بسم الله الرحمن الرحيم

وصلى الله على محمد وآله الطاهرين

نظریه بازی در

روابط بین الملل

دکتر مهدی رضا درویش زاده
آرمان رضایتی چران - ریحانه جلیلی

انتشارات دانشگاه امام صادق(علیه‌السلام)
تهـران: بزرگراه شهیـد چمـران،
پل مدیریت
تلفکس:۸۸۳۷۰۱۴۲
صندوق پستی۱۵۹-۱۴۶۵۵
E-mail: isu.prcss@yahoo.com
فروشگاه اینترنتی:
www.ketabesadiq.ir

نظریه بازی در روابـط بـین‌الملـل ■تـألیف: دکتـر مهـدی رضـا درویـش‌زاده، آرمـان رضـایتی و ریحانـه جلیلـی
ناشـر: دانشـگاه امـام صـادق(ع) ■ چـاپ اول: ۱۳۹۴ ■قیمـت: ۱۲۰۰۰۰ ریـال ■شـمارگان: ۱۰۰۰ نسـخه
چاپ و صحافی: زلال کوثر■ شابک: ۹۷۸۶۰۰۲۱۴۴۱۱۹

سرشناسه: درویش‌زاده، مهدی‌رضا، ۱۳۳۵ -
عنوان و نام پدیدآور: نظریه بازی در روابط بین‌الملل/ مهدی‌رضا درویش‌زاده، آرمان رضایتی، ریحانه جلیلی.
مشخصات نشر: تهران: دانشگاه امام صادق (ع)، ۱۳۹۳.
مشخصات ظاهری: ۲۹۲ ص.
فروست: انتشارات دانشگاه امام صادق (ع)؛ ۶۲۵ سیاست؛ ۷۰.
شابک: ۱۲۰۰۰۰ ریال : ۹۷۸۶۰۰۲۱۴۴۱۱۹
موضوع: نظریه بازی‌ها
موضوع: علوم سیاسی - الگوهای ریاضی
موضوع: انتخاب اجتماعی - الگوهای ریاضی
شناسه افزوده: رضایتی چران، آرمان، ۱۳۶۵ -
شناسه افزوده: جلیلی، ریحانه، ۱۳۶۶ -
شناسه افزوده: دانشگاه امام صادق (ع)
رده بندی کنگره: ۱۳۹۳ ۴ن ۴د/ ۲۶۹ QA
رده بندی دیویی: ۵۱۹/۳
شماره کتابشناسی ملی: ۳۶۸۲۲۶۲

فهرست مطالب

«بسم الله الرحمن الرحيم»

وَلَقَدْ ءَاتَيْنَا داوُودَ وَ سُلَيْمَنَ عِلْمًا و قَالا اْلْحَمْدُ لِلَّهِ اْلَّذِي
فَضَّلَنَا عَلَي كَثِيرٍ مِنْ عِبَادِهِ اْلْمُؤْمِنِينَ

(قرآن کریم. سوره مبارکه النمل. آیه شریفه۱۵)

سخن ناشر

فلسفه وجودی **دانشگاه امام صادق**علیه‌السلام که ازسوی ریاست دانشگاه به کرات مورد توجه قرار گرفته، تربیت نیروی انسانی‌ای متعهد، باتقوا و کارآمد در عرصه عمل و نظر است تا از این طریق دانشگاه بتواند نقش اساسی خود را در سطح راهبردی به انجام رساند.

از این حیث «تربیت» را می‌توان مقوله‌ای محوری یاد نمود که وظایف و کارویژه‌های دانشگاه، در چارچوب آن معنا می‌یابد؛ زیرا که «علم» بدون «تزکیه» بیش از آنکه ابزاری در مسیر تعالی و اصلاح امور جامعه باشد، عاملی مشکل‌ساز خواهد بود که سازمان و هویت جامعه را متأثر و دگرگون می‌سازد.

از سوی دیگر «سیاست‌ها» تابع اصول و مبادی علمی هستند و نمی‌توان منکر این تجربه تاریخی شد که استواری و کارآمدی سیاست‌ها در گرو انجام پژوهش‌های علمی و بهره‌مندی از نتایج آنهاست. از این منظر پیشگامان عرصه علم و پژوهش، راهبران اصلی جریان‌های فکری و اجرایی به‌حساب می‌آیند و نمی‌توان آینده درخشانی را بدون توانایی‌های علمی - پژوهشی رقم زد و سخن از «مرجعیّت علمی» در واقع پاسخ‌گویی به این نیاز بنیادین است.

دانشگاه امام صادقعلیه‌السلام درواقع یک الگوی عملی برای تحقق ایده دانشگاه اسلامی در شرایط جهان معاصر است. الگویی که هم‌اکنون ثمرات نیکوی آن در فضای

ملی و بین‌المللی قابل مشاهده است. طبعاً آنچه حاصل آمده محصول نیّت خالصانه و جهاد علمی مستمر مجموعه بنیان‌گذاران و دانش‌آموختگان این نهاد است که امید می‌رود با اتکاء به تأییدات الهی و تلاش همه‌جانبه اساتید، دانشجویان و مدیران دانشگاه، بتواند به مرجعی تمام عیار در گستره جهانی تبدیل گردد.

معاونت پژوهشی دانشگاه امام صادقعلیه‌السلام باتوجه به شرایط، امکانات و نیازمندی جامعه در مقطع کنونی با طرحی جامع نسبت به معرفی دستاوردهای پژوهشی دانشگاه، ارزیابی سازمانی- کارکردی آن‌ها و بالاخره تحلیل شرایط آتی اقدام نموده که نتایج این پژوهش‌ها درقالب کتاب، گزارش، نشریات علمی و.... تقدیم علاقه‌مندان می‌گردد. هدف از این اقدام – ضمن قدردانی از تلاش خالصانه تمام کسانی که با آرمان و اندیشه‌ای بزرگ و ادعایی اندک در این راه گام نهادند- درک کاستی‌ها و اصلاح آنها است تا از این طریق زمینه پرورش نسل جوان و علاقه‌مند به طی این طریق نیز فراهم گردد؛ هدفی بزرگ که در نهایت مرجعیت **مکتب علمی امام صادق**علیه‌السلام را در گستره بین‌المللی به همراه خواهد داشت.(ان‌شاءالله)

وللّه‌الحمد

معاونت پژوهشی دانشگاه

پیش‌گفتار

نظریه بازی، ابزاری ریاضی برای تحلیل رقابت و همکاری است. این نظریه به‌طور جدی از نیمه دوم قرن بیستم و با انتشار کتاب مهم فون نویمان و مورگنسترن حیات خود را آغاز کرد. هدفی که نظریه بازی برای آن بنا نهاده شد، پیش‌بینی رفتار انسان‌ها در موقعیت‌های اجتماعی بود. اساس این نظریه بر این ایده کانونی استوار است که تصمیم‌گیرنده عقلایی در یک موقعیت اجتماعی، با ملاحظه رفتار دیگرانی که در مسأله درگیر هستند، اقدام به تصمیم‌گیری می‌کند. در واقع هر کس در عین حالی که می‌داند دیگران سعی در پیش‌بینی رفتار او دارند، سعی می‌کند که رفتار آن‌ها را پیش‌بینی کند.

گرچه صاحب‌نظران علوم اجتماعی به حق می‌توانند اظهار کنند که شاید بیان پیچیدگی‌های رفتار اجتماعی انسان از عهده ریاضیات بیرون است، اما نظریه بازی حداقل می‌تواند دریچه‌ای به‌سوی تحلیلی دقیق و روشمند از مسایل سیاسی و اجتماعی باشد. در واقع نقطه قوت نظریه بازی در حیطه مسایل سیاسی اجتماعی، اعداد و نتایج دقیقی که به‌عنوان نتیجه صادر می‌کند نیست، بلکه چارچوبی است که برای اندیشیدن به مسایل پیچیده اجتماعی ارائه می‌کند. زمانی‌که یک پژوهشگر، یک مسأله سیاسی اجتماعی را در قالب یک مدل نظریه بازی مطرح می‌کند از این دغدغه که از کجا وارد مسأله شود و مسأله‌ای که جنبه‌ها و چالش‌های فراوانی دارد را از کدام جهت مورد

مطالعه قرار دهد تا حد زیادی فارغ می‌شود. از طرف دیگر بررسی یک مسأله در قالبی ریاضی مانند نظریه بازی امکان بررسی دقیق آن را فراهم می‌کند و پیچیدگی پیشروی گام به گام در مسیر حل و مشکل در نظر گرفتن عوامل متعدد در کنار هم را تسهیل می‌کند. گرچه در کنار این مزایا همواره بخشی از اطلاعات مسأله اصلی حذف شده و در مدل دیده نمی‌شوند، مثلاً می‌توان از یک مدل یکسان (مدل جنگ فرسایشی) برای بررسی رفتار دو هم خانه‌ای و نیز دو ابرقدرت درگیر در جنگ سرد استفاده کرد که به‌وضوح این دو مسأله در عالم واقع تفاوت‌های بسیاری دارند، اما نکته قابل توجه در اینجا اینست که نقطه کانونی مسأله در هر دو یکی است و لذا علیرغم این مسأله این امید وجود دارد که با استفاده از نظریه بازی، تقریب خوبی از مسأله اجتماعی مورد نظر را به‌دست آورد. البته به قول یکی از متخصصان نظریه بازی یکی از اصلی‌ترین معایب استفاده از زبان ریاضی در بررسی مسایل اجتماعی این است که در مخاطبین این حس (احتمالاً فریبنده و کاذب) ایجاد می‌شود که این تحلیل و نتایج به‌دست آمده کاملاً دقیق و علمی است که در این مورد هم باید توجه داشت که این ایراد به کلیت روش تحلیل علمی و آکادمیک وارد است، گرچه شاید در مورد ریاضیات کمی برجسته‌تر باشد.

با این همه نظریه بازی، نظریه‌ای رو به رشد با توسعه‌ای چشمگیر است. در طول سال‌هایی که از تولد این نظریه می‌گذرد مدل‌ها و قضایای بسیاری توسط متخصصین این نظریه و ریاضیدانان معرفی شده و همواره سعی بر این بوده که مدل‌ها انطباق هرچه بیشتری بر مسایل واقعی داشته باشند، به‌عنوان مثال رفتارهای تصادفی در این نظریه درنظر گرفته شده و یا این‌که در بعضی مدل‌ها فرض اطلاعات ناکامل بازیگران از یکدیگر یا از تاریخچه بازی لحاظ شده است، در برخی دیگر از مدل‌ها ذات پویا و دنباله‌ای برخی مسایل واقعی مد نظر قرار گرفته است و ... .

یکی از عرصه‌های برجسته و تأثیرگذار رفتار اجتماعی انسان‌ها عرصه سیاست است که رقابت و تعامل، هر دو به‌صورت بسیار برجسته‌ای در آن بروز دارد، به‌همین

دلیل از دیرباز و از بدو تولد نظریه بازی، علوم سیاسی و روابط بین‌الملل یکی از حوزه‌های مهم کاربرد نظریه بازی‌ها بوده است، که نگاهی به حجم کتاب‌ها و مقالات منتشر شده در این حوزه به روشنی گواه این سخن است. مدل‌های گوناگون نظریه بازی به فراخور نیاز و تناسب مسأله در حوزه علوم سیاسی به‌کار گرفته شده‌اند. مدل‌ها و نظریاتی چون بازی‌های استراتژیک، بازی‌های توسعه‌یافته، بازی‌های چانه‌زنی، بازی‌های ائتلافی ... که از این مدل‌ها می‌توان در حوزه وسیعی از مسایل سیاسی مانند مذاکرات صلح، تشکیل اتحادیه‌های بین‌المللی و منطقه‌ای، پیش‌بینی وقوع جنگ، تحلیل مناقشات مرزی، مناقشات نفت و گاز و به‌طور کلی انرژی، پیش‌بینی سیاست‌های آینده کشورها و اتحادیه‌های بین‌المللی ... استفاده کرد.

در واقع یکی از اولین کاربردهای مهم نظریه بازی در حوزه سیاست، تلاش برای پیش‌بینی رفتار رهبران شوروی در جنگ سرد بود. اما بعدها در بسیاری از مناقشات بین‌المللی و منطقه‌ای به‌کار گرفته شد و نمونه‌ای از کاربردهای اخیر آن‌که مربوط به کشور ایران نیز هست، استفاده از آن در تحلیل مناقشه ایران و غرب بر سر پرونده هسته‌ای ایران است. همچنین در برخی از پژوهش‌ها در این زمینه به مطالعه رفتار اعضای اتحادیه‌های بین‌المللی نظیر اوپک و پیش‌بینی سیاست‌های تولید و صادرات آن‌ها پرداخته شده است و یا به پیش‌بینی نحوه تقابل یا تعامل کشورهایی چون چین و آمریکا در عرصه کنونی سیاست و اقتصاد بین‌المللی پرداخته شده است. البته توجه و کاربرد نظریه بازی در عرصه سیاست تنها منحصر به رقابت و درگیری نیست بلکه این نظریه ابزارهای مفیدی جهت مطالعه همکاری‌های سیاسی بین‌المللی و منطقه‌ای نیز در اختیار می‌گذارد که می‌تواند رهنمودهای مفیدی جهت ایجاد ائتلاف‌های پایدار ارائه دهد که البته آن بخش از مدل‌های نظریه بازی در حوزه تحت پوشش این کتاب قرار ندارند.

در این کتاب به معرفی عناوین و مدل‌های اصلی و رایج مطرح در حوزه بازی‌های غیر همکارانه می‌پردازیم و عناوینی چون بازی‌های استراتژیک، بازی‌های بیزی، بازی‌های توسعه‌یافته، بازی‌های توسعه‌یافته با اطلاعات ناکامل، بازی‌های تکرارشونده و بازی‌های چانه‌زنی مورد بررسی قرار می‌گیرند. سعی مؤلفان بر آن بوده که تا حد امکان مسایل و مدل‌ها به زبانی بیان شود که برای خواننده کمتر آشنا با ریاضیات قابل فهم باشد و همچنین مطالب هر فصل با مثال‌هایی از حوزه علوم سیاسی و روابط بین‌الملل همراه گشته است تا در عین آسان‌سازی فهم مطالب، نمونه‌هایی از نحوه کاربرد نظریه بازی در مسایل سیاسی نیز به مخاطب ارائه شود. به‌علاوه در جهت تسهیل بیشتر مطالعه کتاب، اثبات برخی قضایا که از عمق ریاضی بیشتری برخوردارند با ستاره مشخص شده‌اند. دانشجویانی که برای اولین‌بار به مطالعه این کتاب می‌پردازند می‌توانند بدون از دست دادن پیوستگی مطالب این اثبات‌ها را نادیده بگیرند.

این کتاب جلد سوم از یک مجموعه سه جلدی است که برای دانشجویان علوم سیاسی و روابط بین‌الملل نگاشته شده است تا پیش‌نیاز لازم برای استفاده از نظریه بازی در تحلیل مسائل داخلی و بین‌المللی فراهم گردد. در جلد اول این مجموعه که با عنوان «ریاضیات کاربردی برای نظریه بازی در روابط بین‌الملل» نگاشته شد، به ریاضیات مورد نیاز برای فراگیری نظریه بازی توسط دانشجویان علوم سیاسی و روابط بین‌الملل پرداختیم و در جلد دوم با عنوان «نظریه انتخاب» مهم‌ترین عنصر یک بازی غیرهمکارانه یعنی نحوه انتخاب یک فرد (یک بازیگر) مورد بررسی قرار گرفت و بالاخره در این جلد به معرفی مدل‌های بازی متداول در حوزه علوم سیاسی و روابط بین‌الملل پرداخته‌ایم.

ارائه چنین مجموعه‌ای گرچه یک اقدام ضروری برای گسترش و تعمیق ابزارهای نوین در تحلیل مسائل سیاسی، اقتصادی و اجتماعی است ولی دست‌یابی به چنین هدفی مطمئناً بدون حمایت اساتید و شخصیت‌هایی که به‌منزله ارکان چنین حوزهایی در

کشور محسوب می‌شوند، میسر نخواهد شد. مؤلفین بر خود لازم می‌دانند تا از حمایت‌های بی‌دریغ معاونت پژوهشی دانشگاه امام صادق(علیه‌السلام) به‌ویژه جناب آقای دکتر اصغر افتخاری که مشوق ما در چنین رویکردی بودند تشکر و قدردانی نمایند.

در نهایت لازم به ذکر است از آنجا که برخی از مثال‌ها و مطالب بیان شده در کتاب برگرفته از پژوهش‌های منتشر نشده مؤلفان است، هرگونه استفاده از مطالب کتاب تنها با ذکر منبع مجاز است.

مهدی‌رضا درویش‌زاده
(عضو هیئت علمی دانشگاه تهران)
آرمان رضایتی چران ـ ریحانه جلیلی

۱

بازی‌های استراتژیک

این فصل را با چند مثال آغاز می‌کنیم.

مثال ۱–۱. دو کشور رقیب را در نظر بگیرید که برای به‌دست آوردن قسمتی از خاک یکدیگر می‌خواهند به جنگ بپردازند. هر یک از این کشورها به تسلیحات نظامی پیشرفته‌ای مانند بمب اتمی دسترسی دارد که می‌تواند از آن استفاده کند یا می‌تواند روند معتدل‌تری را در جنگ در پیش بگیرد. بهترین نتیجه برای هر کشور این است که درحالی‌که کشور دیگر روند اعتدال را اتخاذ کند، او از تسلیحات نظامی پیشرفته استفاده کند. بدترین نتیجه برای آن‌ها این است که هر دو کشور از تسلیحات نظامی پیشرفته استفاده کنند. چون در این صورت خسارت زیادی بر هر دو وارد می‌شود. در صورتی که هر دو روند اعتدال را پیش بگیرند، هیچ‌کدام به مقصد خود نمی‌رسند.

مثال ۱–۲. 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 انتخاب‌ها را پیش‌رویشان می‌گذارد:

- اگر یکی به جرم اقرار کند و همدستش را لو بدهد، اگر همدستش اقرار نکرده باشد، او آزاد و همدستش به ۱۵ سال زندان محکوم می‌شود.
- اگر هر دو اقرار کنند، هر دو به ۵ سال زندان محکوم می‌شوند.

- وکیل‌هایشان هم به آن‌ها می‌گویند که مدرک محکمی علیه شما ندارنـد و اگر هیچ‌کدام اقرار نکنید فقط به یک سال زندان محکوم می‌شوید.

در نگاه اول جواب مسأله ساده به نظر می‌رسد، بهتر است هر دو سکوت کنند و یک سال حبس بکشند. اما ممکن است یکی از زندانی‌ها به فکر بیفتد که چون ممکـن اسـت همدستش نیز همین راه را انتخاب و سکوت کند، او می‌توانـد بـا اقـرار خـود، آزادی را برای خود بخرد. اما اگر دیگری نیز با همین استدلال اقرار کند، هر دو به ۵ سـال حـبس محکوم می‌شوند. اگر هر دو به اصطلاح عاقلانه عمل کننـد، یعنـی درصـدد بـه حـداقل رساندن مدت محکومیت خود باشند، محکومیت بیشتری نصیبشان می‌شود. یعنی هـر دو ضرر می‌کنند.

این مثال‌ها چند ویژگی مشترک دارند. در مثال ۱–۱ هر کشور و در مثال ۱–۲ هـر یک از مجرمان، با یک مسأله تصمیم‌گیری مواجه است و از چنـدین عملـی کـه پـیش روی هـر یـک از آن‌هاسـت، بایـد یکـی را انتخـاب کننـد. از طرفـی، هـر یـک از تصمیم‌گیرندگان از تصمیم طرف مقابل اطلاعی ندارد و به‌طـور مسـتقل تصـمیم‌گیـری می‌کند. در هر یک از مثال‌ها نتیجه‌ای که بازیگر از انتخابش می‌گیرد به انتخاب بـازیگر دیگر هم بستگی دارد. مثلاً در مثال ۱–۲ اگر یکی از مجرمـان اعتـراف کنـد، دلیـل بـر آزادی او نیست و نتیجه‌ی انتخابش بعد از این‌که تصمیم مجرم دیگر هم مشخص شـد، تعیین می‌شود.

در هر یک از این مسائل، تصمیم‌گیرندگان به‌دنبال اتخاذ عملی هستند که برایشـان سود بیشتری داشته باشد. اما همان‌طور که گفتیم سودی که از نحـوه‌ی اتخـاذ عملشـان به‌دست می‌آورند، وابسته به عمل اتخاذ شده توسط تصمیم‌گیرندگان دیگر اسـت. پـس هدف ما در این مثال‌ها تعیین ترکیبی از اعمال بازیگران است که سود بیشتری عایدشان کند. قدم اول برای رسیدن به این هدف، این است که این مسائل را مدل‌سازی کنیم. بـا

توجه به ویژگی‌های مشترکی که در بالا برای این مثال‌ها ذکر کردیم، این مسائل را می‌توانیم به‌وسیله بازی‌های استراتژیک مدل کنیم.

اما به چه نوع بازی‌هایی، استراتژیک گفته می‌شود؟ در حقیقت یک بازی استراتژیک، مدلی از اثرات متقابل تصمیم‌گیرندگان است. به تصمیم‌گیرندگان این بازی، بازیگر گفته می‌شود. این بازیگران ممکن است یک انسان، یک دولت، هیئت‌مدیره یک شرکت، رهبر یک جنبش انقلابی، یک بنگاه، یک کشور یا حتی یک ژن یا یک گیاه باشند. هر بازیگر تمام جزئیات بازی را می‌داند. یعنی هم از عمل‌هایی که خودش می‌تواند انتخاب کند، آگاهی دارد و هم از عمل‌های دیگران و نتیجه‌ی انتخاب این اعمال را هم به‌خوبی می‌داند و هیچ‌چیز در طی بازی برایش مبهم نیست. این بازیگران عاقل هستند. یعنی تمایل به انتخاب عملی دارند که سود بیشتری را نصیبشان کند. آن‌ها اعمالشان را به‌طور مستقل از یکدیگر، همزمان و یک بار برای همیشه انتخاب می‌کنند. اما این همزمانی تصمیم‌گیری‌ها به معنای تصمیم‌گیری در یک زمان مشخص نیست؛ بلکه به‌معنای بی‌اطلاعی هر بازیگر از انتخاب بازیگران دیگر است. لذا هر بازیگر هنگام تصمیم‌گیری باید بر اساس تجربه و اطلاعاتی که از بازی‌های مشابه دارد، پیش‌بینی خود را از رفتار دیگران انجام دهد و بر اساس آن تصمیم‌گیری کند.

به‌طور دقیق‌تر، تعریف یک بازی استراتژیک به‌صورت زیر است.

تعریف ۱–۱. یک بازی استراتژیک از اجزای زیر تشکیل شده است:

۱– یک مجموعه متناهی از بازیگران: بازیگران یک بازی استراتژیک، همان تصمیم‌گیرندگان مسأله مورد نظر هستند. مجموعه تمام بازیگران را با N نمایش می‌دهیم.

۲– استراتژی: مجموعه عمل‌های قابل دسترسی برای هر بازیگر $i \in N$، مجموعه استراتژی‌های آن بازیگر نامیده می‌شود. مجموعه تمام استراتژی‌های ممکن بازیگر i را با S_i نمایش می‌دهیم. یعنی مجموعه S_i، تمام انتخاب‌های ممکن این بازیگر را نشان

می‌دهد. ضرب دکارتی مجموعه استراتژی‌های هر بازیگر، مجموعه بردارهای استراتژی را تولید می‌کند. یعنی:

$$S \equiv \times_{j \in N} S_j$$
$$s = (s_1, \dots, s_i, \dots, s_n) \in S$$

مجموعه $S_{-i} \equiv \times_{j \in N/\{i\}} S_j$ از ضرب دکارتی مجموعه استراتژی‌های تمام بازیگران به جز بازیگر i تشکیل شده است. یک عضو از این مجموعه را با s_{-i} نمایش می‌دهیم که برداری از استراتژی‌های بازیگران $N/\{i\}$ است. برای سادگی s را به‌صورت (s_i, s_{-i}) نشان می‌دهیم.

۳- برای هر بازیگر $i \in N$، یک رابطه ارجحیت[۱] مانند $\geq_i$ روی $S = \times_{i \in N} S_i$ تعریف می‌شود.

این بازی را با سه‌تایی $(N, (S_i)_{i \in N}, (\geq_i))$ نمایش می‌دهیم.

توجه کنید رابطه ارجحیت i-امین بازیگر روی حاصل‌ضرب دکارتی $\times_{i \in N} S_i$ تعریف می‌شود نه روی S_i. به‌عبارت دیگر i-امین بازیگر، هم باید از عمل خود مراقبت کند و هم از تصمیمی که بازیگران دیگر می‌گیرند.

منظور از رابطه ارجحیت روی مجموعه S این است که یک بازیگر بتواند بین نقاط S تمایز قائل شود. یعنی یکی را بر دیگری ترجیح دهد یا هر دو برای او یکسان باشند. به‌طور دقیق‌تر، همان‌طور که در جلد دوم این مجموعه به تفصیل بحث شد، منظور از یک رابطه ارجحیت روی S، یک عمل دوتایی روی S است که انعکاسی، متعدی و کامل باشد.

از آنجا که کار کردن با رابطه ارجحیت ساده نیست، تحت شرایطی می‌توانیم از تابع مطلوبیت به‌جای آن استفاده کنیم. این تابع به هر بردار از استراتژی بازیگران یک عدد حقیقی را نسبت می‌دهد. لذا مقایسه نتیجه‌ای که از هر بردار استراتژی به‌دست

---

۱. برای توضیح بیشتر به [۲] مراجعه کنید.

می‌آید، ساده‌تر خواهد بود و فقط لازم است چند عدد حقیقی با یکدیگر مقایسه شوند. اما در چه شرایطی می‌توانیم تابع مطلوبیت را جایگزین رابطه ارجحیت کنیم؟ اگر S همبند و $\geq_i$ پیوسته باشد، در این صورت رابطه ارجحیت $\geq_i$ را می‌توان توسط تابعی مانند $u_i: \times S_i \to \mathbb{R}$ نمایش داد. بطوریکه:

$$\forall a, b \in S \qquad a \geq_i b \Leftrightarrow u_i(a) \geq u_i(b)$$

یادآوری: رابطه ارجحیت $\geq$ روی مجموعه S پیوسته است هرگاه برای دو دنباله از عناصر S مانند (x_k) و (y_k) که به ترتیب به x و y در S همگرا هستند و برای هر k که $x_k \geq y_k$ است، داشته باشیم $x \geq y$.

با توجه به مطالب بالا این بازی را با سه‌تایی (N, S, u) نیز می‌توانیم نشان دهیم.

تعریف ۱–۲. بازی استراتژیک (N, S, u) را متناهی گوییم هرگاه برای هر $i \in N$، S_i متناهی باشد.

به مثال‌های ابتدای فصل بازمی‌گردیم. مثال ۱–۱ به‌صورت زیر مدل می‌شود:

$N =$ {کشور ۱، کشور ۲}

$S_1 = S_2 =$ {تسلیحات معمولی ، تسلیحات پیشرفته}

u_1 (ت.م ، ت.م) $= u_2$ (ت.م ، ت.م) $= 0$

u_1 (ت.پ ، ت.پ) $= u_2$ (ت.پ ، ت.پ) $= 0$

u_1 (ت.م ، ت.پ) $= u_2$ (ت.پ ، ت.م) $= 1$

u_1 (ت.پ ، ت.م) $= u_2$ (ت.م ، ت.پ) $= 2$

که در آن‌ها ت.م مخفف تسلیحات معمولی و ت.پ مخفف تسلیحات پیشرفته است.

این بازی حالتی از بازی معروف قمری ـ شاهین است.

مثال ۱–۲ هم به‌صورت زیر مدل می‌شود:

$N =$ {مجرم۱، مجرم۲}

$S_1 = S_2 =$ {اعتراف کردن، اعتراف نکردن}

توابع مطلوبیت هم به‌صورت زیر تعریف می‌شوند:

u_1 (اعتراف ، عدم اعتراف) $= u_2$ (عدم اعتراف ، اعتراف) $= -15$

u_1 (عدم اعتراف ، اعتراف) $= u_2$ (اعتراف ، عدم اعتراف) $= 0$

u_1 (اعتراف ، اعتراف) $= u_2$ (اعتراف ، اعتراف) $= -5$

u_1 (عدم اعتراف ، عدم اعتراف) $= u_2$ (عدم اعتراف ، عدم اعتراف) $= -1$

این بازی، به بازی معمای دو زندانی معروف است.

برای ساده‌سازی تجزیه و تحلیل بازی‌های استراتژیک دو نفره با مجموعه استراتژی‌های متناهی، می‌توانیم از یک ماتریس استفاده کنیم. در این ماتریس تمام اطلاعات مربوط به استراتژی‌های بازیگران و مطلوبیت‌هایشان را می‌توانیم یکجا جمع کنیم.

در این ماتریس، استراتژی‌های یکی از بازیگران را در سطرها و استراتژی‌های بازیگر دیگر را در ستون‌ها نمایش می‌دهیم. هر عنصر ماتریس از دو عدد تشکیل می‌شود که اولین عدد سمت چپ مقدار مطلوبیت بازیگر اول و دومین عدد، مطلوبیت بازیگر دوم را نشان می‌دهد.

فرض کنید $N = \{1,2\}$، $S_1 = \{s_{11}, \dots, s_{1l}\}$ و $S_2 = \{s_{21}, \dots, s_{2k}\}$ باشد. ماتریس متناظر با این بازی به‌صورت زیر است:

$\mathbf{1\backslash 2}$	s_{21}	s_{22}	...	s_{2k}
s_{11}	$u(s_{11}, s_{21})$	$u(s_{11}, s_{22})$	...	$u(s_{11}, s_{2k})$
s_{12}	$u(s_{12}, s_{21})$	$u(s_{12}, s_{22})$	...	$u(s_{12}, s_{2k})$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	...	$\vdots$
s_{1l}	$u(s_{1l}, s_{21})$	$u(s_{1l}, s_{22})$	...	$u(s_{1l}, s_{2k})$

جدول ۱: ماتریس متناظر با یک بازی استراتژیک دو نفره

توجه کنید استفاده از ماتریس برای نمایش یک بازی استراتژیک با بیش از دو بازیگر، ساده نیست، زیرا نمی‌توانیم ترکیب استراتژی‌ها را در دو بعد نمایش دهیم.

با توجه به مطالب بالا، ماتریس مثال ۱-۲ به‌صورت زیر است:

$1/2$	اعتراف کردن	اعتراف نکردن
اعتراف کردن	$-5,-5$	$0,-15$
اعتراف نکردن	$-15,0$	$-1,-1$

جدول ۲: ماتریس متناظر با مثال ۱-۲

طبق این ماتریس، استراتژی‌هایی که در سطرها نوشته شده، مربوط به بازیگر۱ و استراتژی‌هایی که در ستون‌ها نوشته شده، مربوط به بازیگر۲ است. به‌طور مثال عدد سمت چپ که در سطر اول و ستون اول نوشته شده است، یعنی ۵− سود بازیگر۱ را در حالتی که خودش و رقیبش استراتژی اعتراف را انتخاب کرده‌اند، نشان می‌دهد و یا عدد سمت راستی که در سطر دوم، ستون اول نوشته شده، نشان‌دهنده سود بازیگر۲ در حالتی است که خودش استراتژی اعتراف کردن و رقیبش استراتژی اعتراف نکردن را انتخاب کرده‌اند.

۱-۱. مجموعه جواب‌های یک بازی استراتژیک

از آنجا که یکی از فرض‌های اساسی در بازی‌های استراتژیک، عاقل بودن بازیگران است، لذا بازیگران به انتخاب استراتژی‌ای که سودشان را بیشتر کند، تمایل بیشتری دارند. البته جواب یک بازی استراتژیک، تنها بهترین انتخاب هر بازیگر با توجه به سودش نیست، بلکه به حداقل رساندن ضرر را هم، همواره مد نظر دارد. پس منظور از

جواب یک بازی استراتژیک، پیش‌بینی برداری از استراتژی‌هاست که سود هـر یـک از بازیگران را با توجه به استراتژی دیگر بازیگران ماکسیمم کند. این بردار از استراتژی‌هـا را نقطه تعادل بازی می‌نامیم. چندین روش برای تعریف نقطه تعادل یک بـازی وجـود دارد که هر یک را به تفصیل بیان می‌کنیم.

۱-۱-۱. تعادل نش

یکی از جواب‌های بسیار شناخته شده برای بازی‌های استراتژیک، تعادل نش است. در این جواب، هر بازیگر پیش‌بینی درستی از رفتـار سـایر بـازیگران دارد و بـر پایـه ایـن پیش‌بینی، عقلانی عمل می‌کند.

تعادل نش، یک بردار از استراتژی‌های بازیگران، مانند s^* است با این ویژگی که هر بازیگر i، نمی‌تواند عمل بهتری از s_i^* را با توجه به این‌که بازیگران دیگر، استراتژی s_{-i}^* را انتخاب کرده‌اند، انتخاب کند (در اینجا عمل بهتر به‌معنای عملی است که مطلوبیـت بیشتری برای بازیگر i داشته باشد). به بیان دیگر برای هر بازیگر i و استراتژی s_i، بردار استراتژی s^* حداقل به‌خوبی بردار استراتژی (s_i, s_{-i}^*) برای بازیگر i باشد.

تعریف ۱-۳. تعادل نش یک بازی استراتژیک مانـند $(N, (S_i)_{i\in N}, (u_i)_{i\in N})$ بـردار استراتژی‌ای مانند s^* است که در شرط زیر صدق می‌کند:

$$u_i(s_i^*, s_{-i}^*) \geq u_i(s_i', s_{-i}^*) \quad \forall s_i' \in S_i, \forall i \in N$$

توجه کنید که هر بازی استراتژیک لزوماً تعادل نش ندارد. در مثال‌های بعد نشان مـی‌دهـیم بعضی بازی‌ها تنها یک تعادل نش، بعضی بیش از یک و بعضی اصلاً تعادل نش ندارند.

مثال ۱-۳. بازی زیر را در نظر بگیرید.

1/2	***L***	***M***	***R***
T	**1, 1**	**1, 0**	**0, 1**
B	**1, 0**	**0, 1**	**1, 0**

جدول ۲: ماتریس متناظر با بازی مثال ۱-۳

این بازی دارای تعادل نش یگانه (T, L) است. برای هـر بـردار اسـتراتژی دیگـر، حداقل یک بازیگر وجود دارد که با تغییر استراتژیش سود بیشتری را به‌دست مـی‌آورد. مثلاً بردار استراتژی (T, M) را در نظر بگیرید. این بردار، تعادل نش نیست. چون طبـق این بردار، بازیگر۲ سود صـفر را بـه‌دسـت مـی‌آورد. درحـالی‌کـه مـی‌توانـد بـا تغییـر استراتژیش به R یا L، سود بیشتری را نصیب خود کند.

از آنجا که وقتی بازیگر۲، استراتژی L را انتخاب می‌کند، بازیگر۱ از انتخاب T و B بـه یک اندازه رضایت دارد، لذا اگر استراتژی B را انتخاب کند، موقعیتش از نقطه تعـادل بـدتر نخواهد شد. در این حالت می‌گوییم تعادل نش (T, L) یک تعادل اکید نیست.

به‌طور کلی یک تعادل اکید است اگر استراتژی هر بازیگر در آن نقطه، با توجه بـه استراتژی‌های دیگر بازیگران، بهتر از تمام استراتژی‌های دیگر او باشد.

تعریف ۱–۴. بردار استراتژی s^* یک تعادل نش اکید است اگر بـرای هـر بـازیگر i داشته باشیم:

$$u_i(s_i^*, s_{-i}^*) > u_i(s_i, s_{-i}^*) \quad \forall s_i \neq s_i^*$$

مثال ۱–۴. در بازی معمای دو زندانی با در نظر گرفتن چهار زوج از استراتژی‌هـای ممکن بازیگران، مشاهده می‌کنیم بردار استراتژی (اعتراف کردن، اعتراف کـردن) تعـادل نش یگانه این بازی است. چون اولاً اگر بازیگر۲، استراتژی اعتـراف کـردن را انتخـاب کند، برای بازیگر ۱ بهتر این است که استراتژی اعتراف کردن را انتخاب کند. (به سـتون سمت چپ جدول توجه کنید. مشاهده مـی‌کنـیم اعتـراف کـردن سـود -5 را نصـیب بازیگر ۱ می‌کند، درحالی‌که استراتژی اعتراف نکردن سود -15 را عایـد او مـی‌کنـد.) دوماً اگر بازیگر ۱ استراتژی اعتراف کردن را انتخاب کند، باز هم بـرای بـازیگر ۲ بهتـر است استراتژی اعتراف کردن را انتخاب کند.

توجـــه کنیـد هیچ‌یک از سه بردار استـــراتژی دیگـر نمـی‌تـــواند تعـــادل نـش باشـــد. مثلاً بردار استـراتژی (اعتراف نکردن، اعتراف کـردن) را در نظـر بگیریـد. ایـن بردار در رابطه تعادل نش صدق نمی‌کند. زیـرا وقتـی بـازیگر ۱ اسـتراتژی اعتـراف را

انتخاب می‌کند، سود بازیگر ۲ از استراتژی اعتراف، بیشتر از اعتراف نکردن است. بقیه بردارها هم به‌همین شکل ثابت می‌شود تعادل نش نیستند.

۱-۱-۲. به‌دست آوردن تعادل نش یک بازی استراتژیک متناهی

در این قسمت به‌طور اجمالی روندی را برای تشخیص این‌که یک بردار استراتژی، نقطه تعادل نش است یا خیر، بیان می‌کنیم.

در یک بازی متناهی یک روش برای مشخص کردن تعادل‌های نش، بررسی این است که هر یک از بردارهای $s' \in S$ تعادل نش است یا خیر. با بردار استراتژی دلخواه $s' = (s'_1, \dots, s'_n)$ آغاز می‌کنیم و به سؤالات زیر پاسخ می‌دهیم.

۱) اگر s'_2،...،s'_n ثابت باشند، آیا استراتژی مثل s''_1 وجود دارد که رابطه $u_1(s''_1, s'_{-1}) > u_1(s'_1, s'_{-1})$ برقرار باشد؟ اگر چنین باشد s' تعادل نش نیست. در غیر این صورت به گام بعدی می‌رویم.

۲) اگر s'_1،s'_3،...،s'_n ثابت باشند، آیا استراتژی مثل s''_2 وجود دارد که رابطه $u_2(s''_2, s'_{-2}) > u_2(s'_2, s'_{-2})$ برقرار باشد؟ اگر چنین باشد s' تعادل نش نیست. در غیر این صورت به گام بعدی می‌رویم.

⋮

i) اگر s'_1،...،s'_{i-1}،s'_{i+1}،...،s'_n ثابت باشند، آیا استراتژی مثل s''_i وجود دارد که رابطه $u_i(s''_i, s'_{-i}) > u_i(s'_i, s'_{-i})$ برقرار باشد؟ اگر چنین باشد s' تعادل نش نیست. در غیر این صورت به گام بعدی می‌رویم.

⋮

n) اگر s'_1،...،s'_{n-1} ثابت باشند، آیا استراتژی مثل s''_n وجود دارد که رابطه $u_n(s''_n, s'_{-n}) > u_n(s'_n, s'_{-n})$ برقرار باشد؟ اگر چنین باشد s' تعادل نش نیست.

این الگوریتم برای هر بردار استراتژی تکرار می‌شود.

در بازی‌های دو نفره متناهی که آن‌ها را می‌توان به‌وسیله یک ماتریس نمـایش داد، این الگوریتم بسیار ساده است.

مثال ۱–۵. ماتریس متناظر با بازی مثال ۱–۱ به‌صورت زیر رسم می‌شود.

تسلیحات معمولی	تسلیحات پیشرفته	**1/2**
2, 1	**0, 0**	تسلیحات پیشرفته
0, 0	**1, 2**	تسلیحات معمولی

جدول ۳: ماتریس متناظر با بازی مثال ۱–۱

با بردار استراتژی دلخواه (ت.پ ، ت.پ) که در سطر اول و ستون اول قرار دارد، آغاز می‌کنیم. استراتژی بازیگر ۲ را ثابت نگه می‌داریم. یعنی فرض می‌کنیم بازیگر ۲ استراتژی تسلیحات پیشرفته را انتخاب کند، از آنجا که بازیگر ۱ با انتخاب استراتژی تسلیحات معمولی سود بیشتری نصیبش می‌شود، لذا این بردار، تعادل نش نیست. حال بردار استراتژی (ت.پ ، ت.م) را در نظر بگیرید. ابتدا استراتژی بازیگر ۱ را ثابت نگه می‌داریم، در این صورت بازیگر ۲ با تغییر استراتژیش، نمی‌تواند سود بیشتری به‌دست آورد. حال استراتژی بازیگر ۲ را ثابت و استراتژی بازیگر ۱ را تغییر می‌دهیم. بازیگر ۱ هم با تغییر استراتژی‌اش نمی‌تواند سود بیشتری به‌دست آورد. پس بردار استراتژی (ت.پ ، ت.م) یکی از نقاط تعادل نش این بازی است. با تکرار روندی مشابه، نتیجه می‌گیریم بردار استراتژی (ت.پ ، ت.پ) تعادل نش نیست و (ت.م ، ت.پ) تعادل نش دیگر این بازی است.

حال اگر بخواهیم این روند را برای یک بازی با تعداد بازیگر بیشتر و تعداد استراتژی‌های بیشتر به‌کار ببریم، بسیار زمان بر بوده و به صرفه نیست. لذا در ادامه روش دیگری را برای به‌دست آوردن جواب یک بازی استراتژیک ارائه می‌دهیم.

۱-۱-۳. نگاشت بهترین پاسخ

تعادل نش یک بازی را که در آن هر بازیگر استراتژی‌های زیادی ندارد طبق روندی که در قسمت قبل شرح دادیم، می‌توان به‌دست آورد. اما در بازی‌های پیچیده‌تر نمی‌توان از این روش استفاده کرد. لذا بهتر است در این بازی‌ها از نگاشت بهترین پاسخ که در این قسمت شرح می‌دهیم، استفاده کنیم.

بازیگر دلخواه i را در نظر بگیرید. اگر بازیگران دیگر استراتژی s_{-i} را انتخاب کنند، بهترین واکنش و عکس‌العمل بازیگر i به این بردار از استراتژی‌ها، انتخاب استراتژی‌ای است که بیش‌ترین سود را نصیبش می‌کند. به این استراتژی بازیگر i، بهترین پاسخ نسبت به استراتژی s_{-i} گفته می‌شود.

مثال ۱-۶. در مثال ۱-۱، فرض کنید کشور ۱ استراتژی تسلیحات پیشرفته را انتخاب کند. بهترین واکنش کشور ۲ به این استراتژی چیست؟ اگر کشور ۲ استراتژی تسلیحات پیشرفته را انتخاب کند، سود صفر نصیبش می‌شود و اگر استراتژی تسلیحات معمولی را انتخاب کند، سود ۱ را به‌دست می‌آورد. پس از آنجا که بازیگران عاقل هستند، کشور۲ استراتژی تسلیحات معمولی را انتخاب می‌کند.

تعریف ۱-۵. به ازای هر $i \in N$، نگاشت مجموعه مقدار بهترین پاسخ، نگاشتی مانند $b_i(s_{-i}): S_{-i} \rightarrow\rightarrow S_i$ است که برای هر $s_{-i} \in S_{-i}$ به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$b_i(s_{-i}) = \{s_i \in S_i : u_i(s_i, s_{-i}) \geq u_i(s_i', s_{-i}) \ \ \forall s_i' \in S_i\}$$

اکنون بر اساس تعریف نگاشت بهترین پاسخ، می‌خواهیم تعریف دیگری از تعادل نش ارائه دهیم که با تعریف قبلی آن معادل است.

می‌دانیم در تعادل نش، هیچ بازیگری با تغییر استراتژی خود، با توجه به استراتژی دیگر بازیگران، نمی‌تواند سود بیشتری به‌دست آورد. لذا تعادل نش، برداری از استراتژی‌هاست که در آن استراتژی هر بازیگر، بهترین پاسخ به استراتژی دیگر بازیگران است. پس در تعادل نش، هر بازیگر، با توجه به استراتژی‌های دیگر بازیگران، عضوی از مجموعه بهترین پاسخ‌هایش را انتخاب می‌کند.

تعریف ۱-۶. تعادل نش یک بازی استراتژیک یک بردار استراتژی مانند s^* است که در شرط زیر صدق می‌کند:

$$s_i^* \in b_i(s_{-i}^*) \quad \forall i \in N \qquad (۱-۱)$$

با توجه به تعریف بالا تعادل نش یک بازی بر اساس نگاشت بهترین پاسخ به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:

۱- نگاشت بهترین پاسخ هر بازیگر را مشخص می‌کنیم.

۲- بردار استراتژی‌ای را که در شرط (۱-۱) صدق می‌کند، به‌دست می‌آوریم.

توجه کنید اگر نگاشت بهترین پاسخ هر بازیگر تنها یک عضو داشت، شرط (۱-۱) را به ازای هر i می‌توان به‌صورت $b_i(s_{-i}^*) = s_i^*$ در نظر گرفت.

مثال ۱-۷. بازی زیر را در نظر بگیرید.

1/2	***L***	***C***	***R***
T	**1, 2**	**2, 1**	**1, 0**
M	**2, 1**	**0, 1**	**0, 0**
B	**0, 1**	**0, 0**	**1, 2**

جدول ۴: ماتریس بازی مثال ۱-۷

ابتدا بهترین پاسخ بازیگر ۱ را نسبت به هر استراتژی بازیگر ۲ به‌دست می‌آوریم. اگر بازیگر ۲، استراتژی L را انتخاب کند، بهترین پاسخ بازیگر ۱، M است (چون M بیشترین سود نسبت به T و B دارد). این استراتژی را با قرار دادن علامت * بالای آن مشخص می‌کنیم. اگر بازیگر۲ استراتژی C را انتخاب کند، بهترین پاسخ بازیگر۱، انتخاب T است. این استراتژی را هم با قرار دادن یک علامت * بالای آن نشان می‌دهیم و در آخر اگر بازیگر۲، R را انتخاب کند، T و B هر دو بهترین پاسخ بازیگر ۱ به این استراتژی است. این استراتژی‌ها را هم مشخص می‌کنیم.

حال باید بهترین پاسخ بازیگر۲ را به استراتژی‌های بازیگر۱ به‌دست آوریم. همانند قبل این استراتژی‌ها را علامت‌گذاری می‌کنیم. در نهایت ماتریس بازی به‌صورت زیر در می‌آید:

$1/2$	L	C	R
T	$1,2^*$	$2^*,1$	$1^*,0$
M	$2^*,1^*$	$0,1^*$	$0,0$
B	$0,1$	$0,0$	$1^*,2^*$

جدول ۵: ماتریس مشخص کننده بهترین پاسخ مثال ۱–۷

بردار استراتژی‌ای که هر دو استراتژیش با علامت * مشخص شده است، نشان‌دهنده تعادل نش این بازی است. لذا بردار استراتژی‌های (M,L) و (B,R) تعادل‌های نش این بازی هستند.

مثال ۱–۸. دو سازمان امنیتی A و B مسئول رسیدگی به پرونده تروریستی دانشمندان هسته‌ای هستند. آن‌ها می‌توانند اقدام به‌دستگیری یکی از این دو رده کنند: طراحان عملیات تروریستی و اعضای عملیاتی. هر دو سازمان ترجیح می‌دهند طراحان این گروهک را دستگیر کنند تا این‌که به‌دستگیری سایر اعضا بپردازند. البته آن‌ها دستگیری هر یک از این دو رده را به شکست در دستگیری ترجیح می‌دهند. دستگیری طراحان عملیات، نیاز به همکاری این دو سازمان با یکدیگر دارد. چون اگر یکی از سازمان‌ها مایل به همکاری نباشد، سازمان دیگر به تنهایی نمی‌تواند طراحان عملیات را دستگیر کند. اما هر سازمان به تنهایی با استفاده از تحقیقات خود می‌تواند اعضای عملیاتی را دستگیر کند. دستگیری طراحان عملیات و اعضای عملیاتی را به ترتیب با K و O نمایش می‌دهیم.

جدول زیر موقعیت‌های استراتژیک هر یک از سازمان‌ها را نشان می‌دهد.

$A\backslash B$	K	O
K	$2,2$	$0,1$
O	$1,0$	$1,1$

جدول ۶: ماتریس متناظر با بازی مثال ۱–۸

نگاشت بهترین پاسخ این بازی به‌صورت زیر است:

$b_1(K) = \{K\}, b_1(O) = \{O\}$
$b_2(K) = \{K\}, b_2(O) = \{O\}$

با توجه به تعریف دومی که از تعادل نش ارائه کردیم، نتیجه می‌گیریم (O,O) و (K,K) تعادل‌های نش این بازی هستند.

مثال ۱–۹. دو ارتش دفاعی (D) و تهاجمی (I) را در نظر بگیرید. ارتش I تصمیم می‌گیرد از طریق کوه (M) یا دشت (P) به ارتش D حمله کند. در پاسخ به این تهدید، D تصمیم به تقویت سیستم دفاعی خود در کوه یا دشت می‌گیرد. اگر I به یک منطقه بی‌دفاع حمله کند، برنده می‌شود و سودی برابر ۱ را دریافت می‌کند و اگر به یک منطقه سنگربندی شده حمله کند، سود ۱ را از دست می‌دهد. D هم با پیش‌بینی صحیح جهت تهاجم، سود ۱ را دریافت و در صورت پیش‌بینی غلط، سود ۱ را از دست می‌دهد. این بازی استراتژیک در ماتریس زیر نمایش داده شده است:

$D\backslash I$	M	P
M	$1,-1$	$-1,1$
P	$-1,1$	$1,-1$

جدول ۷: ماتریس متناظر با بازی مثال ۱–۹

نگاشت مجموعه مقدار بهترین پاسخ برای این بازی عبارت است از:

$$b_D(M) = \{M\}, b_D(P) = \{P\}, b_I(M) = \{P\}, b_I(P) = \{M\} \quad (۱–۲)$$

طبق تعریف ۱-٦ برای آن‌که بردار استراتژی (s_D, s_I) تعادل نش باشد (s_D و s_I به ترتیب یک استراتژی دلخواه برای بازیگر D و I هستند.) باید داشته باشیم $b_I(s_D) = s_I$ و $b_D(s_I) = s_D$. اما طبق رابطه (۱-۲) هیچ بردار استراتژی‌ای وجود ندارد که در این شرط صدق کند. لذا این بازی تعادل نش ندارد. بنابراین پیشنهادی برای چگونگی انجام این بازی وجود ندارد.

۱-۱-۴. بازی‌های بنیادی

برخی از استانداردها و قالب‌های رفتار اجتماعی وجود دارند که به کرات در صحنه روابط اجتماعی رخ می‌دهند. به‌همین دلیل در نظریه بازی این قالب‌ها را به‌صورت مدل‌هایی از بازی استراتژیک مجرد کرده‌اند و آنها را مورد مطالعه قرار می‌دهند. از آنجا که این مدل‌ها بسیاری از واکنش‌ها مانند اعتماد و عدم اعتماد، همکاری و عدم همکاری، سازش یا ستیز و از این قبیل رفتارها و واکنش‌های معمول انسان‌ها را در هنگام قرار گرفتن در موقعیت‌های اجتماعی توضیح می‌دهند، آنها را در اینجا تحت عنوان «بازی‌های بنیادی» معرفی می‌کنیم. این بازی‌ها علیرغم سادگی، از اهمیت خاصی برخوردارند و در واقع عناصر تشکیل‌دهنده بسیاری از فعل و انفعالات پیچیده سیاسی-اجتماعی‌اند. در حقیقت اگر بخواهیم رفتار بازیگران عرصه سیاست را تجزیه و تحلیل کنیم، در اکثر موارد به یکی از بازی‌های استراتژیک زیر می‌رسیم. **به این ترتیب می‌توان ادعا کرد که پارامترهای اصلی در رفتار بازیگران عرصه بین‌الملل، همان عناصر نهفته در بازی‌های استراتژیک بین بازیکنان است.**

۱) معمای دو زندانی (Prisoners Dilemma): دو نفر به اتهام ارتکاب جرمی در دو سلول جداگانه نگهداری می‌شوند. این دو نفر می‌دانند که:

- اگر هیچ‌کدام اقرار نکنند هر دو باید یک ماه در زندان بمانند.
- اگر هر دو اقرار کنند هر دو باید شش ماه در زندان بمانند.

- اگر یکی اقرار کند و دیگری نکند در این صورت اقرارکننده بلافاصله آزاد می‌شود و دیگری نه ماه زندانی خواهد شد.

این بازی را می‌توان با ماتریس زیر نمایش داد:

۱/۲	اقرار نکردن	اقرار کردن
اقرار نکردن	-۱ ، -۱	-۹ ، ۰
اقرار کردن	۰ ، -۹	-۶ ، -۶

جدول ۹: نمایش ماتریس بازی معمای دو زندانی

تنها تعادل بازی بالا حالتی است که هر دو نفر اقرار می‌کنند. معمای دو زندانی در واقع نمایش‌دهنده مسأله همکاری یا تکروی و عدم همکاری است و می‌توان آن را برای تحلیل هر مسأله‌ای که در آن دو طرف باید به‌طور همزمان و بدون اطلاع همدیگر برای همکاری یا عدم همکاری تصمیم بگیرند، به‌کار بست. نکته مهم در این مسأله اینست که دو طرف باید بدون اطلاع قبلی از تصمیم طرف مقابل و بدن هرگونه امکان هماهنگی و مذاکره‌ای اقدام به تصمیم‌گیری کنند. در این حالت هر بازیگر این‌گونه در نزد خود استدلال می‌کند که اگر عدم همکاری (در اینجا اقرار کردن) را انتخاب کند، بازیگر مقابل هر انتخابی که انجام دهد، برایش مطلوبیت بیشتری نسبت به انتخاب همکاری دارد. به این ترتیب نتیجه نهایی بازی عدم همکاری دو طرف خواهد بود.

مثال ۱-۱۰. به‌عنوان نمونه‌ای از کاربردهای این بازی می‌توان به رقابت تسلیحاتی بین دو ابرقدرت اشاره کرد. در چنین رقابتی هر کدام از طرفین می‌توانند به امید خلع‌سلاح تدریجی دو طرف و از بین رفتن کلی تهدیدات، اقدام به کاهش تسلیحات خود کنند، همین‌طور می‌توانند به‌منظور بالا بردن قدرت مقابله به مثل و در نتیجه افزایش امنیت و قدرت بازدارندگی خود اقدام به افزایش تسلیحاتشان کنند. در چنین

مسأله‌ای مدل معمای دو زندانی پیش‌بینی می‌کند که دو ابرقدرت اقدام به افزایش تسلیحات خود می‌کنند و رقابت تسلیحاتی بین آنها حاکم می‌شود.

به بیان روشن‌تر در مسأله رقابت تسلیحاتی هر کدام از طرفین دو انتخاب دارد: کاهش تسلیحات، افزایش و تقویت تسلیحات. اگر هر دو طرف کاهش تسلیحات را انتخاب کنند، تهدیدات متقابل از بین می‌رود امنیت دو کشور تأمین می‌گردد، همچنین هزینه‌های نظامی تحمیل شده بر هر دو کشور نیز کاهش می‌یابد. اما اگر یکی از طرفین به کاهش تسلیحات بپردازد و دیگری به افزایش تسلیحات، این امر، برتری نظامی کشور افزایش‌دهنده و تسلط او را در پی خواهد داشت. و اگر هر دو به افزایش تسلیحات بپردازند توازن قوا بین آن دو حفظ می‌شود اما هزینه‌های نظامی سنگینی به هر دو کشور تحمیل می‌شود. اگر فرض کنیم که هر ابرقدرتی برتری و تسلط بر رقیب را به هر نتیجه دیگری ترجیح می‌دهد، می‌توانیم مسأله رقابت تسلیحاتی را با ماتریس زیر نمایش دهیم:

A\B	کاهش تسلیحات	افزایش تسلیحات
کاهش تسلیحات	۳،۳	۱،٤
افزایش تسلیحات	٤،۱	۲،۲

جدول۱۰: ماتریس بازی رقابت تسلیحاتی

همان‌طور که مشاهده می‌کنید تعادل این بازی در حالتی است که هر دو کشور تسلیحات خود را افزایش دهند. بنابراین بین این دو ابرقدرت همواره رقابت نظامی و تسلیحاتی برقرار خواهد بود.

۲) بازی BoS : زن و شوهری می‌خواهند به کنسرت باخ (B) یا استراوینسکی (S) بروند. آن دو در درجه اول ترجیح می‌دهند که همراه هم باشند، اما شوهر بیشتر به

موسیقی باخ و زن بیشتر به موسیقی استراوینسکی علاقه دارد. بدترین حالت بـرای هـر دو آنها جدا شدن از هم می‌باشد، بنابراین شرایط آنها را می‌توان با جدول زیـر نمـایش داد:

زن/شوهر	B	S
B	۲،۱	۰،۰
S	۰،۰	۱،۲

جدول ۱۱: نمایش ماتریسی بازی Bos

بازی بالا دو تعادل نش دارد که حالت‌های (S,S) و (B,B) می‌باشند. یعنی حالاتی که در آن هر دو نفر همراه هم هستند. **این بازی برای توصیف موقعیت‌هـایی بـه‌کـار می‌رود که در آن برای دو طرف درگیر، علی‌رغم داشتن مطلوبیت‌هـای متفـاوت در یک مسأله واحد، آنچه مهم‌تر است همراهی و وحدت می‌باشـد. بـه‌عبـارت دیگـر شرایطی که در آن بازیگران تمایل دارند علی‌رغم داشتن علایـق متفـاوت، وحـدت رویه و رفتار را در پیش بگیرند.** به‌طور مثال زمانی که دو متحد سیاسی (مثلاً دو عضو تصمیم‌گیر یک حزب یا دو کشور متحد) در یک مسأله سیاسی اختلاف سـلیقه و نظـر داشته باشند، مدل BoS می‌گوید که بهترین حالت‌ها برای این دو متحد آن است که یک رویه واحد را پیش بگیرند ولو این‌که این رویه مخالف سلیقه شخصی‌شان باشد.

این بازی با عنوان دعوای جنسیت‌ها (Battle of Sexes) نیـز شـناخته مـی‌شـود و دلیل این نام‌گذاری هم این تصور بود که جنسیت افراد در تصمیم‌گیریشان مؤثر است.

۳) بازی شاهین- قمری (Hawk-Dove) : دو پرنده بر سـر یـک شـکار در حـال ستیزند. هر پرنده می‌تواند مانند یک قمری یا یک شاهین عمل کند. بهترین نتیجه بـرای هر پرنده این است که در حالی که دیگری مانند یک قمری عمل می‌کند، او مانند یـک شاهین عمل کند در این‌صورت وی می‌تواند تمام شکار را بـه تنهـایی تصـاحب کنـد.