Quarterly Journal of Economics and Modelling, Shahid Beheshti University
Vol. 14, No. 1, Spring 2023, 163-186.
ecoj.sbu.ac.ir
DOI: 10.29252/JEM.2023.230294.1817

Investigating The Energy Resilience of Iran and Selected Neighboring Countries: The Multi-Region Input–Output Linear Programming Models

Zeinolabedin Sadeghi[1] | Mehdi Nejati[2] | Sahar Sanaei[3]

[1]. Associate Professor of Economics, Faculty of Management and Economics, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran (Corresponding Author), Email: z_sadeghi@uk.ac.ir, (ORCID: 0000-0002-6591-6090)

[2]. Associate of Economics, Faculty of Management and Economics, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran, Email: Mnejati@uk.ac.ir, (ORCID: 0000-0003-4103-869X)

[3]. MA in Energy Economics, Faculty of Management and Economics, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran, Email: sahar_sanaei@yahoo.com, (ORCID: 0009-0007-6236-8766)

Article Info.

Article type:
Research Article

Article history:
Received:
17-01-2023
Received in revised:
13-07-2023
Accepted:
21-10-2023
Published Online:
09-11-2023

Keywords:
Energy Resilience, Input-output, Multi-Regions Input-output, Linear Programming.

JEL:
C67, F20, Q41.

ABSTRACT

The topic of energy resilience has been noticed a lot in recent decades. Resilience refers to ability of the system to face intense disturbances with a low probability of occurrence. A system is resilient, where it can de facto absorb the temporary or permanent risks and adjust itself with rapidly changing positions of the economy without losing its efficiency factor. In this study we propose a multi-region input–output model to study the energy resilience of several multi-country economies in the year of 2014 with accounts for the inter-sectoral and inter-regional dependencies in the economic structure. The model computes the impacts of random energy production disruptions on the entire multi-regional input–output system in the form of final demand deficits. The results show that when the supply of electricity decreases, the sector's demand for other energy carriers increases, it means, it substitutes these energy carriers with electricity. But Generally Other energy carriers are not suitable substitutes for all economic sectors. We also observed that in the case of trade between countries, the occurrence of a shock in one region is covered by other regions therefore cooperation among regions can improve the individual and collective energy resilience significantly.

Cite this article: Sadeghi, Z., Nejati, M. & Sanaei, S. (2023). Investigating The Energy Resilience of Iran and Selected Neighboring Countries: The Multi-Region Input-Output Linear Programming Models. *Journal of Economics and Modelling*, 14(1), 163-186. DOI: 10.29252/JEM.2023.230294.1817

© The Author(s). Publisher: Shahid Beheshti University Press

دانشگاه شهید بهشتی، فصلنامهٔ اقتصاد و الگوسازی، دوره ۱۴، شماره ۱، بهار ۱۴۰۲، ۱۸۶-۱۶۳.
Shahid Beheshti University, Quarterly Journal of Economics and Modelling, Vol. 14, No. 1, Spring 2023, 163-186.

بررسی تاب‌آوری انرژی ایران و همسایگان منتخب: الگوی برنامه‌ریزی خطی داده ستانده چند منطقه‌ای

زین‌العابدین صادقی[۱]| مهدی نجاتی[۲]| سحر سنایی[۳]

[۱]. دانشیار گروه اقتصاد دانشکده اقتصاد و مدیریت دانشگاه شهید باهنر، کرمان، ایران، رایانامه: z_sadeghi@uk.ac.ir (شناسه ارکید: 0000-0002-6591-6090)

[۲]. دانشیار گروه اقتصاد دانشکده اقتصاد و مدیریت دانشگاه شهید باهنر،کرمان، ایران، رایانامه: Mnejati@uk.ac.ir (شناسه ارکید: 0000-0003-4103-869X)

[۳]. دانشجوی کارشناسی‌ارشد گروه اقتصاد دانشکده اقتصاد و مدیریت دانشگاه شهید باهنر، کرمان، ایران، رایانامه: sahar_sanaei@yahoo.com (شناسه ارکید: 0009-0007-6236-8766)

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۲۷
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۲/۰۴/۲۲
تاریخ پذیرش : ۱۴۰۲/۰۷/۲۹
تاریخ انتشار : ۱۴۰۲/۰۸/۱۸

واژه‌های کلیدی:
تاب‌آوری انرژی، داده ستانده، داده ستانده منطقه‌ای، برنامه‌ریزی خطی.

طبقه‌بندی JEL:
C67, F20, Q41.

چکیده

موضوع تاب‌آوری توجه زیادی را در سال‌های اخیر به خود جلب کرده‌است. تاب‌آوری به قابلیت سیستم در مقابله با اغتشاشات شدید بیرونی اشاره دارد. زمانی یک سیستم تاب‌آور است که بتواند مخاطرات را جذب کرده خود را با شرایط به سرعت در حال تغییر انطباق دهد، بدون این که کارکرد اصلی خود را از دست بدهد. در این مقاله ما یک الگوی داده ستانده منطقه‌ای را برای بررسی تاب‌آوری انرژی یک اقتصاد در الگوی چند کشوری برای سال ۲۰۱۴ استفاده کرده‌ایم که وابستگی‌های بین بخشی و بین منطقه‌ای را در ساختار اقتصادی در نظر می‌گیرد. این الگو اثرات اختلال تولید انرژی تصادفی بر کل سیستم داده ستانده چند منطقه‌ای را به شکل کسری تقاضای نهایی محاسبه می‌کند. نتایج نشان می‌دهد زمانی که عرضه برق کاهش می‌یابد تقاضای بخش‌ها از دیگر حامل‌های انرژی افزایش می‌یابد یعنی این حامل‌های انرژی را جانشین برق می‌کند، اما در حالت کلی سایر حامل‌های انرژی جانشین مناسبی برای تمام بخش‌های اقتصادی نیستند. همچنین در حالت تعامل اقتصادی بروز شوک در یک منطقه توسط دیگر مناطق پوشش داده می‌شود. بنابراین مشارکت بین مناطق به طور قابل توجهی تاب‌آوری انرژی فردی و جمعی را بهبود می‌بخشد.

استناد: صادقی، زین‌العابدین؛ نجاتی، مهدی؛ سنایی، سحر. (۱۴۰۲). بررسی تاب‌آوری انرژی ایران و همسایگان منتخب: الگوی برنامه‌ریزی خطی داده ستانده چند منطقه‌ای. *اقتصاد و الگوسازی*، ۱۴ (۱)، ۱۸۶-۱۶۳.
DOI: 10.29252/JEM.2023.230294.1817

ناشر: دانشگاه شهید بهشتی.
© نویسندگان.

۱. مقدمه

برای تاب‌آوری انرژی[1] چندین تعریف ارایه شده است یکی از این تعاریف توسط دولت آمریکا تعریف شده است. « تاب‌آوری انرژی عبارت است از توانایی جذب شوک‌ها و تداوم عملکرد سیستم». مرکز تحقیقات انرژی انگلیس تاب‌آوری را به صورت« گنجایش یک سیستم انرژی برای تحمل اختلال و ادامه ارائه خدمات انرژی در قیمت مناسب برای مصرف‌کنندگان» تعریف می‌کند (هی[2]،۲۰۱۹)

تاب‌آوری یک جنبه مهم در دستور کار توسعه بین‌المللی و اهداف توسعه پایدار است و در حوزه انرژی نیز نقش حیاتی دارد. تاب‌آوری انرژی به عنوان قابلیت یک سیستم انرژی برای مقابله، تناسب، غلبه و تطابق با اغتشاشات ناشی از شوک‌های مختلف اقتصادی، اجتماعی، زیست محیطی و نهادی تعریف می‌شود (گاتو[3]،۲۰۲۰).

در سال‌های اخیر، تغییرات ایجاد شده در شرایط اقلیمی منجر به افزایش شدت و نرخ وقوع حوادث طبیعی گردیده‌است. این حوادث که معمولاً به ندرت اتفاق می‌افتند یا تا کنون هرگز تجربه نشده‌اند، محدوده جغرافیایی وسیعی را دربرگرفته و تجهیزات متعددی از سیستم برق کشور را به صورت همزمان تحت تاثیر قرار می‌دهند، به طوری‌که فرآیند بازیابی سیستم به شرایط اولیه بسیار پیچیده و طولانی می‌گردد. از این رو افزایش نرخ وقوع این خاموشی‌ها برق در سال‌های اخیر نشان می‌دهد که علاوه بر حوادث با احتمال مشخص، باید رفتار سیستم قدرت برق به عنوان حیاتی ترین زیرساخت کشور در شرایط وقوع حوادث با احتمال کم نیز مورد ارزیابی قرار گیرد و تمهیدات لازم جهت رفع کاستی‌ها اندیشیده شود. این رفتار که ازآن تحت عنوان تاب‌آوری یاد می‌شود، میزان استقامت، آسیب پذیری و برگشت پذیری یک سیستم را در برابر حوادث شدید نشان می‌دهد و باید به عنوان یک ضرورت در طراحی و

---

[1]. Energy Resilience
[2]. He
[3]. Gatto

بهره‌برداری از سیستم‌های قدرت مورد توجه قرار گیرد (حق شناس، ۱۴۰۱) .

موضوع تاب‌آوری انرژی در دهه‌های اخیر در مطالعات امنیت انرژی مناطق تک و چندگانه مورد توجه قرار گرفته‌است. در مقابل فراوانی تحقیقات در زمینه ارزیابی تاب‌آوری انرژی در سطح کشور یا منطقه واحد، تحقیقات بسیار کمی در زمینه بررسی تاب‌آوری انرژی بین مناطق انجام شده است. این مطالعات در کل عملکرد تاب‌آوری انرژی یک کشور یا منطقه را از دیدگاه‌های مختلف اقتصادی، جغرافیایی، سیاسی و زیرساختی ارزیابی می‌کنند و سپس آنها را به عنوان یک شاخص ترکیبی محاسبه می‌شود و برای مقایسه و رتبه‌بندی امنیت انرژی بین مناطق مختلف استفاده می‌کنند.

با این حال، این رویکردها از ارتباط متقابل بین سیستم‌های انرژی و اقتصاد چشم‌پوشی می‌کنند، به طوری که بسیاری از بخش‌های اقتصادی می‌توانند به طور همزمان از پیامدهای اختلالات انرژی (به عنوان مثال، کاهش تولید) تحت تأثیر قرار بگیرند. همچنین، ممکن است که حتی یک سطح و نوع اختلال انرژی در مناطق مختلف، به دلیل ساختارهای وابستگی بخشی متفاوت، منجر به اثرات و پیامدهای بسیار متفاوتی شود (هی، ۲۰۱۹).

این تحقیق به دنبال پاسخ‌گویی به سوال‌های زیر هست:

۱- عدم اطمینان اختلال در تولید انرژی چه تاثیری بر تاب‌آوری انرژی دارد؟

۲- میزان وابستگی‌های بین کشوری و درون کشوری در بین تمام بخش‌های سیستم انرژی-اقتصاد چگونه است؟

نوآوری این مقاله استفاده از یک الگوی داده ستانده چند منطقه‌ای[1] (MR_IO) و برنامه‌ریزی خطی برای ارزیابی تاثیر اختلال تولید بخش انرژی بر تاب‌آوری انرژی و تعیین میزان وابستگی‌های بین ایران، ترکیه و روسیه و درون ایران در بین تمام بخش‌های سیستم اقتصاد انرژی ارایه شده است. برای اندازه‌گیری تاب‌آوری از داده‌های

[1]. Multi-region Input-output

ماتریس حسابداری اجتماعی ۲۰۱۴ استفاده کردیم؛ در بخش نظری تحقیق از روش کتابخانه‌ای و در بخش عملی از اطلاعات، نسخه جدید (GTAP[1]) استفاده می‌شود. در ادامه ابتدا مبانی نظری و پیشینه پژوهش ارائه شده و پس از آن به معرفی الگو و تشریح الگو، بررسی نتایج و توصیه‌های سیاستی پرداخته شده است.

۲. پیشینه پژوهش

بزازان (۱۳۸۸) به بررسی ضرایب فزاینده تولید، اشتغال و درآمد در الگوی داده ستانده دو منطقه‌ای می‌پردازد. با برآورد ضرایب داده ستانده دو منطقه‌ای در مطالعه بزازان بستر برای تحلیل‌های دو منطقه‌ای خصوصاً تحلیل تاثیرات متقابل، بازخوردها و تداخل‌های چند بعدی در زمینه‌های مختلف بین مناطق امکان پذیر شده است.

قلیزاده (۱۳۹۷) در الگوی داده ستانده منطقه‌ای[۲] و کاربردهای آن در آمایش سرزمین، روش‌های تدوین جداول داده ستانده منطقه‌ای از داده ستانده ملی با تاکید بر روش راس را مورد بحث قرار می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد که تدوین جدول داده ستانده منطقه‌ای این امکان را فراهم می‌آورد تا بتوان برای هر یک از استان‌های کشور با توجه به شرایط اقتصادی ویژه آن سیاست‌های اقتصادی مختص همان استان را پیشنهاد و اجرا نمود.

حاتمی و همکاران (۱۳۹۸) در مقاله‌ای با عنوان اثرات محدودیت منابع آبی بر برنامه‌ریزی گسترش ظرفیت تولید برق: کاربرد الگوی چند هدفه تحت شرایط

---

[1]. Global Trade Analysis Project

[۲]. GTAP-E یک نسخه انرژی-زیست محیطی از الگو استاندارد GTAP بر اساس پایگاه داده GTAP نسخه ۵ است. تغییر اصلی GTAP-E در مقایسه با الگو سنتی GTAP با گنجاندن امکان جایگزینی انرژی ورودی در تولید و مصرف به دست می‌آید. یکی از تعدیلات انجام شده در الگو GTAP برای رسیدن به GTAP-E لحاظ نمودن انواع حامل¬های انرژی به عنوان نهاده¬های تولید است در این جدول بخش انرژی به دو بخش بخش برق و بخش غیربرق تقسیم می‌شود و در بخش برق سه زیر بخش، بار پیک، بار پایه برق و زیر بخش توزیع برق نیز اضافه شده‌است.تفکیک کوتاه مدت و بلند مدت یکی از محدودیت‌های این مطالعه است.

نااطمینانی، هدف این مقاله، برنامه‌ریزی گسترش ظرفیت تولید برق با تأمین همزمان اهداف اقتصادی و زیست محیطی تحت نااطمینانی جهت تأمین تقاضای برق است. نااطمینانی- تقاضا و ضریب ظرفیت تولیدی برق (نااطمینانی- عرضه) به صورت یک مجموعه فازی بیان شد. همچنین، اثرات محدودیت منابع آبی بر برنامه گسترش ظرفیت تولید بررسی گردید. الگوی غیرخطی چند هدفه فازی برای یک نمونه واقعی سیستم برنامه‌ریزی گسترش ظرفیت تولید برق استان کرمان برای یک دوره ۱۲ ساله با و بدون محدودیت منابع آبی به کار گرفته شد. نتایج نشان داد که محدودیت منابع آبی باعث تغییر برنامه گسترش ظرفیت استان خواهد شد. با در نظر گرفتن محدودیت منابع آبی، ظرفیت نیروگاه-های بادی، گاز-چرخه ترکیبی و فتوولتائیک در طول افق برنامه‌ریزی افزایش خواهد یافت

شریفی و یاماگاتا[1] (۲۰۱۶) در مقاله اصول و معیارهای ارزیابی تاب‌آوری انرژی شهری بیان کردند که بین ۶۰ تا ۸۰ درصد انرژی جهانی در مناطق شهری مصرف می‌شود. تداوم تامین انرژی در شهرها تحت‌تاثیر تغییرات آب و هوایی و مجموعه رو به رشدی از تهدیدات دیگر قرار دارد. در نتیجه پیشنهاد می‌شود که سیستم انرژی شهری به منظور تاب‌آور بودن، باید قادر به برنامه‌ریزی و آماده‌سازی برای، جذب، بازیابی، و تطبیق با هر گونه رویداد نامطلوب که ممکن است در آینده رخ دهد، باشد.

هی و همکاران[2] (۲۰۱۹) در تاب‌آوری اقتصاد انرژی با الگوی برنامه‌ریزی خطی داده ستانده چند کشوری، یک مطالعه محاسباتی با استفاده از یک الگو ۳ کشور-۴۲ بخشی بر اساس جدول داده ستانده چندکشوری ۲۰۱۲ چین را انجام می‌دهند. نتایج نشان می‌دهد که موانع سیاست‌های تبدیل زغال سنگ به گاز و کارایی تکنولوژیکی صنایع انرژی‌بر منتخب می‌توانند بطور قابل توجهی بر تاب‌آوری انرژی چین تاثیر بگذارند.

---

1. Sharifi and Yamagata
2. He et al.

اندروود و همکاران[1] (۲۰۲۰) در مقاله ای با عنوان زمین لرزه، محاصره و چرخه‌های انرژی، مفهوم تاب‌آوری انرژی را برای بررسی نحوه واکنش سیستم‌های انرژی نپال به زلزله ۲۰۱۵ مورد استفاده قرار دادند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که که شیوه ای که بازیگران مختلف در سیستم‌های برق و نفت نپال به این حوادث پاسخ دادند، پیامدهایی برای فقر انرژی و مسائل مربوط به عدالت انرژی داشت.

لامرز و همکاران[2] (۲۰۲۰) به بررسی الزامات برنامه‌ریزی عرضه انرژی پایدار با توجه به تاب‌آوری اقلیم جزایر آسیای جنوب شرقی پرداختند.نتایج نشان می‌دهد جزایر جنوب شرق آسیا بیشترین تاثیر را از تغییرات آب و هوایی گرفتند و با مشکل گرانی و غیرقابل اعتماد بودن عرضه برق مواجه هستند و نیاز به ایجاد تاب‌آوری انرژی دارند. استفاده از حامل‌های انرژی مختلف می‌تواند به افزایش تاب‌آوری سامانه‌های تامین انرژی کمک قابل توجهی بکند.

جاسیوناس و همکاران[3] (۲۰۲۱) در یک مقاله مروری تاب‌آوری سیستم انرژی را بررسی کردند. این مقاله یک نمای کلی از چشم‌انداز تهدید و یک بررسی دقیق‌تر از تهدیدهای سایبری و آب و هوایی را ارائه می‌دهد. اختلالات عمده این پتانسیل را دارد که به درآمدهای سالیانه بخش‌های انرژی خسارت وارد کند. تاب‌آوری سیستم انرژی به نوع سیستم و نوع تهدید بستگی دارد. در این مطالعه چارچوبی برای ترسیم چشم انداز تهدیدات سیستم‌های انرژی پیشنهاد شده است. با تغییر سیستم‌ها انواع تهدیدات مرتبط نیز تغییر می‌کنند. تهدیدات آب و هوایی و سایبری، ناشی از دیجیتالی شدن جامعه و تغییرات اقلیمی دنیا است.

یزدانیه (۲۰۲۳) در مقاله‌ای با عنوان تجزیه و تحلیل و برنامه‌ریزی تاب‌آوری سیستم انرژی با استفاده از الگوهای بهینه‌سازی یک رهیافت جدیدی برای تحلیل تاب‌آوری بر

---

1. Underwood et al.
2. Lammers et al.
3. Jasiūnas et al.

أساس الگوهای بهینه‌سازی ارائه کرد. که شامل اندازه‌گیری تاب‌آوری و پایداری با شاخص بهینه‌سازی مرکب است. سناریوهای تاب‌آوری شامل نوسانات سوخت‌های فسیلی، نوسانات تقاضا و کمبود عرضه انرژی است. نتایج نشان دهنده طیف گسترده‌ای از اثرات هزینه (هزینه سرمایه‌گذاری سیستم انرژی) برای یک سیستم انرژی بسته به نوع انتخاب سیستم و سناریوی تاب‌آوری است.

۳. روش شناسی پژوهش

در این بخش، ما ابتدا الگوهای مورد استفاده برای توصیف وابستگی‌های بین بخشی و بین کشوری را بر اساس یک الگوی برنامه نویسی خطی داده ستانده چند کشوری ارائه می‌دهیم. سپس این موارد با هم ترکیب می‌شوند تا الگو تاب‌آوری انرژی ارائه شود. نمادهای کلیدی در این مقاله در جدول (۱) خلاصه شده اند. نمادهای دیگر در زمان مناسب و ضروری تعریف خواهند شد.

جدول (۱). تعریف علائم

علائم	تعریف
a_{ij}^{r}	ضریب فنی داده ستانده،که نشان‌دهنده مقدار داده بخشi به ازای ارزش دلار ستانده بخشj در کشورrاست
A^{r}	ماتریس ضرایب فنی برای کشورr،که عنصر آن a_{ij}^{r} است
χ_i^r	ستانده از بخشi در کشورr
$\hat{\chi}_i^r$	سطح تولید پیش از اختلال بخشi در کشورr
f_i^{rr}	تقاضای نهایی بخشi در کشورr
f_i^{rs}	تقاضای نهایی تجارت کالایi از کشورr به کشورs
I	تعداد بخش‌ها
R	تعداد کشورها
$[I]$	مجموعه بخش‌ها
$[R]$	مجموعه کشورها
$\bar{f}_i^{rs}$	کران بالای تجارت بین کشوری کالایi از کشورr به s
f_{-i}^{rs}	کران پایین تجارت بین کشوری کالایi از کشورr به s
I_E	مجموعه بخش‌های انرژی

۳-۱. الگوسازی کسری تقاضا

برای یک کشور مشخص r، چارچوب تحلیل داده ستانده لئونتیف وابستگی‌های متقابل بین بخش‌های مختلف را نشان می‌دهد، که چگونه ستانده از یک بخش صنعتی می‌تواند به عنوان یک داده برای بخش صنعتی دیگر تبدیل شود. در جدول داده ستانده، ستون‌ها به طور معمول نشان دهنده داده‌ها(خریدها) به یک بخش صنعتی هستند، در حالی که سطرها نشان دهنده ستانده‌ها(فروش) از یک بخش مشخص هستند. الگوی داده ستانده لئونتیف در یک کشور به صورت زیر نشان داده شده است؛

$$\chi^r = A^r\chi^r + f^r \qquad (۱)$$

که در آن بردار $\chi^r = [\chi_1^r, \dots, \chi_I^r]$ نشان دهنده کل ستانده هر بخش در کشور r است. معادله(۱) بیان می‌کند که کل ستانده χ^r باید با مصرف بین بخشی $A^r\chi^r$ به علاوه تقاضای نهایی f^r در کشورr برآورد شود. علاوه براین، در کل کشورr می‌تواند معاملاتی با کشورها دیگر داشته باشد. تعریف صادرات تقاضای نهایی از یک کشورr به کشورs بصورت f^{rs} است، الگوی داده ستانده چند کشوری می‌تواند بصورت زیر نوشته شود:

$$\chi_i^r = \sum_{J\in[I]} a_{ij}^r\chi_j^r + f_i^{rr} + \sum_{s\in[R],s\neq r} f_i^{rs}\ ,\ \forall i \in [I]\ ,\ \forall r \in [R] \qquad (۲)$$

یا بصورت فشرده در ماتریس خود:

$$\chi^r = A^r\chi^r + f^{rr} + f^{rs} \qquad (۳)$$

معادلات (۲) و (۳) نشان می‌دهند که کل ستانده χ^r نه تنها باید مصرف بین بخشی و تقاضای نهایی را در کشور خودr برآورد کند، بلکه باید کالاهای صادراتی را برای کشورها دیگرs برای برآورد کردن تقاضای نهایی در کشورs ایجاد کند. اختلال در تولید انرژی می‌تواند پیامدهای اقتصادی جدی در سراسر کشورها مختلف داشته باشد. در این مقاله، ما روی اثر اختلالات تولید انرژی بر تعادل عرضه_تقاضا در اقتصاد تمرکز می‌کنیم. ϵ_i^r را سطح اختلال تولید برای برخی حامل‌های انرژی(برای مثال،نفت،گاز،زغال سنگ و برق) $i \in I_E$ در کشورr و $\epsilon^r \in \mathbb{R}^{/I_E/}$ بخش همه سطوح اختلال تولید در

کشورr باشد. A معین شده در $\epsilon := [\epsilon^1, \dots, \epsilon^R]$ یک سناریو اختلال تولید را تعریف می‌کند. فرض کنید یک اختلال تولیدϵ اتفاق افتاده‌است، بطوریکه هر بخشi در کشورr از تولید در سطوح بالاتر از$\hat{\chi}_i(1-\epsilon_i^r)$ مهار شده است، و این به نوبه خود تعادل عرضه تقاضای اصلی معادله (۲)را نقض می‌کند. بطور خاص، اختلال در تولید انرژی منجر به کاهش در تمام ستانده‌های تولید دیگر به دلیل وابستگی‌های بین بخشی و بین کشوری و در نتیجه به خطر انداختن تحقق تقاضای نهایی کل می‌شود. هنگامی که سطوح تقاضای نهایی به اندازه کافی کاهش می‌یابد، به یک تعادل جدید می‌رسیم. تقاضاهای نهایی که از سطوح اصلی خود به این شیوه به خطر افتاده‌اند به عنوان کسری‌های تقاضای نهاییs در این مقاله نامیده می‌شوند و می‌توانند توسط الگوی $mimmax$زیر ارزیابی شوند:

$$\underset{\chi, f, sr \in [R]}{mimmax} \quad \frac{1}{w^r}\sum_{i\in[I]} s_i^r \qquad (۴)^1$$

$$s.t. \quad \chi_i^r \geq \sum_{j\in[I]} a_{ij}^r \chi_j^r + \sum_{s\in[R], s\neq r} f_i^{rs} + f_i^{rr}\ , \ \forall i, r \qquad (۵)$$

$$\chi_i^r \leq \hat{\chi}_i^r - \epsilon_i^r \hat{\chi}_i^r\ , \ \forall i, r \qquad (۶)$$

$$\sum_{s\in[R], s\neq r} f_i^{sr} + f_i^{rr} \geq \hat{f}_i^r - s_i^r,\ \forall i, r \qquad (۷)$$

$$f_i^{rs} \leq \bar{f}_i^{rs}\ , \forall i, r \neq s \qquad (۸)$$

$$f_i^{rs} \geq f_i^{rs},\ \forall i, r \neq s \qquad (۹)$$

$$\chi, f, s \geq 0 \qquad (۱۰)$$

الگوی بالا (۴)-(۱۰) زمانی که حل می‌شود، حداکثر کسری تقاضای وزن دار را در تمام کشورها به حداقل می‌رساند، زمانی که سناریوی اختلال تولید انرژیϵ رخ می‌دهد. پارامتر وزنw^rدر تابع هدف(۴)را می‌توان برای مثال براساس سطح تقاضای نهایی کل یا

[1]. در تابع هدف $mimmax$ حداکثر کسری تقاضای وزن‌دار را در تمام کشورها به حداقل می‌رساند.

ظرفیت تولید کل هر کشورr انتخاب کرد. از این رو، این مساله کسری‌ها را با توجه به اندازه کشور نرمال می‌کند، و با ساخت، تابع هدف (۴) سپس یک طرح تخصیص عادلانه از کسری‌های تقاضای نهایی را فرض می‌کند.

محدودیت (۵) تعادل عرضه تقاضا را برای همه بخش‌ها در هر کشور الگوسازی می‌کند، به عنوان مثال کل ستانده از بخشi نباید کمتر از مجموع تقاضای واسطه ای، تقاضای نهایی و فروش بین کشوری به کشورها دیگر باشد. محدودیت (۶) بیان می‌کند که تولید داخلی هر بخشiدر هر کشورrنباید بیشتر از سطح اسمی$\hat{\chi}_i^r$ و کمتر از سطح اختلال$\epsilon_j^r \hat{\chi}_i^r$ در کشورr باشد. محدودیت (۷) بیان می‌کند که کالای تولید شده برای مصرف داخلی در هر کشورr، به علاوه واردات از کشورها دیگر، باید بیشتر از کل تقاضای داخلی کمتر از کسری‌های تقاضا باشد. محدودیت (۸) و (۹) به ترتیب کران پایین و کران بالای معاملات بین کشورها را نشان می‌دهند. این می‌تواند به عنوان یک توافقنامه تجاری موجود بین کشورهای که نمی‌توان آن‌ها را نقض کرد، درنظر گرفته شود.(به عنوان مثال،حداقل و حداکثر بار برق در شبکه انتقال).با استفاده از تکنیک‌های الگوسازی برنامه‌ریزی خطی استاندارد،تابع هدف مینیماکس در (۴) می‌تواند خطی شود، بطوریکه معادله بالا (۴)-(۱۰) می‌تواند به عنوان یک فرمول بندی مجدد برنامه‌ریزی خطی معادل حل شود.

۳-۲. الگوسازی تاب‌آوری انرژی

تاکنون الگوهای توسعه یافته به صورت سیستماتیک ستانده‌ها و تجارت بین کشوری را برای هر بخش در هر کشور هنگام مواجهه با رویدادهای اختلال بهینه‌سازی کرده‌اند. اکنون الگوها را برای مطالعه تاب‌آوری انرژی گسترش می‌دهیم. به طور خاص، تلاش برای توسعه الگوها برای ارزیابی تاب‌آوری یک سیستم از نواحی متصل به هم و در حالت اختلالات انرژی است.

۴. یافته‌های پژوهش

در این بخش به بیان نتایج و محاسبات پژوهش پرداخته می‌شود تا با کمک آن بتوان فرضیه مورد نظر را آزمون نمود. برای این منظور جدول داده ستانده ایران را یک مرتبه به صورت بسته (بدون تجارت) و یک مرتبه به صورت باز (با تجارت) در نظر گرفتیم و در هر دو حالت تاب‌آوری انرژی ایران را در سه شوک کاهش عرضه برق بررسی کردیم.

۴-۱. حالت تک منطقه‌ای[۱]

در اینجا ما جدول داده ستانده ایران در حالتی که تک منطقه‌ای باشد و با سایر کشورها تجارت نداشته باشد را محاسبه کردیم.

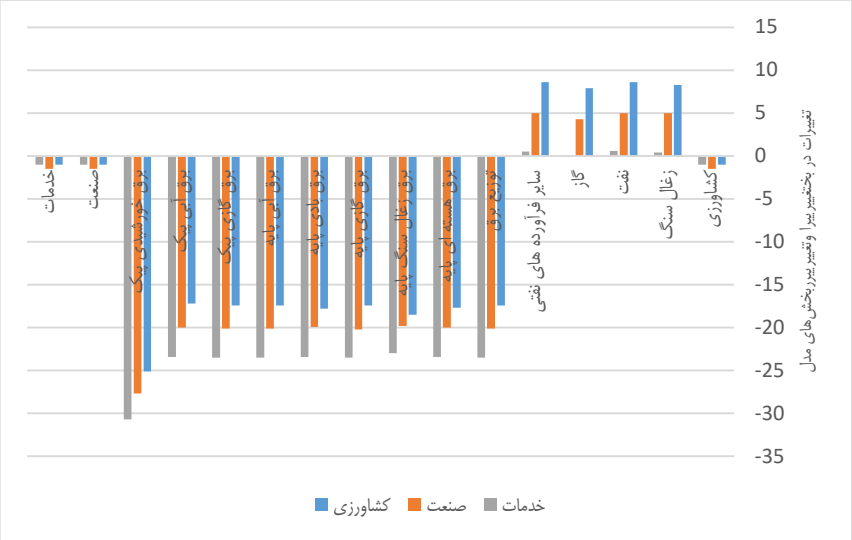
۴-۱-۱. بیست درصدکاهش عرضه کل صنعت برق

زمانی که عرضه کل صنعت برق ۲۰ درصد کاهش می‌یابد تقاضای بخش کشاورزی، صنعت و خدمات از نهاده بخش‌های بار پیک و بار پایه برق[۲] کاهش می‌یابد و تقاضا برای نهاده نفت، گاز، زغال سنگ و سایر فرآورده‌های نفتی توسط بخش کشاورزی، صنعت و خدمات افزایش می‌یابد که بیشترین افزایش در تقاضای نهاده نفت صورت می‌گیرد پس از آن سایر فرآورده‌های نفتی و زغال سنگ قرار دارد و کمترین افزایش در تقاضا در بخش گاز صورت می‌گیرد که نشان می‌دهد بخش نفت بیشترین تاثیر را در تامین نهاده بخش صنعت،خدمات وکشاورزی در زمان وقوع شوک دارد و بخش گاز کمترین تاثیر را در زمان شوک در تامین نهاده بخش‌ها ایفا می‌کند.

---

[۱]. حل سناریوهای مقاله و نتایج آن بصورت همزمان حل شده‌است. در حالت تحلیل نتایج ایران از جدول داده ستانده تک منطقه‌ای ایران استفاده شده‌است و در حالت ترکیه و روسیه از جدول داده ستانده چند منطقه‌ای از طریق تجارت (صادرات و واردات) دو جانبه و تعرفه تجاری استفاده شده‌است. صادرات مستقیم به ترکیه و روسیه و واردات از ترکیه و روسیه.

[۲]. یکی از تعدیلات انجام شده در الگو GTAP برای رسیدن به GTAP-E لحاظ نمودن انواع حامل‌های انرژی به عنوان نهاده‌های تولید است در این جدول بخش انرژی به دو بخش بخش برق و بخش غیربرق تقسیم می‌شود و در بخش برق سه زیر بخش، بار پیک، بار پایه برق و زیر بخش توزیع برق نیز اضافه شده‌است.



نمودار (۱). مقایسه میزان تاثیر ۲۰٪ کاهش عرضه کل صنعت برق بر بخش‌های کشاورزی، صنعت و خدمات

منبع: یافته‌های پژوهش

در این زمان میزان افزایش تقاضای نهاده بخش زغال سنگ و نفت و گاز و فرآورده‌های نفتی توسط کشاورزی نسبت به صنعت و خدمات بیشتر است. این نشان‌دهنده انعطاف‌پذیری بیشتر جانشینی حامل‌های انرژی به جای برق در بخش کشاورزی نسبت به صنعت و خدمات است.

۴-۱-۲. بیست درصد کاهش عرضه صنعت برق در بار پیک

نمودار (۲). مقایسه میزان تاثیر ۲۰٪ کاهش عرضه صنعت برق در بار پیک بر بخش کشاورزی، صنعت و خدمات[۱]

منبع: یافته‌های پژوهش

زمانی که عرضه صنعت برق در بار پیک ۲۰ درصد کاهش می‌یابد تقاضای بخش‌های کشاورزی، صنعت و خدمات از نهاده بخش‌های برق در بار پیک و پایه کاهش می‌یابد که این کاهش تقاضا توسط بخش خدمات بیشتر از بخش کشاورزی و صنعت است.

تقاضای نهاده بخش نفت، گاز، زغال‌سنگ و سایر فرآورده‌های نفتی توسط بخش کشاورزی، صنعت و خدمات افزایش می‌یابد که بیشترین افزایش تقاضا توسط بخش کشاورزی بوده‌است.این نشان‌دهنده انعطاف‌پذیری بیشتر جانشینی حامل‌های انرژی در بخش کشاورزی است.

---

[۱]. متوسط ضریب ظرفیت انرژی خورشیدی در ایران حدود ۲۵ درصد هست و این مهم در ساعت اوج آفتاب است که در این ساعت‌ها در بسیاری از شهرهای صنعتی و در رزوهای گرم سال پیگ بار برق بوجود می‌آید. تفکیک بار پیک بصورت سالانه و بر اساس فصول صورت گرفته‌است

۴-۱-۳. ده درصد کاهش عرضه کل صنعت برق بجز توزیع

نمودار (۳). مقایسه میزان تاثیر ۱۰٪ کاهش عرضه صنعت برق بجز توزیع[1] بر بخش کشاورزی، صنعت و خدمات

منبع: یافته‌های پژوهش

زمانی که عرضه کل صنعت برق بجز توزیع ۱۰ درصد کاهش می‌یابد؛ تقاضای نهاده در بخش‌های پیک و پایه برق توسط بخش کشاورزی، صنعت و خدمات کاهش می‌یابد.

در این زمان تقاضای بخش کشاورزی،صنعت و خدمات از نهاده بخش نفت، گاز، زغال سنگ و سایر فرآورده‌های نفتی افزایش می‌یابد که بیشترین افرایش توسط بخش کشاورزی است؛ این نشان می‌دهد که انعطاف‌پذیری جانشینی حامل‌های انرژی در بخش کشاورزی بیشتر از صنعت و خدمات است.

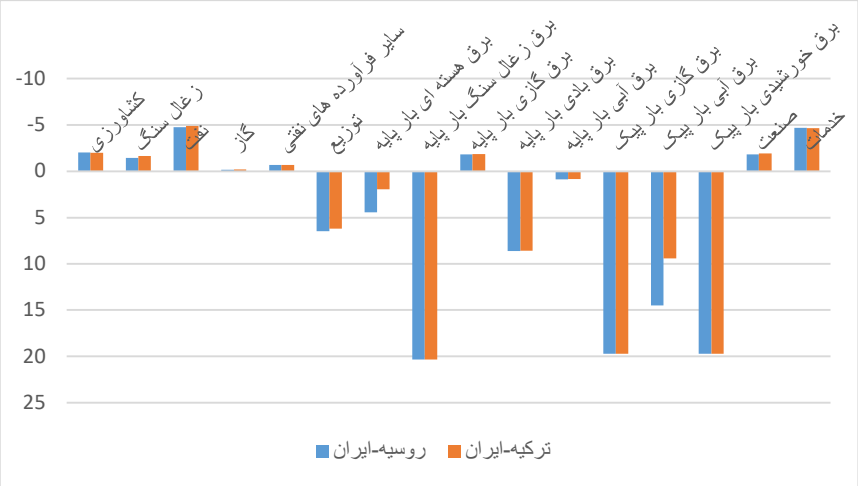
---

[1]. قراردادهای برق به چند دسته تقسیم می‌شوند. قرارداد بلندمدت بین تولید کننده مصرف کننده بزرگ، قرارداد زمان واقعی که مصرف کننده بزرگ می‌تواند بر اساس شرایط عرضه و تقاضای واقعی برق را تهیه کند بخش توزیع برق یا خرده‌فروش برق را از تولید کننده یا بازار برق می‌خرد و به مصرف‌کننده کوچک بفروش می‌رساند.

۴-۲. حالت داده ستانده چند منطقه‌ای

در این قسمت ما جدول داده ستانده ایران در حالتی که **داده ستانده چند منطقه‌ای** است و با سایر کشورها تجارت دارد را بررسی می‌کنیم. در اینجا ما تجارت برق ایران با کشورهای روسیه و ترکیه را بررسی می‌کنیم.

۴-۲-۱. بیست درصد کاهش عرضه کل صنعت برق ایران



نمودار (۴). تجارت روسیه[1] و ترکیه با ایران در حالت۲۰٪ کاهش عرضه کل صنعت برق

منبع: یافته‌های پژوهش

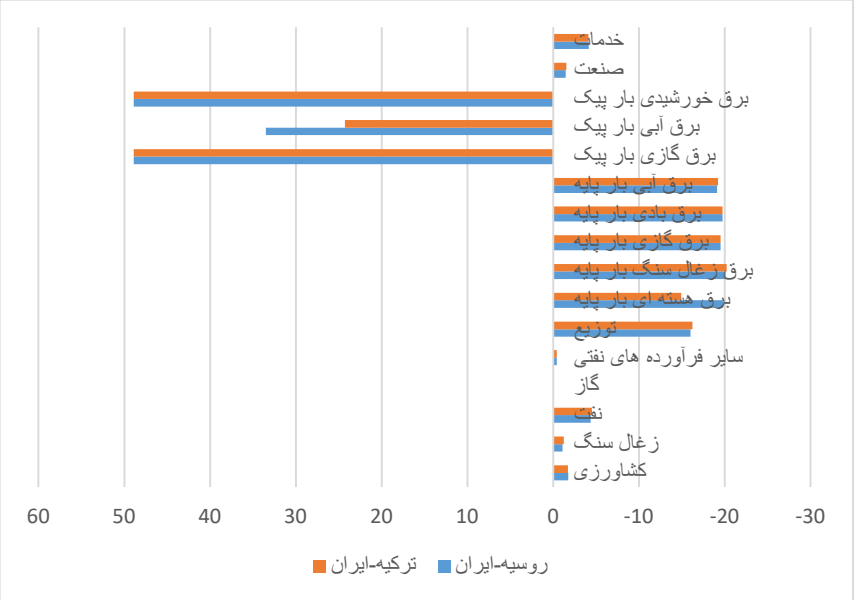
در حالت داده ستانده چند منطقه‌ای زمانی که تولید کل صنعت برق در ایران ۲۰ درصد کاهش پیدا می‌کند، صادرات روسیه به ایران در بخش‌های بار پیک و بار پایه برق افزایش می‌یابد که بیشترین صادرات در این زمان مربوط به بخش خورشیدی و گازی بار پیک و بخش زغال سنگ بار پایه بوده‌است و کمترین صادرات در بخش برق آبی و

[1]. قبل از بحران نخجوان ایران و ارمنستان قرارداد سواپ گاز و برق داشتند. و علاوه بر این کشورهای عضو شوری سابق بیشتر از نظر اتصال شبکه برق با یکدیگر امکان اتصال دارند و تنها لازم است خط سوم اتصال شبکه برق کشورمان با ترکمنستان که قبلاً خط دوم آن به بهره‌برداری رسیده بود، برقرار شود.

در این میان صادرات گاز بار پایه منفی بوده‌است. در این زمان صادرات روسیه به ایران در بخش‌های صنعت، خدمات، کشاورزی و همچنین گاز، نفت، زغال سنگ و فرآورده‌های نفتی کاهش پیدا کرده‌است که بیشترین کاهش در بخش نفت و پس از آن خدمات بوده‌است (مقایسه نمودار ۳ و ۴).

این نسبت‌ها در صادرات ترکیه به ایران نیز تقریباً مشابه‌است؛ اما روسیه در بخش برق آبی بار پیک و انرژی هسته‌ای بار پایه صادرات بیشتری نسبت به ترکیه به ایران دارد.

۴-۲-۲. بیست درصد کاهش عرضه صنعت برق در بار پیک



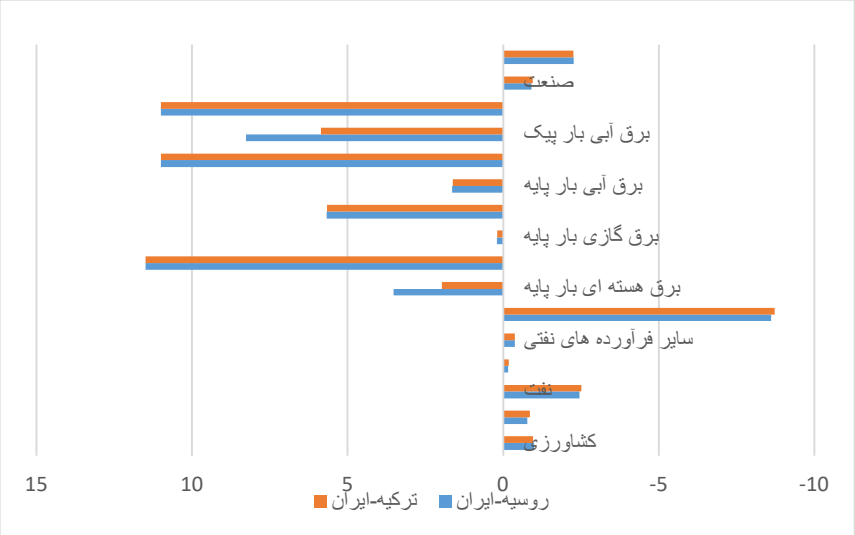
نمودار (۵). تجارت روسیه و ترکیه با ایران در حالت۲۰٪ کاهش عرضه صنعت برق در بار پیک

منبع: یافته‌های پژوهش

در داده ستانده چند منطقه‌ای زمانی که در ایران تولید برق در بار پیک ۲۰ درصد کاهش می‌یابد صادرات ترکیه و روسیه در بخش‌های بار پایه برق کاهش یافته و صادرات

در بخش‌های بار پیک افزایش می‌یابد[۱] که این افزایش در بخش خورشیدی و گازی بار پیک نزدیک به ۵۰ درصد است این مهم نشان‌دهنده این است که در حالت تعامل اقتصادی بین ایران و روسیه و ترکیه این دو کشور سعی می‌کنند از طریق کاهش مصرف خود در بار پیک بخشی از برق مورد نیاز ما را تامین می‌کند که این می‌تواند ناشی از ترجیحات قیمتی بوجود آید ولی در مجموع انعطاف‌پذیری انرژی کشور ما با تجارت بین سه کشور افزایش می‌یابد و همچنین صادرات در دیگر بخش‌ها مانند صنعت، کشاورزی، خدمات،نفت، گاز و زغال سنگ کاهش می‌یابد.

۴-۲-۳. ده درصد کاهش عرضه کل صنعت برق بجز توزیع در ایران



نمودار (۶). تجارت روسیه و ترکیه با ایران در حالت۱۰٪ کاهش عرضه صنعت برق بجز توزیع[۲]

منبع: یافته‌های پژوهش

۱. چون در حالت بار پیک صادرات روسیه و ترکیه به ایران مثبت هست و در حالت بار پایه روسیه و ترکیه به ایران منفی هست.

۲. منبع: یافته‌های پژوهش

در حالت داده ستانده چند منطقه‌ای زمانی که ۱۰ درصد تولید کل صنعت برق بجز توزیع در ایران کاهش می‌یابد صادرات در تمامی بخش‌های برق افزایش می‌یابد اما در بخش توزیع کاهش می‌یابد. در این حالت به دلیل شکل‌گیری ترجیحات قیمتی روسیه و ترکیه با افزایش صادرات برق به کشور ما انعطاف‌پذیری انرژی کشور ما را افزایش می‌دهند.

۵. نتیجه‌گیری و توصیه سیاستی

در این مطالعه به بررسی تاب‌آوری انرژی ایران با الگوی داده ستانده چند منطقه‌ای پرداختیم. ما ماتریس حسابداری اجتماعی ۲۰۱۴ و به روزترین جدول داده ستانده منطقه‌ای را به کار بردیم تا تاب‌آوری انرژی را محاسبه کنیم. بدین منظور، داده‌های گردآوری شده را با استفاده از نرم افزار GTAP تجزیه و تحلیل کردیم.

تحلیل داده‌ها به دو صورت انجام شده است: اول، در حالتی که اقتصاد ایران بسته‌است و تجارتی در زمینه انرژی صورت نمی‌گیرد؛ که نتایج نشان داد در این حالت تاب‌آوری بخش کشاورزی از صنعت و خدمات بیشتر است زیرا بخش کشاورزی[۱] زمانی که عرضه برق کاهش می‌یابد با جانشینی حامل‌های انرژی تلاش می‌کند تا سیستم را تاب‌آور نگه دارد و کمبود عرضه برق با حامل‌های انرژی دیگر جبران می‌شود. در حالی که در بخش خدمات این جانشینی نزدیک به صفر است و با توجه به نمودار (۱) آسیب‌پذیری بخش خدمات نسبت بخش صنعت و کشاورزی از شوک تولید برق بیشتر است و کمبود عرضه برق با حامل‌های انرژی دیگر جبران نمی‌شود و در نتیجه بخش خدمات کمترین تاب‌آوری انرژی را دارد.

ما همچنین مشاهده کردیم که در زمان بروز شوک تولید برق بیشترین افزایش در

---

[۱]. در بحث priority service الویت دریافت خدمت بخش کشاورزی آخرین الویت دریافت خدمات برق را دارد این مهم می‌تواند از طریق به تاخیر انداختن استفاده از برق و حتی جانشینی موتورپمپ‌های دیزلی به جای برقی است.

تقاضا توسط بخش کشاورزی، صنعت و خدمات از نهاده نفت صورت می‌گیرد و کمترین افزایش در تقاضا در بخش گاز صورت می‌گیرد که نشان می‌دهد بخش نفت بیشترین تاثیر را در تامین نهاده بخش صنعت،خدمات وکشاورزی در زمان وقوع شوک دارد و بخش گاز کمترین تاثیر را در زمان شوک در تامین نهاده این بخش‌ها ایفا می‌کند.

در حالت دوم، اقتصاد به صورت باز در نظر گرفته شد و تاب‌آوری در حالتی که ایران با کشور ترکیه و روسیه تجارت انرژی داشته باشد بررسی شد. نتایج نشان می‌دهد که با وجود تجارت در صورت وقوع حوادث و کاهش عرضه برق، روسیه و ترکیه سعی می‌کنند از طریق کاهش مصرف خود بخشی از برق مورد نیاز ما را تامین می‌کند که این می‌تواند ناشی از ترجیحات قیمتی بوجود آید ولی در مجموع انعطاف‌پذیری انرژی کشور ما با تجارت بین سه کشور افزایش می‌یابد. زمانی که عرضه برق کاهش می‌یابد ایران با افزایش واردات برق تاب‌آوری خود را افزایش می‌دهد و در این زمینه روسیه پتانسیل بیشتری نسبت به ترکیه برای جبران این کسری تقاضا دارد.

بنابراین، یکی از یافته‌های اصلی مطالعه ما این است که مشارکت بین مناطق می‌تواند به طور قابل توجهی تاب‌آوری انرژی فردی و جمعی را بهبود ببخشد. این به علت تجارت بین منطقه‌ای است که به وسیله آن اثر اختلال در یک منطقه می‌تواند در دیگر مناطق به هم پیوسته جذب شود. این امر می‌تواند با در نظر گرفتن مزایا و معایب روبرو شدن با اختلالات عرضه انرژی، پیامدهای مهمی بر مشارکت در توافق تجارت بین منطقه‌ای ارائه کند.

درنهایت، با توجه به نتایج چون نفت جانشین مناسب تری برای برق است به سیاست گذاران انرژی کشور پیشنهاد می‌شود با ایجاد زیرساخت ذخیره سازی نفت تاب‌آوری انرژی کشور را افزایش دهند. همچنین به دلیل این که ایجاد یک بازار کوچک منطقه‌ای برق از طریق ایران، ترکیه و روسیه، تاب‌آوری انرژی ما را افزایش داد پیشنهاد می‌شود سیاست گذاران انرژی کشور زیرساخت‌های لازم برای تشکیل بازار منطقه‌ای

کشورهای حوزه خزر را فراهم کنند.

۶. تعارض منافع

تعارض منافع وجود ندارد.

۷. سپاسگزاری

در یک پاراگراف کوتاه از حامیان مادی و معنوی پژوهش تقدیر شود. .؟؟؟؟؟؟؟؟؟؟؟؟

پیوست‌ها:

جدول (۱). تاثیر ۲۰٪ کاهش عرضه کل صنعت برق

	کشاورزی	صنعت	خدمات
کشاورزی	-۱	-۱.۵	-۱
زغال سنگ	۸.۳	۵	۰.۴
نفت	۸.۶	۵	۰.۶
گاز	۷.۹	۴.۳	۰
سایر فرآورده‌های نفتی	۸.۶	۵	۰.۵
توزیع برق	-۱۷.۴	-۲۰.۱	-۲۳.۵
برق هسته‌ای بار پایه	-۱۷.۷	-۲۰	-۲۳.۴
برق زغال سنگ بار پایه	-۱۸.۵	-۱۹.۸	-۲۳
برق گازی بار پایه	-۱۷.۴	-۲۰.۲	-۲۳.۵
برق بادی بار پایه	-۱۷.۸	-۱۹.۹	-۲۳.۴
برق آبی بار پایه	-۱۷.۴	-۲۰.۱	-۲۳.۵
برق گازی بار پیک	-۱۷.۴	-۲۰.۱	-۲۳.۵
برق آبی بار پیک	-۱۷.۲	-۲۰	-۲۳.۴
برق خورشیدی بار پیک	-۲۵.۱	-۲۷.۷	-۳۰.۷
صنعت	-۱	-۱.۵	-۱
خدمات	-۱	-۱.۵	-۱

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول (۲). تاثیر ۲۰٪ کاهش عرضه صنعت برق در بار پیک

	کشاورزی	صنعت	خدمات
کشاورزی	-۱	-۱.۵	-۱.۱
زغال سنگ	۸.۳	۵.۱	۰.۳
نفت	۸.۶	۵	۰.۶
گاز	۷.۹	۴.۳	-۰.۱
سایر فرآورده‌های نفتی	۸.۶	۵	۰.۵
توزیع برق	-۱۷.۳	-۲۰.۱	-۲۳.۶
برق هسته‌ای بار پایه	-۱۸	-۲۰.۷	-۲۴.۱
برق زغال سنگ بار پایه	-۱۸.۸	-۲۱.۵	-۲۴.۹
برق گازی بار پایه	-۱۷.۴	-۲۰.۱	-۲۳.۶
برق بادی بار پایه	-۱۷.۸	-۲۰.۵	-۲۴
برق آبی بار پایه	-۱۶.۶	-۱۹.۴	-۲۲.۹
برق گازی بار پیک	-۱۷.۳	-۲۰.۱	-۲۳.۵
برق آبی بار پیک	-۱۷.۳	-۲۰.۱	-۲۳.۶
برق خورشیدی بار پیک	-۲۵.۳	-۲۷.۷	-۳۰.۸
صنعت	-۱	-۱.۵	-۱.۱
خدمات	-۱	-۱.۵	-۱.۱

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول (۳). تاثیر ۱۰٪ کاهش عرضه صنعت برق بجز توزیع

	کشاورزی	صنعت	خدمات
کشاورزی	-۰.۴	-۰.۶	-۰.۶
زغال سنگ	۳.۸	۲.۴	۰.۱
نفت	۴	۲.۴	۰.۲
گاز	۳.۶	۲	-۰.۱
سایر فرآورده‌های نفتی	۴	۲.۴	۰.۲
توزیع برق	-۸.۵	-۹.۹	-۱۱.۹
برق هسته‌ای بار پایه	-۸.۴	-۱۰	-۱۱.۹
برق زغال سنگ بار پایه	-۸.۱	-۱۰.۲	-۱۱.۹
برق گازی بار پایه	-۸.۵	-۹.۹	-۱۱.۹
برق بادی بار پایه	-۸.۳	-۱۰.۱	-۱۱.۹
برق آبی بار پایه	-۸.۴	-۱۰	-۱۱.۹
برق گازی بار پیک	-۸.۵	-۹.۹	-۱۱.۹
برق آبی بار پیک	-۷	-۸.۴	-۱۰.۳
برق خورشیدی بار پیک	-۱۲.۹	-۱۴.۲	-۱۶

صنعت	-۰.۴	-۰.۶	-۰.۶
خدمات	-۰.۴	-۰.۶	-۰.۶

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول (۴). تجارت روسیه و ترکیه با ایران در حالت۲۰٪ کاهش عرضه کل صنعت برق

	روسیه-ایران	ترکیه-ایران
کشاورزی	-۲.۰۵	-۲
زغال سنگ	-۱.۴۶	-۱.۶۳
نفت	-۴.۷۶	-۴.۸۸
گاز	-۰.۱۴۵	-۰.۱۹۴
سایر فرآورده‌های نفتی	-۰.۶۶۱	-۰.۶۶۲
توزیع	۶.۴۷	۶.۱۸
برق هسته‌ای بار پایه	۴.۴۴	۱.۹۳
برق زغال سنگ بار پایه	۲۰.۳	۲۰.۳
برق گازی بار پایه	-۱.۸۵	-۱.۸۸
برق بادی بار پایه	۸.۶۳	۸.۶
برق آبی بار پایه	۰.۸۴۲	۰.۸۱۶
برق گازی بار پیک	۱۹.۷	۱۹.۷
برق آبی بار پیک	۱۴.۵	۹.۳۹
برق خورشیدی بار پیک	۱۹.۷	۱۹.۷
صنعت	-۱.۸۴	-۱.۹۳
خدمات	-۴.۷	-۴.۶۸

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول (۵). تجارت روسیه و ترکیه با ایران در حالت۲۰٪ کاهش عرضه صنعت برق در بار پیک

	روسیه-ایران	ترکیه-ایران
کشاورزی	-۱.۷۶	-۱.۷۲
زغال سنگ	-۱.۱۱	-۱.۲۲
نفت	-۴.۳۷	-۴.۵۱
گاز	-۰.۰۱	-۰.۰۵۸
سایر فرآورده‌های نفتی	-۰.۳۹۲	-۰.۳۹۲
توزیع	-۱۶	-۱۶.۲
برق هسته‌ای بار پایه	-۱۹.۸	-۱۴.۹
برق زغال سنگ بار پایه	-۲۰.۱	-۲۰.۲

برق گازی بار پایه	-۱۹.۵	-۱۹.۵
برق بادی بار پایه	-۱۹.۷	-۱۹.۷
برق آبی بار پایه	-۱۹.۱	-۱۹.۲
برق گازی بار پیک	۴۸.۹	۴۸.۹
برق آبی بار پیک	۳۳.۵	۲۴.۳
برق خورشیدی بار پیک	۴۸.۹	۴۸.۹
صنعت	-۱.۴۶	-۱.۵۳
خدمات	-۴.۱۴	-۴.۱۴

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول (۶). تجارت روسیه و ترکیه با ایران در حالت۱۰٪ کاهش عرضه صنعت برق بجز توزیع

	روسیه-ایران	ترکیه-ایران
کشاورزی	-۰.۹۸۷	-۰.۹۶۴
زغال سنگ	-۰.۷۷۱	-۰.۸۵۶
نفت	-۲.۴۵	-۲.۵۱
گاز	-۰.۱۶۱	-۰.۱۸۳
سایر فرآورده‌های نفتی	-۰.۳۷	-۰.۳۷
توزیع	-۸.۶۱	-۸.۷۲
برق هسته‌ای بار پایه	۳.۵۲	۱.۹۷
برق زغال سنگ بار پایه	۱۱.۵	۱۱.۵
برق گازی بار پایه	۰.۲۰۶	۰.۱۹۲
برق بادی بار پایه	۵.۶۷	۵.۶۶
برق آبی بار پایه	۱.۶۴	۱.۶۲
برق گازی بار پیک	۱۱	۱۱
برق آبی بار پیک	۸.۲۷	۵.۸۶
برق خورشیدی بار پیک	۱۱	۱۱
صنعت	-۰.۹۰۷	-۰.۹۴۸
خدمات	-۲.۲۷	-۲.۲۶

منبع: یافته‌های پژوهش

منابع:

- Bazzazan, F. (2011). The increasing coefficients of production, employment and income in the input-output model of two regions. *Quantitative Economic Research Quarterly*, 8(2), 151_178 (In Persian).

- Carrico, C., Corong, E., & van der Mensbrugghe, D. (2020*). The GTAP 10A Multi-Region Input Output (MRIO) Data Base*.
- Gatto, A., & Drago, C. (2020). A taxonomy of energy resilience. *Energy Policy*, 136, 111007.
- Gatto, A., & Drago, C. (2020). Measuring and modeling energy resilience. *Ecological Economics*, 172, 106527
- Ghiasvand, A. Abdolshah, F. (2015). Economic resilience indicators. *Ravand*, 22(71), 79-106 (In Persian).
- Ghiasvand, A. & Abdolshah, F. (2015). The concept and evaluation of Iran's economic resilience. *Economic research paper*, 15(59), 161_187 (In Persian)
- Golizade, J. (2018). Regional input output model and its applications in land surveying, Research and study institute for the development of entrepreneurs, 120 (In Persian).
- Haghshenas, M. Hooshmand, R. Gholipour, M. (2022). Stochastic planning to improve the resilience of electrical energy distribution systems against severe dust storms. *Journal of electrical engineering and computer engineering of Iran*, 2(2) (In Persian)
- Hatami, Y., Sadeghi, Z., Jalaei, S. A., & Abdollahi, A. (2018). Effects of Water Resources Limitation on Capacity Expansion Planning of Power Generation: An Application of Multi-Objective Model under Uncertainty Conditions. *Journal of Economics and Modeling*, 9(3), 157-185 (In Persian).
- He, P., Ng, T. S., & Su, B. (2019). Energy-economic resilience with multi-region input–output linear programming models. *Energy Economics*, 84, 104569.
- Jasiūnas, J., Lund, P. D., & Mikkola, J. (2021). Energy system resilience–A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 150, 111476.
- Lammers, K., Bertheau, P., & Blechinger, P. (2020). Exploring requirements for sustainable energy supply planning with regard to climate resilience of Southeast Asian islands. *Energy Policy*, 146, 111770.
- Sharifi, A., & Yamagata, Y. (2016). Principles and criteria for assessing urban energy resilience: A literature review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60, 1654-1677.
- Underwood, G., Hill, D., & Lamichhane, S. (2020). Earthquakes, blockades and energy crises: A conceptual framework for energy systems resilience applied to Nepal. *Energy Research & Social Science*, 69, 101609.
- Yazdanie, M. (2023). Resilient energy system analysis and planning using optimization models. *Energy and Climate Change*, 4, 100097.
- Zamani Gargari, M. & Ghaffarpour, R. (2020). Increasing Energy Security by Using the Concept of Resiliency in Multi-Energy Infrastructures. *Advanced Defense Sci .& Technol*. 2020, 01, 419-432 (In Persian).