Horizons of Security Scientific Journal

118

Vol. 31
Spring 2022

Application of Game Theory in Military Wars

Soheil Imamian [1]

Research Paper

Received:
2 February 2021
Accepted:
22 February 2022
P.P: 137-166

ISSN: 1025-5087
E-ISSN: 2654-4971

Abstract

Game theory is a field of applied mathematics that has been developed in the context of economics and studies the strategic behavior between rational factors. Game theory attempts to model the mathematical behavior that governs a strategic situation (conflict of interest). This situation arises when a person's success depends on the strategies that others choose. The ultimate goal of this knowledge is to find the optimal strategy for the players. Using game theory, we will need to model and predict the actions of actors at strategic, operational and tactical levels, in which military decisions will be upgraded with a more comprehensive and valuable analysis than the current situation. In recent decades, several studies have been conducted in this regard and researchers have been able to use different branches of game theory to model a wide range of scenarios related to military action. One of the strengths of game theory is that it models the actions of military forces to make decisions against each other. The purpose of writing this article is a brief overview of research that has been written so far using game theory in modeling decision scenarios with military applications. This article also categorizes the type of war modeling, the types of games used, and the players involved. Finally, we conclude that applying game theory in military warfare is more effective than using traditional models to make commanders' decisions at different levels.

Keywords: Decision Making, Game Theory, Defense Science, Land Warfare, Naval Warfare.

DOR: 20.1001.1.10255087.1401.31.1.8.5

1. Assistant Professor, Imam Hussein University, Tehran, Iran Emamyian@yahoo.com

نشریه علمی سیاست دفاعی

۱۱۸

سال سی و یکم
بهار ۱۴۰۱

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت:
۱۴۰۰/۱۱/۱۳
تاریخ پذیرش:
۱۴۰۰/۱۲/۰۳
صص: ۱۶۶-۱۳۷

شاپا چاپی: ۵۰۸۷-۱۰۲۵
الکترونیکی: ۴۹۷۱-۲۶۵۴

کاربرد نظریه بازی‌ها در جنگ‌های نظامی

سهیل امامیان[۱]

چکیده

نظریه بازی‌ها حوزه‌ای از ریاضیات کاربردی است که در بستر علم اقتصاد توسعه یافته و به مطالعه رفتار راهبردی بین عوامل عقلانی می‌پردازد. نظریه بازی تلاش می‌کند تا رفتار ریاضی حاکم بر یک موقعیت استراتژیک (تضاد منافع) را مدل‌سازی کند. این موقعیت زمانی پدید می‌آید که موفقیت یک فرد وابسته به راهبردهایی است که دیگران انتخاب می‌کنند. هدف نهایی این دانش، یافتن راهبرد بهینه برای بازیکنان است. با استفاده از نظریه بازی‌ها، نیازمند مدل‌سازی و پیش‌بینی اقدامات بازیگران در سطوح راهبردی، عملیاتی و تاکتیکی خواهیم بود که در آن، تصمیمات نظامی با تجزیه و تحلیلی جامع‌تر و با ارزش‌تر از وضعیت کنونی ارتقا می‌یابد. در دهه‌های گذشته، مطالعات متعددی در این خصوص انجام گردیده و محققین توانسته‌اند شاخه‌های مختلف نظریه بازی‌ها را جهت مدل‌سازی، طیف وسیعی از سناریوهای مربوط به اقدامات نظامی را به‌کارگیرند. یکی از نقاط قوت نظریه بازی‌ها، مدل‌سازی اقدامات نیروهای نظامی جهت تصمیم‌گیری علیه یکدیگر می‌باشد. هدف از نگارش این مقاله مروری اجمالی از تحقیقاتی است که تاکنون با استفاده از نظریه بازی‌ها در مدل‌سازی سناریوهای تصمیم‌گیری با کاربردهای نظامی به رشته تحریر درآمده است. هم‌چنین در این مقاله ازنظر نوع مدل‌سازی جنگ، انواع بازی‌های مورداستفاده و بازیکنان درگیر، طبقه‌بندی شده‌اند. ازنظر جنگ‌های مدل‌سازی‌شده، بیشترین مقالاتی که تاکنون از تئوری بازی‌ها در تصمیم‌گیری سطح کلان نظامی مورد استفاده قرار گرفته، در زمینه فرماندهی و کنترل صحنه نبرد می‌باشد. هم‌چنین مشاهده می‌شود که بیشترین مقالات تخصصی بررسی‌شده در این زمینه به سنجش، ردیابی و شبکه حسگرها مربوط می‌شوند. در خاتمه نتیجه می‌گیریم با به‌کارگیری نظریه بازی‌ها در جنگ‌های نظامی اثربخشی بهتری نسبت به استفاده از مدل‌های سنتی جهت تصمیم‌گیری فرماندهان در سطوح مختلف داشته باشیم.

کلیدواژه‌ها: تصمیم‌گیری؛ نظریه بازی؛ علوم دفاعی؛ جنگ زمینی؛ جنگ دریایی.

DOR: 20.1001.1.10255087.1401.31.1.5.2

۱. استادیار، دانشگاه جامع امام حسین(ع)، تهران، ایران
Emamyian@yahoo.com

مقدمه

نظریه بازی‌ها به یکی از چارچوب‌های نظری مرسوم جهت مدل‌سازی فرآیندهای تصمیم‌گیری مهم در بسیاری از جنبه‌های زندگی ما تبدیل شده است. نمونه‌های معروف عبارتند از اقتصاد، علوم اجتماعی، امور مالی، پویایی جمعیت و بیماری‌های همه‌گیر (Piraveenan;2019 :858). از زمان تحقیق مهم جان نش و دیگران (Nash,et. Al, 2014: 87–90) به‌خوبی تشخیص داده شده است که یک استراتژی بهینه در زمینه تعاملات پیچیده (بازی) بین دو یا چند طرف (بازیکن) وجود دارد که می‌تواند منجر به یک نتیجه قابل پیش‌بینی (بازده) شود. در موقعیت‌های عملی، این پیامد اغلب می‌تواند به‌صورت کمی و محاسباتی (هزینه، تعداد افراد آلوده، تعداد افراد واکسینه‌شده و غیره) ارائه گردد؛ اما اغلب می‌تواند ماهیت کیفی هم داشته باشد (مانند خطر، سطح آمادگی، وضعیت سلامت و غیره). کاربرد نظریه بازی در دفاع، تاریخچه طولانی و متنوعی دارد که شامل طراحی سیستم‌های نظامی به‌موقع (مثلاًدر رهگیری موشک‌ها) تا حمایت از تصمیم‌های استراتژیک در مورد سرمایه‌گذاری‌ها و خریدهای دفاعی بزرگ می‌شود. ادبیات گسترده‌ای در مورد روش‌ها و ابزار نظری خاص و کاربردهای دفاعی آن‌ها وجود دارد (Tzu, 2014: 89–91). معتقدیم که بررسی این ادبیات برای جامعه‌ای که با تجزیه و تحلیل عملیاتی و پشتیبانی تصمیم‌گیری مبتنی‌بر داده‌ها سروکار دارند، موردتوجه است. نظریه بازی، استراتژی‌ها و تصمیمات نظامی را با تجزیه و تحلیل جامع‌تر و پرارزش‌تر از وضعیت کنونی ارتقا می‌دهد (Myerson: 2013). برای نیروهای مسلح، سناریوهای بالقوه و قابل قبول جهت تجزیه و تحلیل نظریه بازی‌ها که شامل کاربردهای روبه‌رشد سریع سیستم‌های هوشمند است، ارائه گردیده و نظریه بازی چارچوب ریاضی جامعی را ارائه می‌کند که توانایی تصمیم‌گیری افرادی که از این سیستم‌ها استفاده می‌کنند را به‌شدت افزایش می‌دهد. به‌دلیل پتانسیل به‌وجودآمده، تحقیقات در مورد نظریه بازی‌ها در حال رشد است، چندین مقاله در ادبیات حوزه تحقیقاتی نظامی ارائه گردیده است. هدف این بررسی کمک به محققان در استفاده از مجموعه دانش در نظریه بازی‌ها برای توسعه سیستم‌های نرم‌افزاری هوشمند و ایمن برای فرماندهان نظامی است. با توجه به اینکه تحقیقاتی که در این مرحله انجام گرفته در مراحل ابتدایی می‌باشد، گرچه خیلی گسترده

نیست؛ اما مجموعه ادبیات پیرامون نظریه بازی در مجموعه‌های نظامی بخش قابل‌توجهی از اشکال مختلف درگیری و نبرد را پوشش داده است. این مقالات سناریوهای گذشته، حال و آینده را پوشش می‌دهند. از استراتژی‌های پیش‌بینی‌کننده در موقعیت‌های خصمانه بالقوه تا ارزیابی‌های تحلیلی در عقب‌نشینی از بن‌بست‌های نظامی هزاران سال پیش. تئوری بازی‌ها ظرفیت مفیدبودن در چنین سناریوهای نظامی را نشان داده است. با این حال، پیشرفت سریع فناوری منجر به ایجاد مرزهای پیوسته جدید درگیری نظامی گردیده که هر یک از آن‌ها، سیستم‌های پیچیده‌ای دارند. حوزه‌های کلی که به آن‌ها پرداخته شده است عبارتند از: سیستم‌های ردیابی (در همه حوزه‌ها)، نبرد هوایی، نبرد زمینی، جنگ داخلی، جنگ سایبری و سیستم‌های فضایی. قابل ذکر است مقالات کمی در حوزه دریایی ارائه گردیده است. در هر یک از این حوزه‌ها، امکانات بی‌شماری برای سیستم‌های جدید و نوآورانه وجود دارد؛ عوامل مختلف، سلاح‌های مختلف، ساختارهای کنترلی مختلف و ...، هر یک از این‌ها می‌توانند با تجزیه و تحلیل تئوری بازی‌ها غنی شوند. به‌نظر نمی‌رسد مقاله‌ای وجود داشته باشد که به استفاده از نظریه بازی در هر یک از تخصص‌های نظامی درخصوص پردازش و الگوریتم‌های پیچیده و با کارایی بالا پرداخته باشد. هدف ما ارائه ادبیات به‌گونه‌ای است که به تمام کارکردهای نظریه بازی در سیستم‌های نرم‌افزاری نظامی در هر حوزه کلیدی بپردازد. این بررسی، دامنه و کاربرد هر مقاله که مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته را با ارائه آن ازنظر اجزای اساسی بازی برجسته می‌کند. هم‌چنین اصول اساسی که توسط بازیکنان در هر سناریوی تصمیم‌گیری نظامی درنظر گرفته می‌شود و هم‌چنین نحوه تأثیر آن‌ها بر تصمیماتی که توسط پرسنل و سیستم‌های نظامی گرفته می‌شود چه در رقابت با بازیکنان متخاصم و چه در حین همکاری با بازیکنان دوست ـ تقسیم‌بندی می‌گردند. این امکان را برای اکثر سناریوهای نظامی به‌عنوان بازی فراهم می‌کند و می‌تواند حداقل یک دیدگاه جدید جالب در مورد موقعیت‌های نظامی را ارائه دهد. در بخش دوم انواع جنگ را بررسی کرده‌ایم که به تفصیل بیان می‌شود. در بخش سوم مفاهیم اساسی تئوری بازی‌ها معرفی گردیده است. در بخش چهارم استفاده از نظریه بازی‌ها در کاربردهای علوم و فناوری‌های دفاعی ارائه خواهد شد و در این بخش مقالات تخصصی که با استفاده از مدل‌های نظریه بازی‌ها ارائه شده و درخصوص اصول اساسی مباحث نظامی بوده، به اختصار آورده شده است. در بخش پنجم طبقه‌بندی مقالات منتشرشده جهت

آگاهی بیشتر مطالعه‌کنندگان مطرح گردیده و در بخش ششم، فرصت‌هایی برای تحقیقات بیشتر در زمینه نظریه بازی‌ها در علوم تخصصی نظامی مطرح گردیده و درنهایت، نتیجه‌گیری لازم در انتهای مقاله آورده شده است.

۱- انواع جنگ

۱-۱- جنگ زمینی:

فناوری نیروی برتر در جنگ است و فناوری به اندازه سایر حوزه‌ها در جنگ زمینی توسعه نیافته است (Roland, 1991:447–468). فناوری‌هایی که بر جنگ زمینی تأثیر گذاشته ثابت بوده و درصورت امکان، از قرارگرفتن در معرض منابع انسانی اجتناب می‌کند (Edmonds, 1992: 179–206). مبارزه بین افراد در سطح فیزیکی امروزه بسیار کمتر رایج است و راه را برای تمرکز بیشتر بر استراتژی طرح‌ریزی عملیاتی باز می‌کند. ادبیاتی که به‌واسطه آن تئوری بازی در جنگ زمینی را تشریح می‌کند، شامل یک بانک قوی از مقالات تخصیص سلاح و هدف (که به جنگ کنترل سلاح و جنگ تخصیص منابع می‌پردازد) است؛ هم‌چنین مقالاتی ارائه شده که به درگیری‌های زمینی در دوران باستان و جنگ‌های چریکی پرداخته است. در مکان‌هایی که جان انسان‌ها آسیب‌پذیر است، حفاظت از آن‌ها مهم‌ترین عنصر این بازی‌ها بوده و اولویت بعدی مقالات حفاظت از مرزهای زمینی است.

۱-۲- جنگ دریایی:

با توجه به اهمیت نیروی دریایی برای نمایش قدرت در سطح جهانی، کمبود شگفت‌انگیزی از ادبیات در دسترس عموم در مورد جنگ دریایی، با / بدون کاربرد تئوری بازی‌ها وجود دارد. اغلب در مقالاتی که به ردیابی هدف می‌پردازند از جنگ دریایی نامبرده می‌شود؛ اما بحث در مورد استراتژی نیروی دریایی به ادبیات قدیمی یا بحث در مورد موارد ضروری محدود می‌شود (Spelle، 2018:25-42). در این مقاله، تحقیقات موجود در این زمینه مورد بررسی قرار گرفته و این حوزه را برجسته خواهیم کرد که در آن شکاف قابل توجهی در ادبیات وجود دارد.

۱-۳- جنگ هوایی:

مدت زیادی از اختراع هواپیما توسط برادران رایت نگذشته بود که جنگ هوایی به عاملی حیاتی در مبارزات نظامی تبدیل شد. ماهیت نبرد هوایی در سرعت، دقت در انهدام هدف، سلاح‌هایی با برد بیشتر و سقف پروازی بالاتر است. در روزگار کنونی، عواملی که باید درنظر گرفته شوند بسیار پیچیده‌تر هستند و هیچ کمبودی جهت نیروهای نظامی برای انجام نبردهای هوایی اعم از انسان و ماشین وجود ندارد. ادبیات نشان می‌دهد که درنتیجه فراوانی و به‌روزشدن تسلیحات، تجهیزات و مهمات، ارزش ذاتی و بالقوه اهداف و هم منابع مورداستفاده برای درگیری اهمیت ویژه‌ای در سناریوهای جنگ هوایی دارد. در مورد ارزش‌های نبرد هوایی برای هر دو طرف درگیری، نسبت به قابلیت‌های پرنده باید تصمیم‌گیری لازم جهت این نبرد انجام گردد. مقالات متعددی جهت ارزیابی استراتژی‌های نبرد هوایی وجود دارد که با استفاده از تئوری بازی‌ها به آن پرداخته شده است.

۱-۴- جنگ فضایی:

درحالی که مفهوم جنگ در فضا تقریباً یک قرن است که وجود داشته (Klein: 2012)، نبرد فیزیکی و تئوری راهبردی تثبیت‌شده‌ای جهت جنگ فضایی در کشورهای صاحب تکنولوژی به‌وجود نیامده است؛ لذا به این دلیل نظریه‌پردازان استفاده از مفاهیم نظریه بازی در تفکر استراتژیک جنگ فضایی را ارائه کردند. در حال حاضر جنگ فضایی بیشتر به ماهواره‌های فضایی محدود می‌شود؛ جایی که پارامترهای کلیدی بازی، استفاده بهینه از توان و قدرت سیگنال در سراسر شبکه خواهد بود. این میدان هنوز کاملاً جوان بوده و به‌نظر می‌رسد توسعه نظامی بیشتر در فضا اجتناب‌ناپذیر است. با استفاده از نظریه بازی‌ها می‌توان موضوعات نبرد فضایی را با منطق بهتری تجزیه و تحلیل کرد.

۱-۵- جنگ سایبری:

امنیت سایبری محافظت از سیستم‌ها و شبکه‌های فناوری اطلاعات در برابر آسیب‌دیدگی و اختلال در معرض سرقت اطلاعات است. جنگ سایبری به مفهوم سیستم‌های اطلاعاتی و ارتباطی می‌پردازد که به‌طور عمد، برای به‌دست‌آوردن مزیت نظامی مورد حمله قرار می‌گیرند. درحالی که

امنیت سایبری برای چندین دهه در حال حاضر یک زمینه مهم در علوم کامپیوتر بوده است؛ اما ادبیات مربوط به جنگ سایبری به این عنوان کمیاب‌تر بوده و در هر صورت، به‌شدت با کاربردهای نظریه بازی در علوم کامپیوتر در زمینه‌های مرتبط با امنیت سایبری هم‌پوشانی دارد. این مقاله به‌صورت اجمالی به بررسی برخی از مقالاتی که به‌طور خاص با جنگ سایبری مرتبط هستند را ارائه و تحلیل می‌کند.

۱-۶- جنگ‌های خاص:

چندین مقاله وجود دارد که به موارد خاصی از کاربردهای دفاعی تئوری بازی‌ها می‌پردازد؛ اما نمی‌توان آن‌ها را به‌عنوان مقالاتی که نوع خاصی از جنگ را تحلیل می‌کنند، طبقه‌بندی کرد. در برخی از این مقالات، تمرکز بیشتر بر روی فناوری‌ها است؛ به‌عنوان مثال، ردیابی هدف. در برخی دیگر، ماهیت بازیگران متخاصم که دفاع باید علیه آن‌ها انجام شود تغییر می‌کند؛ برای مثال، تهدیدات تروریسم داخلی که امنیت ملی را مورد هدف قرار می‌دهد. در این زمینه مقالات متعددی وجود دارد که به استفاده از نظریه بازی در چنین سناریوهایی می‌پردازد که در زیر به آن اشاره خواهد شد.

۱-۶-۱- سیستم‌های ردیابی هدف:

ردیابی هدف یعنی مشاهده یک هدف متحرک و نظارت بر موقعیت و مانورهای آن (Lipton.et.al, 1998:8–14). موفقیت در این حوزه به دقت در معیارها و داده‌های مشاهده شده و هم‌چنین توزیع و پردازش کارآمد تمام اطلاعات جمع‌آوری‌شده بستگی دارد (Kasthurirathna, 2014: 65–70). با ظهور اهداف هوشمند، نیروهای نظامی باید روش‌های پیش‌بینی را نیز برای حفظ عملکرد ردیابی ایده‌آل به‌کار گیرند. ادبیات بررسی‌شده در این رابطه، موضوعاتی از ردیابی موشک‌های کوتاه‌برد و میان‌برد تا موشک‌های بالستیک را ردیابی و عوامل هوشمند ناشناخته تا هواپیماهای دشمن را پوشش می‌دهد. ملاحظات کلیدی در این زمینه که بازی‌های انجام‌شده را شکل می‌دهند شامل این است که آیا هدف «هوشمند» است یا نه، می‌تواند اقدام فریب و فرار را انجام دهد، شرایط جوی چه تأثیراتی دارد، هدف، مسیر بهینه خواهد داشت و

اینکه آیا هدف، تحت پوشش سامانه‌های پدافندی خواهد بود یا خیر. کاربردهای ردیابی هدف در نظریه بازی‌ها بیشتر در جنگ‌های هوایی و دریایی، تحقق یافته است.

۱-۶-۲- برنامه‌های کاربردی امنیت ملی:

تئوری بازی‌ها اغلب در کاربردهای مرتبط با امنیت ملی و ضدتروریسم کاربرد پیدا می‌کند. این شامل پیش‌بینی و آماده‌سازی برای حملات تروریستی و هم‌چنین سناریوهای تخصیص منابع برای حفاظت از افراد کلیدی و نقاط عطف جهت سایر اهداف بالقوه جهت فعالیت‌های تروریستی است. با استفاده از تئوری بازی‌ها تحلیل لازم درخصوص اغتشاشات شهری و نحوه عملکرد نیروهای امنیتی به‌دقت انجام می‌گردد، درحالی که ارزش اهداف بالقوه و احتمال حملات، مشخصاً پارامترهای کلیدی حاکم بر عملکردهای بازی‌ها در این حوزه هستند. پیامدهای اجتماعی، اقتصادی و سیاسی بعدی به همان اندازه در مدل‌سازی بازی‌ها در این زمینه مؤثر خواهند بود (Gandhi.et.al, 2011: 29–30). تعداد معدودی از درگیری‌های نظامی به‌اندازه آن‌هایی که در جبهه داخلی حضور دارند، در معرض دید قرار گرفته‌اند و پیامدهای حملات تروریستی و تأثیر آن‌ها بر روحیه عمومی و اعتماد به دستگاه امنیتی، اغلب در مدل‌سازی عملکردها در این زمینه درنظر گرفته می‌شوند.

۲- نظریه بازی

نظریه بازی که مطالعه تصمیم‌گیری استراتژیک است، ابتدا به‌عنوان شاخه‌ای از اقتصاد خرد توسعه یافت؛ با این حال، بعداً در زمینه‌های مختلف مطالعاتی مانند زیست‌شناسی تکاملی، جامعه‌شناسی، روان‌شناسی، علوم سیاسی، مدیریت پروژه، مدیریت مالی و علوم رایانه مورد استفاده قرار گرفت. نظریه بازی‌ها به‌دلیل رواج سناریوهای تصمیم‌گیری استراتژیک در رشته‌های مختلف کاربرد گسترده‌ای به‌دست آورده است. نظریه بازی بینشی را در مورد تعاملات رفتاری عجیب و غریب مانند تعاملات مشارکتی در انسان‌ها را ارائه می‌دهد. یک بازی معمولی که در تئوری بازی‌ها تعریف شده است، دو یا چند بازیکن دارد؛ مجموعه‌ای از استراتژی‌های در دسترس این بازیکنان و مجموعه‌ای از ارزش‌های متناظر (که گاهی اوقات به آن ارزش‌های مفید نیز گفته

می‌شود) برای هر بازیکن (که در مورد بازی‌های دو نفره چنین است و اغلب به‌عنوان یک ماتریس ارائه می‌شود)، استفاده می‌گردد (Barough; .et.al .1586–1593).

۳- استراتژی‌های خالص در مقابل استراتژی‌های ترکیبی

یک استراتژی خالص در یک بازی، تعریف کاملی از نحوه انجام یک بازی توسط یک بازیکن ارائه می‌دهد. استراتژی یک بازیکن، مجموعه‌ای از استراتژی‌های خالص است که در دسترس آن بازیکن قرار گرفته است (Polak, 2007:45-47). استراتژی مختلط ترکیبی از استراتژی‌های خالص است که در آن احتمال خاصی وجود دارد و هر کدام از آن‌ها استراتژی‌های ناب را به همراه دارد. از آنجایی که احتمالات پیوسته هستند، بی‌نهایت استراتژی‌های ترکیبی برای یک بازیکن وجود دارد. یک استراتژی کاملاً مختلط، یک استراتژی ترکیبی است که در آن بازیکن یک احتمال کاملاً مثبت را برای هر استراتژی خالص تعیین می‌کند؛ بنابراین هر استراتژی خالص درواقع یک مورد منحط از یک استراتژی مختلط است که در آن استراتژی خاص با احتمال یک انتخاب می‌شود و هر استراتژی دیگر با احتمال صفر انتخاب خواهد شد.

۴- تعادل نش

در تئوری بازی‌ها، تعادل نش (به‌نام جان فوربز نش[1] که آن‌را پیشنهاد کرد) راه‌حلی از تئوری بازی است که شامل دو یا چند بازیکن است که در آن، فرض بر آگاهی هر بازیکن به استراتژی تعادل بازیکنان دیگر است. اگر هر بازیکنی استراتژی را انتخاب کند، هیچ بازیکنی نمی‌تواند با تغییر استراتژی خود درحالی که نفع بازیکن دیگر را بدون تغییر نگه داشته باشد، عمل کند؛ سپس مجموعه انتخاب‌های استراتژی فعلی و بهره‌مندی مربوطه، تعادل نش را تشکیل می‌دهد. به بیان ساده، سازمان ۱ و ۲ در تعادل نش است اگر سازمان ۱ در حال انجام بهترین تصمیم‌گیری باشد که او می‌تواند با توجه به تصمیم‌گیری سازمان ۲ داشته باشد و هم‌چنین سازمان ۲، بهترین تصمیمی را بگیرد که می‌تواند با توجه به تصمیم‌گیری سازمان ۱ داشته باشد. به همین ترتیب یک گروه از بازیکنان در تعادل نش خواهند بود، اگر هر یک در حال انجام بهترین تصمیم‌گیری باشند که آن‌ها می‌توانند با توجه به تصمیمات دیگران داشته باشند. با این حال، تعادلی که نش است لزوماً به‌معنای

1. Nash

بهترین بهره‌وری کل برای همه بازیکنان مربوطه نمی‌باشد. در بسیاری از موارد ممکن است تمام بازیکنان بهره‌وری خود را بهبود بخشند درصورتی که بتوانند به توافق بر روی استراتژی‌های مختلف از تعادل نش برسند. جنبه مهم تعادل نش این است که سود هر بازیکن، نه‌تنها به استراتژی برگزیده خود بلکه به استراتژی برگزیده دیگر بازیکنان نیز ارتباط دارد. مفهوم تعادل نش برای تجزیه و تحلیل نتایج اثر متقابل استراتژیک چندین تصمیم‌گیرنده استفاده شده است؛ به‌عبارت دیگر، این راهی برای پیش‌بینی این است که اگر چند نفر یا چندین مؤسسه که در تصمیم‌گیری‌ها هم‌زمان هستند، پیامدهای‌شان وابسته به تصمیم‌های دیگران باشد، چه نتایجی خواهند داشت. نگرش ساده و ایده اساسی جان نش این است که اگر ما تصمیم‌های تصمیم‌گیرندگان مختلف را به‌صورت جداگانه تحلیل کنیم، درنتیجه نمی‌توانیم نتیجه انتخاب‌های آنان را پیش‌بینی کنیم. در عوض، ما باید بپرسیم آنچه که هر کدام از بازیکنان انجام می‌دهند، با درنظرگرفتن تصمیم‌گیری‌های دیگران است. تعادل نش برای تجزیه و تحلیل شرایط جنگ و مسابقه تسلیحاتی به‌کار گرفته شده است.

۵- بازی‌های معمولی و بازی‌های با فرم گسترده

در یک بازی معمولی، تنها یک دور تصمیم‌گیری اتفاق می‌افتد؛ جایی که همه بازیکنان به‌طور همزمان تصمیم می‌گیرند یک بازی با فرم گسترده را انجام دهند. از طرف دیگر، یک بازی تکراری است که در آن چندین دور تصمیم‌گیری وجود داشته باشد. در هر دور، بازیکنان می‌توانستند به‌طور همزمان یا به‌ترتیب ازپیش تعیین‌شده تصمیم بگیرند. یک بازی با فرم گسترده اغلب با یک درخت بازی نشان داده می‌شود؛ جایی که هر گره (به‌جز گره‌های پایانه) یک نقطه تصمیم‌گیری است و هر پیوند مربوط به یک تصمیم یا مجموعه‌ای از تصمیمات است که می‌تواند توسط بازیکن انتخاب گردد (Kasthurirathna, et.al , 2014: 12-15).

۶- بازی‌های غیرهمکارانه و بازی‌های مشارکتی

به‌طور معمول، بازی‌ها برای منافع شخصی بازیکنان انجام می‌گردد و حتی زمانی که بازیکنان با هم همکاری می‌کنند، به این دلیل است که همکاری بهترین استراتژی تحت شرایط، برای به‌حداکثر رساندن سود فردی بازیکنان است. در چنین بازی‌هایی، رفتار مشارکتی درصورت بروز،

ناشی از اهداف خودخواهانه و گذرا است. این بازی‌ها را می‌توان «بازی‌های غیرهمکارانه» نامید. گاهی اوقات به این بازی‌ها به‌طور نادرست «بازی‌های رقابتی» می‌گویند. نظریه بازی‌های غیرهمکارانه، شاخه‌ای از نظریه بازی‌ها است که به تحلیل این‌گونه بازی‌ها می‌پردازد. از سوی دیگر، در یک بازی تعاونی که گاهی اوقات بازی ائتلافی نیز نامیده می‌شود، بازیکنان ائتلاف‌ها یا گروه‌هایی را تشکیل می‌دهند و رقابت بین این ائتلاف‌ها وجود دارد. بازی‌های تعاونی با استفاده از تئوری بازی‌های تعاونی تحلیل می‌شوند که پیش‌بینی می‌کند کدام ائتلاف‌ها تشکیل خواهند شد. تئوری بازی‌های تعاونی بر تقسیم سود یا مازاد در میان ائتلاف تمرکز دارد که در آن، ائتلاف به‌واسطه تشکیل ائتلاف، مقدار مشخصی از بازده را تضمین می‌کند. اغلب، نتیجه یک بازی مشارکتی که در یک سیستم انجام می‌شود، معادل نتیجه یک فرآیند بهینه‌سازی محدود است (Ritzberger, 2002:29-32). و به همین ترتیب، برخی از مقالاتی که بررسی می‌کنیم از یک چارچوب برنامه ریزی خطی برای حل بازی‌های مشارکتی که مدل شده‌اند استفاده می‌کنند.

۷- بازی‌های حاصل جمع صفر

بازی‌های حاصل جمع صفر، دسته‌ای از بازی‌های رقابتی هستند که مجموع بازده همه بازیکنان صفر است. در این بازی دو بازیکن، نشان می‌دهند که ضرر یک بازیکن برابر است با سود بازیکن دیگر بنابراین، یک بازی مجموع صفر دونفره را می‌توان با یک ماتریس نشان داد. بازی‌های حاصل جمع صفر را می‌توان با قضیه حداکثر بیان کرد که در یک بازی با مجموع صفر، مجموعه‌ای از استراتژی‌ها وجود دارد که حداکثر ضرر هر بازیکن را به حداقل می‌رساند. می‌توان ادعا کرد که بازار سهام یک بازی حاصل جمع صفر است. در مقابل، بیشتر معاملات اقتصادی معتبر غیرصفر هستند؛ زیرا هریک از طرفین درنظر می‌گیرند که آنچه دریافت می‌کند (برای خودش) ارزشمندتر از چیزی است که با آن تقسیم می‌کند.

۸- بازی‌های اطلاعاتی کامل در مقابل ناقص

در یک بازی اطلاعات کامل، هر بازیکن از تاریخچه کامل اقدامات قبلی سایر بازیکنان و هم‌چنین وضعیت اولیه بازی آگاه است. در بازی‌های اطلاعاتی ناقص، برخی یا همه بازیکنان به کل اطلاعات مربوط به اقدامات قبلی بازیکنان دیگر دسترسی ندارند.

۹- بازی‌های هم‌زمان و بازی‌های متوالی

یک بازی هم‌زمان یا یک بازی معمولی، یک بازی با فرم گسترده است که در هر تکرار، همه بازیکنان به‌طور هم‌زمان تصمیم می‌گیرند بنابراین، هر بازیکن مجبور است بدون اطلاع از تصمیمات سایر بازیکنان (در مورد آن تکرار) تصمیم بگیرد. برعکس، یک بازی متوالی یک نوع بازی با فرم گسترده است که در آن بازیکنان تصمیمات خود را (استراتژی‌های خود را) انتخاب می‌کنند، به این ترتیب ازپیش تعریف‌شده است. برای مثال، درصورتی که یک طرف همیشه از امتیاز ارائه اولین پیشنهاد برخوردار باشد و طرفین دیگر، پیشنهاد یا پیشنهادات متقابل خود را پس از آن ارائه دهند، می‌توان یک فرآیند مذاکره را به‌عنوان یک بازی متوالی مدل‌سازی کرد. در یک بازی متوالی، حداقل برخی از بازیکنان می‌توانند، برخی از اعمال بازیکنان دیگر را قبل از تصمیم‌گیری خود مشاهده کنند (در غیر این صورت، بازی به یک بازی هم‌زمان تبدیل می‌شود؛ حتی اگر حرکات بازیکنان به‌طور هم‌زمان انجام نشود). با این حال، الزامی نیست که هر حرکت بازیکن قبلی، برای یک بازیکن خاص قابل مشاهده باشد. اگر یک بازیکن بتواند هر حرکت بازیکن قبلی را مشاهده کند، چنین بازی متوالی «اطلاعات کامل» است و در غیر این صورت، بازی به داشتن «اطلاعات ناقص» معروف است (Hart, 2012:65-89). بازی‌های متوالی اغلب توسط مقالاتی استفاده می‌شود که ما در اینجا مرور می‌کنیم.

۱۰- بازی‌های دیفرانسیل

بازی‌های دیفرانسیل اغلب بازی‌های گسترده هستند؛ اما به‌جای داشتن نقاط تصمیم گسسته، در یک بازه زمانی پیوسته مدل‌سازی می‌شوند. در چنین بازی‌هایی، متغیر هر حالت به‌طور پیوسته در طول زمان مطابق با یک معادله دیفرانسیل تکامل می‌یابد. چنین بازی‌هایی برای مدل‌سازی سناریوهای دفاعی که به‌سرعت در حال تکامل هستند، استفاده می‌گردد که در آن، هر بازیکن درگیر بهینه‌سازی خودخواهانه برخی از پارامترهای خود است. به‌عنوان مثال، در مشکلات ردیابی موشک، تعقیب‌کننده و هدف هر دو سعی می‌کنند فاصله بین همدیگر را تنظیم کنند، درحالی که تعقیب‌کننده دائماً سعی می‌کند این فاصله را به حداقل برساند و هدف دائماً سعی می‌کند آن‌را افزایش دهد. در چنین سناریویی، دوره‌های تکراری تصمیم‌گیری برای مدل‌کردن حرکات و

محاسبات پیوسته هر بازیکن بسیار گسسته است (Kamien.et.al, 2012:75). بازی‌های دیفرانسیل برای مدل‌سازی چنین سناریوهایی ایده‌آل هستند.

۱۱- بازی‌های استکلبرگ

استکلبرگ[1] نوع خاصی از بازی‌های متوالی دونفره است که معمولاً در اقتصاد استفاده می‌شود. در این بازی یک رهبر و یک پیرو وجود دارد که معمولاً شرکت‌هایی هستند که در یک بازار فعالیت می‌کنند. شرکت رهبر نوعی مزیت در بازار دارد که به او امکان می‌دهد ابتدا حرکت کند و اولین تصمیم را بگیرد و تصمیم بهینه پیروان، به تصمیم رهبر بستگی دارد. اگر یک پیرو با توجه به عملکرد رهبر، اقدامی غیربهینه را انتخاب کند، نه‌تنها بر سود پیرو، بلکه بر بازده رهبر نیز تأثیر منفی خواهد گذاشت بنابراین، تصمیم بهینه رهبر با این فرض گرفته می‌شود که پیرو قادر به دیدن عملکرد رهبر باشد و با توجه به عملکرد رهبر، بازده خود را به حداکثر برساند (Stackelberg; 2010, 26-42). چندین مقاله که در زیر مرور می‌کنیم از بازی‌های استکلبرگ در مدل‌سازی سناریوهای مدیریت پروژه استفاده کرده‌اند. بازی‌های استکلبرگ ممکن است به کاربردهای دفاعی که رهبران و پیروانی وجود دارند، مرتبط باشند

۱۲- بازی‌های مورد علاقه مشترک

بازی‌های با علاقه مشترک، دسته دیگری از بازی‌های غیرهمکاری هستند که در آن یک نمایه اکشن وجود دارد که همه بازیکنان، به‌شدت آن‌را بر تمام پروفایل‌های دیگر ترجیح می‌دهند. به‌عبارت دیگر، در بازی‌های با علاقه مشترک، علایق بازیکنان کاملاً هم‌سو هستند و می‌توان ادعا کرد که بازی‌های با علاقه مشترک، نقطه مقابل بازی‌های حاصل جمع صفر هستند که در آن منافع بازیکنان کاملاً در تضاد است، به‌طوری که هرگونه افزایش در ثروت برای یک بازیکن لزوماً باید منجر به کاهش جمعی در ثروت برای دیگران شود. بازی‌های منافع مشترک ابتدا در چارچوب سیاست جنگ سرد برای درک و تجویز استراتژی‌هایی برای مدیریت روابط بین‌الملل مورد مطالعه قرار گرفتند. منطقی است که بازی‌های غیرهمکارانه را به بازی‌های با منافع مشترک و بازی‌های غیرمعمول طبقه‌بندی کنیم؛ درست به همان اندازه که منطقی است آن‌ها را به بازی‌های حاصل

1. Stackelberg

جمع صفر و بازی‌های مجموع غیرصفر هم طبقه‌بندی کنیم؛ زیرا این دو مفهوم (مجموع صفربازی‌ها و بازی‌های با علاقه مشترک) موارد شدید بازی‌های غیرهمکارانه را نشان می‌دهند. با این حال، مقالاتی که ما بررسی می‌کنیم از بازی‌های مورد علاقه مشترک برای مدل‌سازی استفاده نمی‌کنند. درواقع به‌ندرت می‌توان سناریوهایی را در مدیریت پروژه یافت که در آن منافع بازیکنان، کاملاً هم‌سو باشد بنابراین، ما از طبقه‌بندی مبتنی‌بر بازی‌های مورد علاقه در فرآیند طبقه‌بندی خود استفاده نمی‌کنیم؛ زیرا این امر ابعاد دیگری را اضافه می‌کند و پیچیدگی طبقه‌بندی را بیهوده افزایش می‌دهد (Calcagno, 2014: 419–430).

۱۳- چانه‌زنی نش

در یک بازی چانه‌زنی نش که گاهی به‌عنوان یک مشکل چانه‌زنی یا بازی چانه‌زنی از آن یاد می‌شود، دو بازیکن می‌توانند از میان مجموعه‌ای از گزینه‌ها به‌طور یکسان انتخاب کنند، با این حال هر گزینه بازده‌های متفاوتی برای بازیکنان دارد. به‌طور معمول، برخی از گزینه‌ها سود بهتری برای یک بازیکن دارند، درحالی که سایر گزینه‌ها بازده بهتری برای بازیکن دیگر دارند. اگر هر دو بازیکن گزینه مشابهی را انتخاب کنند، هر کدام بازدهی مربوط به آن جایگزین را دریافت می‌کنند. اگر آن‌ها گزینه‌های متفاوتی را انتخاب کنند، هیچ توافقی وجود ندارد و هر کدام یک بازده ثابتی دریافت می‌کنند که مطابق با هزینه عدم توافق است بنابراین، معمولاً منفی است. لذا انگیزه‌ای برای انتخاب یک جایگزین وجود دارد که ممکن است لزوماً برای یک بازیکن بهترین نباشد. اگر اطلاعات کاملی وجود داشته باشد، یعنی اینکه مجموعه کاملی از گزینه‌ها و سنجه‌ها برای هر دو بازیکن شناخته‌شده باشد (Nash, 1950: 156–162).

۱۴- بازی‌های سیگنالینگ

یک بازی سیگنالینگ یک بازی اطلاعات ناقص است که در آن یک بازیکن اطلاعات کاملی دارد و دیگری ندارد. پخش‌کننده با اطلاعات کامل (فرستنده S) پیام‌ها را به پخش‌کننده دیگر (گیرنده R) ارسال می‌کند. بازیکن دیگر، پس از رمزگشایی اطلاعات پنهان در پیام‌ها، سیگنال‌های لازم را اخذ می‌کند. فرستنده S چندین پتانسیل دارد که نوع دقیق آن، T، در بازی برای گیرنده ناشناخته است. T سود را تعیین می‌کند. R فقط یک مدل دارد و سود را برای هر دو

بازیکن مشخص می‌کند. بازی به مرحله ارسال هر از سیگنال‌ها خواهد رسید. S یکی از آن‌ها را ارسال خواهد کرد و R آن پیام را دریافت می‌کند و با رمز گشایی، آن سیگنال را پاسخ می‌دهد (Cho.et.al, 1987: 47-64). اکنون مقالات موجود را که به کاربردهای نظریه بازی در علم و فناوری دفاعی می‌پردازد، مرور می‌کنیم.

۱۵- استفاده از نظریه بازی‌ها در کاربردهای علوم و فناوری دفاعی

همان‌طورکه قبلاً ذکر شد، پارامترهای اولیه که بر ماتریس در سناریوهای دفاعی مدل‌سازی بازی‌ها تأثیر می‌گذارند، ارزش اهداف، ارزش منابع و اولویت اهداف است. به غیر از این، بازی‌های مورداستفاده در برنامه‌های دفاعی می‌توانند بسیار متفاوت باشند. با این حال، نوع بازی‌های مورداستفاده، نحوه ساختاربندی توابع، استراتژی‌ها و تعادل‌های موجود و غیره را برای هر مقاله با جزئیات تجزیه و تحلیل می‌کنیم.

۱۶- مقالات مربوط به جنگ زمینی

در کاربردهای تئوری بازی‌های مربوط به جنگ زمینی، بیشتر مطالعات درخصوص جنگ تدافعی متمرکز است که به موجب آن نیروی زمینی تصمیم‌گیری می‌کند که چگونه دفاع زمینی خود را به بهترین شکل برای تهدیدهای متعدد تخصیص دهد. برخی از مطالعات هم‌چنین بر درگیری‌های مرز دو کشور تمرکز می‌کنند و تجزیه و تحلیل نظریه بازی‌ها را در گذشته ارائه می‌کنند و نشان می‌دهند که چگونه برخی از تصمیمات اتخاذشده از روی شهود در درگیری‌های تاریخی، توجیه منطقی و ریاضی دارند. جنگ زمینی می‌تواند منجر به تلفات بسیار سنگین شود بنابراین، درک چگونگی به حداقل‌رساندن تلفات انسانی یک جزء کلیدی (اگرچه نه‌تنها هدف) جنگ زمینی است. اغلب، اولویت‌دادن به منابع نظامی نیز برای موفقیت اساسی است و در تصمیمات استراتژیک نقش برجسته‌ای دارد. علاوه‌بر این، اغلب در سناریوهای مربوط به جنگ زمینی، ارزیابی دانش درمورد مخالفان مهم است. تاکتیک‌های احتمالی آن‌ها در زمین، ممکن است برای مبارزه با نیروهای هوابردی که در مکان‌های خاصی وارد شده‌اند، استفاده گردیده است. بیر و همکاران (Bier.et.al,2007: 563-587) یک بازی طراحی کرده‌اند تا به بهترین وجه منابع دفاعی را به مجموعه‌ای از مکان‌ها یا منابعی که باید محافظت شوند، اختصاص دهند؛

سپس مهاجم باید تصمیم بگیرد که چگونه نیروهای خود را برای حمله به اهداف مختلف تقسیم کند. این بازی به‌عنوان یک بازی دونفره با فرم معمولی مدل‌سازی شده است. سود در این بازی مطلق است و حمله به یک مکان خواهد بود که احتمال موفقیت یا شکست دارد؛ جایی که مهاجم سود می‌برد و مدافع بازنده است. ازآنجایی که دستورات حمله قبل از حمله تأیید می‌شود، مهاجمان باید از مجموعه‌ای از استراتژی‌های خالص استفاده کنند. بازی را می‌توان هم به‌صورت هم‌زمان و هم به‌صورت متوالی انجام داد؛ یعنی بسته به اینکه مهاجم بداند مدافع قبل از تصمیم‌گیری چگونه منابع خود را تخصیص داده است یا نه، بازی را می‌توان انجام داد. این منجر به استراتژی ایده آل می‌شود که برخی از اهداف را بدون دفاع رها کنید و دفاع را در مناطق کلیدی متمرکز کنید و برخی از مناطق را آسیب‌پذیر کنید. مطالعات متعددی وجود دارد که با استفاده از یک منشور نظریه بازی، درگیری‌های تاریخی که عمدتاً در زمین رخ داده است را مورد تجزیه و تحلیل قرار دهند. برای مثال، جنگی که در کشور چین اتفاق افتاده را توسط تئوری بازی‌ها مدل و با استفاده از بازی‌های سیگنالینگ الگوبرداری کرده‌اند. رهبران نظامی با ارتش‌های قدرتمند با تعداد و قدرت بسیار بیشتر از ارتش خود روبرو می‌شوند؛ اما به‌جای عقب‌نشینی، خود را برای درگیری آماده می‌کنند و طوری رفتار می‌کنند که گویی برای یک کمین آماده می‌شوند. مخالفان آن‌ها که اطلاعات ناقصی دارند، تنها پیام‌هایی دارند که می‌توانند از اقدامات مخالفان خود استنباط کنند. ارتش مقابل که از اعتمادبه‌نفس و شهرتی که ژنرال آن‌ها دارد ترسیده‌اند، اگرچه درواقع قدرت برتری دارند؛ اما تصمیم می‌گیرند که درگیر نشوند. هر دو ژنرال ازطریق یک بلوف شجاعانه و مبتکرانه، با ایستادگی در موضع خود به یک راه‌حل تعادلی به نفع خود دست می‌یابند. آن‌ها این کار را با ایجاد فریب بدون ارتباط مستقیم انجام می‌دهند. اولین بازی توصیف‌شده توسط کاتن و لیو (Cotton .et.al, 2011: 217–223) ، بازی «۱۰۰ اسب سوار» است. آن‌ها قطعه‌ای از تاریخ را توصیف می‌کنند که در آن، صد سوار که به‌تنهایی سفر می‌کنند با یک نیروی بزرگ ارتش روبرو می‌شوند که تعداد آن‌ها به هزاران می‌رسد. آن‌ها دو استراتژی خواهند داشت؛ یا عقب‌نشینی یا درگیرشدن. اگر عقب‌نشینی کنند و دشمن درگیر شود، به احتمال بسیار زیاد شکست خواهند خورد و اگر درگیر شوند و دشمن نیز درگیر شود، در جنگ از بین می‌روند. بهترین نتیجه برای آن‌ها این است که به نحوی مجبور به عقب‌نشینی دشمن شوند. اگر سواران با

لشکری بیشتر حرکت کنند، آن‌ها می‌بینند که سوارکاران برای درگیرشدن حرکت خواهند کرد و تصمیم می‌گیرند که ریسک نکنند و عقب‌نشینی کنند. این وضعیت به یک بازی دونفره با دو استراتژی تبدیل شده است. بازی دوم بسیار شبیه به بازی اول است. در این بازی، یک شهر کوچک توسط ژنرالی باهوش محافظت می‌شود. او متوجه می‌شود که یک ارتش متخاصم بزرگ در حال نزدیک‌شدن به شهر است. او با دو گزینه مواجه است؛ می‌توانست عقب‌نشینی کند و ارتش متخاصم او را تعقیب کند یا می‌توانست بماند و از شهر دفاع کند. اگر او دومی را انتخاب می‌کرد و ارتش درگیر می‌شد، احتمالاً ارتش و شهر خود را از دست می‌داد. در مواجهه با این معضل، او به افراد خود دستور می‌دهد که از چشم پنهان شوند تا شهر از بیرون خالی به‌نظر برسد. او به بالای برج اصلی شهر می‌رود و موسیقی می‌نوازد. ژنرال مخالف که از تجربه و مهارت ژنرال باخبر بود، مشکوک شد که ژنرال این موقعیت غیرقابل انتظار را در برج شهر به‌وجود آورده تا ارتش او را در کمین خود قرار دهد و برای جلوگیری از کمین، می‌بایست ارتش خود را از شهر دور کند. ژنرال عملاً دو سیگنال را به اینجا ارسال کرد. اولین مورد شهرت او بود؛ سیگنالی که قدرت استراتژیک و نظامی او را دربر می‌گرفت و دومی انتخاب او برای ماندن و دفاع از شهر بود. با این دو اطلاعات و هیچ چیز دیگری در مورد مکان یا وسعت ارتش، ژنرال ارتش مقابل گزینه امن صفر ضرر را انتخاب می‌کند و می‌رود. این قطعه از تاریخ به‌عنوان یک بازی سیگنالینگ دونفره مدل‌سازی شده است.

مقاله بعدی که بررسی می‌کنیم، گریس و همکاران (Gries,et.al: 2016) است که یک تحقیق جامع در مورد کاربرد اصول تئوری بازی در جنگ چریکی است. عوامل مهمی که آن‌ها مدل می‌کنند عبارت‌اند از شورشیان که اغلب به‌طور تصادفی حمله و تهدیدی مستمر ایجاد می‌کنند. آن‌ها یک استراتژی جهت شناسایی مستمر از محل درگیری دارند. مدت زمان جنگ هم مهم است که باید درنظر گرفته شود و نیز ارزشی که به اهداف و دارایی‌ها اختصاص می‌دهند. موقعیت‌های زمانی و مکانی نقش مهمی در تعیین اولویت‌ها دارند که به‌نوبه خود موفقیت یا شکست را به‌دنبال خواهد داشت. مدل بازی پیشنهادی آن‌ها شامل یک بازی متوالی غیرهمکاری و یک بازی غیرهمکاری همزمان است که در آن، یکی از بازیکنان نیروی چریکی و دیگری دولت می‌باشد. برای این درگیری‌ها، بازی به‌طور خاص به لحظاتی می‌پردازد که هر طرف به‌دنبال تلاش

برای یافتن صلح یا درگیری با طرف دیگری است. در هر یک از این لحظات، نیروی دولتی باید هزینه مالی هر گزینه را درنظر بگیرد؛ به این صورت که شورشیان باید به‌ترتیب اولویت درگیری‌ها و اینکه چه بخشی از نیروی رزمی خود را برای هر درگیری در اختیار خواهند گذاشت، را مدنظر قرار دهند.

کریسنامورتی و همکاران (Krishnamurthy,et.al, 2007: 349–388)، با استفاده از نظریه بازی رفتار دینامیکی، یک شبکه حسگر زمینی را به‌منظور به‌دست‌آوردن اطلاعات در مورد نفوذ نیروهای متخاصم به مرزها را بررسی می‌کند. هر حسگر در این شبکه قادر به دریافت اندازه‌گیری‌ها، با دقت مشخص و شمارش افراد نفوذکننده است. حسگرها با استفاده از باطری قادر خواهند بود اطلاعات محیط پیرامونی را ارسال کنند. اطلاعات این حسگرها به یک هاب محلی برای تجزیه و تحلیل داده‌ها ارسال می‌گردد. در این چارچوب، اگر تعداد اندازه‌گیری‌ها توسط حسگرها بیشتر باشد، منجر به آگاهی بهتر از مسیر نیروها خواهند شد؛ اما این افزایش دقت مشکل دیگری ایجاد خواهد کرد؛ زیرا باعث مصرف بیشتر باتری می‌گردد ازاین‌رو، هدفی که نظریه بازی برای آن اعمال می‌کند، مبادله بهینه آگاهی هدف، انتقال داده و مصرف انرژی با استفاده از یک مقیاس دو زمانه و رویکرد سلسله‌مراتبی است. نویسندگان نشان می‌دهند که مشکل زمان‌بندی فعال‌سازی حسگر و انتقال را می‌توان به دو الگوریتم غیرمتمرکز تجزیه کرد. به‌طور خاص، حسگرها به‌عنوان بازیکنانی در یک بازی غیرهمکاری درنظر گرفته می‌شوند و یک استراتژی یادگیری تطبیقی برای فعال‌کردن حسگرها با توجه به نزدیکی آن‌ها به اهداف موردنظر پیشنهاد شده است. معلوم می‌شود که این، یک راه‌حل تعادل در بازی غیرهمکاری است. در مرحله بعد، مسأله زمان‌بندی انتقال است که در آن، هر حسگر باید در هر لحظه تصمیم بگیرد که آیا داده‌ها را منتقل کند و انرژی باتری را هدر دهد یا صبر کند و تأخیر را افزایش دهد. فرآیند تصمیم‌گیری مارکوف با هزینه پایانه جریمه فرموله می‌شود. نتیجه اصلی این فرمول، نشان‌دهنده این است که خط‌مشی انتقال بهینه، ساختار آستانه‌ای دارد که با استفاده از مفهوم ابر مدولاریته اثبات می‌شود.

۱۷- مقالات مربوط به جنگ دریایی

ماسکری و همکاران (Maskery,et.al, 2007: 843–863) مشکل استقرار اقدامات متقابل علیه موشک‌های ضدکشتی را با استفاده از چارچوب عملیات شبکه فعال که در آن دیگر کشتی‌ها جهت دفاع در برابر تهدید موشکی می‌بایست با هم ارتباط برقرار کنند، مورد مطالعه قرار می‌دهند. در اینجا، تهدیدات موشکی به‌عنوان یک فرآیند مارکوف گسسته مدل‌سازی می‌شوند و در موقعیت‌های تصادفی در یک فضای فیزیکی ثابت ظاهر می‌شوند و به‌سمت کشتی‌ها حرکت می‌کنند. این موضوع از برخی قوانین دینامیک هدف و هدایت موشک‌ها پیروی می‌کنند. کشتی‌هایی که مجهز به اقدامات متقابل مانند فریب‌ها و سیگنال‌های پارازیت الکترومغناطیسی هستند، به‌عنوان بازیکنان یک بازی تصادفی گذرا مدل‌سازی می‌شوند که در آن اقدامات هر بازیکن شامل استفاده از به حداکثررساندن ایمنی خود حین همکاری است. با دیگر بازیکنانی که اساساً هدف‌شان دست‌یابی به همان هدف است، استراتژی بهینه‌ای دارند که در نظریه بازی به آن استراتژی تعادل هم‌بسته گفته می‌شود که ازطریق یک مسأله بهینه‌سازی با محدودیت‌های دوخطی به‌دست می‌آید. این مقاله کاربرد روش‌های نظریه بازی را در تحلیل استراتژی‌های بهینه در سیستم‌های فعال شبکه که در جنگ مدرن حیاتی هستند، برجسته می‌کند.

ماسکری و همکاران مشکل حفاظت از نیروی شبکه محور یک گروه کاری در برابر موشک‌های ضدکشتی را درنظرگرفتند. تصمیم‌گیرندگان در این مدل، کشتی‌هایی میباشند که مجهز به سلاح‌های کشنده سخت هستند که این کشتی‌ها به‌عنوان یک محیط تئوری بازی درنظر گرفته شده‌اند. آنچه که از مدل‌سازی منتج می‌گردد، نحوه استقرار کشتی‌های حامل موشک‌ها و نحوه استقرار کشتی حامل سیستم پارازیت می‌باشد. در شرایط ارتباط سیگنالی با همدیگر چه مواردی را باید رعایت کنند و در مواردی که سیگنال بین کشتی‌ها قطع می‌شود چگونه خود را در برابر موشک‌ها محافظت نمایند. این فرمول منجربه تفسیری از مسأله به‌عنوان کوتاه‌ترین بازی تصادفی خواهد شد که راه‌حل‌های تعادل نش برای آن وجود دارد.

باخمن و همکاران (Bachmann,et.al, 2011: 1081–1100) تعامل بین رادار و پارازیت‌کننده را با استفاده از یک بازی غیرهمکار با مجموع صفر تجزیه و تحلیل کرده‌اند. در رویکرد آن‌ها، رادار و پارازیت «بازیکنان» درنظر گرفته می‌شوند. رادار سعی می‌کند احتمال

شناسایی هدف را درحالی که مختل‌کننده روشن است، به حداکثر برساند و سیستم الکترونیکی که تلاش می‌کند تا تشخیص توسط رادار را در محیطی کـه پارازیـت دارد، بـه حـداکثر برسـاند. ایـن فرمول‌بندی نظریه بازی با بهینه‌سازی این توابع سودمند با توجـه بـه محـدودیت‌هـای موجـود حـل گردید. متغیرهای کنترلی (استراتژی‌ها) که برای پارازیت‌کننـده بـه‌دسـت آمـد عبارتنـد از قـدرت پارازیت و وسعت فضایی پارازیت، درحالی که برای رادار، اسـتراتژی‌هـای موجـود شـامل پـارامتر آستانه و اندازه پنجره سیگنالی مرجع اسـت. بـازی‌هـایی بـا فـرم مـاتریس بـه‌دسـت‌آمـد کـه بـرای استراتژی‌های بهینه رادار و پارازیت ارائه و حل شده‌اند. آن‌ها شرایطی را شناسایی و فرموله کردند که تحت آن، رادار و پارازیت بتوانند در دست‌یابی به اهداف موثر واقع شوند.

۱۸- مقالات مربوط به جنگ هوایی

در مقاله بیراوند و همکاران (۱۴۰۰ :۳۲-۱۶)، یک بازی دیفرانسـیلی دفـاع فعـال بررسـی شـده است. در بازی موردبحث، هواپیمـای هـدف و موشـک مـدافع، یـک گـروه تشـکیل داده و بـرای شکست موشک مهاجم، هم‌یاری می‌کنند. فرض‌شده هواپیما سرعت کمتری نسبت به مهاجم دارد. هواپیما با کمک موشک مدافع که شعاع انهدام مناسبی دارد، در تلاش است بر مهاجم پیروز شود. هواپیما و مدافع به‌گونه‌ای همکاری می‌کنند که مدافع بتوانـد قبـل از نابودشـدن هواپیمـا بـه‌وسـیله مهاجم، مهاجم را نابود کند. تابع هزینه برابر با فاصله هواپیما و مهاجم در زمـان نهـایی (زمـانی کـه مهاجم به‌وسیله مدافع نابود می‌شود) تعریف شده است. گروه هواپیما و مدافع می‌خواهند تابع هزینه را بیشـینه کننـد و مهـاجم در تـلاش اسـت ایـن تـابع را کمینـه کنـد. ایـن مقالـه بـا درنظرگـرفتن محدودیت‌هایی بر روی هواپیما، نتایج موجود را تعمیم می‌دهد. درگیریِ بین سه بازیکن هواپیمای هدف (T)، موشک مهاجم (A) و موشک مدافع (Z) بررسـی گردیـد. در ایـن سـناریو هواپیمـای هدف که معمولاً یک هواپیمای بدون سرنشین با ارزش بالا است، به‌وسـیله یـک موشـک مهـاجم تهدید می‌شود. هواپیما در تلاش برای فرار از مهاجم، با موشک مدافع همکاری مـی‌کنـد. در ایـن سناریو تأثیر وجود محدودیت‌ها در انتخاب مانورهای فرار برای هواپیما، بررسی شـد. بـا توجـه بـه نوع محدودیت راهبرد بهینه برای هر سه بازیکن مشخص شد. هم‌چنین مشخص شد در چه حالاتی هواپیما قادر به فرار از مهاجم است و در چه حالاتی مهاجم می‌تواند هواپیما را نابود کند.

گارسیا و همکاران (Garcia, et.al, 2019: 319–324) مشکل دفاع از خط ساحلی دریایی در برابر دو هواپیمای دشمن را بررسی کردند که هدف اصلی آن‌ها، حمله به قلمرو تحت کنترل هواپیمای مدافع است. ازطرف دیگر مدافع با تلاش برای رهگیری متوالی هر دو هواپیمای دشمن تا جایی که ممکن است از مرز تلاش می‌کند از این حمله جلوگیری کند. این یک سناریوی معمولی تعقیب و گریز است و نماینده بسیاری از مشکلات مهم در رباتیک، کنترل و دفاع است. در این مقاله، گارسیا و همکاران، این مشکل را به‌عنوان یک بازی دیفرانسیل با مجموع صفر فرموله کرده‌اند، جایی که مدافع (تعقیب‌کننده) سعی می‌کند دو مهاجم را فراری دهد تا آنجا که ممکن است از خط ساحلی هواپیماهای دشمن فرار کنند، درحالی که مهاجمان با هم همکاری می‌کنند و فاصله ترکیبی خود را از مرز قبل از حمله به حداقل می‌رسانند. سپس با حل مجموعه‌ای از معادلات غیرخطی، استراتژی‌های بهینه برای مهاجمان و مدافعان را در این بازی تعقیب و گریز دو مهاجم و تک‌مدافع پیدا می‌کنند. استراتژی همکاری که در این مقاله مورد بحث قرار گرفته است، یک رویکرد هماهنگی مهم برای عوامل کمتر توانا در زمانی که مأموریت را انجام می‌دهند، فراهم می‌کند.

اسپینار و همکاران (spınar, et.al, 2020: 853–863) بر مدل‌سازی نبرد هوا به هوا بین دو پرنده هدایت‌پذیر بدون سرنشین با استفاده از کنترل مبتنی‌بر بهینه‌سازی و رویکرد تئوری بازی تمرکز کردند. در این تحقیق، توانایی ارائه یک کنترلر با وجود داشتن دینامیک غیرخطی پیچیده جهت یک پهپاد ازطریق اجتناب از ادغام معادلات دیفرانسیل به‌دست می‌آید. انجام این کار امکان‌پذیر است زیرا از نظریه بازی دیفرانسیل می‌توان با موفقیت برای توصیف حرکات پهپاد در سطوح افقی و عمودی استفاده کرد. به‌طور خاص، حرکت پهپاد برحسب متغیرهای خاص و مشتقات آن‌ها ازطریق منحنی‌های پارامتری بیان می‌شود. سپس، هرگونه برنامه‌ریزی مسیر، برای حرکت از یک نقطه به نقطه دیگر را می‌توان با تعیین منحنی‌هایی که شرایط تعریف شده در فضای خروجی مسطح را برآورده می‌کنند، حل نمود. همه متغیرهای درگیر برای توصیف منحنی را می‌توان به حالت اولیه در فضای ورودی بازگرداند. تأثیر افزایش سرعت در حل بهینه‌سازی مسیر ازطریق کاهش تعداد متغیرها موردنیاز است. سپس تئوری بازی مورد استفاده قرار می‌گیرد که در آن نبرد هوایی بین دو پهپاد به‌عنوان یک بازی حاصل جمع صفر با استفاده از رویکرد

حداقلی مدل‌سازی می‌گردند؛ یعنی اینکه زمانی که حریف بهترین استراتژی خود را انجام می‌دهد، هر یک از طرفین تلاش می‌کنند تا بازده خود را به حداکثر برسانند. در اینجا، هدف هر پهپاد این است که مستقیماً پشت سر طرف مقابل و در یک آستانه برد قرار بگیرد تا محدودیت‌های برد مؤثر سلاح را برآورده کند. هر بازیکن سیستم‌های قابل دسترس حریف خود را درنظرمی‌گیرد و از آن برای انتخاب کنترلرهای خود برای به حداکثررساندن سود استفاده می‌کند. این فرآیند در هر مرحله تکرار می‌شود. برای انتخاب اقدامات کنترلی که نویسندگان، استفاده از مجموعه کامل ورودی‌های کنترلی (مثلا چرخش، حفظ هدینگ، حرکت به طرفین در زاویه خاص و شیرجه مارپیچی) را توصیه می‌کنند که درنتیجه، به ایجاد راه‌حل بهینه برای هر بازیکنی منجر می‌شود که استراتژی‌های مربوطه خود را انتخاب می‌کند. دو سناریو شبیه‌سازی ارائه شده است که اولین مورد این است که هیچ یک از پهپادها در موقعیت برتری در هوا نیستند و برای شبیه‌سازی دوم، پهپادها در ابتدا در تعقیب و گریز هستند، مگر اینکه معیارهای درون محدوده تیراندازی را برآورده نکنند. حریف تحت تعقیب مانور می‌دهد تا فرار کند درحالی که تعقیب‌کننده به تعقیب ادامه می‌دهد. در پایان درگیری، معیارهای درون محدوده تیراندازی برآورده می‌شود و هدف مستقیماً در جلو اما در جنبه غیربهینه قرار دارد که منجر به فرار آن می‌شود. این سناریوها برای نشان‌دادن اعتبار استراتژی کنترل توسعه‌یافته استفاده می‌شوند، بنابراین انتخاب خودکار استراتژی جنگی را برای دو هواپیمای بدون سرنشین درگیر در نبرد با یکدیگر فراهم می‌کنند.

۱۹- مقالات مربوط به جنگ سایبری

نظریه بازی مجموعه‌ای غنی از ابزارهای ریاضی را برای مدل‌سازی و تحلیل تعاملات استراتژیک بین مهاجمان و مدافعان در فضای جنگ سایبری فراهم کرده است که می‌توان از آن به‌عنوان یک مبنای تئوریکی پایه‌ای و دقیق در امر تصمیم‌گیری در شرایط پیچیده جنگی برای انتخاب راهبرد بهینه استفاده کرد. فروغی و همکاران (۱۳۹۷: ۳۰-۲۴) با استفاده از نظریه بازی و ساخت یک مدل تحلیلی، فرآیند تصمیم‌گیری در یک درگیری سایبری را مورد بررسی قرارداده‌اند. بازیکن‌ها طرفین درگیری هستند که آسیب‌پذیری‌هایی را درخصوص سامانه‌های یکدیگر شناسایی کرده و قصد دارند در یک موقعیت مناسب از آن برای تهاجم علیه رقیب

استفاده کنند. آن‌ها می‌خواهند بدانند تصمیم عاقلانه برای رسیدن به تخریب بیشتر در جریان این تقابل چیست؟ در مقایسه با کارهای پیشین، مفروضات مسأله به شرایط واقعی نزدیک شده و احتمال تلافی طرف مقابل و احتمال شکست حمله، در تعریف بازی لحاظ شده است. برای نمایش بازی از فرم توسعه‌یافته استفاده شده و تعادل نش برای آن محاسبه گردیده است. با تحلیل نتایج در حالت استراتژی مختلط نشان داده شده که نظریه بازی می‌تواند ضمن برآورد تصمیم طرفین، به هر یک از آن‌ها پیشنهادهایی در مورد انتخاب استراتژی ارائه دهد. یک مسأله مهم در این کار نحوه برآورد متغیرهای احتمالی است. هرچند در اینجا به عوامل مؤثر بر هر یک از این متغیرها اشاره شده است؛ اما در ادامه لازم است تحقیقات بیشتری برای نحوه برآورد توان تهاجم سایبری و سایر متغیرهای احتمالی انجام شود. افراشته و همکاران (۱۳۹۹: ۵۱-۲۶) در مقاله خود، مسأله تخصیص بهینه منابع را که مسأله‌ای حیاتی در جنگ‌های سایبری است، مورد بررسی قرار داده‌اند و با استفاده از نظریه بازی به‌صورت یک مدل بازی استکلبرگ فرمول‌بندی نمودند. با توجه به اینکه در مسائل امنیت سایبری بازیکنان به‌طور کلی قادر به ارزیابی دقیق هزینه‌ها، دستاوردها و صدمات خود و دشمن نیستند، مدل بازی تحت مطالعه در محیط غیرقطعی بررسی شده و با دو رویکرد مدل غیرقطعی با محدودیت درجه باور و مدل غیرقطعی با ارزش در معرض ریسک شرطی، فرمول‌بندی مجدد شده و با رأی آن‌ها روش حل ارائه گردید. هم‌چنین رویکردهای پیشنهادشده در خصوص یک مثال عادی پیاده‌سازی شد. نویسندگان با استفاده از مدل ارائه‌شده توانستند تخصیص بهینه منابع و مقدار خسارت به طرفین را با توجه به استراتژی انتخاب‌شده برآورد نمایند. کیت و همکاران (Keith, et.al, 2021: 95–107) یک مشکل بازی امنیتی دفاعی چنددامنه‌ای سایبری ترکیب‌شده با پدافند هوایی را درنظر گرفتند. دو بازیکن در یک بازی با مجموع صفر با یکدیگر درگیر هستند؛ یک مدافع که یک سیستم دفاع هوایی یکپارچه همراه با حفاظت از امنیت سایبری را نشان می‌دهد و یک مهاجم که می‌تواند تهدیدات هوا به زمین (موشک، بمب) را نیز انجام دهد. با توجه به حملات سایبری علیه یکدیگر، آن‌ها چه خسارت‌هایی را متحمل خواهند شد. درصورت عدم اطلاع از سیستم‌های طرفین بازی ازطریق ارائه اطلاعات ناقص افزایش می‌یابد؛ جایی که مدافع و مهاجم به‌طور کامل از آسیب‌پذیری گره‌ها آگاه نیستند. علاوه‌بر این، مدافع فقط می‌تواند حملات سایبری به گره‌ها را به‌صورت احتمالی حس کند و این عمل بدان معنا است که تخصیص تیم‌های دفاع سایبری، به‌طور خاص فقط ازنظر احتمالی مؤثر است. برای مهاجم، هم‌چنین می‌تواند

اثربخشی حملات سایبری خود را پس از حمله فیزیکی به یک گره تعیین کند. این کار با معرفی دامنه یکپارچه در دوره‌های چندگانه جهت اقدامات کاربردی و هم‌چنین فعال‌کردن استراتژی‌های ترکیبی پیوسته صورت می‌پذیرد. هم‌چنین نویسنده آن‌را اولین اثری می‌داند که مونت کارلو، رویکردهای مبتنی‌بر کمینه‌سازی پشیمانی متضاد را در بازی امنیتی مقایسه نموده است. تعادل نش در قالب یک برنامه خطی برای مدافع تعیین می‌شود سپس، مشکل به‌تدریج گسترش می‌یابد تا به تعداد مراکز بیشتر که تا حد بالایی از آن‌ها دفاع می‌شوند، گسترش می‌یابد. سپس نویسنده، الگوریتم تقریبی کمینه‌سازی را برای کاهش زمان محاسبات و حفظ بهینه‌بودن استراتژی‌ها را تا حد امکان اعمال می‌کند.

۲۰- مقالات مربوط به جنگ فضایی

در حوزه جنگ فضایی، خطرات منابع انسانی بسیار کمتر است و در عوض تمرکز بیشتر بر قدرت شبکه می‌باشد. جنگ در این جنبه با سرعت و ابعاد بسیار فراتر از ظرفیت شناختی انسان عمل خواهد کرد. از آنجایی که سرعت و پیچیدگی تصمیم‌گیری‌ها در درگیری‌ها تقریباً به‌طور قطع از درک پرسنل نظامی فراتر می‌باشد؛ لذا نظریه بازی به‌عنوان بخشی از سیستم نرم‌افزاری جای تصمیم‌گیرندگان را خواهد گرفت و فناوری آینده را برای درنظرگرفتن عوامل انسانی در هنگام انجام محاسبات آغشته می‌کند. با تمرکز بیشتر بر اتصال و شبکه، کلید موفقیت در این زمینه‌ها به کانال‌های ارتباطی مؤثر و یک هدف مشترک به اتفاق آرا در سراسر سیستم متکی است. ژونگ و همکاران (Zhong, et.al, 2018:, 435–449) هدف بلندپروازانه‌ای را برای بهینه‌سازی تخصیص پهنای باند و توان انتقال در یک شبکه ماهواره‌ای تعیین کردند. آن‌ها تحقیقات خود را براساس تئوری بازی‌های چانه‌زنی قرار می‌دهند و باید به مصالحه برسند. محدودیت‌های تداخل، الزامات کیفیت خدمات، شرایط کانال و قابلیت‌های انتقال و دریافت ماهواره‌ها در هر نقطه از شبکه، محدودیت‌های تداخل و محدودیت پهنای باند، مواردی هستند که باید در بازی چانه‌زنی مورد مذاکره قرار گیرند و هر ماهواره از استراتژی‌های مختلفی جهت بهبود سودمندی سهم خواهد برد. مهم‌ترین نکته از این مدل، نگاشت یک مشکل به چارچوب بازی چانه‌زنی مشارکتی است.

۲۱- مقالات مربوط به ردیابی هدف

سان و همکاران (Sun, et.al,2018: 25-51) به موضوع ردیابی یک هدف هوشمند می‌پردازند؛ اما آن‌ها سناریویی را مدل می‌کنند که در آن بازیکن ردیاب در تعقیب هدف و تمرکز بازیکن دیگر بر محافظت از هدف است. علاوه‌بر این، هدف قادر است یک موشک دفاعی به‌سمت مهاجم (ردیاب) شلیک کند. مهاجم می‌تواند هدف و موشک دفاعی را در دید خود داشته باشد. برنامه هدف این است که به ردیاب اجازه دهد به‌آرامی فاصله بین خود و هدف را ببندد و در تمام مدت مانور دهد تا نحوه واکنش مهاجم را توسعه دهد و درک کند. هنگامی که مهاجم نزدیک به برخورد است، موشک دفاعی آزاد می‌شود. سپس هدف و موشک با هم ارتباط برقرار می‌کنند و از دانش الگوهای حرکت مهاجم استفاده می‌کنند و از قانون هدایت خطی بهینه برای ازبین‌بردن مهاجم پیروی می‌کنند. این به‌عنوان یک بازی رقابتی با مجموع صفر بین مهاجم و هدف، مدل‌سازی شده است. این مقاله هم‌چنین بر بازی مشارکتی انجام‌شده بین هدف و موشک دفاعی، که یک بازی مجموع غیر صفر است، تمرکز دارد.

۲۲- طبقه‌بندی مقالات

در بخش قبل، بسیاری از مقالات در بیش از یک دامنه قابل اجرا هستند و از انواع بی‌شماری بازی استفاده می‌کنند و طیف وسیعی از بازیکنان را مدل‌سازی می‌کنند بنابراین، طبقه‌بندی مقالات بررسی‌شده به‌صورت اصولی ضروری است. برای انجام این کار، از طرح طبقه‌بندی استفاده می‌کنیم. به‌طور خاص، مقالات بررسی‌شده را می‌توان براساس دامنه یا نوع جنگ، نوع بازی یا بازی‌های استفاده‌شده در مقاله و ماهیت بازیکنان که مدل‌سازی شده‌اند را در مقاله طبقه‌بندی کرد. دامنه را می‌توان به‌طور کلی به سنتی یا مدرن و به‌طور خاص به جنگ زمینی، جنگ دریایی، جنگ هوایی، جنگ سایبری و جنگ فضایی طبقه‌بندی کرد. نوع بازی‌های مورداستفاده نیز می‌تواند طبقه‌بندی پیچیده‌ای داشته باشد؛ براساس اینکه بازی‌ها غیرهمکاری یا مشارکتی، متوالی یا هم‌زمان، گسسته یا پیوسته و مجموع صفر یا غیرصفر هستند. در نهایت، بازی‌ها می‌توانند بازی‌های دو، سه یا چند نفره باشند.

۲۳- فرصت‌هایی برای تحقیقات بیشتر

مقالات بررسی شده نشان داده‌اند که تئوری بازی‌ها می‌تواند یک چارچوب متحدکننده برای تحلیل رفتارهای تصمیم‌گیری عوامل در زمینه‌های دفاعی ارائه دهند. در این بخش، ما به‌طور خلاصه در مورد طیف وسیعی از سناریوهای دفاعی بالقوه بحث می‌کنیم که در آن‌ها تئوری بازی تاکنون به‌کار گرفته نشده است؛ اما درصورت اعمال در آینده، کمک مفیدی خواهد بود. تحقیقات اخیر آژانس پروژه‌های تحقیقاتی پیشرفته دفاعی (دارپا[1]) در مورد «جنگ موزاییکی[2]» نمونه‌ای از چنین کاربرد بالقوه نظریه بازی در آینده است. این ایده را ژانگ (Zhang, 2013: 1087–1096) در زمینه استفاده از چندین وسیله نقلیه بدون سرنشین و داشتن تعداد زیادی ریزپرنده را پیشنهاد می‌کند. ریزپرنده‌ها در یک شبکه موزاییک به هم متصل شده‌اند، به‌گونه‌ای که اگر چندین واحد آن‌ها از بین بروند، ماهیت کلی شبکه پابرجاست، بسیار شبیه است به اینکه چگونه یک موزاییک تصویر خود را حفظ می‌کند؛ حتی اگر چند کاشی برداشته شود. هدف این است که چنین مجموعه گسترده‌ای از منابع با قابلیت‌های مختلف بتواند دشمن را با تمام پیچیدگی خود تحت تأثیر قرار دهند. از اصول همزمانی حرکت برای پرداختن به سیستم‌های میلیون‌ها حسگر و محرک استفاده می‌کند. این سیستم‌ها به‌نوبه خود باید ارتباطات بین سیستمی را مدیریت کنند. اگر با موفقیت اجرا شود، چنین سیستمی از سیستم‌ها می‌تواند شبکه‌ای قدرتمند از تسلیحات و منابع را در اختیار استراتژیست‌های نظامی قرار دهند که می‌تواند مخالفان را با مقیاس و پیچیدگی پویایی‌شان شکست دهد. ازآنجایی که تعداد زیادی منابع کم‌هزینه وجود دارد که برای رسیدن به بهترین نتیجه نیاز به همکاری دارند، این سناریو را می‌توان به‌عنوان یک بازی مشارکتی چندنفره در یک سطح مدل‌سازی نمود یا می‌توان درحالی که نزاع با حریفان انجام می‌گردد، آن‌را مدل‌سازی کرد. این مدل از بازی را می‌توان به یک بازی غیرهمکاری با بازیکن اشاره کرد که مفهوم جنگ موزاییکی است و آن اساساً شبیه مفهوم کلی‌تر مدل‌سازی مبتنی‌بر عامل است که قبلاً در چندین زمینه مختلف، از طراحی وسیله نقلیه هوافضای بدون سرنشین استفاده گردیده و به‌جای تمرکز بر چند قطعه تسلیحات با ارزش بالا، تمرکز بر مصرف‌پذیری منابع را مجدداً معرفی

1. DARPA
2. Mosaic Warfare

می‌کند. این به نوبه خود انعطاف‌پذیری و سازگاری را در استراتژی ایجاد می‌کند و از روش‌های حمله سنگین و تک‌تمرکز فاصله می‌گیرد. موضوع دیگری که باید در نظریه بازی‌ها بیشتر مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد، مشکلات ردیابی مبتنی‌بر زمین است که مقالات در این زمینه تاکنوناندک بوده است. مشکلات ردیابی زمینی ممکن است هم در برنامه‌های نظامی زمینی (در اینجا به‌عنوان جنگ زمینی طبقه‌بندی‌شده) و هم در برنامه‌های امنیتی داخلی و ضدتروریسم (در اینجا به‌عنوان جنگ داخلی طبقه‌بندی شده است) تقسیم‌بندی نمود که در آن توانایی آژانس‌های امنیتی برای ردیابی افراد وجود دارد. حرکت در سراسر یک جامعه ازجمله مکان، شبکه اجتماعی و انگیزه‌های آن‌ها، یک قابلیت حیاتی است. در جنگ‌های موشکی یکی از مواردی را که می‌توان ازطریق نظریه بازی‌ها موردبررسی قرارداد، نحوه اصابت موشک به اهداف استراتژیک است که توسط گنبد آهنین محافظت می‌گردد که بازیگران تعداد موشک‌ها و موشک‌های مقابله هستند.

نتیجه‌گیری

تئوری بازی خود را به‌عنوان یک ابزار همه‌کاره و قدرتمند برای به‌دست‌آوردن بینش‌های حیاتی در مورد فرآیندهای تصمیم‌گیری عوامل و بازیکنان در تعدادی از زمینه‌ها ثابت کرده است. در این مقاله به‌طور اختصار مروری کوتاه درخصوص مقالات با کاربرد نظامی ارائه گردید و چندین سناریو که در آن نظریه بازی‌ها می‌تواند در علم و فناوری دفاعی به‌کار گرفته شود، آورده شد. در این مقاله یک طبقه‌بندی گسترده برای مقالات بررسی‌شده براساس نوع جنگ مورد مطالعه، نوع بازی‌های مورداستفاده و ماهیت بازیکنان معرفی گردید. براساس مشاهدات انجام‌شده، شکاف‌هایی را در ادبیات شناسایی کردیم که در آن نظریه بازی تا کنون به‌طور گسترده به‌کار گرفته نشده است؛ اما پتانسیل زیادی برای به‌کارگیری مثمرثمر در آینده دارد و در مورد جهت‌گیری‌های بالقوه‌ای بحث کردیم که کاربردهای دفاعی نظریه بازی‌ها می‌تواند در آن گسترش یابد. مقالاتی درباره سیستم‌های ردیابی، جنگ هوایی، جنگ زمینی، جنگ داخلی و جنگ فضایی گروه‌بندی گردید؛ برای هر مقاله درنظرگرفته‌شده، تعداد، نقش بازیکنان و انواع بازی تعریف شد و درصورت امکان، استراتژی‌ها و عملکردهای آن‌ها مورد بحث قرارگرفت. هدف از این مقاله، شناسایی رایج‌ترین حوزه‌های تحلیل‌شده و هم‌چنین انواع بازی‌های پرکاربرد و

استفاده از این دانش برای شناسایی شکاف‌ها در ادبیات و گرده‌افشانی ایده‌ها در حوزه‌های مختلف و انواع جنگ در زمینه دفاعی بود. همان‌طورکه جهان با چالش‌های نوظهور صلح و ثبات سروکار دارد، آینده بشریت به توانایی ما در حل مسالمت‌آمیز مشکلات بستگی دارد. صلح به‌طور قطع بهتر از یک درگیری مسلحانه است که در سطوح مختلف بسیار پرهزینه خواهد بود و نظریه بازی، درواقع می‌تواند در تصمیم‌گیری برای برخی از «درگیری‌های نرم» نقش داشته باشد که در سال‌ها و دهه‌های آینده، شاهد انتشار آن‌ها خواهیم بود. ازآنجایی که تمرکز بر استراتژی‌ها و قابلیت‌های دفاعی احتمالاً در سال‌های آینده افزایش می‌یابد، نظریه بازی‌ها می‌تواند به‌عنوان یک ابزار کمکی به دانشمندان دفاعی در سطوح مختلف انتزاع برای حل مشکلات استقرار، سنجش، ردیابی و تخصیص منابع استفاده گردد.

فهرست منابع

- بیراوند، نادر؛ یعقوبیان، میثم؛ بیگدلی، حمید (۱٤۰۰)، بازی دیفرانسیلی دفاع هوایی با محوریت‌های هواپیما و شعاع انهدام ناصفر، **نشریه علمی علوم و فناوری‌های پدافند نوین**، سال دوازدهم، شماره ۱.
- فروغی، محمود؛ اکرمی‌زاده، علی؛ باقری، مسعود (۱۳۹۷)، یک مدل مبتنی‌بر نظریه بازی برای تصمیم‌گیری راهبردی در جنگ سایبری، فصلنامه علمی ـ پژوهشی فرماندهی و کنترل، سال دوم، شماره ٤.
- افراشته، اسماعیل؛ زارع‌چاوشی، اکبر (۱۳۹۹)، تخصیص منابع در جنگ سایبری با رویکرد نظریه بازی در محیط غیرقطعی، دوفصلنامه بازی جنگ، دوره سوم، شماره ٦.
- Piraveenan, M. Applications of Game Theory in Project Management: A Structured Review and Analysis. Mathematics 2019, 7, 858.
- Nash, J.F.; others. Equilibrium points in n-person games. Proceedings of the national academy of sciences 1950.
- Tzu, S. The art of war. In Strategic Studies; Routledge, 2014; pp. 86–110.
- Myerson, R.B. Game theory; Harvard university press, 2013.
- Roland, A. Technology, Ground Warfare, and Strategy: The Paradox of American Experience. The Journal of Military History 1991, 55, 447–468
- Edmonds, M. Land Warfare. In International Security in the Modern World; Springer, 1992; pp. 179–206.
- Speller, I. Understanding naval warfare; Routledge, 2018.
- Klein, J.J. Space warfare: Strategy, principles and policy; Routledge, 2012.
- Lipton, A.J.; Fujiyoshi, H.; Patil, R.S. Moving target classification and tracking from real-time video. Proceedings
- Fourth IEEE Workshop on Applications of Computer Vision. WACV'98 (Cat. No. 98EX201). IEEE, 1998, pp. 8–14.
- Kasthurirathna, D.; Piraveenan, M.; Harré, M. Influence of topology in the evolution of coordination in complex
- networks under information diffusion constraints. The European Physical Journal B 2014, 87, 3.
- Gandhi, R.; Sharma, A.; Mahoney, W.; Sousan, W.; Zhu, Q.; Laplante, P. Dimensions of cyber-attacks: Cultural,
- social, economic, and political. IEEE Technology and Society Magazine 2011, 30, 28–38.
- Barough, A.S.; Shoubi, M.V.; Skardi, M.J.E. Application of Game Theory Approach in Solving the Construction
- Project Conflicts. Procedia - Social and Behavioral Sciences 2012, 58, 1586 – 1593. 8th International Strategic
- Management Conference, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.1145.
- Polak, B. Econ 159: Game theory. Open Yale courses, Department of Economics, http://oyc. yale. edu/economics 2007.

- Kasthurirathna, D.; Nguyen, H.; Piraveenan, M.; Uddin, S.; Senanayake, U. Optimisation of strategy placements for public good in complex networks. Proceedings of the 2014 International Conference on Social Computing. ACM, 2014, p. 1-15.
- Ritzberger, K.; others. Foundations of non-cooperative game theory. OUP Catalogue 2002.
- Hart, S. Games in extensive and strategic forms. Handbook of game theory with economic applications 1992, 1, 19–40.
- Kamien, M.I.; Schwartz, N.L. Dynamic optimization: the calculus of variations and optimal control in economics andmanagement; Courier Corporation, 2012.
- Von Stackelberg, H. Market structure and equilibrium; Springer Science & Business Media, 2010.
- Calcagno, R.; Kamada, Y.; Lovo, S.; Sugaya, T. Asynchronicity and coordination in common and opposing
- interest games. Theoretical Economics 2014, 9, 409–434
- Nash Jr, J.F. The bargaining problem. Econometrica: Journal of the Econometric Society 1950, pp. 155–162.
- Cho, I.K.; Kreps, D.M. Signaling games and stable equilibria. The Quarterly Journal of Economics 1987,
- Bier, V.; Oliveros, S.; Samuelson, L. Choosing What to Protect: Strategic Defensive Allocation against an
- Unknown Attacker. Journal of Public Economic Theory 2007-08, 9, 563,587.
- Cotton, C.; Liu, C. 100 Horsemen and the empty city: A game theoretic examination of deception in Chinese
- military legend. Journal of peace research 2011, 48, 217–223.
- Gries, T.; Haake, C.J.; others. An Economic Theory of'Destabilization War'. Technical report, Paderborn
- University, CIE Center for International Economics, 2016.
- Krishnamurthy, V.; Maskery, M.; Ngo, M.H. Game theoretic activation and transmission scheduling in unattended ground sensor networks: A correlated equilibrium approach. In Wireless Sensor Networks: Signal Processing and Communications Perspectives; Wiley, 2007; pp. 349–388.
- Maskery, M.; Krishnamurthy, V. Network-enabled missile deflection: Games and correlation equilibrium. IEEE, Transactions on Aerospace and Electronic Systems 2007, 43, 843–863.
- Maskery, M.; Krishnamurthy, V.; O'Regan, C. Decentralized algorithms for netcentric force protection against antiship missiles. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems 2007, 43, 1351–1372.
- Bachmann, D.J.; Evans, R.J.; Moran, B. Game theoretic analysis of adaptive radar jamming. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems 2011, 47, 1081–1100.

- Garcia, E.; Von Moll, A.; Casbeer, D.W.; Pachter, M. Strategies for defending a coastline against multiple attackers. 2019 IEEE 58th Conference on Decision and Control (CDC). IEEE, 2019, pp. 7319–7324.
- Ba¸spınar, B.; Koyuncu, E. Assessment of aerial combat game via optimization-based receding horizon control. IEEE Access 2020, 8, 35853–35863
- Zhong, X.; Yin, H.; He, Y.; Zhu, H. Joint Transmit Power and Bandwidth Allocation for Cognitive Satellite Network Based on Bargaining Game Theory. IEEE Access 2018, 7, 6435–6449.
- Sun, Q.; Qi, N.; Huo, M. Optimal strategy for target protection with a defender in the pursuit-evasion scenario. The Journal of Defense Modeling and Simulation: Applications, Methodology, Technology 2018, 15, 154851291875622.
- Keith, A.; Ahner, D. Counterfactual regret minimization for integrated cyber and air defense resource allocation.European Journal of Operational Research 2021, 292, 95–107
- DARPA. DARPA Tiles Together a Vision of Mosaic Warfare. https://www.darpa.mil/work-with-us/darpa-tiles-together-a-vision- of. Accessed: 2019-09-15.
- Zhang, Y.; Mehrjerdi, H. A survey on multiple unmanned vehicles formation control and coordination: Normal and fault situations. 2013 International conference on unmanned aircraft systems (ICUAS). IEEE, 2013, pp. 1087–1096