Quarterly Journal of Fiscal and Economic Policies ***Vol. 13, No. 52, Winter 2026***

Economic losses due to natural gas imbalance in manufacturing industries in Mazandaran Province

Saeed Rasekhi
Professor, Department of Energy Economics, University of Mazandaran
(Corresponding author)
rasekhi@umz.ac.ir
Roya Saedi
PhD in Economics, University of Mazandaran.
roya.saedi19@gmail.com
Yaser Jafari Khorshidiya
Master of Economics, Payam Noor University
khorshidiyaser@gmail.com

This research examines the economic impacts of natural gas imbalances on the manufacturing industries of Mazandaran Province during the period 2018–2022 (1397–1401 SH). The results indicate that welfare losses resulting from these imbalances are increasing non-linearly. Among these, the non-metallic mineral products and food and beverage industries have suffered the highest welfare losses, while the food industry has been the most vulnerable sector in terms of lost value-added. Findings reveal that the opportunity cost of gas supply restrictions has risen sharply; specifically, the value of each lost cubic meter of gas—based on both welfare loss and lost value-added approaches—showed significant growth over this five-year period. Long-term analysis using the ARDL model also shows a high error correction coefficient (-0.71), reflecting low resilience and the severe fragility of the province's economy against energy shocks. Ultimately, this study emphasizes that the continuation of the current situation will exacerbate industrial risks. Therefore, a transition from reactive crisis management toward building industrial resilience is essential. It is recommended that energy governance be reformed to ensure a more optimal distribution of natural gas among industries during emergencies to prevent further economic losses.

JEL Classification: O13, Q43, Q48.
Keywords: Natural Gas Imbalance, Economic Loss, Manufacturing Industries, Mazandaran Province.

Reccived: 2025/10/04 Accepted: 2026/02/25

نشریه علمی (فصلنامه) سیاست‌های مالی و اقتصادی
سال ۱۳، شماره ۵۲، زمستان ۱۴۰۴، صفحه ۶۰ - ۶

زیان‌های اقتصادی ناترازی گازطبیعی در صنایع کارخانه‌ای استان مازندران

سعید راسخی
استاد گروه اقتصاد انرژی، دانشگاه مازندران (نویسنده مسئول).
rasekhi@umz.ac.ir
رویا ساعدی
دکتری اقتصاد دانشگاه مازندران
roya.saedi19@gmail.com
یاسر جعفری خورشیدی
کارشناس ارشد اقتصاد دانشگاه پیام نور
khorshidiyaser@gmail.com

این پژوهش به بررسی آثار اقتصادی ناترازی گاز طبیعی بر صنایع کارخانه‌ای استان مازندران در بازه زمانی ۱۴۰۱-۱۳۹۷ پرداخته است. نتایج نشان می‌دهد که زیان‌های رفاهی ناشی از این ناترازی به صورت غیرخطی در حال افزایش است. در این میان، صنایع تولید محصولات معدنی غیرفلزی و صنایع غذایی بیشترین زیان رفاهی را متحمل شده‌اند و صنعت مواد غذایی از منظر ارزش‌افزوده از دست‌رفته، آسیب‌پذیرترین بخش بوده است. یافته‌ها حاکی از آن است که هزینه فرصت محدودیت عرضه گاز به شدت افزایش یافته؛ به‌طوری‌که ارزش هر مترمکعب گاز از دست‌رفته بر اساس زیان رفاهی و زیان ارزش‌افزوده، رشد قابل‌توجهی در طول این ۵ سال داشته است. تحلیل‌های بلندمدت با مدل ARDL نیز نشان‌دهنده ضریب بالای تصحیح خطا (۰.۷۱-) است که گویای تاب‌آوری پایین و شکنندگی شدید اقتصاد استان در برابر شوک‌های انرژی می‌باشد. در نهایت، این مطالعه تأکید می‌کند که تداوم وضعیت فعلی، ریسک‌های صنعتی را تشدید خواهد کرد. بنابراین، گذار از مدیریت واکنشی بحران به سمت ایجاد تاب‌آوری صنعتی ضروری است. پیشنهاد می‌شود حکمرانی انرژی به گونه‌ای اصلاح شود که در شرایط اضطراری، توزیع گاز طبیعی میان صنایع بهینه‌تر صورت گیرد تا از تشدید زیان‌های اقتصادی جلوگیری شود.

طبقه‌بندی JEL: Q48 ،Q43 ،O13.
واژگان کلیدی: ناترازی گاز طبیعی، زیان اقتصادی، صنایع کارخانه‌ای، استان مازندران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴ / ۷ / ۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴ / ۱۲ / ۶

۱. مقدمه[۱]

استان مازندران در دهه‌های اخیر به صنایع کارخانه‌ای متنوعی همچون صنایع غذایی، نساجی، فلزی و مصالح ساختمانی مجهز شده است. این صنایع برای استمرار تولید و حفظ رقابت‌پذیری خود وابستگی شدیدی به گاز طبیعی دارند؛ وابستگی‌ای که از یک‌سو ریشه در نقش گاز به‌عنوان منبع اصلی انرژی حرارتی و خوراک تولید دارد و از سوی دیگر ناشی از نبود جایگزین کارآمد و اقتصادی برای این منبع در فرآیندهای تولیدی است. با این حال، ناترازی گاز طبیعی، یعنی عدم تعادل میان عرضه و تقاضا داخلی این انرژی به‌ویژه در فصل‌های سرد سال، به‌طور مکرر صنایع کارخانه‌ای مازندران را با اختلالات جدی مواجه می‌سازد و زیان‌های متعددی در ابعاد رفاهی، اقتصادی و محیط‌زیستی برجای می‌گذارد.

از منظر اقتصاد رفاه، ناترازی گاز به معنای تحمیل هزینه‌های پنهان و آشکار بر تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان است. زمانی که تقاضای گاز طبیعی از عرضه پیشی می‌گیرد، سهم صنایع به نفع بخش خانگی کاهش می‌یابد و کارخانه‌ها با محدودیت شدید انرژی مواجه می‌شوند. در این شرایط، قیمت سایه‌ای گاز طبیعی و زیان رفاهی ناشی از ناترازی گازطبیعی اهمیت ویژه‌ای پیدا می‌کند. زیان اقتصادی ناترازی نه تنها در قالب زیان‌های رفاهی ظاهر می‌شود بلکه به کاهش ارزش افزوده، افت بهره وری و افزایش هزینه‌های اقتصادی کوتاه مدت و بلندمدت برای صنایع کارخانه ای می‌انجامد. ارزش افزوده صنایع کارخانه‌ای، که بازتابی از میزان خلق ثروت و تولید ناخالص داخلی است،

---

۱. این مقاله مستخرج از طرح پژوهشی با عنوان «تحلیل اقتصادی اثرات ناترازی انرژی(برق و گاز) بر بخش صنعت استان مازندران و ارائه راهکارهای عملیاتی» با حمایت استانداری مازندران در دانشگاه مازندران می‌باشد.

به‌شدت به پایداری انرژی وابسته است. در شرایط ناترازی، خطوط تولید ناگزیر متوقف یا با ظرفیت کمتر فعالیت می‌کنند، که این امر مستقیماً ارزش افزوده را کاهش می‌دهد. بر اساس مطالعات مشابه در کشورهای در حال توسعه، هر واحد کاهش مصرف گاز طبیعی در صنعت منجر به کاهش چندبرابری ارزش افزوده به دلیل اثرات زنجیره‌ای در صنایع پایین‌دستی می‌شود(فرزانگان و مارکوارت[1]، ۲۰۲۲). این پدیده می‌تواند به زیان‌های مختلف اقتصادی همچون کاهش ارزش افزوده و تولید محصولات صادراتی و اختلال در تأمین بازار داخلی منجر شود.

از جنبه کوتاه‌مدت، ناترازی گاز طبیعی پیامدهای فوری بر عملکرد صنایع کارخانه‌ای دارد و موجب کاهش تولید و ارزش افزوده این صنایع و افزایش قیمت تمام شده و افت کیفیت محصول و افت رقابت پذیری آنها می‌شود. همچنین، نوسانات مکرر در تأمین گازطبیعی، بهره‌وری نیروی کار را کاهش می‌دهد؛ چرا که کارگران با بیکاری موقت یا کاهش ساعات کار روبه‌رو می‌شوند و این موضوع به افت انگیزه و کاهش سرمایه انسانی می‌انجامد(سازمان بین المللی کار[2]، ۲۰۲۲). ولی آثار بلندمدت ناترازی گاز طبیعی ابعاد گسترده‌تری دارد. در بلندمدت، صنایع استان مازندران به دلیل عدم اطمینان در تأمین پایدار انرژی، از سرمایه‌گذاری‌های توسعه‌ای و نوسازی فناوری بازمی‌مانند. این مسئله موجب کاهش تدریجی بهره‌وری کل عوامل تولید و عقب‌ماندگی فناورانه نسبت به رقبا می‌شود. همچنین، تداوم محدودیت انرژی، جذابیت سرمایه‌گذاری صنعتی در استان را کاهش داده و سرمایه‌گذاران داخلی و خارجی را به سمت مناطق با امنیت انرژی بیشتر سوق می‌دهد.

1. Farzanegan & Markwardt
2. International Labour Organization (ILO)

در نتیجه، اقتصاد صنعتی مازندران با خطر رکود، کاهش اشتغال و کاهش سهم از تولید ملی مواجه می‌گردد.

ناترازی گاز طبیعی در صنایع کارخانه‌ای مازندران تنها یک مسئله فنی یا مقطعی نیست، بلکه بحرانی است با پیامدهای چندلایه که زیان رفاهی آن فراتر از زیان مالی مستقیم است. قیمت سایه‌ای گاز در صنایع استان به‌خوبی نشان می‌دهد که محدودیت عرضه تا چه اندازه هزینه فرصت از دست رفته برای اقتصاد ایجاد می‌کند. ارزش افزوده از دست رفته ناشی از توقف یا کاهش ظرفیت تولید، نه تنها بر اقتصاد استان بلکه بر اقتصاد ملی نیز اثرگذار است. در کوتاه‌مدت، این پدیده باعث افزایش هزینه تولید، افت بهره‌وری و کاهش اشتغال می‌شود و در بلندمدت، به کاهش سرمایه‌گذاری، عقب‌ماندگی فناورانه و تضعیف رقابت‌پذیری صنعتی منجر می‌گردد. بدین ترتیب، مدیریت ناترازی گاز طبیعی، نه صرفاً به‌عنوان یک ضرورت انرژی، بلکه به‌عنوان یک الزام رفاهی و اقتصادی برای توسعه پایدار مازندران مطرح است.

هدف اصلی پژوهش حاضر، بررسی زیان‌های اقتصادی ناترازی گاز طبیعی بر صنایع کارخانه‌ای است. این پژوهش به این سئوالات پاسخ می‌دهد که در نتیجه ناترازی گازطبیعی در صنایع کارخانه ای استان مازندران، زیان رفاهی چقدر است؟ ارزش افزوده از دست‌رفته به چه ترتیب بوده و توانایی استان در واکنش به این ناترازی‌ها چگونه است؟ برای پاسخ به این سئوالات، رویکردهای اقتصادی سنجی برای صنایع کارخانه‌ای استان مازندران به صورت داده‌های تابلویی و مدل‌سازی GMM سیستمی (۱۸ صنعت کارخانه‌ای استان مازندران برای دوره زمانی ۱۴۰۱-۱۳۹۷) و یک سری زمانیARDL [1] (دوره زمانی ۱۴۰۱-۱۳۸۰) جهت

1. Autoregressive Distributed Lags (ARDL)

بررسی تابع تولید صنعت کارخانه‌ای استان مازندران و واکنش کوتاه مدت و بلندمدت استان به ناترازی انرژی استفاده شده است. برای افزایش دقت و ایجاد جامعیت در محاسبات، از روش‌های زیان رفاهی، ارزش افزوده از دست رفته استفاده شده است. با توجه به پیشینه تحقیق، مطالعه حاضر به لحاظ موضوعی و جامعیت دارای نوآوری است. به ویژه بر اساس بررسی‌های به عمل آمده، مطالعه مشابهی برای استان مازندران وجود ندارد.

سازماندهی تحقیق حاضر به این شکل می‌باشد که بعد از مقدمه در بخش نخست، ادبیات موضوع در بخش دوم ارایه شده است. بخش سوم به تصریح الگوها و بخش چهارم برآورد و تحلیل آثار ناترازی گازطبیعی بر صنایع کارخانه ای استان مازندران اختصاص دارد. سرانجام در بخش پنجم، جمع بندی و توصیه‌های سیاستی ارایه شده است.

۲. ادبیات موضوع

گاز طبیعی به‌عنوان یکی از نهاده‌های بنیادین تولید صنعتی نه‌تنها نقش یک عامل مکمل سرمایه و نیروی کار را ایفا می‌کند، بلکه در بسیاری از صنایع کارخانه‌ای، به‌ویژه صنایع انرژی‌بر، به‌صورت نهاده ضروری و غیرقابل جانشین در کوتاه‌مدت ظاهر می‌شود. از این جنبه، ناترازی گاز طبیعی ــ به‌معنای شکاف پایدار یا ناپایدار میان عرضه مؤثر و تقاضای موردنیاز تولید، را می‌توان به‌عنوان یک شوک ساختاری به سیستم تولید صنعتی تلقی کرد که آثار آن از سطح بنگاه آغاز شده و از طریق پیوندهای بین‌بخشی به کل اقتصاد سرایت می‌کند. انرژی (گاز طبیعی)، به‌عنوان نهاده‌ای متمایز با کشش جانشینی محدود نسبت به سرمایه و نیروی کار وارد تابع تولید می‌شود (برنت و وود[1]، ۱۹۷۵ و تامپسون[2]، ۲۰۰۶). در

1. Berndt & Wood
2. Thompson

این چارچوب، کاهش در دسترس‌پذیری گاز طبیعی، حتی در صورت ثبات سایر نهاده‌ها، موجب جابه‌جایی تابع تولید به سمت پایین و کاهش سطح بالقوه تولید و ارزش افزوده صنعتی می‌شود. ناترازی گاز طبیعی نه‌تنها از کانال مقدار نهاده، بلکه از کانال هزینه نیز بر تولید اثر می‌گذارد. در چارچوب نظری بنگاه حداقل‌کننده هزینه، محدودیت در تأمین گاز طبیعی باعث افزایش هزینه نهایی تولید می‌شود، زیرا بنگاه ناچار است یا از نهاده‌های انرژی جایگزین با هزینه بالاتر استفاده کند یا ظرفیت تولید را کاهش دهد (استرن[1]، ۲۰۱۱). در هر دو حالت، نتیجه نهایی کاهش سودآوری، افت تولید و در سطح کلان، کاهش ارزش افزوده بخش صنعت است. در این چارچوب، ناترازی انرژی معادل تحمیل یک قید مضاعف بر مسئله بهینه‌سازی بنگاه است؛ قیدی که موجب می‌شود ترکیب نهاده‌ها از حالت بهینه فاصله بگیرد و ناکارایی فنی و تخصیصی افزایش یابد. از منظر نظری، این وضعیت به کاهش بهره‌وری کل عوامل منجر می‌شود، حتی اگر فناوری تولید تغییر نکرده باشد.

همچنین، ناترازی گاز طبیعی به‌عنوان یک شوک عرضه انرژی با آثار بین‌دوره‌ای تحلیل می‌شود. در این چارچوب‌ها، به‌ویژه در مدل‌های رشد درون‌زا و مدل‌های تعادل عمومی پویای انرژی–اقتصاد، انرژی یکی از عوامل تعیین‌کننده مسیر انباشت سرمایه صنعتی تلقی می‌شود(کیم و لانگانی[2]، ۱۹۹۲). اختلال در تأمین پایدار گاز طبیعی باعث افزایش عدم قطعیت در هزینه‌های تولید و در نتیجه کاهش انگیزه سرمایه‌گذاری در بخش صنعت کارخانه‌ای می‌شود. از منظر نظری، این عدم قطعیت به افزایش نرخ تنزیل مؤثر بنگاه‌ها می‌انجامد و پروژه‌های سرمایه‌بر صنعتی را غیراقتصادی می‌کند. پیامد این فرآیند،

1. Stern
2. Kim & Loungani

کاهش ظرفیت تولید بالقوه در بلندمدت و تداوم زیان‌های اقتصادی ناشی از تولید تلف‌شده است؛ زیانی که فراتر از افت کوتاه‌مدت تولید بوده و به کاهش مسیر رشد صنعتی منجر می‌شود (آغیون و همکاران[1]، ۲۰۱۶).

حتی بدون توجه به تغییرات فناوری، ناترازی گاز طبیعی می‌تواند منجر به کاهش بهره‌وری کل عوامل شود. در چارچوب تحلیل بهره‌وری، زمانی که بنگاه به نهاده انرژی موردنیاز خود دسترسی کامل ندارد، ناچار به استفاده غیربهینه از سرمایه و نیروی کار می‌شود که این امر به کاهش کارایی فنی می‌انجامد (جرگنسون[2]، ۱۹۸۴) به ویژه اینکه انرژی، به‌ویژه گاز طبیعی، نقش پیشران در استفاده مؤثر از سایر نهاده‌ها به ویژه در صنایع انرژی بر دارد و محدودیت در آن موجب افت بازدهی سرمایه صنعتی می‌شود (کلولاند[3]، ۱۹۸۴). بنابراین، بخشی از زیان اقتصادی ناترازی گاز طبیعی را باید در قالب کاهش بهره‌وری و نه صرفاً کاهش حجم تولید تحلیل کرد.

گاز طبیعی نه‌تنها نهاده مستقیم صنایع کارخانه‌ای، بلکه نهاده غیرمستقیم بسیاری از بخش‌های پایین‌دستی و بالادستی است. ناترازی در عرضه گاز موجب افزایش هزینه تولید در صنایع بالادستی می‌شود و این افزایش هزینه از طریق زنجیره ارزش به صنایع پایین‌دستی منتقل می‌گردد (میلر و بلر[4]، ۲۰۰۹). از جنبه نظری، این فرآیند به تکثیر اثرات منفی ناترازی انرژی منجر می‌شود، به‌گونه‌ای که زیان نهایی ارزش افزوده صنعتی بسیار بزرگ‌تر از زیان مستقیم ناشی از کاهش مصرف گاز طبیعی خواهد بود. در چنین شرایطی، تولید تلف‌شده

1. Aghion et al.
2. Jorgenson
3. Cleveland
4. Miller & Blair

صنعتی نه‌فقط نتیجه توقف فیزیکی خطوط تولید، بلکه حاصل برهم‌خوردن تعادل هزینه–قیمت در کل شبکه تولید صنعتی است.

ناترازی گاز طبیعی را می‌توان به‌عنوان منبعی از اتلاف رفاهی تحلیل کرد که به‌طور هم‌زمان مازاد تولیدکننده و مصرف‌کننده صنعتی را کاهش می‌دهد. در این چارچوب، محدودیت عرضه گاز طبیعی موجب افزایش قیمت سایه‌ای انرژی برای بنگاه‌های صنعتی می‌شود، حتی اگر قیمت اسمی ثابت بماند (بوهی و تومان[1]، ۲۰۱۲). این افزایش قیمت سایه‌ای باعث کاهش تولید بهینه، افزایش هزینه متوسط و کاهش رقابت‌پذیری صنایع کارخانه‌ای در بازارهای داخلی و خارجی می‌گردد. نتیجه نظری این فرآیند، کاهش صادرات صنعتی، جایگزینی تولید داخلی با واردات و در نهایت افت ارزش افزوده صنعتی در سطح اقتصاد ملی است. بنابراین، زیان اقتصادی ناترازی گاز طبیعی تنها در قالب تولید ازدست‌رفته قابل تعریف نیست، بلکه شامل کاهش جایگاه صنعتی اقتصاد در زنجیره ارزش جهانی و افت رقابت پذیری بین المللی نیز می‌شود (کروگمن و همکاران[2]، ۲۰۱۸).

ناترازی پایدار گاز طبیعی می‌تواند مسیر فناوری صنایع کارخانه‌ای را نیز منحرف کند. در شرایطی که بنگاه‌ها با محدودیت مزمن انرژی مواجه‌اند، به‌جای حرکت به سمت فناوری‌های کاراتر و سرمایه‌بر، ممکن است به استفاده از فناوری‌های کم‌بازده اما کم‌ریسک‌تر روی آورند. این انتخاب زیر بهینه، از دیدگاه نظری، به قفل‌شدگی فناوری و کاهش بهره‌وری بلندمدت صنعت منجر می‌شود(عجم اوغلو و همکاران[3]، ۲۰۱۲). در این

1. Bohi & Toman
2. Krugman et al.
3. Acemoglu et al.

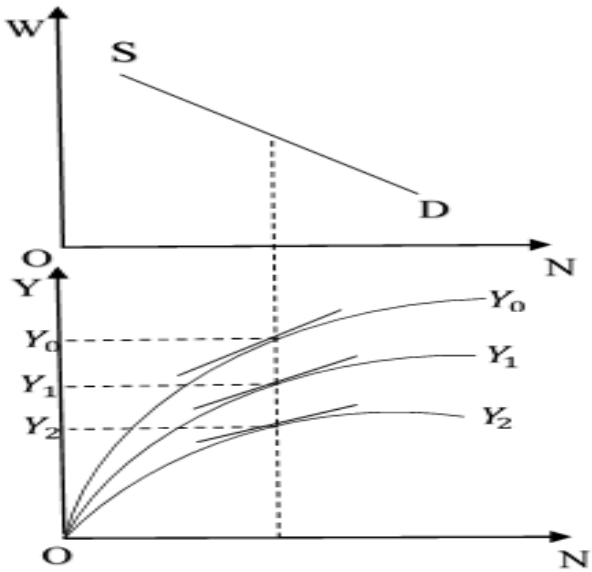
حالت، زیان اقتصادی ناترازی گاز طبیعی نه‌تنها جاری، بلکه انباشتی و ساختاری خواهد بود و در قالب شکاف پایدار میان بهره‌وری صنعت داخلی و صنعت جهانی بروز می‌کند.

در مجموع، مبانی نظری اقتصاد انرژی نشان می‌دهد که ناترازی گاز طبیعی در صنایع کارخانه‌ای از چندین کانال هم‌زمان عمل می‌کند: کاهش مستقیم نهاده انرژی در تابع تولید، افزایش هزینه نهایی و متوسط تولید، تشدید ناکارایی تخصیصی، کاهش سرمایه‌گذاری و انباشت سرمایه صنعتی، اختلال در پیوندهای بین‌بخشی و در نهایت افت بهره‌وری کل عوامل. برآیند این سازوکارها، کاهش ارزش افزوده صنعتی و شکل‌گیری تولید تلف‌شده‌ای است که ماهیتی فراتر از توقف مقطعی تولید دارد و به‌عنوان یک زیان ساختاری در مسیر توسعه صنعتی اقتصاد ظاهر می‌شود. این چارچوب نظری نشان می‌دهد که تحلیل زیان‌های اقتصادی ناترازی گاز طبیعی، بدون توجه به مدل‌های بنیادین اقتصاد انرژی و تولید، تحلیلی ناقص خواهد بود و پرداختن به آن مستلزم درک عمیق از نقش انرژی به‌عنوان ستون فقرات بخش صنعت کارخانه‌ای است.

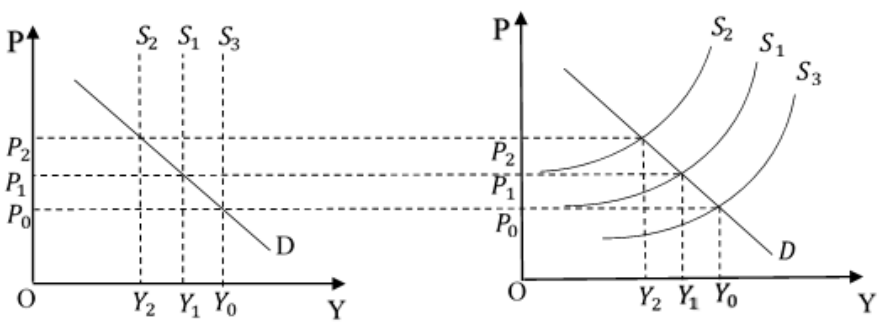
وجود اختلال در عرضه انرژی در دو مرحله بر تولید تأثیر گذارد و منجر به انتقال منحنی تولید به سطح پایین‌تری می‌گردد. همان‌گونه که در نمودار(۱) ملاحظه می‌شود با انتقال منحنی تولید کل به سطح پایین‌تر، در سطح قبلی اشتغال، مقدار کمتری از محصول تولید می‌شود. در این رابطه فرض شده است که تولید نهایی کار(MP_L) بدون تغییری بماند. انتقال منحنی تولید کل به سمت پایین منجر به انتقال منحنی عرضه به سمت چپ می‌شود (نمودار ۲). بدین ترتیب، اختلال در عرضه انرژی در مرحله اول موجب کاهش تولید به y_1 و سپس به سطح y_2 می‌گردد. متناظر با این کاهش ها، سطح قیمت‌ها ابتدا به سطح P_1

و سپس به سطح P_2 افزایش می‌یابد. نتیجه اختلال در عرضه انرژی می‌تواند رکود توأم با تورم باشد.

با توجه به مدل ساده ارایه شده، اثرات اختلال در عرضه انرژی می‌تواند در کوتاه‌مدت یا بلندمدت بروز کند. در کوتاه‌مدت با توجه به ثابت بودن تجهیزات سرمایه‌ای انرژی بر، کمبود انرژی می‌تواند باعث کاهش تولید گردد. هم‌چنین در کوتاه‌مدت تولیدکنندگان امکانات کمی را برای تطبیق خود با اختلال انرژی در اختیار دارند. از این رو کمبود ظرفیت نیز ممکن است در کوتاه‌مدت باعث بروز مشکلاتی گردد. در بلندمدت عاملان اقتصادی می‌توانند برای انطباق خود با قطعی انرژی برنامه‌ریزی کنند. در بلندمدت تولیدکنندگان می‌توانند با تغییر در ساعات کار روزانه، افزایش شیفت کاری، استفاده بیشتر از دستگاه‌های موجود در زمان عرضه عادی انرژی و سرانجام نصب مولد انرژی عکس‌العمل نشان دهند. با وجودی که این اقدامات می‌تواند تا اندازه‌ای اثرات ناشی از اختلال انرژی بر فرآیند تولید را کاهش دهد با این وجود نمی‌تواند اثرات ناشی از کمبود انرژی را بطور کامل خنثی کند.



نمودار ۱. اثر اختلال در عرضه انرژی بر تولید کل



نمودار ۲. اثر اختلال در عرضه انرژی در مدل عرضه و تقاضای کل

البته ناترازی گاز طبیعی آثار متعدد و چندوجهی بر صنعت کارخانه‌ای برجای می‌گذارد. کمبود گاز طبیعی به معنای کاهش دسترسی صنایع به نهاده‌ای حیاتی است که نقش آن هم به‌عنوان انرژی حرارتی و هم به‌عنوان نهاده تولید در بسیاری از فرآیندها حیاتی

است. در شرایط محدودیت عرضه، قیمت سایه‌ای گازطبیعی به فراتر از قیمت بازاری افزایش می‌یابد و ناترازی انرژی موجب ناکارایی تخصیص می‌شود، زیرا گازطبیعی از صنایع با ارزش افزوده بالاتر به سمت مصارف خانگی یا بخش‌هایی با ارزش افزوده پایین‌تر منتقل می‌شود (تقی زاده حصاری و یوشیرو[1]، ۲۰۱۹). افزون بر تولید تلف شده و افت بهره‌وری ناشی از ناترازی گازطبیعی، محدودیت گازطبیعی نوعی شوک منفی عرضه است که همزمان موجب کاهش تولید صنعتی، افزایش هزینه‌های تمام‌شده و فشار تورمی می‌گردد (آلپینو[2] و همکاران، ۲۰۲۴). بی ثباتی اقتصادی و نااطمینانی به کاهش انگیزه بنگاه‌ها برای نوسازی فناوری و گسترش ظرفیت تولید منجر شده و در بلندمدت موجب کاهش رقابت‌پذیری صنعتی می‌گردد (OECD, 2022).

عدم مداخله مؤثر و بهینه دولت در مدیریت ناترازی گازطبیعی در شرایط شکست بازار، منجر به پیامدهای رفاهی فراتر از زیان مستقیم بنگاه‌ها می‌گردد. استمرار ناترازی، مسیر توسعه صنعتی را از مسیر بهینه خود منحرف می‌سازد، زیرا صنایع در واکنش به عدم اطمینان انرژی به سمت استفاده از فناوری‌های کم‌بازده یا بازارهای کم‌ریسک حرکت می‌کنند و این امر کاهش ارزش افزوده و بهره‌وری در سطح کلان را به‌دنبال دارد (World Bank, 2021).

پیشینه تحقیق نیز نشان می‌دهد که آثار ناترازی یا اختلال در عرضه گاز طبیعی چندوجهی است. در این رابطه، پژوهش‌های تجربی نشان داده‌اند که قطعی‌های گسسته یا محدودیت‌های متناوب عرضه گاز طبیعی موجب افزایش هزینه‌های متعدد و هدررفت منابع

1. Taghizadeh-Hesary & Yoshino
2. Alpino

و در نتیجه افت بهره‌وری عوامل تولید می‌گردد (آلپینو و همکاران، ۲۰۲۴). لیهی و همکاران[1](۲۰۱۲) هزینه‌های اختلال فرضی در تأمین گاز طبیعی را در زمستان و تابستان سال ۲۰۰۸ ارزیابی کردند. بر اساس این تحقیق، قطع سه‌ماهه گازطبیعی در زمستان سال ۲۰۲۰ می‌تواند تا ۸۰ میلیارد یورو (یعنی معادل حدود نیمی از تولید ناخالص داخلی ایرلند) خسارت ایجاد کند. دامیگوس و همکاران[2](۲۰۰۹) با استفاده از روش ارزش‌گذاری مشروط، نشان می‌دهد که به‌طور میانگین، مصرف‌کنندگان یونانی حاضرند ۷ ٪ از قبض سالانه برق خود را به‌عنوان هزینه اضافی برای امنیت تأمین گاز بپردازند. آلکاراز[3](۲۰۱۷) (با بررسی آثار شوک گازطبیعی در مکزیک)، نشان داده است که در یک فصل بحرانی کاهش عرضه گاز تا ۰/۲۸ واحد درصد از رشد سالانه GDP مکزیک کاسته است. برآورد ارزش افزوده از دست رفته[4] ناشی از محدودیت گازطبیعی نیز مورد توجه محققان قرارگرفته است. این پژوهشگران کاهش‌های معنی‌دار در تولید صنعتی، صادرات و اشتغال را گزارش کرده‌اند (پیشلر[5]، ۲۰۲۴ و آلکارز، ۲۰۱۷). همچنین، نوسانات عرضه گازطبیعی به‌ویژه برای صنایع فرآوری-محور و صنایع با تکنولوژی متوسط تا پایین که گزینه جایگزین کم‌هزینه‌ای ندارند، اثرات طولانی‌تری بر عملکرد صنعتی می‌گذارد (فرزانگان و مارکاورت، ۲۰۲۲).

1. Leahy et al.
2. Damigos et al.
3. Alcaraz
4. lost value added / output losses
5. Pichler

پژوهشگران نشان داده‌اند که قیمت حامل‌های انرژی اغلب بازتاب‌دهنده هزینه‌های فرصت و قیمت سایه‌ای[1] نیست و در شرایط کمبود، قیمت سایه‌ای گازطبیعی می‌تواند به‌طور قابل توجهی بالاتر از قیمت بازار یا نرخ فیزیکی اعلام‌شده باشد(مشیری و مارتینز[2]، ۲۰۱۸). مطالعات تجربی نشان داده‌اند که زیان رفاهی ناشی از عدم تعادل انرژی می‌تواند نسبت معناداری از تولید ناخالص داخلی منطقه‌ای یا ملی را به خود اختصاص دهد (تقی زاده حصاری و یوشیرو، ۲۰۱۹).

در داخل کشور نیز برخی مطالعات به بررسی آثار ناترازی گاز طبیعی پرداخته‌اند. در این رابطه، رجبی و همکاران(۲۰۲۵) با استفاده از مدل‌های ریاضی ترکیبی(برنامه ریزی خطی و داده–ستانده)، پیامدهای اقتصادی کمبود گازطبیعی را در بخش‌های مختلف اقتصاد ایران در سال ۲۰۲۳ سناریوسازی کرده‌اند. توصیه‌های سیاستی این پژوهش، ضرورت همسویی استراتژی تخصیص گاز با اولویت‌های اقتصادی کشور برای حفظ تاب‌آوری در شرایط عدم تعادل انرژی می‌باشد. رجبی و صادقی شاهدانی (۱۴۰۴) آثار ناترازی گاز را که به مراتب گسترده‌تر از خاموشی موقت می‌دانند. آنان با بکارگیری مدل تعادل عمومی و جدول داده–ستانده ۱۳۹۹، آثار ناترازی ۱۰ ٪ گاز تا افق ۱۴۲۰ را در سه سناریو (تحمیلی، اقتصادی و اجتماعی- سیاسی) شبیه‌سازی کرده و نشان می‌دهند که در سناریوهای مختلف، GDP بین ۲/۷۸ ٪ تا ۸/۵۸ ٪ کاهش می‌یابد. آل‌حسینی (۱۴۰۳) با تأکید بر ضرورت بازنگری در سیاست‌های گازی کشور، استفاده از گاز وارداتی روسیه به‌عنوان جایگزین سوخت مایع در نیروگاه‌ها را راه‌کاری برای کاهش ناترازی گاز، افزایش

1. shadow pricing
2. Moshiri & Martinez

صادرات سوخت مایع، و کاهش آثار زیست‌محیطی پیشنهاد می‌کند. کربلایی آقابابایی(۱۴۰۱) نیز اشاره کرده است که با توجه به سطح بالای همکاری‌های بین ایران و روسیه، با توسعه زیرساخت‌ها و مسیرهای جدید، ایران می‌تواند به هاب مهم انتقال گاز روسیه تبدیل شده و ناترازی گاز داخلی خود را جبران کند. صابری و ظفریان ریگکی (۱۴۰۲) عنوان می‌کنند که ناترازی متوسط گاز در سه ماه سرد سال ۱۴۰۱ حدود ۲۲۵میلیون مترمکعب در روز و در سردترین ماه تا ۳۱۵ میلیون مترمکعب در روز بوده است که باعث ایجاد محدودیت‌های شدید در تأمین گاز بخش‌های مختلف صنعتی شده است. بر اساس این مطالعه، بخش صنعت کشور با حدود ۷۹ درصد وابستگی به گاز بیش از ۲۰ درصد از کل مصرف گاز کشور را به خود اختصاص داده، ولی ظرفیت ذخیره‌سازی گاز طبیعی در ایران تنها ۱/۴ درصد مصرف کل است که به‌طور قابل توجهی کمتر از میانگین جهانی یعنی ۱۱ درصد است. محمدی (۱۴۰۲) در تحلیل سند تراز گاز کشور، ابعاد کلان ناترازی گاز در سطح ملی را بررسی کرده است. وی به ناترازی تولید و مصرف گاز حدود ۲۰۰میلیون مترمکعبی کشور اشاره می‌کند که ناشی از رشد مصرف، کاهش ظرفیت تولید، و اتکای ناکارآمد به واردات از روسیه و ترکمنستان است و پیامد این ناترازی را بحران تأمین در زمستان و تهدید برای امنیت انرژی می‌داند. این تحلیل بر اهمیت اصلاح الگوی مصرف و مدیریت تقاضا در مقابل کاهش عرضه متمرکز است. صیادی و همکاران(۱۴۰۲) نشان می‌دهند که دو روند نامطلوب افزایش نامتعارف مصرف داخلی گاز و افت تولید گاز در میدان پارس جنوبی (با سهم ۷۵ درصدی از تولید گاز کشور) منجر به کسری تراز گازی در ماه‌های سرد شده است. پناهی شکوه(۱۴۰۱) به تحلیل ناترازی گاز سال‌های گذشته پرداخته و آن را ناشی از کمبود سرمایه‌گذاری در نگهداشت و توسعه تولید می‌داند. او

کاهش سالانه حدود ۳۰ میلیون مترمکعب تولید و اعمال محدودیت بر صنایع و صادرات را از پیامدهای مهم معرفی می‌کند. راهکار اصلی این پژوهش، افزایش تولید، کنترل مصرف و سرمایه‌گذاری بر انرژی‌های جایگزین است. بر اساس فطرس و همکاران (۱۳۹۶)، تفاوت تقاضا و عرضه سرانه گاز طبیعی تا سال ۱۴۱۵ حدودا ۳۶ میلیون متر مکعب خواهد رسید که نشان از شکاف شدید و ناترازی گاز در اقتصاد ایران است. سرانجام، آزادی و همکاران[1] (۲۰۱۷) با بررسی سناریوهای تولید گاز طبیعی ایران از میادین موجود و توسعه‌نیافته، روند افزایشی تولید را تا سطح ۱۱۵۰ میلیون مترمکعب در روز تا سال ۲۰۴۰ پیش‌بینی کرده‌اند. آنان، ضرورت ارتقای نیروگاه‌ها به جای ساخت نیروگاه جدید را برجسته می‌کنند.

جمع‌بندی پیشینه نشان می‌دهد که ادبیات تجربی درباره ناترازی گاز طبیعی همگی بر چند نکته محوری توافق دارند: محدودیت عرضه گازطبیعی آثار چندوجهی از زیان‌های مستقیم به تولید تا زیان‌های رفاهی و افت بهره وری کل عوامل تولید دارد. عدم تعادل در عرضه و تقاضای این انرژی باعث کاهش تولید و ارزش‌افزوده می‌شود؛ البته صنایع با شدت مصرف گاز بالاتر آسیب‌پذیری بیشتری دارند. همچنین، شوک‌های تکراری یا بلندمدت عرضه می‌تواند سرمایه‌گذاری و بهره‌وری را تضعیف کند؛ و در نهایت، زیان رفاهی واقعی فراتر از زیان مالی مستقیم است. این شواهد و نتایج تجربی، علاوه بر تایید موضوعی و محتوایی تحقیق حاضر، به لحاظ روش شناسی نیز حائز اهمیت است و براین‌اساس تلاش شده است با توجه به محدودیت داده‌های تحقیق از مجموعه رویکردها برای تعیین ابعاد اقتصادی آثار ناترازی گاز طبیعی در صنایع کارخانه‌ای استان مازندران استفاده شود.

---

1. Azadi et al.

۳. تصریح الگوها

برآورد زیان‌های اقتصادی ناترازی گاز طبیعی در صنایع کارخانه ای استان مازندران در چند مرحله انجام شده است: برآورد زیان رفاهی و قیمت سایه‌ای محدودیت گازطبیعی، برآورد ارزش افزوده(تولید) از دست رفته ناشی از ناترازی گازطبیعی در صنعت کارخانه‌ای و آثار کوتاه‌مدت و بلندمدت ناترازی گاز طبیعی در صنایع کارخانه‌ای. به منظور برآورد این دو تابع از داده‌های تابلویی ۱۸ صنعت کارخانه‌ای استان مازندران (به تفکیک ISIC دورقمی) طی دوره زمانی ۱۴۰۱-۱۳۹۷[1] استفاده شده‌است. تابع تولید صنایع به صورت کاب-داگلاس تصریح شده است. انتخاب این فرم تابعی مبتنی بر سه استدلال نظری، تجربی و آماری صورت گرفته است. اگرچه فرم‌های تابعی انعطاف‌پذیرتر مانند ترانس‌لاگ نیز در ادبیات موضوع وجود دارند، اما برآورد آن‌ها نیازمند تخمین پارامترهای متعدد شامل جملات درجه دوم و تعاملی نهاده‌ها است. مطالعات تجربی در حوزه اقتصاد توسعه و گزارش‌های بانک جهانی (منکیو و همکاران[2]، ۱۹۹۲؛ فرناندس[3]، ۲۰۰۸ و آرنولد و همکاران[4]، ۲۰۱۶) نشان می‌دهند که در شرایط محدودیت داده و تعداد کم مشاهدات (مانند بررسی ساختار صنایع استانی در این پژوهش) استفاده از فرم‌های پیچیده منجر به کاهش شدید درجات آزادی و تورم واریانس (هم‌خطی) می‌گردد. لذا فرم کاب داگلاس به دلیل صرفه‌جویی در پارامترها ارجحیت دارد. جهت اطمینان از کفایت این فرم تابعی،

---

۱. دوره زمانی تا ۱۴۰۱ براساس آخرین داده‌های منتشر شده توسط مرکز آمار ایران در زمان انجام پژوهش، تنظیم شده‌است.

2. Mankiw et al.
3. Fernandes
4. Arnold et al.

مدل کاب داگلاس به عنوان یک حالت محدود شده از مدل کلی‌تر ترانس‌لاگ در نظر گرفته شده و آزمون والد برای بررسی معناداری مشترک پارامترهای اضافی جملات توان دوم و تعاملی اجرا گردید.

همچنین بر مبنای شرط مرتبه اول حداکثرسازی سود و با فرض تکنولوژی تولید کاب داگلاس، تابع تقاضا (معادله ۱) به صورت لگاریتمی-خطی استخراج شده است. این تصریح که با مبانی نظری خرد داشته و اجازه می‌دهد تا ضرایب برآوردی مستقیماً به عنوان کشش‌های قیمتی و درآمدی تفسیر شوند.

از آنجا که همزمان دو اثر تولیدی و اثر رفاهی در این پژوهش بررسی می‌شود، در نظرگرفتن درونزایی تولید و مصرف گاز در این دو تابع ضروری است. در فرآیند انتخاب روش برآورد بهینه، ابتدا رویکرد سیستم معادلات همزمان با روش حداقل مربعات سه مرحله‌ای (3SLS) مورد بررسی قرار گرفت. با این حال، نتایج آزمون‌های تشخیصی حاکی از عدم کفایت ابزارهای خارجی بود. بر اساس نتایج آزمون مرحله اول، آماره F برای متغیرهای درون‌زا معادل ۱.۷۶ محاسبه گردید که به مراتب از حد آستانه تجربی ($F < 10$) و مقادیر بحرانی استاک-یوگو[1]، ۲۰۰۵، کمتر است.

با توجه به اینکه استفاده از ابزارهای ضعیف منجر به تورش شدید در ضرایب، افزایش ناصحیح خطای معیار و در نهایت غیرقابل اعتماد بودن استنباط‌های آماری می‌گردد، لذا برای دستیابی به برآوردهای سازگار و استوار و حل مشکل درونزایی متغیرها، از روش گشتاورهای تعمیم‌یافته سیستمی[2] (GMMسیستمی) استفاده شد. این روش این امکان را

1. Stock & Yogo
2. System Generalized Method of Moments (System GMM) panel model

فراهم می‌آورد که درونزایی متغیرهای توضیحی بدون اتکا به ابزارهای خارجی مدل‌سازی گردد (رادمن[1]، ۲۰۰۹). نتایج تخمین این روش بر پایه صحت فروضی که بر آن‌ها بنا شده‌است معتبر است. بدین منظور عموما از آماره‌های AR(2) برای سنجش عدم وجود خودهمبستگی سریالی در جملات خطا و آماره سارگان (و یا آزمون هانسن) برای آزمون اعتبار ابزارهای به کار برده شده، استفاده می‌شود.

در این پژوهش، به دلیل نبود آمار رسمی و دقیق از میزان محدودیت انرژی صنایع، سناریوهای محدودیت بر اساس شواهد کیفی (گزارش‌های رسمی، اخبار و بیانیه‌های صنعتی) طراحی شده‌اند. چالش اصلی، تبدیل شوک‌های شدید و فصلی به یک معادل سالانه بوده است تا با داده‌های سالانه پژوهش همخوانی داشته باشد. شواهد کیفی و گزارشات پراکنده، نشان می‌دهد که صنایع کشور در فصول سرد سال به دلیل اولویت‌بندی مصرف بخش خانگی، با محدودیت‌های شدید در تامین گاز مواجه می‌شوند و تنها حدود ۲۰درصد از گاز تولیدی کشور به صنایع و نیروگاه‌ها تعلق می‌گیرد و محدودیت‌های شدیدی برای برخی صنایع مانند فولاد و سیمان وجود دارد. جهت امکان مقایسه و تعیین بازه زیان رفاهی، سه سناریو برای ناترازی گازطبیعی استفاده شده‌است: سناریو ۱ با اعمال محدودیت ۷/۵ درصد سالانه و معادل محدودیت ۳۰ درصدی در چهار ماه سرد سال، سناریو ۲ (متوسط) با اعمال محدودیت ۱۰درصد سالانه و معادل محدودیت ۴۰ درصدی در چهار ماه سرد سال و سناریو ۳ (بحرانی) با اعمال محدودیت ۱۲/۵درصد سالانه و معادل محدودیت ۵۰ درصدی در چهار ماه سرد سال، در نظر گرفته شده‌است.

1. Roodman

جهت محاسبه زیان رفاهی صنایع استان تابع تقاضای زیر تخمین زده شده‌است:

$$ln(D_{gas})_{it} = c_1 + \alpha_0(lnD_{gas(it-1)}) + \alpha_1\, ln(P_{gas})_{it} + \alpha_2\, ln\, v_{it} + \alpha_3\ ln(P_{elec})_{it} + \alpha_4\ ln(P_{disel})_{it} + \alpha_5 lnPgas_H_{it} \quad (۱)$$

متغیر D_{gas} معرف تقاضای انرژی گاز است و از داده‌های مصرف انرژی (به واحد میلیون مترمکعب) به تفکیک صنایع استفاده شده‌است. متغیر $D_{gas(it-1)}$ نشان‌دهنده تقاضای انرژی با یک وقفه به عنوان متغیرتوضیحی را در مدل می‌باشد. از آنجا که مصرف انرژی گاز به تفکیک هر صنعت برای استان موجود نبوده، این متغیر با کمک ضرب سهم ارزش نهاده انرژی گاز هر صنعت در کل ارزش نهاده انرژی گاز استان در مصرف انرژی گاز کل صنعت استان برای هرسال، محاسبه شده‌است. ارزش افزوده به تفکیک صنایع (v_{it}) استان مازندران نیز از داده‌های کارگاه‌های ۱۰ نفر کارکن و بیشتر کشوری و استانی مرکز آمار جمع‌آوری شده و به صورت حقیقی وارد الگو شده‌است. داده‌های قیمت نهاده برق P_{elec} و گازطبیعی P_{gas} (ریال هر کیلووات ساعت یا هر متر مکعب) از طریق وب‌سایت مرکز آمار به صورت سری زمانی و یک رقم میانگین برای همه صنایع (به جز قیمت گاز در صنایع فولاد) جمع‌آوری شده ، سپس به شاخص[۱] PPI به تفکیک صنعت مربوطه تقسیم شده‌است و بدین ترتیب یک قیمت حقیقی مجزا برای هر صنعت محاسبه شده‌است. قیمت سوخت دیزل، ابتدا از نسبت ارزش مصرف دیزل کل صنایع کشور به کل مصرف دیزل صنایع کشور محاسبه شده و سپس با کمک شاخص PPI به تفکیک

۱. برمبنای سال پایه ۱۳۹۵

صنایع، قیمت حقیقی P_{disel} آن برای هرصنعت به دست آمده‌است. متغیر $Pgas_H$ نشان دهنده اضافه کشش قیمتی گاز برای صنایع سایر فراورده‌های معدنی غیرفلزی و صنایع فلزات پایه (کدهای آیسیک ۲۳ و ۲۴) با وارد کردن متغیرمجازی در مدل می‌باشد. داده‌های مربوط به شاخص PPI صنایع از مرکز آمار ایران جمع‌آوری شده‌است.

پس از برآورد تابع تقاضا، زیان رفاهی براساس تغییر در مصرف برق از D_0 به D_1 با کمک معادله (۲) محاسبه می‌گردد.

$$CS^{gas} = \int_{D_1}^{D_0} P^{gas}(\mathrm{D})\mathrm{dD} \qquad (۲)$$

در این معادله، $P^{gas}(\mathrm{D})$ معکوس تابع تقاضای برآورد شده در معادله (۱) می‌باشد.

همچنین جهت برآورد زیان ارزش افزوده در صنایع ناشی از محدودیت در عرضه گاز، کشش تولیدی نهاده گاز در صنایع با کمک معادله (۳) محاسبه شده‌است:

$$lnV_{it} = c_2 + \beta_0 lnV_{it-1} + \beta_1 lnK_{it} + \beta_2 lnL_{it} + \beta_3 lnD_{gas_{it}} + \beta_4 lnDgas_H_{it} + \beta_5 lnm_{it} \qquad (۳)$$

متغیر V_{it-1} ارزش افزوده دوره قبل را به عنوان متغیر توضیحی، وارد مدل می‌نماید. متغیر L نیروی کار و تشکیل سرمایه در هر صنعت از سالنامه‌های آماری استان مازندران طی دوره زمانی جمع‌آوری شده‌است. جهت برآورد انباشت سرمایه حقیقی به تفکیک صنایع استان (K) از روش PIM[1] و با اعمال نرخ استهلاک هر صنعت و رشد ارزش افزوده هر صنعت

1. Perpetual Inventory Method

(برای ایجاد موجودی سرمایه اولیه)[۱] استفاده شده‌است. نرخ استهلاک صنایع با کمک جدول تعیین استهلاکات تجهیزات موضوع ماده ۱۵۱ قانون مالیات‌های مستقیم مصوب ۸۰/۱۱/۲۷ و موضوع ماده ۱۴۹ قانون مالیات‌های مستقیم اصلاحی مصوب ۱۳۹۴/۴/۳۱ استخراج و تدوین شده‌است.

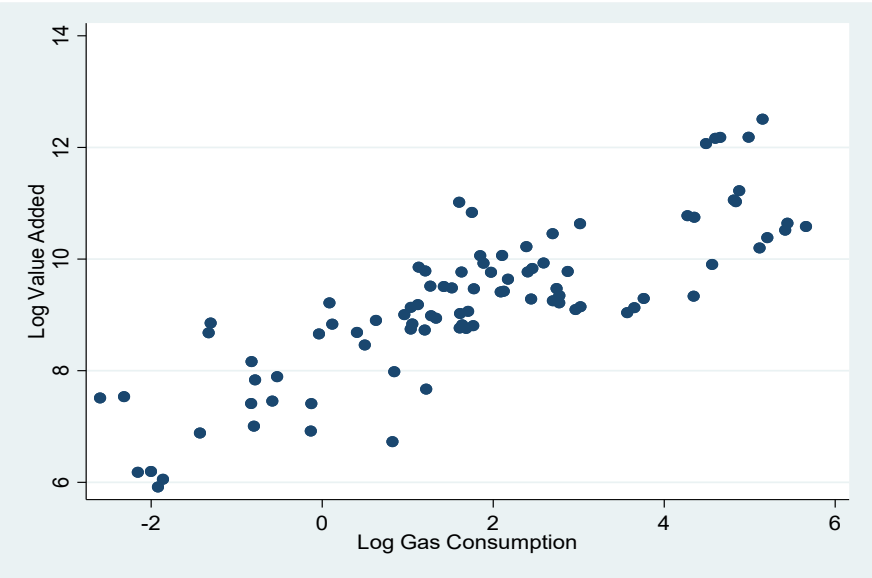
متغیر $Dgas_H$ کشش تولیدی صنایع پر مصرف آیسیک ۲۳ و ۲۴ را شامل می‌شود که با کمک متغیر مجازی تعاملی تفکیک شده‌است. همچنین m هزینه نهاده و مواد اولیه صنایع به جز گاز می‌باشد. این هزینه‌ها آمار کارگاه‌های صنتعی ۱۰ نفر کارکن و بیشتر کل کشور برحسب استان و فعالیت استخراج شده‌است.

بررسی آزمون والد برای محدودیت‌های فرم ترانس‌لاگ در مدل در تابع تولید به تفکیک صنایع استان مازندران (معادله ۳)، با مقدار آماره F=۱/۴۴ و احتمال ۰/۲۱۳ نشان داد که افزودن جملات تعاملی و توان دوم نهاده‌ها، قدرت توضیح‌دهندگی مدل را به طور معناداری افزایش نمی‌دهد. لذا فرم کاب داگلاس به عنوان فرم منتخب تایید می‌شود. علاوه بر استدلال‌های نظری و آزمون‌های آماری، شواهد حاصل از تحلیل نموداری در نمودار(۳) نیز از انتخاب فرم تابعی کاب-داگلاس حمایت می‌کنند. نمودار پراکنش لگاریتم ارزش افزوده در برابر لگاریتم مصرف انرژی (گاز)، وجود یک رابطه تقریباً خطی را بین ستانده و نهاده انرژی نشان می‌دهد. از آنجا که ویژگی اصلی تابع کاب-داگلاس، خطی بودن آن پس از تبدیل لگاریتمی است، الگوی بصری داده‌ها نشان می‌دهد که فرم خطی-لگاریتمی

---

۱. موجودی سرمایه اولیه معمولاً از تقسیم سرمایه‌گذاری سال اول (در اینجا سال ۸۰) به مجموع نرخ استهلاک و نرخ رشد بلندمدت به دست می‌آید. سپس انباشت سرمایه در هر سال برابر است با سرمایه دور قبل در یک منهی نرخ استهلاک به علاوه سرمایه‌گذاری واقعی سال جاری.

(کاب-داگلاس) بدون نیاز به افزودن جملات توان دوم یا تقاطعی (که در فرم ترانس‌لاگ وجود دارد)، توانایی مناسبی در برازش بر داده‌ها دارد و تصریح پیچیده‌تر لزوماً به بهبود برازش منجر نخواهد شد.



نمودار ۳. رابطه مصرف گاز و ارزش افزوده در ۱۸ صنعت استان مازندران

مأخذ: یافته‌های پژوهش

*عدد منفی در سطر افقی، نشان دهنده وجود برخی صنایع کوچک با مصرف گاز کمتر از واحد پایه سنجش (میلیون مترمکعب) می‌باشد.

در نهایت جهت برآورد سرعت جذب شوک ناشی از ناترازی در صنایع استان، تابع ارزش افزوده صنعت استان بر اساس معادله(۳)، برآورد شده‌است. تفاوت این معادله با معادلات قبلی این است که معادله(۳) به صورت سری زمانی (۱۴۰۱-۱۳۸۰) با روش

خودرگرسیو با وقفه‌های گسترده (ARDL)[1] برآورد شده و اثرات کوتاه‌مدت و بلندمدت ناترازی انرژی بر صنعت استان مازندران قابل تفکیک است.

$$lnV_t = \theta_0 + \theta_1 lnE_t + \theta_2 lnK_t + \theta_3 lnL_t \qquad (۴)$$

که در آن V ارزش‌افزوده کل صنعت، L نیروی کار و K انباشت سرمایه برای کل صنعت استان مازندران می‌باشد. جهت محاسبه انباشت سرمایه صنعت ، ابتدا نرخ استهلاک کل صنعت مازندران محاسبه شده‌است. به این ترتیب که میانگین وزنی سهم تشکیل سرمایه حقیقی هر صنعت در هرسال نسبت به کل تشکیل سرمایه ثابت حقیقی استان، در استهلاک همان صنعت محاسبه شده‌است.سپس با استفاده از روش PIM و با اعمال نرخ استهلاک کل صنعت و رشد ارزش افزوده کل صنعت (برای ایجاد موجودی سرمایه اولیه در سال اول) انباشت سرمایه حقیقی استان حساب شده‌است. همچنین، نهاده انرژی (E) در تابع تولید (معادله ۴) به‌عنوان یک نهاده تجمیع‌شده[2] تعریف شده است. برای برآورد مدل، ابتدا مصرف گاز و برق صنعت به واحد بشکه معادل نفت خام (BOE) تبدیل و سپس با هم جمع شدند. همبستگی بین این دو متغیر حدود ۰/۷۲ برآورد شده‌است که استفاده از این متغیر تجمیع‌شده برای غلبه بر مشکل هم‌خطی شدید بین مصرف گاز و برق را ضروری می‌نماید. روش تجمیع (جمع خطی این دو نهاده)، به ما اجازه می‌دهد تا در بخش تحلیل نتایج، با استفاده از سهم هر حامل در سبد انرژی کل، اثرات ناترازی یک حامل خاص (مانند گاز) را از کشش کل انرژی (lnE) استخراج کنیم. این رویکرد، ضمن حفظ اعتبار آماری مدل ARDL، امکان تحلیل متمرکز بر ناترازی گاز را فراهم می‌سازد.مصرف گاز

1. Autoregressive Distributed Lag
2. Aggregate Input

و برق واحد صنعت استان مازندران، از داده‌های مرکز آمار ایران از مصرف انرژی کارگاه‌های ۱۰ نفر کارکن و بیشتر در دوره زمانی مورد نظر استخراج شده‌است.

در مدل سری زمانی نیز جهت اطمینان از کفایت فرم تابعی کاب-داگلاس در تابع تولید، آزمون والد برای بررسی لزوم استفاده از فرم پیچیده‌تر ترانس‌لاگ (شامل جملات توان دوم و تعاملی) اجرا گردید. نتایج آزمون آماره F (با مقدار ۱/۶۹۵ و سطح احتمال ۰/۱۹۹۷) نشان داد که در سطح اطمینان ۹۵ درصد، فرض صفر مبنی بر صفر بودن ضرایب جملات اضافی رد نمی‌شود. این یافته حاکی از آن است که ساختار تولید کل صنعت استان طی دوره ۱۴۰۱-۱۳۸۰ از ثبات تکنولوژیک برخوردار بوده و مدل کاب-داگلاس برای تبیین نوسانات تولید کفایت می‌کند؛ لذا از پیچیدگی غیرضروری در مدل پرهیز شده است.

کلیه برآوردها با رویکرد اقتصاد سنجی و آماری و با بکارگیری نرم افزارهای Eviews و STATA صورت گرفته‌است. همچنین جهت یک دست بودن داده‌ها، تمامی داده‌های سرمایه‌گذاری، نیروی کار، ارزش افزوده و مصرف انرژی براساس داده‌ها صنایع ۱۰ نفر کارکن و بیشتر مرکز آمار ایران، استخراج شده‌اند.

۴. برآورد و تخمین توابع تولید و تابع تقاضای گاز به تفکیک صنایع

پیش از برآورد مدل‌های اصلی، خصوصیات مقدماتی داده‌های پنل مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به آنکه ساختار داده‌ها از نوع پنل با تعداد مقاطع زیادN ب و T کوچک است، اعتبار آزمون‌های ریشه واحد پنل محدود است. با این وجود، به‌منظور اطمینان از وجود رابطه بلندمدت میان متغیرهای کلیدی اقتصادی، آزمون هم‌انباشتگی کائو[1] بر

1. Kao Residual Cointegration Test

مجموعه متغیرهای مدل اجرا شده‌است. همچنین جهت شناسایی وجود همبستگی مقطعی بین صنایع، آزمون CD پسران مورد اجرا شده‌است. نتایج در جدول (۱) گزارش شده‌اند.

جدول ۱. آزمون‌های پیش از برآورد معادلات تولید و تقاضای گاز صنایع

آزمون	تابع تولید	تابع تقاضای برق	نتیجه در سطح ۵ درصد
هم‌انباشتگی کائو	-۲/۹۴ (۰/۰۰۱)	-۳/۰۵ (۰/۰۰۱۱)	رد فرضیه صفر
آزمون همبستگی مقطعی پسران	-۱/۲۳۱ (۰/۲۱۸)	-۰/۹۳ (۰/۳۴)	عدم رد فرضیه صفر

منبع: محاسبات پژوهش حاضر

نتایج آزمون کائو فرضیه صفر مبنی بر عدم هم‌انباشتگی را در سطح ۵ درصد، رد و یک رابطه تعادلی بلندمدت میان متغیرهای هردو معادله را تایید می‌نماید. همچنین نتایج آزمون CD پسران، عدم وجود همبستگی مقطعی را تأیید می‌نماید.

علاوه بر امکان درونزایی متغیرهای ارزش افزوده و مصرف گاز، نوع ساختار (دوره زمانی محدود و مقاطع بزرگ) ، اعتبار مدل‌های پانلی سنتی را تضعیف نماید (بلاندل و باند[1]، ۱۹۹۸) و از آنجا که آزمون هاسمن اغلب برای مقایسه برآوردگرهای FE و GLS (یا RE) استفاده می‌شود، اعتبار و نتایج استاندارد آن نیز در این بافت، کاهش می‌یابد. بدین جهت برای رفع این مشکل، برآورد نهایی با کمک برآوردگر GMM سیستمی انجام شده‌است. استفاده از این مدل‌سازی علاوه بر رفع مشکل ساختاری، می‌تواند به رفع درونزایی احتمالی مابین متغیرهای تولید و مصرف انرژی گاز کمک نماید.

1. Blundell and Bond

جهت سنجش صحت نتایج پس از برآورد، آزمون والد، تست خودهمبستگی مرتبه دوم در تفاضل جملات خطا (AR(2)، و آزمون هانسن مورد استفاده قرار گرفته‌است. آزمون سارگان بر مفروضه همسانی واریانس استوار است. از آنجا که در این پژوهش برآورد مدل با استفاده از ماتریس واریانس-کوواریانس مقاوم[1] صورت گرفته‌است، آزمون J هانسن که نسبت به وجود ناهمسانی واریانس و خودهمبستگی مقاوم است، به عنوان معیار اصلی برای ارزیابی اعتبار ابزارهای فراتر از حد تشخیص[2] مورد استفاده قرار می‌گیرد (رادمن، ۲۰۰۹). نتایج آزمون‌های تشخیصی در جدول (۲) قابل مشاهده‌است:

جدول ۲. آزمون‌های تشخیصی پس از برآورد توابع تولید وتقاضای گاز صنایع استان مازندران

	تابع تقاضای گاز	تابع تولید	نتایج
آزمون والد	۰/۰۰۰	۰/۰۰	تأیید معناداری مدل
آزمون AR(2)	۰/۱۲Pr > z =	۰/۹Pr > z =	رد فرضیه صفر و عدم وجود خودهمبستگی مرتبه دوم در تفاضل باقیمانده
آزمون هانسن difference	۰/۵۵Pr > chi2 =	۰/۲۳Pr > chi2 =	تأیید GMM سیستمی و اعتبار زیر مجموعه ابزارها
آزمون J هانسن	۰/۸Pr > chi2 =	۰/۳۵Pr > chi2 =	تأیید اعتبار ابزارها و رد مشکل ابزار ضعیف

مأخذ: یافته‌های پژوهش

با توجه به تأیید نتایج آزمون‌های تشخیصی، ضرایب برآورد معتبر و قابل تفسیر است. نتایج تخمین معادلات (۱) و (۳) در جدول (۳) قابل مشاهده‌است.

1. Robust
2. Hansen overidentification test

جدول ۳. برآورد ضرایب تابع تولید و تقاضای نهاده گاز طبیعی صنایع کارخانه‌ای استان مازندران

	c_1	$lngas_{t-1}$	$ln(P_{gas})$	lnV	$ln(P_{elec})$	$lnPgas_H$	$ln(P_{disel})$
تابع تقاضا	-۲/۷ (۰/۳)*	۰/۳۵ (۰/۰۰)	-۱/۴۱۲ (۰/۰۴۷)	۰/۸۷ ۰/۰۰) (	۲/۳۵ (۰/۰۹)	۰/۸۰۵ (۰/۰۰)	-۱/۶۱ (۰/۰۹۶)
	c_2	lnV_{t-1}	lnK	lnl	lnD_{gas}	$lnDgas_H$	lnm
تابع تولید	۲/۸ ۰/۱۳)* (	۰/۱۲ (۰/۰۸)	۰/۳۰ (۰/۰۱۶)	۰/۳۱ * ۰/۲۷) (	۰/۲۷ (۰/۰۰)	-۰/۱۸ (۰/۰۱)	-۰/۰۲ (۰/۸) *

مأخذ: یافته‌های پژوهش

*عدم معناداری آماره احتمال

بر اساس نتایج جدول (۳)، کشش قیمتی تقاضای گازطبیعی برای عموم صنایع ۱/۴۱- و پرکشش می‌باشد. این رقم به این معناست که صنایع سبک استان مازندران به قیمت گاز حساس‌تر می‌باشند. به عبارت دیگر، این صنایع به دلیل دارا بودن انعطاف‌پذیری تکنولوژیک، قادرند در پاسخ به تغییرات قیمتی، فرآیندهای خود را بهینه کرده یا از سوخت‌های جایگزین استفاده کنند، در حالی که صنایع انرژی‌بر به دلیل ساختار صلب تولید، چنین حساسیتی از خود نشان نمی‌دهند. برای مثال در صنعت غذایی که از صنایع بزرگ استان مازندران است، گاز طبیعی عمدتاً برای مصارف عمومی (مانند دیگ‌های بخار، گرمایش محیط و خشک‌کن‌ها) استفاده می‌شود که امکان بهینه‌سازی، عایق‌بندی یا جایگزینی با تجهیزات برقی با هزینه نهایی پایین‌تری فراهم است.

علاوه بر این، در ادبیات اقتصاد انرژی، لین[1]،۲۰۰۸ نشان می‌دهد که صنایع با شدت انرژی پایین‌تر، به دلیل ساختار هزینه متفاوت و امکان توقف و شروع مجدد (On-off) آسان‌تر خطوط تولید، واکنش سریع‌تری به شوک‌های قیمتی نشان می‌دهند.

کشش قیمتی گاز در صنایع انرژی‌بری مانند سیمان و فولاد(با کدهای ۲۳ و ۲۴) برابر است با مجموع ضریب پایه و ضریب تعاملی و معادل ۰/۶- برآورد شده‌است. معناداری ضریب متغیر lnPgas_H نشان‌دهنده ناهمگنی ساختاری در صنعت استان مازندران است. این ناهمگنی زمانی عمیق‌تر درک می‌شود که به ترکیب ارزش افزوده استان نگریسته شود؛ جایی که حدود ۴۰ درصد از ارزش افزوده کل متعلق به صنایع غذایی و آشامیدنی است و این صنعت مسلط استان می‌باشد و بعد از آن صنایع سیمان (آیسیک ۲۳) با سهمی ۱۲درصدی قرار می‌گیرد.

کشش قیمتی تقاضای کوچک برای این نوع صنایع انرژی‌بر (سیمان و فولاد)، نشان‌دهنده چسبندگی تکنولوژیک در این صنایع است و ماهیت بتونه و سفال را نشان می‌دهد.کوره‌های بلند و فرآیند تولید در این صنایع به گونه‌ای است که امکان جایگزینی سریع سوخت یا کاهش مصرف در کوتاه‌مدت را ندارند و در صنایع سخت کاهش‌پذیر[2] طبقه‌بندی می‌شوند (میزروکی و همکاران[3]، ۲۰۲۴). می‌توان گفت در این صنایع، تکنولوژی مصرف انرژی به هنگام نصب اولیه تعیین می‌شود. لذا سیاست‌های قیمتی روی این نوع صنایع در استان، اثرگذاری کوچکتری خواهد داشت به جای کاهش مصرف، عمدتاً به افزایش هزینه تولید منجر می‌شود.

---

1. Linn
2. Hard-to-abate
3. Miserocchi. et al.

کشش درآمدی تقاضای گاز طبیعی در پژوهش حاضر ۰/۸۷ بدست آمده است و براین‌اساس، گازطبیعی یک نهاده موثر در فرآیند تولید صنایع کارخانه‌ای استان می‌باشد. همچنین، کشش متقاطع تقاضای گاز طبیعی(نسبت به قیمت برق) مثبت (۲/۳۵) و با اغماض معنادار می‌باشد. کشش مثبت نشانگر جانشینی این دو انرژی در فرآیند تولید کارخانه‌ای می‌باشد. این موضوع می‌تواند برای تعدیل اثرات ناترازی انرژی مورد توجه قرار گیرد. از سوی دیگر، کشش قیمتی متقاطع منفی گاز طبیعی و دیزل ۱/۶۱- بوده و با اغماض معنادار می‌باشد. براین‌اساس یک رابطه مکملی میان گاز و دیزل قابل مشاهده است. این رابطه نشان می‌دهد که در ساختار فعلی صنایع مازندران، سوخت دیزل نه به عنوان یک جایگزین حرارتی برای گاز، بلکه عمدتاً به‌عنوان یک نهاده مکمل در فرآیندهای جانبی تولید مانند؛ بخش‌های پشتیبانی، لجستیک و ماشین‌آلات حمل‌ونقل داخل کارگاه استفاده می‌شود که هم‌راستا با خط تولید (گازسوز) فعالیت می‌کنند. این رابطه نشان‌دهنده نبود زیرساخت دوم و قابلیت سوئیچ سریع به دیزل، در صنایع گاز سوز استان می‌باشد و در زمان قطع گاز، دیزل نمی‌تواند به سرعت بار حرارتی کوره‌ها را بر دوش گیرد.

همچنین براساس نتایج جدول (۳)، کشش تولید نسبت به سرمایه ۰/۳ و افزایشی است. ضریب متغیر نیروی کار اگرچه دارای علامت مثبت است، اما از نظر آماری معنی‌دار نیست. از دلایل احتمالی این نتیجه می‌تواند کوتاه بودن دوره زمانی و کاهش توان آماری مدل باشد.

کشش تولیدی نسبت به گاز مثبت بوده و به ازای یک درصد افزایش در مصرف گاز صنایع، تولید ۰/۲۷ درصد افزایش می‌یابد. این کشش برای صنایع پرمصرف سایرفراورده‌های معدنی غیرفلزی و فلزات پایه برابر با ۰/۰۹ می‌باشد. این مسئله می‌تواند ناشی از بهره‌وری پایین در این صنایع باشد. به علت وجود کوره‌ها در این نوع صنایع،

تجهیزات اصلی این نوع کارخانه‌ها، بزرگ، پیچیده و گران‌قیمت است و نرخ جایگزینی تجهیزات قدیمی با نمونه‌های جدید دارای نوآوری‌های تکنولوژی پایین می‌باشد (اطلاعات انرژی ایالات متحده[1]، ۲۰۱۶). همچنین براساس نتایج جدول (۳) سطح مصرف گاز و سطح ارزش افزوده در دوره قبل، به ترتیب اثر مثبت و معناداری بر میزان تقاضای گاز و تولید، خواهد داشت.

۱-۴. برآورد زیان رفاهی

در ادامه اثر محدودیت گازطبیعی بر صنایع کارخانه‌ای استان مازندران بررسی می‌شود. برای این منظور، سه سناریوی شامل محدودیت ۷/۵ ، ۱۰ و ۱۲/۵ درصدی بررسی شده‌است. با تحلیل این سناریوها، حدود هزینه رفاهی ناشی از محدودیت نهاده گازطبیعی و قیمت سایه‌ای گاز طبیعی برای صنایع کارخانه‌ای استان برآورد شده‌است. نتایج برآورد زیان رفاهی ناشی از ناترازی انرژی گاز طبیعی در صنایع کارخانه‌ای استان مازندران طی دوره زمانی ۱۴۰۱-۱۳۹۷ در جدول (۴) ارایه شده‌است.

1. EIA

جدول ۴. نتایج برآورد زیان رفاهی به قیمت اسمی ناشی از ناترازی انرژی گاز طبیعی در صنایع کارخانه‌ای استان مازندران طی دوره زمانی ۱۴۰۱-۱۳۹۷

سطح محدودیت	سال / زیان رفاهی	۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱۴۰۰	۱۴۰۱
۷/۵ درصد	میلیون ریال	۳۵۶۲۲/۶	۳۵۶۰۶/۵	۴۶۳۴۷/۷	۲۹۴۰۷۲/۹	۳۱۳۱۳۹
	دلار*	۸۴۸۱۵۷	۸۴۷۷۷۴	۱۱۰۳۵۲۴	۷۰۰۱۷۳۸	۷۴۵۵۶۹۰
۱۰ درصد	میلیون ریال	۴۸۲۱۴	۴۸۲۲۶	۶۲۷۷۷	۳۹۷۸۸۲	۴۲۳۹۳۴
	دلار	۱۱۴۷۹۵۲	۱۱۴۸۲۳۸	۱۴۹۴۶۹۰	۹۴۷۳۳۸۱	۱۰۰۹۳۶۶۷
۱۲/۵ درصد	میلیون ریال	۶۱۲۰۲	۶۱۲۶۴	۷۹۷۵۱	۵۰۴۸۹۴	۵۳۸۲۸۶
	دلار	۱۴۵۷۱۹۰	۱۴۵۸۶۶۷	۱۸۹۸۸۳۳	۱۲۰۲۱۲۸۶	۱۲۸۱۶۳۳۳

مأخذ: یافته‌های پژوهش

* نرخ دلار براساس نرخ ارز رسمی بانک مرکزی محاسبه شده‌است.

همان‌گونه که جدول (۴) نشان می‌دهد افزایش محدودیت گازطبیعی از ۷/۵ درصد به ۱۰ درصد، زیان رفاهی را حدود ۳۴ درصد افزایش می‌دهد. همچنین افزایش محدودیت از ۱۰ درصد به ۱۲/۵ درصد، زیان رفاهی را تا ۲۶ درصد افزایش می‌دهد. بدین ترتیب، زیان رفاهی ناشی از محدودیت انرژی گاز با یک رشد غیرخطی همراه است. این پدیده نشان می‌دهد که با عمیق‌تر شدن ناترازی گاز، صنایع ابتدا گزینه‌های مدیریتی کم‌هزینه‌تر را از دست می‌دهند و با محدودیت بیشتر و عبور از آستانه بحرانی مجبور به توقف فرآیندهای تولیدی اصلی‌تر (هسته اصلی تولید) می‌شوند. در واقع با کاهش موجودی نهاده، ارزش و بهره‌وری نهایی واحدهای باقیمانده به شدت افزایش می‌یابد. در این مرحله، صنایع مجبور به توقف فرآیندهای اصلی با ارزش افزوده بالا می‌شوند که جایگزینی برای آن‌ها وجود ندارد. این یافته با نتایج پژوهش‌های فیشر-وندن و همکاران[1] (۲۰۰۴) همسو است

1. Fisher-Vanden et al.

که نشان می‌دهند بنگاه‌ها در مواجهه با کمبود انرژی ابتدا راهکارهای کم‌هزینه را به کار می‌گیرند و با تشدید بحران، هزینه‌های تطبیق به صورت نمایی افزایش می‌یابد.

تحت این شرایط هزینه مدیریت بحران پس از وقوع به صورت تصاعدی افزایش می‌یابد.

بر اساس این یافته‌ها به نظر می‌رسد در کنار عرضه مطمئن انرژی، ضروری است تاب‌آوری صنایع کارخانه‌ای در مواجهه با ناترازی گاز طبیعی افزایش یابد به گونه‌ای که این صنایع غافلگیر نشده و مجبور به توقف فرآیندهای اصلی و ارزشمند نشوند و صنعت به ورشکستگی نرسد.

به منظور شناسایی دقیق کانون‌های خسارت ناشی از ناترازی گازطبیعی، زیان رفاهی به تفکیک صنایع کارخانه‌ای نیز برآورد و بررسی شده‌است. نتایج میانگین زیان رفاهی ناشی از محدودیت گازطبیعی تحت سناریوهای مختلف طی دوره زمانی ۱۴۰۱-۱۳۹۷ برای ۱۸ صنعت کارخانه‌ای در جدول (۵) ارایه شده‌است.

بر اساس نتایج مندرج در جدول (۵)، بیشترین زیان رفاهی ناشی از محدودیت عرضه گازطبیعی در استان مازندران، به ترتیب، به صنایع ساخت محصولات معدنی غیرفلزی، صنایع غذایی و آشامیدنی و ساخت چوب و محصولات چوبی تعلق دارد. پس از این سه گروه، صنایع ساخت کاغذ و محصولات کاغذی و تولید فلزات اساسی در رتبه‌های بعدی قرار می‌گیرند.

میزان زیان در سه صنعت پیشرو استان یعنی: محصولات غذایی، محصولات چوبی و مواد معدنی غیرفلزی، شکاف قابل توجهی با سایر صنایع کارخانه‌ای نشان می‌دهد. این یافته با الگوی مصرف انرژی این صنایع نیز همخوانی دارد، به گونه‌ای که صنایع با بیشترین

میانگین مصرف گازطبیعی، بالاترین زیان رفاهی مطلق را نیز در سناریوی محدودیت عرضه گازطبیعی تجربه می‌کنند.

بالاتر میانگین زیان رفاهی در صنایع سایر فرآورده‌های معدنی غیرفلزی (شامل سیمان، کاشی و سرامیک) کاملاً با نتایج برآورد کشش قیمتی در بخش قبل سازگار است. از منظر اقتصاد خرد، زیان رفاهی (کاهش مازاد مصرف‌کننده) با کشش تقاضا رابطه عکس دارد و هرچه تقاضا بی‌کشش‌تر باشد (منحنی تقاضا عمودی‌تر)، سطح زیر منحنی تقاضا (زیان رفاهی) در اثر یک محدودیت مقداری، بزرگ‌تر خواهد بود. صنایع کانی غیرفلزی به دلیل ماهیت تکنولوژی پیوسته و انرژی‌بر و عدم امکان جایگزینی سوخت در کوتاهمدت (چسبندگی تکنولوژیک)، تقاضای بی‌کششی دارند. لذا ناترازی گاز برای این صنایع نه به معنای کاهش حاشیه سود، بلکه به معنای توقف کامل کوره‌ها و تحمل هزینه‌های سنگین راه‌اندازی مجدد است که خود را در قالب زیان رفاهی عظیم نشان می‌دهد.

جدول ۵. میانگین زیان رفاهی اسمی به تفکیک صنایع کارخانه‌ای استان مازندران طی دوره زمانی ۱۴۰۱-۱۳۹۷

وسایل نقلیه موتوری، تریلر ونیم تریلر	محصولات رایانه‌ای، الکترونیکی و نوری	سایر فراورده‌های معدنی غیرفلزی	تولید کک وفراورده‌های حاصل از پالایش	تولید چوب وفراورده‌های چوب	تولید فراورده‌های غذایی و آشامیدنی	
۱۰۰۷	۳۴	۵۰۵۴۵	۴۹۲	۲۳۸۷۶	۲۹۱۱۹	%۷/۵
۱۳۵۶	۴۶	۶۸۹۲۳	۶۶۲	۳۲۱۳۹	۳۹۱۹۶	%۱۰
۱۷۱۱/۵	۵۸	۸۸۱۶۲	۸۳۵	۴۰۵۶۶	۴۹۴۷۴	%۱۲/۵

سایر تجهیزات حمل و نقل	تولید تجهیزات برقی	فلزات پایه	تولید موادشیمیایی و فراورده‌های دارویی شیمیایی	تولید کاغذ و فراورده‌های کاغذی	تولید منسوجات	
۲۸	۸۹۰	۱۱۲۲۵	۲۵۰۳	۱۵۱۱۳	۲۶۳۷	٪۵/۷
۳۸	۱۱۹۸	۱۵۳۰۶	۳۳۶۹	۲۰۳۴۳	۳۵۴۹	٪۱۰
۴۸	۱۵۱۳	۱۹۵۷۹	۴۲۵۲	۲۵۶۷۷	۴۴۷۹	٪۵/۱۲
مبلمان و سایر مصنوعات طبقه بندی نشده در جای دیگر	ماشین آلات و تجهیزات طبقه بندی نشده درجای دیگر	محصولات فلزی ساخته شده، به جزماشین آلات	فراورده‌های لاستیکی وپلاستیک	چاپ و تکثیر رسانه‌های ضبط شده	تولید پوشاک	
۱۶۷۸	۷۴۰	۱۶۶۷	۳۰۴۰/۵	۲۰۳/۴	۱۵۷	٪۵/۷
۲۲۵۹	۹۹۶	۲۲۴۵	۴۰۹۳	۲۷۴	۲۱۲	٪۱۰
۲۸۵۱	۱۲۵۷	۲۸۳۳	۵۱۶۶	۳۴۶	۲۶۸	٪۵/۱۲

مأخذ: یافته‌های پژوهش

۲-۴. برآورد ارزش افزوده از دست‌رفته ناشی از ناترازی گازطبیعی در صنعت کارخانه‌ای

زیان‌های اقتصادی ناشی از ناترازی انرژی در سطح ملی گسترده و متنوع بوده و براین‌اساس نیز آمار متفاوتی ارایه شده است.

با کمک کشش تولیدی برآورد شده نهاده گاز (۰/۲۷ برای عمده صنایع و ۰/۰۹ برای صنایع آیسیک ۲۳-۲۴) در تابع تولید (معادله ۳) زیان ارزش افزوده صنایع کارخانه‌ای استان محاسبه شده‌است. مشخصاً با اعمال محدودیت‌های ۷/۵ ، ۱۰ و ۱۲/۵ درصد برای عرضه گازطبیعی، ارزش افزوده عمده صنایع به ترتیب معادل ۲/۰۲ درصد، ۲/۷ درصد و ۳/۳۷

درصد کاهش پیدا می‌کند. این کاهش برای صنایع پرمصرف تولید فرآورده‌های معدنی غیرفلزی و فلزات پایه به ترتیب معادل ۰/۶۷، ۰/۹ و ۱/۱۲ درصد می‌باشد. نتایج اخیر در خصوص اثر محدودیت گاز طبیعی با مطالعه محمدی (۱۴۰۲) همسو می‌باشد. بر اساس نتایج این پژوهش، ناترازی گاز در کشور می‌تواند ارزش افزوده را بین ۱/۵ تا ۲/۶ درصد کاهش دهد.

در جدول (۶) میانگین ارزش اسمی زیان ارزش افزوده طی ۵ دوره به تفکیک صنایع گزارش شده‌است.

جدول ۶. میانگین ارزش اسمی زیان ارزش افزوده، ناشی از اعمال محدودیت سالانه ۷/۵ درصد در عرضه گازطبیعی صنایع استان مازندران طی سال‌های ۱۴۰۱-۱۳۹۷ (میلیون ریال)

وسایل نقلیه موتوری، تریلر ونیم تریلر	محصولات رایانه‌ای، الکترونیکی و نوری	سایر فراورده‌های معدنی غیرفلزی	تولید کک وفراورده‌های حاصل از پالایش	تولید چوب وفراورده‌های چوب	تولید فراورده‌های غذایی و آشامیدنی
۲۰۳۴۳	۳۰۳۹	۹۴۷۰	۴۶۲۸۲	۴۱۹۳۳۳	۱۱۹۶۳۵۸
سایر تجهیزات حمل و نقل	تولید تجهیزات برقی	فلزات پایه	تولید موادشیمیایی و فراورده‌های دارویی شیمیایی	تولید کاغذ و فراورده های کاغذی	تولید منسوجات
۲۶۰۱	۸۱۹۰	۴۱۴۸	۱۲۴۲۱۲	۹۰۸۷۱	۱۳۵۱۷
مبلمان و سایر مصنوعات طبقه بندی نشده در جای دیگر	ماشین آلات و تجهیزات طبقه بندی نشده درجای دیگر	محصولات فلزی ساخته شده، به جزماشین آلات	فراورده‌های لاستیکی وپلاستیک	چاپ و تکثیر رسانه‌های ضبط شده	تولید پوشاک
۴۷۶۰۷	۴۴۰۶۲	۱۲۶۴۲۵	۲۱۵۳۶۳	۱۶۲۶	۸۴۴۶

مأخذ: یافته‌های پژوهش

نتایج جدول (۶) به وضوح نشان می‌دهد که برخلاف صنایع فرآورده‌های معدنی غیرفلزی (سیمان) که زیان رفاهی بالایی را داشت، صنعت تولید فرآورده‌های غذایی و آشامیدنی (سهم ۴۰ درصدی در ارزش افزوده استان)، با فاصله قابل توجهی، آسیب‌پذیرترین بخش در ارزش افزوده است.

در صنایع غذایی (مانند لبنیات و کنسرو)، گاز طبیعی نقش حیاتی در فرآیندهای حرارتی (پاستوریزاسیون و پخت) دارد. قطع گاز در این صنعت صرفاً به معنای توقف ماشین‌آلات نیست، بلکه منجر به فساد مواد اولیه و از بین رفتن کل محصول در جریان ساخت می‌شود. به ویژه این صنعت برخلاف صنایع سنگین، نمی‌تواند به راحتی تولید خود را در یک فصل متوقف کند. صنایع غذایی به گازطبیعی در زمستان (با وجود فرآیندهای حرارتی و پخت) وابستگی زیادی دارد. آلپینو و همکاران[1] (۲۰۲۴) نیز نشان می‌دهند که شوک‌های انرژی در صنایع با زنجیره تأمین حساس به زمان، منجر به تخریب ارزش افزوده بسیار فراتر از هزینه انرژی می‌شود. در مقابل، صنایع کانی غیرفلزی اگرچه زیان رفاهی بالایی دارند (تمایل به پرداخت بالا)، اما محصول نهایی آن‌ها (سیمان) فاسدشدنی نیست و می‌توانند تولید را ذخیره کنند، لذا تخریب ارزش افزوده در آن‌ها نسبت به صنایع غذایی کمتر است. این یافته بر اهمیت حیاتی حفظ پایداری جریان انرژی برای این صنعت کارخانه‌ای مهم تأکید می‌کند.

براساس نتایج بدست آمده، صنایع فرآورده‌های غذایی، تولیدچوب و فرآورده‌های چوب و چوب پنبه به جز مبلمان و تولیدفرآورده‌های لاستیکی و پلاستیکی بیشترین خسارت مستقیم به تولید را به دلیل ناترازی گازطبیعی تجربه می‌کنند. این صنایع نیازمند

1. Alpino et al.

جریان پایدار انرژی هستند هر چند انتظار می‌رود با افزایش بهره‌وری تولید و ارتقای کارایی در مصرف انرژی به کاهش آثار ناترازی انرژی کمک کنند. به طور کلی می‌توان گفت سهم بالای ارزش افزوده در صنایع پرکشش (غذا) و مصرف بالای انرژی در صنایع بی‌کشش (سیمان)، مدیریت انرژی در مازندران را با یک پارادوکس مواجه کرده است. قطع گاز در صنایع سنگین، به دلیل بی‌کششی، منجر به زیان رفاهی عظیمی می‌شود (جدول ۵)، اما قطع گاز در صنایع غذایی، به دلیل سهم ۴۰ درصدی در اقتصاد، کل زنجیره ارزش و اشتغال استان را با مخاطره جدی روبرو می‌کند (جدول ۶).

جهت ایجاد امکان مقایسه‌ارزش اقتصادی هر مترمکعب گاز عرضه نشده و هزینه فرصت ناشی از محدودیت عرضه گاز به صنعت استان مازندران از این دو رویکرد، برآورد زیر انجام شده‌است. به این ترتیب که ابتدا مجموع زیان ارزش افزوده صنایع در ۵ سال محاسبه شده، سپس نسبت زیان ارزش افزوده و زیان رفاهی به میزان گاز عرضه نشده، با محدودیت ۷/۵ درصد سالیانه محاسبه شده‌اند. برآورد نسبت زیان رفاهی (میلیون ریال) به میزان گاز عرضه نشده (میلیون متر مکعب) متوسطی از میل نهایی به پرداخت (ریال به مترمکعب) از دیدگاه مصرف کننده را نشان می‌دهد. این رقم نشان می‌دهد که به طور متوسط به ازای هر مترمکعب گازی که عرضه نشده‌است، مصرف‌کنندگان صنعتی استان مازندران، چقدر حاضر به پرداخت‌هستند که این محدودیت رفع شود.

برمبنای رویکرد زیان ارزش افزوده، این نسبت بیانگر ارزش عینی گاز را به عنوان یک نهاده تولیدی است. این عدد نشان می‌دهد که به طور متوسط در هرسال، به ازای هر مترمکعب گازی که به صنایع عرضه نشده، چقدر ارزش افزوده از دست رفته‌است. ارقام سالیانه این نسبت در جدول (۷) قابل مشاهده است.

براساس نتایج جدول (۷)، میل نهایی به پرداخت بیشتر از میانگین قیمت گاز بخش صنایع می‌باشد. از طرفی ارقام جدول نشان‌دهنده شکاف عمیق میان قیمت بازاری گاز و ارزش اقتصادی واقعی آن برای صنایع است. براساس داده‌های مرکز آمار ایران، متوسط بهای گاز صنعت در سال‌های ۱۳۹۷ تا ۱۳۹۹ حدود ۱۰۰۰ریال بر مترمکعب و در سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱، ۵۰۰۰ ریال برمترمکعب بوده‌است[1]. این فاصله براساس زیان ارزش‌افزوده بزرگتر است. افزایش مداوم ارزش هر مترمکعب گاز از دست رفته در طول دوره (از ۱۲۴۹۹۹ به ۷۰۱۷۵۰ ریال در رویکرد ارزش افزوده)، نشان‌دهنده استهلاک ظرفیت‌های تاب‌آوری در صنایع استان است.

ارزش هر مترمکعب گاز ازدست‌رفته در هردو رویکرد افزایش یافته‌است که به نحوی نشان دهنده افزایش هزینه فرصت ناشی از محدودیت آن در این سال‌ها می‌باشد. این روند صعودی هشداری جدی مبنی بر کاهش بهره‌وری نهایی انرژی در شرایط کمبود است که لزوم سرمایه‌گذاری فوری در زیرساخت‌های جایگزین در صنایع استان را گوشزد می‌کند.

جدول ۷. میل به پرداخت سالانه مجموع صنایع کارخانه‌ای استان مازندران
با اعمال محدودیت‌های ۷/۵ درصدی در عرضه گاز طبیعی (ریال به متر مکعب)

میل به پرداخت	۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱۴۰۰	۱۴۰۱
رویکرد زیان رفاهی	۱۱۲۶	۱۱۲۶	۱۳۳۴	۵۷۸۳	۶۰۴۹
رویکرد زیان ارزش افزوده	۱۲۴۹۹۹	۱۵۸۱۶۷	۲۰۳۷۸۹	۳۹۴۰۵۰	۷۰۱۷۵۰

مأخذ: یافته‌های پژوهش

۱. متوسط بهای گاز بخش فولاد بزرگتر بوده‌است.

۳-۴. بررسی آثار کوتاه‌مدت و بلندمدت ناترازی انرژی در صنایع کارخانه‌ای استان مازندران

هدف از این بخش از پژوهش بررسی آثار بلندمدت ناترازی انرژی در کل صنعت استان مازندران و توانایی صنعت در جذب شوک‌های حاصله می‌باشد. بدین منظور معادله (۴) با کمک مدل سری زمانی ARDL طی سال‌های ۱۴۰۱-۱۳۸۰ برآورد شده‌است.

پیش نیاز بررسی مدل ARDL، اطمینان از این است که متغیرها هم انباشته از مرتبه صفر یا یک باشند و هیچ کدام هم‌انباشته از مرتبه دو نباشد. اما از آنجا اقتصاد ایران در بازه زمانی مورد بررسی با شوک‌های ساختاری هدف‌مندسازی یارانه‌ها، شوک‌های ناشی از تحریم و .. روبه‌رو بوده، احتمال شکست ساختاری وجود دارد. همچنین این شوک‌ها می‌توانند منجر به رفتار غیرخطی یا تغییر رژیم در متغیرها شوند.

در این شرایط به منظور اطمنیان از نتایج به دست‌آمده ریشه واحدها، می‌توان از آزمون‌های ریشه واحد استاندارد و از آزمون‌های ریشه واحد شکست ساختاری استفاده نمود[۱].در این پژوهش نیز به دلیل احتمال وجود تغییرات و شکست‌های ساختاری ناگهانی در سری‌های زمانی علاوه بر بررسی مانایی استاندارد دیکی فولر تعمیم یافته، مدل AO با در نظرگرفتن عرض‌از مبدأ و روند نیز بررسی شده است. اما به دلیل رد شدن رفتار غیرخطی

---

۱. آزمون ریشه واحد پرون ،۱۹۸۹ اجازه می‌دهد یک نقطه شکست در نظر گرفته شود. این روش به دو صورت AO (Additive Outlier) و IO (Innovative Outlier) قابل بررسی است. در بررسی‌های IO تغییرات تدریجی و ملایم در میانگین سری زمانی و در AO تغییرات ناگهانی مورد آزمون قرار می‌گیرد (شهباز و همکاران، ۲۰۱۲).

و تغییر رژیم در ادامه پژوهش، به نتایج آزمون هم انباشتگی دیکی فولر تعمیم یافته، اتکاء شده‌است.

جدول ۸. بررسی آزمون ریشه واحد

متغیر/ روش	lnV	lnE	lnK	lnL
دیکی فولر تعمیم یافته	)۱I(	)۱I(	)۱I(	)۰I(
	-۵/۲۰۵	-۳/۴۶۴	-۹/۴۵۴	-۴/۹۴
	(۰/۰۰۲)	(۰/۰۷۶)	(۰/۰۰)	(۰/۰۰۳)

مأخذ: یافته‌های پژوهش

از آنجایی که متغیرهای مورد بررسی، هم‌انباشته از مرتبه صفر و یک می‌باشند و هیچ یک هم‌انباشته از مرتبه دو نیستند، برآورد به روش ARDL امکان‌پذیر و قابل پذیرش است. با این حال اعتبار نتایج تخمین مدل ARDL با توجه به امکان شکست ساختاری در متغیر نهاده انرژی قابل تردید است. بنابراین به منظور سنجش صحت نتایج دو آزمون بررسی غیرخطی بودن NARDL (ارائه شده توسط شین و همکاران[1]، ۲۰۱۴)و آزمون هم‌انباشگی تغییر رژیم گرگوری - هانسن[2] (۱۹۹۶) بررسی شده‌است.

در بررسیNARDL تأثیر نامتقارن و اثرات متفاوت شوک‌های مثبت و منفی متغیر توضیحی تجمیع نهاده انرژی برق و گاز صنایع (lnE) بر متغیر وابسته مورد بررسی قرار گرفته‌است. در این بررسی ابتدا متغیر lnE به دو سری زمانی افزایش‌ها و کاهش‌ها تجزیه شده، سپس مدل ARDL غیرخطی با این دو متغیر و متغیرهای نیروی کار و سرمایه برآورد شده و در نهایت یک آزمون والد برای سنجش تقارن ضرایب این ۲متغیر تجزیه شده،

1. Shin et al.
2. Gregory & Hansen

صورت گرفته‌است.رد فرضیه صفر در این آزمون دال بر شواهد قوی مبنی بر وجود عدم تقارن و برتری مدل‌های NARDL می‌باشد.

همچنین به‌منظور بررسی اعتبار و پایداری رابطه هم‌انباشتگی در محیطی با عدم قطعیت‌های ساختاری، از آزمون هم‌انباشتگی گریگوری –هانسن[1] (۱۹۹۶) استفاده شده‌است. این آزمون وجود یک رابطه هم‌انباشتگی پایدار را در برابر فرضیه هم‌انباشتگی با یک شکست ساختاری (تغییر رژیم) در طول زمان بررسی می‌نماید. از مدل‌های این آزمون، مدل شکست ساختاری در رژیم، هم‌انباشتگی همراه با شکست در شیب متغیرها را بررسی می‌نماید. هدف از این آزمون، اطمینان از صحت نتایج مدل ARDL خطی است. در صورت عدم تأیید وجود شکست ساختاری در رابطه بلندمدت، استفاده از روش‌های خطی توجیه‌پذیر خواهد بود.

نتایج آزمون بررسی غیرخطی بودن اثرات مجموع نهاده برق و گاز با کمک بررسی یک مدل NARDL و انجام آزمون والد برای سنجش تقارن ضرایب حاصل ونتایج آزمون شکست در رژیم گرگوری_ هانسن در جدول (۹) گزارش شده‌است.

جدول ۹. نتایج آزمون عدم تقارن والد و هم‌انباشتگی گریگوری_ هانسن

آزمون	فرضیه مورد بررسی	آماره آزمون	P_Value / Critical Value 10%	نتیجه
والد	تقارن	Chi-square=۱/۳۶	۰/۲۴۱	عدم رد فرضیه صفر
گریگوری_ هانسن	هم‌انباشتگی با شکست در رژیم (روش ADF)	-۵/۴۹	Critical Values=-۵/۷۵	عدم رد فرضیه صفر

مأخذ: یافته‌های پژوهش

1. Gregory-Hansen

نتایج آزمون والد، فرضیه صفر آزمون را تایید و عدم تقارن مدل را رد می‌کند. این نتیجه استفاده از یک مدل خطی را توجیه می‌نماید. همچنین براساس نتایج آزمون گریگوری_ هانسن، وجود یک رابطه بلندمدت معنادار بین متغیرها با لحاظ نمودن تغییر رژیم رد می‌شود و درنتیجه شواهد کافی برای وجود یک رابطه بلندمدت که دچار شکست ساختاری شده باشد، یافت نشده‌است.

نتیجه آزمون گریگوری_هانسن در کنار نتایج آزمون NARDL، استفاده از مدل ARDL را توجیه می‌نماید. نتایج آزمون ARDL معادله (۴) در جدول (۱۰) قابل مشاهده‌است.

جدول ۱۰. کشش نهاده‌های صنعت استان مازندران و آزمون‌های سنجش صحت مدل منتخب

متغیرها	کشش کوتاه‌مدت	prob	کشش بلندمدت	prob
Lnk	۲/۱۵	۰/۰۰	۰/۲۳۹	۰/۰۰
lnL	۰/۳۴۷	۰/۰۰	۰/۶۳	۰/۰۰
lnE	۰/۱۲۶	۰/۰۳	۰/۱۷۸	۰/۰۱۸
I (1) Bound	I(0) Bound	Level=5%	Bounds Test	ECT
۳/۶۳	۲/۴۵		value= ۶/۰۴	-۰/۷۱ (۰/۰۰)

مأخذ: یافته‌های پژوهش

بر اساس نتایج مندرج در جدول (۱۰)،نتایج آزمون باندز هم‌انباشتگی و وجود رابطه بلندمدت میان متغیرها را تأیید می‌نماید. همچنین کشش کوتاه‌مدت سرمایه (۲/۱۵) بسیار

بالاست[1] که نشان‌دهنده تأثیر فوری و شدید سرمایه‌گذاری‌های جدید بر افزایش ظرفیت تولید است. یکی از عوامل این رقم بزرگ در کوتاه‌مدت می‌تواند نرخ بهره‌برداری از ظرفیت باشد. بسیاری از صنایع استان در ظرفیتی کوچکتر از ظرفیت کامل خود فعالیت دارند، در نتیجه در کوتاه‌مدت، شوک‌های مثبت سرمایه‌گذاری یا رفع موانع جهش بزرگی در تولید ایجاد می‌کند، اما در بلندمدت بلندمدت، به دلیل بازدهی نزولی سرمایه، این اثر به سطح نرمال خود (۰/۲۳۹) کاهش یافته و نیروی کار (۰/۶۳) به عامل اصلی رشد پایدار تبدیل می‌شود. این یافته با نظریات رشد نئوکلاسیکی همخوانی دارد. بر اساس نظریات رشد نئوکلاسیکی، افزایش سرمایه‌گذاری در کوتاه‌مدت و دوره گذار، نرخ رشد را به شدت افزایش می‌دهد، ولی در ادامه، به دلیل وجود قانون بازدهی نزولی، هر واحد سرمایه اضافی اثر کمتری بر تولید دارد. در نهایت، در بلندمدت، رشد اقتصادی تنها از طریق پیشرفت تکنولوژی و رشد نیروی کار پایدار می‌ماند و سهم سرمایه به یک مقدار باثبات و کوچکتر میل می‌کند(چادا و آدامز[2]، ۱۹۹۲). همچنین بر اساس جدول(۱۰)، در کوتاه مدت به ازای هر ۱ درصد کاهش مصرف انرژی، ارزش افزوده ۰/۱۲۶ درصد افت می‌کند. در حالی که کشش بلندمدت انرژی نشانگر ماندگاری و افزایش اثرات منفی ناترازی انرژی روی صنایع کارخانه‌ای استان می‌باشد. مشخصاً، به ازای هر ۱درصد کاهش دائمی در

---

۱. کشش کوتاه‌مدت بالای سرمایه (۲/۱۵) می تواند تا حدی بازتابی از ویژگی‌های سری زمانی انباشت سرمایه است که با روش (PIM) محاسبه شده‌است. حساسیت این روش به برآورد موجودی سرمایه اولیه و همچنین جذب کامل جهش سرمایه‌گذاری ناگهانی در طول دوره، می‌تواند منجر به چنین بزرگی در ضریب کوتاه‌مدت شود. این مسئله می‌تواند به علت اثر پایه کوچک موجودی سرمایه اولیه استان طی دوره بررسی باشد. این مسئله با نظریات رشد نئوکلاسیک هم‌خوانی دارد.

2. Chadha & Adams

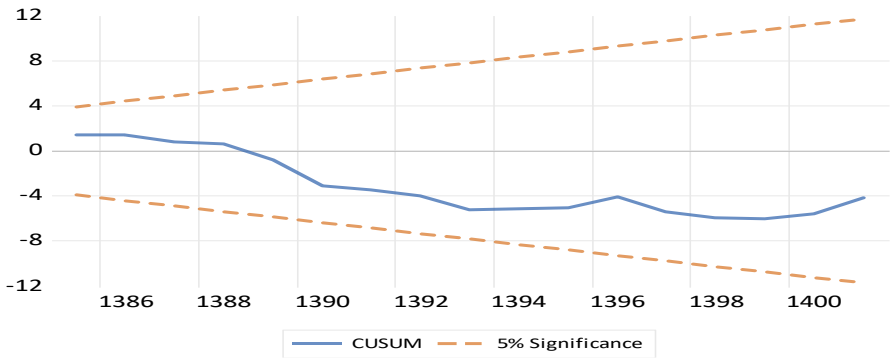
مصرف انرژی، ارزش افزوده صنعت کارخانه‌ای استان ۰/۱۷۸ درصد کاهش می‌یابد که بالاتر از مقدار کشش در کوتاه‌مدت است.

از دیگر یافته‌های تحقیق حاضر، برآورد ضریب تصحیح خطای مدل منتخب معادل ۰/۷۱- می‌باشد که نشان می‌دهد حدود ۷۰ درصد از عدم تعادل، در همان سال اول جبران می‌شود. این سرعت تقریبا زیاد، علارغم اینکه ظاهر مثبتی دارد، با این حال بیانگر انعطاف پذیری و ظرفیت بافر کوچک استان در جذب شوک‌های مرتبط با انرژی است. یعنی صنعت ظرفیت ذخیره سازی انرژی یا تاب‌آوری مناسبی ندارد و خسارت ناشی از ناترازی، به سرعت و تقریباً به شکل کاملی در همان سال اول به تولید منتقل می‌شود و زمان بسیار کمی برای واکنش سیاستی باقی می‌ماند. در نتیجه، همسو با یافته پژوهش محمدی و همکاران (۱۳۹۱)، هرگونه اختلال ناشی از ناترازی انرژی سریعاً در رشد اقتصادی بازتاب می‌یابد. این امر نیازمند گذار از سیاست‌های واکنشی و مدیریت بحران به سمت سیاست‌های پیشگیرانه و ایجاد تاب‌آوری در حوزه انرژی می‌باشد. همانطور که قاسمی و همکاران (۱۳۹۸) و راسخی و همکاران (۱۴۰۲) در پژوهش‌های خود بر ارتقای بهره‌وری در مصرف تاکید نموده‌اند، ارائه وام‌های کم بهره، کمک به صنایع در سرمایه‌گذاری‌های مرتبط با تکنولوژی‌های با بهره‌وری انرژی بالا و توسعه برق تجدیدپذیر (مانند زیست توده و ضایعات کشاورزی) برای آزاد سازی گاز صنایع، می‌تواند انعطاف صنایع نسبت به شوک‌های ناشی از ناترازی انرژی به ویژه انرژی گازطبیعی را افزایش دهد.

ناترازی انرژی صرفاً یک کاهش ساده نیست و می‌تواند یک شوک منفی به بهره‌وری کل عوامل وارد نماید. سرعت بالای تعدیل و ظرفیت بافر پایین استان، بیانگر این مسئله است که صنعت استان فرصت کافی برای بازآرایی فوری فرآیندهای خود به هنگام شوک

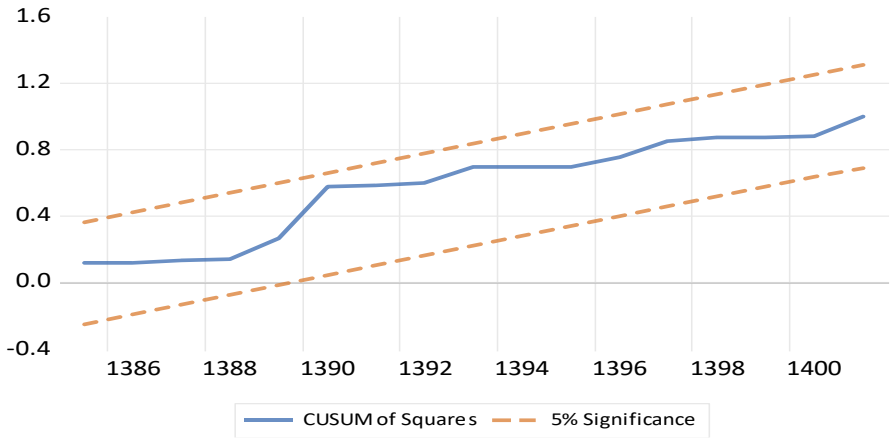
ندارد و این می‌تواند به کاهش بهره‌وری سرمایه و نیروی‌کار بیانجامد. اینکه کشش بلندمدت انرژی (۰/۱۷۸) از کشش کوتاه‌مدت آن (۰/۱۲۶) بزرگتر است، خود گواه این مسئله می‌باشد. این افزایش کشش نهاده انرژی نشان می‌دهد این شوک یک اختلال گذرا نبوده و با آسیب رساندن به بهره‌وری، اثرات منفی خود را در بلندمدت تشدید نیز می‌کند.

به منظور اطمینان از پایدار بودن رگرسیون برآورد شده و صحت نتایج به دست آمده، آزمون‌های پایداری Cusum و CUSUMSQ برای مدل ARDL برآوردی صورت گرفته است.



نمودار ۴. نتایج آزمون پایداری CUSUM

مأخذ: یافته‌های پژوهش



نمودار ۵. نتایج آزمون پایداری CUSUMSQ

مأخذ: یافته‌های پژوهش

مقادیر آماره برآورد شده در این دو آزمون، مابین دو مقدار بحرانی در سطح ۵ درصد رسم می‌گردد و در صورتی که از این دو کرانه خارج نگردد، پایداری رگرسیون برآورد شده قابل تایید است. نتایج این دو آزمون در نمودارهای (۴) و (۵) قابل مشاهده و پایدار بوده‌است.

۵. جمع‌بندی و توصیه‌های سیاستی

این پژوهش، با هدف کمی‌سازی خسارات ناشی از ناترازی انرژی گازطبیعی در صنایع کارخانه ای استان مازندران، تدوین شده‌است. از آنجا که بسته به اهداف مختلف روش‌های متعددی در رابطه با محاسبه زیان حاصل از ناترازی وجود دارد، در این پژوهش سعی بر این بوده تا ابعاد مختلف این چالش با استفاده از دو روش مکمل اقتصادسنجی تحلیل شود.

زیان رفاهی و زیان ارزش افزوده با استفاده از مدل GMMسیستمی برای ۱۸ صنعت استان طی سال‌های ۱۴۰۱-۱۳۹۷ مورد بررسی و ارزیابی قرار کرفته‌اند. همچنین جهت بررسی اثر بلندمدت شوک‌های انرژی بر تولید صنعتی استان و سرعت تعدیل استان، یک مدل سری زمانی ARDL طی سال‌های ۱۴۰۱-۱۳۸۰ برای صنعت استان برآورد شده‌است. نتایج نشان می‌دهد که ناترازی گازطبیعی، ریسک‌های جدی برای اقتصاد صنعتی استان ایجاد می کنند و سیاست‌گذاری مؤثر نیازمند درک این تمایزهاست.

یافته‌های کلیدی بدین ترتیب می‌باشد:

- طبق نتایج بدست آمده، زیان رفاهی ناشی از ناترازی گازطبیعی به صورت غیرخطی افزایش می‌یابد. افزایش محدودیت عرضه گاز به صنایع استان از ۷/۵ درصد به ۱۰ درصد زیان رفاهی را حدود ۳۴ درصد و افزایش محدودیت از ۱۰ درصد به ۱۲/۵ درصد، زیان رفاهی را حدود ۲۶ درصد افزایش می‌دهد. این بدان معناست که با عمیق‌تر شدن بحران، صنایع گزینه‌های کم‌هزینه را از دست داده و مجبور به توقف فرآیندهای اصلی و با ارزش‌تر می‌شوند. لذا سیاست مدیریت بحران نباید صرفا بر توزیع کمبود متمرکز باشد (برای مثال امروز گاز صنعت را قطع کند تا بخش خانگی گرم بماند، یا گاز را نوبتی بین صنایع توزیع کند)، بلکه باید بر جلوگیری از عبور از آستانه بحرانی متمرکز شود تا اقتصاد وارد مارپیچ تخریبی فزاینده نگردد. سیاست‌گذار باید بر تامین از منابع جایگزین یا ذخیره سازی، متمرکز باشد.
- نتایج نشان‌دهنده یک دوگانگی آشکار در بافت صنعتی استان است. از یک سو، صنایع کانی‌های غیرفلزی (سیمان) به دلیل ماهیت انرژی‌بر و چسبندگی تکنولوژیک، دارای تقاضای بی‌کشش هستند و بالاترین زیان رفاهی را متحمل می‌شوند. از سوی دیگر،

صنایع غذایی و آشامیدنی با سهم غالب در ارزش‌افزوده استان، به دلیل فسادپذیری زنجیره تأمین، بالاترین زیان ارزش‌افزوده را تجربه می‌کنند. این ناهمگنی دلالت بر این دارد که سیاست قطع گاز صنایع سیمان برای حمایت از سایر بخش‌ها، اگرچه زیان ارزش‌افزوده کوتاه مدت را کنترل می‌کند، اما زیان رفاهی عظیمی ایجاد کرده و هزینه‌های سربار تولید را بالا می‌برد. بنابراین، سیاست‌گذار نمی‌تواند نسخه‌ای واحد برای کل صنعت استان تجویز کند و نیازمند رویکردهای تفکیکی است.

- ارزش هر متر مکعب گاز عرضه نشده براساس زیان ارزش افزوده به مراتب بالاتر از قیمت پرداختی صنایع و میل نهایی به پرداخت براساس زیان رفاهی است. براساس رویکرد زیان رفاهی میل به پرداخت طی دوره پژوهش از ۱۱۲۶ به ۶۰۴۹ ریال برمتر مکعب افزایش یافته و براساس روش زیان افزوده این رقم از ۱۲۴۹۹۹ به ۷۰۱۷۵۰ ریال بر متر مکعب افزایش یافته‌است. در نتیجه هزینه فرصت ناشی از محدودیت عرضه گاز در طول این دوره افزایشی بوده‌است. افزایش این شکاف در دوره پژوهش، هشداری بر استهلاک ظرفیت‌های تاب‌آوری صنایع استان می‌باشد.
- برآورد ضریب تصحیح خطای مدل کلان تولید در صنعت استان (۰/۷۱-) نشان می‌دهد شوک ناترازی سریعا در تولید صنعت استان بازتاب داده می‌شود. این سرعت بالای تعدیل، در غیاب زیرساخت‌های ذخیره‌سازی گاز در استان مازندران، به جای اینکه نشان‌دهنده کارایی بازار باشد، نشان‌دهنده آسیب‌پذیری محض است. یعنی شوک انرژی بلافاصله به توقف خط تولید منجر می‌شود، نه تعدیل موجودی انبار. این یافته هشداری برآستانه تحمل پایین اقتصاد صنعتی استان در برابر شوک‌های انرژی می‌باشد. تحت این شرایط استان فرصت کافی برای بازآرایی فوری فرآیندهای خود را ندارد و

سیاست‌گذاری واکنشی، کارایی لازم را نخواهد داشت.افزایش کشش نهاده انرژی در بلندمدت نسبت به کوتاه مدت، بازتابی از این است که شوک انرژی یک اتخلال گذرا نبوده و اثرات منفی آن در بلندمدت تشدید می‌شود. همچنین، کشش متقاطع منفی میان گاز و دیزل (۰/۷۷-) نشان می‌دهد که سوخت مایع در صنایع استان نقش جایگزین کامل را ایفا نمی‌کند، بلکه عمدتاً نقش مکمل لجستیکی دارد. براین‌اساس، صرف توزیع سوخت دوم در استان مازندران بدون ارتقای زیرساخت‌های فنی مشعل‌ها و دیگ‌های بخار، نه تنها نمی‌تواند مانع از افت تولید شود بلکه، ممکن است به انحراف منابع و اتلاف منابع عمومی نیز منجر شود. در واقع سیاست‌گذار باید از سیستم سهمیه‌بندی سنتی به سمت حمایت از دوگانه‌سوز کردن واقعی مشعل‌ها حرکت کند. توزیع سوخت دوم باید مشروط به تأیید قابلیت فنی جایگزینی در فرآیند تولید باشد تا از تبدیل شدن سهمیه سوخت به یک رانت غیرمولد جلوگیری شود.

- امنیت تأمین گازطبیعی برای صنایع استان، اولویت برای حفظ تولید و اشتغال است. هرگونه سرمایه‌گذاری در زیرساخت گازطبیعی (ذخیره‌سازی، افزایش فشار) بازده اقتصادی مستقیمی خواهد داشت. با توجه به ضریب بالای تعدیل شوک، ایجاد مخازن ذخیره‌سازی منطقه‌ای گاز برای صنایع حساس (به‌ویژه صنایع غذایی) یک اولویت حیاتی برای حفظ امنیت شغلی و زنجیره تأمین است.
- ادامه ناترازی انرژی، نااطمینانی را به یک متغیر دائمی در تصمیم‌گیری صنایع کارخانه ای استان مازندران تبدیل می‌کند به ویژه اینکه انعطاف‌پذیری صنایع استان کوچک و ظرفیت جذب شوک ناترازی انرژی آنان پایین است. هرگونه اختلال در ورودی انرژی

صنعت، به سرعت به خروجی آن منتقل می‌شود. استان مازندران نیاز به گذر از مدیریت ناترازی به سمت ایجاد یک اقتصاد کارا و با تاب‌آوری بالا می‌باشد.

منابع

آل حسینی، ع. السادات (۱۴۰۳). «امکان‌سنجی اقتصادی جایگزینی گاز انتقالی روسیه به ایران با سوخت مایع نیروگاه‌ها در راستای رفع ناترازی گاز کشور»، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده علوم اقتصادی و سیاسی.

پناهی شکوه, صابر (۱۴۰۲). «بحران جدید گاز ایران؛ چرایی و دلالت‌های امنیت اقتصادی آن». *امنیت اقتصادی*، ۱۰(۹)، صص ۴۴-۳۱.

راسخی، سعید؛ یگدانه، مریم و یوسف محنت فر (۱۴۰۲). «برآورد هزینه قطع برق در بخش دامداری صنعتی: یک مطالعه موردی برای استان اصفهان». *تحقیقات اقتصاد کشاورزی*، ۱۵(۳)، صص ۱۳-۲۷.

رجبی، سجاد و صادقی شاهدانی، مهدی. (۱۴۰۴). «برآورد اقتصادی خسارت ناترازی گاز طبیعی در اقتصاد ایران؛ مدل سازی سند تراز تولید و مصرف گاز طبیعی در افق ۱۴۲۰»، *پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی*، ۳۳(۱۱۳)، صص ۱۱۶-۵۲.

صابری، علی و حبیب اله ظفریان ریگکی (۱۴۰۲). «ناترازی گاز طبیعی در کشور: چارچوب راهکارهای پیشنهادی». *ماهنامه گزارش‌های کارشناسی مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی*، ۳۱(۱۰)، ۱۹۵۲۹.

صیادی، محمد؛ مرادی، فرزانه و محمدرضا آریافر (۱۴۰۲). «تحلیل علل و آثار ناترازی گازی کشور از منظر امنیت انرژی». *ماهنامه اکتشاف و تولید نفت و گاز*، (۲۰۸)، صص ۲۵-۱۲.

فطرس، محمدحسن؛ امید علی، مصطفی و امیرمحمد گلوانی (۱۳۹۶). «پیش‌بینی تراز داخلی گاز طبیعی: با استفاده از مدل ترکیبی ARDL و میانگین متحرک خودهمبسته یکپارچه (ARIMA)»، *پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران*، ۷(۲۵)، صص ۱۲۵-۹۵ .

قاسمی، علی؛ تکلیف، علیرضا؛ محمدی، تقی و فاطمه محمدیان (۱۳۹۸). «تحلیل مقایسه‌ای استراتژی‌های کاهش شدت انرژی در ایران (رهیافت سیستم پویای قیمت انرژی - عرضه انرژی - رشد اقتصادی)». *پژوهشنامه اقتصادی*، ۱۹(۲)، صص ۹۲- ۷۳ .

کربلایی آقابابایی، مهدی (۱۴۰۱). «جایگاه ایران در منطقه هدف گاز روسیه»، *ماهنامه اکتشاف و تولید نفت و گاز*، شماره ۲۰۷ ، (۱۲-۱۴۰۱).

محمدی، علیرضا (۱۴۰۲). «ناترازی در تولید و مصرف گاز چالش پیشروی دولت». *ماهنامه گستره انرژی*،۱۶(۱۴۵)، ۲۵.

مرکز آمار ایران. آمارنامه استان‌های مختلف، سال‌های مختلف، تهران.

Acemoglu D., Aghion P., Bursztyn L. & D. Hemous (2012). "The environment and directed technical change". *American economic review*, *102*(1), pp. 131-166.

Aghion P., Dechezleprêtre A., Hemous D., Martin R. & J. Van Reenen (2016). "Carbon taxes, path dependency, and directed technical change: Evidence from the auto industry". *Journal of Political Economy*, *124*(1), 1-51.

Alcaraz C., Chiquiar D. & M. Ramos-Francia (2017). "Did austerity cause the double-dip recession in Spain? Evidence from a structural VAR". *Energy Economics*, No. 64, pp. 13–25.

Alpino M., Blasques F. & R. Smeets (2024). "Energy supply shocks and industrial performance: Evidence from European manufacturing". *Energy Economics*, 127, 107301.

Arnold J. M., Javorcik B., Lipscomb M. & A. Mattoo (2016). "Services reform and manufacturing performance: Evidence from India". *The Economic Journal*, *126*(590), pp. 1–39.

Azadi P., Sarmadi A. N., Mahmoudzadeh A. & T. Shirvani (2017). "The Outlook for natural gas, electricity, and renewable energy in Iran". *Stanford Iran*, *2040*, pp. 1-27.

Berndt E. R. & D.O. Wood (1975). Technology, prices, and the derived demand for energy. *The review of Economics and Statistics*, 259-268.

Blundell R. & S. Bond (1998). "Initial conditions and moment restrictions in dynamic panel data models". *Journal of Econometrics*, 87(1), 115–143.

Bohi D.R. & M.A.Toman (2012). *The economics of energy security*. Springer Science & Business Media.

Cleveland C.J., Costanza R., Hall C.A. & R. Kaufmann (1984). "Energy and the US economy: a biophysical perspective". *Science*, *225*(4665), 890-897.

Damigos D., Tourkolias C. & D. Diakoulaki (2009). "Households' willingness to pay for safeguarding security of natural gas supply in electricity generation". *Energy Policy*, *37*(5), 2008-2017.

Farzanegan M. R. & G. Markwardt (2022). "The effects of energy supply shocks on industrial output: Evidence from emerging economies". *Energy Economics*, 109, 105947.

Fernandes A.M. (2008). "Firm productivity in Bangladesh manufacturing industries". *World Development*, *36*(10), pp. 1725–1744.

Fisher-Vanden K., Jefferson G.H., Liu H. & Q. Tao (2004). "What is driving China's decline in energy intensity?". *Resource and Energy Economics*, 26(1), pp. 77-97.

International Energy Agency (IEA). (2023). *World energy outlook 2023*. Paris: IEA.

International Labour Organization (ILO). (2022). *World employment and social outlook: Trends 2022*. Geneva: International Labour Office.

Jorgenson D. W. (1984). "The role of energy in productivity growth". *The Energy Journal*, *5*(3), 11-26.

Kim I. M. & P. Loungani (1992). "The role of energy in real business cycle models". *journal of Monetary Economics*, *29*(2), pp. 173-189.

Krugman P.R., Obstfeld M. & M.J. Melitz (2018). *International Economics: Theory & Policy (Edisi 11). Education Limited Edinburgh Gate Harlow CM20 2JE*.

Leahy E., Devitt C., Lyons S. & R. S. Tol (2012). "The cost of natural gas shortages in Ireland". *Energy policy*, 46, 153-169.

Linn J. (2008). "Energy prices and the adoption of energy-saving technology". *The Economic Journal*, 118(533), pp. 1596-1625.

Mankiw N.G., Romer D. & D.N. Weil (1992). "A contribution to the empirics of economic growth". *The Quarterly Journal of Economics*, *107*(2), pp. 407–437.

Miller R. E. & P.D. Blair (2009). *Input-output analysis: foundations and extensions*. Cambridge university press.

Miserocchi L., Franco A. & D. Testi (2024). "Status and prospects of energy efficiency in the glass industry: Measuring, assessing and improving energy performance". *Energy Conversion and Management*, 24, 100720.

Moshiri S. & C. Martinez (2018). "The welfare effects of natural gas subsidies reform in Iran". *Energy Policy,* No. 123, pp. 27–36.

OECD. (2022). *OECD economic outlook: Ensuring energy security and sustainability*. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development.

Perron P. (1989). "The great crash, the oil price shock, and the unit root hypothesis". *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 1361–1401.

Pichler A. (2024). "Industrial vulnerability to natural gas shortages: A firm-level perspective". *Journal of Industrial Economics*, 72 (1), pp. 45–72.

Rajabi S., Shahdani M.S., ZahediVafa M. & G. Godarzi (2025). *Hybrid Modeling of Natural Gas Allocation Amid Imbalances: Insights From Policy Scenarios in Iran*.

Roodman D. (2009). "How to do xtabond2: An introduction to difference and system GMM in Stata". *The Stata Journal*, 9(1), pp. 86–136.

Shahbaz M., Zeshan M. & T. Afza (2012). "Is energy consumption effective to spur economic growth in Pakistan? New evidence from bounds test to level relationships and Granger causality tests". *Economic Modelling*, 29(6), pp. 2310–2319.

Shin Y,Yu B, Greenwood-Nimmo M. (2014). Modelling Asymmetric. Cointegration and Dynamic Multipliers in a Nonlinear ARDL Framework, In R. C. Sickles & W. C. Horrace (Eds.), *Festschrift in Honor of Peter Schmidt*: 281–314, Springer.

Stern D. I. (2011). "The role of energy in economic growth". *Annals of the New York Academy of Sciences*, *1219*(1), pp. 26-51.

Stock J. H. & M. Yogo (2005). "Testing for weak instruments in linear IV regression". *Identification and Inference for Econometric Models*, 80(4.2), pp. 80-108.

Taghizadeh-Hesary F. & N. Yoshino (2019). "The way to induce private participation in green finance and investment". *Finance Research Letters*, 31, pp. 98–103.

Thompson H. (2006). "The applied theory of energy substitution in production". *Energy Economics*, *28*(4), pp. 410-425.

World Bank. (2021). *Energy transition and environmental sustainability in developing economies*. Washington, DC: World Bank.