

تخصیص نیرو در مرزهای زمینی ایران در صورت حمله همسایگان با استفاده از بازی های امنیتی فازی

نوع مقاله: پژوهشی

احسان لطفعلی قصاب^۱*

حجت الله عبادی زاده^۲

جواد شرفی^۳

چکیده

برقراری امنیت در مرزهای مختلف کشور جز مهمترین اوایت های نیروهای نظامی بویژه نیروی زمینی می باشد. هدف این مقاله بررسی بازی های امنیتی، اهمیت، مدل سازی، حل و کاربرد آن ها در تصمیم گیری و تصمیم سازی دفاعی در محیط عدم قطعیت است. در این مقاله بازی های امنیتی بین یک مدافع و چند مهاجم مورد بررسی قرار گرفته و مطلوبیت های بازیکنان و نحوه محاسبه آنها شرح داده شده است. برای حل مشکل عدم قطعیت مدافع برای روبرویی با نوع مهاجم ناشناخته از رویکرد بازی بیزی استفاده شده است و برای رفع مشکل عدم قطعیت ناشی از ابهام در فهم کارشناسان و قضاوت نادقیق آنها، نظریه فازی به کار گرفته شده است به عنوان نمونه کاربردی از این نوع بازی ها در ایجاد امنیت در مرزهای زمینی بیان شده و مدل این مسئله به صورت یک بازی امنیتی چند هدفی مورد بررسی قرار گرفته است برای این منظور به بررسی تحرکات و اقدامات کشور جمهوری آذربایجان در منطقه پرداخته ایم و برای جلوگیری از حمله این کشور به مرزهای مشترک زمینی ایران و آذربایجان به تخصیص و پوشش مناسب چهار استان هم مرز (گیلان، اردبیل، آذربایجان غربی و آذربایجان شرقی) توسط یگان های زمینی موجود در منطقه عملیاتی پرداخته ایم. در نهایت می توان نتیجه گرفت که بسیاری از مسائل پیچیده نظامی را می توان با استفاده از بازی های امنیتی مورد بررسی قرار داد و الگوی حل بهینه آن را طراحی نمود.

واژه های کلیدی:

نظریه بازی ها، بازی های فازی، بازی امنیتی، بهینه سازی چند هدفی.

^۱ پژوهشگر دانشگاه افسری امام علی (ع)، تهران، ایران.

^۲ استادیار دانشگاه افسری امام علی (ع)، تهران، ایران.

^۳ استادیار دانشگاه افسری امام علی (ع)، تهران، ایران.

*نویسنده مسئول: Email: e.i.ghasab@gmail.com



مقدمه

وضعیت ایران و همسایگان

جمهوری اسلامی ایران با ۱۵ کشور دارای مرزهای خاکی و آبی است؛ کشورهایی که می توان همگی آنها را در زمره همسایگان ایران به شمار آورد. هفت کشور پاکستان، افغانستان، ترکیه، عراق، ارمنستان، آذربایجان و ترکمنستان با جمهوری اسلامی ایران مرز خاکی دارند. همچنین کویت، قطر، امارات متحده عربی، بحرین، عمان، عربستان، روسیه و قزاقستان هشت کشوری هستند که از طریق خلیج فارس، دریای عمان و دریای خزر با کشورمان همسایه به شمار می روند. براساس آخرین آماري که از هر یک از کشورهای فوق ثبت شده، ایران در مجموع با جمعیتی نزدیک به ۴۰۰ میلیون نفر دارای مرز خاکی است. جمعیت کشورهای دارای مرز آبی با ایران نیز بیشتر ۲۱۰ میلیون نفر برآورد می شود. البته با توجه به وجود برخی مسایل سیاسی و نوع دیدگاهی که برخی کشورهای عربی منطقه به ایران دارد، می توان ادعا کرد که کشورمان در کل با بیش ۵۰۰ میلیون نفر همسایه است. در این میان نمی توان به مناسبات و مراودات ایران با کشورهای همجوار اشاره کرد اما به کارزار فشار حداکثری آمریکا و شدت تحریم ها در سال اخیر بی اعتنا بود.

ایران یکی از طولانی ترین مرزها را در آسیای غربی دارد و در نتیجه به این بهانه، در این مطلب به معرفی کشورهای همسایه ایران می پردازیم. خط مرزی ایران ۳ هزار و ۶۶۲ مایل است. از میان این کشورها ترکمنستان طولانی ترین مرز مشترک با ایران را دارد. طول خط مرزی میان ایران و ترکمنستان حدود ۷۱۳ مایل است. کوتاه ترین مرز مشترک با ایران هم به کشور ارمنستان تعلق دارد که حدود ۲۷ مایل می باشد. در ادامه با کشورهای همسایه ایران و کشورهایی که خط مرزی خاکی مشترک با ایران دارند آشنا شوید.

مرزهای زمینی و دریایی ایران

ایران دارای ۱۵ همسایه است و از ۳۱ استان ایران، ۱۶ استان دارای مرزهای زمینی و دریایی هستند که سه کشور افغانستان، ترکیه و ارمنستان دارای مرز زمینی و هشت کشور قزاقستان، امارات، عمان، قطر، عربستان، کویت و روسیه دارای مرز دریایی هستند. و با چهار همسایه پاکستان، ترکمنستان، آذربایجان و عراق همزمان دارای مرزهای زمینی و دریایی است.



استان هایی که دارای مرز زمینی با همسایگان هستند شامل استان های ، آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، اردبیل، خراسان رضوی، خراسان شمالی، کرمانشاه، کردستان، ایلام و خراسان جنوبی، هستند.

استان هایی دارای مرز دریایی هستند شامل مازندران، هرمزگان و بوشهر هستند. استان هایی که دارای هم مرز دریایی و هم زمینی هستند شامل گیلان، گلستان، سیستان و بلوچستان و خوزستان هستند.

مرزهای زمینی

ایران با ۵۴۴۰ کیلومتر مرز زمینی ، بیست و هفتمین کشور جهان از نظر طول مرزهای زمینی است. این ۵۵۰۰ کیلومتر سهم مشترک با هفت کشور دیگر است.

- ارمنستان که مرز ۳۵ کیلومتری دارد.
 - آذربایجان که با احتساب نخجوان، مرزی به طول ۴۳۲ کیلومتر دارد.
 - ترکیه که مرزش ۴۹۹ کیلومتری است.
- این ها مرزهای شمال غرب ایران است که در استان های آذربایجان غربی، شرقی و اردبیل واقع شده اند. در شرق اما مرزها کمی طولانی تر است.
- مرز شمالی ۹۹۲ کیلومتری با ترکمنستان
 - مرز ۹۳۶ کیلومتری افغانستان

- مرز ۹۰۹ کیلومتری پاکستان رکورد دار مرزهای ایران، همسایه غربی است، یعنی عراق که ۱۴۵۸ کیلومتر با ایران مرز دارد.
- دروازه مرزی ارمنستان**
- نوردوز: این روستا که در مجاورت رودخانه ارس واقع شده است از توابع استان آذربایجان شرقی و شهرستان جلفا به شمار می‌رود. پل نوردوز، شاهراه صادرات به ارمنستان و نقطه تردد سالانه دو میلیون مسافر است.
- دروازه مرزی آذربایجان**
- گذرگاه مرزی آستارا: معروف‌ترین این دروازه‌های مرزی آستارا است. آستارا که به نوعی یکی از قدیمی‌ترین گمرک‌های تاریخ دار ایران نیز به شمار می‌رود، شهری است در شمالی‌ترین نقطه استان گیلان که در آن سوی مرز بدیلی همنام خود دارد. آستارای ایران، البته بندر هم هست و برنامه‌هایی برای احیای نقش بندری آن به منظور ایفای نقش در دریای خزر نیز وجود دارد.
 - گذرگاه مرزی بیله سوار: دیگر دروازه مرزی ایران و آذربایجان است که در شمال شرق استان اردبیل واقع شده است. بیله‌سوار در نوع خود یکی از دروازه‌های ورودی شهروندان آذربایجانی به ایران به شمار می‌رود. استاندار اردبیل اعلام کرده که روزانه حدود سه هزار نفر (یک میلیون نفر در سال) از اتباع آذربایجان از طریق بیله‌سوار وارد ایران می‌شوند. گمرک بیله‌سوار از بدو تاسیس اتحاد جماهیر شوروی اهمیت خود را از دست داده و به تعطیلی کشانده شده بود، چرا که مبادلات با شوروی از طریق جلفا صورت می‌گرفت؛ اما با استقلال آذربایجان، نیاز به وجود این گمرک زنده شد و به احیای آن انجامید.
 - گذرگاه مرزی جلفا: سومین دروازه مرزی ایران با جمهوری آذربایجان است. جلفا در حقیقت دروازه‌ای است که رو به نخجوان، جمهوری آذربایجان گشوده می‌شود. شهر جلفا در بخش غربی شهرستان جلفا این نقش را ایفا می‌کند. نوردوز هم که یگانه دروازه مرزی ایران - ارمنستان است، در شرق شهرستان جلفا در استان آذربایجان شرقی واقع است. شاید از این جهت بتوان جلفا را تنها شهرستان ایران دانست که با دو کشور هم مرز است و برای هر دو نیز گمرکی مجزا دارد. جلفا، همنامی هم در آن سوی مرز دارد: جلفا یکی از مناطق نخجوان نیز به شمار می‌رود.

- گذرگاه مرزی پلدشت (صنم بلاغی): دیگر دروازه مرزی ایران و جمهوری آذربایجان، شهر پلدشت، از توابع استان آذربایجان غربی است. گمرک پلدشت البته به بزرگی دیگر گمرک‌های مرز ایران و آذربایجان نیست. در پنج‌ماهه نخست سال ۹۱ در حدود ۷۰ هزار نفر از گمرک پلدشت تردد کرده‌اند.

دروازه مرزی ترکیه

- گذرگاه مرزی بازرگان (مرز گوربولاغ): اگر بنا باشد از دروازه‌های مرزی ایران - ترکیه بنویسیم، بازرگان در صدر این فهرست قرار خواهد داشت. بازرگان، در شمال آذربایجان غربی، از توابع شهرستان ماکو به شمار می‌رود. بازرگان به گمرکی تبدیل شده که در سال ۹۰، یک میلیون و پانصد و بیست هزار و در سال ۹۱، ۹۷۰ هزار نفر از طریق آن تردد کرده‌اند و اینک یکی از پرترددترین دروازه‌های مرزی ایران به حساب می‌آید.
- گذرگاه مرزی سرو (مرز اسن دره): شهر سرو، به عنوان دیگر گذرگاه مرزی ایران - ترکیه در سال ۱۳۷۹ و با ادغام چهار روستا (از جمله روستای سرو) تاسیس شد. شهر سرو یکی از شهرهای شهرستان ارومیه به شمار می‌رود و در غرب استان آذربایجان غربی، در محلی نزدیک به نقطه تلاقی مرز عراق، ایران و ترکیه واقع شده است. در ده ماهه میانی سال گذشته، ۳۶۸ هزار نفر از این گمرک تردد کرده‌اند.
- گذرگاه مرزی رازی (مرز کاپی کوی): رازی یکی از دروازه‌های زمینی متفاوت ایران است. این گمرک به دلیل خروج خط آهن از آن اهمیت یافته است. رازی از توابع شهرستان خوی، موقعیتی شمالی تر از مرز سرو و جنوبی تر از مرز بازرگان دارد. مرز رازی از جهتی نزدیک‌ترین مسیر زمینی به ترکیه به شمار می‌رود.

دروازه مرزی عراق

- کشوری که طولانی‌ترین مرز و در عین حال بیشترین مجادلات مرزی را با ایران داشته، یکی از کشورهایی است که ایران دروازه‌های مرزی فراوانی در مرز آن دارد.
- گذرگاه مرزی کیله سردشت، سیرانبند بانه و سیف سقز که در مرزهای تمرچین پیرانشهر و باشماق مریوان، ایران و عراق دارای شهرک‌های مشترک صنعتی نیز هستند.
- گذرگاه مرزی خسروی (منذریه، دولت مرکزی عراق) : مرز خسروی واقع در شهرستان قصر شیرین، یکی از شهرستان‌های استان کرمانشاه است.

- گذرگاه مرزی پرویزخان (خانقین، دولت مرکزی عراق) : در قصر شیرین، دروازه مرزی دیگری هم وجود دارد. پرویزخان که تردد زائران از آن ممنوع است، چرا که استفاده از آن صرفاً به منظور تردد مسافرانی صورت می‌گیرد که قصد سفر به اقلیم کردستان عراق را دارند.
- گذرگاه مرزی تمرچین (اقلیم کردستان عراق) – (حاجی عمران): از توابع شهرستان پیرانشهر، یکی از شهرستان‌های آذربایجان غربی از جمله دیگر دروازه‌های مرزی ایران و عراق به شمار می‌رود. سال گذشته ۶۳۴ هزار مسافر از طریق این دروازه مرزی تردد کرده‌اند.
- گذرگاه مرزی مهران (زرباطیه): در استان ایلام قرار دارد و به سبب نزدیکی به شهرهای مذهبی عراق و امنیت مسیر منتهی به اماکن مذهبی در کشور عراق، یکی از مهم‌ترین مرزها برای تردد مسافرانی است که قصد زیارت عتبات عالیات را دارند. تردد انفرادی از مرز مهران امکان‌پذیر نیست و تنها کاروان‌های دارای مجوز از سازمان حج و زیارت قادر به تردد از این مرز هستند.
- گذرگاه مرزی باشماق (اقلیم کردستان عراق) : مرزی است که مابین کردستان ایران و سلیمانیه عراق واقع شده است. باشماق در ۱۵ کیلومتری مریوان و از مناطق این شهرستان به شمار می‌رود. باشماق از جمله مرزهایی است که مدت‌ها پیش از رسمیت یافتن به عنوان یک مرز غیر رسمی به فعالیت می‌پرداخته و منطقه‌ای مهم برای جابه‌جایی کالا بوده است. اینک باشماق علاوه بر اهمیت اقتصادی، اهمیت گردشگری یافته و به یکی از مرزهای پرتردد تبدیل شده است.
- گذرگاه مرزی شلمچه: یکی از نام‌آشنا‌ترین مرزهای ایران و عراق باشد. شلمچه یکی از روستاهای شهرستان خرمشهر در جنوب غربی ایران است که البته همنامی نیز در آن سوی مرزها دارد. در سال‌های اخیر شلمچه تبدیل به یکی از دروازه‌های مرزی ایران شده است و حجم قابل توجهی از زائران از آن تردد می‌کنند. البته تردد زائران به صورت انفرادی از مرز شلمچه ممنوع است.
- گذرگاه مرزی چذابه (الشیب)
- گذرگاه مرزی سومار (مندلی)

- گذرگاه شیخ صالح (دولت مرکزی عراق)

دروازه مرزی پاکستان

- میرجاوه: میرجاوه اصلی‌ترین دروازه ایران در مرز پاکستان است. این شهر در ۷۵ کیلومتری جنوب شرقی زاهدان و در میانه محدوده مرزی استان سیستان و بلوچستان واقع شده است.
- مرز کوهک: دیگر دروازه مرزی، مرز کوهک، از توابع شهرستان سراوان در استان سیستان و بلوچستان است. این دروازه مرزی به منظور ترانزیت کالا و بهبود وضعیت معیشتی مردم منطقه تاسیس شده است. به طور کلی دروازه‌های مرزی استان سیستان و بلوچستان دروازه‌های تازه تاسیس و رو به رو شدند که هنوز برای ارتقای جایگاه اقتصادی آنان ظرفیت‌های فراوانی وجود دارد.
- جالق: شهری در بخش جالق شهرستان سراوان استان سیستان و بلوچستان ایران است. که از شرق به کشور پاکستان از غرب به سردشت و از جنوب و جنوب غرب به سراوان و از شمال غرب به خاش و میرجاوه منتهی می‌شود
- پیشین
- ریمدان

دروازه مرزی افغانستان

- میلک: گذرگاه مرزی میلک که از روستاهای شهرستان هیرمند، از توابع استان سیستان و بلوچستان بوده و در ۴۵ کیلومتری زابل واقع شده است، یکی از دروازه‌های مرزی ایران و افغانستان به حساب می‌آید. میلک در مجاورت ولایت نیمروز افغانستان واقع شده است.
- دوغارون: مهم‌ترین کریدور مرزی با افغانستان، دوغارون است. دوغارون از توابع تایباد در استان خراسان رضوی است. فاصله آن با تایباد ۱۵ کیلومتر و با هرات ۱۳۵ کیلومتر است. دوغارون در دولت دهم به منطقه ویژه اقتصادی ارتقا پیدا کرد. این گذرگاه در جاده ابریشم جدید نیز قرار دارد.
- ماهیرو
- گمشاد

دروازه مرزی ترکمنستان

- سرخس، اینچه برون، باجگیران و لطف‌آباد از دروازه‌های مرز ترکمنستان به شمار می‌روند.

- گذرگاه مرزی شهرستان سرخس : مرز سرخس، با فروپاشی شوروی و احداث پل رودخانه تجن ایجاد شد. سرخس در شمال شرقی ایران واقع است و بخشی از اهمیت آن هم به نزدیکی اش به افغانستان باز می‌گردد. سرخس در ابتدا نقش مرز ریلی را ایفا می‌کرد و بعدها به عنوان مرزی برای تردد کامیون‌ها نیز در نظر گرفته شد. سرخس ۱۸۶ کیلومتر با مشهد فاصله دارد.
- گذرگاه مرزی باجگیران – قوچان: دیگر مرز ایران و ترکمنستان، باجگیران از توابع شهرستان قوچان در خراسان رضوی است.
- گذرگاه مرزی لطف آباد شهرستان درگز : واقع در شهرستان درگز از توابع خراسان رضوی است. لطف‌آباد به عشق‌آباد نزدیک‌تر است تا مشهد؛ ۹۰ کیلومتر تا اولی و ۲۹۵ کیلومتر تا دومی.
- گذرگاه مرزی اینچه برون استان گلستان: اینچه برون شهری مرزی در شهرستان گنبد کاووس، شمال استان گلستان و در مرز کشور ترکمنستان قرار دارد.

مرزهای دریایی

- کشور ایران به طول ۲۴۴۰ کیلومتر دارای مرز دریایی می باشد که در ادامه لیست شهرها آورده شده است.
- از طریق دریای خزر: استان‌های گیلان مازندران گلستان از طریق دریای خزر با کشورهای دیگر مرز مشترک دارند.
- استان گیلان: آستارا، آستانه اشرفیه، بندرانزلی، رضوانشهر و طوالش
 - استان مازندران: بابلسر ، فریدونکنار، بهشهر، گلوگاه، تنکابن، عباس آباد، چالوس، رامسر، محمود آباد، نکا، نور، نوشهر، جویبار و میانرود
 - استان گلستان: بندرگز، بندر ترکمن و گمیشان
- از طریق دریای عمان و خلیج فارس: استان‌های زیر از طریق خلیج فارس با کشورهای دیگر همسایه هستند.
- استان خوزستان: آبادان، بندرماهشهر، شادگان و هندیجان
 - استان بوشهر: بوشهر، تنگستان، دشتی، دیر، دیلم، کنگان، عسلویه و گناوه
 - استان هرمزگان: بندرعباس، بندر خمیر، بندرلنگه، پارسیان، سیریک، جاسک و میناب
 - استان سیستان و بلوچستان: چابهار و کنارک

با توجه به توضیحات فوق وجود یک برنامه جامع برای کشوری با این وسعت مرزی جهت مقابله با تهدیدات همسایگان بسیار ضروری می باشد. در بخش پایانی این مقاله قصد داریم به بررسی تحرکات و اقدامات کشور جمهوری آذربایجان در منطقه پیردازیم و برای جلوگیری از حمله این کشور به مرزهای مشترک زمینی ایران و آذربایجان به تخصیص و پوشش مناسب نیروهای زمینی در چهار استان هم مرز (گیلان، اردبیل، آذربایجان غربی و آذربایجان شرقی) توسط یگان های زمینی موجود در منطقه عملیاتی پیردازیم. برای این منظور در ادامه به بررسی تنش های بین ایران و جمهوری آذربایجان می پردازیم.

مبانی نظری و پیشینه های پژوهش

پیشینه های پژوهشی

مدل های نظریه بازی ها در دهه ۱۹۵۰ در تئوری اقتصادی و علوم سیاسی مورد استفاده قرار گرفت. در دهه ۷۰ نظریه بازی ابتدا به عنوان ابزاری در زیست شناسی تکاملی مورد استفاده قرار گرفت. نتیجتاً چارچوب نظریه بازی در تئوری اقتصاد خرد نفوذ پیدا کرد و در بسیاری از شاخه های دیگر از اقتصاد و دامنه عظیمی از علوم رفتاری و اجتماعی مورد استفاده قرار گرفت. جایزه نوبل سال ۱۹۹۴ در اقتصاد به سه تئوریسین نظریه بازی یعنی جان هارسنی^۱، جان نش^۲ و ریهار سلتن^۳ اهدا شد. جان نش از جمله نظریه پردازان در نظریه بازی ها بود که به استخدام پنتاگون درمی آید تا در اوایل دهه پنجاه و در اوج جنگ سرد به مبارزه با جاسوسان روس پردازد. کاهن^۴ در مقاله ای که در ارتباط با دریافت جایزه نوبل اقتصاد در سال ۱۹۹۴ می باشد، بیان می کند که این یک حقیقت تاریخی است که حمایت مالی اصلی برای تحقیق در نظریه بازی توسط آژانس نظامی آمریکا صورت گرفته است. او من بیان میکند که « کاربرد اصلی نظریه بازی درباره مسائل تاکتیکی نظامی مانند دفاع موشکی و غیره بود ». فن نیومن^۵ یکی از اعضای اصلی پروژه مانهاتن بود که این پروژه به تحقیق و توسعه در ارتباط با تولید اولین سلاح های اتمی بعد از جنگ جهانی دوم می پرداخت که با همکاری آمریکا، انگلستان و کانادا بین سال های ۱۹۴۲ تا ۱۹۴۶ در جریان بود.

عملیات های نظامی در محیط عدم قطعیت انجام می شوند که این عدم قطعیت ناشی از اقدامات غیرقابل پیش بینی دشمن است. البته نوع دیگری از عدم قطعیت نیز وجود دارد، برای مثال در

¹ John Harsney

² John Nash

³ Rihard Selton

⁴ Kohen

⁵ Fan Newman

پرتاب یک موشک و برخورد آن به هدف، عدم قطعیت ناشی از طبیعت وجود دارد. بسیاری از موقعیت‌هایی که در زندگی روزمره با آن‌ها روبرو می‌شویم نیز می‌تواند شامل هر یک از این عدم قطعیت‌ها باشد. تحلیلگر ممکن است دو خط دید متفاوت را در برخورد با این موقعیت‌ها دنبال کند. یک خط دید، تجربی و آزمایشی است و منجر به بازی جنگ می‌شود. خط دید دیگر نظری است و منجر به نظریه بازی می‌شود. نظریه بازی از روش‌های ریاضی برای تحلیل تصمیم‌گیری‌ها در شرایط تضاد استفاده می‌کند. هدف نظریه بازی تعیین رفتار بازیکن (تصمیم‌گیرنده) است به طوری که منافع بازیکن در مقابل راهبرد حریف بهینه شود. هر دو خط دید معایب و مزایایی دارند. به نظر مولفان ترکیبی از دو روش می‌تواند بسیار مفید باشد. در حقیقت می‌توان از نظریه بازی به عنوان پشتیبان تصمیم‌فرماندهی در بازی جنگ استفاده کرد. در این صورت انتخاب راهکارها به ترکیبی از تجربه و قضاوت خبرگان و مدل‌های ریاضی منجر می‌شود.

در این مقاله برای مدل سازی حملات کشورهای همسایه به مرزهای خاکی کشور از بازی امنیتی استفاده می‌شود. در این مدل، نیروی زمینی در ابتدا راهبرد خود را اتخاذ می‌کند، سپس کشور همسایه متخاصم با مشاهده راهبرد نیروی زمینی، بهترین راهبرد خود را انتخاب می‌کند. با توجه به اینکه کشور همسایه راهبرد نیروی زمینی و خلأهای امنیتی رامشاهده می‌کنند، اتخاذ راهبرد برای نیروی زمینی بسیار سخت خواهد بود. نیزوی زمینی می‌داند که پس از اتخاذ تصمیم، کشور همسایه از این تصمیم اطلاع یافته و به دنبال راهی برای حمله با وارد کردن بیشترین خسارت و متحمل شدن کمترین هزینه می‌باشند. برای کمک به نیزوی زمینی در انتخاب راهبرد تصادفی سازی در بازی امنیتی پیشنهاد میشود. از طرفی در مدل‌سازی بازی از نظرات کارشناسان نظامی خبره در اعمال عایدی‌های بازیکنان برای هر پیامد بازی استفاده می‌شود. با توجه به فهم مبهم کارشناسان و اطلاعات نادقیق آن‌ها، مدل بازی شامل عدم قطعیت خواهد بود که برای رفع این مشکل، استفاده از نظریه فازی پیشنهاد می‌شود. با توجه به اهمیت این موضوع، در این پژوهش، مدل سازی تهدیدات امنیتی در محیط عدم قطعیت مورد مطالعه قرار گرفته و سپس روشی برای محاسبه راهبرد بهینه نیروی زمینی ارائه می‌شود.

مبانی نظری پژوهش

در این بخش مقدماتی از مفاهیم مجموعه‌های فازی و بازی‌های امنیتی که مورد نیاز بخش‌های آتی است، مرور می‌شود.

مفاهیم اولیه مجموعه های فازی

یک مجموعه فازی به صورت زیر مجموعه \hat{Y} از مجموعه مرجع Y با تابع عضویت $\sigma_{\hat{Y}}: Y \rightarrow [0,1]$ تعریف می شود که به هر عنصر $y \in Y$ یک عدد حقیقی $\sigma_{\hat{Y}}(y)$ از بازه $[0,1]$ تخصیص می دهد [۱].

تبصره ۱: بدیهی است که هر مجموعه ی معمولی مانند A را می توان مجموعه ای فازی در نظر گرفت که تابع عضویت آن، همان تابع نشانگر مجموعه A است.

تعریف ۱. مجموعه فازی \hat{Y} از مجموعه اعداد حقیقی را که تابع عضویت آن $\sigma_{\hat{Y}}(y)$ در شرایط زیر صدق کند، یک عدد فازی گویند [۱].

(۱) $\sigma_{\hat{Y}}: Y \rightarrow R$ یک تابع نیمه پیوسته باشد

(۲) در خارج از بازه ای مانند $[a, d]$ ، $\sigma_{\hat{Y}}(y) = 0$

(۳) اعدادی حقیقی مانند b, c موجود باشند به طوری که $a \leq b \leq c \leq d$ و

الف) $\sigma_{\hat{Y}}(y)$ در $[a, b]$ صعودی باشد،

الف) $\sigma_{\hat{Y}}(y)$ در $[c, d]$ نزولی باشد،

ج) در $[b, c]$ ، $\sigma_{\hat{Y}}(y) = 1$.

برای هر $\alpha \in (0,1)$ ، α -برش مجموعه فازی \hat{Y} که با \hat{Y}_α نمایش داده می شود یک مجموعه معمولی است که به صورت

$$\hat{Y}_\alpha = \{y | \sigma_{\hat{Y}}(y) \geq \alpha\}$$

تعریف می شود و چنانچه $\alpha = 0$ ، به صورت $cl\{y | \sigma_{\hat{Y}}(y) > 0\}$ تعریف می شود که cl به معنی بستار مجموعه است. تکیه گاه \hat{Y} که با $Supp \hat{Y}$ نمایش داده می شود، مجموعه ی تمام نقاط $y \in Y$ است که $\sigma_{\hat{Y}}(y) > 0$.

هر α - برش عدد فازی \hat{Y} یک بازه ی بسته به صورت $[y_\alpha^L, y_\alpha^R]$ است که در آن

$$y_\alpha^L = \inf\{y \in R | \sigma_{\hat{Y}}(y) \geq \alpha\}, y_\alpha^R = \sup\{y \in R | \sigma_{\hat{Y}}(y) \geq \alpha\}$$

عدد فازی مثلثی $\hat{Y} = (y^l, y^m, y^r)$ یک عدد فازی خاص است که تابع عضویت آن به صورت زیر می باشد:

$$\sigma_{\dot{y}}(y) = \begin{cases} \frac{(y - y^l)}{(y^m - y^l)} & y^l \leq y \leq y^m \\ \frac{(y^r - y)}{(y^r - y^m)} & y^m \leq y \leq y^r \\ 0 & OW \end{cases}$$

که در آن y^m نقطه میانی و y^l و y^r به ترتیب نقاط انتهایی چپ و راست $Supp \dot{y}$ می باشند. از رابطه ی فوق به سادگی نتیجه می شود که هر عدد فازی مثلثی را می توان مستقیماً از -۰ برش و ۱ -برش آن به دست آورد. در واقع

$$[y_{\alpha}^L, y_{\alpha}^R] = \alpha \dot{y}_1 + (1 - \alpha) \dot{y}_0$$

بازی های چند هدفی امنیتی

مطالب این بخش از مرجع مرور می شود [۲].

بازی امنیتی چند هدفی یک بازی چند نفره بین یک مدافع و n نوع مهاجم است. مدافع سعی دارد تا با استفاده از m منبع یکسان امنیتی از اهداف $T = \{1, 2, \dots, p\}$ محافظت کند که m منبع به صورت پیوسته در بین اهداف توزیع شده است و $p \geq m$. این مسئله با مدل استاکلبرگ سازگار است که در آن مدافع راهبرد خود را انتخاب کرده و مهاجمان با مشاهده ی این انتخاب، بهترین پاسخ را می دهند. راهبرد مدافع را می توان به صورت یک بردار پوشش $C = (c_1, \dots, c_p) \in C$ نشان داد که در آن به ازای $k = 1, 2, \dots, p$ مقدار پوشش داده شده از هدف k است و احتمال موفقیت مدافع را در جلوگیری از هر حمله ای به هدف k نشان می دهد. در این مسئله فرض می شود که هزینه ی پوشش هر هدف با منابع در دسترس، یکسان است. تقسیم این منابع به صورت محض برای مدافع مناسب نخواهد بود زیرا در این حالت ممکن است برخی اهداف را پوشش ندهد و مهاجمان از این نقطه ضعف برای حمله به این اهداف استفاده کنند. بنابراین مدافع راهبردهای آمیخته را در نظر می گیرد که در آن منابع به مجموعه ی بزرگتری از اهداف تخصیص می یابند. این در حالی است که مهاجمان قادرند این راهبردهای آمیخته را مشاهده کنند. فضای راهبرد مدافع به صورت زیر نمایش داده می شود:

$$C = \{c = (c_1, \dots, c_p) \mid 0 \leq c_k \leq 1, k = 1, \dots, p, \sum_{k \in T} c_k \leq m\}$$

راهبرد آمیخته برای مهاجم نوع i با بردار $a_i = (a_i^1, a_i^2, \dots, a_i^p)$ نمایش داده می شود که در آن a_i^k احتمال حمله مهاجم نوع i به هدف k است.

فرض کنید $U_i^{c,d}(k) = [U_i^{c,dL}(k), U_i^{c,dR}(k)]$ نشان دهنده ی مطلوبیت مدافع باشد زمانی که k توسط مهاجم نوع i انتخاب شده باشد و از طرف مدافع پوشش داده شده باشد. اگر

$$U_i^{u,d}(k) = [U_i^{u,dL}(k), U_i^{u,dR}(k)]$$

نمایش داده می شود. مطلوبیت مهاجم به طور مشابه با $U_i^{c,a}(k)$ و $U_i^{u,a}(k)$ نمایش داده می شود که به صورت بازه ای نمایش داده می شوند. در حقیقت در این مدل بازی برای هر هدف k ، چهار عایدی وجود دارد که دو عایدی برای مدافع در دو حالت پوشش و عدم پوشش هدف است و دو عایدی برای مهاجم نوع i در این دو حالت است.

برای یک نمایه ی راهبرد (c, a_i) در بازی بین مدافع و مهاجم نوع i ، مطلوبیت های مورد انتظار برای دو بازیکن به ترتیب به صورت زیر است:

$$\begin{aligned} & [U_i^{dL}(c, a_i), U_i^{dR}(c, a_i)] \\ & = \left[\sum_{k \in T} a_i^k U_i^{dL}(c_k, k), \sum_{k \in T} a_i^k U_i^{dR}(c_k, k) \right] \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} & [U_i^{aL}(c, a_i), U_i^{aR}(c, a_i)] \\ & = \left[\sum_{k \in T} a_i^k U_i^{aL}(c_k, k), \sum_{k \in T} a_i^k U_i^{aR}(c_k, k) \right] \end{aligned} \quad (2)$$

که در آن

$$\begin{aligned} U_i^{dL}(c_k, k) &= c_k U_i^{c,dL}(c_k, k) + (1 - c_k) U_i^{u,dL}(c_k, k) \\ U_i^{dR}(c_k, k) &= c_k U_i^{c,dR}(c_k, k) \\ &+ (1 - c_k) U_i^{u,dR}(c_k, k) \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} U_i^{aL}(c_k, k) &= c_k U_i^{c,aL}(c_k, k) + (1 - c_k) U_i^{u,aL}(c_k, k) \\ U_i^{aR}(c_k, k) &= c_k U_i^{c,aR}(c_k, k) \\ &+ (1 - c_k) U_i^{u,aR}(c_k, k) \end{aligned} \quad (4)$$

به ترتیب کران های چپ و راست عایدی دریافت شده ی مدافع و مهاجم نوع A هستند در صورتی که به هدف k حمله شده باشد و به مقدار c_k پوشش داده شده باشد.

با توجه به نحوه تصمیم گیری در بازی امنیتی و در نظر گرفتن همزمان مهاجمان، مدل بازی به صورت یک مسأله برنامه ریزی دوسطحی زیر ارائه می شود:

$$\max_{c \in C} ([U_1^{dL}(c, a_1), U_1^{dR}(c, a_1)], \dots, [U_n^{dL}(c, a_n), U_n^{dR}(c, a_n)])$$

$$\sum_{k=1}^p c_k \leq m$$

$$0 \leq c_k \leq 1, k = 1, \dots, p$$

که در آن a_i جواب مساله زیر است

$$\max_{a_i} ([U_i^{aL}(c, a_i), U_i^{aR}(c, a_i)])$$

$$\sum_{k=1}^p a_i^k = 1$$

$$0 \leq a_i^k, \quad k = 1, \dots, p, \quad i = 1, \dots, n$$

با به کار بردن شرایط کرش کان تاگر در سطح پایین مسأله فوق، مسأله به صورت زیر بازنویسی می شود [۳].

$$\max_{c \in C} ([U_1^{dL}(c, a_1), U_1^{dR}(c, a_1)], \dots, [U_n^{dL}(c, a_n), U_n^{dR}(c, a_n)])$$

$$\sum_{k=1}^p c_k \leq m$$

$$0 \leq c_k \leq 1, k = 1, \dots, p$$

$$\lambda_i^L \frac{\partial U_i^{aL}(c, a_i)}{\partial a_i^k} + \lambda_i^R \frac{\partial U_i^{aR}(c, a_i)}{\partial a_i^k} - \mu_0^i + \mu_k^i = 0,$$

$$k = 1, \dots, p, \quad i = 1, \dots, n$$

$$\mu_k^i a_i^k = 0, \quad k = 1, \dots, p, \quad i = 1, \dots, n$$

$$\sum_{k=1}^p a_i^k = 1, \quad i = 1, \dots, n$$

$$a_i^k \geq 0, \quad k = 1, \dots, p, \quad i = 1, \dots, n$$

$$\mu_k^i \geq 0, \quad \lambda_i^L, \lambda_i^R \geq 0, \quad k = 1, \dots, p, \quad i = 1, \dots, n$$

همانگونه که ملاحظه می کنید، محاسبه راهبردهای بهینه مدافع منجر به حل مسأله بهینه سازی چندهدفی با اهداف بازه مقدار شده است. با در نظر گرفتن احتمال برخورد مدافع با هر مهاجم، می توان وزن هر هدف را در مسأله بهینه سازی چندهدفی فوق تعیین کرد. لذا با اعمال این وزن ها در مسأله فوق داریم:

$$\max_{c \in C} \left(\sum_{i=1}^n \omega_i U_i^{dL}(c, a_i), \sum_{i=1}^n \omega_i U_i^{dR}(c, a_i) \right)$$

$$\sum_{k=1}^p c_k \leq m$$

$$0 \leq c_k \leq 1, k = 1, \dots, p$$

$$\lambda_i^L \frac{\partial U_i^{aL}(c, a_i)}{\partial a_i^k} + \lambda_i^R \frac{\partial U_i^{aR}(c, a_i)}{\partial a_i^k} - \mu_0^i + \mu_k^i = 0, \\ k = 1, \dots, p, \quad i = 1, \dots, n$$

$$\mu_k^i a_i^k = 0, \quad k = 1, \dots, p, \quad i = 1, \dots, n$$

$$\sum_{k=1}^p a_i^k = 1, \quad i = 1, \dots, n$$

$$a_i^k \geq 0, \quad k = 1, \dots, p, \quad i = 1, \dots, n$$

$$\mu_k^i \geq 0, \quad \lambda_i^L, \lambda_i^R \geq 0, \quad k = 1, \dots, p, \quad i = 1, \dots, n$$

اکنون با در نظر گرفتن مرکز بازه، محاسبه راهبردهای بهینه مدافع منجر به حل مسأله برنامه ریزی ریاضی تک هدفی زیر می شود.

$$\max_{c \in C} \left(\sum_{i=1}^n \omega_i U_i^{dL}(c, a_i), \sum_{i=1}^n \omega_i U_i^{dR}(c, a_i) \right)$$

$$s. t \quad \sum_{k=1}^p c_k \leq m$$

$$0 \leq c_k \leq 1, \quad k = 1, \dots, p$$

$$\lambda_i^L \frac{\partial U_i^{aL}(c, a_i)}{\partial a_i^k} + \lambda_i^R \frac{\partial U_i^{aR}(c, a_i)}{\partial a_i^k} - \mu_0^i + \mu_k^i = 0,$$

$$k = 1, \dots, p, \quad i = 1, \dots, n$$

$$\mu_k^i a_i^k = 0, \quad k = 1, \dots, p, \quad i = 1, \dots, n$$

$$\sum_{k=1}^p a_i^k = 1, \quad i = 1, \dots, n$$

$$a_i^k \geq 0, \quad k = 1, \dots, p, \quad i = 1, \dots, n$$

$$\mu_k^i \geq 0, \quad \lambda_i^L, \lambda_i^R \geq 0, \quad k = 1, \dots, p, \quad i = 1, \dots, n$$

برای حل این مساله به ازای هر α می توان از روش های مختلفی استفاده کرد و هم چنین می توان نرم افزارهایی مانند گمز، لینگو و... را برای حل این مسأله به کاربرد [۴]. مدافع با مشاهده راهبرد های به دست آمده به ازای هر α راهبرد متناظر خود را انتخاب می کند. ولی برای انتخاب یک راهبرد مشخص و رضایت بخش باید مسأله را به ازای یک α معین حل کرد.

مدل سازی بازی امنیتی چندهدفی در امنیت مرزهای زمینی

مدل بازی ارائه شده در این مقاله، مدل امنیتی چند هدفی را مورد بررسی قرار می دهد. نمونه این بازی در جهان واقعیت انتخاب راهبرد مناسب در امنیت مرزهای زمینی است و نویسندگان سعی دارند تا با مدل سازی آن اقدامات و عایدی بازیکنان را شرح دهند.

بررسی عوامل مدل سازی امنیت مرزها در مرز مشترک ایران و جمهوری آذربایجان

نزدیکی باکو به اسرائیل در حوزه های نظامی و تجاری موجبات نگرانی ایران را فراهم کرده است. این نگرانی با اقدامات خرابکارانه اسرائیل علیه برنامه هسته ای ایران تشدید شده است. "نگرانی ایران از ارتباط باکو با اسرائیل موضوع تازه ای نیست اما برگزاری مانورهای نظامی اخیر در دو سوی مرز غیرمعمول و نشان دهنده افزایش غیرمنتظره تنش میان دو کشور است. بروز هرگونه

درگیری نظامی میان تهران و باکو باعث ورود روسیه و ترکیه به ماجرا می‌شود به خصوص آنکه آنکارا با باکو توافق حمایت نظامی در صورت هدف حمله قرار گرفتن باکو را امضا کرده است. بسیاری از کشورها در حال رقابت با یکدیگر برای گسترش نفوذ در منطقه قفقاز هستند؛ چرا که این منطقه از نظر ژئواستراتژیک و دارا بودن منابع طبیعی حائز اهمیت است. "ذوالفقار آقایف" و "گلناز متولی" در گزارشی در شبکه خبری "بلومبرگ" اشاره کرده‌اند که تشدید تنش میان تهران و باکو می‌تواند برای خطوط نفتی و انتقال انرژی از جمله گاز طبیعی به غرب مخاطره‌آفرین باشد.

"بلومبرگ" می‌نویسد: "ایران مدعی است که جمهوری آذربایجان به اسرائیل اجازه داده تا نفوذ خود را در قفقاز افزایش دهد و به مرز ایران نزدیک شود؛ ادعایی که "الهام علی اف" رئیس جمهوری آذربایجان آن را تکذیب کرده است. نزدیکی باکو به اسرائیل در حوزه‌های نظامی و تجاری موجبات نگرانی ایران را فراهم کرده است. این نگرانی با اقدامات خرابکارانه اسرائیل علیه برنامه هسته‌ای ایران تشدید شده است. بلمبرگ در این گزارش می‌افزاید: "ادامه تنش میان تهران و باکو می‌تواند پروژه‌های انرژی باکو را در منطقه در معرض خطر قرار دهد. بریتیش پترولیوم و شرکایش، سرمایه‌گذاری‌ای به ارزش بیش از ۷۰ میلیارد دلار در حوزه انرژی و توسعه حمل و نقل در جمهوری آذربایجان از سال ۱۹۹۴ میلادی به این سو انجام داده‌اند. در میان این پروژه‌ها، طرح اتصال خط لوله خزر به بندر ترکی جیهان در مدیترانه به طول ۱۷۶۷ کیلومتر، پروژه‌ای قابل توجه است. همچنین، باکو به رسیدن خطوط لوله انتقال گاز طبیعی به اروپا از طریق گرجستان و ترکیه به طول ۳۵۰۰ کیلومتر کمک کرده‌اند. باکو از ۳۱ دسامبر صادرات گاز به کشورهای عضو اتحادیه اروپا از جمله یونان و ایتالیا را از طریق کریدور گاز جنوب مورد حمایت آمریکا آغاز کرده است.

علاوه بر آن، باکو یکی از اصلی‌ترین صادرکنندگان نفت به اسرائیل است و در مقابل از فناوری‌های نظامی پیشرفته اسرائیل از جمله پهپادها و تسلیحاتی بهره‌مند شده که به "علی اف" در پیروزی در جنگ بر ارمنستان کمک کردند.

طبق گزارش انستیتو تحقیقات صلح استکهلم، اسرائیل دومین صادرکننده تسلیحاتی به جمهوری آذربایجان در فاصله سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۰ میلادی پس از روسیه بوده است و این میزان ۱۷ درصد از کل صادرات تسلیحات سنگین اسرائیل به کشورهای دیگر را در فاصله سال‌های ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۰ شامل می‌شود.

نکته جالب توجه؛ اگرچه بسیاری از مقام‌های اسرائیلی در سالیان گذشته مهمان باکو بوده‌اند اما هیچ یک از مقام‌های باکو به دلیل حساسیت بالای ارتباط با اسرائیل نزد مسلمانان از تل‌آویو یا

بیت‌المقدس بازدید رسمی نکرده‌اند. اسرائیل دارای سفارتخانه در باکو است اما جمهوری آذربایجان دفتر دیپلماتیکی در تل‌آویو افتتاح نکرده است. نگرانی ایران از ارتباط باکو با اسرائیل موضوع تازه‌ای نیست اما برگزاری مانورهای نظامی اخیر در دو سوی مرز غیرمعمول و نشان‌دهنده افزایش غیرمنتظره تنش میان دو کشور است.

بروز هرگونه درگیری نظامی میان تهران و باکو باعث ورود روسیه و ترکیه به ماجرا می‌شود به خصوص آنکه آنکارا با باکو توافق حمایت نظامی در صورت هدف حمله قرار گرفتن باکو را امضا کرده است. ترکیه اکنون در کنار روسیه نیروهای صلح‌بان را در منطقه مستقر کرده است. روسیه در ارمنستان دارای پایگاه نظامی است و روابطش با باکو پس از جنگ قره‌باغ به تیرگی گرائیده و چندان با مفاد توافق آتش‌بس موافق نبوده است. استان‌ها و شهرهای هم‌مرز ایران و آذربایجان شامل استان‌های گیلان، اردبیل و آذربایجان شرقی با خاک اصلی جمهوری آذربایجان و استان‌های آذربایجان شرقی و آذربایجان غربی با جمهوری خودمختار نخجوان مرز مشترک دارند. از طرفی آذربایجان غربی تنها استان جمهوری اسلامی ایران است که با ترکیه مرز اشتراکی دارد.

نمونه کاربردی

همان‌گونه که بیان شد در دنیای واقعی مسأله بسیارگسترده و پیچیده است، با این حال در این بخش برای بیان کاربرد و نحوه کار روش پیشنهادی مثال بسیار ساده‌ای ارائه می‌شود. توجه کنید که این مثال واقعی نیست و سناریو و داده‌ها کاملاً ساختگی و دور از واقعیت در مقیاس کوچک است. اکنون فرض کنید بازی امنیتی مذکور بین ایران (مدافع) و جمهوری آذربایجان (مهاجم) به صورت جدول زیر نمایش داده شود.

جدول (۱)

آذربایجان غربی		گیلان		اهداف
عدم پوشش	پوشش	عدم پوشش	پوشش	وضعیت
(۱-،۲-،۳-)	(۱،۲،۴)	(۰،۰،۰)	(۰،۱،۲)	ایران
(۳،۵،۶)	(۰،۰،۰)	(۰،۱،۲)	(۱،۰-،۲-)	جمهوری آذربایجان و ترکیه

جدول (۲)

اردبیل		آذربایجان شرقی		اهداف
عدم پوشش	پوشش	عدم پوشش	پوشش	وضعیت
(۲،۳،۵)	(۹،۱۰،۱۱)	(۱-،۲-،۳-)	(۳،۵،۶)	ایران
(۹،۱۰،۱۱)	(۱،۰-،۲-)	(۲،۴،۵)	(۱،۰-،۲-)	جمهوری آذربایجان و ترکیه

جدول ۱ و ۲ نمایش دهنده بازی امنیتی بین ایران بعنوان مدافع و جمهوری آذربایجان و ترکیه عنوان مهاجم مورد است. سطرهای جداول نمایش دهنده بازیکنان (مدافع و مهاجم) و ستون ها نمایش دهنده اهداف مورد نظر است. عایدی های بازیکنان در دو حالت پوشش دادن هدف و عدم پوشش هدف ارائه شده است. C_1 نشان دهنده میزان پوشش ایران از استان گیلان است و احتمال موفقیت ایران را در جلوگیری از هر حمله ای به این استان نشان می دهد. C_2 نشان دهنده میزان پوشش ایران از استان آذربایجان غربی است و احتمال موفقیت ایران را در جلوگیری از هر حمله ای به این استان نشان می دهد. C_3 نشان دهنده میزان پوشش ایران از استان آذربایجان شرقی است و احتمال موفقیت ایران را در جلوگیری از هر حمله ای به این استان نشان می دهد. C_4 نشان دهنده میزان پوشش ایران از استان اردبیل است و احتمال موفقیت ایران را در جلوگیری از هر حمله ای به این استان نشان می دهد. در این مساله فرض این است که منابع امنیتی ایران برای دفاع از ۴ استان مرزی ۳ باشد که میتواند برای مثال بیانگر حضور ۳ لشکر برای دفاع از این ۴ استان مرزی باشد. همانطور که می دانید برای قرار دادن عایدی های بازی از نظرات خبرگان استفاده می شود. برای این کار، پرسشنامه مناسبی تهیه و در اختیار کارشناسان متخصص حوزه مربوطه قرار میگیرد. با استفاده از پاسخ های به دست آمده می توان مقادیر عایدی را مشخص کرد. در مثالی که در ادامه توضیح داده می شود عایدی های ماتریس ها به صورت ساختگی و البته منطقی وارد شده است به دلیل فهم مبهم کارشناسان از عایدی ها، این مقادیر به صورت اعداد فازی مثلثی نمایش داده شده اند. برای استفاده از مدل برنامه ریزی پیشنهاد شده در تحقیق، با استفاده از α -برش های اعداد فازی مثلثی، عایدی ها به صورت بازه ای نوشته می شوند. مدافع با بررسی های لازم و تشکیل جلسات با خبرگان و کارشناسان متخصص حوزه به دنبال یک برنامه راهبردی جهت ایجاد حداکثر امنیت موجود در استان ها است. او می خواهد با استفاده از منابع امنیتی محدودی که در اختیار دارد به بیشترین امنیت لازم برسد و می داند که پس از انتخاب راهبرد، مهاجم آن را مشاهده کرده و بهترین راهبرد را در مقابل آن انتخاب خواهد کرد. بنابراین با مدل سازی مسأله به صورت یک بازی امنیتی و با در نظر گرفتن موارد مذکور و طبق توضیحاتی که در متن مقاله ارائه شده است، ایران به دنبال حل مسأله برنامه ریزی ریاضی زیر برای محاسبه راهبرد بهینه است:

$$\max a_1^1 c_1(\alpha) + a_1^2 c_2(\alpha + 1) + a_1^2(1 - c_2)(\alpha - 3) + a_1^3 c_3(2\alpha + 3) + a_1^3(1 - c_3)(\alpha - 3) + a_1^4 c_4(\alpha + 9) + a_1^4(1 - c_4)(\alpha + 2)$$

s.t

$$a_1^1 c_1(\alpha) + a_1^2 c_2(\alpha + 1) + a_1^2(1 - c_2)(\alpha - 3) + a_1^3 c_3(2\alpha + 3) + a_1^3(1 - c_3)(\alpha - 3) + a_1^4 c_4(\alpha + 9) + a_1^4(1 - c_4)(\alpha + 2) \leq$$

$$a_1^1 c_1 (-\alpha + 2) + a_1^2 c_2 (-2\alpha + 4) + a_1^2 (1 - c_2) (-\alpha - 1) + a_1^3 c_3 (-\alpha + 6) + a_1^3 (1 - c_3) (-\alpha - 1) + a_1^4 c_4 (-\alpha + 11) + a_1^4 (1 - c_4) (-2\alpha + 5)$$

$$\lambda_1^L [c_1 (\alpha - 2) + (1 - c_1) (\alpha)] + \lambda_1^R [c_1 (-\alpha) + (1 - c_1) (-\alpha + 2)] - \mu_1^0 + \mu_1^1 = 0$$

$$\lambda_1^L [(1 - c_2) (2\alpha + 3)] + \lambda_1^R [(1 - c_2) (-\alpha + 6)] - \mu_1^0 + \mu_1^2 = 0$$

$$\lambda_1^L [c_3 (\alpha - 2) + (1 - c_3) (2\alpha + 2)] + \lambda_1^R [c_3 (-\alpha) + (1 - c_3) (-\alpha + 5)] - \mu_1^0 + \mu_1^3 = 0$$

$$\lambda_1^L [c_4 (\alpha - 2) + (1 - c_4) (\alpha + 9)] + \lambda_1^R [c_4 (-\alpha) + (1 - c_4) (-\alpha + 11)] - \mu_1^0 + \mu_1^4 = 0$$

$$\mu_1^1 a_1^1 = 0$$

$$\mu_1^2 a_1^2 = 0$$

$$\mu_1^3 a_1^3 = 0$$

$$\mu_1^4 a_1^4 = 0$$

$$0 \leq c_1, c_2, c_3, c_4 \leq 1$$

$$c_1 + c_2 + c_3 + c_4 \leq 3$$

$$a_1^1 + a_1^2 + a_1^3 + a_1^4 = 1$$

$$0 \leq \alpha \leq 1$$

$$a_1^1, a_1^2, a_1^3, a_1^4 \geq 0$$

$$\lambda_1^L, \lambda_1^R, \mu_1^1, \mu_1^2, \mu_1^3, \mu_1^4 \geq 0$$

با حل این مساله به کمک نرم افزار لینگو راهبرد ایران به صورت زیر بدست می آید:

$$c_1 = 0.34, \quad c_2 = 1, \quad c_3 = 0.86, \quad c_4 = 0.80$$

نتیجه فوق نشان می دهد که هدف دوم یعنی استان آذربایجان غربی باید به صورت کامل پوشش داده شده و به ترتیب ۰.۳۴ و ۰.۸۶ و ۰.۸۰ باقیمانده ی منابع به اهداف اول، سوم و چهارم یعنی استان های گیلان، آذربایجان شرقی و اردبیل اختصاص یابد. این نتیجه که باید حداکثر پوشش امنیتی برای هدف دوم در نظر گرفته شود، با نگاهی به جدول عایدی ها نیز منطقی به نظر می رسد. زیرا مهاجم با حمله به هدف دوم بیشترین عایدی را در هر دو حالت وجود پوشش یا عدم پوشش هدف دوم به دست می آورد، لذا منطقی است که به این هدف حمله شود و لذا نسبت به سایر اهداف باید پوشش بیشتری برای آن در نظر گرفت.

نتیجه گیری

در این مقاله بازی های امنیتی چند هدفی، اهمیت و کاربرد آنها مورد بررسی قرار گرفت. در این مقاله چندین مهاجم با اهداف مختلف در نظر گرفته شده بود که برای رفع این مشکل از بهینه سازی چند هدفی استفاده شد. همچنین برای رفع عدم قطعیت داده ها عایدی های بازیکنان به صورت بازه ای در نظر گرفته شد. برای حل این مسأله یک مدل برنامه ریزی چندهدفی به دست آمد. با در نظر گرفتن احتمال برخورد با هر مهاجم مسأله بهینه سازی چندهدفی به صورت یک مسأله برنامه ریزی ریاضی بازه مقدار نوشته شد. در نهایت برای حل مسأله حاصل و محاسبه راهبردهای بهینه مدافع، یک مسأله برنامه ریزی ریاضی تک هدفی پیشنهاد شد که در آن مرکز بازه به عنوان تابع هدف مسأله در نظر گرفته شد. سرانجام یک مسأله کاربردی از این نوع مسائل مورد مطالعه قرار گرفته و به کمک روش پیشنهادی بررسی گردید.

مدل سازی تخصیص نیروها مسئله ی مهمی است که در شرایط جنگی برای نقاط مورد حمله دشمن و در هر شرایطی اعم از جنگی یا غیرجنگی برای مرزهای زمینی مورد توجه است. به همین منظور در مساله کاربردی پیشنهادی که هدف اصلی این مقاله بود به بررسی تنش بین ایران و جمهوری آذربایجان پرداختیم. در این راه با فرض اینکه جمهوری آذربایجان قصد حمله به مرزهای زمینی ایران را داشته باشد به بررسی نحوه پوشش چهار استان هم مرز با جمهوری آذربایجان یعنی استان های گیلان، اردبیل، آذربایجان شرقی و غربی پرداختیم.

منابع

- [1] Sakawa, M. (1993). Fuzzy sets and interactive multiobjective optimization, Plenum press, New York and london.
- [2] Tambe, M. (2012). Security and game theory, algorithms, deployed systems, lessons learned, Cambridge university press .
- [3] Bigdeli, H. & Hassanpour, H. (2018). Modeling and solving multiobjective security game problem using multiobjective bilevel problem and its application in metro security system.
- [4] Bazaraa, M.S. & Jarvis J.J. (1997). Linear Programming and Network Flows, John Wiley & Sons , Inc: NewYork .
- [5] An, B. Tambe, M. Ordonez, F. & Shieh, E. (2011). Refinement of Strong Stackelberg Equilibria in Security Games, Association for the Advancement of Artificial Intelligence.
- [6] Neumann, J. V. & Morgenstern, O. (1944). Theory of Games and Economic Behavior, Wiley , New York.
- [7] Sakawa, M. & Nishizaki, I. (2009). Cooperative and Noncooperative Multi-Level Programming, Springer, New York and london.
- [8] Sandler, T. & D. G. A. M. (2003). Terrorism and Game Theory, Simulation and Gaming, 34 (3): 319–337.