



Application of Game Theory in Military Wars

Soheil Imamian¹ 

Vol. 31
Spring 2022
P.P: 137-166

Research Paper

Received:
2022-02-02
Revised:
2022-02-22
Accepted:
2022-05-30
Published:
2022-6-17

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.

1. Corresponding author: Assistant Professor, Imam Hossein University, Tehran, Iran Emamyian@yahoo.com
DOR: 20.1001.1.10255087.1401.31.1.5.2





سال سی و یکم
بهار ۱۴۰۱
مص: ۱۶۶-۱۳۷

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۱۳
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۱۲/۰۳
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۰۹
تاریخ انتشار: ۱۴۰۱/۰۳/۲۷

شاپا چاپی: ۱۰۲۵-۵۰۸۷
الکترونیکی: ۲۶۵۴-۴۹۷۱



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 از نظر نوع مدل‌سازی جنگ، انواع بازی‌های مورد استفاده و بازیکنان درگیر، طبقه‌بندی شده‌اند. از نظر جنگ‌های مدل‌سازی شده، 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 بررسی شده 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.



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) به خوبی 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 به صورت کمی و محاسباتی (هزینه، تعداد افراد آلوده، تعداد افراد واکنش‌دهنده 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 به موقع (مثلاً در 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 مبتنی بر داده‌ها سروکار دارند، مورد توجه است. نظریه بازی، استراتژی‌ها و تصمیمات نظامی را با تجزیه و تحلیل جامع‌تر و پرازش‌تر 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 به شدت افزایش می‌دهد. به دلیل پتانسیل به وجود آمده، 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 قابل توجهی 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 مفید بودن 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 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. به نظر نمی‌رسد مقاله‌ای وجود داشته باشد که به استفاده از نظریه بازی در هر یک از تخصص‌های نظامی در خصوص پردازش و الگوریتم‌های پیچیده و با کارایی بالا پرداخته باشد. هدف ما ارائه ادبیات به گونه‌ای است که به تمام کارکردهای نظریه بازی در سیستم‌های نرم‌افزاری نظامی در هر حوزه کلیدی پردازش. این بررسی، دامنه و کاربرد هر مقاله که مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته را با ارائه آن از نظر اجزای اساسی بازی برجسته می‌کند. هم‌چنین اصول اساسی که توسط بازیکنان در هر سناریوی تصمیم‌گیری نظامی در نظر 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 - تقسیم‌بندی می‌گردند. این امکان را برای اکثر سناریوهای نظامی به عنوان 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 در خصوص اصول اساسی مباحث نظامی بوده، به اختصار آورده شده است. در بخش پنجم طبقه‌بندی مقالات منتشر شده 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 در نهایت، 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 در صورت امکان، از قرار گرفتن 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 به واسطه آن تئوری بازی در جنگ زمینی را تشریح می‌کند، شامل یک بانک قوی از مقالات تخصصی 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 دریایی 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.

۳-۱- 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 در نظر 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 در نتیجه فراوانی و به‌روزشدن تسلیحات، تجهیزات و مهمات، ارزش ذاتی و بالقوه اهداف و هم منابع مورد استفاده 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.

۴-۱- جنگ فضایی:

در حالی که مفهوم جنگ در فضا تقریباً یک قرن است که وجود داشته (Klein: 2012)، نبرد فیزیکی و تئوری راهبردی تثبیت شده‌ای جهت جنگ فضایی در کشورهای صاحب تکنولوژی به وجود 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 به نظر 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.

۵-۱- 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 به‌دست آوردن مزیت نظامی مورد حمله قرار می‌گیرند. در حالی 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، به شدت با کاربردهای نظریه بازی در علوم کامپیوتر در زمینه‌های مرتبط با امنیت سایبری هم‌پوشانی دارد. این مقاله به صورت اجمالی به بررسی برخی از مقالاتی که به طور 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 به عنوان مقالاتی که نوع خاصی از جنگ را تحلیل می‌کنند، طبقه‌بندی کرد. در برخی از این مقالات، تمرکز بیشتر بر روی فناوری‌ها است؛ به عنوان 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 جمع‌آوری شده بستگی دارد (Kasthurirathna, 2014: 65-70). با ظهور اهداف هوشمند، نیروهای نظامی باید روش‌های پیش‌بینی را نیز برای حفظ عملکرد ردیابی ایده‌آل به کار گیرند. ادبیات بررسی شده 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 در خصوص اغتشاشات شهری و نحوه عملکرد نیروهای امنیتی به‌دقت انجام می‌گردد، درحالی‌که 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 در نظر 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 بازی‌ها 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 در واقع یک مورد منحنی 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 (به نام جان فوربز نش^۱ 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 ننگه 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 به معنای

1. Nash

بهترین بهره‌وری کل برای همه بازیکنان مربوطه نمی‌باشد. در بسیاری از موارد ممکن است تمام بازیکنان بهره‌وری خود را بهبود بخشند در صورتی که بتوانند به توافق بر روی استراتژی‌های مختلف از تعادل نش برسند. جنبه مهم تعادل نش این است که سود هر بازیکن، نه تنها 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؛ به عبارت دیگر، این راهی برای پیش‌بینی این است که اگر چند نفر یا چندین مؤسسه که در تصمیم‌گیری‌ها هم‌زمان هستند، پیامدهای شان وابسته به تصمیم‌های دیگران باشد، چه نتایجی خواهند داشت. نگرش ساده و ایده‌آسی جان نش این است که اگر ما تصمیم‌های تصمیم‌گیرندگان مختلف را به صورت جداگانه تحلیل کنیم، در نتیجه نمی‌توانیم نتیجه انتخاب‌های آنان را پیش‌بینی کنیم. در عوض، ما باید پرسیم آنچه که هر کدام از بازیکنان انجام می‌دهند، با در نظر گرفتن تصمیم‌گیری‌های دیگران است. تعادل نش برای تجزیه و تحلیل شرایط جنگ و مسابقه تسلیحاتی به کار 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 به طور 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 به طور هم‌زمان یا به ترتیب از پیش تعیین شده تصمیم بگیرند. یک بازی با فرم گسترده اغلب با یک درخت بازی نشان داده می‌شود؛ جایی که هر گره (به جز 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

به طور 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 به حداکثر رساندن سود فردی بازیکنان است. در چنین بازی‌هایی، رفتار مشارکتی در صورت 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 این گونه 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 هر یک از طرفین در نظر 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 به طور 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 از پیش تعریف شده است. برای مثال، در صورتی که یک طرف همیشه از امتیاز ارائه اولیه پیشنهاد برخوردار باشد و طرفین دیگر، پیشنهاد یا پیشنهادات متقابل خود را پس از آن ارائه دهند، می‌توان یک فرآیند مذاکره را به عنوان 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 به طور 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 به جای داشتن نقاط تصمیم گسسته، در یک بازه زمانی پیوسته مدل‌سازی می‌شوند. در چنین بازی‌هایی، متغیر هر حالت به طور پیوسته در طول زمان مطابق با یک معادله دیفرانسیل تکامل می‌یابد. چنین بازی‌هایی برای مدل‌سازی سناریوهای دفاعی که به سرعت در حال تکامل هستند، استفاده می‌گردد که در آن، هر بازیکن درگیر بهینه‌سازی خودخواهانه برخی از پارامترهای خود است. به عنوان مثال، در مشکلات ردیابی موشک، تعقیب‌کننده و هدف هر دو سعی می‌کنند فاصله بین همدیگر را تنظیم کنند، در حالی که تعقیب‌کننده دائماً سعی می‌کند این فاصله را به حداقل برساند و هدف دائماً سعی می‌کند آن را 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^۱ 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، نه تنها 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، به شدت آن را بر تمام پروفایل‌های دیگر ترجیح می‌دهند. به عبارت 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، به طوری 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 غیر صفر هم طبقه‌بندی کنیم؛ زیرا این دو مفهوم (مجموع صفر بازی‌ها و بازی‌های با علاقه مشترک) موارد شدید بازی‌های غیر همکارانه را نشان می‌دهند. با این حال، مقالاتی که ما بررسی می‌کنیم از بازی‌های مورد علاقه مشترک برای مدل‌سازی استفاده نمی‌کنند. در واقع به‌ندرت می‌توان سناریوهایی را در مدیریت پروژه یافت که در آن منافع بازیکنان، کاملاً هم‌سو باشد بنابراین، ما از طبقه‌بندی مبتنی بر 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، در حالی 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

همان‌طور که 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 مورد استفاده در برنامه‌های دفاعی می‌توانند بسیار متفاوت باشند. با این حال، نوع بازی‌های مورد استفاده، نحوه ساختار بندی 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 در خصوص 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 اتخاذ شده از روی شهود در درگیری‌های تاریخی، توجیه منطقی و ریاضی دارند. جنگ زمینی می‌تواند منجر به تلفات بسیار سنگین شود بنابراین، درک چگونگی به حداقل رساندن تلفات انسانی یک جزء کلیدی (اگرچه نه تنها هدف) جنگ زمینی است. اغلب، اولویت دادن به منابع نظامی نیز برای موفقیت اساسی است و در تصمیمات استراتژیک نقش برجسته‌ای دارد. علاوه بر این، اغلب در سناریوهای مربوط به جنگ زمینی، ارزیابی دانش در مورد مخالفان مهم است. تاکتیک‌های احتمالی آن‌ها در زمین، ممکن است برای مبارزه با نیروهای هوای هوای 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 به عنوان یک بازی دونفره با فرم معمولی مدل سازی 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 می برد و مدافع بازنده است. از آنجایی که دستورات حمله قبل از حمله تأیید می شود، مهاجمان باید از مجموعه ای از استراتژی های خالص استفاده کنند. بازی را می توان هم به صورت هم زمان و هم به صورت متوالی انجام داد؛ یعنی بسته به اینکه مهاجم بدانند مدافع قبل از تصمیم گیری چگونه منابع خود را تخصیص داده است یا نه، بازی را می توان انجام داد. این منجر به استراتژی ایده آل می شود که برخی از اهداف را بدون دفاع رها کنید و دفاع را در مناطق کلیدی متمرکز کنید و برخی از مناطق را آسیب پذیر کنید. مطالعات متعددی وجود دارد که با استفاده از یک منشور نظریه بازی، درگیری های 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 بازی ها مدل و با استفاده از بازی های سیگنالیینگ الگوبرداری کرده اند. رهبران نظامی با ارتش های قدرتمند با تعداد و قدرت بسیار بیشتر از ارتش خود روبرو می شوند؛ اما به جای عقب نشینی، خود را برای درگیری آماده می کنند و طوری رفتار می کنند که گویی برای یک کمین آماده می شوند. مخالفان آن ها که اطلاعات ناقصی دارند، تنها پیام هایی دارند که می توانند از اقدامات مخالفان خود استنباط کنند. ارتش مقابل که از اعتماد به نفس و شهرتی که ژنرال آن ها دارد ترسیده اند، اگر چه در واقع قدرت برتری دارند؛ اما تصمیم می گیرند که درگیر نشوند. هر دو ژنرال از طریق یک بلوف شجاعانه و مبتکرانه، با ایستادگی در موضع خود به یک راه حل تعادلی به نفع خود دست می یابند. آن ها این کار را با ایجاد فریب بدون ارتباط مستقیم انجام می دهند. اولین بازی توصیف شده توسط کاتن و لیو (Cotton et.al, 2011: 217-223)، بازی «۱۰۰ اسب سوار» است. آن ها قطعه ای از تاریخ را توصیف می کنند که در آن، صد سوار که به تنهایی سفر می کنند با یک نیروی بزرگ ارتش روبرو می شوند که تعداد آن ها به هزاران می رسد. آن ها دو استراتژی خواهند داشت؛ یا عقب نشینی یا درگیر شدن. اگر عقب نشینی 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 می روند. بهترین نتیجه برای آن ها این است که به نحوی مجبور به عقب نشینی دشمن شوند. اگر سواران با

لشکری بیشتر حرکت کنند، آن‌ها می‌بینند که سوارکاران برای درگیر شدن 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 ژنرال باهوش محافظت می‌شود. او متوجه می‌شود که یک ارتش متخاصم بزرگ در حال نزدیک شدن 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 به نظر 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 به وجود 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 در نظر 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 در نظر بگیرد؛ به این صورت که شورشیان باید به ترتیب اولویت درگیری‌ها و اینکه چه بخشی از نیروی رزمی خود را برای هر درگیری در اختیار خواهند گذاشت، را مدنظر قرار دهند.

کریشنامورتی و همکاران (Krishnamurthy, et.al, 2007: 349-388)، با استفاده از نظریه بازی رفتار دینامیکی، یک شبکه حسگر زمینی را به منظور به دست آوردن 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 باتری 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 از این رو، 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. به طور خاص، حسگرها به عنوان بازیکنانی در یک بازی غیرهمکاری در نظر گرفته می‌شوند و یک استراتژی یادگیری تطبیقی برای فعال کردن 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 حداکثر رساندن 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 از طریق 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 در نظر گرفتند. تصمیم‌گیرندگان در این مدل، کشتی‌هایی می‌باشند که مجهز به سلاح‌های کشنده سخت هستند که این کشتی‌ها به‌عنوان یک محیط تئوری بازی در نظر 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 منجر به 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» در نظر گرفته می‌شوند. رادار سعی می‌کند احتمال

شناسایی هدف را درحالی که مختل کننده روشن است، به حداکثر برساند و سیستم الکترونیکی که تلاش می کند تا تشخیص توسط رادار را در محیطی که پارازیت دارد، به حداکثر برساند. این فرمول بندی نظریه بازی با بهینه سازی این توابع سودمند با توجه به محدودیت های موجود حل گردید. متغیرهای کنترلی (استراتژی ها) که برای پارازیت کننده به دست آمد عبارتند از قدرت پارازیت و وسعت فضایی پارازیت، درحالی که برای رادار، استراتژی های موجود شامل پارامتر آستانه و اندازه پنجره سیگنالی مرجع است. بازی هایی با فرم ماتریس به دست آمد که برای استراتژی های بهینه رادار و پارازیت ارائه و حل شده اند. آن ها شرایطی را شناسایی و فرموله کردند که تحت آن، رادار و پارازیت بتوانند در دست یابی به اهداف موثر واقع شوند.

۱۸- مقالات مربوط به جنگ هوایی

در مقاله بیراوند و همکاران (۱۴۰۰: ۳۲-۱۶)، یک بازی دیفرانسیلی دفاع فعال بررسی شده است. در بازی مورد بحث، هواپیمای هدف و موشک مدافع، یک گروه تشکیل داده و برای شکست موشک مهاجم، هم یاری می کنند. فرض شده 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 به گونه ای همکاری می کنند که مدافع بتواند قبل از نابود شدن هواپیما به وسیله مهاجم، مهاجم را نابود کند. تابع هزینه برابر با فاصله هواپیما و مهاجم در زمان نهایی (زمانی که مهاجم به وسیله مدافع نابود می شود) تعریف شده است. گروه هواپیما و مدافع می خواهند تابع هزینه را بیشینه کنند و مهاجم در تلاش است این تابع را کمینه کند. این مقاله با در نظر گرفتن محدودیت هایی بر روی هواپیما، نتایج موجود را تعمیم می دهد. درگیری بین سه بازیکن هواپیمای هدف (T)، موشک مهاجم (A) و موشک مدافع (Z) بررسی گردید. در این سناریو هواپیمای هدف که معمولاً یک هواپیمای بدون سرنشین با ارزش بالا است، به وسیله یک موشک مهاجم تهدید می شود. هواپیما در تلاش برای فرار از مهاجم، با موشک مدافع همکاری می کند. در این سناریو تأثیر وجود محدودیت ها در انتخاب مانورهای فرار برای هواپیما، بررسی شد. با توجه به نوع محدودیت راهبرد بهینه برای هر سه بازیکن مشخص شد. هم چنین مشخص شد در چه حالاتی هواپیما قادر به فرار از مهاجم است و در چه حالاتی مهاجم می تواند 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. از طرف 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 ریاتی‌یک، 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 تک مدافع 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 (spinar, et.al, 2020: 853–863) بر مدل‌سازی نبرد هوا به هوا بین دو پرنده هدایت‌پذیر بدون سرنشین با استفاده از کنترل مبتنی بر بهینه‌سازی و رویکرد تئوری بازی تمرکز کردند. در این تحقیق، توانایی ارائه یک کنترلر با وجود داشتن دینامیک غیرخطی پیچیده جهت یک پهپاد از طریق اجتناب از ادغام معادلات دیفرانسیل به دست 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 از طریق 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 از طریق کاهش تعداد متغیرها مورد نیاز 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 در نظر می‌گیرد و از آن برای انتخاب کنترل‌های خود برای به حداکثر رساندن سود استفاده می‌کند. این فرآیند در هر مرحله تکرار می‌شود. برای انتخاب اقدامات کنترلی که نویسندگان، استفاده از مجموعه کامل ورودی‌های کنترلی (مثلاً چرخش، حفظ هدینگ، حرکت به طرفین در زاویه خاص و شیرجه مارپیچی) را توصیه می‌کنند که در نتیجه، 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 در حالی 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 نشان دادن 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 تئوریک پایه‌ای و دقیق در امر تصمیم‌گیری در شرایط پیچیده جنگی برای انتخاب راهبرد بهینه استفاده کرد. فروغی و همکاران (۱۳۹۷: ۲۴-۳۰) با استفاده از نظریه بازی و ساخت یک مدل تحلیلی، فرآیند تصمیم‌گیری در یک درگیری سایبری را مورد بررسی قرار داده‌اند. بازیکن‌ها طرفین درگیری هستند که آسیب‌پذیری‌هایی را در خصوص 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 به صورت یک مدل بازی استکلبرگ فرمول‌بندی نمودند. با توجه به اینکه در مسائل امنیت سایبری بازیکنان به طور 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 در نظر 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. در صورت عدم اطلاع از سیستم‌های طرفین بازی از طریق ارائه اطلاعات ناقص افزایش می‌یابد؛ جایی که مدافع و مهاجم به طور کامل از آسیب‌پذیری گره‌ها آگاه نیستند. علاوه بر این، مدافع فقط می‌تواند حملات سایبری به گره‌ها را به صورت احتمالی حس کند و این عمل بدان معنا است که تخصیص تیم‌های دفاع سایبری، به طور خاص فقط از نظر احتمالی مؤثر است. برای مهاجم، هم‌چنین می‌تواند

اثر بخشی 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 فعال کردن استراتژی‌های ترکیبی پیوسته صورت می‌پذیرد. هم‌چنین نویسنده آن‌را اولین اثری می‌داند که مونت کارلو، رویکردهای مبتنی بر کمینه‌سازی پشیمانی متضاد را در بازی امنیتی مقایسه نموده است. تعادل نش در قالب یک برنامه خطی برای مدافع تعیین می‌شود سپس، مشکل به تدریج 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 در نظر گرفتن 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، نگاهت 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. علاوه بر این، هدف قادر است یک موشک دفاعی به سمت 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 به آرامی 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 از بین بردن 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 بررسی شده به صورت اصولی ضروری است. برای انجام این کار، از طرح طبقه‌بندی استفاده می‌کنیم. به‌طور خاص، مقالات بررسی شده 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 مورد استفاده 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 به کار گرفته نشده است؛ اما در صورت اعمال در آینده، کمک مفیدی خواهد بود. تحقیقات اخیر آژانس پروژه‌های تحقیقاتی پیشرفته دفاعی (دارپا)^۱ در مورد «جنگ موزاییکی»^۲ 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، به گونه‌ای 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. از آنجایی 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 در حالی که نزاع با حریفان انجام می‌گردد، آن را 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 مبتنی بر 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 مبتنی بر زمین است که مقالات در این زمینه تاکنون اندک بوده است. مشکلات ردیابی زمینی ممکن است هم در برنامه‌های نظامی زمینی (در اینجا به عنوان جنگ زمینی طبقه‌بندی شده) و هم در برنامه‌های امنیتی داخلی و ضدتروریسم (در اینجا به عنوان جنگ داخلی طبقه‌بندی شده است) تقسیم‌بندی نمود که در آن توانایی آژانس‌های امنیتی برای ردیابی افراد وجود دارد. حرکت در سراسر یک جامعه از جمله مکان، شبکه اجتماعی و انگیزه‌های آن‌ها، یک قابلیت حیاتی است. در جنگ‌های موشکی یکی از مواردی را که می‌توان از طریق نظریه بازی‌ها مورد بررسی 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 به عنوان یک ابزار همه‌کاره و قدرتمند برای به‌دست آوردن بینش‌های حیاتی در مورد فرآیندهای تصمیم‌گیری عوامل و بازیکنان در تعدادی از زمینه‌ها ثابت کرده است. در این مقاله به‌طور اختصار مروری کوتاه در خصوص مقالات با کاربرد نظامی ارائه گردید و چندین سناریو که در آن نظریه بازی‌ها می‌تواند در علم و فناوری دفاعی به کار گرفته شود، آورده شد. در این مقاله یک طبقه‌بندی گسترده برای مقالات بررسی شده براساس نوع جنگ مورد مطالعه، نوع بازی‌های مورد استفاده و ماهیت بازیکنان معرفی گردید. براساس مشاهدات انجام شده، شکاف‌هایی را در ادبیات شناسایی کردیم که در آن نظریه بازی تا کنون به‌طور گسترده به کار گرفته نشده است؛ اما پتانسیل زیادی برای به کارگیری متمرکز 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 در نظر گرفته شده، تعداد، نقش بازیکنان و انواع بازی تعریف شد و در صورت امکان، استراتژی‌ها و عملکردهای آن‌ها مورد بحث قرار گرفت. هدف از این مقاله، شناسایی رایج‌ترین حوزه‌های تحلیل شده 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. همان‌طور که 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، در واقع می‌تواند در تصمیم‌گیری برای برخی از «درگیری‌های نرم» نقش داشته باشد که در سال‌ها و دهه‌های آینده، شاهد انتشار آن‌ها خواهیم بود. از آنجایی 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 (۱۴۰۰)، 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 مبتنی بر نظریه بازی برای تصمیم‌گیری راهبردی در جنگ سایبری، *فصلنامه علمی - پژوهشی فرماندهی و کنترل*، سال دوم، شماره ۴.
- افراشته، اسماعیل؛ زارع‌چاوشی، اکبر (۱۳۹۹)، تخصیص منابع در جنگ سایبری با رویکرد نظریه بازی در محیط غیرقطعی، *دوفصلنامه بازی جنگ*، دوره سوم، شماره ۶.
- 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 and management; 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.
- Başpınar, 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

