

بهبینسازی مبادلات تجاری دوجانبه در شرایط تحریم

زهرا طلبی* (دانشجوی کارشناسی ارشد)

احمد اصل حداد (استادیار)

یاسر صمیمی (استادیار)

دانشکده‌ی مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی خواجه نصیر طوسی، تهران، ایران.

مهندسی صنایع و مدیریت شریف، زمستان ۱۴۰۳
دوره‌ی ۴۰، شماره‌ی ۲، صص. ۱۵-۳، (پژوهشی)

هدف از نگارش نوشتار حاضر، ارائه‌ی یک مدل ریاضی برای بهبود مبادلات تجاری ایران با شرکاء مهم تجاری تحت شرایط تحریم است. بدین منظور، مسئله با دو تابع هدف به صورت برنامه‌ریزی غیرخطی عدد صحیح مختلط مدل شده است. نوسان‌های نرخ ارز، یکی از چالش‌های اصلی کارگزاران صادرات و واردات است. به منظور دستیابی به جواب استوار، انحراف معیار لگاریتم تفاضل نرخ ارز هر سال از سال قبل از نوع کمینه‌سازی به عنوان تابع هدف دوم منظور شده است. برای ارزیابی عملکرد مدل، جواب حاصل از مدل با داده‌های تجاری سال‌های ۱۳۹۵ الی ۱۳۹۸ مقایسه شده و نتایج حاکی از بهبود تراز تجاری کشور در مدل پیشنهادی بوده است. تغییر کشور مبدأ واردات یا مقصد صادرات و همچنین استفاده از صنایع تبدیلی، راهکار حاصل از مدل برای خنثی‌سازی آثار تحریم بوده است. نتایج مدل حاکی از کاهش اثر تحریم در صورت به‌کارگیری برنامه‌ی مناسب با توجه به نوسان نرخ ارز است.

واژگان کلیدی: تجارت بین‌الملل، تحریم، نوسان نرخ ارز، عدم قطعیت، برنامه‌ریزی غیرخطی عدد صحیح مختلط.

zahra.talabii@email.kntu.ac.ir

ahadad@kntu.ac.ir

y_samimi@kntu.ac.ir

۱. مقدمه

رشد تجارت جهانی و تحولات ناشی از آن، یعنی اهمیت فزاینده‌ی انتقال سرمایه و تکنولوژی، ادغام و افزایش وابستگی متقابل کشورها در شرایط نوین، از مسائل عمده‌ی شکل‌گیری نظام جدید جهانی است.^[۱] همچنین به تجارت خارجی در اغلب کشورهای در حال توسعه، به عنوان اهرم اصلی رشد و توسعه‌ی اقتصادی توجه شده است.^[۲] لذا می‌توان گفت که سیستم تجارت، نقش مهمی در اقتصاد کشورها دارد. اغلب کشورها برای افزایش رشد اقتصادی به دنبال توسعه‌ی تجارت با سایر کشورها هستند. به‌طور کلی تجارت بین‌الملل را می‌توان به دو دسته‌ی کلی تجارت دوجانبه و تجارت چندجانبه تقسیم‌بندی کرد.

مذاکرات حکومتی انجام می‌شود. در این نوع تجارت، تاجر کالای مشخصی را در ازاء دریافت مبلغی معین یا به صورت مبادله‌ی آن با کالای دیگری صادر می‌کند. تجارت دوجانبه، عموماً به دلایل سیاسی یا به دلیل مشکلاتی که در پرداخت‌ها پیش می‌آید، ترتیب داده می‌شود.^[۳] مورخان معمولاً امضای پیمان انگلیسی-فرانسوی ۱۸۶۰ را به عنوان نقطه‌ی عطفی در دوره‌ی جدید روابط تجاری بیان می‌کنند.^[۴]

۱.۲. تجارت چندجانبه

در طول شش دهه، وجود نظام تجاری چندجانبه تحت حمایت موافقت‌نامه‌ی عمومی تعرفه و تجارت (GATT)^۱ و اکنون تحت نظارت جدید سازمان تجارت جهانی (WTO)^۲ است. در سال ۱۹۴۷، سازمان تجارت جهانی فقط از ۲۳ قرارداد پیمانکاری به حمایت از ۱۵۱ عضو دستور داده است. دور مذاکرات تجاری اروگوئه، که در دسامبر ۱۹۸۶ در پان دل استه^۳ آغاز شد، نقطه‌ی عطفی در تاریخ سیستم تجارت چندجانبه بوده است.

۱.۱. تجارت دوجانبه

تجارت دوجانبه، که با اصطلاحاتی نظیر بازرگانی دوطرفه یا دادوستد متقابل نیز نام برده می‌شود، به تجارتی گفته می‌شود که میان دو کشور و معمولاً تحت

*نویسنده مسئول

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۲/۳۱، تاریخ اصلاحیه: ۱۴۰۲/۰۳/۰۱، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۰۳.

استناد به این مقاله:

طلبی، زهرا، اصل حداد، احمد، و صمیمی، یاسر، ۱۴۰۳. بهبود مبادلات تجاری دوجانبه در شرایط تحریم. مهندسی صنایع و مدیریت شریف، ۴۰(۲).

صص. ۱۵-۳. DOI: 10.24200/j65.2023.59081.2257

^۱ General Agreement on Tariffs and Trade

^۲ The World Trade Organization

^۳ PUNTA DEL ESTATE

۱.۳. تحریم

تحریم اقتصادی بعد از جنگ جهانی دوم، به‌عنوان یک راهکار جایگزین برای برخورد های نظامی به‌منظور تحت تأثیر قراردادن رفتار کشورهای هدف، مورد استقبال سازمان‌ها و دولت‌ها قرار گرفته است.

بر اساس نظریه‌ی اقتصاد بین‌الملل، روابط تجاری و اقتصادی دوجانبه یا چندجانبه، عمدتاً بازی برد- برد است و ایجاد هرگونه محدودیت بر سر راه تجارت به‌ویژه با اعمال تحریم‌ها به هر دو طرف تحریم‌کننده و تحریم‌شونده آسیب وارد می‌کند.^[۵]

از آغاز پیروزی انقلاب اسلامی در سال ۱۳۵۷، ایران تحت آماج تحریم‌های متعددی از جانب آمریکا، اتحادیه‌ی اروپا، و سازمان ملل بوده است. فارغ از تأثیر تحریم‌ها در میزان تجارت خارجی، به‌علت عدم استفاده از مزیت‌های نسبی در سازوکار تجارت خارجی، هزینه‌های تجاری افزایش و در نتیجه شرکاء تجاری ایران هم تغییر کرده‌اند. در واقع، ایران با تعدادی از کشورها، روابط تجاری دارد و تحکیم روابط مذکور، سیاست‌های خاص و جداگانه‌ای را می‌طلبد.^[۶] با توجه به اینکه هدف اصلی مطالعه‌ی حاضر، یافتن راهی برای بهینه‌سازی مسئله و روابط موجود در تجارت با نگاهی خاص به مسئله‌ی تحریم است، نیاز به بررسی نوشتارها و مطالعات در زمینه‌ی مذکور است.

۲. تاریخچه‌ی مطالعات

۱.۲. مدل‌سازی برنامه‌ی تجارت

در مطالعه‌ی که توسط استرومان و دوچین^۱ (۲۰۰۶) انجام شده است، مدل جدید، با نام "تجارت جهانی با تجارت دوجانبه" (WTMBT)^۲ بررسی شده است. هدف اصلی نوشتار حاضر، ارزیابی تأثیر هزینه‌های حمل و نقل در تجارت است. جهت بررسی این موضوع از مدل خطی استفاده شده و تحلیل اولیه توسط ۱۱ کشور، ۸ کالا، ۶ عامل تولیدی، و ۴ بخش حمل و نقل صورت گرفته است. نتیجه‌ی به‌دست‌آمده حاکی از آن است که هزینه‌های حمل و نقل، تأثیر کمی در کل واردات منطقه یا صادرات یک کالای معین داشته است.^[۷]

مارینوویک^۳ و همکاران (۲۰۱۳)، به بهینه‌سازی برنامه‌ریزی روزانه‌ی تجارت در صنعت برق بخش‌های مرکزی و جنوب شرقی اروپا پرداخته‌اند. هدف مطالعه‌ی ایشان این بوده است که ابتدا نیاز داخلی را برآورد و سپس با هدف بهینه‌سازی سود، به بازارهای همسایه صادر کنند. فرض اساسی مدل این بوده است که تقاضا و عرضه از قبل مشخص شده است، همچنین ظرفیت‌های انتقال موجود و انتقال اضافی نیز قابل پیش‌بینی است. برای رسیدن به اهداف مطالعه، مدل ریاضی برنامه‌نویسی غیرخطی عدد صحیح مختلط (MINLP)^۴ ارائه شده است، که در آن سود روزانه با توجه به محدودیت‌های بازار و ظرفیت‌های جریان به میزان بیشینه می‌رسد. نهایتاً نتایج مدل توسط داده‌های عددی در مثالی واقعی تحلیل و بررسی شده است.^[۸]

بایراک^۵ و همکاران (۲۰۱۹)، به بررسی تجارت دوجانبه‌ی یک کالا بین فروشندگان و خریداران توسط یک واسطه‌گر، که تصمیم بر بهینه‌سازی سود خود

دارد، پرداخته‌اند. در ابتدا، مسئله همراه واسطه‌گر با ریسک خنثی انجام و یک مدل خطی شبکه‌ای با در نظر گرفتن درآمدهای موردانتظار فروشنده و پرداخت‌های موردانتظار خریدار ارائه و حل مدل توسط روش کوتاه‌ترین مسیر انجام شده است. سپس، مسئله در حالتی که واسطه‌گر ریسک‌پذیر بوده است، حل و مقایسه‌ی مدل‌ها انجام و نتایج، تحلیل و بررسی شده‌اند.^[۹]

۲.۲. مدل‌سازی تجارت در شرایط عدم قطعیت

لیو^۶ و همکاران (۲۰۱۱)، در بررسی اثر عدم قطعیت حمل‌ونقل در تجارت بین‌الملل دریافتند که عدم قطعیت در حمل‌ونقل در تقاضای کالاهای خارجی اثر منفی می‌گذارد و بهبود حمل‌ونقل می‌تواند تجارت و میزان فروش را بهبود بخشد.^[۱۰]

نووی^۷ و همکاران (۲۰۲۰)، اثر شوک‌های اقتصادی در تجارت بین‌الملل را بررسی و بر اساس آن مدلی ارائه کردند، که منجر به انجام قراردادهای بزرگ‌تر شد و همچنین بحران مالی سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹ را توضیح می‌داد.^[۱۱]

۳.۲. مدل‌سازی تجارت در شرایط تحریم ایران

تحریم اقتصادی، پیشینه‌ی طولانی در روابط بین‌الملل دارد. عزیزنژاد و سید نورانی (۲۰۰۹)، در نوشتاری با عنوان "بررسی آثار تحریم در اقتصاد ایران با تأکید بر تجارت خارجی"، آثار تحریم‌های اقتصادی را در سه بخش: انرژی، کالا، و خدمات بانکی با استفاده از داده‌های سال‌های ۱۹۷۹ تا ۲۰۰۸ بررسی کرده‌اند. از عوامل مهم و مؤثر در نوع و کیفیت تحریم‌ها، به نسبت صادرات و واردات به تولید ناخالص داخلی اشاره شده است. همچنین بیان شده است که آثار تحریم‌ها را می‌توان در سه بخش صنعت انرژی، صنعت بانکداری، و تجارت خارجی بررسی کرد، که تأکید آن بیشتر بر تجارت خارجی بوده است.^[۱۲]

یاوری و محسنی (۲۰۰۹)، در مطالعه‌ی خود با موضوع "اثر تحریم‌های تجاری و مالی در اقتصاد ایران"، با استفاده از دو رویکرد منحنی پیشنهاد در تجارت و رویکرد مازاد مصرف‌کننده توسط داده‌های سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۰، آثار تحریم‌های تجاری را بررسی کرده و دریافته‌اند که دلیل مهم تأثیر تحریم‌ها علیه ایران، وابستگی اقتصاد ایران به نفت بوده است.^[۱۳]

آقایی و همکاران (۲۰۱۸)، به اثر تحریم در مبادلات تجاری ایران در چارچوب یک الگوی جاذبه‌ی تعمیم‌یافته، با استفاده از مدل‌های اقتصادسنجی پانل دیتا^۸ پرداخته‌اند. پژوهش ایشان براساس داده‌های آماری سالانه طی سال‌های ۱۳۷۵ الی ۱۳۹۴ صورت گرفته است. یافته‌های پژوهش مذکور حاکی از شدت یافتن اثر تحریم‌ها در مبادلات تجاری در صورت افزایش قدرت تحریم‌ها بوده است.^[۱۴]

بنی اسدی (۲۰۲۲)، در مطالعه‌ی خود به بررسی اثر تحریم‌های هسته‌ای در روابط، ترکیب کالاها، شرکا و تراز تجاری بخش کشاورزی ایران پرداخته است. به این منظور داده‌ها در ۴ دوره‌ی: پیش از تحریم (۱۳۸۶-۱۳۷۸)، دوره‌ی شروع و اعمال تحریم (۱۳۹۰-۱۳۸۷)، دوره‌ی تشدید تحریم (۱۳۹۳-۱۳۹۱)، و دوره‌ی پساتحریم و پس‌اجرام (۱۳۹۵-۱۳۹۴) بررسی شده است. نتایج

^۵ Bayrak

^۶ Liu

^۷ Novy

^۸ Panel Data

^۱ STRØMMAN & DUCHIN

^۲ World Trade Model with Bilateral Trade

^۳ Marinović

^۴ Mixed Integer Non-Linear Programming

با توجه به آنچه گفته شد، در تمامی مطالعات انجام شده، به بررسی وضعیت اقتصادی یا رابطه‌ی تجاری کشورها با ایران پرداخته شده است (جدول ۱). اما در مطالعه‌ی حاضر، آنچه که کشور با وجود تحریم در ترکیب معاملات خود باید انجام بدهد، بررسی شده است. همچنین در پژوهش کنونی به بررسی نوسان‌های نرخ ارز نیز پرداخته شده است. به عنوان یک رویکرد، مطالعه‌ی حاضر یک رویکرد کنشی را در مقابله با تحریم در نظر گرفته است. شایان ذکر است براساس جستجوهای انجام شده، نوشتاری در خصوص بهینه‌سازی تجارت براساس تحریم کالا- کشور یافت نشده است. لذا رویکرد تخصیص کالا- کشور با توجه به وضعیت تحریم، نوآوری نوشتار حاضر در جایگاه نوشتارهای مقابله با تحریم یا کاهش آثار آن است.

در نوشتار حاضر، ابتدا مطالعات پیشین در زمینه‌ی تجارت و تحریم و نیز روابط موجود در مطالعات مذکور بررسی شده است. سپس به معرفی مدل پیشنهادی نوشتار حاضر و اعتبارسنجی آن با تشریح یک مثال عددی و درنهایت، نتیجه‌گیری پژوهش پرداخته شده است.

۳. تعریف مسئله و مدل پیشنهادی

در پژوهش حاضر، یک مدل برنامه‌ریزی غیرخطی عدد صحیح مختلط به‌منظور حل یکپارچه‌ی مسئله، پیشنهاد شده است؛ که دو تابع هدف داشته و بر پایه‌ی مدل تخصیص و نیز برای تصمیم‌گیری در مورد تجارت کالاهای تجاری وارداتی و صادراتی ایران، برای کشورهای موردنظر شریک تجاری بوده است.

مطالعه‌ی ایشان نشان می‌دهد که تحریم‌ها در صادرات کشاورزی اثر افزایشی داشته و منجر به کاهش واردات محصولات کشاورزی و مواد غذایی نشده است. همچنین نتایج بیانگر تغییر روابط تجاری، مبادی وارداتی، و شرکاء تجاری و در عین حال ترکیب کالاهای وارداتی بوده است.^[۱۵]

حسنوند و همکاران (۲۰۱۸)، تأثیر تحریم‌ها در صادرات غیرنفتی ایران را در بازه‌ی زمانی ۱۳۹۲-۱۳۵۸ بررسی کرده‌اند. ایشان با گردآوری داده‌های اسنادی و استفاده از روش سری زمانی ساختاری، عوامل مؤثر در صادرات غیرنفتی را مدل‌سازی کرده و دریافته‌اند که تحریم‌ها تأثیر منفی و معنی‌داری در صادرات غیرنفتی ایران داشته‌اند.^[۱۶]

سعادت و همکاران (۲۰۲۳)، در پژوهش خود به بررسی رابطه‌ی تجاری ایران و فرانسه، در دو حالت وجود تحریم و بدون وجود تحریم در بازه‌ی زمانی ۱۹۷۹ تا ۲۰۲۰ پرداخته‌اند. ایشان با استفاده از آزمون هم‌انباشتگی جوهانسون^۱، وجود رابطه‌ی تعادلی بلندمدت بین متغیرهای مدل را در دو حالت وجود یا عدم وجود تحریم در اقتصاد ایران تأیید کرده‌اند. همچنین، نتایج برآورد مدل مطالعه‌ی ایشان با استفاده از روش کمینه‌ی مربعات معمولی (OLS)^۲ نشان داده است که تولید ناخالص داخلی دو کشور ایران و فرانسه، اثر مثبت و معنی‌داری در حجم تجارت دوجانبه‌ی دو کشور به یکدیگر داشته است. همچنین، نتایج برآورد مدل در حالت وجود تحریم، بیانگر اثر معکوس تحریم‌های بین‌الملل با رشد صادرات دو کشور به یکدیگر بوده است، که آثار مذکور آن در بلندمدت تأیید می‌شوند.^[۱۷]

جدول ۱. تاریخچه‌ی مروری پژوهش.

موضوع مطالعه	نام نویسنده	سال انتشار	توضیحات
تجارت و روابط تجاری	کازرونی و همکاران	۲۰۱۸	تحلیل تأثیر تحریم‌های اقتصادی در حجم تجارت ایران با ۷۳ شریک تجاری خود
	استرومن و دوچین	۲۰۰۶	WTMBT ارزیابی تأثیر هزینه‌های حمل و نقل در تجارت در مدل
	مارینوئیک و همکاران	۲۰۱۳	بهینه‌سازی برنامه‌ریزی روزانه‌ی تجارت در صنعت برق بخش‌های مرکزی و جنوب شرقی اروپا
مدل‌سازی تجارت در شرایط عدم قطعیت	بایراک و همکاران	۲۰۱۹	بررسی تجارت دوجانبه‌ی یک کالا بین فروشنده و خریدار با هدف بهینه‌سازی سود
	لیو و همکاران	۲۰۱۱	بررسی اثر عدم قطعیت حمل و نقل در تجارت بین‌الملل
تحریم	نووی و همکاران	۲۰۲۰	ارائه‌ی مدل اثر شوک‌های اقتصادی در تجارت بین‌الملل
	عزیزنژاد و سید نورانی	۲۰۰۹	بررسی آثار تحریم‌های اقتصادی در سه بخش انرژی، کالا، و خدمات بانکی
	یاوری و محسنی	۲۰۰۹	مطالعه‌ی آثار تحریم‌های تجاری و مالی در اقتصاد ایران
	آقایی و همکاران	۲۰۱۸	بررسی اثر تحریم در مبادلات تجاری استفاده از مدل‌های اقتصادسنجی پانل دیتا ایران با
	بنی اسدی	۲۰۲۲	بررسی اثر تحریم در روابط ترکیب کالا در بخش کشاورزی
	حسنوند و همکاران	۲۰۱۸	بررسی اثر تحریم‌ها در صادرات غیرنفتی ایران
	سعادت و همکاران	۲۰۲۳	بررسی رابطه‌ی تجاری ایران و فرانسه، در دو حالت وجود تحریم و بدون وجود تحریم در بازه‌ی زمانی ۱۹۷۹ تا ۲۰۲۰

^۲ Ordinary Least Squares

^۱ Johansson Cointegration test

۳.۳. پارامترها و اندیس‌ها

۱.۳.۳. اندیس‌ها

$i = 1, 2, \dots, n$	اندیس کشورها
$j = 0$	کشور هدف
B	تعداد کالاهای قابل تبدیل به یکدیگر
$b = 1, 2, \dots, B ; k = 1, 2, \dots, m$	اندیس کالاها
$t = 1, 2, \dots, T$	اندیس دوره (سال)

۲.۳.۳. پارامترها

بیشینه‌ی مقدار واردات کالای k ام به کشور هدف در دوره‌ی t ام (kg)	$U_{.t}^k$
کمینه‌ی مقدار واردات کالای k ام به کشور هدف در دوره‌ی t ام (kg)	$L_{.t}^k$
بیشینه‌ی مقدار صادرات کالای k ام به کشور هدف در دوره‌ی t ام (kg)	$U_{.t}^{\prime k}$
کمینه‌ی مقدار صادرات کالای k ام به کشور هدف در دوره‌ی t ام (kg)	$L_{.t}^{\prime k}$
بیشینه‌ی مقدار صادرات کالای b ام به کشور هدف در دوره‌ی t ام (kg)	$U_{.t}^{\prime b}$
قیمت کالای k ام در کشور i ام (واردات کشور i ام، به نرخ ارز رایج کشور i ام) در دوره‌ی t ام	H_{kit}
قیمت کالای k ام تبدیل شده به کالای b ام در کشور i ام (واردات کشور i ام، به نرخ ارز رایج کشور i ام) در دوره‌ی t ام	H_{kbit}
ظرفیت صادرات کالای k ام از کشور i ام به کشور هدف (واردات ایران) در دوره‌ی t ام (kg)	$Z_{i \cdot t}^k$
بیشینه‌ی تقاضای کشور i ام از کشور هدف برای کالای k ام (صادرات ایران) در دوره‌ی t ام (kg)	$MI_{.it}^k$
بیشینه‌ی تقاضای کشور i ام از کشور هدف برای کالای b ام (صادرات ایران) در دوره‌ی t ام (kg)	$MI_{.it}^b$
هزینه‌ی واردات (به نرخ ارز رایج کشور i ام) کالای k ام به کشور هدف از کشور i ام در دوره‌ی t ام	$S_{i \cdot t}^k$

تابع هدف اول، بیشینه‌سازی تراز تجاری بین کشورها در صورت وجود برخی تحریم‌های تجاری بوده است. براساس مطالعه‌ای از متیو^{۱۸} (۲۰۱۳)، تابع هدف دوم به منظور دستیابی به جواب استوار، کمینه‌ی انحراف معیار (برای کشورهای شریک تجاری) لگاریتم تفاضل نرخ ارز هر سال از سال قبل و به ازاء هر سال محاسبه شده است.

کالای تبدیلی، کالایی است که در صورت تحریم، می‌توان آن را با تبدیل به کالای دیگر غیرتحریمی صادر کرد.

۱.۳. مفروضات مدل

در ابتدا، برای ساده‌تر شدن فهم و حل مدل، این مفروضات مطرح شده‌اند:

الف) به ازاء هر کالا، صادرات یا واردات یا هر دو، دست کم باید برای یک کشور صورت گیرد.

ب) کمینه و بیشینه‌ی مقدار نرخ ارز برای هر کشور به ترتیب کمترین و بیشترین میزان نرخ ارز طی سال موردنظر بوده است.

۲.۲. متغیرهای تصمیم

مقدار تأمین تقاضای کشور i ام از کشور هدف برای کالای k ام در دوره‌ی t ام (صادرات ایران) (kg)	$v_{.it}^k$
مقدار تأمین تقاضای کشور i ام از کشور هدف برای کالای k ام تبدیل شده به کالای b ام در دوره‌ی t ام (صادرات ایران) (kg)	$v_{.it}^{kb}$
تقاضای کشور هدف از کشور i ام برای کالای k ام در دوره‌ی t ام (واردات ایران) (kg)	$v_{i \cdot t}^k$
درآمد صادرات (به نرخ ارز رایج کشور i ام) کالای k ام به کشور i ام از کشور هدف در دوره‌ی t ام	$S_{.it}^k$
درآمد صادرات (به نرخ ارز رایج کشور i ام) کالای k ام تبدیل شده به کالای b ام از کشور هدف به i ام در دوره‌ی t ام	$S_{.it}^{kb}$
صادرات محصول k ام از کشور هدف به کشور i ام در دوره‌ی t ام برقرار باشد ۱ o.w.	$f_{.it}^k$
واردات محصول k ام از کشور هدف به کشور i ام در دوره‌ی t ام برقرار باشد ۱ o.w.	$g_{i \cdot t}^k$
نرخ ارز اسمی کشور هدف برای کشور i ام در دوره‌ی t ام	$NER_{.it}$

S.t:

$$L_{.t}^k \leq \sum_{i=1}^n v_{i-t}^k \times g_{i-t}^k \leq U_{.t}^k \quad \forall k = 1, 2, \dots, m; \forall t = 1, 2, \dots, T \quad (3)$$

$$L_{.t}^k \leq \sum_{i=1}^n y_{i-t}^k \times f_{i-t}^k \leq U_{.t}^k \quad \forall k = 1, 2, \dots, m; \forall t = 1, 2, \dots, T \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^n v_{i-t}^{kb} \times f_{i-t}^{kb} \leq U_{.t}^{kb} \quad \forall k = 1, \dots, m; \forall b = 1, \dots, B; \forall t = 1, \dots, T \quad (5)$$

$$s_{i-t}^k \times f_{i-t}^k \leq H_{kit} \quad \forall k = 1, \dots, m; \forall i = 1, \dots, n; \forall t = 1, \dots, T \quad (6)$$

$$s_{i-t}^{kb} \times f_{i-t}^{kb} \leq H_{kbit} \quad \forall i = 1, \dots, n; \forall k = 1, \dots, m; \forall b = 1, \dots, B; \forall t = 1, \dots, T \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^n f_{i-t}^k \geq 1 \quad \forall k = 1, 2, \dots, m; \forall t = 1, 2, \dots, T \quad (8)$$

$$\sum_{i=1}^n g_{i-t}^k \geq 1 \quad \forall k = 1, 2, \dots, m; \forall t = 1, 2, \dots, T \quad (9)$$

$$v_{i-t}^k \times g_{i-t}^k \leq z_{i-t}^k \quad \forall i = 1, \dots, n; \forall k = 1, \dots, m; \forall t = 1, \dots, T \quad (10)$$

$$v_{i-t}^k \times f_{i-t}^k \leq MI_{i-t}^k \quad \forall i = 1, \dots, n; \forall k = 1, \dots, m; \forall t = 1, \dots, T \quad (11)$$

$$v_{i-t}^{kb} \times f_{i-t}^{kb} \leq MI_{i-t}^{kb} \quad \forall i = 1, \dots, n; \forall b = 1, \dots, B; \forall k = 1, \dots, m; \forall t = 1, 2, \dots, T \quad (12)$$

$$f_{i-t}^k \times f_{i-t}^{k'} = 0 \quad \forall i = 1, \dots, n; \forall k = 1, \dots, m; \forall t = 1, \dots, T \quad (13)$$

$$g_{i-t}^k \times g_{i-t}^{k'} = 0 \quad \forall i = 1, \dots, n; \forall k = 1, \dots, m; \forall t = 1, \dots, T \quad (14)$$

$$X_{lit} \leq NER_{i-t} \leq X_{git} \quad \forall i = 1, 2, \dots, n; \forall t = 1, 2, \dots, T \quad (15)$$

$$v_{i-t}^k, v_{i-t}^b, v_{i-t}^k, s_{i-t}^k, s_{i-t}^b \geq 0 \quad \forall i = 1, 2, \dots, n; \forall b = 1, 2, \dots, B; \forall k = 1, 2, \dots, m; \forall t = 1, 2, \dots, T \quad (16)$$

$$f_{i-t}^k, g_{i-t}^k \in \{0, 1\} \quad \forall i = 1, \dots, n; \forall k = 1, \dots, m; \forall t = 1, \dots, T \quad (17)$$

مدل ریاضی اخیر با هدف افزایش تراز تجاری با توجه به محدودیت‌های موجود در دنیای واقعی نوشته شده است؛ که در آن، رابطه‌ی ۱، تابع هدف اول است، که نمایانگر بیشینه‌سازی تراز تجاری کشور است؛ که پس از حل مدل، ابتدا با فرض نبودن تحریم برای کالاها و سپس فرض تحریم برای برخی از کالاها در تعدادی از کشورها، هزینه‌های ناشی از تحریم محاسبه شده است. علت وجود

$GDP_{.t}$	تولید ناخالص داخلی کشور هدف در دوره‌ی t ام
M	عدد بزرگ
f_{i-t}^k	صادرات کالای k ام به کشور i ام از کشور هدف در دوره‌ی t ام تحریم باشد O.W. ۱
g_{i-t}^k	واردات کالای k ام از کشور i ام به کشور هدف در دوره‌ی t ام تحریم باشد O.W. ۱
X_{git}	بیشینه‌ی مقدار نرخ ارز کشور i ام در دوره‌ی t ام (ریال)
X_{lit}	کمینه‌ی مقدار نرخ ارز کشور i ام در دوره‌ی t ام (ریال)
sd_{okt}	قیمت کالای k ام در کشور هدف در دوره‌ی t ام (به نرخ ارز رایج کشور i ام)

۴.۳. مدل پیشنهادی

$$\max \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^m v_{i-t}^k \times f_{i-t}^k \times s_{i-t}^k \times NER_{i-t}}{GDP_{.t}} + \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^m \sum_{b=1}^B v_{i-t}^{kb} \times f_{i-t}^{kb} \times s_{i-t}^{kb} \times NER_{i-t}}{GDP_{.t}} + \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^m v_{i-t}^k \times g_{i-t}^k \times s_{i-t}^k \times NER_{i-t}}{GDP_{.t}} \quad \forall t = 1, 2, \dots, T \quad (1)$$

$$\min \sum_{k=1}^m \left\{ STDEV_i \left[\text{Log} \left(NER_{i-t} \times \left(\frac{H_{kit}}{sd_{.kt}} \right) \right) \right] - \text{Log} \left(NER_{i-(t-1)} \times \left(\frac{H_{ki(t-1)}}{sd_{.k(t-1)}} \right) \right) \right] \times f_{i-t}^k + \sum_{k=1}^m \left\{ STDEV_i \left[\text{Log} \left(NER_{i-t} \times \left(\frac{s_{i-t}^k}{sd_{.kt}} \right) \right) \right] - \text{Log} \left(NER_{i-(t-1)} \times \left(\frac{s_{i-(t-1)}^k}{sd_{.k(t-1)}} \right) \right) \right] \times g_{i-t}^k \right\} \quad \forall t = 1, 2, \dots, T \quad (2)$$

$$z \geq x_p - M \times (1 - x_1) \quad (20)$$

اکنون قيود غير خطی مطابق روابط ۲۱ الی ۳۰ بازنویسی شده‌اند:

$$L_{i,t}^k \leq \sum_{i=1}^n z g_{i,t}^k \leq U_{i,t}^k \quad \forall k = 1, \dots, m; \forall t = 1, \dots, T; \forall i = 1, \dots, n \quad (21)$$

$$z g_{i,t}^k \leq v_{i,t}^k \quad \forall k = 1, \dots, m; \forall t = 1, \dots, T; \forall i = 1, \dots, n \quad (22)$$

$$z g_{i,t}^k \leq M \times g_{i,t}^k \quad \forall k = 1, \dots, m; \forall t = 1, \dots, T; \forall i = 1, \dots, n \quad (23)$$

$$z g_{i,t}^k \geq v_{i,t}^k - M \times (1 - g_{i,t}^k) \quad \forall k = 1, \dots, m; \forall t = 1, \dots, T; \forall i = 1, \dots, n \quad (24)$$

$$L_{i,t}^k \leq \sum_{i=1}^n z f_{i,t}^k \leq U_{i,t}^k \quad \forall k = 1, \dots, m; \forall t = 1, \dots, T; \forall i = 1, 2, \dots, n \quad (25)$$

$$z f_{i,t}^k \leq v_{i,t}^k \quad \forall k = 1, \dots, m; \forall t = 1, \dots, T; \forall i = 1, \dots, n \quad (26)$$

$$z f_{i,t}^k \leq M \times f_{i,t}^k \quad \forall k = 1, \dots, m; \forall t = 1, \dots, T; \forall i = 1, \dots, n \quad (27)$$

$$z f_{i,t}^k \geq v_{i,t}^k - M \times (1 - f_{i,t}^k) \quad \forall k = 1, \dots, m; \forall t = 1, \dots, T; \forall i = 1, \dots, n \quad (28)$$

$$z g_{i,t}^k \leq z_{i,t}^k \quad \forall k = 1, \dots, m; \forall t = 1, \dots, T; \forall i = 1, \dots, n \quad (29)$$

$$z f_{i,t}^k \leq M I_{i,t}^k \quad \forall k = 1, \dots, m; \forall t = 1, \dots, T; \forall i = 1, \dots, n \quad (30)$$

۳. مثال عددی

جهت راستی آزمایی مدل، نیاز به یک مثال عددی خواهد بود، که در مطالعه‌ی حاضر از داده‌های تجاری کشورهای چین، امارات، آلمان، و ترکیه که طبق اعلام سازمان توسعه‌ی تجارت ایران، جزء چهار بازار مهم تجاری در سال ۹۶ و شامل ۴۳٪ از سهم کل صادرات و نیز ۵۴/۴٪ از سهم کل واردات بوده‌اند، استفاده شده است. همچنین جهت یافتن نتایج دقیق‌تر سعی شده است که کالاها به ۱۷ دسته کالای مهم، که طبق فصل‌های عمده‌ی کتاب مقررات طی سال ۱۳۹۶ شامل ۷۸/۵٪ از کل صادرات و ۶۱٪ از کل واردات بوده است، تقسیم‌بندی و داده‌های آن استفاده شده‌اند. این تذکر لازم است که کالاهای وارداتی شامل کالای ۱ تا ۹ و کالاهای صادراتی شامل کالاهای ۵ و ۶ و ۱۰ تا ۱۷ بوده‌اند. همچنین در صورت وقوع تحریم صادراتی، کالاهای ۱۰ و ۱۲ قابل تبدیل هستند و با توجه به ظرفیت صادراتی و نیاز کشورهای شریک تجاری، قابل صادر شدن خواهند بود.

همان‌طور که در رابطه‌ی اخیر مشخص است، مدل ارائه‌شده، دو تابع هدف دارد، که تابع هدف دوم برای رسیدن به جوابی استوار است و به دلیل پیچیدگی حل، فقط به ارائه‌ی نتایج عددی در سه سال متوالی برای تابع هدف دوم به تنهایی اکتفا می‌کند و حل مدل و تحلیل حساسیت آن توسط تابع هدف اول و محدودیت‌های موجود انجام شده است.

مقدار تولید ناخالص داخلی در مخرج کسر تابع هدف این است که با توجه به نتیجه‌ی مطالعه‌ی محمدی (۲۰۱۷)،^[۲۰] یک معیار مناسب برای هزینه‌ی تحریم، مقدار هزینه‌ی وارد شده بابت تحریم، تقسیم بر تولید ناخالص داخلی گزارش شده است. رابطه‌ی ۲، نیز تابع هدف دوم بوده است، که به منظور دستیابی به جواب استوار، کمینه‌ی انحراف معیار (برای کشورهای شریک تجاری) لگاریتم تفاضل نرخ ارز هر سال از سال قبل و به ازاء هر سال محاسبه شده است.

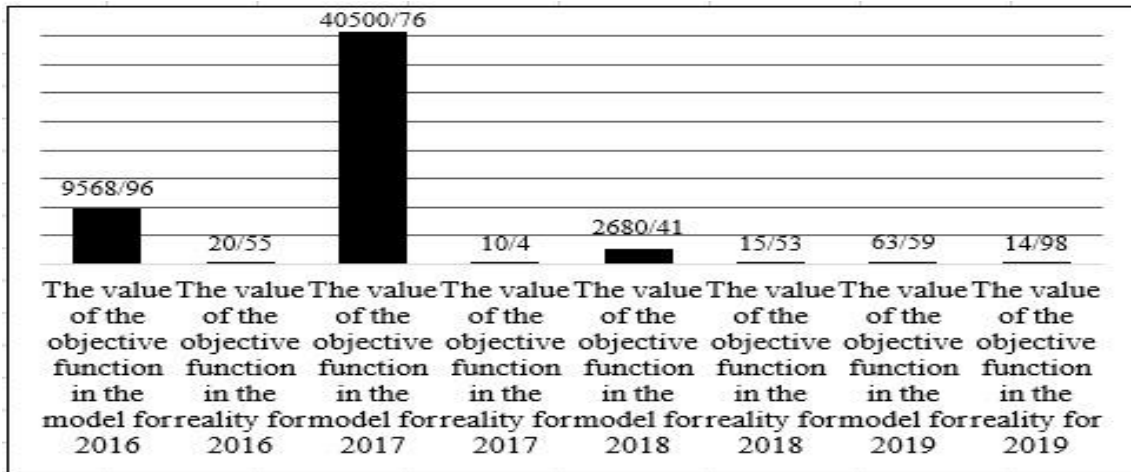
محدودیت ۳، مربوط به واردات کشور در سال مورد نظر بوده و برای عدم برخورد به کمبود در کشور، باید مجموع واردات از کشورهای شریک تجاری برای هر کالا از میزان مشخصی کمتر نباشد. همچنین به علت افزایش هزینه و عدم نیاز کشور، نباید بیشتر از میزان مشخصی شود. محدودیت ۴، مرتبط با صادرات کشور است، که مجموع صادرات هر کالا به کشورهای شریک تجاری همانند واردات، دارای حدود بالا و پایین است. محدودیت ۵ نیز مانند محدودیت ۴ مربوط به واردات کالا است، با این تفاوت که به دلیل اینکه کالای b am زمانی صادر می‌شود که کالای k am مرتبط با آن تحریم باشد، ضریبی مبنی بر تحریم بودن کالای k am مرتبط افزوده شده است (مثلاً کالایی مانند چوب تحریم شود اما کاغذ تحریم نشود و در صورت نیاز کشورهای شریک تجاری، چوب به کاغذ تبدیل و صادر شود). محدودیت‌های ۶ و ۷، حد بالایی برای تعیین ارزش پولی کالا را به ترتیب برای کالاهای k am و b am تعیین می‌کند. محدودیت‌های ۸ و ۹ مربوط به فرضیه‌ی دوم مسئله است، که به ازاء هر کالا، صادرات یا واردات یا هر دو، دست کم برای یک کشور باید صورت گیرد (علت این محدودیت این است که در واقعیت، تمام کشورها به‌طور هم‌زمان کالای خاصی را تحریم نمی‌کنند). محدودیت ۱۰، بیانگر آن است که به ازاء هر کشور و هر کالای وارداتی، میزان واردات نمی‌تواند از ظرفیت صادرات کشور شریک تجاری بیشتر شود. محدودیت‌های ۱۱ و ۱۲ نیز به ترتیب برای کالاهای صادراتی k am و b am است و نشان‌دهنده‌ی آن است که به ازاء هر کشور و هر کالا، نمی‌توان بیشتر از تقاضای آن کشور، کالای مورد نظر را صادر کرد. محدودیت‌های ۱۳ و ۱۴ نمایانگر این موضوع هستند که در صورت تحریم صادرات (واردات) هر کالا برای هر کشور، نمی‌توان تصمیم بر صادر (وارد) کردن آن کالا گرفت. محدودیت ۱۵، برای نرخ ارز در کشور هدف با توجه به نظر خبرگان، حدودی را تعیین می‌کند. محدودیت ۱۶، مربوط به مثبت بودن مقادیر واردات و ارزش کالاهاست و نهایتاً محدودیت ۱۷، صفر یا یک بودن مقادیر تحریم یا عدم تحریم برای صادرات و واردات کالاها را نشان می‌دهد.

۵.۳. خطی سازی محدودیت‌ها

به دلیل اینکه محدودیت‌های ۳، ۴، ۱۰ و ۱۱ غیرخطی از نوع باینری در پیوسته هستند، جهت ارائه‌ی نتیجه‌ی بهتر و حل سریع‌تر و راحت‌تر، باید آن‌ها را خطی کرد. برای خطی کردن اینگونه مسائل، اگر فرض شود $Z = x_1 \times x_2$ حاصل ضرب یک متغیر باینری (x_1) در یک متغیر پیوسته (x_2) باشد، در این صورت وقتی متغیر باینری مقدار ۱ می‌گیرد، متغیر Z مقداری برابر با مقدار متغیر پیوسته خواهد گرفت و در غیر این صورت مقدار صفر می‌گیرد. بنابراین، برای خطی سازی این عبارت از سه قید به صورت روابط ۱۸ الی ۲۰ استفاده شده است.^[۱۱]

$$Z \leq x_2 \quad (18)$$

$$Z \leq M \times x_1 \quad (19)$$



شکل ۱. بررسی کارایی مدل.

جدول ۲. خروجی مدل در صورت عدم وجود تحریم.

شماره‌ی کالا	نام کشور	$V_{i,t}^k$	$S_{i,t}^k$	$V_{i,t}^k$
۱	چین	-	-	۸/۳۱۱
۲	چین	-	-	۳/۷۱۷
۳	چین	-	-	۱۰/۸۶۲
۴	چین	-	-	۵/۳۳۱
۵	امارات	۲۰/۷۸۱	۱/۳۱۴	۱۷/۶۰۸
۵	ترکیه	-	-	۱/۰۶۷
۶	ترکیه	۲۸/۹۳۳	۴/۳۲۰	-
۶	چین	-	-	۴/۰۵۹
۷	چین	-	-	۰/۳۲۲
۸	چین	-	-	۰/۰۶۲
۹	چین	-	-	۱/۴۵۷
۱۰	آلمان	۲۸۴/۶۱۵	۲۶۶/۴۲۱	-
۱۱	چین	۵۴/۷۰۵	۳/۲۸۳	-
۱۲	امارات	۳/۵۰۳	۲/۷۸۸	-
۱۳	چین	۴۶/۹۵۳	۲/۶۳۱	-
۱۴	آلمان	۴۰/۳۷۴	۰/۱۶۰	-
۱۵	آلمان	۰/۰۲۷	۵۴/۴۵۷	-
۱۶	امارات	۳/۱۶۷	۰/۸۹۱	-
۱۷	آلمان	۰/۰۲۲	۱/۹۲۱	-

جدول ۳. خروجی مدل برای مقادیر نرخ ارز در صورت عدم وجود تحریم.

شماره‌ی کشور	امارات	آلمان	ترکیه	چین
مقدار نرخ ارز	۹۸۲۰	۴۳۲۷۳	۹۵۰۱	۴۶۶۲

۱.۳. روش حل و نرم افزار

به منظور حل مدل از روش $MINLP^1$ و از نرم افزار GAMS برای حل مدل استفاده شده است.

۲.۳. تحلیل نتایج

در ابتدا، جهت بررسی کارایی مدل، از داده‌های تجاری سال‌های ۹۵ الی ۹۸ استفاده و مقدار تابع هدف اول مدل در واقعیت و همچنین با توجه به محدودیت‌های موجود، محاسبه و نتایج آن در شکل ۱ مشاهده می‌شود؛ که مطابق آن، با توجه به اینکه تمامی کالاهای تجاری به صورت یکپارچه در نظر گرفته شده و هدف بیشترین میزان بازدهی در تجارت بوده است، مقدار تابع هدف نسبت به واقعیت افزایش یافته است. همچنین، در صورت برنامه‌ریزی صحیح در خصوص تخصیص کالاها، می‌توان انتظار نتایج بهتری نسبت به شرایط کنونی داشت.

اکنون داده‌های تجاری سال ۹۶ بدون وجود تحریم‌های صادراتی و وارداتی در مدل وارد شده و نتایج آن در جدول ۲ ارائه شده است. به جهت حجم بالای مقادیر خروجی، فقط به نوشتن متغیرهای تصمیم با مقادیر غیر صفر اکتفا شده است.

مطابق جدول ۲، در صورتی که هیچ تحریمی بر کالاهای صادراتی و وارداتی اعمال نشود، تصمیم جهت میزان و قیمت صادرات به ترتیب در ستون‌های مربوط به $V_{i,t}^k$ و $S_{i,t}^k$ وجود دارد. در ستون آخر نیز تصمیم‌گیری در مورد مقدار واردات هر کالا از هر کشور یعنی $V_{i,t}^k$ نشان داده شده است. این تذکر لازم است که جهت سهولت در محاسبات، اعداد مربوط به مقادیر صادرات و واردات، با ۸ رقم اعشار هستند. مقادیر به دست آمده برای نرخ ارز نیز در جدول ۳ ارائه شده است.

برای تابع هدف دوم نیز از داده‌های سال‌های ۹۵ الی ۹۸ به این ترتیب استفاده شده است که انحراف معیار لگاریتم تفاضل نرخ ارز سال‌های ۹۶ و ۹۵؛ ۹۷ و ۹۶؛ و همچنین ۹۷ و ۹۸ برای صادرات و واردات کشور محاسبه و نتایج آن در جدول ۴ ارائه شده است.

¹ Mixed Integer Non Linear Programming

جدول ۴. نتایج حل تابع هدف دوم.

مقدار تابع هدف	نام کشور تحریم شده (صادرات و واردات)			
	چین	ترکیه	آلمان	امارات
۰/۰۸۳				*
۰/۰۳۱		*		*
۰/۰۶۷			*	
۰/۰۸۱	*		*	
۰/۱۰۹				*
۰/۰۲۱		*		*
۰/۰۹۹			*	
۰/۱۲۲	*		*	
۰/۰۹۸				*
۰/۰۱۹		*		*
۰/۰۸۷			*	
۰/۱۰۲	*		*	

جدول ۵. خروجی مدل دارای تحریم صادراتی.

مقدار تابع هدف	$ff(j, i, k)$	تعداد کالاهای تحریم صادراتی
۶۷/۸۷۶	$ff(؛ ۴, ۱۱), ff(؛ ۱, ۱۳)$	۲
۵۳/۷۳۳	$ff(؛ ۲, ۱۰), ff(؛ ۳, ۱۷), ff(؛ ۴, ۱۱), ff(؛ ۱, ۱۳)$	۴
۳۸/۷۶۸	$ff(؛ ۲, ۱۴), ff(؛ ۳, ۱۷), ff(؛ ۴, ۱۱), ff(؛ ۱, ۱۳)$	۴
۲۲/۲۰۷	$ff(؛ ۲, ۱۰), ff(؛ ۳, ۱۷), ff(؛ ۴, ۱۱), ff(؛ ۱, ۱۳), ff(؛ ۲, ۱۷), ff(؛ ۱, ۱۵)$	۶
۴۱/۲۳۰	$ff(؛ ۲, ۵), ff(؛ ۲, ۱۰), ff(؛ ۳, ۱۷), ff(؛ ۴, ۱۱), ff(؛ ۱, ۱۳), ff(؛ ۲, ۱۷), ff(؛ ۱, ۱۵)$	۷
۶۴/۱۴۱	$ff(؛ ۱, ۶), ff(؛ ۲, ۱۰), ff(؛ ۳, ۱۷), ff(؛ ۴, ۱۱), ff(؛ ۱, ۱۳), ff(؛ ۲, ۱۷), ff(؛ ۱, ۱۵)$	۷
۷۲/۱۹۸	$ff(؛ ۱, ۱۲), ff(؛ ۲, ۱۰), ff(؛ ۳, ۱۷), ff(؛ ۴, ۱۱), ff(؛ ۱, ۱۳), ff(؛ ۲, ۱۷), ff(؛ ۱, ۱۵), ff(؛ ۱, ۶)$	۸

میانگین بیشترین و کمترین میزان نرخ ارز در سال معین است) در ارائه‌ی نتایج استفاده شده است. برای نمونه نیز در صورتی که صادرات و واردات به ترتیب ۱ یا ۲ کشور هم‌زمان تحریم باشد، محاسبات صورت گرفته است.

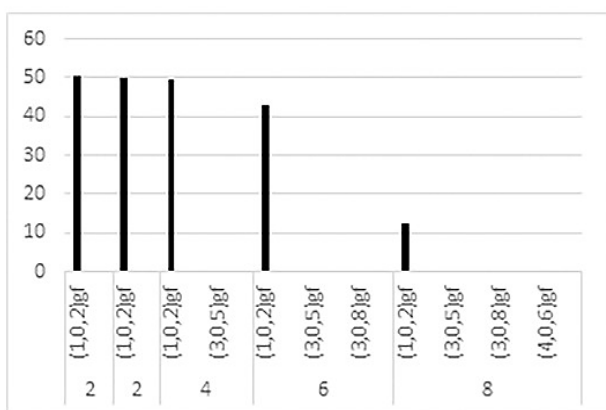
۳.۲. تحلیل حساسیت

در بخش حاضر، جهت ارائه‌ی بهتر نتایج، پارامترهای f_{0it}^k ، g_{i0t}^k ، مقدار ۱ را به ازاء کشور و کالاهای مختلف گرفته و با توجه به تعداد تحریم‌های صورت گرفته و نوع تحریم (اعم از تحریم کالاهای قابل تبدیل و غیرقابل تبدیل) تحلیل شده‌اند (جدول‌های ۵ و ۶). همچنین همان‌طور که در شکل‌های ۲ و ۳ مشاهده می‌شود، مقدار تابع هدف اول با افزایش تعداد تحریم‌ها نسبت به زمانی که تحریمی وجود نداشته است، کاهش یافته و بسته به نوع کالا و کشور

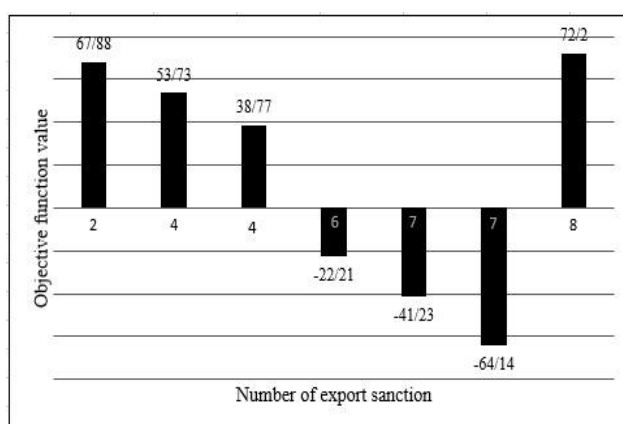
در تابع هدف دوم مسئله‌ی اخیر، نرخ ارز حقیقی بیان شده است، که دقیق‌تر از نرخ ارز اسمی است و برای صادرات عبارت از حاصل ضرب نرخ اسمی ارز در عبارت کسری شامل قیمت کالای k در کشور i در دوره‌ی t (واردات کشور i ، به نرخ ارز رایج کشور i (م) تقسیم بر قیمت کالای k در کشور هدف در دوره‌ی t (به نرخ ارز رایج کشور i (م) است. همچنین برای واردات کالاها عبارت از حاصل ضرب نرخ اسمی ارز در عبارت کسری شامل هزینه‌ی واردات (به نرخ ارز رایج کشور i (م) کالای k به کشور هدف از کشور i (م) در دوره‌ی t (م تقسیم بر قیمت کالای k در کشور هدف در دوره‌ی t (به) نرخ ارز رایج کشور i (م) است؛ که در نهایت مجموع نتایج صادرات و واردات محاسبه شده است. همچنین شایان ذکر است که به دلیل عدم دسترسی به اطلاعات کامل در مورد قیمت کالاها، از میانگین نرخ ارز اسمی (که عبارت از

جدول ۶. خروجی مدل دارای تحریم وارداتی

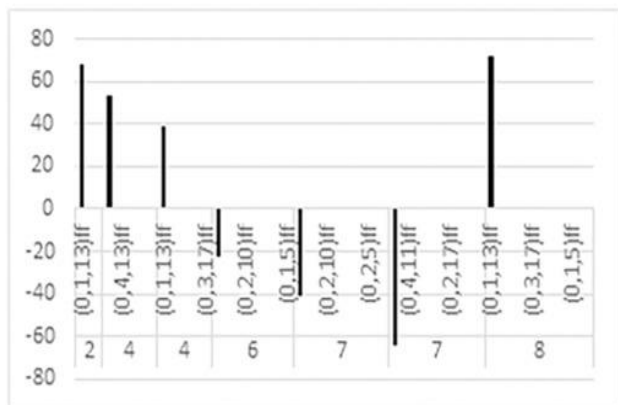
مقدار تابع هدف	$gf(i, j, k)$	تعداد کالاهای تحریم وارداتی
۵۰/۶۲۷	$gf(1, 0, 2), gf(2, 0, 6)$	۲
۴۹/۷۷۲	$gf(1, 0, 2), gf(4, 0, 8)$	۲
۴۹/۴۵۴	$gf(1, 0, 2), gf(2, 0, 6), gf(3, 0, 5), gf(4, 0, 9)$	۴
۴۲/۸۱۵	$gf(1, 0, 2), gf(2, 0, 6), gf(3, 0, 5), gf(4, 0, 9), gf(3, 0, 8), gf(2, 0, 8)$	۶
۱۲/۴۷۳	$gf(1, 0, 2), gf(2, 0, 6), gf(3, 0, 5), gf(4, 0, 9), gf(3, 0, 8), gf(2, 0, 8), gf(4, 0, 6), gf(2, 0, 7)$	۸



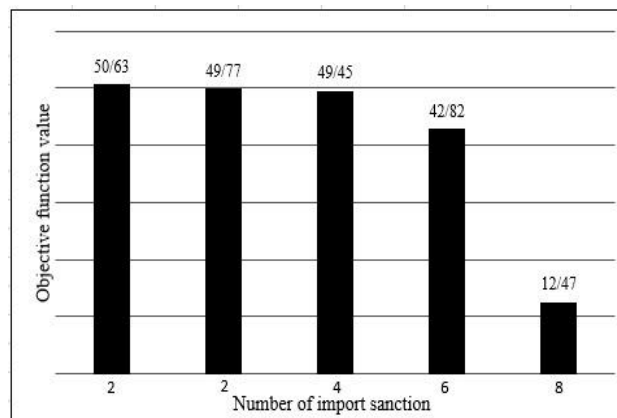
شکل ۴. نمودار خروجی مدل دارای تحریم صادراتی.



شکل ۲. مقادیر تابع هدف در صورت وجود تحریم صادراتی.



شکل ۵. نمودار خروجی مدل در تحریم وارداتی.



شکل ۳. مقادیر تابع هدف در صورت وجود تحریم وارداتی.

سال قبل، به همراه برخی محدودیت‌های موجود در تجارت بین کشوری بررسی شده است. در مطالعه‌ی حاضر و در تابع هدف اول، که به‌منظور کاهش آثار تحریم‌های تجاری بوده است؛ مدل پیشنهادی در چارچوب مسئله‌ی تخصیص بوده و از برنامه‌ریزی غیرخطی عدد صحیح مختلط استفاده شده است. تابع هدف دوم نیز برای رسیدن به جوابی استوار و مانند تابع هدف اول برای کم‌تر شدن آثار تحریم‌های تجاری بوده است. در مدل نوشتار حاضر سعی شده است که عوامل مهمی مانند حجم صادرات و واردات، قیمت صادرات و واردات، نرخ ارز و ظرفیت صادرات، و واردات در نظر گرفته شوند.

پس از ارائه‌ی مدل و خطی‌کردن محدودیت‌ها توسط یک مثال عددی، کارایی مدل بررسی و نتایج یه‌دست‌آمده، تحلیل شده‌اند. نتایج حاکی از آن است که

تحریم‌شده، تابع هدف اول مقادیر متفاوتی را نشان داده است. در این بین، بسته به اینکه کالا قابل تبدیل خواهد بود یا خیر، میزان کاهش تابع هدف متفاوت بوده است. البته باید به این نکته توجه داشت که اگر تحریم بر کالای قابل تبدیل باشد، به دلیل جبران ضرر به‌وجودآمده از طریق فروش کالای تبدیلی، ممکن شاهد افزایش تابع هدف نسبت به تعداد تحریم کمتر مشاهده شود، که در آخرین ستون شکل ۲ نیز این موضوع مشاهده می‌شود.

۴. نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر، مسئله‌ی تجارت بین کشوری با دو تابع هدف به ترتیب افزایش تراز تجاری و کاهش انحراف معیار لگاریتم تفاضل نرخ ارز هر سال از

یک ارتباط تجاری برای هر شریک تجاری، در نظر گرفتن تجارت چندجانبه، و اعمال تحریم‌های ثانویه جهت توسعه‌ی مدل و استفاده از روش‌های حل ابتکاری و فرآینبکاری جهت حل در ابعاد وسیع‌تر توصیه شده است.

با وجود اثرگذاری تحریم‌ها در صادرات و واردات، با استفاده از مدل مذکور می‌توان تصمیم‌گیری دقیق‌تر و بهتری به‌منظور کاهش آثار تحریم انجام داد. به‌منظور توسعه‌ی مدل و دریافت نتایج دقیق‌تر، حذف اجبار به وجود دست‌کم

منابع- References

- Zamani, H., 2015. An investigation of the determinant factors on bilateral trade between the selected countries of the Islamic common market by the gravity model approach, Faculty of Social Sciences and Economics, M.Sc. Thesis, Alzahra University [In Persian].
- Kazerooni, A. and Khezri, A., 2018. The impact of economic sanctions on import of Iran capital, intermediate and consumer goods (1981-2013). *Majlis and Rahbord*, 25, pp. 393-420.
- Pearce, D. W., 1986. Macmillan dictionary of modern economics. *Macmillan*, 41. ISBN 0-333-41747-X
- Stern, R. M., 2011. The multilateral trading system. *Goldman School of Public Policy Working Paper No. GSPP11-002*. DOI:10.2139/ssrn.1783908
- Manzoor, D. and Mostafapour, M., 2013. Reviewing unfair sanctions: features, objectives and fulfilled measures. *Quarterly Journal of Fiscal and Economic Policies*, 1, pp. 21-42. Available at: <http://qjefp.ir/article-1-29-en.html> (Accessed: 11 May 2020)
- Khezri, A., 2015. Investigating the effect of economic sanctions on the composition of trade between Iran and major foreign trade partners during the period 1992-2013, M.Sc. Thesis, Faculty of Economics and Management, Tabriz University [In Persian].
- Hammer Stromman, A. and Duchin, F., 2006. A world trade model with bilateral trade based on comparative advantage. *Economic Systems Research*, 18, pp. 281-297. DOI:10.1080/09535310600844300
- Marinovic, M. R., Makajic-Nikolic, D. D. and Stanojevic, M. J., 2013. Optimization in day-ahead planning of energy trading. *Journal of applied engineering science*, 11. DOI:10.5937/jaes11-4604
- Bayrak, H. I., Kargar, K. and Pinar, M. Ç., 2019. Bilateral trade with risk-averse intermediary using linear network optimization. *Networks*, 74, pp. 325-332. DOI:10.1002/net.21910
- Liu, X. and Xin, X., 2011. Transportation uncertainty and international trade. *Transport Policy*, 18, pp. 156-162. DOI: 10.1016/j.tranpol.2010.07.005
- Novy, D. and Taylor, A. M., 2020. Trade and uncertainty. *Review of Economics and Statistics*, 102, pp. 749-765. DOI:10.1162/rest_a_00885
- Aziznejad, S. and Seyednurani, M., 2009. Reviewing the effects of sanctions on Iran's economy with an emphasis on foreign trade, *Majlis and Rahbord*.
- Yavari, K. and Mohseni, R., 2009. The effects of trade and financial sanctions on Iranian economy: A Historical Analysis. *Majles and Rahbord Quarterly*, 61, pp. 9-53.
- Aghaei, M. and Rezagholizadeh, M., 2018. Impact of economic and commercial sanctions on Iran's trade relations and their major trading partners. *Strategic Studies of public policy*, 8, pp. 49-68.
- Bani Asadi, M., 2022. Analytic approach of Effects of sanction on the Iran Agriculture trade. *Quarterly Journal of Development Strategy*. Vol. 18, No.1 (69), pp. 181-213. [In Persian].
- Hassanvand, A. A., Hassanvand, D. and Nademi, Y., 2018. The impact of sanctions on non-oil exports of Iran: Structural time series approach. *Quarterly Journal of The Macro and Strategic Policies*, 6, pp. 666-687. DOI: 10.32598/JMSP.6.4.666
- Saadat, R., Talebbeydokhti, A. and Shahriar, I., 2023. Examining the effect of sanctions on the trade relationship between Iran and France. *International Political Economy Studies*, 5, pp. 545-569. DOI: 10.22126/ipes.2022.8240.1504
- Smith, M. U., 2014. What is the effect of US-led sanctions on a target nation's foreign currency exchange rate?. *Georgetown University*.
- Glover, F. and Woolsey, E., 1974. Converting the 0-1 polynomial programming problem to a 0-1 linear program. *Operations Research*, 22, pp. 180-182. DOI: 10.1287/opre.22.1.180
- Mohammadi, S., 2017. The impact of UN and US economic sanctions on GDP growth in developing countries, *M.Sc. Thesis, Faculty of Social Sciences and Economic, Iran, Tehran* [In Persian].

جدول ۶. کمینه و بیشینه ی صادرات و واردات سال ۹۶.

شماره ی کالا	کمینه ی واردات (kg)	بیشینه ی واردات (kg)	کمینه ی صادرات (kg)	بیشینه ی صادرات (kg)
۱	۸۳۱۱۳۳۲۱۶	۱۲۲۹۲۱۲۲۶۵	*	*
۲	۳۷۱۶۵۱۷۰۳	۵۰۵۲۱۱۷۴۵	*	*
۳	۱۰۸۶۲۰۷۰۸۸	۱۳۷۸۸۸۵۰۱۲۱	*	*
۴	۵۳۳۰۹۰۷۱۹	۶۸۴۴۷۹۲۴۴	*	*
۵	۱۸۶۷۵۵۴۴۹۵	۲۹۸۲۸۹۸۸۴۴	۲۰۷۸۰۸۸۱۲۴	۸۷۹۵۰۹۲۲۶۳
۶	۴۰۵۹۴۸۷۴۰	۹۰۲۳۰۹۰۱۶	۲۸۹۳۳۳۵۴۷۲	۴۵۳۴۹۴۹۰۹۰
۷	۳۲۱۶۷۸۲۵	۵۸۴۱۷۷۳۰	*	*
۸	۶۲۴۸۵۷۶	۱۹۲۱۲۸۵۳	*	*
۹	۱۴۵۶۷۶۰۹۴	۱۰۸۵۲۷۶۶۶۲	*	*
۱۰	*	*	۲۸۴۶۱۵۴۰۰۱۹	۱۷۸۶۹۹۵۷۱۰۷۰
۱۱	*	*	۵۴۷۰۴۶۲۶۲۷	۷۶۵۰۹۹۸۶۹۵
۱۲	*	*	۳۵۰۳۲۹۷۲۷	۳۴۴۸۸۵۴۷۱۹
۱۳	*	*	۴۶۹۵۲۸۱۶۵۵	۵۴۰۲۳۶۸۱۹۷
۱۴	*	*	۴۰۳۷۴۳۷۶۴۰	۱۴۶۵۳۱۲۱۹۸۲
۱۵	*	*	۲۷۳۱۵۵۷	۸۲۴۲۶۶۲۶
۱۶	*	*	۵۵۲۸۹۱۸۹۷	۳۷۲۰۶۰۴۲۰۰
۱۷	*	*	۲۱۷۹۱۶۲	۴۱۶۱۲۷۵۱۴
کالای تبدیلی ۱	*	*	*	۷۴۶۸۷۳۰۳
کالای تبدیلی ۲	*	*	*	۳۱۴۸۱۰۳۴

منبع: سایت trade map.org و سایت گمرک جمهوری اسلامی ایران

جدول ۷. قیمت کالای k اُم در کشور اُم (واردات کشور اُم، به نرخ ارز رایج کشور اُم) سال ۹۶.

نام کشور				شماره ی کالا
چین	ترکیه	آلمان	امارات	
۲/۵۰۶۷۸۲۹۳	۱/۷۲۰۴۵۳۴۷	۱/۰۲۲۱۹۶۸۱	۱/۳۱۳۷۸۵۱۴	۵
۷/۸۶۱۵۱۸۳۶	۴/۳۲۰۰۱۰۶۲	۱/۲۲۴۰۴۴۱۶	۴/۷۴۶۸۲۰۹	۶
۲/۹۸۱۶۷۶۰۴	۰/۶۸۹۲۹۱۲۹	۲۶۶/۴۲۱۲۷۰۲۳	۱/۵۱۵۲۳۴۱۸	۱۰
۳/۲۸۲۵۳۷۲۲	۲/۱۳۵۴۰۰۰۴	۱/۴۵۹۹۳۳۲۷	۲/۰۴۷۲۹۷۸۱	۱۱
۱۱/۶۰۷۱۴۰۶۲	۵/۴۴۷۵۵۵۳۸	۸/۳۵۰۸۳۴۶۴	۲/۷۸۸۲۵۰۱۲	۱۲
۲/۶۳۱۲۷۴۲۷	۰/۹۵۷۹۲۷۶۷	۰/۱۳۳۰۸۹۹۲	۰/۱۳۳۰۶۱۲۵	۱۳
۱/۴۲۹۹۵۹۸۴	۰/۵۸۲۵۷۰۳۴	۰/۱۵۹۸۶۲۵۱	۰/۰۹۰۱۹۱۶۸	۱۴
۱۰۶/۵۶۴۵۱۶۹۴	۵۰/۶۲۴۸۵۲۸۵	۵۴/۴۵۶۸۶۸۹۹	۱۵۹/۱۵۵۱۹۷۶۶	۱۵
۱/۳۳۵۱۲۰۲۰	۰/۸۱۴۷۶۴۵۲	.	۰/۸۱۹۲۹۰۰۶	۱۶
۲۸/۰۶۹۹۹۱۰۶	۳/۵۵۷۵۶۰۰۷	۱/۹۲۰۸۶۱۶۸	۵/۱۸۶۷۹۰۸۹	۱۷
.	۴/۶۸۲۱۶۶۳۱	۵/۴۴۵۳۲۰۷۳	۱/۷۴۰۳۷۷۴۹	کالای تبدیلی ۱
۶/۷۱۶۸۲۰۶۶	.	.	۷/۹۲۲۸۵۱۷۹	کالای تبدیلی ۲

منبع: سایت trade map.org

جدول ۸. ظرفیت واردات کشور i أم (kg) سال ۹۶.

نام کشور				
شماره‌ی کالا	امارات	آلمان	ترکیه	چین
۱	۲۲۳۲۳۲۶۵۶۷	۳۴۴۵۸۴۴۴۸۲۵	۱۹۲۰۵۹۰۱۵۲	۵۳۱۹۴۷۸۳۳۴۴
۲	۲۴۱۶۱۴۹۰۰۰	۱۵۲۹۲۷۰۷۸۰۱	۸۲۷۵۰۳۹۳۶	۶۱۲۶۸۳۱۳۴۸۰
۳	۱۳۶۳۶۶۲۲۰۷	۹۸۷۵۵۴۳۱۵۳	۴۴۳۱۸۷۳۸۴	۲۷۲۷۶۵۲۲۲۲
۴	۲۵۵۷۲۸۲۸۹۴	۵۳۳۸۵۸۷۲۱۳۷	۴۹۷۴۳۰۷۷۶۷	۱۳۹۹۵۳۲۸۷۴۲
۵	۱۷۶۰۸۴۰۸۱۹	۳۷۴۸۷۸۹۴۰۷۰	۱۱۷۴۷۸۱۱۷۸۹	۶۱۴۸۲۳۶۶۹۷۴
۶	۲۵۶۷۶۶۴۸۲۵	۳۱۸۰۶۰۷۲۶۲۸	۲۷۵۶۱۲۹۹۵۴	۳۵۵۶۷۸۳۲۷۶۵
۷	۷۲۸۲۳۵۶۵	۲۴۶۳۰۶۹۹۶۴	۲۷۱۷۴۰۵۷	۲۳۷۲۹۲۵۲۶۴
۸	۱۰۹۴۵۴۳۱	۱۰۲۵۸۴۲۵۴۴	۱۰۷۱۹۰۶۳	۹۰۱۲۴۵۴۲
۹	۲۵۳۲۹۹۹۶	۱۱۳۱۸۰۴۳۸۱	۲۱۰۰۷۴۵۱۵	۱۹۵۲۲۱۸۶۹۲
کالای تبدیلی ۱	۸۹۶۷۶۰۵۰	۴۷۱۶۱۶۵۸۱	۱۰۵۴۱۰۱۵۹	۷۲۵۲۰۷۴۲۰
کالای تبدیلی ۲	۵۶۶۱۰۷۰۴۹	۲۹۱۵۹۶۴۷۳۸	۱۲۵۳۵۶۵۸۱۴	۷۰۷۵۷۲۱۹۱۱

منبع: سایت trade map.org

جدول ۹. ظرفیت صادرات کشور i أم (kg) سال ۹۶.

نام کشور				
شماره‌ی کالا	امارات	آلمان	ترکیه	چین
۵	۱۱۳۳۲۳۲۷۹۸۵	۷۴۲۹۵۸۸۵۱۸	۴۲۸۷۵۸۳۰۵۰۱	۵۴۹۷۶۳۱۴۹۰۸
۶	۳۵۵۲۹۸۸۳۵۸	۳۳۲۹۴۴۶۹۸۲۹	۹۹۵۵۰۸۹۶۶۳	۵۱۷۴۵۸۱۵۷۰۵
۱۰	۲۷۳۸۴۱۱۳۸۲۷	۲۷۰۲۸۲۹۱۸۰۸۱	۱۰۸۷۹۳۰۱۹۱۹۱	۷۲۳۹۵۹۷۹۰۲۳۴
۱۱	۲۹۹۱۴۴۱۳۱۳	۶۶۶۶۵۷۱۱۷۱۱	۱۰۴۲۱۶۶۰۴۵۲	۱۰۷۸۶۱۳۷۰۵۶۷
۱۲	۱۲۹۲۲۴۷۴۷۰	۱۳۰۹۴۶۳۲۷۳۴	۱۷۱۷۹۹۰۹۶۷	۱۹۱۳۴۵۴۷۷۴۰۸
۱۳	۶۴۷۱۸۳۸۹۴۵	۳۳۱۰۴۷۶۹۹۷۸	۱۶۷۰۹۷۷۱۴۱	۱۸۶۹۲۸۴۲۰۴۴
۱۴	۸۱۱۲۹۸۳۳۶۱	۳۵۱۲۷۸۱۹۲۳۴	۷۰۹۳۰۰۴۰۶۸	۱۰۸۳۰۷۷۹۶۷۱۳
۱۵	۲۳۸۴۲۴۹۷	۱۲۴۹۷۱۷۱۰	۵۹۵۰۶۴۰	۱۳۴۵۷۵۹۳
۱۶	۳۱۶۷۳۰۲۸۷	۶۰۹۴۰۸۴۵۰۰	۶۵۹۸۲۸۱۷۱۳	۱۱۳۱۸۲۳۴۰۸۰
۱۷	۱۰۶۵۵۱۵۱۵۴	۵۴۶۹۱۴۱۷۶۴	۷۱۰۹۸۲۸۰	۲۹۷۳۲۷۸۸۳۲

منبع: سایت trade map.org

جدول ۱۰. هزینه ی واردات (به نرخ ارز رایج کشور آلم) کالای k به کشور هدف از کشور آلم سال ۹۶.

نام کشور				
شماره ی کالا	امارات	آلمان	ترکیه	چین
۱	۳۲/۳۸	۱۵/۸۲	۱۹/۶۶	۳۹/۲۲
۲	۸۴/۳۲	۱۰/۳۹	۲۴/۲۵	۵۶/۴۵
۳	۰/۹۵	۰/۱۸	۳/۶۴	۳/۵۹
۴	۵۲/۳۷	۱۲/۸۱	۱۴/۲۹	۱۲/۶۱
۵	۲/۰۸	۰/۸۷	۲/۵۷	۴/۸۳
۶	۷/۰۲	۲/۹۲	۹/۶۶	۱۳/۹۱
۷	۱۲۸/۰۹	۱۳۱/۰۵	۷۹/۵۷	۸۱/۶۱
۸	۵۴۶/۹۱	۱۳۱/۵۰	۲۰۳/۸۵	۲۸/۴۷
۹	۶/۴۱	۲	۵/۴۹	۸/۲۴

منبع: سایت trade map.org