



کانال اختصاصی مهندسی کنترل
@controlengineers

تئوری بازی ها

Game theory



نظریه بازی‌ها (Game Theory) حوزه‌ای از ریاضیات کاربردی است که در بستر علم اقتصاد

توسعه یافته و به مطالعه رفتار استراتژیک بین عوامل عقلانی می‌پردازد. رفتار استراتژیک، زمانی بروز

می‌کند که مطلوبیت هرعامل، نه فقط به استراتژی انتخاب شده توسط خود فرد بلکه به استراتژی

انتخاب شده توسط بازیگران دیگر وابستگی داشته باشد. زندگی روزمره ما، مثال‌های بی‌شمار از چنین

وضعیت‌هایی دارد که از جمله آن‌ها می‌توان به مذاکرات تجاری بین دو کشور، جنگ تبلیغاتی بین دو

شرکت رقیب، رای دادن دو سهام‌دار، بازی بین استاد و دانشجو برای تعیین کیفیت درس، بازی دولت و

شهروندان برای اعلام و پذیرش سیاست‌ها، پیشنهاد ورد ازدواج بین یک زن و مرد اشاره کرد.

تاریخچه

در سال ۱۹۲۱ یک ریاضیدان فرانسوی به نام امیل برل برای نخستین بار به مطالعه ی تعدادی از بازی های رایج در قمارخانه ها پرداخت و تعدادی مقاله در مورد آن ها نوشت. او در این مقاله ها بر قابل پیش بینی بودن نتایج این نوع بازی ها به طریق منطقی تاکید کرده بود.

اگرچه برل نخستین کسی بود که به طور جدی به موضوع بازی ها پرداخت، به دلیل آن که تلاش پیگیری برای گسترش و توسعه ی ایده های خود انجام نداد، بسیاری از مورخین ایجاد نظریه ی بازی را نه به او، بلکه به جان ون نویمان ریاضیدان مجارستانی نسبت داده اند.

آن چه نویمان را به توسعه ی نظریه ی بازی ها ترغیب کرد، توجه ویژه ی او به یک بازی با ورق بود.

در سال ۱۹۲۸ او به همراه اسکار مورگنسترن که اقتصاددانی اتریشی بود، کتاب تئوری بازی‌ها و رفتار اقتصادی را به رشته ی تحریر در آوردند. اگر چه این کتاب صرفاً برای اقتصاددانان نوشته شده بود، کاربردهای آن در روان‌شناسی، جامعه‌شناسی، سیاست، جنگ، بازی‌های تفریحی و بسیاری زمینه‌های دیگر به زودی آشکار شد. نوین بر اساس راهبردهای موجود در یک بازی ویژه شبیه شطرنج توانست کنش‌های میان دو کشور ایالات متحده و اتحاد جماهیر شوروی را در خلال جنگ سرد، با در نظر گرفتن آن‌ها به عنوان دو بازیکن در یک بازی مجموع صفر مدل‌سازی کند.

از آن پس پیشرفت این دانش با سرعت بیشتری در زمینه‌های مختلف پی گرفته شد و از جمله در دهه ی ۱۹۷۰ به طور چشم‌گیری در زیست‌شناسی برای توضیح پدیده‌های زیستی به کار گرفته شد.

در سال ۱۹۹۴ جان نش به همراه دو نفر دیگر به خاطر مطالعات خلاقانه خود در زمینه ی تئوری بازی‌ها برنده ی جایزه نوبل اقتصاد شدند. در سال‌های بعد نیز برندگان جایزه ی نوبل اقتصاد عموماً از میان نظریه‌پردازان بازی انتخاب شدند.

استراتژی بیش-کم

هرگاه دو حریف برای رسیدن به برتری بجنگند و برد یکی دقیقاً با باخت دیگری برابر باشد (یعنی چیزی که یکی به

دست می آورد با آنچه دیگری از دست می دهد برابر باشد)، همواره یک بهترین

استراتژی ممکن وجود دارد که آنها می توانند آن را به کار ببرند. این استراتژی به بیش-کم

موسوم است و وجودش را یک ریاضی دان نابغه ۲۵ ساله مجار به نام جان فون نویمان اثبات کرد.

فون نویمان با استفاده از روش های بسیار پیچیده نشان داد که ابتدا تمام گزینه های ممکن را بررسی کنیم، بدترین نتیجه ای که ممکن از هر کدام حاصل شود را ارزیابی کنیم و سپس آن را که کمتر از همه بد است، انتخاب کنیم. اگر یکی از حریفان بخواهد نتیجه بهتری بگیرد، خطر ضرر بیشتری را قبول می کند.

اثبات قضیه بیش-کم توسط فون نویمان، او را به پدر نظریه بازی تبدیل کرد، اما خودش این را آغاز کار می دانست. در سال ۱۹۴۴ او به اتفاق اسکار مورگنسترن اقتصاددان اتریشی، کتاب «نظریه بازی و رفتار اقتصادی» را منتشر کرد که در آن، در پی آن بود تا نظریه بازی را مبنای رویکرد نوینی به علم اقتصاد قرار دهد، چرا که در اقتصاد معمولاً دو یا چند حریف برای رسیدن به بهترین نتیجه ممکن با هم رقابت می کنند.

تعادل نش

در سال ۱۹۵۰ یک دانشجوی ۲۱ ساله دانشگاه پرینستون به نام جان نش ، برنده جایزه نوبل اقتصاد در سال ۱۹۹۴ میلادی، موفق شد قضیه اولیه بیش- کم فون نویمان را تعمیم دهد تا بازی های با حاصل غیر صفر را هم در برگیرد. نش نشان داد برای هر بازی بین هر تعداد بازیکن، همواره حداقل یک استراتژی وجود دارد که اگر بازیکنی، غیر از آن را انتخاب کند، قطعاً نتیجه بدتری خواهد گرفت.

مفاهیم اساسی

✓ در عمل برای تصمیم گیری دویا چند طرف وجود دارند که دارای اهداف متضاد هستند

(موقعیت های تعارض آمیز، Conflict situation)

✓ به ویژه در موقعیت های اقتصادی

✓ نظریه ی بازی ها در حقیقت یک نظریه ی ریاضی درباره ی موقعیت های تعارض آمیز است که هدفش

توصیه هایی برای هریک از حریفان جهت اقدامی عقلایی می کند

✓ نظریه ی بازی ها، ما را در اتخاذ تصمیم بهینه کمک می کند

✓ در یک تعریف جامع: تصمیم سازی در محیط هایی که در آن ها ترکیبی از تقابل و همکاری وجود دارد

کاربردها

این نظریه در ابتدا برای درک مجموعه ی بزرگی از رفتارهای اقتصادی به عنوان مثال نوسانات شاخص سهام در بورس اوراق بهادار و افت و خیزهای کالاها در بازار مصرف کنندگان ایجاد شد.

تحلیل پدیده های گوناگون اقتصادی و تجاری نظیر پیروزی در یک مزایده، معامله، داد و ستد، شرکت در یک مناقصه، از دیگر مواردی است که نظریه بازی ها در آن نقش ایفا می کند.

پژوهش ها در این زمینه اغلب بر مجموعه ای از راهبردهای شناخته شده به عنوان تعادل در بازی ها استوار است. این

راهبردها اصولاً از قواعد عقلانی به نتیجه می رسند. مشهورترین تعادل ها، تعادل نش است. براساس نظریه ی تعادل

نش، اگر فرض کنیم در هر بازی با استراتژی مختلط بازیکنان به طریق منطقی و معقول راهبردهای خود

را انتخاب کنند و به دنبال حد اکثر سود در بازی هستند، دست کم یک راهبرد برای به دست آوردن

بهترین نتیجه برای هر بازیکن قابل انتخاب است و چنانچه بازیکن راهکار دیگری به غیر از آن را انتخاب کند، نتیجه ی

بهتری به دست نخواهد آورد.

بازی‌ها اساساً با تصمیمات اتخاذ شده در یک محیط خنثی، متفاوت هستند. برای آنکه این نکته روشن شود، تفاوت میان تصمیمات یک چوب‌بر و تصمیمات یک ژنرال را تصور کنید.

زمانی که یک چوب‌بر تصمیمی را درباره چگونگی برش چوب اتخاذ می‌کند، از چوب انتظار ندارد که با او

مقابله کند؛ به عبارت دیگر، محیطی که وی در آن به فعالیت می‌پردازد، خنثی است. اما زمانی که یک ژنرال نظامی تصمیم می‌گیرد که ارتش دشمن را از پا درآورد، باید تفاوت دشمن را هم پیش‌بینی کرده و به طریقی تصمیم بگیرد که بتواند بر این مقاومت‌ها غلبه کند. بنگاه‌های اقتصادی که در یک رقابت شرکت می‌کنند باید

همانند این ژنرال، ارتباط متقابل خود و دیگر بازیکنان هوشمند و هدفمند را در نظر بگیرد

بازیکنان باید در تصمیمی که اتخاذ می‌کنند، هم به تعارض توجه داشته باشند و هم به احتمال همکاری. اصل و جوهر هر بازی، وابستگی درونی میان استراتژی‌های بازیکن‌ها است.

زمینه های کاربرد تئوری بازی ها

علوم اجتماعی:

از جمله سیاست، جامعه شناسی، روانشناسی

کاربرد نظریه بازی در علم سیاست، در مسائلی مانند تقسیم عادلانه، اقتصاد سیاسی، انتخاب عمومی، نظریه سیاست مثبت و نظریه انتخاب اجتماعی می باشد. در هر یک از این موضوعات، پژوهشگران مدل های نظریه بازی را به گونه ای توسعه داده اند که اغلب رای دهندگان، موقعیت ها، گروه های ذینفع و سیاستمداران، بعنوان بازیگران تلقی می شوند.

زیست شناسی:

توضیح تکامل و ثبات- تحلیل رفتار تنازع و بقا

در زیست‌شناسی تناسب با استفاده از بازی‌ها تفسیر می‌شود. تناسب مفهومی اصلی در نظریه تکامل است. این مفهوم توانایی تولید مجدد نوع خاصی از ژن‌ها را بیان می‌کند. به علاوه در تعادلی که در اینجا مورد توجه است، کمتر به جنبه عقلانی توجه می‌شود و بیشتر تعادلی مد نظر است که توسط نیروی تکامل تحمیل می‌شود.

در زیست‌شناسی، نظریه بازی برای درک بسیاری از پدیده‌ها به کار می‌رود. زیست‌شناسان نظریه بازی تکاملی و استراتژی تکامل پایدار را برای توضیح روابط غیرمنتظره حیوانات بکار برده‌اند. همچنین آن‌ها نوعی از بازی‌ها به نام بازی Dove-Hawk را برای تحلیل رفتار جنگجویانه و تشکیل قلمرو مستقل مورد استفاده قرار داده‌اند.

کامپیوتر و منطق:

به عنوان پایه ی نظری برای سیستم های چند عاملی و مدل سازی الگوریتم ها

برخی از تئوری های منطقی، پایه های معنانشناسی بازی ها (به عنوان مثال فهمیدن این که آیا بازی استراتژی برد دارد یا خیر) را تشکیل می دهند.

همچنین دانشمندان علوم کامپیوتر، بازی ها را برای مدل سازی محاسبات فعل و انفعالی به کار می برند. محاسبات فعل و انفعالی یعنی محاسباتی که در طی آن ها با جهان خارج ارتباط برقرار می شود. به عنوان مثال، از یک ارتباط ساده میان محاسبه گر و محیط پیرامون می توان به پرسیدن یک سوال مانند درخواست یک ورودی و یا جواب دادن به یک سوال مانند ارسال خروجی، اشاره کرد. همچنین نظریه بازی ها نقش مهمی در الگوریتم های آن لاین دارند. در علوم کامپیوتر الگوریتم آن لاین به الگوریتمی اطلاق می شود که می تواند ورودی های خود را بطور قطعه به قطعه پردازش کند و نیازی به در دسترس بودن تمام ورودی ها در ابتدا نیست.

فلسفه و اخلاق:

توصیف و تحلیل برخی رفتارها

نظریه بازی‌ها توسط برخی نویسندگان برای بررسی دلایل فلسفی تعهد، به کاررفته است. برخی دیگر با استفاده از

آن به بررسی رابطه میان اخلاق و منافع شخصی پرداخته‌اند. عده‌ای دیگر از نظریه بازی‌ها برای توضیح تمایلات

غیرمنتظره بشری به اخلاق و رفتارهای متناظر آن در حیوانات، استفاده می‌کنند.

اقتصاد و تجارت (Economics and Business):

اقتصاددانان بطور گسترده نظریه بازی را برای تحلیل پدیده‌های اقتصادی مانند مزایده (یا حراج)، معامله و قرارداد، انحصار فروش کالا بین دو نفر، تقسیم عادلانه، تولیدات کالا توسط افراد یا شرکت‌های معدود، شکل‌گیری شبکه اجتماعی و سیستم رای‌گیری به کار می‌برند.

عناصر بازی

- ✓ بازیکن ها (players): همان عوامل اقتصادی رقیب همدیگر هستند.
- ✓ قواعد بازی (rules of game): نحوه ی استفاده از فرصت ها و منابع و نیز ضوابط حاکم بر بازی
- ✓ نتایج بازی (out comes): آن چیزی که هدف بازیکنان بعد از بازی است
- ✓ بهره مندی بازیکن ها (pay off): از قراردادن نتایج در تابع مطلوبیت هریک از بازیکنان
- ✓ استراتژی (strategy): توصیف کاملی از تصمیماتی که بازیکن تحت هر رخداد می گیرد

انواع بازی

- ✓ متقارن - نامتقارن (Asymmetric - Symmetric)
- ✓ مجموع صفر - مجموع غیر صفر (Nonzero Sum - Zero Sum)
- ✓ تصادفی - غیر تصادفی (Nonrandom - Random)
- ✓ با آگاهی کامل – بدون آگاهی کامل (Perfect Knowledge و Non-Perfect Knowledge)
- ✓ همکارانه و غیر همکارانه (Cooperative or non-cooperative)

مقارن - نامتقارن (Asymmetric - Symmetric)

بازی مقارن بازی ای است که نتیجه و سود حاصل از یک راه برد تنها به این وابسته است که چه راهبردهای دیگری در بازی پیش گرفته شود؛ و از این که کدام بازیکن این راهبرد را در پیش گرفته است مستقل است. به عبارت دیگر اگر مشخصات بازیکنان بدون تغییر در سود حاصل از به کارگیری راهبردها بتواند تغییر کند، این بازی مقارن است. بسیاری از بازی‌هایی که در یک جدول 2×2 قابل نمایش هستند، اصولاً مقارن‌اند.

بازی ترسوها و معمای زندانی (در ادامه توضیح داده خواهد شد.) نمونه‌هایی از بازی مقارن هستند.

بازی‌های نامتقارن اغلب بازی‌هایی هستند که مجموعه راهبردهای یکسانی برای بازیکنان در بازی وجود ندارد.

البته ممکن است راهبردهای یکسانی برای بازیکنان موجود باشد ولی آن بازی نامتقارن باشد.

مجموع صفر - مجموع غیر صفر (Nonzero Sum - Zero Sum)

بازی‌های مجموع صفر بازی‌هایی هستند که ارزش بازی در طی بازی ثابت می‌ماند و کاهش یا افزایش پیدا نمی‌کند.

در این بازی‌ها، سود یک بازیکن با زیان بازیکن دیگر همراه است. به عبارت ساده‌تر یک بازی مجموع صفر یک

بازی برد-باخت مانند دوز است و به ازای هر برنده همواره یک بازنده وجود دارد.

اما در بازی‌های مجموع غیر صفر راهبردهایی موجود است که برای همه بازیکنان سودمند است.

تصادفی - غیر تصادفی (Nonrandom - Random)

بازی‌های تصادفی شامل عناصر تصادفی مانند ریختن تاس یا توزیع ورق هستند و بازی‌های غیر تصادفی بازی‌هایی

هستند که دارای راهبردهایی صرفاً منطقی هستند. در این مورد می‌توان شطرنج و دوز را مثال زد.

با آگاهی کامل – بدون آگاهی کامل

(Perfect Knowledge – Non-Perfect Knowledge)

بازی‌های با آگاهی کامل، بازی‌هایی هستند که تمام بازیکنان می‌توانند در هر لحظه تمام ترکیب بازی را در مقابل

خود مشاهده کنند، مانند شطرنج. از سوی دیگر در بازی‌های بدون آگاهی کامل ظاهر و ترکیب کل

بازی برای بازیکنان پوشیده‌است، مانند بازی‌هایی که با ورق انجام می‌شود.

ایرادات وارد بر تئوری بازی ها

✓ خردمندی حریف

✓ فعالیت های حریف برای به موفقیت نرسیدن ما

✓ در نظر نگرفتن عنصر مخاطره و ریسک



نمونه‌هایی از بازی‌ها

بازی ترسوها (Chicken Game)

دو نوجوان در اتومبیل‌هایشان با سرعت به طرف یکدیگر می‌رانند، بازنده کسی است که اول فرمان اتومبیلش را

بچرخاند و از جاده منحرف شود.

بنابراین:

اگر یکی بترسد و منحرف شود دیگری می‌برد؛

اگر هر دو منحرف شوند هیچ‌کس نمی‌برد اما هر دو باقی می‌مانند؛

اگر هیچ‌کدام منحرف نشوند هر دو ماشین‌هایشان (و یا حتی احتمالاً زندگیشان را!) می‌بازند؛

معمای زندانی (Prisoner's dilemma)

دو نفر متهم به شرکت در یک سرقت مسلحانه، در جریان یک درگیری دستگیر شده‌اند و هر دو جداگانه مورد بازجویی قرار می‌گیرند. در طی این بازجویی با هریک از آن‌ها جداگانه به این صورت معامله می‌شود:

اگر دوستت را لو بدهی تو آزاد می‌شوی ولی او به پنج سال حبس محکوم خواهد شد.

اگر هر دو یکدیگر را لو بدهید، هر دو به سه سال حبس محکوم خواهید شد.

اگر هیچ‌کدام همدیگر را لو ندهید، هر دو یک سال در یک مرکز بازپروری خدمت خواهید کرد.

اگر شما یکی از این زندانی‌ها بودید چه می‌کردید؟

در این بازی به نفع هر دو زندانی است که هر دو گزینه سوم را انتخاب کنند، ولی چون هر کدام از آن‌ها به دنبال

کسب بهترین نتیجه برای خود یعنی آزاد شدن هستند و به طرف مقابل نیز اعتماد ندارند و دوست خود را لو

می‌دهند و در نتیجه هر دوی زندانی‌ها متضرر می‌شوند.

بررسی و حل معمای زندانی

دو نفر متهم به سرقت در یک سرقت مسلحانه، در جریان یک درگیری دستگیر شده‌اند و هر دو جداگانه مورد

بازجویی قرار می‌گیرند. در طی این بازجویی با هریک از آن‌ها جداگانه به این صورت معام

نتیجه‌ی تصمیم‌گیری هر زندانی را در جدول زیر که به ماتریس سود معروف است، نشان می‌دهیم. برای مثال اگر

بازیگر اول به گنهکار بودن دوست خود اعتراف کند ولی بازیگر دوم سکوت اختیار کند، بازیگر اول آزاد می‌شود ولی

دوست او به ۵ سال حبس محکوم می‌گردد و این نتیجه را در خانه‌ی پایین و سمت چپ جدول نشان می‌دهیم.

همچنین نام بازیگران در بالا و سمت چپ جدول نوشته می‌شود که مشخص شود هر عمل مربوط به کدام بازیگر

است.

بازیگر ۱

	اعتراف نکردن	اعتراف کردن
بازیگر ۲	بازیگر ۱: ۵ سال حبس	بازیگر ۱: ۳ سال حبس
	بازیگر ۲: آزاد	بازیگر ۲: ۳ سال حبس
	بازیگر ۱: ۱ سال حبس	بازیگر ۱: آزاد
	بازیگر ۲: ۱ سال حبس	بازیگر ۲: ۵ سال حبس
	اعتراف نکردن	اعتراف کردن

می‌خواهیم تصمیم هر بازیگر را بررسی کنیم. باید توجه کنیم که هر بازیگر تصمیمی را اتخاذ می‌نماید که بیشترین سود را برای وی داشته باشد که در اینجا کمتر بودن میزان حبس است. می‌دانیم که هر بازیگر از تصمیمات فرد دیگر اطلاعی ندارد. ابتدا بهترین تصمیمی که بازیگر دوم اتخاذ می‌نماید را بررسی می‌نماییم. وی ابتدا فرض می‌کند که دوستش (بازیگر اول) به گناهکار بودن او اعتراف می‌کند. در این حالت او بین ۳ سال حبس و ۵ سال حبس (ستون سمت چپ)، ۳ سال حبس را انتخاب می‌کند و اعتراف می‌کند. در مرحله‌ی دوم او فرض می‌کند که بازیگر اول سکوت اختیار کند. بنابراین او بین ۱ سال حبس و آزادی (ستون سمت راست) آزادی را انتخاب می‌نماید و اعتراف می‌کند. پس به طور کلی بازیگر دوم مستقل از تصمیم بازیگر اول ترجیح می‌دهد که اعتراف کند بازیگر اول نیز به همین نحو تصمیم‌گیری می‌نماید. ابتدا فرض می‌کند بازیگر دوم به گناهکار بودن او اعتراف نماید در این صورت بهترین تصمیمی که او می‌تواند اتخاذ نماید اعتراف کردن است که مجازاتش ۳ سال حبس است و اگر فرض کند که دوست وی سکوت اختیار کرده است، او تصمیم به اعتراف کردن می‌کند که پاداش آن آزادی است.

نتیجه گیری

شناخت قدرت نظریه بازی در بیرون مرزهای اولیه اش، در حال افزایش است و اخیراً اعطای جایزه نوبل در سال ۱۹۹۴ به چند تن از پیشگامان این رشته از جمله جان نش، نشان از این واقعیت دارد. شاید رفتار آدم‌هایی که با انتخاب‌های دشوار روبرو هستند، به آن سادگی که فون نویمان در ابتدا امیدوار بود، نباشد، اما شکی نیست که نظریه بازی ارزش خود را در گشودن رازهای آن به اثبات رسانده است.