فصلنامه اقتصاد دفاع
انجمن علمی اقتصاد دفاع ایران
سال ششم، شماره بیست و یکم، پاییز ۱۴۰۰، صص ۳۵-۹

تعمیم مدل رقابت تسلیحات موشکی اینتریلیگیتور با لحاظ عامل مزارع موشکی

سید شمس الدین حسینی [۱]
کامیار حسین خانزاده[۲*]

تاریخ ارسال: ۱۴۰۰/۱۱/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۰۳

چکیده

دفاع موشکی یکی از مهم‌ترین مؤلفه‌ها در بازدارندگی و حفظ امنیت کشورها محسوب می‌شود و پیشرفت در قابلیت‌های موشک‌ها می‌تواند معادلات بازدارندگی یک کشور را دچار تغییرات عمده کند. یکی از فن‌آوری‌های صنعت دفاعی، مزرعه موشکی متشکل از موشک‌های باقابلیت پنهان شوندگی قبل از پرتاب می‌باشد به‌طوری‌که در این دست‌آورد، موشک‌ها به‌صورت آماده‌باش و به‌صورت خارج از دید رادارها، در دل خاک پنهان‌شده و در هر زمان آماده عملیات هستند. قابلیت پنهان شوندگی موشک‌ها در معادلات بازدارندگی بین دو طرف متخاصم از اهمیت بالایی برخوردار است. مدل جنگ موشکی اینتریلیگیتور در سال‌های جنگ سرد و با تمرکز بر جنگ موشکی ایالات‌متحده و اتحاد جماهیر شوروی توسعه داده‌شده است و چگونگی برهمکنش دو قدرت موشکی و تعادل در بازدارندگی را نشان می‌دهد. با توجه به زمان توسعه مدل مذکور، مدل شامل موضوعات جدیدی نظیر قابلیت پنهان شوندگی موشک‌ها نمی‌گردد. در این مقاله در نظر است با ایجاد توسعه در معادلات مدل جنگ موشکی اینتریلیگیتور، میزان اثرگذاری وجود موشک‌های پنهان شونده در معادلات بازدارندگی و تعادل نهایی تعداد موشک‌های موردنیاز کشورها برای بازدارندگی بررسی گردد. درنتیجه حاصل‌شده، کشوری که دارای مزارع موشکی پنهان می‌باشد در نقطه تعادل جدید به موشک‌های کمتری جهت بازدارندگی نیازمند است و بدین‌جهت نیاز به مخارج دفاعی کمتر و درنتیجه دفاع کم‌هزینه‌تری دارد.

واژگان کلیدی: اقتصاد دفاع، رقابت تسلیحاتی، مخارج دفاعی، مزرعه موشکی، مدل راهبردی اینتریلیگیتور.

پرتال جامع علوم انسانی

[۱] دانشیار، گروه اقتصاد بازرگانی، دانشکده اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبائی (ره)، تهران، ایران.
(eghtesaddan1988@gmail.com)
[۲] دکتری اقتصاد مالی، دانشکده اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبائی (ره)، تهران، ایران. نویسنده مسئول.
(kamyar272@gmail.com)

۱. مقدمه

امنیت و وجود یک فضای آرام به‌دور از تهدید و ناآرامی پیش‌نیاز فعالیت و انگیزه افراد جهت تلاش و نیل به اهداف کشورها می‌باشد. امنیت به حسی روانی گفته می‌شود که در آن به علت نبود ترس، یک وضعیت آرامش و اطمینان خاطر حاصل می‌شود (هندیانی، ۱۳۸۶). امنیت برای هر سیستمی می‌تواند مفهوم پیدا کند به‌طوری‌که اگر آن را حول محور انسان و اجتماع تعریف کرد، می‌توان آن را ازلحاظ فردی، خانواده، شهری، ملی، منطقه‌ای و جهانی در نظر گرفت کمااینکه می‌توان به اموری نظیر امنیت سایبری، اقتصادی، فرهنگی، روانی و ... اشاره کرد. امنیت از هر نوع که باشد یک نیاز ضروری جهت رشد یک سیستم محسوب می‌شود و وجود عامل خطر برای یک سیستم یکی از عوامل اخلال در روند طبیعی رشد و فعالیت طبیعی آن است. یکی از ویژگی‌های اساسی امنیت ملی آن است که اغلب با اهداف کشورها در زمینه ملی (به‌ویژه در بعد نظارتی آن) با منافع ملی و امنیت سایر کشورها در تعارض است. به‌عبارت دیگر افزایش میزان امنیت ملی در یک کشور الزاماً با گسترش احساس ناامنی در میان کشور دیگر همراه است و آنان را به تکاپو برای رفع تعارض امنیتی خود از طریق افزایش توان کمی و کیفی نیروهای نظارتی خویش تحریک می‌کند (همان). ازاین‌جهت ایجاد توان بازدارندگی به یکی از اهداف در دسترس کشورها جهت حفظ امنیت تبدیل می‌گردد. بازدارندگی وضعیتی ذهنی است که باوجود تهدید معتبر برای انجام اقدام متقابل غیرقابل‌تحمل ایجاد شده است. در صورت برقراری چنین استراتژیی انگیزه اصلی تهاجم یعنی انتظار سود، به ضرر و زیان تبدیل گشته و دشمن به این نتیجه خواهد رسید که در صورت تهاجم، طرف مقابل دارای توان ضربه تلافی جویانه جبران‌ناپذیر به او را دارد. درنتیجه صلح به دلیل اجتناب دو طرف از نابودی ظهور خواهد نمود (کاظمی، ۱۳۹۲). در برخی موارد تقویت قوای دفاعی یک کشور خود پیام تهدید را به سایر کشورها می‌دهد. در چنین وضعیتی سایر کشورها نیز به مقابله پرداخته و برای دفع تهدید احتمالی یا آمادگی در مقابل تهدید کشور متخاصم تجهیزات نظامی خود را تقویت می‌کنند. این امر می‌تواند یک پیام تهدیدآمیز برای کشور اول باشد و او نیز مجبور به افزایش سطح آمادگی نظامی خود شود و بدین ترتیب یک چرخه شکل می‌گیرد که بدان رقابت تسلیحاتی می‌گویند. در خلال جنگ سرد و رقابت تسلیحاتی موشکی و هسته‌ای دو کشور ابرقدرت ایالات‌متحده امریکا و اتحاد جماهیر شوروی سابق، نظریه بازدارندگی میان دو کشور درگیر رقابت تسلیحاتی توسعه داده شد. از دیدگاه نظریه‌پردازان بازدارندگی، نظم سیستم زمانی حفظ خواهد شد که رهبران دریابند حریفان بالقوه آن‌ها در صورت رخداد رفتار نامطلوب توان و اراده تلافی را خواهند داشت. بنابراین در پاسخ به تجاوز بالقوه استراتژیست‌ها باید با افزایش توان‌های نظامی و نشان دادن اراده تلافی تهدیدات بازدارنده را تقویت نماید (قاسمی، ۱۳۸۸).

دستگاه معادلات تفاضلی ریچاردسون[1] یکی از اولین مدل‌های ریاضی توصیف‌کننده رقابت تسلیحاتی می‌باشد. وی در این مدل با معرفی یک دستگاه معادلات تفاضلی تأثیرپذیری دو کشور از یکدیگر در ساخت تسلیحات را نشان می‌دهد. این مدل نگاهی خارج از تصمیم گیری به مبحث رقابت تسلیحاتی دو کشور دارد و تملیک

[3] Richardson

تسلیحات را نه یک تصمیم برخواسته از خواست تصمیم‌گیران کشورها، بلکه فرایندی مکانیکی در نظر می‌گیرد (اینتریلیگیتور[1]، ۱۹۷۵). به‌عبارت‌دیگر در مدل ریچاردسون کشورها در یک فرایند کاملاً مشخص با توجه به سطح انباره تسلیحات خود و کشور رقیب اقدام به ساخت تسلیحات می‌کنند و این فرایند به دور از هرگونه تصمیم‌گیری می‌باشد. اینتریلیگیتور با مبنا قرار دادن مدل ریچاردسون، مدل بازدارندگی تسلیحاتی را به‌صورت پویا بین دو کشور با استفاده از توابع واکنش در یک جنگ فرضی بر اساس حمله اول و پاسخ کشور مقابل مدل کرده و تعادل موشکی را استخراج کرده است. با توجه به پیشرفت تکنولوژی در سال‌های پس از جنگ سرد، مفروضات استفاده شده در این مدل پاسخگوی تعاملات موشکی زمان حال نمی‌باشد. به‌عنوان‌مثال، در مدل اینتریلیگیتور همه پایگاه‌های موشکی کشورها قابل رصد می‌باشد و حملات کشور مقابل می‌تواند معطوف به پایگاه‌های موشکی باشد. این مقاله در صدد مروری بر مدلهای رقابت تسلیحاتی شامل مدلهای اصلی و الهام دهنده دیگر مدلها و همچنین مدلهای مبتنی بر نظریه بازیها می‌باشد. علاوه بر آن مزارع موشکی پنهان‌شده در خاک یکی از فن‌آوری‌های مدرنی است که می‌تواند خارج از توصیف مدل اینتریلیگیتور نقشی اساسی در تعادل جدید ایفا کند. فن‌آوری یاد شده تغییرات عمده ای در تعادل رقابت تسلیحاتی اینتریلیگیتور ایجاد می‌کند و ایجاد تغییرات لازم در جهت روزآمد شدن مدل ضروری است. بدین‌جهت پژوهش حاضر درصدد ایجاد تعمیمی بر مدل رقابت تسلیحات موشکی با لحاظ عامل مزارع موشکی پنهان شونده می‌باشد. بدین جهت استفاده از مدل توسعه یافته و روزآمد شده می‌تواند به تصمیم‌گیران دفاعی و سیاستگذاری کشور در تملیک تسلیحات موشکی و پنهان سازی آنها کمک کند و موجبات امنیت کشور را فراهم کند.

۲. مبانی نظری پژوهش و پیشینه پژوهش

۲-۱. مبانی نظری پژوهش

جهت مدل‌سازی رقابت تسلیحاتی تاکنون چهار مدل اصلی توسعه داده‌شده است.

۱- مدل معمای زندانی[2]
۲- مدل پاول[3]
۳- مدل ریچاردسون
۴- مدل اینتریلیگیتور

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

۲-۱-۱. مدل معمای زندانی

مدل معمای زندانی اندرسون و میلر[4] (۱۹۹۳) یک بازی به‌صورت تک‌مرحله‌ای بوده و در این مدل دو بازیگر وجود دارد که دارای اختیار در تصمیم بین دو گزینه هستند. در بیان رقابت تسلیحاتی مدل معمای زندانی، دو بازیکن نماینده دو کشور می‌باشند، که می‌توانند جنگ و یا صلح را انتخاب کنند. انتخاب کشورها به جنگ یا

[1] Intriligator
[5] Prisoner's dilemma
[6] Powell
[4] Andreoni & Miller

صلح و یا جنگ یک‌جانبه به نتایجی می‌انجامد که عایدی آن‌ها را از این درگیری مشخص می‌سازد. تعادل در این بازی در حالتی رقم می‌خورد که گزینه جنگ دو طرف می‌باشد و به‌عبارت‌دیگر در مدل‌سازی این بازی نشان داده می‌شود که در چه شرایطی جنگ بین کشورها رقم می‌خورد و بدین جهت مفروضات بازی می‌بایست به‌گونه‌ای تغییر کند که بازی معمای زندانی هرگز رخ ندهد.

جدول شماره (۱) فرم جدولی بازی معمای زندانی

جدول مدل رقابت تسلیحاتی معمای زندانی		کشور اول	
		حمله	عدم حمله
کشور دوم	عدم حمله	C, D	A, A
	حمله	B, B	D, C

با شرط: $C > B > A > D$

در جدول شماره (۱)، دو کشور قادر به انتخاب بین دو استراتژی حمله و عدم حمله می‌باشند. استراتژی حمله–حمله تعادل بازی می‌باشد؛ زیرا هر دو بازیکن به مطلوبیت B دست پیدا می‌کنند و انگیزه ای برای عدول از انتخاب خود ندارند. اگر هر یک از بازیکنان استراتژی خود را تغییر دهند و عدم حمله را انتخاب کنند، مطلوبیتی معادل D کسب خواهند کرد که از مطلوبیت استراتژی حمله کمتر خواهد بود و از طرف دیگر بازیکن مقابل مطلوبیتی معادل C کسب می‌کند که از B بیشتر خواهد بود. بدین جهت تعادل در حالت حمله–حمله رقم خواهد خورد.

۲-۱-۲. مدل پاول

پاول[1] (۱۹۹۳) با ارائه مدلی بر اساس نظریه بازی‌ها، شکلی از رقابت تسلیحاتی را توصیف می‌کند که در آن هر یک از کشورها در دوره اول تصمیم می‌گیرند که به چه میزان نیروی نظامی را به خدمت بگیرند. نیروی نظامی که هر یک از کشورها در طول دوره می‌سازند قابلیت انباشت ندارد و درصورتی‌که حمله‌ای انجام نشود، بی‌فایده بوده و فرض می‌شود که نابود می‌شود. پس از طی شدن دوره ساخت، زمان تصمیم دو کشور درگیر رقابت تسلیحاتی فرامی‌رسد به‌طوری که کشورها با استفاده از نیروی به خدمت خود، به کشور مقابل حمله می‌کنند یا صلح را انتخاب می‌کنند. در پایان در صورت جنگ دو کشور، با توجه به میزان تسلیحات کشورها برنده مشخص‌شده و بخشی از منابع اقتصادی کشور بازنده را تسخیر می‌کند. با توجه به این‌که در مدل پاول انباشت تسلیحات وجود ندارد، این بازی مناسب مدل کردن رقابت‌های تسلیحاتی مبتنی بر تسلیحات سرمایه‌بر نمی‌باشد. عدم انباشت تسلیحات را می‌توان بدین گونه تعبیر کرد که گویی ارتش‌ها برای کسب قدرت دفاعی سرباز استخدام می‌کنند و جنگ بین دو کشور، جنگ سربازان دو کشور می‌باشد. ازاین‌جهت این مدل بیشتر مناسب جنگ‌های سده‌های پیشین می‌باشد که نیروهای نظامی مبتنی بر نیروی انسانی و تسلیحات سبک انفرادی اداره می‌شده است و مناسب رزم امروزی که تسلیحات قابل انباشت باقدرت تخریب بالا وجود دارند، نمی‌باشد. این

[1] Powell

در حالی است که جنگ‌های امروزی و ارتش‌های کنونی تسلیحات دفاعی قابلیت انباشت دارند. مدل پاول سر منشا بسیاری از مدلهای مبتنی بر نظریه بازیها می‌باشد که با ارائه سناریوی رقابت و جنگ، مطلوبیت بازیکنان و تعادل را استخراج می‌کنند. در بخش پیشینه تحقیق به برخی از مهمترین مدلهای این زمینه پرداخته می‌شود.

۲-۱-۳. مدل ریچاردسون

ریچاردسون[1] (۱۹۶۰) با ارائه مدلی مبتنی بر دستگاه معادلات تفاضلی به توصیف سازوکار ساخت تسلیحات توسط دو کشور در حال رقابت تسلیحاتی می‌پردازد. وی در مدل خود یک دستگاه معادلات تفاضلی معرفی کرده است که تغییرات انباره تسلیحات هر کشور متاثر از انباره تسلیحات خود، انباره تسلیحات کشور رقیب و یک پارامتر مصرف ثابت می‌باشد. معادلات ریچاردسون به صورت زیر می‌باشد.

$$\frac{dx}{dt} = ay - mx + r$$
$$\frac{dy}{dt} = bx - ny + s$$

رابطه شماره (۱) سیستم دو کشوری رقابت تسلیحاتی ریچاردسون

در رابطه شماره (۱)، پارامتر x بیانگر میزان تسلیحات کشور اول در زمان t می‌باشد. $\frac{dx}{dt}$ بیانگر تغییراتی است که در زمان t در انباره تسلیحاتی کشور اول رخ می‌دهد. y بیانگر انباره تسلیحاتی کشور دوم است که به دلیل تأثیر پذیرفتن دو کشور از قدرت دفاعی یکدیگر، با ضریب a بر انباشت تسلیحات در کشور اول تأثیر می‌گذارد. در ادبیات موجود، از a و b به‌عنوان عامل «ترس[2]» و یا «عکس العمل[3]» یاد می‌شود. همچنین عوامل m و n بیانگر استهلاک تسلیحات در دوره t می‌باشد که به عوامل «محدودیت[4]» یا «استهلاک[5]» معروف است. درنهایت عوامل r و s میزان مصرف ثابت از تسلیحات در هرسال است که با نام «باقی‌مانده[6]» شناخته می‌شود. برای این‌که سیستم معادلات تفاضلی ریچاردسون به تعادل ختم شود می‌بایست تغییرات تسلیحات در نقطه تعادل صفر باشد و به‌عبارت‌دیگر $\frac{dx}{dt}$ و $\frac{dy}{dt}$ برابر با صفر شوند. در این شرایط معادلات به‌صورت زیر حل می‌گردند.

$$\frac{dx}{dt} = 0, \qquad \frac{dy}{dt} = 0$$

رابطه شماره (۲) شرط تعادل در مدل ریچاردسون

با جایگذاری در رابطه شماره (۱) تعادل x و y را به‌صورت زیر استخراج کرد.

---

[1] Richardson
[9] Fear
[3] Reaction
[4] restraint
[5] fatigue
[6] leftovers

$$x^* = \frac{rn + as}{mn - ab}, \qquad y^* = \frac{sm + br}{mn - ab}$$

رابطه شماره (۳) تعادل مدل دو کشوری ریچاردسون

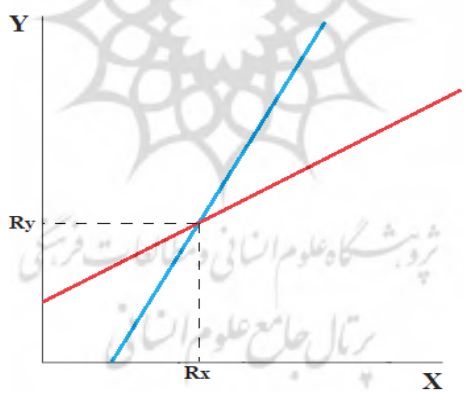
با توجه به مخرج تعادل‌های سیستم معادلات تفاضلی، می‌بایست $mn > ab$ بوده باشد تا نقطه‌ای به نام تعادل موجودیت پیدا کند و این عبارت بدین معنی است که جهت وجود نقطه تعادل در رقابت تسلیحاتی دو کشور، باید فرسودگی و هزینه‌های کلی رقابت تسلیحاتی و جنگ از هزینه‌های مربوط به تسلیح کردن ارتش‌ها با تأثیری که از قدرت دفاعی رقیب می‌پذیرد، بیشتر باشد. به این معنا که هرگونه انحراف از نقطه تعادل، دوباره منتهی به بازگشت به نقطه تعادل اولیه خواهد شد (باغستانی میبدی و گلخندان، ۱۳۹۸)

با تغییر رابطه شماره (۱) و نوشتن جفت معادلات بر اساس x، دو رابطه خطی حاصل می‌گردد که در صورت داشتن نقطه تعادل که شرط آن ذکر شد، دارای نقطه تلاقی به شکل زیر می‌باشد که Rx و Ry توابع واکنش کشور x و y می‌باشند.

خطی شده معادله اول از رابطه ۱ : $y = \frac{mx-r}{a}$

خطی شده معادله دوم از رابطه ۱ : $y = \frac{bx+s}{n}$

رابطه شماره (۴) خطی سازی رابطه شماره (۱)



نمودار شماره (۱) بیان نموداری نقطه تعادل سیستم تفاضلی ریچاردسون

مدل ریچاردسون مبنای بسیاری از تحقیق‌های مبتنی بر نظریه بازی‌ها جهت پارامترهای مربوط به رقابت تسلیحاتی می‌باشد. ازجمله پژوهش‌های صورت گرفته در این زمینه می‌توان به پژوهش دون و همکاران[1] (۲۰۰۰) در جهت برآورد رقابت تسلیحاتی ترکیه–یونان و همچنین هند–پاکستان اشاره کرد. از میان پژوهش‌های ایرانی باغستانی میبدی و همکاران (۱۳۹۷) با مبنا قرار دادن مدل رقابت تسلیحاتی ریچاردسون و با استفاده از

[1] Dunne et al

روش اقتصادسنجی خود رگرسیون برداری (VAR)، رقابت تسلیحاتی میان سه کشور ایران، ترکیه و عربستان سعودی و همچنین رژیم اشغالگر قدس را موردسنجش قرار داده‌اند. مدل ریچاردسون دارای چندین مشکل اساسی می‌باشد: در این مدل، هدف صریح و روشن، فرآیند تصمیم‌گیری، محدودیت اقتصادی و ملاحظه استراتژیکی خاصی وجود ندارد. مدل ریچاردسون، سایر متغیرهای مهم دیگر نظیر کمکهای خارجی و عوامل اجتماعی را شامل نمی‌شود و این مدل ایستا است و اجازه نمی‌دهد که ضرایب با گذشت زمان تغییر کنند. علاوه بر این، فرض ضرایب واکنش مثبت، نامعتبر است و در واقع این ضرایب می‌توانند منفی نیز باشند. چرا که وقتی که فرآیند کنش و واکنش بین دو کشور وجود ندارد، یک کشور ممکن است مخارج نظامی خود را بدون در نظر گرفتن افزایش تسلیحات رقیب خود، کاهش دهد. بر این اساس و با توجه به محدودیتهای یادشده، مدلهای دیگری با گذشت زمان ارائه شده‌اند که تلاش کرده‌اند تا با توسعه و اصلاح مدل ریچاردسون، به وسیله اضافه کردن فاکتورهای مرتبط، با استفاده از متغیرهای تجمع و استفاده از محدودیتهای منابع و رفتار بیشینه سازی، این محدودیتها را تا حدودی رفع کنند (باغستانی میبدی و گلخندان ۱۳۹۸). در جدول شماره (۲)، مهمترین این مدلها آمده است. با این حال بسیاری از مدلهای ارائه شده در این زمینه چهارچوب واضح و روشن ندارند و نمی‌توانند بر محدودیت های مدل اولیه ریچاردسون غلبه کنند و هنوز هم این مدل رقابت تسلیحاتی در بسیاری از مطالعات تجربی به کار گرفته می‌شود (گلخندان و صحرائی ۱۳۹۶).

جدول شماره (۲) مدل رقابت تسلیحاتی ریچاردسون و انواع آن[۱]

نویسنده	مدل
Richardson(1960)	مدل کلاسیک
McGuire(1965)	مدل بیشینه کننده رفاع اجتماعی
Wolfson(1968)	مدل رقابت آمیز
Wolfson(1968, 1990)	مدل رقابت
Rattinger(1975)	مدل بروکراتیک
Isard & Anderton(1988)	مدل تسلیم
Hartley & Russett(1992)	مدل افکار عمومی

منبع: گلخندان و صحرائی، ۱۳۹۶

۲-۱-٤. مدل اینتریلیگیتور[۲]

اینتریلیگیتور (۱۹۷۵) با مروری بر معادلات خطی تفاضلی ریچاردسون، رابطه شماره (۱) را به‌صورت زیر بازنویسی می‌کند.

$$\dot{M}_A = a_1 M_B - a_2 M_A + a_3$$
$$\dot{M}_B = b_1 M_A - b_2 M_B + b_3$$

[۱] جهت آشنایی بیشتر با این مدل ها به مطالعه باغستانی میبدی و گلخندان (۱۳۹۸) مراجعه شود.

[۲] روابط و نمودارهای این بخش از مقاله اینتریلیگیتور (۱۹۷۵) اخذ شده است.

حال درصورتی‌که تعادل برقرار باشد، $\dot{M}_A$ و $\dot{M}_B$ برابر صفر می‌شوند و رابطه به شکل زیر تغییر می‌کند.

$$M_A = a_1' M_B + a_3' \quad \text{به‌طوری‌که:} \quad a_1' = \frac{a_1}{a_2} \ , \ a_3' = \frac{a_3}{a_2}$$
$$M_B = b_1' M_A + b_3' \quad \text{به‌طوری‌که:} \quad b_1' = \frac{b_1}{b_2} \ , \ b_3' = \frac{b_3}{b_2}$$

شرط وجود تعادل و برخورد دو معادله خطی این است که ضرب شیب دو خط کمتر از واحد باشد یا به‌عبارت‌دیگر $a_1' b_1'$ کوچک‌تر از یک باشد. درنهایت باوجود شرط مطرح‌شده مختصات نقطه تعادل به‌صورت زیر استخراج می‌گردد.

$$M_A^E = \frac{a_1' b_3' + a_3'}{1 - a_1' b_1'} \qquad M_B^E = \frac{a_3' b_1' + b_3'}{1 - a_1' b_1'}$$

در ادامه وی به تبیین یک مدل پویا از جنگ موشکی می‌پردازد. در این مدل فرض می‌شود شعله‌های جنگ میان دو کشور افروخته‌شده و تنها اسلحه موجود در دست این کشورها موشک می‌باشد. معادلات مدل‌سازی جنگ موشکی ارائه‌شده به‌صورت ذیل می‌باشد.

$$\begin{aligned} \dot{M}_A &= -\alpha M_A - \beta' \beta M_B f_B & M_A(0) &= M_A^0 \\ \dot{M}_B &= -\beta M_B - \alpha \alpha' M_A f_A{}' & M_B(0) &= M_B^0 \\ \dot{C}_A &= (1-\beta')\beta M_B v_B & C_A(0) &= 0 \\ \dot{C}_B &= (1-\alpha')\alpha M_A v_A & C_B(0) &= 0 \end{aligned}$$

رابطه شماره (۵) مدل جنگ موشکی اینتریلیگیتور

در مدل بالا α ضریب شلیک موشک‌های کشور A می‌باشد و از انباره زرادخانه کشور A به میزان αM_A موشک کاسته می‌شود. از طرف دیگر کشور B، نسبت β' از موشک‌هایی که می‌خواهد شلیک کند را به هدف قرار دادن موشک‌های کشور A را اختصاص می‌دهد. f_B نسبت موفقیت این‌گونه شلیک‌های کشور B می‌باشد. با فرض این‌که از ابتدا نیز نسبت β از انباره موشک‌های خود را به جنگ با کشور A اختصاص بدهد، خسارتی که به انباره موشک‌های کشور A وارد می‌شود برابر $\beta' \beta M_B f_B$ می‌شود. از طرف دیگر $\dot{C}_A$ خسارتی است که به کشور A وارد می‌شود. با توجه به این‌که نسبت $(1-\beta')\beta$ از موشک‌های کشور B به هدف قرار دادن تأسیسات و شهرها اختصاص‌یافته است و اگر فرض کنیم نرخ تخریب موشک‌های کشور B در برخورد با تأسیسات و شهرهای کشور A، v_B باشد، خسارت کشور A در این مرحله جنگ $(1-\beta')\beta M_B v_B$ برآورد می‌گردد. در مدل اینتریلیگیتور ابتدا فرض می‌شود که هر دو کشور صرفاً به دنبال بازدارندگی هستند و قصدی برای حمله ندارند. ازاین‌رو مقادیر لحاظ شده در مدل به میزان برآورد کشورها از یکدیگر می‌باشد. هر کشور دارای انباره تسلیحات موشکی به میزان M_A و M_B می‌باشد. تغییرات انباره موشکی را نیز با $\dot{M}$ نشان می‌دهد. هر موشک شلیک‌شده می‌تواند با دو هدف روانه شده باشد. نوع هدف اول شهرهای کشور رقیب است

و نوع هدف دوم پایگاه‌های موشکی کشور رقیب است. با فرض درگیری کشور A و B تغییر انباره موشکی دو کشور به‌صورت معادلات زیر می‌باشد.

$$\dot{M}_A = -\alpha M_A - \beta'\beta M_B f_B, \quad M_A(0) = M_A^0$$
$$\dot{M}_B = -\beta M_B - \alpha'\alpha M_A f_A, \quad M_B(0) = M_B^0$$

رابطه شماره (۶) تغییرات موشک‌های دو کشور در مدل جنگ موشکی

در رابطه شماره (۶)، α ضریب شلیک موشک از انباره موشک کشور A و β نیز ضریب شلیک موشک کشور B می‌باشد. α' ضریب موشک‌هایی از کشور A است که از کل موشک‌های شلیک‌شده، به سمت پایگاه موشک‌های کشور B روانه شده است. بدیهی است که نسبت $(1-\alpha')$ از موشک‌های شلیک‌شده کشور A نیز به سمت شهرها و زیرساخت‌های کشور B روانه می‌شود. β و $(1-\beta')$ نیز مفهوم مشابهی برای کشور B دارد. f_A میزان تعداد تخریب موشکی است که از پایگاه کشور A شلیک‌شده و به پایگاه‌های موشکی کشور B اصابت کرده است. f_B نیز مفهوم مشابهی برای کشور B دارد.

f_A و f_B نیز خود تابعی از قدرت تخریب موشک‌ها (W)، آسیب‌پذیری پایگاه‌های موشک‌های کشور رقیب (K) (اندازه و بزرگی پایگاه‌های موشکی)، ضریب خطا و یا نقطه زنی موشک‌ها (I) و ضریب ثابتی با عنوان ضریب موفقیت فنی عملیات موشک‌ها می‌باشد (γ) که می‌توان آن را به‌صورت زیر نشان داد.

$$f_A = \gamma_A \frac{W_A^{2/3} K_B^2}{I_A^2}, \qquad f_B = \gamma_B \frac{W_B^{2/3} K_A^2}{I_B^2}$$

رابطه شماره (۷) پارامتر تخریب موشک‌ها

هر یک از موشک‌های شلیک‌شده به سمت پایگاه‌های موشکی رقیب صرفاً بخشی از انباره موشکی رقیب را تخریب می‌کند ولی درصورتی‌که موشک به سمت شهرها و تأسیسات سرمایه‌ای کشور رقیب روانه شود، خسارتی به کشور رقیب وارد می‌کند که در معادلات زیر اثر آن تبیین می‌شود.

$$\dot{C}_A = (1-\beta')\beta M_B v_B\,, \quad C_A(0) = 0$$
$$\dot{C}_B = (1-\alpha')\alpha M_A v_A\,, \quad C_B(0) = 0$$

رابطه شماره (۸) برآورد خسارات در مدل جنگ موشکی

در رابطه شماره (۸)، ازیک‌طرف $\dot{C}$ به معنای خسارتی است که موشک‌های شلیک‌شده کشور رقیب با اصابت به شهرها وارد می‌سازد و از طرف دیگر v به معنای تخریبی است که می‌تواند هر موشک به شهر کشور رقیب وارد سازد.

با توجه به مدل اولیه جنگ موشکی، در این مرحله رویکردی خاص نسبت به جنگ موشکی تبیین می‌شود که به آن ضربه اول می‌گویند. در این رویکرد به دنبال تعادل در جنگ‌های ضربتی و بسیار کوتاه‌مدت هستیم. بدین‌صورت که ابتدا یک کشور (بدون این‌که از کلیّت مسئله کم شود فرض می‌شود کشور حمله‌کننده A می‌باشد) به کشور رقیب خود حمله‌ای پیشدستانه صورت می‌دهد. مدت‌زمانی که این حمله پیشدستانه طول

می‌کشد θ دقیقه می‌باشد و فقط پایگاه‌های موشکی کشور رقیب را هدف قرار می‌دهد که بدین معنی است که $\alpha' = 1$ می‌باشد. ضریب استفاده از موشک‌های کشور A $\alpha = \bar{\alpha}$ در نظر گرفته می‌شود. از این جهت انباره موشک‌های کشور A با نرخ $\bar{\alpha}$ در هر دقیقه کاهش پیدا می‌کند. در این دقایق اولیه حمله کشور B آمادگی لازم جهت پاسخگویی نداشته و اصطلاحاً غافلگیر شده است و هیچ پاسخی به حملات کشور A نمی‌دهد و موشک‌های کشور A برخی از موشک‌های کشور B را در پایگاه‌های موشکی کشور B نابود می‌کند. مقدار انباره موشک‌های دو کشور پس از پایان حملات کشور A در معادلات زیر نشان داده‌شده است.

$$M_A(\theta_A) = M_A^0 \exp(-\bar{\alpha}\theta_A)$$
$$M_B(\theta_A) = M_B^0 - f_A[1 - \exp(-\bar{\alpha}\theta_A)]\, M_A^0$$

رابطه شماره (۹) تعداد موشک‌های باقی‌مانده دو کشور در لحظه θ

پس از گذشت حمله پیشدستانه، کشور B درصدد پاسخگویی و انتقام برمی‌آید و فقط شهرهای کشور A را به مدت φ دقیقه هدف قرار می‌دهد. اگر توان پاسخگویی کشور B را $\beta = \bar{\beta}$ فرض کنیم و با توجه به این‌که همه موشک‌های شلیک‌شده کشور B به شهرها شلیک می‌شود $\beta' = 0$ فرض شود، با جایگذاری رابطه شماره (۹) در معادله خسارت کشور A آورده شده در رابطه شماره (۵)، خسارت کشور A در پایان دوره پاسخ کشور B و یا به‌عبارت‌دیگر پس از گذشت $\theta + \varphi$ دقیقه از شروع جنگ موشکی به‌صورت زیر است.

$$C_A(\theta_A + \varphi_B) = v_B(M_B^0 - f_A[1 - \exp(-\bar{\alpha}\theta_A)]M_A^0)(1 - \exp(-\bar{\beta}\varphi_B))$$

رابطه شماره (۱۰) خسارت کشور A در پایان جنگ

حال برای این‌که کشور B دارای حداقل توان موشکی جهت پاسخ به تجاوز کشور A باشد می‌بایست پس از حمله پیشدستانه کشور A و نابودی بخشی از موشک‌هایش، به‌اندازه کافی موشک داشته باشد که در پاسخ خسارتی به کشور A وارد سازد که این مقدار خسارت به‌قدری برای این کشور دردناک باشد که کشور A از عواقب این خسارت از همان ابتدا به کشور B حمله نکند. با توجه به توضیحات فوق اگر استراتژی هر دو کشور دفاع باشد و هیچ کشوری قصد حمله نداشته باشد، مهم برآورد کشورها از خسارت قابل‌تحمل کشور دیگر می‌باشد و اگر برآورد آستانه قابل‌تحمل خسارات برای کشور A را ازنظر کشور B، به میزان $\bar{C}_A$ در نظر بگیریم، آنگاه حداقل موشک‌های موردنیاز کشور B برای بازدارندگی برابر است با موشک‌های نابودشده در حمله پیشدستانه کشور A و موشک‌های موردنیاز برای مورد هدف قرار دادن شهرهای کشور A که از رابطه شماره (۱۰) استخراج می‌گردد. رابطه مذکور را به‌صورت معادله زیر می‌توان نشان داد.

$$M_B = f_A[1 - \exp(-\bar{\alpha}\theta_A)]M_A + \left\{\frac{\bar{C}_A}{v_B(1 - \exp(-\bar{\beta}\varphi_B))}\right\}$$

رابطه شماره (۱۱) تعداد موشک‌های کشور B در لحظه θ

رابطه شماره (۱۱) نشان‌دهنده رابطه‌ای خطی است میان حداقل موشک‌های موردنیاز کشور B جهت بازدارندگی که به‌صورت معادله خطی بر اساس تعداد موشک‌های کشور A به‌دست‌آمده است. با مقایسه رابطه شماره (۱۱) با معادلات توابع پاسخ مدل ریچاردسون می‌توان شیب و عرض از مبدأ معادله خطی بالا را به b_1' و b_3' نسبت داد. ازاین‌جهت این دو مقدار به‌صورت زیر به دست می‌آید.

$$b_1' = f_A[1-\exp(-\bar{\alpha}\theta_A)]M_A \qquad b_3' = \frac{\bar{C}_A}{v_B(1-\exp(-\bar{\beta}\varphi_B)}$$

رابطه شماره (۱۲) تعیین پارامترهای مدل ریچاردسون

اگر کشور B کشور متجاوز باشد و کشور A در پاسخ به تجاوز کشور B پاسخ دهد تعداد موشک‌های موردنیاز کشور A برای بازدارندگی مشابه معادله شماره (۱۱) به‌صورت زیر به دست می‌آید.

$$M_A = f_B\big[1-\exp(-\bar{\beta}\theta_B)\big]M_B + \left\{\frac{\bar{C}_B}{v_A(1-\exp(-\bar{\alpha}\varphi_A)}\right\}$$

رابطه شماره (۱۳) تعداد موشک‌های کشور A در لحظه θ

و اینک می‌توان α_1' و α_3' را نیز به‌صورت زیر مشابه رابطه شماره (۱۲) بازنویسی کرد.

$$\alpha_1' = f_B\big[1-\exp(-\bar{\beta}\theta_B)\big]M_B \qquad \alpha_3' = \frac{\bar{C}_B}{v_A(1-\exp(-\bar{\alpha}\varphi_A)}$$

رابطه شماره (۱۴) تعیین پارامترهای مدل ریچاردسون

درنهایت بنابر پاسخ دستگاه معادلات ریچاردسون که از تلاقی دو تابع پاسخ به دست می‌آمد درصورتی‌که دو رابطه خطی شماره (۱۱) و (۱۳) را تلاقی دهیم، تعادل در نقطه با مختصات مندرج در معادلات ذیل به دست می‌آید.

$$M_A^E = \frac{\left\{\dfrac{f_B\big[1-\exp(-\bar{\beta}\theta_B)\big]\bar{C}_A}{v_B(1-\exp(-\bar{\beta}\varphi_B) + \dfrac{\bar{C}_B}{v_A(1-\exp(-\bar{\alpha}\varphi_A)}}\right\}}{1-f_Af_B[1-\exp(-\bar{\alpha}\theta_A)][1-\exp(-\bar{\beta}\theta_B)]}$$

$$M_B^E = \frac{\left\{\dfrac{f_A[1-\exp(-\bar{\alpha}\theta_A)]\bar{C}_B}{v_A(1-\exp(-\bar{\alpha}\varphi_A) + \dfrac{\bar{C}_A}{v_B(1-\exp(-\bar{\beta}\varphi_B)}}\right\}}{1-f_Af_B[1-\exp(-\bar{\alpha}\theta_A)][1-\exp(-\bar{\beta}\theta_B)]}$$

رابطه شماره (۱۵) تعادل در مدل ریچاردسون

با تغییر این فرض که هر دو کشور به دنبال بازدارندگی هستند، اینک فرض می‌شود که هر دو کشور به دنبال تهاجم هستند و در هر موقعیت که توانش را داشته باشند که توان دفاعی کشور رقیب را به نحوی کاهش دهند به‌طوری‌که کشور رقیب توان پاسخ‌گویی با خسارات دردناک برای کشورشان را نداشته باشد، دریغ نکرده و حمله را آغاز می‌کنند. اگر $\hat{C}_A$ حداکثر خساراتی در نظر گرفته شود که خود کشور A می‌تواند در پی خرابی حملات کشور B تحمل کند، می‌توان دو رابطه شماره (۱۳) و (۱۱) را با جابجایی و همچنین جایگزین کردن مقادیر $\bar{C}_A$ و $\bar{C}_B$ با $\hat{C}_A$ و $\hat{C}_B$ بازنویسی کرد. می‌توان استدلال کرد که $\bar{C}_A$ از $\hat{C}_A$ بزرگ‌تر است زیرا کشورها مایل هستند در برآورد حمله دیگران به خود کمترین خسارت را تحمل کنند ولی معمولاً اگر در بازنویسی معادله شماره (۱۱)، M_A تابعی خطی از M_B فرض شود، حداقل موشک‌های موردنیاز کشور A برای یک تجاوز موفقیت‌آمیزی استخراج می‌شود که پس از حمله، انباره تسلیحات موشکی کشور B به‌قدری کاهش پیدا می‌کند که توان پاسخگویی مناسب و دردناک به کشور A را ندارد.

$$M_A = \left\{\frac{1}{f_A[1-\exp(-\bar{\alpha}\theta_A)]}\right\} M_B - \left\{\frac{\hat{C}_A}{v_B(1-\exp(-\bar{\beta}\varphi_B)f_A[1-\exp(-\bar{\alpha}\theta_A)]}\right\}$$

رابطه شماره (۱۶) بازنویسی معادله ۱۱ در شرایط تهاجمی بودن کشورها

به همین صورت درصورتی‌که در معادله شماره (۱۳) M_B تابعی از M_A فرض شود رابطه بدین شکل حاصل می‌گردد:

$$M_B = \left\{\frac{1}{f_B[1-\exp(-\bar{\beta}\theta_B)]}\right\} M_A - \left\{\frac{\hat{C}_B}{v_A(1-\exp(-\bar{\alpha}\varphi_A)f_A[1-\exp(-\bar{\beta}\theta_B)]}\right\}$$

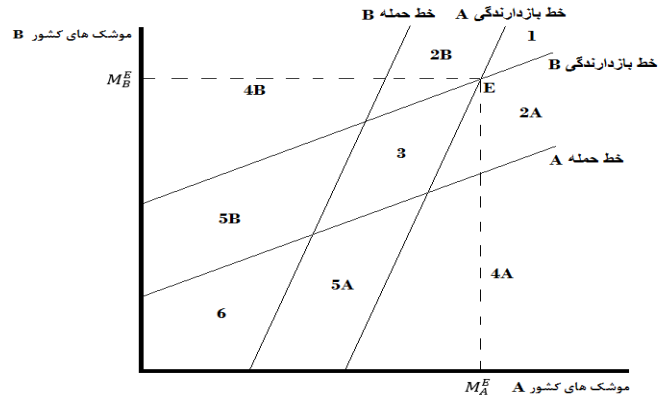
معادله شماره (۱۷) بازنویسی معادله شماره (۱۳) در شرایط تهاجمی بودن کشورها

درصورتی‌که معادلات شماره (۱۱)، (۱۳)، (۱۶) و (۱۷) در یک صفحه رسم شود، فضای دوبعدی موجودی موشک‌های دو کشور به ۹ ناحیه تقسیم می‌شود که در شکل شماره (۳) نمایش داده‌شده است.

باید توجه داشت که برآورد دیگر کشورها از خسارت قابل‌تحمل یک کشور اصولاً بیشتر از خسارت قابل‌تحمل در نظر خود آن کشور می‌باشد یا به‌عبارت‌دیگر تا زمانی که یک کشور موردحمله واقع نشده است، جنگ را یک امر بسیار بد و عواقب آن را وخیم‌تر می‌داند ولی زمانی که جنگ رخ داد و کشور خود را در میان یک موقعیت جنگی یافت، آنگاه خسارات ازلحاظ روانی کم‌اهمیت‌تر از قبل از وقوع جنگ خود را نشان می‌دهد. ازاین‌جهت به‌صورت روانی معادله زیر حاصل می‌گردد.

$$\bar{C}_A > \hat{C}_A \text{ و } \bar{C}_B > \hat{C}_B$$

رابطه شماره (۱۸) رابطه برآورد خسارت قابل‌تحمل برآورد شده توسط کشورها



نمودار شماره (۳) واکنش بازدارندگی و حمله دو کشور درگیر رقابت تسلیحاتی

اگر یک کشور بیش از مقدار نشان داده‌شده در خط بازدارندگی موشک در اختیار داشته باشد می‌تواند اطمینان داشته باشد که در صورت موردحمله قرار گرفتن می‌تواند پاسخ مناسبی به این اقدام نشان دهد در این صورت می‌تواند مطمئن باشد به وی حمله نمی‌شود. همچنین اگر یک کشور بیش از مقدار نشان داده‌شده در معادله خط حمله‌اش موشک در اختیار داشته باشد می‌تواند حمله را شروع کرده و مطمئن باشد که پس از حمله وی، انباره موشک‌های کشور رقیب به‌قدری کم است که نمی‌تواند در ضربت دوم یا زمان پاسخ، خسارت دردناکی وارد سازد. در مقطعی که دو کشور در حال تصمیم‌گیری برای وارد جنگ شدن و یا عدم ورود به جنگ هستند، ابتدا هر بازیگر به دارایی خود در انباره تسلیحاتی هوایی خود می‌نگرد و برآوردی از میزان توانایی ضربه و دفاعی که می‌تواند داشته باشد خواهد کرد. انباره موشکی این کشورها جدول بازی موردنظر را شکل می‌دهد. به‌عبارت‌دیگر موجودی انباره تسلیحاتی بازیکنان مطلوبیت‌های فضای بازی موردنظر را شکل می‌دهد. اینک به بررسی شرایط دو بازیگر در تقابل با یکدیگر بر اساس مدل اینتریلیگیتور پرداخته می‌شود:

اگر نمودار شماره (۳) ملاک تحلیل قرار گیرد هر نقطه از صفحه مختصات که دارای مختصات $M(X,Y)$ می‌باشد نشان می‌دهد که کشور A و B دارای چه تعداد موشک می‌باشند. تعداد موشکی که هر کشور در تملک خود دارد با استفاده از مدل جنگ مطرح‌شده به مطلوبیت‌های طرفین ختم می‌شود. اگر کشوری با حمله به دشمن خود بتواند از قدرت حمله آن به حدی بکاهد که نتواند ضربت متقابل دردناکی انجام دهد، اصطلاحاً آن کشور را خلع سلاح کرده و تهدید آن کشور را از سر خود برمی‌دارد. بدین‌جهت این‌که یک کشور چه میزان قدرت ضربه زدن از طریق داشتن موشک و هواپیما داشته باشد امری حیاتی در تعیین تعادل بازی می‌باشد.

اگر نقطه $M(X,Y)$ در ناحیه شماره یک از نمودار شماره (۳) قرار داشته باشد مشاهده می‌شود که این نقطه بالای خط بازدارندگی کشور B واقع‌شده است. این بدین معنی است که اگر کشور A حمله‌ای پیشدستانه به کشور رقیب انجام دهد، این حمله نمی‌تواند انباره موشکی کشور B را به‌اندازه‌ای کاهش دهد که توان حمله و وارد آوردن خسارات دردناک به کشور A را از آن بگیرد. همچنین این نقطه سمت راست خط بازدارندگی کشور A واقع‌شده است. این بدین معنی است که اگر کشور B نیز حمله‌ای پیشدستانه به کشور رقیب انجام دهد، این

حمله نمی‌تواند انباره موشکی کشور A را به‌اندازه‌ای کاهش دهد که توان حمله و وارد آوردن خسارات دردناک به کشور B را از آن بگیرد. بر این اساس یک بازدارندگی متقابل میان دو کشور رخ می‌دهد که هیچ‌یک امکان حمله به یکدیگر را ندارند. به‌عبارت‌دیگر ناحیه یک امن‌ترین ناحیه در میان دیگر نواحی از جهت بازدارندگی می‌باشد که هیچ کشوری سوای از استراتژی با رویکرد دفاعی و یا حمله‌وری، امکان استفاده از قوای نظامی به جهت خلع سلاح کشور مقابل را ندارد. اگر فرض کنیم که در یک زد و خورد موشکی بر اساس مدل اینتریلیگیتور اجرا شود، برای مثال کشور A حمله‌کننده اول باشد، مطلوبیتی که از خلع سلاح کردن کشور رقیب خود به دست می‌آورد $U = \bar{C}_A$ می‌باشد. این بدین معنی است که اگر میزان خسارات وارده به شهرهای A از میزان مطلوبیتی که به دست می‌آورد کمتر باشد، شروع عملیات نظامی به عدم عملیات ارجحیت دارد. به‌عبارت‌دیگر $\bar{C}_A - C_A$ بزرگ‌تر از صفر می‌باشد. آنچه که در ناحیه یک مشاهده می‌شود این است که $\bar{C}_A - C_A < 0$ و همچنین $\bar{C}_B - C_B < 0$ می‌باشد. بر این اساس هیچ‌کدام از طرفین بازی میلی برای آغاز جنگ ندارد.

اگر نقطه $M(X,Y)$ در ناحیه شماره $2B$ از نمودار شماره (۳) قرار داشته باشد مشاهده می‌شود که این نقطه در سمت راست خط حمله کشور B واقع‌شده است و این بدین معنی است که کشور B در صورتی هدفش جنگ باشد و حمله پیشدستانه‌ای نسبت به کشور A آغاز کند نمی‌تواند انباره موشکی آن را به حدی کاهش دهد که توان ضربه متقابل دردناک را از آن سلب کند. از طرف دیگر به‌قدری انباره موشکی دارد که درصورتی‌که توسط A موردحمله قرار گرفت بتواند پاسخ دردناکی به آن کشور دهد. به‌عبارت‌دیگر امکان حمله دو کشور به یکدیگر بسیار کم است ولی B مزیتی در بازی دارد که A فاقد آن است. A در این حالت بازی تصور می‌کند که درصورتی‌که توسط B موردحمله واقع شود نمی‌تواند پاسخ دردناکی به B بدهد درحالی‌که B تصور می‌کند پاسخ A دردناک خواهد بود. عین این مسئله در مورد ناحیه $2A$ وجود دارد. کشور A با تصورات خود از آستانه تحمل خود تصور می‌کند که در صورت حمله به کشور B نمی‌تواند مانع ضربت متقابل دردناک شود و همچنین B تصور می‌کند که بازدارندگی در برابر A ندارد. و ازاین‌جهت این حالت به‌نوعی مزیتی برای کشور A محسوب می‌گردد.

اگر نقطه $M(X,Y)$ در ناحیه شماره $4B$ از نمودار شماره (۳) قرار داشته باشد با توجه به این‌که M در سمت چپ خط حمله کشور B قرار دارد، این بدین معنی است که هم کشور A می‌داند از قدرت بازدارندگی برخوردار نیست و هم کشور B از قدرت حمله‌ای برخوردار است که بتواند انباره موشکی A را به حدی کاهش دهد که توان پاسخگویی دردناک به کشور B را دارا نباشد. این حالت مسئله قطعاً به جنگ منجر خواهد زیرا کشور B بدون دغدغه می‌تواند رقیب خود را خلع سلاح کند. ناحیه متناظر برای کشور A ناحیه $4A$ می‌باشد که در این حالت مسئله کشور A ازنظر هر دو کشور توانایی خلع سلاح B را دارا می‌باشد و B توانایی خلع سلاح A را ندارد. این حالت مسئله نیز قطعاً به حمله کشور A منجر خواهد شد.

ناحیه سه از نمودار شماره (۳) به جنگی منجر نخواهد شد زیرا این ناحیه از حد بازدارندگی دو کشور A و B پایین‌تر می‌باشد و این بدین معنی است که هر دو کشور توانایی بازدارندگی از حمله مقابل را ندارند. ولی درعین‌حال با توجه به این‌که از خط حمله دو کشور A و B نسبت به مبدأ بالاتر می‌باشد، ازاین‌جهت هر دو

کشور تصور می‌کنند با حمله طرف مقابل، توانایی نابودی انباره موشکی رقیب خود به جهت جلوگیری از حمله ضربت دوم دردناک را دارا نیستند.

ناحیه شش از نمودار شماره (۳) خطرناک‌ترین ناحیه در بین نواحی برای هر دو طرف درگیر می‌باشد. در این ناحیه هیچ‌کدام از طرفین توانایی بازدارندگی را ندارند و در موضع ضعف قرار دارند و درعین‌حال انباره موشکی هر کدام از طرفین درگیر توانایی نابودی انباره رقیب جهت خلع سلاح را دارا می‌باشد. بر این اساس هرکدام از طرفین زودتر اقدام به حمله نماید موفق خواهد شد. این وضعیت بازی به‌شدت ناپایدار است و هرکدام از طرفین جهت جلوگیری از حمله رقیب سعی در زودتر حمله کردن دارد.

ناحیه $5B$ از نمودار شماره (۳) بدید صورت است که کشور B موشک‌های کافی برای خلع سلاح A را دارا می‌باشد ولی توانایی بازدارندگی A را ندارد. همچنین کشور A نه توانایی حمله به B و نه توانایی بازدارندگی را دارا می‌باشد. ازاین‌جهت امکان شروع جنگ از طرف کشور B وجود دارد. A نیز توانایی حمله را ندارد و فقط صبر می‌کند. عین این حالت در ناحیه $5A$ وجود دارد. در این حالت نیز A توانایی حمله به B را دارد درحالی‌که کشور B توانایی دفاع از خود را ندارد.

۲-۲. پیشینه پژوهش

بریتو و اینتریلیگیتور[1] (۱۹۸۵) با استفاده ازنظریه بازی‌ها مدلی ارائه می‌دهد که در یک جهان دو کشوری و دو دوره‌ای، هر دو کشور در دوره اول می‌توانند از اقتصادی که مورد تملک خود دارند منابعی را اختصاص داده و ارتش بسازند و یا منابع آن را مصرف کنند و از این مصرف مطلوبیت کسب کنند، سپس در دوره دوم که می‌تواند بیانگر سال بعد و یا حتی چندین سال بعد باشد، دو کشور می‌توانند رقیب خود را تهدید به جنگ کنند و یا برای تصاحب منابع کشور مقابل (و کسب مطلوبیت از آن منابع) شروع به جنگ کنند. وی در این مقاله نشان می‌دهد که در صورت وجود شفافیت و اطلاعات کامل از تصمیماتی از قبیل میزان تخصیص منابع کشورها به امر ساخت ارتش، جنگی رخ نخواهد داد. این تعادل بدین‌جهت حاصل می‌گردد که درصورتی‌که هر کشوری بخواهد به سمت ساخت ارتش و جنگ پیش رود کشور مقابل مطلع شده و آن کشور نیز به جهت اجتناب از جنگ به ساخت ارتش مبادرت می‌ورزد. وی نشان می‌دهد که کشورها با دانستن این موضوع که ساخت ارتش می‌تواند به رقابت تسلیحاتی منجر شود، به دلایل عقلایی و یا وجود مذاکرات، مسیر دیگری را انتخاب کرده و منابع به سمت دیگری هدایت می‌شود. علاوه بر این، در صورت حاکم بودن فضای اطلاعات ناقص، کشوری که اطلاعات کاملی از تصمیمات طرف مقابل ندارد، ریسک بیشتری را حساس کرده و بدین‌جهت اقدام به ساخت ارتش می‌کند و این حالت می‌تواند موجب شود ترس کشور از حمله طرف مقابل به حمله‌ای پیشدستانه تبدیل شود و یک جنگ ناخواسته رخ دهد. بدین‌جهت برقراری یک فضای اطلاعات کامل راه‌حلی است که می‌تواند از جنگ جلوگیری کند.

[1] Brito & Intriligator

در پژوهش‌های انجام‌شده بر اساس مدل اینتریلیگیتور، نیلباف[1] (۱۹۸۸) به ارائه یک پیاده‌سازی با استفاده از مدل اینتریلیگیتور در تبیین رقابت تسلیحات موشکی کشورهای اتحاد جماهیر شوروی و ایالات‌متحده امریکا می‌پردازد و علاوه بر به دست آوردن مقدار تعادلی موشک‌های هسته‌ای، نواحی بازدارندگی متقابل دو کشور مذکور را تبیین می‌کند.

پاول (۱۹۹۳) مدلی با تکرارپذیری نامحدود در مراحل بازی بین دو کشور و با فرض شفافیت کامل اطلاعات بین دو کشور پیشنهاد می‌دهد. در مدل وی، هر کشور برای دوره بعد که می‌تواند نشان‌دهنده سال بعد باشد، اقدام به تخصیص بخشی از مصرف سالانه کشور خود به ارتش سازی است. ارتشی که در طی یک دوره ساخته می‌شود تنها برای دوره بعد قابل‌مصرف است و قابلیت انباشت ندارد. پس از دوره ساخت ارتش‌ها، کشورها تصمیم می‌گیرند که با یکدیگر وارد جنگ شوند یا به صلح خود ادامه دهند. نتیجه جنگ بین دو بازیکن توسط یک تابع برابری ارتش‌ها و به‌صورت احتمالی و با لحاظ ریسک‌پذیری و ریسک گریزی بازیکنان تعیین می‌گردد. وی در این بازی نشان می‌دهد که باوجود فرض اطلاعات کامل بودن بازی هیچ‌گاه بین دو بازیکن جنگی رخ نخواهد داد؛ زیرا بازیکنان با دیدن ارتش سازی کشور مقابل و با داشتن رابطه احتمال پیروزی در جنگ، مطلوبیت ناشی از برد در جنگ برای کشور مقابل را با ارتش سازی خود به‌قدری پایین می‌آورند که برابر عدم مطلوبیت ناشی از ارتش سازی آن‌ها قرار می‌دهند. پاور در این پژوهش رقابت تسلیحاتی را معلول محافظت کشورها برای مصارف آینده خود می‌داند. مهم‌ترین نقطه‌ضعف مدل پاول، غیرقابل انباشت بودن ارتش‌های ساخته‌شده است. با توجه به این‌که در مدل پاول ارتش‌ها فقط برای یک دوره قابل‌استفاده می‌باشد، این فرض مناسب جنگ‌های امروزی نمی‌باشد. غیرقابل انباشت بودن تسلیحات ساخته‌شده همانند اجیر کردن سرباز برای محافظت از کشور است و با توجه به این‌که در طول سده‌های گذشته جنگ‌ها از نیروی انسانی محور بودن به سرمایه محور بودن حرکت کرده‌اند، توضیح‌دهندگی مدل پاول مناسب جنگ‌های قرن‌های گذشته مناسب است.

کید[2] (۱۹۹۷) با معرفی یک بازی اطلاعات ناقص میان دو کشور درگیر رقابت تسلیحاتی، نقش باور بازیکنان به رفتار یکدیگر در یک بازی رقابت تسلیحاتی را مدل کرده است. رفتار کشورها در مدل کید دو حالت، صلح‌جو و حریص دارد و باور به این‌که کشور مقابل صلح‌جو است و یا حریصانه رفتار خواهد کرد، چهار حالت در فضای کلی بازی ایجاد می‌کند. بازیکنان از نحوه رفتار یکدیگر خبر ندارند و صرفاً باور آن‌ها به رفتار آن‌ها منجر می‌گردد. بازی مدل کید سه مرحله دارد. در مرحله اول بازی، کشورها تصمیم می‌گیرند که به‌طرف مقابل حمله بکنند یا خیر. در صورت عدم حمله هر دو کشور، تصمیم می‌گیرند که برای مرحله بعد بازی، اقدام به ساخت سلاح کنند یا صبر کنند. اقدام به ساخت سلاح در هنگام تصمیم‌گیری نیز توسط دو کشور قابل رصد نبوده و از دید یکدیگر مخفی است ولی پس از پایان دوره ساخت قابل رصد می‌گردد. کشورهای حریص در این دوره قطعاً به ساخت تسلیحات می‌پردازند. کشورهای صلح‌جویی که به‌طرف مقابل خود اعتماد ندارند و آن را حریص می‌پندارند نیز به ساخت تسلیحات می‌پردازند. تنها کشورهای صلح‌جویی که رقیب خود را نیز صلح‌جو می‌پندارند

[1] Nalebuff
[2] Kydd

اقدام به ساخت تسلیحات نمی‌کنند. ساخت تسلیحات به‌احتمال برد جنگ در مرحله بعد می‌انجامد. در پایان مرحله دوم نیز بازیکنان تصمیم می‌گیرند که حمله کنند یا صبر کنند. کشور حریص در پایان مرحله ساخت تسلیحات، حمله خود را آغاز می‌کند. کشور صلح‌جویی که به رقیب خود اعتماد ندارد نیز در پایان مرحله دوم و با رصد ساخت تسلیحات کشور حریص، حمله خود را آغاز می‌کند. تنها موقعی به‌طور قطعی جنگ آغاز نمی‌گردد که هر دو کشور صلح‌جو بوده و به رقیب خود اعتماد ندارند. مهم‌ترین نکته این مقاله موقعی است که هر دو کشور صلح‌جو و بی‌اعتماد به رقیب باشند. در چنین شرایطی در پایان مرحله ساخت، هر دو کشور تسلیحات ساخته‌اند و با دیدن ساخت تسلیحات توسط کشور رقیب، احتمال حریص بودن رقیب را نیز بیشتر می‌کنند و بدین‌صورت می‌تواند به حمله توسط هر دو کشور منجر شود. ساخت تسلیحات در این مدل به‌عنوان سیگنالی جهت حریص بودن کشور رقیب برآورد می‌گردد و بدین‌جهت در صورت وجود یک فضای شفاف و یا وجود کانال‌های گفتگو می‌تواند از هزینه‌های ساخت تسلیحات غیرضروری و یا جنگ‌های غیرضروری جلوگیری کند. کید (۲۰۰۰) سه سال پس از انتشار مقاله پیشین، بازی جدیدی را معرفی می‌کند و نتایج کاملاً متفاوتی را نتیجه می‌گیرد. وی در این پژوهش رقابت بر سر منابع مشترک بین دو کشور را مدل‌سازی می‌کند. در این مدل منبعی بین دو کشور مورد اختلاف است به‌طوری‌که اضافه شدن سهم یک کشور از آن منبع به معنی کم شدن سهم کشور دوم از آن منبع می‌باشد. مطلوبیت نهایی کشورها از داشتن آن منبع نزولی می‌باشد. در این بازی ابتدا کشور اول تصاحب مقداری از منبع را به کشور دوم پیشنهاد می‌دهد که می‌تواند مورد توافق یا رد آن کشور قرار گیرد. در صورت عدم توافق، کشور اول سهمی از مصرف اقتصاد خود را به ساخت تسلیحات اختصاص می‌دهد. کشور دوم نیز به همین صورت بخشی از مصرف خود را کم کرده و به ساخت تسلیحات مبادرت می‌ورزد. سپس دوباره کشور اول پیشنهاد جدیدی برای تقسیم منابع پیشنهاد می‌دهد. کشور دوم در این هنگام می‌تواند آن پیشنهاد را قبول و یا رد کند. در این مرحله بین دو کشور بازی جدیدی رخ می‌دهد و هر کشور می‌تواند میان دو عمل، صلح یا جنگ یکی را انتخاب کند. مدل کید در دو نسخه اطلاعات کامل و اطلاعات ناقص ارائه می‌گردد. در نسخه بازی اطلاعات کامل با توجه به این‌که کشور دوم میزان ساخت تسلیحات کشور اول را رصد می‌کند، به میزانی تسلیحات می‌سازد که در جنگ احتمالی شکست نخورد و بدین‌جهت کشور اول می‌داند که با وارد شدن به مرحله ساخت تسلیحات زیان کاهش مصرف به کشور تحمیل می‌گردد. بدین‌جهت کشور اول در ابتدا پیشنهاد تقسیم منابع را طوری مطرح می‌کند که مطلوبیت ازدست‌رفته ناشی از تقسیم منبع برای کشور دوم کمتر از مطلوبیت از دست‌رفته ناشی از کاهش مصرف و وارد رقابت تسلیحاتی شدن باشد. در این مدل کشورها وارد رقابت تسلیحاتی نمی‌شوند و در ابتدا بر سر تقسیم منابع توافق می‌کنند. و اما در نسخه اطلاعات ناقص بازی، کشور دوم از میزان ثروت کشور اول اطلاع ندارد و بدین‌صورت اگر پیشنهاد کشور اول به میزان بالایی به زیان کشور دوم باشد و از طرف دیگر برآورد کشور دوم این باشد که کشور اول ثروتمند نمی‌باشد و نمی‌تواند تسلیحات کافی بساز، پیشنهاد تقسیم منابع را رد کرده و دو کشور وارد رقابت تسلیحاتی می‌شوند. لازم به ذکر است که در این نسخه بازی نیز جنگی رخ نمی‌دهد زیرا پس از مرحله ساخت تسلیحات، دو کشور از میزان تسلیحات یکدیگر و ساختار مطلوبیت‌ها آگاه می‌شوند و مطلوبیت‌ها به‌گونه‌ای رقم می‌خورد که همواره صلح بهتر از جنگ می‌باشد.

بریتو و اینتریلیگیتور (۲۰۰۰) با مروری بر نظریه رقابت تسلیحاتی پیشین خود، با نشان دادن درجه اهمیت کیفیت تسلیحات ساخته‌شده، کیفیت تسلیحات را ارجح بر کمیت آن می‌دانند. آن‌ها در مقاله خود نشان می‌دهند که برای این‌که در معادلات بازدارندگی کماکان تعادل رعایت گردد، کشوری که دارای سطح فن‌آوری پایین‌تری است، به تملک تسلیحات بیشتری می‌پردازد و بدین‌جهت رشد فن‌آوری یک کشور می‌تواند به فضای رقابت تسلیحاتی دامن بزند.

اسلانتشف[1] (۲۰۰۵) همانند مدل مبتنی بر نظریه بازی‌های کید یک مدل بازی اطلاعات ناقص ارائه می‌دهد که در آن دو کشور بر سر یک سرزمین غیرقابل تقسیم رقابت می‌کنند. سرزمین در ابتدای بازی در اختیار بازیکن اول می‌باشد و بازیکن دوم بر سر تصاحب آن ادعا دارد. بازی دارای چهار مرحله می‌باشد. در مرحله اول بازیکن اول تصمیم می‌گیرد که مسلح شود یا خیر. درصورتی‌که مسلح نشود، بازیکن شماره دو سرزمین را تصاحب کرده و بازی پایان می‌پذیرد. درصورتی‌که مسلح شود می‌بایست مقداری بین صفر تا ارزشی که برای زمین قائل است به مسلح شدن اختصاص دهد. در مرحله دوم بازی، بازیکن شماره دو در برابر تصمیم بازیکن شماره یک تصمیم می‌گیرد که مسلح شود یا خیر. در صورت انصراف دادن از مسلح شدن، بازی به نفع بازیکن شماره یک پایان می‌پذیرد. در غیر این صورت بازیکن شماره دو نیز مقداری بین صفر تا ارزشی که برای زمین قائل است را به مسلح شدن اختصاص می‌دهد. لازم به ذکر است که بازیکن یک شناختی از برآورد ارزش سرزمین در نظر بازیکن دو ندارد و بدین‌صورت میزان مسلح شدن بازیکن یک بر اساس باور وی به ارزش سرزمین برای بازیکن دو بنا می‌شود. در پایان مرحله دوم، دو کشور تصمیم می‌گیرند که حمله را آغاز کنند یا صلح پیشه کنند. مطلوبیت بازیکنان بدین‌صورت است که در صورت بردن سرزمین هزینه مسلح شدن از ارزش سرزمین در نظر آن‌ها کسر می‌شود و در صورت باختن تنها هزینه‌های مسلح شدن نصیب آن‌ها می‌گردد. جواب بازی مذکور در مقاله اسلانتشف به‌طور خالص تعیین نمی‌شود بلکه یک جواب مختلط و با روش احتمال تعیین می‌گردد. این نتیجه برخلاف مقاله کید (۱۹۹۷) لزوماً به جنگ منتهی نمی‌گردد و همچنین برخلاف مقاله کید (۲۰۰۰) به صلح نیز ختم نمی‌گردد.

جکسون و مورلی[2] (۲۰۰۹) مدلی تعمیم‌یافته بر پایه بازی پاول ارائه می‌دهند. در بازی پیشنهادشده آن‌ها، دو کشور در یک بازی تکرارشونده با تعداد مراحل نامحدود، در هر دوره بخشی از مصرف خود را به ساخت ارتش اختصاص می‌دهند. ارتش در این مدل نیز قابلیت انباشت و استفاده در دوره‌های آتی را ندارد و صرفاً پس از دوره ساخت قابل‌استفاده می‌باشد و ساخت ارتش، احتمال برد کشور را افزایش می‌دهد. تفاوت این مدل با مدل پاول در فرض اطلاعات کامل بودن آن است. در این مدل بازیکنان از تصمیم ساخت ارتش کشور مقابل اطلاع ندارند و تصمیم به شروع جنگ، نه پس از ساخت ارتش‌ها و روشن شدن نتیجه احتمالی جنگ، بلکه پیش از ساخت ارتش‌ها گرفته می‌شود. بدین‌صورت یک کشور ابتدا تصمیم می‌گیرد که در دوره کنونی، اقدام به شروع جنگ کند یا خیر و سپس با ساخت ارتشی که از چشم رقیب خود پنهان است خود را محیا برای تصمیم خود

[1] Slantchev
[2] Jackson & Morelli

می‌کند. در صورت برنده شدن یک کشور در جنگ، بخشی از منابع کشور مقابل را برای همیشه تصاحب کرده و لزوم ساخت ارتش در دوره‌های آتی از بین می‌رود. جکسون و مورلی در این مقاله با ساده‌سازی فضای تصمیمات، ساخت ارتش را به سه حالت کم، متوسط و زیاد محدود می‌کنند و تعادل بازی مطرح‌شده را با توجه به این‌که تصمیمات هم‌زمان گرفته می‌شود، به‌صورت مختلط استخراج می‌کنند. جنگ تنها زمانی برنده دارد که فاصله تجهیزات دو کشور محسوس بوده و درحالی‌که یکی از کشورها ارتش سازی کم را انتخاب کرده باشد، کشور دیگر ارتش سازی زیاد را انتخاب کرده باشد. درصورتی‌که یکی از کشورها ارتش سازی زیاد را انتخاب کرده باشد کشور دیگر با ارتش سازی متوسط می‌تواند مانع پیروزی وی شود. همچنین است اگر کشور مقابل ارتش سازی متوسط را انتخاب کرده باشد، با ارتش سازی کم می‌توان جلو پیروزی وی را گرفت و همچنین منابع را به بخش مصرف و کسب مطلوبیت بالاتر انتقال داد. اگر کشوری ارتش کم را انتخاب کرده باشد، کشور مقابل با ارتش سازی زیاد می‌تواند با احتمال بالایی برنده جنگ باشد و در دوره‌های آتی لزومی به ارتش سازی نداشته باشد.

گلخندان و صحرائی (۱۳۹۶) با تبیین مدل ریچاردسون و با استفاده از داده های سالهای ۱۹۶۳ تا ۲۰۱۸، ابتدا تابع تقاضا برای مخارج دفاعی کشورهای ایران و عربستان سعودی را استخراج کرده و سپس بر اساس مدل خود، مخارج دفاعی دو کشور مذکور را تا افق سال ۲۰۴۰ میلادی تخمین می‌زدنند. در این مقاله نشان داده می‌شود مخارج نظامی ایران و عربستان سعودی، صعودی بوده و این دو کشور درگیر یک رقابت تسلیحاتی بدون ثبات می‌باشند. به عبارت دیگر ایران و عربستان در مخارج نظامی خود به ثبات نخواهند رسید و به طور متوسط هر ساله میزانی به مخارج نظامی آنها افزوده می‌شود. این رشد برای کشور عربستان سعودی شدیدتر می‌باشد. شدت واکنش مخارج نظامی این کشور در برابر ایران در سالهای ۲۰۱۸ الی ۲۰۴۰ نیز حفظ خواهد شد. بدین صورت این مقاله نشان می‌دهد رقابت تسلیحاتی این دو کشور ناپایدار بوده و تا سال ۲۰۴۰ نیز این رقابت ادامه خواهد داشت.

باغستانی میبدی و گلخندان (۱۳۹۸) با تبیین مدل رقابت تسلیحاتی ریچاردسون و پژوهش‌ها و مدل‌های پیشرفته تر مرتبط با آن و همچنین مدل رقابت تسلیحاتی اینتریلیگیتور اقدام به استخراج عرض از مبدا و طول از مبدا توابع واکنش حمله و دفاع دو کشور درگیر رقابت تسلیحاتی کرده و با تحلیل فضای انباره موشکی دو کشور، خصوصیات هر یک از نواحی نمودار توابع واکنش اینتریلیگیتور را بیان می‌کنند. در این مقاله نواحی مستعد جنگ برای هر یک از طرفین رقابت تسلیحاتی و ناحیه بازدارندگی متقابل نشان داده شده است. این مقاله یک منبع مناسب برای شناخت مدل کلاسیک ریچاردسون و دیگر مدلهای مرتبط با مدل ریچاردسون و مدل رقابت تسلیحات موشکی اینتریلیگیتور می‌باشد.

۳. روش‌شناسی پژوهش

مدل رقابت موشکی اینتریلیگیتور مبتنی بر دستگاه معادلات تفاضلی مدل ریچاردسون و با تبیین موشکافانه‌تری نسبت به چگونگی و سازوکار جنگ ارائه‌شده است. مدل ریچاردسون صرفاً یک مدل معادلات تفاضلی بدون تصمیم گیری در جهت جنگ و یا صلح می‌باشد. ولی در مدل اینتریلیگیتور با لحاظ کردن تصمیم‌گیری دو

کشور درگیر رقابت تسلیحاتی، نقص موجود در مدل ریچاردسون برطرف شده و تبیین دقیق‌تری با استفاده از نظریه بازیها، توابع واکنش و مدل جنگ، پارامترهای بسیاری در مدل لحاظ شده است. در مدل مذکور توابع واکنش دو کشور نسبت به یکدیگر با مؤلفه‌های دقیق‌تری در یک جنگ فرضی استخراج‌شده و نقطه تعادل انباره موشکی دو کشور در حال رقابت تسلیحاتی را تبیین می‌کند. نظر به این‌که فن‌آوری تسلیحات موشکی در سال‌های پس از جنگ سرد تغییرات مشهودی کرده است، مدل اینتریلیگیتور توانایی توصیف دقیق فضای جنگ موشکی امروز را ندارد و بدین‌جهت با لحاظ پارامترهایی که در سال‌های اخیر ایجادشده است، دستگاه معادلات اینتریلیگیتور نیازمند بازبینی می‌باشد. با اضافه کردن موشک‌های پنهان شونده، بخش مهمی از معادلات اینتریلیگیتور دچار تغییر شده و بدین صورت توابع واکنش و سپس نقطه تعادل رقابت تسلیحاتی تغییرات عمده می‌کند. در تحقیق حاضر، با ارائه روابط جدید مطابق باوجود مزارع موشکی پنهان شونده، مدل اولیه اینتریلیگیتور تعمیم‌یافته و قابلیت توضیح دهندگی بیشتری از واقعیت حاصل خواهد شد. با به‌روز شدن توابع واکنش و به دست آمدن تعادل جدید می‌توان اثر وجود مزارع موشکی توسط یک کشور را، بر میزان تغییرات تسلیحات موشکی تعادلی بررسی کرد و علاوه بر آن با فراهم آمدن امکان مقایسه تعادل جدید با تعادل مدل اولیه اینتریلیگیتور، تغییرات نیاز موشکی کشورها را مشاهده نمود.

٤. تجزیه‌وتحلیل داده‌ها و یافته‌های پژوهش

باید توجه داشت که در دوره زمانی نگارش مدل اینتریلیگیتور که مصادف است با اوج دوران جنگ سرد، موشک‌های بالستیک در لبه فن‌آوری‌های نظامی طبقه‌بندی می‌شدند و عمده ترس کشورهای متخاصم از شکل‌گیری جنگ‌های هسته‌ای–موشکی بود که می‌توانست بسیار خسارت‌بار و خون‌بار باشد. بدین‌جهت در دهه‌های اخیر با ابداعات جدیدی نظیر موشک‌های پنهان شونده و سامانه‌های دفاع موشکی، مدل جنگ موشکی به‌سادگی مدل‌های توسعه داده شده پیشین نبوده و مدل اولیه تغییراتی را به جهت روزآمد شدن می‌طلبد. یکی از دست‌آورد هایی که می‌تواند باعث تغییرات عمده در مدل رقابت تسلیحاتی اینتریلیگیتور شود موشک‌های پنهان شونده در خاک و شکل‌گیری مزارع موشکی می‌باشد. در این فن‌آوری جدید، موشک‌ها به‌صورت عملیاتی در دل خاک مدفون بوده و در کنار یکدیگر تشکیل یک مزرعه موشکی می‌دهند. مهم‌ترین خصیصه این موشک‌ها غیرقابل‌شناسایی بودن توسط رادارها می‌باشد. بدین‌صورت برخلاف مدل اینتریلیگیتور موشک‌های پنهان شونده قابلیت انهدام به جهت خلع سلاح را ندارد. در یک جنگ موشکی بین دو کشور متخاصم یک کشور به جهت خلع سلاح رقیب خود می‌بایست در حمله خود باهدف قرار دادن پایگاه‌های موشکی کشور مقابل، حجم موشک‌های وی را به‌قدری کاهش دهد که کشور رقیب با موشک‌های باقی‌مانده نتواند پاسخی دردناک بدهد. بر این اساس درصورتی‌که موشک‌های پنهان شونده وارد معادلات جنگ موشکی شود، بدین‌جهت که قابلیت هدف قرار دادن آن وجود ندارد، از قدرت خلع سلاح کشور رقیب کاشته می‌شود. بدین‌جهت تعادل جدید با فن‌آوری پنهان شوندگی موشک‌ها با تعادل مدل اینتریلیگیتور مطابقت ندارد و می‌بایست با اضافه شدن این فن‌آوری جدید در معادلات مدل، تعادل جدیدی حاصل گردد.

٤-١. تعمیم مدل رقابت تسلیحاتی با لحاظ موشک‌های پنهان شونده

جهت تعمیم مدل اینتریلیگیتور فرض می‌گردد که موشک‌های پنهان شونده جز در قابلیت پنهان شوندگی از دیگر مؤلفه‌ها نظیر قدرت تخریب فرقی با موشک‌های غیر پنهان شونده ندارد. همچنین فرض می‌گردد که تنها کشوری که مورد تهاجم قرارگرفته، دارای موشک‌های پنهان شونده است. در مدل جنگ مطرح‌شده تنها شهرهای کشور مهاجم است که مورد حملات پاسخ قرار می‌گیرد و میان موشک‌های پنهان شونده و غیر پنهان شونده فرقی وجود ندارد و بدین‌جهت تغییری در تعادل ایجاد نمی‌کند. جهت لحاظ موشک‌های پنهان شونده فرض می‌شود بخشی از موشک‌های هر کشور به میزان ضریب h_A و h_B متشکل از موشک‌های پنهان شونده و بخش دیگر موشک‌ها بدون قابلیت پنهان شوندگی باشد. بدین‌جهت در حمله اول کشور متخاصم، تنها بخشی که موشک‌های کشور موردتهاجم که قابلیت پنهان شوندگی ندارد مورد اصابت قرار می‌گیرد و در فاز پاسخ کشوری که مورد اصابت قرارگرفته است، با همه موشک‌های پنهان‌شده و غیرپنهان شده که در حمله کشور مهاجم مورد اصابت قرار نگرفته است به شهرهای کشور مهاجم حمله می‌کند. یکی دیگر از تفاوت‌هایی که در فاز پاسخ بین موشک‌های پنهان شونده وجود دارد این است که آمادگی عملیاتی موشک‌های پنهان‌شده در خاک با موشک‌های دیگر متفاوت است. موشک‌هایی که در خاک مدفون‌شده‌اند عموماً آماده عملیات هستند و نباید همانند موشک‌های دیگر، ضریب آمادگی عملیات برای آن‌ها لحاظ گردد. بدین‌جهت معادلات مدل اینتریلیگیتور به شکل زیر تغییر می‌کند.

$$\begin{aligned}
\dot{M}_A &= -\alpha M_A - \beta'\beta(1-h_A)M_B f_B & M_A(0) &= M_A^0 \\
\dot{M}_B &= -\beta M_B - \alpha\alpha'(1-h_B)M_A f_A' & M_B(0) &= M_B^0 \\
\dot{C_A} &= (1-h_B)(1-\beta')\beta M_B v_B + h_B M_B v_B & C_A(0) &= 0 \\
\dot{C_B} &= (1-h_A)(1-\alpha')\alpha M_A v_A + h_A M_A v_A & C_B(0) &= 0
\end{aligned}$$

رابطه شماره (۱۸) مدل جنگ موشکی اینتریلیگیتور

٤-٢. مدل پویای جنگ موشکی اینتریلیگیتور با لحاظ موشک‌های پنهان شونده

معادله تغییر انباره موشک‌ها در پایان زمان حمله اول برای کشور مهاجم نسبت به معادله ارائه‌شده در مدل اینتریلیگیتور بدون تغییر است ولی برای کشور مورد تخاصم قرارگرفته شده با توجه به این‌که تنها موشک‌های غیر پنهان شونده مورد هدف قرارگرفته شده است دارای تغییرات زیر می‌باشد.

$$M_A(\theta_A) = M_A^0 \exp(-\bar{\alpha}\theta_A)$$
$$M_B(\theta_A) = (M_B^0(1-h_B) - f_A[1-\exp(-\bar{\alpha}\theta_A)]M_A^0) + M_B^0 h_B$$

رابطه شماره (۱۹) تعداد موشک‌های باقی‌مانده کشور B در لحظه θ

پس از گذشت حمله پیشدستانه، کشور B درصدد پاسخگویی و انتقام برآمده و فقط شهرهای کشور A را به مدت φ دقیقه هدف قرار می‌دهد. اگر توان پاسخگویی در موشک‌های غیر پنهان شونده حداکثر $\beta = \bar{\beta}$ فرض شود و همه موشک‌های مدفون در خاک شلیک شوند، در پایان دوره پاسخ کشور B و یا به‌عبارت‌دیگر پس از گذشت زمان $\theta + \varphi$ از شروع جنگ موشکی، خساراتی که به کشور A وارد می‌گردد به‌صورت زیر است.

$$C_A(\theta_A+\varphi_B)=v_B(M_B^0(1-h_B)-f_A[1-\exp(-\bar{\alpha}\theta_A)]M_A^0)\left(1-\exp\left(-\bar{\beta}\varphi_B\right)\right)+v_BM_B^0h_B$$

رابطه شماره (۲۰) خسارت کشور A در پایان جنگ

در معادله بالا بخش اول عبارت میزان خسارت موشک‌های غیر پنهان شونده و بخش دوم عبارت میزان خسارت موشک‌های پنهان شونده می‌باشد. حال برای این‌که کشور B دارای حداقل توان موشکی جهت پاسخ مناسب به تجاوز کشور A باشد می‌بایست پس از حمله پیشدستانه کشور A و نابودی بخشی از موشک‌های غیر پنهان‌شده، به‌اندازه کافی موشک داشته باشد که در پاسخ خسارتی به کشور A وارد سازد که این مقدار خسارت به‌قدری برای این کشور دردناک باشد که کشور A از عواقب این خسارت از همان ابتدا به کشور B حمله نکند. با توجه به توضیحات فوق اگر استراتژی هر دو کشور دفاع باشد و هیچ کشوری قصد حمله نداشته باشد، مهم برآورد کشورها از خسارت قابل‌تحمل کشور دیگر می‌باشد و اگر برآورد آستانه قابل‌تحمل خسارات برای کشور A را ازنظر کشور B، به میزان $\bar{C}_A$ در نظر بگیریم، آنگاه حداقل موشک‌های موردنیاز کشور B برای بازدارندگی برابر است با موشک‌های نابودشده در حمله پیشدستانه کشور A و موشک‌های موردنیاز برای مورد هدف قرار دادن شهرهای کشور A که از معادله شماره (۲۰) استخراج می‌گردد. حال این عبارت را به‌صورت معادله زیر می‌توان نشان داد.

$$M_B=\frac{f_A(1-\exp(-\bar{\alpha}\theta_A))\left(1-\exp\left(-\bar{\beta}\varphi_B\right)\right)}{(1-h_B)\left(1-\exp\left(-\bar{\beta}\varphi_B\right)\right)+h_B}M_A+\left\{\frac{\bar{C}_A}{(1-h_B)v_B(1-\exp\left(-\bar{\beta}\varphi_B\right)+v_Bh_B}\right\}$$

معادله شماره (۲۱) تعداد موشک‌های کشور B در لحظه θ در مدل توسعه‌یافته

رابطه شماره (۲۱) نشان‌دهنده رابطه‌ای میان حداقل موشک‌های موردنیاز کشور B جهت بازدارندگی است که به‌صورت معادله خطی بر اساس تعداد موشک‌های کشور A به‌دست‌آمده است. مشاهده می‌شود درصورتی‌که میزان ضریب موشک‌های پنهان شونده صف باشد $(h_B=0)$ رابطه شماره (۲۱) به رابطه شماره (۱۱) در مدل توسعه‌یافته اینتریلیگیتور تبدیل می‌شود. با مقایسه معادله شماره (۲۱) با معادلات توابع پاسخ مدل ریچاردسون می‌توان شیب و عرض از مبدأ معادله خطی بالا را به b_1' و b_3' نسبت داد. ازاین‌جهت این دو مقدار را به‌صورت زیر داریم.

$$b_1'=\frac{f_A(1-\exp(-\bar{\alpha}\theta_A))\left(1-\exp\left(-\bar{\beta}\varphi_B\right)\right)}{(1-h_B)\left(1-\exp\left(-\bar{\beta}\varphi_B\right)\right)+h_B}$$

$$b_3'=\frac{\bar{C}_A}{(1-h_B)v_B(1-\exp\left(-\bar{\beta}\varphi_B\right)+v_Bh_B}$$

رابطه شماره (۲۲) تعیین پارامترهای مدل ریچاردسون

اینک اگر کشور B کشور متجاوز باشد و کشور A در پاسخ به تجاوز کشور B پاسخ دهد با توجه به این‌که کشور A دارای موشک پنهان شونده نمی‌باشد موشک‌های شلیک‌شده بر همه موشک‌های کشور A اثر گذاشته و در مورد کشور B همه موشک‌های آماده به پرتاب پنهان‌شده علاوه بر موشک‌های آماده به شلیک غیر پنهان شونده شلیک می‌گردند که بدین‌جهت معادلات زیر که به تابع واکنش منتهی می‌گردد، حاصل می‌گردد.

$$M_B(\theta_B) = M_B^0(1-h_B)\exp(-\bar{\beta}\theta_B) - M_B^0 h_B$$

$$M_A(\theta_B) = M_A^0 - f_B((1-h_B)[1-\exp(-\bar{\beta}\theta_B)] + h_B)M_B^0$$

$$C_B(\theta_B+\varphi_A) = v_A(M_A^0 - f_B((1-h_B)[1-\exp(-\bar{\beta}\theta_B)] + h_B)M_B^0)(1-\exp(-\bar{\alpha}\varphi_A))$$

$$M_A = f_B((1-h_B)[1-\exp(-\bar{\beta}\theta_B)] + h_B)M_B + \left\{\frac{\bar{C}_B}{v_A(1-\exp(-\bar{\alpha}\varphi_A)}\right\}$$

رابطه شماره (۲۳) تعداد موشک‌های کشور A در لحظه θ

و اینک می‌توان α_1' و α_3' را نیز به‌صورت زیر مشابه رابطه شماره (۱۲) بازنویسی کرد.

$$\alpha_1' = f_B((1-h_B)[1-\exp(-\bar{\beta}\theta_B)] + h_B)$$

$$\alpha_3' = \frac{\bar{C}_B}{v_A(1-\exp(-\bar{\alpha}\varphi_A)}$$

رابطه شماره (۲۴) تعیین پارامترهای مدل ریچاردسون

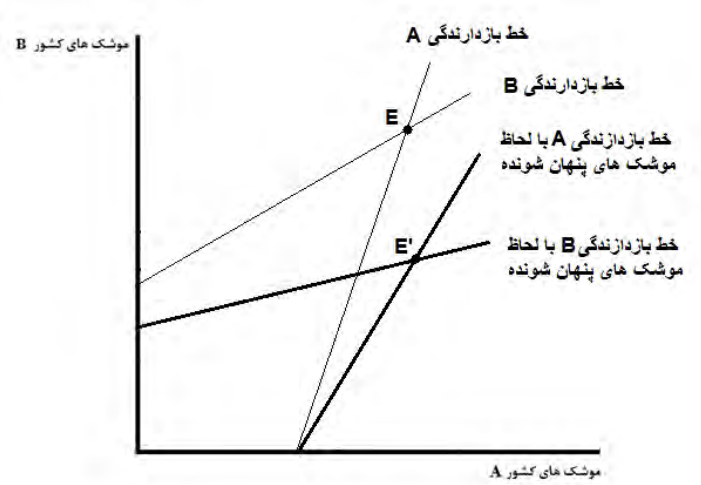
درنهایت بنابر پاسخ دستگاه معادلات ریچاردسون که از تلاقی دو تابع پاسخ به دست می‌آمد درصورتی‌که دو رابطه خطی شماره (۲۱) و (۲۳) تلاقی کنند، تعادل در نقطه با مختصات مندرج در معادلات ذیل به دست می‌آید.

$$M_A^E = \frac{\left\{\frac{\bar{C}_A f_B((1-h_B)[1-\exp(-\bar{\beta}\theta_B)] + h_B)}{(1-h_B)v_B(1-\exp(-\bar{\beta}\varphi_B) + v_B h_B} + \frac{\bar{C}_B}{v_A(1-\exp(-\bar{\alpha}\varphi_A)}\right\}}{1 - f_A f_B[1-\exp(-\bar{\alpha}\theta_A)][1-\exp(-\bar{\beta}\theta_B)]}$$

$$M_B^E = \frac{\left\{\frac{\bar{C}_B f_A(1-\exp(-\bar{\alpha}\theta_A))\,(1-\exp(-\bar{\beta}\varphi_B))}{v_A(1-\exp(-\bar{\alpha}\varphi_A)\,((1-h_B)(1-\exp(-\bar{\beta}\varphi_B)) + h_B)} + \frac{\bar{C}_A}{(1-h_B)v_B(1-\exp(-\bar{\beta}\varphi_B) + v_B h_B}\right\}}{1 - f_A f_B[1-\exp(-\bar{\alpha}\theta_A)][1-\exp(-\bar{\beta}\theta_B)]}$$

رابطه شماره (۲۵) تعادل در مدل توسعه‌یافته

درصورتی‌که روابط شماره (۲۱) و (۲۳) که توابع واکنش مدل توسعه‌یافته می‌باشد و همچنین روابط شماره (۱۱) و (۱۳) که توابع واکنش مدل اولیه می‌باشد، در یک صفحه رسم گردد نمودار زیر حاصل می‌گردد.



نمودار شماره (۴) واکنش بازدارندگی و حمله دو کشور درگیر رقابت تسلیحاتی در مدل توسعه یافته

اگر یک کشور بیش از مقدار نشان داده‌شده در خط بازدارندگی موشک در اختیار داشته باشد می‌تواند اطمینان داشته باشد که در صورت موردحمله قرار گرفتن می‌تواند پاسخ مناسبی به این اقدام نشان دهد در این صورت می‌تواند مطمئن باشد به وی حمله نمی‌شود. همچنین اگر یک کشور بیش از مقدار نشان داده‌شده در معادله خط حمله‌اش موشک در اختیار داشته باشد می‌تواند حمله را شروع کرده و مطمئن باشد که پس از حمله وی، انباره موشک‌های کشور رقیب به‌قدری کم است که نمی‌تواند در ضربت دوم یا زمان پاسخ، خسارت دردناکی وارد سازد.

با تحلیل توابع واکنش دو کشور مشاهده می‌شود تابع واکنش کشور B چه در عرض از مبدأ و چه در شیب کاهش‌یافته است و همچنین شیب تابع واکنش کشور A افزایش داشته است. با تغییرات مذکور همان‌گونه که در نمودار شماره (۴) نشان داده‌شده، تعادل جدید موشکی برای کشور B که دارای موشک‌های پنهان شونده است کاهش‌یافته است؛ اما به‌طورقطع مشخص نیست که تعداد موشک تعادلی کشور A افزایش و یا کاهش می‌یابد. این بدان جهت است که در صورت معادله تعادلی کشور A در میزان نرخ شلیک موشک کشور B در فاز حمله و نرخ شلیک موشک کشور B در فاز دفاع می‌تواند اختلاف وجود داشته باشد یا به‌عبارت‌دیگر اگر تفاوت φ_B با θ_B می‌تواند موجب کاهش ویا افزایش در تعادل کشور A گردد.

۵. نتیجه‌گیری

با پدیدار شدن فن‌آوری‌های دفاعی جدید نظیر موشک‌های پنهان شونده در خاک که مزارع موشکی را شکل می‌دهند، مدل‌های سنتی جنگ هوایی توانایی توضیح دهنگی پایین‌تری به نسبت سال‌های قبل پیداکرده‌اند. ازاین‌جهت نیاز به توسعه مدل‌های پیشین اهمیت پیدا می‌کند. در پژوهش ارائه‌شده، مدل ریچاردسون، به‌عنوان

پایه مدل اینتریلیگیتور و سپس مدل اینتریلیگیتور به‌عنوان مدل جنگ موشکی میان دو کشور شرح داده شد. سپس با اضافه کردن فاکتور قابلیت پنهان شوندگی موشک‌های یک کشور، معادلات جدید و همچنین تعادل جدید استخراج گشت. با اضافه کردن مزارع موشکی این امر که بازدارندگی یک کشور در دفاع از خود افزایش پیدا می‌کند امری بدیهی به نظر می‌رسد؛ اما باوجود مدل مذکور نشان داده شد که موشک‌های موردنیاز کشور دارای مزارع موشکی جهت حفظ توان بازدارندگی کاهش پیدا می‌کند که نشان می‌دهد کشور مذکور با هزینه کمتر می‌تواند به اهداف دفاعی خود دست پیدا کند. همچنین کشورهای دیگر درصورتی‌که بخواهند به کشوری که دارای مزارع موشکی است حمله‌ور کنند، درصورتی‌که مدت‌زمان فاز پاسخگویی به حمله مذکور به‌اندازه کافی طولانی باشد، نیازمند انباره موشکی بیشتر و متعاقباً اختصاص منابع بیشتر مالی به بخش دفاع می‌باشند و بدین‌جهت اقدام یک کشور جهت ساخت مزارع موشکی می‌تواند منجر به تحریک کشور مقابل جهت افزایش انباره موشکی خود گردد.

نظر به نتایج حاصل از پژوهش حاضر در صورتی که کشوری توانایی پنهان سازی موشکهای خود را داشته باشد، این کار می‌تواند منجر به کاهش نیاز آن کشور به دیگر موشکها گردد و بدین صورت امکان بیشتری برای توانایی بازدارندگی را در اختیارش قرار می‌دهد. این اتفاق حاصل رشد در فن‌آوری کشور می‌باشد. و این پژوهش میزان دقیق نیاز یک کشور به موشکهای پنهان شونده و غیر پنهان را نشان می‌دهد. علاوه برآن در صورتی که هر دو کشور به موشکهای پنهان شونده دست پیدا کنند، نظر به این که توانایی نابودی موشکهای کشور مقابل برای آنها کاهش می‌یابد، بدین جهت تعادل رقابت تسلیحاتی در سطحی پایین تر از مدل اولیه اینتریلیگیتور رقم می‌خورد. این اتفاق می‌تواند به کاهش رقابت تسلیحاتی و کاهش تخصیص بودجه های دفاعی منجر گردد. بدین صورت بنابر نتایج پژوهش حاضر یک کشور مسلح به تسلیحات موشکی می‌بایست اهتمام لازم برای نیل به فناوری پنهان سازی موشکهایش را داشته باشد و این اتفاق به صرفه جویی های مالی در امر دفاع به همراه بازدارندگی بیشتر دفاعی ختم گردد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع و مأخذ

منابع فارسی

- باغستانی میبدی، مسعود؛ عباسی دره بیدی، ابوالفضل و بوجار، حمیدرضا (۱۳۹۷). برآورد مدل رقابت تسلیحاتی بین کشورهای منتخب منطقه غرب آسیا با تأکید بر جمهوری اسلامی ایران، *فصلنامه مطالعات مدیریت راهبردی دفاع ملی*، دوره۲، شماره ۷، ص۴۳-۷۹.
- باغستانی میبدی، مسعود و گل‌خندان، ابوالقاسم (۱۳۹۸). پیش‌بینی وقوع و یا عدم وقوع جنگ در یک رقابت تسلیحاتی: مبتنی بر مدل راهبردی بازدارندگی- حمله اینتریلیگیتور و بریتو، *فصلنامه اقتصاد دفاع*، دوره ۴، شماره ۱۱، ص ۷۳-۹۲.
- عبدلی، قهرمان (۱۳۹۲). *نظریه بازی‌ها و کاربردهای آن، بازی‌های ایستا و پویا با اطلاعات کامل*. نشر جهاد دانشگاهی.
- قاسمی، فرهاد (۱۳۸۸). الزامات تئوریک بازدارندگی منطقه‌ای جمهوری اسلامی ایران، *فصلنامه بین‌المللی روابط خارجی*، دوره ۱، شماره ۳، ص ۵۵-۸۳.
- کاظمی، علی‌اصغر و حسین زاده، محمد (۱۳۹۲) سامانه دفاع ضد موشکی آمریکا و بازدارندگی هسته‌ای، *فصلنامه تحقیقات سیاسی بین‌المللی*، دوره ۵، شماره ۱۴، ص ۳۵-۵۵.
- گل‌خندان، ابوالقاسم و صحرائی، سمیه (۱۳۹۶). پیش بینی تجربی وضعیت رقابت تسلیحاتی بین ایران و عربستان در افق ۲۰۴۰، *آینده پژوهی دفاعی*، دوره ۲، شماره ۷، ص ۷۷-۱۰۲.
- هندیانی، عبدالله (۱۳۸۶). بررسی تحولات مفهوم امنیت در محیط امنیتی، *فصلنامه دانش انتظامی*، دوره ۹، شماره ۳، ص ۹-۳۰.

منابع لاتین

- Andreoni, J., & Miller, J. H. (1993). Rational Cooperation in the Finitely Repeated Prisoner's Dilemma: Experimental Evidence, *The Economic Journal*, 103 (418), 570-585.
- Benoit, E. (1978). Growth and defense in developing countries, *Economic development and cultural change*, 26(2), 271-280.
- Brito, D. L., & Intriligator, M. D. (1972). A Dynamic Model of an Armaments Race, *International economic review*, 2(13), 279-292.
- Brito, D. L., & Intriligator, M. D. (1985). Conflict, War, and Redistribution, *American Political Science Review*, 79 (4), 943-957.
- Dunne, P., Eftychia, N., & Smith, R. (2000). Arms Race Models and Econometric Applications. The Arms Trade, Security and Conflict, Middlesex University Business School.

- Intriligator, M. D. (1975). Strategic Considerations in the Richardson Model of Arms Race, *Journal of Political Economy*, 83 (2), 339-353.
- Intriligator, M. D., & Brito, D. L. (1984). Can Ann's،Rac. s lead to the Outbreak of War? *Journal of Conflict Resolution*, 28(1), 63-84.
- Intriligator, M. D., & Brito, D. L (1976). Formal Models of Arms Races, *Journal of Peace Science*, 2 (1), 77-88.
- Jackson, M., & Morelli, M. (2011). The Reasons for Wars: An Updated Survey, Chapters, in: Christopher J. Coyne & Rachel L. Mathers (ed.), The Handbook on the Political Economy of War, ch.3, Edward Elgar Publishing.
- Kydd, A. (1997). Game Theory and the Spiral Model. *Cambridge University Press*, 16 (3), 371-400.
- Kydd, A.(2000) Arms Races and Arms Control: Modeling the Hawk Perspective. *American Journal of Political Science*, 44(2), 228-244.
- Nalebuff, B. (1988). Minimal Nuclear Deterrence. journal of conflict resolution, 32 (3), 411–425.
- Powell, Robert. (1993). Guns, Butter, Anarchy. *American Political Science Review*. 87 (2), 115-132.
- Richardson, L. F. (1960). Arms and Insecurity: A Mathematical Study of Causes and Origins of War. Pittsburgh: Boxwood Press.
- Sandler, T., & Hartley, K. (2001). Economics of Alliances: The Lessons for Collective Action, *Journal of Economic Literature*, 39(1), 869-896.
- Sandler, T., & Hartley, K. (1995). *Handbook of Defense Economics*, 1(3), North Holland.
- Slantchev, Branislav. (2005). Military Coercion in Interstate Crises, *American Political Science Association*, 99 (2), 533-547.

Journal of Defense Economics
Defense Economics Scientific Association of Iran
Volume 6, Issue 21, Autumn 2021, Pages 9-35

Generalization of Interiligator Missile Arms Race Model by Adding Missile Farms

Seyyed Shamseddin Hosseini[1]
Kamiyar Hossein Khanzadeh[2]*

Abstract

Missile defense is one of the most important components in deterrence and security of countries and advances in missile capabilities could significantly change a country's deterrent equations. One of the technologies of the defense industry is the missile farms consisting of missiles with the ability to hide before launch, so that in this achievement, the missiles are ready and hidden from the radars in the heart of the soil and ready at any time. The ability of hidden missiles has a great importance in the deterrence equations between the two warring parties. The Interlligator missile arms race model was developed during the Cold War, focusing on the US-Soviet missile warfare and shows how the two missile powers interact and balance in deterrence. Given the time of development of the model, it does not include new issues such as the ability of missiles to hide. In this paper, it is intended to investigate the effect of the presence of hidden missiles in deterrence equations and the final balance of the number of missiles required by countries for deterrence by developing the equations of the Interlligator missile arms race model. As a result, a country with hidden missile fields needs fewer missiles at the new equilibrium point for deterrence, and therefore needs less defense spending and therefore less defense expenditure.

Keywords: Defense economics, Arms race, Defense expenditure, Missile farm, Intriligator Strategic Model**.**

[1] Associate Professor, Department of Business Economics, Faculty of Economics, Allameh Tabatabai University, Tehran, Iran. (eghtesaddan1988@gmail.com)
[2] PhD student in financial economics, Faculty of Economics, Allameh Tabatabai University, Tehran, Iran. Corresponding author. (kamyar272@gmail.com)