنید.

۲.۳ بازدارندگی: سیاست ضربهٔ دوم

شلینگ در تحقیقات خود به این مسألهٔ مهم توجه کرد که اجرای یک استراتژی با تهدید به اجرای آن معادل نیست. در واقع در بسیاری از تعاملات و مناقشه‌ها تهدید به اجرای یک استراتژی می‌تواند یک عامل بازدارنده برای رفتار بد رقیب باشد. تحلیل دقیق مفهوم بازدارندگی نیاز به اطلاعاتی در زمینه بازی‌های چند مرحله‌ای دینامیک دارد. در ادامه سعی می‌کنیم این مسأله را بدون پرداختن به جزئیات ریاضی آن بررسی کنیم. مطالعهٔ بازدارندگی‌های قابل اعتنا با استفاده از استراتژی ضربهٔ دوم[۱] یک بخش اصلی از کتاب استراتژی مناقشه را تشکیل داده است. شلینگ تأکید می‌کند که اگر هشدارهای اشتباه داده شود یا در مورد علائق و نیات دشمن قضاوت غلط صورت گیرد، آن‌گاه استفاده از این سیاست می‌تواند خطرناک باشد.

اجازه دهید به مسألهٔ مناقشهٔ مرزی که در بخش ۲ مطرح شد برگردیم. فرض کنید در این مناقشه ابتدا کشور (۱) استراتژی خود را انتخاب می‌کند و سپس کشور (۲). در این حالت دو استراتژی برای کشور (۱) در نظر می‌گیریم: یکی این که خویشتن‌داری کند و دیگر این که اعلام کند در صورت آماده‌باش نیروهای کشور (۲)، به قوای خود آماده‌باش می‌دهد (تهدید به تلافی که آن را حمله دوم می‌گوییم). کشور (۲) پس از مشاهدهٔ رفتار کشور (۱) می‌تواند دو سیاست اتخاذ کند: به قوای خود آماده‌باش دهد یا این که از آماده‌باش اجتناب کند.

1) second-strike strategy

می‌توانیم بازی را با ماتریس زیر نشان دهیم:

$$\begin{array}{ll} & \text{آماده‌باش} \quad\quad \text{خویشتن‌داری} \\ \text{تهدید به اقدام تلافی‌جویانه} & \multirow{2}{*}{$\begin{pmatrix} (0,0) & (b,c) \\ (c,a) & (b,b) \end{pmatrix}$} \\ \text{خویشتن‌داری} & \end{array}, \quad a > b > c > 0$$

مانند مثال قبل دو موازنهٔ خالص وجود دارد (درایه ۱۲ و ۲۱). در این حالت چون کشور (۲) هنگام انتخاب استراتژی، از رفتار کشور (۱) مطلع است، بنابراین موازنهٔ ۱۲، یعنی تهدید به تلافی برای کشور (۱) و خویشتن‌داری برای کشور (۲) برجسته‌تر از بقیهٔ موازنه‌هاست. لذا نتیجهٔ محتمل این است که کشور (۱) تهدید به اقدام تلافی‌جویانه نماید و کشور (۲) از آماده‌باش نیروها اجتناب کند. چنین بازدارندگی یک نتیجهٔ صلح‌آمیز را تضمین می‌کند. حال فرض کنید دیپلماسی کشور (۱) برای تهدید به اقدام تلافی‌جویانه به قدر کافی قوی نباشد. به عبارت دیگر به دلیل برخی واقعیت‌های بین‌المللی کشور (۱) فقط می‌تواند تا حدی تهدید به اقدام تلافی‌جویانه کند و تهدید بیش از آن قابل اعتنا نیست. مثلاً کشور (۱) می‌تواند حداکثر با احتمال p که $0 < p < 1$، از سیاست بازدارندگی استفاده کند. در این صورت سیاست تهدید به احتمال p برای کشور (۱) و خویشتن‌داری کشور (۲) فقط وقتی یک موازنه تشکیل می‌دهد که سود متوسط کشور (۲) در صورت آماده‌باش بیشتر از سود او در صورت خویشتن‌داری نباشد، یعنی $pc + (1-p)b \geq (1-p)a$. بنابراین در این حالت سیاست بازدارندگی کشور (۱) فقط وقتی منجر به یک نتیجهٔ صلح‌آمیز می‌شود که $p \geq \frac{a-b}{a-b+c} = p^*$. مقدار p^* را آستانهٔ اعتبار بازدارندگی کشور (۱) می‌گوییم.

۳.۳ بازی با اطلاعات ناقص

در مواردی ممکن است اطلاعات بازیکنان دربارهٔ تابع سود رقیب ناقص باشد. چنین بازی‌ها را بازی با اطلاعات ناقص[1] گویند. ایده‌های اولیهٔ شلینگ در مورد بازی‌های با اطلاعات ناقص انگیزهٔ کارهای بعدی جان هرسانی یکی از برندگان نوبل اقتصاد سال ۱۹۹۴ شد [۷]. این تحقیقات قدرت تحلیل نظری ما را در این بازی‌ها به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش داده است. اجازه دهید به مثال بازدارندگی در مناقشهٔ مرزی باز گردیم. تحلیل ما در این موقعیت مبتنی بر این فرض بود که در صورت تهدید به اقدام تلافی‌جویانه توسط کشور (۱)، برای کشور (۲) خویشتن‌داری نسبت به برپایی آتش جنگ ارجح است، یعنی $c > 0$. آیا واقعاً کشور (۲) یکه تازی کشور (۱) را به احتمال وقوع جنگ ترجیح می‌دهد؟ در اینجا اطلاعات کشور (۱) درباره تابع سود کشور (۲) ناقص است.

1) game with incomplete information

این نقص اطلاعات را در ماتریس زیر با یک علامت سؤال نشان می‌دهیم:

$$\begin{array}{rcc} & \text{آماده‌باش} & \text{خویشتن‌داری} \\ \text{تهدید به اقدام تلافی‌جویانه} & (۰,۰) & (b,?) \\ \text{خویشتن‌داری} & (c,a) & (b,b) \end{array}, \quad a > b > c,\ b \geq ?$$

آیا در این حالت نیز اگر کشور (۱) سیاست تهدید را پیش گیرد، کشور (۲) خویشتن‌داری خواهد کرد؟ سیاست حمله دوم کشور (۱) در این حالت چقدر موجه است؟ فرض کنید کشور (۱) با احتمال θ گمان می‌کند که کشور (۲) در هر صورت آماده‌باش را ترجیح می‌دهد (حتی در صورت تهدید به تلافی کشور (۱)). هم‌چنین فرض کنید که کشور (۱) با احتمال π سیاست تهدید را پیش گیرد. در این صورت سود متوسط کشور (۲) از آماده‌باش برابر $a(۱-\pi)$ و از خویشتن‌داری به مقدار $b(۱-\pi)+(?)\pi$ خواهد بود که مقدار اخیر حداکثر برابر b است. قرار می‌دهیم $\pi^* = ۱ - \frac{b}{a}$، در این صورت:

الف) اگر $\pi > \pi^*$، یعنی $a(۱-\pi) < b$، آن‌گاه کشور (۲) قطعاً آماده‌باش را ترجیح خواهد داد و سود متوسط کشور (۱) در این حالت $c(۱-\pi)$ خواهد شد. این یک تابع نزولی برحسب π است. اما:

ب) اگر $\pi \leq \pi^*$، آن‌گاه سود متوسط کشور (۱) برابر $\theta(۱-\pi)c + (۱-\theta)b$ می‌شود که این تابع نیز برحسب π نزولی است.

بنابراین با توجه به (الف) و (ب) بیشترین سود کشور (۱) برابر $\max\{c, \theta(۱-\pi^*)c + (۱-\theta)b\}$ خواهد بود. در نتیجه اگر $c \leq \theta(۱-\pi^*)c + (۱-\theta)b$، یعنی $\theta \leq \frac{۱-\frac{c}{b}}{۱-\frac{c}{a}} = \theta^*$ (کشور (۱) احتمال ارجح بودن جنگ برای کشور (۲) را حداکثر θ^* بداند)، آن‌گاه سیاست بهینه برای کشور (۱) این است که با احتمال π^* تهدید به اقدام تلافی‌جویانه کند. در این حالت سود او برابر $\theta(۱-\pi^*)c + (۱-\theta)b$ می‌شود. حال اگر $\theta > \theta^*$ (کشور (۱) احتمال ارجح بودن جنگ برای کشور (۲) را بیش از θ^* بداند)، آن‌گاه بهتر است که سیاست خویشتن‌داری 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 باورپذیری آن راحت‌تر به دست می‌آید 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 گام به گام 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 تلافی‌جویانهٔ پر قدرت به عنوان یک گزینهٔ جدی مورد توجه است.

کتاب استراتژی مناقشه علاوه بر علوم اجتماعی بر نظریه‌های اقتصادی نیز تأثیر زیادی داشته است. این کتاب و کتاب دیگر شلینگ «استراتژی و کنترل تسلیحاتی» هم‌چنین روی نگرش نظریه‌پردازان نظامی در دوره جنگ سرد تأثیرات بنیادی گذاشته و نقش محوری در بنیان‌گذاری «مطالعات استراتژیک» به عنوان یک رشتهٔ آکادمیک ایفا کرده است. محرمانه بودن مسائل نظامی، تعیین میزان دقیق تأثیر 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 نظریهٔ بازی‌ها و گسترش دامنهٔ کاربردهای آن داشته است. او نگرش یک پارچه‌ای 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، مالیات‌گذاری یا رأی‌گیری، 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 شامل تحلیل‌های عمیقی هستند در حالی که برخی دیگر از نظر تکنیکی ساده اما از نظر مفهومی بنیادی‌اند. در بین تحقیقات اومن، مطالعهٔ همکاری‌های دراز مدت و تعاملات تکرار شونده، تأثیر 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 تأثیر 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 «مسألهٔ زندانی[1]» 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 می‌تواند با هم‌دست خود همکاری و سکوت کند یا این‌که به او پشت کرده و او را لو دهد. اگر هر دو همکاری کنند و اطلاعاتی به پلیس ندهند، آن‌گاه 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، آن‌گاه 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:

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

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، آن‌گاه قیمت بالا می‌ماند و هر دو ۲ واحد سود می‌کنند. اگر هر دو در سطح بالا تولید کنند، آن‌گاه 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، آن‌گاه 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 موازنهٔ 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، آن‌گاه سود هر دوی آن‌ها افزایش خواهد یافت. اگر این دو کلاه‌بردار (یا دو شرکت) تنها یک بار با هم کار کنند، نتیجهٔ معقول این است که هر دو از موازنهٔ نش استفاده می‌کنند و شریک را لو می‌دهند. (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 نتیجهٔ معقول خواهد داشت، به این دلیل که بازیکنان در این حالت می‌توانند تهدید کنند که هر گونه خیانت و انحراف از توافق همکاری در یک بازی را با عدم همکاری خودشان در بازی بعدی تلافی خواهند کرد. در واقع افزایش کوتاه مدت سود در یک بازی به خاطر خیانت، با کاهش سود به کمتر از حد

1) Prisoner's Dilemma

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 دهۀ پنجاه چند متخصص نظریۀ بازی‌ها حدس زده بودند که اگر در چنین شرایطی بازی به قدر کافی ادامه یابد، آن‌گاه 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[۱] 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 در نظر گرفتن گذشتۀ بازی تا آن مرحله، یک استراتژی خالص از G را برای آن مرحله پیشنهاد می‌دهد. بنابراین مجموعۀ استراتژی‌های خالص در یک ابربازی، نامتناهی است و استراتژی‌های پیچیده‌ای را در بر می‌گیرد. یک استراتژی مرکب در G^* یک توزیع احتمال روی استراتژی‌های خالص G^* است. اگر هر بازیکن یک استراتژی مرکب در G^* انتخاب کند و بازیکن X در مرحلۀ n ام به میزان a_n سود کسب کند، آن‌گاه سود آن بازیکن در G^* را برابر $\limsup_{n\to\infty} \frac{a_1+\dots+a_n}{n}$ تعریف می‌کنیم. یک موازنۀ قوی[۲] در بازی G^* که به عنوان راه‌حل بازی درنظر گرفته می‌شود، یک بستۀ 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 موازنۀ نش در G^* یک حالت خاص موازنۀ قوی است، وقتی که گروه‌ها را تک عضوی بگیریم. نتیجۀ اساسی اومن، مجموعه سودهای حاصل از موازنه‌های قوی را به طور دقیق مشخص می‌کند. وقتی این نتیجه را برای گروه‌های یک نفره به کار گیریم، قضیۀ جالبی به دست می‌آید که «قضیۀ عامه برای بازی‌های تکرار شونده[۳]» گفته می‌شود. برای بیان صورت این قضیه، به چند تعریف نیاز داریم.

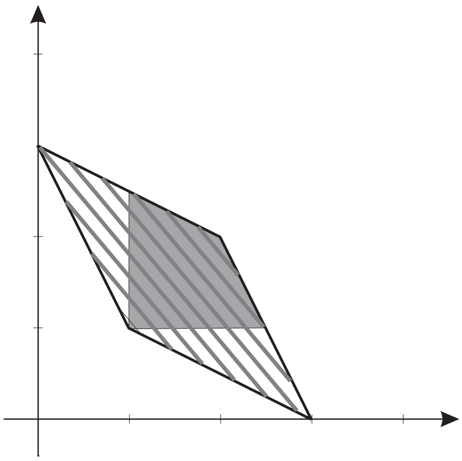
یک بردار سود (یک لیست از سودها که به هر بازیکن یک سود نسبت می‌دهد) امکان‌پذیر[۴] گفته می‌شود اگر بازیکن‌ها بتوانند با به کارگیری یک استراتژی (مرکب) در G، آن سودها را کسب کنند. در واقع یک بردار سود امکان‌پذیر، یک ترکیب خطی محدب از بردارهای سودی است که به وسیلۀ استراتژی‌های خالص G به دست می‌آید و مجموعه بردارهای سود امکان‌پذیر برابر غلاف کوژ به دست آمده از بردارهای سود حاصل از استراتژی‌های خالص G است. یک سود برای یک بازیکن، معقول فردی[۵] خوانده می‌شود اگر حداقل به اندازۀ کمترین سودی در G باشد که بقیۀ 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 همۀ سودهای حاصل برای آن بازیکن را k بنامید. هر سود بزرگتر یا مساوی k، یک سود معقول فردی برای بازیکن ذکر شده است. در نهایت یک بردار سود را معقول فردی می‌گوییم اگر

1) supergame 2) strong equilibrium 3) folk theorem for repeated games 4) feasible
5) individually rational

سود نسبت داده شده به هر بازیکن برای او معقول فردی باشد. با توجه به تعریف موازنهٔ نش بدیهی است که هر بردار سود حاصل از هر موازنهٔ نش، یک بردار سود امکان‌پذیر و معقول فردی است. قضیهٔ عامه نشان می‌دهد هر بردار سودی که در بازی G امکان‌پذیر و شخصاً منطقی باشد، می‌تواند توسط یک موازنهٔ نش در بازی G^* به دست آید.

قضیهٔ ۲. [۱] سودهای به دست آمده از موازنه‌های نش در بازی تکرار شونده G^*، دقیقاً برابر با مجموعه پاداش‌های امکان‌پذیر و شخصاً منطقی در G است.

به عنوان مثال در بازی دو راهی زندانی ماتریس (۱)، مجموعه بردارهای پاداش امکان‌پذیر، 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 سایه‌دار نشان داده شده است، بردارهای سود امکان‌پذیر و شخصاً منطقی هستند. طبق قضیهٔ عامه همهٔ این بردارهای پاداش، از جمله بردار مطلوب (۲, ۲)، می‌توانند به عنوان حد میانگین سود حاصل از به کارگیری یک موازنهٔ نش در بازی تکرارشوندهٔ G^* به دست آیند. این در حالی است که وقتی بازی یک بار انجام می‌شود، تنها بردار (۱, ۱) می‌تواند به عنوان موازنهٔ نش به دست آید.



شکل ۱. بردارهای سود امکان‌پذیر و شخصاً منطقی.

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 جریمه 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 جریمه اتخاذ کند، می‌نیمم شود. این جریمه می‌تواند موقتاً سود بازیکن خاطی را به میزانی کمتر از سطح موازنهٔ نش در بازی مرحله‌ای G تنزل دهد. همین تهدید کافی است تا موازنهٔ مذکور به عنوان یک راه حل معقول پذیرفته شود.

۲.۴ تحقیقات دیگر

در طول سال‌های جنگ سرد، در فاصلهٔ ۱۹٦۵ تا ۱۹٦۸، رابرت اومن، مایکل مشلر و ریچارد استرن مشترکاً تحقیقاتی در زمینهٔ مذاکرات کنترل تسلیحاتی انجام دادند. کارهای آن‌ها بعداً مبانی نظریهٔ بازی‌های تکرارشونده با اطلاعات ناقص را تشکیل داد. این بازی‌ها، بازی‌های تکرارشونده‌ای هستند که در آن همه یا برخی از بازیکنان، فاقد بخشی از اطلاعات بازی مرحله‌ای G هستند. 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 بهره‌برداری کوتاه مدت استفاده کند، علی‌رغم این‌که با استفاده از این اطلاعات، خطر لو رفتن آن‌ها وجود دارد، آیا باید اطلاعات خود را به‌منظور بهره‌برداری در آینده مخفی کند؟ به کمک کارهای هرسانی، اومن، ماشلر و استرن، نظریه بازی‌ها قدرت تحلیل این موقعیت‌های استراتژیک را به دست آورده است. تحقیقات این محققین در [۱] جمع‌آوری شده است.

کارهایی نیز دربارهٔ همکاری‌ها در بازی‌های با تکرار متناهی انجام شده است. بنوآ 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 «مسألهٔ زندانی» به تعداد کافی تکرار شود و اطلاعات بازیکنان دربارهٔ سودها ناقص باشد، آن‌گاه در بیشتر مراحل، همکاری اتفاق می‌افتد هر چند که در مرحلهٔ آخر این همکاری از بین خواهد رفت [۸]. به‌علاوه نیمن ثابت کرده است که حتی در بازی مسألهٔ زندانی با تکرار متناهی و اطلاعات کامل نیز اگر زمان پایان بازی برای بازیکنان معلوم نباشد، آن‌گاه نتیجهٔ همکاری قابل پیش‌بینی است [۱۲]. همهٔ این نتایج و تحقیقات دیگر بر پایهٔ تحقیقات بنیادی اومن انجام گرفته است. نظریهٔ بازی‌های تکرارشونده کمک زیادی به توجیه و توضیح دستهٔ وسیعی از دریافت‌های تجربی کرده است. به‌ویژه این که چرا وقتی تعداد بازیکن‌ها زیاد است، تعامل آنان مکرر و متوالی نیست، زمان تعامل کوتاه است یا رفتار بازیکنان پس از مدتی تأخیر مشاهده می‌شود و 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 مؤسسه‌های مختلف از سازمان تجارت جهانی گرفته تا مافیا به کار رفته است [۵] و [۹].

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.

مراجع

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

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

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

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

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

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

[7] J.C. Harsanyi (1967-1968) *Games with incomplete information played by Bayesian players,* Management Science 14, 159–182, 320–334, 486–502.

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

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

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

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

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

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

رامین جوادی
دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده علوم ریاضی
ramin.javadi@gmail.com

بهناز عمومی
دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده علوم ریاضی
bomoomi@cc.iut.ac.ir