

# تئوری بازی، ریاضی رفتار

متن زیر گریزی است به دنیای ریاضیات و سیری است در یکی از شاخه های نسبتاً جدید علم ریاضی: "تئوری بازی".

اطلاعات من در این زمینه منحصر به چند کتاب و مقاله و نوشته های جسته و گریخته ای در اینجا و آنجا می شود. با مراجعه به افراد مختلف، منابع و وب سایت های فارسی زبان نیز مطلب خاصی حول این موضوع پیدا نکردم. لذا این مطلب را با پژوهش در منابع موجود نوشتم تا سبب تفهیم بهترم گردد؛ در ضمن شاید باعث شود حس کنجکاوی کسانی که چون من از ریاضیات لذت می برند، برانگیخته شود و برایشان مقدمه ای باشد برای مطالعات بیشتر.

## مقدمه

تئوری بازی هفتاد و چند سال پیش توسط یکی از نوابغ استثنایی علم ریاضیات به نام **جان فَن نیومن** پایه گذاری شد. او در سال ۱۹۲۸ قضیه **کم و بیش** را که اساس این تئوری جدید شد ارائه کرد و در سال ۱۹۴۴ در مقاله ای که با اقتصاددانی به نام **اسکار مورگن استرن** منتشر کرد، مفاهیم اولیه را بسط داد و کاربرد آن تئوری را در علم اقتصاد تشریح کرد. از آن پس تئوری بازی در علوم مختلف از جمله جامعه شناسی، روانشناسی، علوم سیاسی، علم تکامل و محیط زیست و غیره استفاده شد.

می توان تئوری بازی را تئوری تصمیم گیری دانست. در یک بازی هر بازیکنی باید بر اساس قوانین بازی بین چند تصمیم مختلف یکی را انتخاب کند و یا به عبارت دیگر به یک استراتژی دست یابد تا احتمال برنده شدن خود را زیاد کند. تئوری بازی مدلی را ارائه می دهد که بر طبق آن می توان استراتژی های مختلف را با یکدیگر مقایسه کرده و نتیجه بازی را پیش بینی کرد. این مبحث سرشار از پارادوکس های بفرنج و در عین حال شیرینی است که انسان را به فکر وادار می دارد.

## تئوری بازی چیست؟

تئوری بازی مطالعه شکلی (Formal) برخوردها و همکاریهای بین افراد است. مفاهیم تئوری بازی زمانی بکار میرود که عمل و نقش چند عامل روی هم اثر میگذارند. این عوامل ممکن است افراد، گروهها، شرکتهای و یا هر ترکیبی از اینها باشد. مفاهیم تئوری بازی زبانی را ارائه میدهد که بتوان سناریوهای استراتژیک را فرموله کرد، ساختار آن را معین نمود، آنها را تجزیه و تحلیل کرده و آن را فهمید.

## تاریخچه و نقش تئوری بازی

اولین نمونه مثال آنالیز شکلی تئوری بازی در خصوص مطالعه انحصار دو نفره (Duopoly) بود که در سال ۱۸۳۸ توسط آنتوان کورنو ارائه شد. در سال ۱۹۲۱ برای اولین بار ریاضیدانی به نام امیل بورل تئوری شکلی بازیها را ارائه کرد و پس از آن ریاضیدان دیگری به نام جان فون نومن در ۱۹۲۸ تئوری بازی در اطاق پذیرایی<sup>۱</sup> را ارائه کرد. تئوری بازی برای اولین بار در سال ۱۹۴۴ به عنوان زمینه علمی مستقل و منحصر به فرد توسط فون نیومن و اقتصاد دانی به نام اسکار

<sup>۱</sup> Theory of parlor games

مورگنشترن در کتابی تحت عنوان "**تئوری بازیها و رفتار اقتصادی**"<sup>۲</sup> مطرح گردید. در این کتاب برای اولین بار موضوعات و واژه شناسی این حوزه ارائه شد که هنوز هم قابل استفاده است.

در سال ۱۹۵۰ جان نش نشان داد که بازیهای محدود همواره دارای یک نقطه تعادل است که در این نقطه همه بازیگران با توجه به نقش حریفان خود نقشه هایی را انتخاب میکنند که برای آنها بیشترین منفعت را به همراه دارد. این مفهوم مرکزی تئوری بازی غیر مشارکتی تا آن زمان نقطه مرکزی هر گونه آنالیزی بود. در دهه های ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰ تئوری بازی ها از نقطه نظر تئوری توسعه یافت و در خصوص مشکلاتی که در حوزه سیاست و جنگ بروز نمود کاربرد یافت. در دهه هفتاد به این سو، تئوری بازی ها به ویژه در حوزه اقتصاد انقلابی به پا کرد و سپس در جامعه شناسی و روان شناسی کاربرد پیدا نمود و بعدها با تکامل و بیولوژی ارتباط برقرار کرد. تئوری بازی در سال ۱۹۹۴ و پس از اختصاص جایزه نوبل اقتصاد به جان نش، جان هارسانی و رینهارد سلتن مورد توجه ویژه قرار گرفت.

در انتهای دهه ۱۹۹۰، تئوری بازی در طراحی مزایده ها و حراجی ها کاربرد ویژه پیدا کرد. متخصصین برجسته تئوری بازی به منظور طراحی مزایده های مربوط به تخصیص حقوق مربوط به استفاده از باندهای طیف الکترومغناطیسی در صنعت ارتباطات موبایل وارد کار شدند. اغلب این مزایده ها با این هدف طراحی شده بودند که در مقایسه با برنامه های رسمی دولتی بتوانند منابع را به نحو موثرتری تخصیص دهند. کاربرد اصول تئوری بازیها بلیونها دلار در اروپا و امریکا عاید دست اندرکاران آن کرد.

### بازی دو نفره با برابری صفر (zero-sum game)

مورد ساده ای که می توان با آن بعضی مفاهیم پایه ای این تئوری را تشریح کرد، بازی دو نفره با برابری صفر است. منظور از برابری صفر این است که برد یک بازیکن به باخت دیگری منجر شود و بالعکس.

برای مثال انتخابات مجلس ایران را در نظر بگیرید. بازیگرها، رفرمیست ها و دست راستی ها هستند که با هم بر سر مثلا صد نفر نماینده مجلس بازی می کنند. رفرمیست ها برای انتخاب شدن باید مردم را به پای صندوق رای بکشند و دست راستیها باید از حربه شورای نگهبان برای پیروزی استفاده کنند و کاندیداهای رفرمیست را از دور خارج کنند و نمایندگان خودشان را به جای آنها بنشانند. بدین ترتیب می توان یک جدول دو در دو تشکیل داد که نتیجه انتخابات را در حالات مختلف تشریح کند. اعداد جدول تعداد نمایندگان رفرمیست را نشان می دهد و تعداد کل نمایندگان صد نفر است.

با یک نگاه به این جدول می شود دید که ترغیب مردم به شرکت در انتخابات، استراتژی برتر برای رفرمیستها

است و تصفیه نمایندگان هم استراتژی برتر برای دست راستی

بازی انتخابات			
دست راستی			
تصفیه	آزاد		
۳۰	۹۰	شرکت	رفرمیست
۱۰	۴۰	تحریم	

هاست. در نتیجه تقاطع دو انتخاب یعنی عدد ۳۰ نتیجه این بازی خواهد بود (البته بازیکن دیگری نیز در این بازی شرکت دارد به نام مردم که بازنده اصلی در حقیقت اوست ولی به این موضوع در فرصتی دیگر می پردازم). در این جدول، خانه عدد ۳۰ به بیانی "نقطه توازن" این بازی است. هر انتخاب دیگر، به ضرر بازیکنی

است که از استراتژی برتر عدول کرده است، البته در صورتی که حریف عاقلانه عمل کند (چرا؟).

در بازی هایی که دارای نقطه توازن هستند پیش بینی نتیجه بازی و استراتژی بازیکنان بسیار ساده است. به استراتژی بازیکنان در این بازی **استراتژی خالص** میگویند چون استراتژی بازی برای بازیکن منحصر به فقط یک انتخاب است. اما در اکثر این بازی ها بازیکنان باید متوسل به **استراتژی ترکیبی** شوند تا بتوانند برد خود را به حداکثر ممکن

<sup>۲</sup> خواندن این کتاب به شدت توصیه می شود.

برسانند. در این نوع استراتژی، تصمیم نهایی یک بازیکن ترکیبی از دو یا چند انتخاب مختلف است که برای هر کدام ضریب احتمالی برای وقوع منظور می شود. نتیجه این بازی نیز میانگین نتایجی است که حاصل ترکیب نتایج انتخاب های بازیکنان با توجه به حساب احتمالات است و نقطه توازن این بازی است.

برای روشن شدن موضوع مثال دیگری را در نظر میگیریم. در این مثال یک زندانی فراری دو راه برای فرار دارد: یا می تواند به فرودگاه برود و با هواپیما از کشور خارج شود و یا از مرز ترکیه از بین کوه ها پیاده فرار کند. زندانبان هم که دست تنهاست فقط می تواند یکی از این دو راه را بر او ببندد. اگر زندانبان به فرودگاه برود، امکان فرار زندانی وجود ندارد، و اگر زندانبان به مرز زمینی برود امکان فرار زندانی ۵۰٪ است. اگر فراری و زندانبان به دو جای مختلف بروند، امکان فرار حتمی است. جدول فرار را می توان به صورت زیر نوشت:

در این بازی استراتژی خالص وجود ندارد. در نگاه اول به نظر میرسد که زندانی بهتر است همیشه از راه کوه فرار

کند چون بالاخره امکان فرار وجود دارد اما اگر این انتخاب

بازی فرار			
زندانبان			
کوه	فرودگاه		
۱	۰	فرودگاه	فراری
۰,۵	۱	کوه	

استراتژی خالص زندانی باشد زندانبان هم مجبور است به کوه برود تا امکان فرار زندانی را به حداقل برساند. فراری نیز با علم به این موضوع می تواند فرودگاه را انتخاب کند و براحتی فرار کند. زندانبان هم با همین استدلال میتواند فرودگاه را انتخاب کند و راه او را ببندد و این منطق دایره وار میتواند تا ابد ادامه پیدا کند.

اما راه برون رفتی از این دور باطل وجود دارد. در این

بازی فرار، باید از استراتژی ترکیبی استفاده شود تا بتوان به نقطه توازن دست یافت. اگر بازی به دفعات انجام شود، نتیجه نهایی بازی میانگین برد یک بازیکن است. و اگر یک بازیکن برترین استراتژی ترکیبی را برگزیند، میانگین برد او آن عدد نقطه توازن بازی خواهد بود. اگر زندانی با احتمال یک سوم فرودگاه را انتخاب کند و دو سوم کوه را، احتمال فرارش دو سوم خواهد بود و دیگر تفاوتی نمی کند که پلیس کجا را انتخاب کند و یا چه استراتژی بکار برد (چرا؟). با انتخاب این استراتژی، زندانی احتمال دو سوم را برای خود تضمین می کند. هر گونه تغییری در این استراتژی منجر به کم شدن احتمال فرار می شود. البته اگر حریف هم عاقلانه عمل نکند و مثلاً فراری همیشه به فرودگاه برود و زندانبان به کوه، احتمال فرار از دو سوم بیشتر و نزدیک به احتمال کامل (یک) است. اما در اینصورت هیچ تضمینی وجود ندارد که زندانبان نیز همیشه به فرودگاه نرود و احتمال فرار را به صفر نرساند.

قضیه ای اساسی که فن نیومن ثابت کرد، یعنی **قضیه کم و بیش**، مربوط به همین مسئله می شود. می توان ثابت کرد که برای هر بازی دو نفره با برابری یک عدد وجود دارد که اگر هر دو بازیکن عاقلانه بازی کنند، آن عدد، میانگین حداکثر برد یک بازیکن از بازیکن دیگر خواهد بود. این عدد نقطه توازن بازی است و آن استراتژی، استراتژی برتر یا کم و بیش بازی است.

### بازی دو نفره بدون برابری صفر (non zero-sum game)

بازی هایی که برابری صفر نیست بیشتر کاربرد واقعی دارند و در عین حال تجزیه و تحلیل آن نیز مشکل تر است. در بسیاری از این بازی ها استراتژی برتر وجود ندارد و قضیه کم و بیش دیگر همیشه صدق نمی کند و امکان پیش بینی قطعی بازی در بسیاری از موارد ممکن نیست و به عوامل دیگری بستگی دارد.

## پارادوکس دو زندانی (prisoner dilemma)

مثال معروفی که این مسئله را بخوبی نشان می دهد، مثال پارادوکس دو زندانی است. مسئله به این ترتیب عنوان می شود که دو نفر که در ارتکاب جرمی همدست بودند دستگیر میشوند. دادستان برای گرفتن اقرار از این دو نفر، آنها را از هم جدا میکند و این انتخاب را در پیش رویشان می گذارد:

\* اگر یکی به جرم اقرار کند و همدستش را لو بدهد، اگر همدستش اقرار نکرده باشد، او از زندان آزاد و همدستش به ۱۵ سال زندان محکوم می شود.

\* اگر هر دو اقرار کنند، هر دو به ۵ سال زندان محکوم می شوند.

\* وکیل هایشان هم به آنها می گویند که مدرک محکمی علیه شما ندارند و اگر هیچکدام اقرار نکنید فقط به یک سال زندان محکوم می شوید.

بنابراین جدول انتخاب به صورت زیر در می آید:

بازی زندانی ها			
دومی			
سکوت	اعتراف		
(15-,0)	(5-,5-)	اعتراف	اولی
(1-,1-)	(0,-15-)	سکوت	

چون براینده این بازی صفر نیست، برد یکی لزوماً به معنای باخت دیگری نیست، پس باید در هر خانه جدول از دو عدد استفاده کنیم. عدد اول سالهای زندان نفر اول را نشان میدهد و عدد دوم سالهای زندان نفر دوم را. عدد منفی نیز نشانه ضرر است.

در نگاه اول جواب مسئله ساده به نظر می رسد، بهتر است هر دو سکوت کنند و یک سال حبس بکشند. اما ممکن است یکی از زندانی ها به فکر بیفتد که چون همدستش نیز همین را انتخاب می کند و سکوت می کند او می تواند با اقرار خود آزادی را برای خود بخرد. اما دیگری نیز با همین استدلال اقرار میکند و هر دو به ۵ سال حبس محکوم می شوند. اگر هر دو به اصطلاح عاقلانه عمل کنند، یعنی در صدد به حداقل رساندن مدت محکومیت خود باشند، محکومیت بیشتری نصیبشان می شود. یعنی هر دو ضرر می کنند.

این نتیجه کاملاً مغایر با قضیه کم و بیش است. به خاطر داشته باشید که آن قضیه فقط در مورد بازی های براینده صفر همیشه صادق است. مثلاً در مثال بازی فرار، بر اساس قضیه کم و بیش، اگر بازیکنان عاقلانه عمل می کردند، هیچ راه حل دیگری به جز راه حل ارائه شده وجود نداشت که بازیکنی از آن سود بیشتری ببرد. هر استراتژی دیگری به ضرر یکی از بازیکنان بود. اما در این بازی، استراتژی سکوت برای هر دو ضرر کمتری از استراتژی اعتراف دارد اما مغایر با اصل بازی به اصطلاح عاقلانه است. برای بهتر روشن شدن موضوع، جدول را فقط با اعداد زندانی اول بنویسید و سعی کنید مانند مثال انتخابات تحلیلش کنید:

عدد منفی پنج نقطه توازن (یا کم و بیش) آن جدول خواهد بود.

دومی			
رفاقت	خیانت		
(8,0)	(1,1)	خیانت	اولی
(5,5)	(0,8)	رفاقت	

در آزمایشات مختلفی که انجام شده، افراد در این بازی شرکت کرده اند و نتیجه عملی هم نشان داده که درصد بیشتری از بازیکنان استراتژی خیانت را بر استراتژی رفاقت ترجیح داده اند. البته از این آزمایش ها نمی توان نتیجه گرفت که انسانها در شرایط واقعی هم خیانت را بر رفاقت ترجیح

میدهند و نتیجه بازی به عوامل زیاد دیگری بستگی دارد. مثلاً اگر بجای جلوگیری از ضرر، ازدیاد نفع را در جدول جایگزین

کنیم، در آزمایش هایی با شرایط مشابه، درصد استفاده از استراتژی رفاقت بیشتر می شود. اما با این وجود، حتی در این بازی نیز متاسفانه خیانت بر رفاقت چربیده است.

## سویالیزم و سرمایه داری

عده ای از نتایج بعضی از آزمایشاتی که در مورد بازی زندانیها بدست آمده نتیجه گرفته اند که بشر همیشه منافع شخصی خود را بر منافع جمع ترجیح می دهد و حتی اگر اکثر مردم استراتژی رفاقت را برگزینند، همان اقلیتی که استراتژی خیانت یا طمع را انتخاب می کند به تدریج بهره شان از بقیه افراد بیشتر و بیشتر می شود و وزنه عدالت و برابری جامعه ای که بر اساس تعاون و همکاری ریخته شده نامیزان می شود. نهایتاً افراد طمعکار بهره اضافی کسب شده را در راه استثمار و به زنجیر کشیدن اکثریتی که هنوز در بند استراتژی رفاقت و همکاری هستند بکار می برند. مثال واضحش هم جمهوری های سوسیالیستی سابق است که بیشتر اعضای احزاب حاکم از موقعیت خود استفاده کردند و بجای استراتژی رفاقت جیب خود را به بهای استثمار دیگران پر کردند.

اما بیا دید اعداد بازی را اندکی تغییر دهیم و ببینیم آیا می توانیم جامعه را به سوی تعاون و همکاری سوق دهیم یا برعکس در چه شرایطی طمع و استثمار قاعده زندگی خواهد بود.

مدافعان سیستم سرمایه داری بر این عقیده اند که علت پیشرفت علم و صنعت در دنیای کنونی همین طمع و اشتیاق به داشتن و تملک بیشتر است. در حقیقت جدول بازی زندانی ها نمایانگر سیستم سرمایه داری نیست و باید اعداد جدول به صورت زیر تغییر کند:

بازی سرمایه داری			
کارگر		سرمایه دار	
همکاری	طمع	طمع	همکاری
(8,7)	(2,2)	طمع	سرمایه دار
(5,5)	(4,6)	همکاری	

آنها برای اثبات ادعای خود این استدلال را عرضه می کنند که سرمایه دار با روح صنعتی و پشتکارش برای کسب سود بیشتر تکنولوژی و تولید را به پیش می برد، ایجاد اشتغال می کند و ۱۵ واحد تولید می کند و با سخاوت تمام ۷ واحد به کارگران می دهد و ۸ واحد برای خود برمی دارد. علت سهم بیشتر برای خود هم همان ایجاد اشتیاق به ایجاد پیشرفت در امر تولید است. این خانه جدول هم مطلوب کارگر است و هم مطلوب کارفرما و نقطه توازن بازی است.

اما اگر کارگران طمع کنند و با تشکیل اتحادیه ها و غیره به نابرابری توزیع بهره اعتراض کنند و سهم بیشتری بخواهند و سرمایه دار هم زیر بار نرود، آنگاه اعتصاب و غیره صورت می گیرد، تولید می خوابد و به ۴ واحد تقلیل می یابد که سهم هر یک ۲ واحد است.

اما اگر سرمایه دار زیر بار اعتراضات کارگران طمعکار برود، به علت هزینه زیاد ناشی از اضافه مزد و تامین خدمات اجتماعی و غیره کارخانه به سمت ورشکستگی می رود، مجموع تولید به ۱۰ واحد بیشتر نمی رسد. در این حالت کارگر طمعکار ۶ واحد آن را بر می دارد و سرمایه دار ورشکسته برای بقای واحد تولید خود به ۴ واحد قناعت میکند.

اگر هر دو با هم به صورت تعاونی کار کنند و بهره کار را به مساوی بین خود تقسیم کنند، سرمایه دار هیچ اشتیاقی برای بهبود تکنولوژی و افزایش تولید پیدا نمی کند و با وجودیکه به هر دو ۵ واحد بهره تعلق می گیرد، ولی به علت افت راندمان کار هر دو کمتر از شرایط مطلوب بهره می برند.

در چنین جدولی فقط یک راه حل وجود دارد، همان خانه جدول که هم سرمایه دار و هم کارگر سود خود را به حداکثر رسانده اند و طمع سرمایه دار و اطاعت و همکاری کارگر، زمینه ساز بهروزی و پیشرفت و ترقی جامعه است.

از طرفی مدافعان سیستم همکاری متقابل بر طبق استدلال دیگری اعداد جدول را به صورت زیر عوض می کنند. در این جدول، خانه همکاری متقابل بیشترین بهره را برای هر دو بطور مساوی دارد. آنها دلیل خود را برای وجود چنین جدولی به این شرح بیان می کنند:

بازی همکاری			
کارگر			
همکاری	طمع		
(5,4)	(2,2)	طمع	سرمایه دار
(6,6)	(4,5)	همکاری	

قبل از هر چیز باید در معادله سود کارخانه هزینه هایی که این تولید برای کل جامعه در بر دارد را نیز وارد کرد. این هزینه ها شامل صدماتی است که تولید به محیط زیست وارد میکند و خدمات اجتماعی مانند بهداشت و درمان و تغذیه و غیره که باید جامعه برای تمام اعضای

جامعه فراهم کند که در سیستم سرمایه داری از آن خبری نیست. اگر تولید در محیط همکاری و تعاون و احترام به یکدیگر و محیط زیست انجام شود، فقط ۳ واحد خواهد بود و ۶ واحد بهره به هر یک از بازیکنان تعلق میگیرد.

اما این هزینه ها در تحت شرایط طمع شخصی، بسیار بالاتر می رود. چون طمع به هیچ وجه محیط زیست و تامین خدمات اجتماعی و غیره را درک نمی کند!! بر اثر عدم توجه به محیط زیست صدمات مهلک تری به محیط زده می شود؛ از گرمای جهانی گرفته تا از بین رفتن آب های سالم زیر زمینی بر اثر آلودگی و غیره. عدم توجه به تامین خدمات اجتماعی هم باعث می شود بیماری و جرم و جنایت بیشتر شود و هزینه نهایی آن را هم جامعه باید متحمل شود. در ضمن بحران های اقتصادی ناشی از تولید بی رویه ای که برنامه ریزی آن به بازار بی عقل سپرده شده باعث می شود بسیاری از کالاها روی دست تولید کنندگانش بماند و هزینه نهایی آن را هم باید جامعه پردازد. به علاوه بحرانها و رقابت های بی رویه سرمایه داران طمعکار به جنگ و ویرانی منتهی می شود که آن هم بهای سنگینی برای جامعه دارد. بنابراین فقط معادل ۹ واحد بهره تولید می شود که بطور نامساوی بین سرمایه دار و کارگر تقسیم می شود و فرق نمی کند که کدام یک طمعکار است. اگر هم هر دو طمعکار باشند، مثل جدول قبل به هر یک ۲ واحد بیشتر تعلق نمی گیرد. در چنین جدولی بهترین انتخاب برای هر دو خانه (۶،۶) است، جایی که همکاری متقابل به بهبود زندگی برای تمام افراد جامعه کمک میکند.

این تحلیل نشان می دهد که افرادی که هدفشان برقراری سیستم همکاری متقابل است، باید توجه مردم جامعه را به هزینه هایی که دنیای سرمایه داری برای مردم دارد جلب کنند. برای همین است که مبارزه برای جلوگیری از تخریب محیط زیست، مبارزه برای کسب تامین اجتماعی برای همه، و مبارزه بر علیه فقر و جنگ و خونریزی در صدر برنامه هایشان قرار دارد.

این مبارزات هست که باعث تغییر فکری و آگاهی مردم جامعه شده تا درستی جدول بازی همکاری را بپذیرند و در چنین شرایطی است که استراتژی همکاری، استراتژی برتر رفتار انسان خواهد بود و همکاری متقابل نقطه توازن جدول و نتیجه بازی خواهد بود.

## سیستم های اطلاعاتی

ثبات درونی و پایه ریاضی تئوری بازی، موجب شد که به عنوان بهترین وسیله در مدل سازی و طراحی فرایندهای با تصمیم گیری خودکار در محیطهایی که مستلزم تعامل نیروها است مورد استفاده قرار گیرد. برای مثال ممکن است فردی بخواهد موثرترین قوائد مزایده وب سایها و یا مذاکرات پنهانی برای خرید پهنای باند ارتباطات را داشته باشد. تحقیقات در زمینه کاربردهای تئوری بازی اخیرا به سرعت در کنفرانسها و ژورنالهای علمی راه یافته است ولی هنوز در مرحله غورگی است. خودکار کردن انتخابهای استراتژیک مستلزم آن است که اولاً این انتخابها بسیار موثر و کارآمد بوده و ثانیاً نتوان از آن سوء استفاده نمود. تئوری بازی این شرایط را فراهم میسازد.

قدرت و توانایی تئوری بازی به عنوان یک ابزار ریاضی برای تصمیم گیری به دلیل روش شناسی آن از نظر ساخت و تجزیه و تحلیل مشکلات و مسایلی است که بشر در انتخابهای استراتژیک با آن مواجه است. فرایند مدل سازی یک وضعیت به صورت یک بازی، مستلزم آن است که تصمیم گیرنده به طور شفاف دیگر بازیگران و گزینه های استراتژیک آنها را به حساب آورده و ترجیحات و واکنشهای آنها را مد نظر قرار دهد. دیسیپلین موجود در ساخت یک چنین مدلی



دارای این توان بالقوه است که نگاه واضحتر و وسیعتری از موقعیت را در اختیار تصمیم گیرنده قرار دهد. این یک کاربرد دورنما از تئوری بازی است که هدف آن بهبود تصمیم گیری استراتژیک ماست. با تصور یک چنین دورنمایی، اصول تئوری بازی می تواند اطلاعات مفیدی را در اختیار افرادی (از جمله خودم) قرار دهد که پس زمینه و دانش کافی در حوزه اقتصاد ندارند!

## تعریف بازی

هدف مطالعه تئوری بازیها همان **بازی** است که به نوبه خود یک مدل شکلی از یک وضعیت تعاملی (Interactive) بین افراد یا گروهها است. تئوری بازی معمولا مستلزم بازی بین چند بازیگر است. در غیر این صورت (یعنی اگر فقط یک بازیگر وجود داشته باشد)، بازی مربوطه را اصطلاحا **Decision Problem** می نامند. در زمینه تعاریف مربوط به تئوری بازی لازم است که بازیگر، ترجیحات بازیگران، اطلاعات بازیگران، نقش های استراتژیک در دسترس آنها و چگونگی اثر این اطلاعات بر روی برونده بازی بحث شود.

بازی ها را میتوان از نظر شکل و قالب در جزئیات متفاوتی توضیح داد. یک بازی ائتلافی یا مشارکتی<sup>3</sup> بازی با سطح توصیف بالا است که صرفا مشخص میکند که هر یک از گروهها یا ائتلافهای بالقوه از طریق اعضایش چه مقدار قدرت بدست میآورد. چیزی که موجب شفافیت میگردد، فرایند تشکیل ائتلاف است. به عنوان مثال بازیگران ممکن است چند حزب در پارلمان باشند. هر حزب بسته به تعداد صندلیهایی که توسط اعضای آن در پارلمان اشغال شده است، قدرت متفاوتی دارد. در اینجا تئوری بازی نشان میدهد که کدام ائتلاف میتواند اکثریت را در پارلمان بدست آورد ولی قادر به ترسیم فرآیند مذاکرات که از طریق آن بتوان توافق برای ائتلاف را بدست آورد نمیشود.

تئوری بازی مشارکتی<sup>4</sup> در مورد چنین بازیهای ائتلافی و با توجه به مقدار نسبی قدرت هر یک از بازیگران و نیز تقسیم منافع ناشی از این ائتلاف بحث و تحقیق میکند. این نوع تئوری بازی بیشتر در علوم سیاسی و روابط بین الملل وجود دارد که مفهوم قدرت از اعتبار ویژه برخوردار است. برای مثال، نش، راه حلی برای تقسیم منافع حاصل از توافق در معامله که صرفا تابع قدرت نسبی دو حزب طرف معامله است، ارائه نمود. مقدار قدرتی که هر یک از طرفین دارد معمولا از روی برونده غیرکارآمدی تعیین میشود که در نتیجه شکست مذاکرات بوجود میآید.

برعکس تئوری بازی غیر مشارکتی به تجزیه و تحلیل انتخابهای استراتژیک مربوط میشود. پارادایم این تئوری آن است که جزئیات رده بندی و زمان بندی انتخاب بازیگران در تعیین برونده بازی از اهمیت زیادی برخوردار است. مدل معامله یا چانه زنی غیر مشارکتی بر خلاف مدل مشارکتی نش یک فرآیند خاصی را تعریف و عرضه میکند که در آن از پیش معلوم است که چه کسی در زمان مشخص مجبور به دادن پیشنهاد یا امتیاز است. واژه غیر مشارکتی به این معنی است که این شاخه از علم تئوری بازی مشخصا به مدل سازی فرایندی میپردازد که طی آن بازیگران خارج از حوزه منافع خود به انتخاب دست میزنند. به عبارتی میتوان گفت که اغلب و به طور عادی حالت مشارکت به دنبال مدل بازی غیر مشارکتی بروز میکنند و آن زمانی است که بازیگران متوجه میشوند که از طریق آن میتوانند بهترین منافع را بدست آورند.

شاخه های تئوری بازی بسته به فرضهای آن نیز متفاوت است. فرض اصلی و مرکزی بسیاری از انواع تئوری بازی آن است که بازیگران خردمند باشند. بازیگر خردمند، بازیگری است که همیشه عملی را انتخاب کند که برونده مورد انتظار او را در بر داشته باشد، بدون توجه به اینکه طرف مقابلش چه بدست میآورد. بنابراین هدف تحلیل تئوری بازی در این شاخه ها عبارت از پیش بینی چگونگی بازی توسط بازیگران خردمند و به عبارت بهتر مشاوره دادن به بازیگر است که چگونه بتواند در برابر بازیگر دیگری که خردمند است بازی بهتری داشته باشد. فرض مربوط به خردمندی بازیگران، اکنون عملا مورد استفاده قرار میگیرد و مدلهای منتجه از آن، هم اکنون در تحلیل رفتارهای مشاهده شده به کار رفته است.<sup>5</sup>

<sup>3</sup> Cooperative or coalition

<sup>4</sup> Cooperative game theory

<sup>5</sup> Handbook of experimental economics

مقاله مذکور اساساً به تئوری بازی غیر مشارکتی با بازیگران خردمند میپردازد. این نمونه علاوه بر اینکه یک خط مقیاس مهم در تئوری اقتصادی را عرضه میکند همچنین به گونهای طراحی شده است که مشاوره خوبی به تصمیم‌سازانی میدهد که طرف مقابل آنها نیز از همین ابزار استفاده کرده است یا میکند.

## بازیهای با قالب استراتژیک و مبسوط

فرم استراتژیک (نرمال)، تیپ اصلی بازیهای مورد مطالعه در تئوری بازی غیر مشارکتی است. یک بازی با قالب استراتژیک، استراتژیهای هر یک از بازیگران و نیز برونده ناشی از هر ترکیب احتمالی انتخابها را لیست میکند. برونده توسط منفعت (payoff) جداگانه برای هر یک از بازیگران مشخص میشود. منفعت در واقع عدد و به عبارت بهتر مطلوبیتی است که میزان علاقه بازیگر به برونده را اندازه‌گیری میکند.

**قالب مبسوط** (Extensive form) که همچنین تحت عنوان **شجره بازی** (Game tree) نامیده میشود، جزئی‌تر و مصلتر از نوع باز در قالب استراتژیک میباشد. در این قالب توصیف کاملی از نحوه بازی بازیگران در طول زمان توصیف میگردد؛ همچنین است در مورد ترتیب عمل بازیگران، اطلاعاتی که بازیگران در شروع عمل در اختیار دارند و زمانی که هر نوع شک و ابهامی در وضعیت بازی پیش می‌آید. بازی در قالب مبسوط را میتوان به طور مستقیم تحلیل کرد و یا ابتدا آنرا به قالب معادل استراتژیک تبدیل نمود و سپس تحلیل نمود. مثالهای ارائه شده در بخشهای بعدی تفسیر و تحلیل قالبهای استراتژیک و قالب‌های مبسوط را مورد بحث قرار میدهد.

## غالبیت

چون فرض است که همه بازیگران خردمند باشند، لذا بازیگران بدون اینکه به عمل طرف مقابل خود فکر کنند، انتخابهایی را انجام می‌دهند که برونده بیشتری برای آنها داشته باشد. در افراطی‌ترین حالت یک بازیگر ممکن است دو استراتژی A و B داشته باشد به طوری که بدون توجه به انتخاب هر ترکیب استراتژی توسط بازیگر دیگر برونده ناشی از استراتژی A بیشتر از استراتژی B است. در این حالت گفته میشود که استراتژی A بر استراتژی B غالبیت دارد. یک بازیگر خردمند به هیچ وجه بازی از نوع استراتژی مغلوب را انتخاب نمیکند. در بعضی بازیها بررسی اینکه کدام استراتژی مغلوب است به این نتیجه‌گیری منجر میشود که بازیگران خردمند تنها قادرند که یک استراتژی را انتخاب کنند؟؟؟. مثال زیر این ایده را نشان میدهد.



معمای زندانی یک بازی در قالب استراتژیک بین دو بازیگر است. هر بازیگر دارای دو استراتژی "همکاری" و

"فرار" میباشد که برای بازیگر شماره یک به صورت C و D و برای بازیگر دوم به ترتیب به صورت c و d نشان داده میشود. برای سهولت فهم مطلب استراتژیهای بازیگر شماره یک به صورت حروف بزرگ و استراتژیهای بازیگر دوم به صورت حروف کوچک نشان داده شده است. تصویر ۱، منفعت حاصل از این بازی را ارائه داده است. بازیگر اول یک ردیف را انتخاب میکند (C یا D) و همزمان بازیگر ۲ یکی از ستونهای c یا d را انتخاب میکند. ترکیب استراتژی (C,c) دارای ۲، منفعت برای هر بازیگر است و ترکیب (D,d) به هر بازیگر یک منفعت میدهد. ترکیب (C,d) موجب منفعت صفر برای بازیگر شماره یک و ۳ برای بازیگر دوم میشود و وقتی استراتژی (D,c) بازی شود بازیگر اول ۳ و بازیگر دوم صفر منفعت دریافت میکنند.

تصویر ۱- بازی معمای زندانی

		Π	
		c	d
C	۲	۳	
	۲	۰	
D	۰	۱	
	۳	۱	

هر بازی دو نفره که در قالب استراتژیک انجام شود را میتوان در جدولی شبیه جدول ۱ نشان داد که در آن ردیف های استراتژی بازیگر شماره ۱ و ستونها استراتژی بازیگر شماره ۲ را نشان نمیدهد. لازم به ذکر است که یک بازیگر ممکن است بیش از دو استراتژی داشته باشد. هر ترکیب استراتژی یک جفت منفعت همچون (0, 3) و (D,c) را تعیین میکند که در جدول داده میشود. هر یک از سلولهای جدول، نشاندهنده منفعت بازیگر اول (عدد سمت چپ یا پایین) و منفعت بازیگر دوم (عدد سمت راست یا بالایی) است. توجه شود که این جدول بین دو بازیگر متقارن است (توماس شلینگ). به این معنی که اگر جای بازیگر عوض شود بازی به همان صورت اول باقی میماند. این پدیده به صورت خط مقطع در تصویر

شماره ۲ نشان داده شده است. توجه شود که در قالب استراتژیک، ترتیبی بین بازیگران وجود ندارد، زیرا هر دو با هم عمل خود را انجام میدهند و در نتیجه نمیدانند که دیگری چه عملی انجام میدهد. به همین دلیل تقارن امکان پذیر میشود. تصویر شماره ۲ همان تصویر شماره ۱ است. خط نقطه چین خط تقارن را نشان نمیدهد.

تصویر ۲ -

		Π	
		c	d
C	۲	۳	
	۲	۰	
D	۰	۱	
	۳	۱	

در بازی معمای زندانی، "فرار" استراتژی غالب بر استراتژی "همکاری" است. استراتژی D بازیگر اول بر استراتژی C غلبه دارد زیرا اگر بازیگر دوم c را انتخاب کند، منفعت بازیگر اول، در صورت انتخاب D برابر ۳ و در صورت انتخاب C برابر ۲ است. اگر چنانچه بازیگر دوم استراتژی d را انتخاب کند، در این صورت بازیگر اول با انتخاب D یک امتیاز و با انتخاب C، صفر منفعت بدست میآورد. این ترجیحات بازیگر شماره اول، در جدول شماره ۲ توسط پیکانهای روبه پایین نشان داده شده است. بنابراین همیشه استراتژی D بهتر بوده و بر استراتژی C غلبه دارد. همچنین استراتژی d برای بازیگر دوم بر استراتژی c غلبه دارد.

هیچ بازیگر خردمندی استراتژی مغلوب را انتخاب نمیکند. در این بازی تنها برونده منحصر به فردی که مطلوبیت بازیگران را به حداکثر میرساند استراتژی (D,d) با منفعت (1,1) است و این به طور تناقض آمیزی کمتر از منفعت (2,2) است که میتوان با استفاده از استراتژیهای (C,c)، بار دو بازیگر را بدست آورد.

داستان معمای زندانی به این شرح است که دو زندانی در معرض یک جنایت قرار گرفتند و هیچگونه شواهدی بر

ضد آنها وجود نداشت مگر اینکه یکی از آنها بر علیه دیگری شهادت دهد. اگر یکی شهادت میداد به عنوان جایزه از تعقیب کیفری نجات مییافت (منفعت ۳)، درحالیکه دیگری مدت زمان زیادی در زندان نگهداری میشود (منفعت صفر). اگر هر دوی آنها جنایت را به عهده می‌گرفتند، مجازات آنها کاهش می‌یافت (منفعت ۱ برای هر کدام). اگر هر دو آنها به شیوه همکاری و مشارکت هیچ اعترافی نمی‌کردند، در این صورت مجازات کوتاهی برای آنها در نظر گرفته میشود و برای مثال به جرم حمل اسلحه غیر مجاز به زندان می‌افتادند (منفعت ۲ برای هر کدام). به هر حال انکاری که برای هر دو برونده متقابلاً سودمندی دارد شهادت دادن هر دو آنهاست که به هر یک از آنها منفعت بیشتری داده و در ضمن هیچ توجهی به عمل زندانی دیگر ندارد. این روش همان گاوبندی زندانی هاست که منفعت هر دو آنها را به حداکثر میرساند.

احتمالاً این دو زندانی ساختگی را در فیلم‌های زیادی دیده‌اید. حتماً بار دیگر با مشاهده چنین فیلمی به سناریوی بازی معمای زندانیان نیز فکر کنید. به هر حال احتمال رخداد حوادث مختلفی است که در آن انکار انفرادی هر فرد به زیان دیگری موجب برونده کمتر نامطلوبی برای هر دو بازیگر میشود. برای مثال میتوان دعوی قضایی به جای کنار آمدن، آلودگی محیطی و یا بازاریابی خرده‌فروشی را نام برد که برونده نهایی برای هر دو بازیگر نامطلوب است. توجیه افراد از نظر تئوری بازی اغلب به صورت پیمانی بین افراد در می‌آید و همکاری و مشارکت بین آنها را تقویت میکند.

متخصصین تئوری بازی اغلب سعی کرده‌اند که عدم کارایی ظاهری برونده بازی گاوبندی زندانی را بررسی کنند. برای مثال اگر این بازی بیش از یک بار بخواهد انجام شود به طور اساسی تفاوت میکند. در بازی تکراری، الگوی همکاری که در بازی اول بین دو بازیگر وجود داشت به عنوان یک رفتار خردمندانه تلقی میشود؛ به ویژه وقتی که ترس بازیگر از مجازات در آینده بر مقدار منفعت حاصل از انکار امروزی او بچربد.

چندین سناریوی مهم و مغزدار را در زمینه تئوری بازی بررسی کردیم. برای مطالعات بیشتر می‌توانید به منابع موجود مراجعه کنید.

## واژگان

در زیر برخی از عبارات مصطلح در مفهوم تئوری بازی را با توضیح مختصری از آن نوشته‌ام. در راستای مطالعات دقیق‌تر، فهمیدن این اصطلاحات، درک منابع دیگر را تسهیل می‌بخشد:

**Backward Induction:** تکنیکی برای حل یک بازی با اطلاعات کامل است. در این تکنیک ابتدا آخرین حرکتهای بازی را در نظر گرفته و در هر مورد بهترین حرکت بازیگر را تعیین میکند و سپس با فرض اینکه این حرکتهای عمل مربوط به آینده هستند از نقطه نظر زمانی به عقب برگشته و تا زمان شروع بازی بهترین حرکت را برای بازیگر مربوطه تعیین میکند.

**Common Knowledge:** آگاهی عمومی زمانی است که همه بازیگرها از آن اطلاع داشته باشند و نیز بدانند که همه از آن اطلاع دارند. اغلب فرض میشود که ساختار بازی برای همه بازیگرها توأم با آگاهی عمومی باشد.

**Dominating Strategy:** زمانی استراتژی یک بازیگر غالب است که همواره و بدون توجه به عمل بازیگرهای دیگر موجب سود او شود.

**Extensive Game:** بازی مبسوط یا بازی با فرم مبسوط - زمانی است که به صورت شجره‌ای نشان داده شود که چگونه یک بازی انجام شده است، ترتیب حرکت بازیگرها دقیقاً مشخص گردد و اطلاعاتی که هر بازیگر در هر نقطه تصمیم‌گیری دارد به روشنی نشان داده شده باشد.

**Game:** بازی توصیف رسمی یک وضعیت استراتژیک است.

**Game Theory:** تئوری بازی - مطالعه رسمی فرایند اخذ تصمیم در زمانی است که چند بازیگر باید به گونه‌ای انتخاب نمایند که به طور بالقوه روی منابع بازیگران دیگر موثر باشد.

**Mixed Strategy**: استراتژی مخلوط، عمل تصادفی کردن فعال با احتمال مشخص است که تصمیم بازیگر را تعیین میکند. در موارد خاص این استراتژی را میتوان به عنوان انتخاب عمدی یکی از استراتژیهای خالص تعریف نمود.

**Nash Equilibrium**: تعادل نَش یا تعادل استراتژیک به مجموعه ای از استراتژیها (هر بازیگر یک استراتژی) اطلاق میشود که در آن هیچیک از بازیگران نتواند به طور یکجانبه استراتژی خود را تغییر داده و سود بیشتری عاید خود کند.

**Payoff (منفعت)**: عایدی یا مطلوبیتی است که مطلوب بودن یک خروجی را برای یک بازیگر با توجه به دلایل و علایق خاص خود او منعکس میکند. وقتی برونده یا خروجی تصادفی باشد، منفعت ها معمولا بر حسب احتمال خودشان وزن میگیرند. معمولا منفعت مورد انتظار هر بازیگر، وضعیت ریسک او را شکل میدهد.

**Perfect Information**: زمانی است که در هر لحظه زمانی یک بازیگر فقط یک حرکت داشته و تمام کارهایی را که تا آن لحظه انجام داده است را بداند.

**Player**: عاملی است که در بازی تصمیم میگیرد.

**Rationality (خردمندی)**: زمانی است که بازیگر شیوه بازی خود را به گونه ای انتخاب کند که منفعت خود را حداکثر کند. همواره چنین فرض میشود که همه بازیگران دارای خردمندی بوده و خردمندی جزو آگاهی عمومی میباشد.

**Strategic Form**: فرم استراتژیک یا فرم نرمال، نوعی ارائه فشرده بازی است که بازیگران به طور همزمان استراتژی خود را انتخاب کنند. منفعت های منتج شده از هر استراتژی در جدول نشان داده میشود و هر ترکیب استراتژی یک سلول به خود اختصاص میدهد.

**Strategy**: استراتژی در یک بازی در فرم استراتژیک به هر یک از اعمال محتمله بازیگر اطلاق میشود. در بازی مبسوط، یک استراتژی در واقع طرح کامل انتخابهای بازیگر میباشد به طوریکه در هر نقطه تصمیم گیری، انتخاب او مشخص باشد.

**Zero-Sum Game**: بازیهای با جمع یا برآیند صفر، زمانی است که در هر یک از خروجی ها جمع منفعت های همه بازیگران صفر باشد. برای مثال در یک بازی دو نفره جمع صفر، هر چه یک بازیگر بدست آورد، دیگری ازدست داده است و لذا منافع آنها متضاد یکدیگر است.

اگر واقعا این مقاله را با دقت، تا انتها خواندید، باید خودتان را یکی از علاقه مندان علوم ریاضیات بدانید. به هر حال، با خواندن این مقاله، رابطه بین علم ریاضی و زندگی انسان را نزدیک تر از آنچه معمولا متصور می شود درک کردید.