فصلنامه پژوهشنامه بازرگانی، شماره ۹۵، تابستان ۱۳۹۹، ۱۶۷-۱۲۹

اثر آزادسازی قیمت گاز طبیعی بر تاب‌آوری سیستم توزیع گاز طبیعی ایران[1]

تیمور محمدی* حمید آماده**

عاطفه تکلیف*** خلیل قدیمی دیزج****

دریافت: ۹۷/۱۰/۹ پذیرش: ۹۷/۱۲/۲۸

آزادسازی قیمت گاز طبیعی / نمای لیاپانوف / تاب‌آوری / الگوی تصحیح خطای برداری VECM / مصرف گاز طبیعی

چکیده

توسعه گازرسانی در راستای سیاست جایگزینی گاز طبیعی با سایر سوخت‌های فسیلی و آزادسازی قیمت گاز طبیعی به‌عنوان یک سیاست قیمتی در جهت بهینه‌سازی مصرف ضرورت مطالعه تاب‌آوری سیستم توزیع گاز طبیعی را بیش از پیش محسوس می‌نماید. هدف از این پژوهش، بررسی اثر آزادسازی قیمت گاز طبیعی بر سیستم گازرسانی در ایران است. ابتدا نمای لیاپانوف بر اساس مصارف گاز طبیعی در بخش خانگی در طی دوره ۱۳۸٤ تا ۱۳۹٦ به‌صورت فصلی محاسبه می‌گردد. سپس با استفاده از رویکرد خودرگرسیون برداری

۱. این مقاله مستخرج از رساله دکتری با عنوان "اثر آزادسازی قیمت گاز طبیعی بر تاب‌آوری عرضه گاز برای مصرف خانگی" می‌باشد که با راهنمایی اساتید تیمور محمدی و حمید آماده و با حمایت "شرکت مهندسی و توسعه گاز ایران" انجام شده است.

*. دانشیار اقتصاد، دانشگاه علامه‌طباطبائی atmahmadi@gmail.com

**. استادیار اقتصاد، دانشگاه علامه‌طباطبائی amadeh@gmail.com

***. استادیار اقتصاد، دانشگاه علامه‌طباطبائی at.taklif@gmail.com

****. دانشجوی دکتری اقتصاد نفت وگاز، گرایش بازارها و مالیه، دانشگاه علامه‌طباطبائی khghadimi7@gmail.com

■ تیمور محمدی، نویسنده مسئول

(VAR) و با به‌کارگیری روش هم‌انباشتگی جوهانسن- یوسلیوس و الگوی تصحیح خطای برداری (VECM) به بررسی روابط بین قیمت گاز طبیعی با تاب‌آوری سیستم توزیع گاز ایران پرداخته می‌شود. بر اساس تابع عکس‌العمل آنی(IRFs) تکانه ناشی از قیمت واقعی گاز طبیعی به متغیر نمای لیاپانوف به‌عنوان شاخص تاب‌آوری سیستم توزیع گاز طبیعی، نشان می‌دهد که در کوتاه‌مدت نمای لیاپانوف کاهش و سپس افزایش و اثر آن در بلندمدت ثابت می‌ماند. نتایج تجزیه واریانس(VDCs) نشان می‌دهد قیمت گاز طبیعی، در کوتاه‌مدت سهم بیشتری را در توضیح‌دهی خطای پیش‌بینی نمای لیاپانوف دارد، اما در بلندمدت سهم آن کاهش می‌یابد. براساس نتایج مدل برآوردی(VECM)، هرچند قبل از اجرای قانون هدفمندی یارانه‌ها، قیمت گاز طبیعی بر تاب‌آوری سیستم گازرسانی اثر مثبت داشته است، لیکن بعد از اجرای قانون هدفمندی یارانه‌ها، منجر به کاهش تاب‌آوری سیستم گازرسانی شده است.

طبقه‌بندی JEL: Q41, Q48

مقدمه

از سال ۱۹۹۰تا ۲۰۱۷ مصرف گاز طبیعی در جهان به‌طور متوسط سالانه ۶/۳ درصد رشد داشته است[1]. پارادایم جدیدی در مورد انرژی در حال شکل‌گیری است که متأثر از تحولات فناوری و زیست‌محیطی و همچنین میزان دسترسی به منابع سوخت‌های فسیلی و تقاضای جهانی است، به‌طوری‌که سهم رو به رشد گاز طبیعی در سبد انرژی مصرفی جهان از ۲۳/۷درصد در سال ۲۰۱۱ به ۲۸درصد در ۲۰۱۷، نشان‌دهنده اهمیت روزافزون گاز طبیعی است.[2] پارادایم گاز طبیعی، مبتنی بر افول عصر نفت است و کشورها را در معرض یک انتخاب قرار داده است. با توجه به نقش صنعت گاز در اقتصاد ملی که در سال ۲۰۱۷ ایران به‌عنوان سومین تولیدکننده گاز طبیعی در سطح جهان به‌شمار می‌آید. همچنین با وجود ۳۴ تریلیون مترمکعب ذخایرگازی، ایران دارای بزرگ‌ترین ذخایر گاز طبیعی در جهان است، لیکن جایگاه کشور ما در خصوص میزان مصرف گاز طبیعی در رتبه چهارم دنیا قرار دارد.[3]

افزایش چشمگیر سهم گاز در سبد انرژی طی سال‌های اخیر و روند صعودی آن در بخش‌های مختلف مصرف از جمله بخش صنعتی، تجاری، خانگی و نیروگاهی از یکسو و پایان پذیر بودن ذخایرگازی از سوی دیگر، ضرورت مصرف بهینه گاز را درتمام بخش‌های مصرف‌کننده بیش از پیش محسوس می‌نماید. در این میان، اعمال سیاست‌های قیمتی مناسب در جهت واقعی نمودن قیمت گاز طبیعی از جمله اجرای قانون هدفمندی یارانه‌ها[4] می‌تواند در راستای بهینه نمودن مصرف گاز طبیعی در بخش‌های مختلف مصرف به ویژه بخش خانگی در ماه‌های سردسال موثر باشد.

با اجرای سیاست جایگزینی گاز طبیعی با سایر فرآورده‌های نفتی بعد از پیروزی شکوهمند انقلاب اسلامی و سرعت بخشیدن به آن پس از جنگ‌تحمیلی با توسعه گازرسانی امکان بهره‌مندی مردم از این نعمت خدادادی فراهم گردید، به‌طوری‌که تا پایان سال۱۳۹۶

---

1. www.iea.org (2018)
2. Biritsh Petroleum (2018)

۳. آژانس بین‌المللی انرژی، ۲۰۱۷

۴. قانون هدفمندی یارانه‌ها به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین سیاست‌های اقتصادی دولت پس از انقلاب اسلامی محسوب می‌شود که در ۲۸ آذرماه ۱۳۸۹ به مرحله اجرا درآمد. مطابق این قانون ۱۶ قلم از کالاها و خدمات مانند بنزین، گازوئیل، گاز طبیعی، نفت سفید،نفت کوره، برق، آب، آرد، نان، شکر، برنج، روغن، شیر، خدمات پستی، خدمات هواپیمائی و خدمات ریلی(مسافری) مشمول حذف یارانه گردیدند.

بیش از ۲۲ میلیون مشترک خانگی از گاز طبیعی بهره‌مند گردیدند. به‌عبارت دیگر ۹۶ درصد خانوارهای شهری و ۷۴ درصد خانوارهای روستایی، تحت پوشش شبکه گازرسانی قرار دارند[۱].

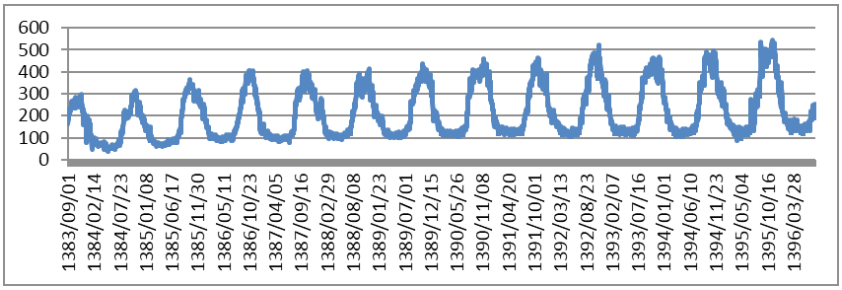
با عنایت به رشد سالانه ۱۰ درصدی مصرف گاز طبیعی هم بدلیل توسعه شبکه گاز رسانی و هم تنوع مصارف و نیز عدم رعایت مصرف بهینه گاز طبیعی، بهینه‌سازی مصرف در تمام بخش‌ها، از ضرورت‌های اجتناب‌ناپذیر محسوب می‌گردد. به همین منظور، مطالعه میزان تاب‌آوری سیستم توزیع گاز و سنجش میزان آن اهمیت فراوانی دارد، به‌طوری‌که در ماه‌های سرد سال با افزایش میزان مصرف در بخش خانگی به ۸۵ درصد تولید روزانه، سبب عدم تامین گاز رسانی در بخش‌های صنعتی و نیروگاهی و حتی تعهدات صادراتی گشته و هزینه‌های مالی و زیست‌محیطی زیادی را به‌وجود می‌آورد. چرا که تامین گاز مطمئن و پایدار از جمله وظایف اصلی شرکت ملی گاز ایران است. لیکن مصرف بیش از حد و هدررفتن این نعمت الهی و ثروت ملی در بخش‌های مختلف مصرف از مهمترین موانع حرکت به سمت شکوفایی اقتصادی است. بدیهی است با توجه به انواع مصارف گاز طبیعی در صورت تصور قطع گاز، علاوه بر تعطیلی صنایع و به تبع آن اقتصاد ملی، زندگی مردم به‌دلیل استفاده از گاز برای ایجاد گرمایش، پخت و پز، آبگرم و غیره مختل می‌گردد. این در حالی است که مدیریت مخاطرات اقتصادی از طریق تهیه طرح‌های واکنش هوشمند، فعال، سریع و به‌هنگام در برابر مخاطرات و اختلال‌های داخلی و خارجی در بند ۲۲ سیاست‌های کلی اقتصاد مقاومتی مورد توجه جدی واقع شده است و در بند ۸ سیاست‌های کلی اقتصاد مقاومتی، مدیریت مصرف با تأکید بر اجرای سیاست‌های کلی اصلاح الگوی مصرف مورد توجه قرار گرفته است.

اتفاقات و حوادث پیش‌بینی‌نشده، همواره حیات بشری را تحت‌الشعاع قرار داده‌اند، لیکن بازگشت به مسیر و احیاء و بازپروری خود، فرآیندی است که سرعت و کیفیت آن از فردی به فردی دیگر و از جامعه‌ای به جامعه‌ای دیگر متفاوت است. اقتصاددانان با معرفی مفهوم تاب‌آوری و به دنبال آن شاخص تاب‌آوری اقتصادی، به دنبال توضیح و توصیف تفاوت مذکور هستند. آنها معتقدند آسیب‌پذیری و سرعت بازگشت و احیای جوامع بشری را می‌توانند با شاخص تاب‌آوری اقتصادی توضیح دهند. یک سیستم اجتماعی در شرایطی تاب‌آور محسوب می‌شود که بتواند شوک‌های موقت یا دائم را جذب کرده و خود را با شرایط

۱. گزارش آماری مدیریت گازرسانی شرکت ملی گاز ایران، ۱۳۹۶

به سرعت درحال تغییر وفق دهد، یا تاب‌آوری می‌تواند کارکرد سیستم در هنگامه آشفتگی باشد[۱].

یکی از اتفاقات مهم مربوط به نوسانات دما به‌ویژه در ماه‌های سرد سال است که منجر به افزایش چشمگیر سهم مصرف گاز طبیعی در بخش خانگی(۸۵ درصد تولید روزانه) می‌گردد؛ به‌طوری‌که به‌دنبال آن، قطعی گاز صنایع عمده و نیروگاه‌ها و حتی کاهش گاز صادراتی رخ می‌دهد. تا جائی که تداوم مصرف بالای گاز طبیعی در بخش خانگی در اثر سرمای شدید، می‌تواند منجر به قطعی گاز خانوارها در برخی مناطق کشور شده و مشکلات اقتصادی-اجتماعی گوناگونی را به‌وجود آورد.



مأخذ: گزارش آماری مدیریت گازرسانی شرکت ملی گاز ایران

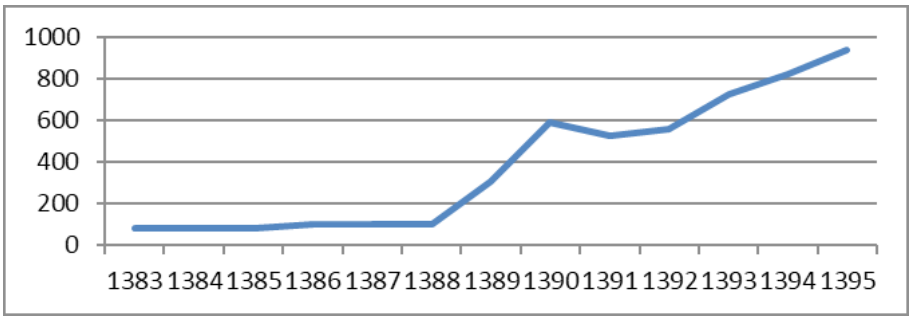
نمودار۱. مصرف روزانه گاز طبیعی در بخش خانگی(میلیون مترمکعب)

بر اساس اطلاعات موجود، همان‌گونه که در نمودار (۱) ملاحظه می‌گردد در طول روزهای مختلف سال، مصرف گاز طبیعی در بخش خانگی، دارای نوسان شدیدی است، به‌طوری‌که مصرف گاز خانگی در روزهای سرد سال حدود پنج برابر مصرف در روزهای گرم سال می‌باشد.

هرچند یکی از راه‌کارهای کاهش مصرف بی رویه گاز طبیعی واقعی کردن قیمت گاز طبیعی بیان می‌شود، لیکن فرهنگ‌سازی و افزایش راندمان وسایل گاز سوز و ... نیز از جمله راه‌کارهای عملی جهت بهینه مصرف نمودن این نعمت‌الهی است[۲].

۱. ابونوری و لاجوردی، ۱۳۹۵
۲. قدیمی‌دیزج و دهقانی، ۱۳۹۴

بر اساس قانون هدفمندی یارانه‌ها در سال ۱۳۸۹، قیمت گاز طبیعی افزایش چشمگیری داشت و بعد از این سال انتظار می‌رفت تا حدی از مصارف خارج از الگوی مصرف در مناطق مختلف جغرافیایی به‌ویژه در ماه‌های سرد سال کم گردد.



مأخذ: گزارش آماری مدیریت گازرسانی شرکت ملی گاز ایران

نمودار ۲. قیمت گاز طبیعی در بخش خانگی(ریال)

در واقع آزادسازی قیمت گاز طبیعی در اثر اجرای قانون هدفمندی یارانه‌ها از جمله سیاست‌های دولت در راستای بهینه‌سازی مصرف انرژی می‌باشد. به‌عبارت دیگر، انتظار بر این است که تاب‌آوری سیستم گازرسانی در اثر افزایش قیمت گاز طبیعی، افزایش یابد.

آزادسازی قیمت گاز طبیعی با اجرایی شدن قانون هدفمندی یارانه‌ها در سال ۱۳۸۹ به منظور اصلاح الگوی مصرف گاز طبیعی و جلوگیری از مصرف بی‌رویه آن صورت پذیرفت. بنابراین هدف در این پژوهش، بررسی اثرآزادسازی قیمت گاز طبیعی بر تاب‌آوری سیستم گازرسانی در ایران است. چرا که انتظار می‌رود با واقعی شدن قیمت گاز طبیعی، میزان مصرف آن کاهش یافته و به تبع آن، تاب‌آوری سیستم توزیع گاز افزایش یابد.

بنابراین در این پژوهش، ابتدا تاب‌آوری سیستم گازرسانی بر اساس میزان مصارف روزانه گاز طبیعی در بخش خانگی از سال ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۶ به‌صورت فصلی، با استفاده از نمای لیاپانوف محاسبه می‌گردد. سپس با استفاده از مدل خودرگرسیون برداری (VAR) و با به‌کارگیری روش هم انباشتگی جوهانسن- یوسلیوس و الگوی تصحیح خطای برداری (VECM) به بررسی اثر آزادسازی قیمت گاز طبیعی بر تاب‌آوری سیستم گازرسانی پرداخته می‌شود.

۱. مبانی نظری

با توجه به جدید بودن موضوع مقاله که ترکیبی از دو موضوع مهم تاب‌آوری سیستم گازرسانی و واقعی شدن قیمت گاز طبیعی در اثر اجرای قانون هدفمندی یارانه‌هاست، لذا مطالبی به تفکیک تاب‌آوری، نظریه آشوب، نظریه پایداری، امنیت انرژی، عرضه و تقاضای گاز طبیعی برای تبیین مبانی نظری و نیز علت انتخاب متغیرهای مدل ارائه می‌گردد.

۱-۱. تاب‌آوری

از آنجا که تاب‌آوری[۱] یک موضوع بین رشته‌ای است در علوم مختلف نظیر روانشناسی، فیزیک[۲]، مهندسی[۳]، مدیریت، اقتصاد، تعاریف متفاوتی ازآن ارائه شده است. تاب‌آوری اقتصادی مفهوم نسبتا نوظهور در پژوهش‌های اقتصادی است. تاب‌آوری اقتصادی را می‌توان «ظرفیت یا توانایی اقتصاد در حفظ عملکرد تخصیص بهینه منابع در مواجهه با نااطمینانی‌های اقتصادی» تعریف کرد[۴]. به باور اقتصاددانان، اقتصادهایی که به دنبال حوادث پیش‌بینی نشده (ناگوار) کمتر آسیب می‌بینند و یا سریع‌تر به شرایط باثبات باز می‌گردند، تاب‌آوری اقتصادی بالاتری دارند[۵].

رز[۶] (۲۰۰۶) تاب آوری اقتصادی را در سه سطح کلان (کل اقتصاد و تعامل بازارها و تمامی افراد)، سطح میانی (صنایع و بازارهای منفرد) و سطح خرد (اشخاص و فعالیتهای اقتصادی) و در دو دسته تاب‌آوری ذاتی و تطبیقی تبیین کرده است.

- تاب‌آوری اقتصادی پویا: سرعت بازیابی بعد از شوک شدید جهت تحقق یک حالت مطلوب.
- تاب‌آوری اقتصادی ایستا: توانایی حفظ عملکرد (مثل، استمرار تولید) هنگام وارد شدن شوک.
- تاب‌آوی ذاتی: توانایی رتخ و فتخ بحران‌ها.

---

۱. Resiliency: در لغت‌نامه وبستر تاب‌آوری به معنای "توانایی برای بازیابی بعد از وقوع فاجعه یا تغییر" تعریف شده است.

۲. Gordon گوردون (۱۹۷۸) تاب‌آوری در فیزیک: توانایی دوام آوردن در برابر انرژی فشارآورنده و به طور ارتجاعی منحرف شدن، بدون شکستن یا تغییر شکل دادن.

۳. تاب‌آوری در مهندسی سازه‌ها به مفهوم "بازگشت سریع پس از تنش، تحمل تنش بیشتر، کاهش تخریب در اثر مقدار معینی از تنش" ارائه شده است (بیوجونز و همکاران، ۲۰۱۳).

۴. محمدی و همکاران، ۱۳۹۶

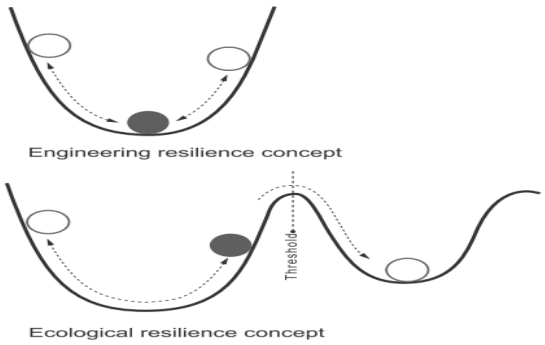
۵. آماده و همکاران، ۱۳۹۵

6. Rose

- تاب‌آوی تطبیقی: توانایی در وضعیت‌های بحرانی در جهت حفظ عملکرد بر مبنای نبوغ یا تلاش فوق‌العاده.

مفهوم تاب‌آوری به‌طور عمده بر این فرضیه که حالات مختلف سیستم شامل نقاط تعادل گوناگون است، بنا شده است. به‌عبارت دیگر، فرض می‌شود که تکامل سیستم‌ها (اقتصادی، زیست‌محیطی و غیره) با جابجایی این سیستم‌ها از یک حالت تعادل (یا دامنه پایداری) به حالت تعادل دیگر انجام می‌شود. در این زمینه دو راه مختلف برای تعریف تاب‌آوری در پیش گرفته می‌شود[1].

الف) تعریف هولینگ[2] (۱۹۹۲): این تعریف به اختلالی که سیستم می‌تواند؛ قبل از جابجایی از یک حالت به حالت دیگر جذب نماید؛ برمی‌گردد. این تعریف بستگی به حضور سیستم در یک نقطه تعادل و یا نزدیکی آن ندارد و فرض می‌کند که سیستم‌های زیست‌محیطی بوسیله تعادل پایدار موضعی چندگانه، مشخص می‌شوند و اندازه گیری تاب‌آوری سیستم در هر دامنه پایدار موضعی عبارت است از میزان شوکی که سیستم می‌تواند قبل از تغییر وضعیت و جابجایی به دامنه پایدار موضعی دیگر جذب نماید. «اختلال» ممکن است به جابجایی سیستم از یک دامنه پایدار به دامنه پایدار دیگر منجر شود. اگر این «اختلال» باعث جابجایی سیستم به دامنه پایدار دیگر نگردد؛ در این صورت سیستم در برابر آن «اختلال» تاب‌آور است.



مأخذ: لیائو[3] و همکاران، ۲۰۱۲

نمودار۱. تاب‌آوری مهندسی و زیست‌محیطی

1. Reggiani, Graaff & Nijkamp, P, (2002)
2. Holling
3. Liao

برای تبیین این مدل از نمودار (۱) استفاده می‌شود که در آن توپ نماد سیستم و سطحی که توپ روی آن قرار دارد بیانگر حالت (محیط و فضایی که سیستم در آن است) و بخش U شکل هم بیانگر دامنه پایداری سیستم می‌باشد. نکته اصلی در تعریف تاب‌آوری مهندسی قرار گرفتن سیستم در (یا نزدیک) یک نقطه تعادل کلی می‌باشد. در این مدل تاب‌آوری مهندسی رابطه‌ای معنادار با شیب بخش U شکل خواهد داشت. در طرف دیگر تاب‌آوری زیست‌محیطی بیان‌کننده این است که برای یک سیستم می‌تواند دو یا چند نقطه تعادل وجود داشته باشد (منظور از نقطه تعادل بخش زیرین قسمت U شکل است که در صورت افتادن توپ در آن، توپ پس از نوسان در قسمت زیرین ساکن می‌شود). در اینجا فرض می‌شود که سیستم پویا است و توپ مدام در حال حرکت است و یک اختلال (شوک) باعث خواهد شد توپ در دامنه خود نوسان کند و یا به دامنه دیگر منتقل شده و در آنجا نوسان کند. اندازه‌گیری تاب‌آوری زیست‌محیطی نیازمند تعداد بیشتری متغییر و داشتن اطلاعات بیشتر از وضعیت سیستم می‌باشد[۱].

ب) تعریف پرینگز[۲] (۱۹۹۴): این تعریف به خواص سیستم حول تعادل پایدار برمی‌گردد که برگرفته از تعریف پیم[۳] (۱۹۸۴) است که تاب‌آوری سیستم را اندازه گیری سرعت بازگشت سیستم به حالت تعادل می‌داند[۴].

روشن است که از نقطه نظر تجربی، در بکارگیری روش هولینگ برای اندازه‌گیری تاب‌آوری، مشکلاتی ظاهر می‌گردد. پرینگز برای این کار، نمای لیاپانوف[۵] را مطرح کرده است.

اخیراً نویسندگان بسیاری[۶] اذعان کرده‌اند که مفهوم تاب‌آوری نه تنها در سیستم‌های زیست‌محیطی بلکه به‌طور کاملا" موثری می‌تواند در توضیح، تشریح و مطالعه سیستم‌های اقتصادی - اجتماعی بکار رود، زیرا اصول حاکم بر کلیه این سیستم‌ها یکسان است.

---

۱. والکر و همکاران، ۲۰۰۴، دسجاردین و همکاران، ۲۰۱۵

2. Perrings

3. Pimm

۴. پیم، ۱۹۸۴ و پرینگز، ۱۹۹۴

5. Lyapunov Exponent

۶. به باتابیال ۱۹۹۸؛۱۹۹۹ و لوین ۱۹۹۸ رجوع شود.

در تعریفی که توسط لینو بریگوگلیو[1] (۲۰۰۹) ارائه شده است؛ برای تعریف تاب‌آوری از نحوه تعامل انسان با ویروس آنفولانزا کمک گرفته شده است. در چنین رویکردی، سه مفهوم از تاب‌آوری قابل استنباط است: الف) بیمار می‌شود؛ اما سریع بهبود می‌یابد. ب) در مقابل اثرات منفی ویروس مقاومت می‌کند؛ حتی شده با روشهای درمانی و تقویتی ث) ویروس را پس می‌زند؛ چه در داخل بدن و چه با دوری از منابع پر خطر. در قیاس این وضعیت با اقتصاد برای تاب‌آوری اقتصادی، در حالت الف، این تعریف، یعنی «توانایی اقتصاد برای ترمیم سریع پس از شوک‌های خسارت بار» می‌تواند استخراج شود. در حالت ب، تاب‌آوری اقتصادی به شکل «عدم تاثیرپذیری از شوک‌های اقتصادی» می‌تواند تعریف شود و در حالت ث نیز «توانایی اقتصاد در پس زدن شوک‌های مخرب» قابل تعمیم است.

در ادبیات تاب‌آوری، به سطوح سه‌گانه‌ای از تاب‌آوری اشاره شده است: تاب‌آوری فرد[2]، اجتماع[3] و ملی. در برخی مطالعات، دو سطح آخر به‌عنوان تاب‌آوری اجتماعی[4] در نظر گرفته شده‌اند[5].

برخی از پژوهش‌ها نیز تاب‌آوری را دارای سطوح چندگانه‌ای مثل فردی، اجتماعی، نهادی، ملی، منطقه‌ای و جهانی دانسته‌اند[6].

پژوهش دیگری تاب‌آوری را با سطوح و اجزای متفاوت‌تری بررسی کرده است. این پژوهش تاب‌آوری ملی را دارای زیر سیستم‌های زیر می‌داند[7]:

۱. زیر سیستم اقتصادی: مشتمل بر جنبه‌هایی از قبیل محیط اقتصاد کلان، بازار کالا و خدمات، بازار مالی، بازار کار، پایدارپذیری و بهره‌وری و مانند آن‌ها.
۲. زیر سیستم زیست‌محیطی: مشتمل بر جنبه‌هایی مانند منابع طبیعی، شهرسازی و سیستم زیست‌بوم شناختی.

---

1. Lino Briguglio

۲. Butler باتلر (۲۰۰۷) تاب‌آوری فرد: سازگاری مناسب تحت شرایط کم توان شدن.

3. Community

۴.: Kofinas کافیناس(۲۰۰۳) دو نوع تاب‌آوری اجتماعی Social resilience را معرفی می‌نماید:
الف) ظرفیت یک سیستم اجتماعی در تسهیل تلاش‌های انسانی در جهت ردیابی روندهای تغییر، کاهش آسیب‌پذیری‌ها و تسهیل سازگاری
ب) ظرفیت یک سیستم (اجتماعی.بوم‌شناختی) در حفظ حالت‌های مرجّح یک فعالیت اقتصادی

5. kimhi, (2014)

6. white, (2015)

۷. غیاثوند و همکاران، ۱۳۹۳

۳. زیر سیستم حکمرانی: مشتمل بر جنبه‌هایی همچون نهادها، دولت، رهبری، سیاست‌ها و قوانین.
۴. زیر سیستم زیرساخت‌ها: مشتمل بر جنبه‌هایی همچون زیرساخت‌های حساس (مخابرات، انرژی، سلامت، حمل و نقل و آب).
۵. زیر سیستم اجتماعی: مشتمل بر جنبه‌هایی همچون سرمایه انسانی، سلامت، اجتماع و افراد.

با توجه به مطالب مذکور، در این مقاله تاب‌آوری زیرساخت سیستم توزیع گاز طبیعی ایران به‌عنوان مهمترین زیرساخت انرژی (به‌دلیل دارا بودن بیشترین سهم در سبد انرزی ایران) بر مبنای مفهوم تاب‌آوری مهندسی و با استفاده از نمای لیاپانوف مورد بررسی قرار می‌گیرد. لازم به توضیح است؛ مفهوم نمای لیاپانوف، قبل از ظهور نظریه آشوب، جهت مشخص نمودن پایداری سیستم‌های غیرخطی به‌کار می‌رفت[۱].

۱-۲. نظریه آشوب

تئوری آشوب[۲] برای اولین بار درسال ۱۹۶۵ توسط دانشمندی به‌نام ادوارد لورنز[۳] درهواشناسی به کار برده شده و آن را به یک علم تبدیل نموده وسپس درحیطه تمام علوم ومباحث تجربی، ریاضی، رفتاری، مدیریتی و اجتماعی واردشده و اساس تغییرات بنیادی در علوم به‌ویژه؛ هواشناسی، نجوم، مکانیک، فیزیک، ریاضی، زیست شناسی، اقتصاد و مدیریت را فراهم آورده است.

هیلز[۴] آشوب یا بی‌نظمی را اینگونه تعریف می‌کند؛ بی‌نظمی وآشوب، نوعی بی‌نظمی منظم یا نظم در بی‌نظمی است. بی‌نظم، از آن رو که نتایج آن غیر قابل پیش‌بینی است و منظم، به آن جهت که از نوعی قطعیت برخوردار است. بی‌نظمی درمفهوم علمی، یک مفهوم ریاضی محسوب می‌شود؛ شاید نتوان، خیلی دقیق، آنرا تعریف کرد. اما می‌توان، آن را نوعی اتفاقی بودن، همراه باقطعیت دانست. قطعیت آن، به‌خاطر آن است که بی‌نظمی دلایل درونی دارد و

---

۱. معینی و همکاران، ۱۳۸۵

2. Chaos Theory
3. Edward Lorenz
4. Hills

به علت اختلالات خارجی رخ نمی‌دهد. اتفاقی‌بودن، به‌دلیل آن‌که رفتار بی‌نظمی، بی‌قاعده و غیرقابل پیش‌بینی دقیق است[۱].

در تئوری آشوب، سیستم‌های پیچیده صرفاً ظاهری پرآشوب دارند و درنتیجه، نامنظم و تصادفی به نظر می‌رسند، در حالی که در واقعیت تابع یک جریان معین با یک فرمول ریاضی مشخص هستند؛ از همین رو، موضوع آشوب در ریاضیات، معمولاً با عنوان آشوب معین، مطرح می‌شود؛ که بر پایه نظریه رشد غیرخطی با بازخورد،[۲] شکل گرفته است[۳]. به‌عنوان نمونه؛ ارتباط میان مصرف انرژی و رشد اقتصادی از یک فرآیند خطی تبعیت ننموده و تحت شرایط مختلف، تغییر جهت می‌دهد. بنابراین استفاده از مدل‌های غیرخطی، جهت تخمین رابطه مصرف انرژی و تولید ناخالص داخلی، می‌تواند نتایج دقیق و قابل اعتمادی ایجاد نماید[۴].

آزمون‌های متفاوتی برای وجود آشوب در سری‌های زمانی وجود دارد که ازجمله این آزمون‌ها؛ بعد همبستگی و حداکثر نمای لیاپانوف است. یکی از مشخصه‌های سیستم‌های پویا «خاصیت حساسیت نسبت به شرایط اولیه» می‌باشد. مهمترین وسیله برای تشخیص وجود حساسیت نسبت به شرایط اولیه در یک سیستم پویا، استفاده از نمای لیاپانوف است. میزان آشوبناکی[۵] سیستم و نرخ واگرایی مسیرهای همسایه در فضای فاز را نمای لیاپانوف، مشخص می‌کند. درواقع در این روش، میانگین نمایی واگرایی یا همگرایی نقاط نزدیک به هم اما نه با شرایط اولیه یکسان، اندازه‌گیری می‌شود؛ یعنی نمای لیاپانوف مثبت، میانگین نمایی واگرایی نقاط نزدیک به هم، اما نه با شرایط اولیه یکسان و نمای لیاپانوف منفی، میانگین نمایی همگرایی نقاط نزدیک به هم، اما نه با شرایط اولیه یکسان را اندازه‌گیری می‌کنند. بنابراین با توجه به ویژگی «حساسیت نسبت به شرایط اولیه»، نمای لیاپانوف مثبت می‌تواند؛ به‌عنوان تعریفی برای آشوب معین سیستم بیان شود؛ که به‌طور خاص‌تر در تعریف حداکثر نمای لیاپانوف مطرح می‌شود. همچنین این آزمون می‌تواند پایداری یک سیستم پویا را اندازه‌گیری کند[۶].

---

۱. هیلز، ۱۹۹۰

2. Nonlinear Growth with Feedback

۳. مشیری، ۱۳۸۱

۴. هاتفی‌مجومرد، مجید و همکاران، ۱۳۹۷

۵. Chaotic: آشوبناکی به معنای پرآشوبی (در فرهنگ لغت دهخدا)

6. Bask, (1997)

۱-۳. نظریه پایداری

نظریه «پایداری» نقشی اساسی در نظریه و مهندسی سیستم‌ها، دارد معمولا پایداری نقاط تعادل را از دید لیاپانوف (ریاضیدان روسی) بررسی می‌کنند. یک نقطه تعادل را پایدار می‌گوئیم اگر همه پاسخ‌هایی که از نقاط نزدیک به آن آغاز می‌شود در همان نزدیکی باقی بماند؛ در غیر این صورت، آن نقطه تعادل ناپایدار است. این نقطه را پایدار مجانبی می‌گوئیم؛ اگر تمامی پاسخ‌هایی که از نقاط نزدیک به آن آغاز شود؛ نه تنها در همان نزدیکی باقی بماند؛ بلکه با افزایش زمان، به سوی نقطه تعادل، سوق یابد.[۱]

۱-۴. امنیت انرژی

کشورهای مصرف‌کننده انرژی بعد از بحران نفتی ۱۹۷۳مفهوم امنیت انرژی را محدود به»امنیت عرضه انرژی»تعریف و به ادبیات اقتصادی وارد کردند. به‌عنوان مثال بیلکی[۲](۲۰۰۲)»عرضه مطمئن و کافی انرژی با قیمت‌های معقول»را امنیت انرژی می‌داند. ثبات اقتصادی و امنیت ملی هر کشوری وابسته به کارکرد مؤثر و مقاوم بودن سیستم انرژی آن کشور و در یک کلام به امنیت انرژی، وابسته است. آن‌چه که در بحث انرژی اهمیت دارد، آن است که اگر یک تصویر جامع و کامل ازسیستم انرژی داشته باشیم، بحث امنیت انرژی و مقاوم‌سازی سیستم انرژی را بهتر و کامل‌تر می‌توان دنبال نمود[۳].

تعریفی که توسط مرکز مطالعات انرژی انگلستان[۴] برای سیستم انرژی یک کشور ارائه شده، عبارت است از: مجموعه‌ای ازتکنولوژی‌ها، زیرساخت‌های فیزیکی، نهادها، سیاست‌ها و تکنیک‌هایی که در یک کشوروجود دارد و این امکان را فراهم می‌آورد که خدمات انرژی به مصرف‌کنندگان نهایی انرژی تحویل داده شود.»این تعریف همه ابعاد سیستم انرژی اعم ازمنابع انرژی، زیرساخت‌ها و تکنولوژی‌ها و نهایتاً سیاست‌ها و نهادهایی را پوشش می‌دهد که می‌تواند بر سیستم تأثیرگذار باشد. این تعریف همچنین همه مراحلی را که در مسیر چرخه عرضه انرژی واقع شده است، مانند استخراج منابع تجدیدناپذیر، تولید، تبدیل انرژی، حمل

---

۱. ۳۱ خلیل، حسن، کتاب سیستم‌های غیرخطی، ترجمه منتظرغلامعلی، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۸۰

2. Bielecki, j

۳. نوراحمدی و پادام، ۱۳۹۵

4. UK Energy Research Center

ونقل، انتقال، ذخیره‌سازی، توزیع و مصرف نهایی را در برمی‌گیرد. با ترکیب مفاهیم سیستم انرژی و مقاوم‌سازی می‌توان مقاوم بودن سیستم انرژی را تعریف نمود. مرکز مطالعات انرژی انگلستان، مقاوم بودن سیستم انرژی را اینگونه تعریف می‌کند:"ظرفیت یک سیستم برای تحمل اختلال و تداوم تحویل خدمات انرژی ارزان به مصرف‌کنندگان.» به‌دلیل آنکه مقرر است سیستم انرژی درنهایت به مصرف‌کننده نهایی خدمت برساند، اگردر مقابل مخاطرات از خود مقاومت نشان دهد و عملکرد خود را حفظ کند، یک سیستم مقاوم خواهد بود. بنابراین سیستم مقاوم، قادر است بعد از وقوع شوک، به سرعت بهبود یابد و در وضعیت‌های مختلف، ابزارهای جایگزین را برای تأمین انرژی مورد نیاز مصرف‌کنندگان فراهم نماید. به میزانی که این امکان برای سیستم وجود نداشته باشد، سیستم‌آسیب‌پذیر است و می‌تواند در مواجهه با مخاطرات، با اختلال مواجه شود[1].

۱-۵. عرضه و تقاضای گاز طبیعی

یکی از راه‌های استخراج توابع تقاضا استفاده از توابع مطلوبیت مستقیم است. این تابع را می‌توان به شکل زیرنوشت:

$$U = U(Q_1, Q_2, ...Q_n, I, Z)$$
$$\sum_{i=1}^{n} P_i Q_i \leq I$$

حداکثر مطلوبیت مصرف‌کننده با توجه به قید بودجه، مجموعه تقاضای مارشالی را برای هر کالای مصرف شده، توسط هر خانوار حاصل می‌کند(لیارد و والترز، ۱۳۷۷).

$$Q = Q(P_1, P_2, ...P_n, I, Z)$$

تابع تقاضای فوق را میتوان به شکل سادهی زیر نوشت:

$$Q_g = Q_g(P_g, P_s, P, I, Z)$$

g بیانگر گاز طبیعی و s نشانگر سایر انرژی‌های جانشین است و P نیزشاخص قیمت سایر کالاها و خدمات است.

با فرض همگنی درجه صفر تابع تقاضا می‌توان نوشت:

1. Chaudry, Modassar and et al. (2011)

$$Q_g = Q_g(\frac{P_g}{P}, \frac{P_s}{P}, \frac{I}{P}, Z)$$

بنابراین با شروع از نظریه ترجیحات مصرف‌کننده می‌توان به تابع تقاضایی رسید که بستگی به قیمت خود کالا، قیمت جانشین‌ها و درآمد بر حسب ارقام حقیقی دارد. تأثیر سایر عوامل یعنی Z را نیز می‌توان به صورت صریح در نظر گرفت. شکل عبارت نهایی می‌تواند به گونه‌های کاملاً متفاوتی باشد. Qg می‌تواند مصرف کل، مصرف خانوار یا مصرف سرانه باشد؛ تابع تقاضا می‌تواند خطی یا لگاریتمی خطی یا به شکل متعالی لگاریتمی باشد و می‌تواند حاوی متغیرهای وقفه‌دار باشد. Z نیز می‌تواند شامل قیدهای بخش عرضه مثل دستیابی و غیره باشد[۱].

تابع تقاضای گاز طبیعی را به‌صورت زیر می‌توان معرفی کرد:[۲]

$$E = f(p, y, z)$$

E: مصرف انرژی

p: بردار قیمت نسبی

y: درآمد مصرف‌کننده

z: سایر متغیرها از جمله شرایط آب و هوایی، عوامل جمعیتی و غیره.

عرضه گاز طبیعی تابعی از میزان ذخایر اثبات شده گاز طبیعی، ظرفیت تولید، نوع استخراج، سرمایه گذاری‌های انجام شده، هزینه تولید، هزینه حمل و نقل، ظرفیت انتقال، هزینه حفظ محیط‌زیست، تعداد و سطح رقابت بین عرضه‌کنندگان شرایط اقتصادی و سیاسی در کشورهای عرضه‌کننده و سایر عوامل می‌باشد[۳].

موازنه تولید و مصرف گاز طبیعی از جمله عوامل اصلی در تاب‌آوری سیستم گازرسانی می‌باشد. به‌طوری‌که در صورت مازاد تولید بر مصرف گاز طبیعی، امکان تداوم پایدار گازرسانی با فرض عدم هرگونه اخلال در سیستم گازرسانی، میسر خواهد بود. توان تولید و ظرفیت انتقال گاز طبیعی جهت عرضه پایدار گاز طبیعی از یکسو و میزان مصرف و تعداد مشترکین گاز طبیعی از سوی دیگر تاب‌آوری سیستم گازرسانی را تحت تاثیر قرار می‌دهند. لذا در این مقاله، از

۱. امامی‌میبدی و همکاران، ۱۳۸۹

۲. اولسن و رولاند، ۱۹۸۸

۳. ابونوری و غفوری، ۱۳۹۰

تلفیق عوامل موثر بر عرضه و تقاضای گاز طبیعی از جمله قیمت واقعی گاز طبیعی، طول خطوط سراسری انتقال گاز طبیعی، سهم مصرف گاز طبیعی در بخش خانگی از کل تولید و تعداد مشترکین گاز طبیعی به‌عنوان متغیرهای مستقل و نمای لیاپانوف به‌عنوان متغیر وابسته (شاخص تاب‌آوری) جهت طراحی مدل برآوردی، به منظور بررسی اثر آزادسازی قیمت گاز طبیعی بر تاب‌آوری سیستم گازرسانی در ایران استفاده شده است.

۲. مطالعات تجربی

با توجه به اینکه در رابطه با اثر حذف یارانه انرژی (آزادسازی قیمت‌ها) بر متغیرهای اقتصادی از جمله تقاضای خانوارها و تولید ناخالص داخلی و رفاه اجتماعی مطالعات متعددی مطرح شده است و همچنین در رابطه با تاب‌آوری اقتصادی و رشد اقتصادی نیز در سال‌های اخیر مطالعات گسترده‌ای انجام شده است. بنابراین در این بخش از مقاله، هم به برخی مطالعات مرتبط با تاب‌آوری و هم به برخی مطالعات پیرامون اثر حذف یارانه انرژی بر متغیرهای اقتصادی به تفکیک مطالعات انجام شده داخلی و خارجی اشاره می‌گردد.

۲-۱. مطالعات انجام شده داخلی

۲-۱-۱. مطالعات انجام شده داخلی مرتبط با موضوع تاب‌آوری

آماده و همکاران (۱۳۹۵) به مطالعهٔ تاب‌آوری اکوسیستم شهر تهران در برابر آلاینده‌های هوا با استفاده از بزرگترین نمای لیاپانوف پرداخته‌اند. به طوری که بزرگترین نمای لیاپانوف مثبت به معنی وجود آشوب و به تبع آن کاهش میزان تاب آوری سیستم می‌باشد. اطلاعات مورد استفاده در این پژوهش مربوط به شاخص کیفیت هوا (AQI) برای بازه زمانی ۱۳۹۴-۱۳۹۰ می‌باشد که به صورت میانگین روزانه و شامل ۱۸۲۶ داده می‌باشد نتایج حاصله نشانگر وجود آشوب در سری زمانی شاخص کیفیت هوا (AQI) می‌باشد. از نظر تاب آوری نیز اکوسیستم شهر تهران در برابر آلاینده‌های وارد شده از تاب آوری بالایی برخوردار نیست و توان کافی برای مقابله با شوک‌های وارده را ندارد. از این رو توجه به تاب آوری در تصمیم گیری‌های اقتصادی و مدیریت شهری، بسیار مهم است.

رستمی و همکاران (۱۳۹۰) در مقاله‌ای به بررسی رفتار قیمت سهام شرکت‌های پذیرفته شده در بورس تهران با تئوری آشوب پرداختند. آنها اطلاعات ۳۱ شرکت برای بازه زمانی

۱۳۸۸-۱۳۸۰ را مورد مطالعه قرار دادند و نمای لیاپانوف را با دو روش روزن‌اشتاین و تیلور تخمین زدند که هر دو روش تایید کننده وجود آشوب بوده‌اند.

بابازاده و همکاران (۱۳۸۹) با استفاده از تئوری آشوب و ماکزیمم نمای لیاپانوف، حساسیت نرخ ارز ایران نسبت به شرایط اولیه را در برابر دلار آمریکا، کانادا، پوند انگلیس، یورو اروپا و درهم امارات، دربازه زمانی ۱۳۷۱/۱/۵ تا ۱۳۸۶/۳/۲ مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج، حاکی از آن است که نرخ ریال ایران در برابر دلار آمریکا از حساسیت کمتری نسبت به شرایط اولیه برخوردار است و دوم اینکه از یک فرایند آشوبی تبعیت می‌کند.

معینی و همکاران(۱۳۸۵) در مقاله‌ای به بررسی آشوبناکی سری زمانی قیمت نفت در سال‌های ۲۰۰۰-۱۹۹۸ پرداخته‌اند و پس از آن برای پیش‌بینی قیمت نفت از ترکیب نمای لیاپانوف با تابع لجستیک بهره برده‌اند و مقدار نمای لیاپانوف را ۱/۲۵ به‌دست آورده‌اند.

مشیری و فروتن(۱۳۸۳) وجود آشوب در ساختار سیستم مولد قیمت نفت خام شاخص WTI را در بازه زمانی ۱۹۸۳ تا ۲۰۰۳ مورد بررسی قرار داده‌اند. آنها بدین منظور از نمای لیاپانوف و بعد همبستگی به‌عنوان آزمون‌های مستقیم آشوب و آزمون‌های BDS و شبکه عصبی به منظور مطالعه غیرخطی بودن این ساختار استفاده کرده‌اند. نمای لیاپانوف مثبت و مقدار بعد همبستگی حاصله نیز حدود ۰/۵ بوده است که این دو نشانگر آشوب در این سری زمانی می‌باشد.

۲-۱-۲. مطالعات انجام شده داخلی مرتبط با حذف یارانه انرژی

اسکندری و همکاران(۱۳۹۵) اثرات تعدیل قیمت حامل‌های انرژی بر اقتصاد ایران را با استفاده از جدول داده- ستاده مورد بررسی قرار داده و نتیجه‌گرفتند که بدلیل وابستگی زیاد بخش‌های حمل ونقل و صنایع و معادن به حامل‌های انرژی، میانگین رشد تولید در این بخش‌ها کاهش و در بخش کشاورزی افزایش داشته است.

بزازان و همکاران(۱۳۹۴) تاثیر هدفمندی یارانه انرژی برق بر تقاضای خانوارها به تفکیک شهر و روستا در ایران با استفاده از سیستم تقاضای تقریباً ایده‌آل و روش رگرسیون‌های به ظاهر نامرتبط (SUR) پرداخته‌اند و نتیجه گرفته‌اند انرژی برق برای خانوارهای شهری و روستائی کالای ضروری بوده و کشش قیمتی آن کمتر از واحد است لذا سیاست‌های قیمتی به تنهایی برای کاهش مصرف برق کارساز نبوده و ضروری است در کنار آن از سیاست‌های غیرقیمتی استفاده شود.

محمدی و همکاران (۱۳۹۰) تأثیر حذف یارانه انرژی بر تولید ناخالص ملی در ایران را با استفاده از روش خودرگرسیون برداری (VAR) مورد مطالعه قرار دادند. نتیجه این مطالعه نشان می‌دهد که در صورتی که افزایش قیمت بنزین و نفت‌گاز موجب کاهش مصرف این دو فرآورده نفتی شود، رشد تولید ناخالص ملی کمترخواهد شد، ولی اگر مصرف بنزین و نفت گاز کاهش نیابد، بر رشد تولید اثر نخواهد گذاشت. لازم به ذکر است که عدم واکنش مصرف‌کنندگان نسبت به افزایش قیمت این دو فرآورده می‌تواند تحت شرایط مختلفی در اقتصاد اتفاق بیفتد.

۲-۲. مطالعات انجام شده خارجی

۲-۲-۱. مطالعات انجام شده خارجی مرتبط با موضوع تاب‌آوری

سالینی و پرز[1] (۲۰۱۵) در مقاله‌ای به بررسی آشوبناکی آلاینده ذرات کمتر از ۲/۵ میکرون (PM_{25})در شهر سانتیاگو شیلی پرداختند. بازه زمانی مورد مطالعه آنها سال‌های ۲۰۰۶-۲۰۰۰ بود. نتایج آنها نشانگر وجود آشوب و مقدار بزرگترین نمای لیاپانوف بین ۰/۳ و ۰/۵ بوده است.

اسپینوسا و گوریگویتا (۲۰۱۲) در پژوهشی به بررسی پایداری کشورهای حوزه یورو در مقابل بحران مالی سال ۲۰۰۷ پرداختند. آنها این پایداری را با محاسبه بزرگترین نمای لیاپانوف در طول چند سال محاسبه کردند و نتایج آنها نشانگر اقدامات مناسب و به موقع آلمان در مقابل این بحران‌ها بود و کوچکترین نماهای لیاپانوف برای آلمان و به تبع آن پایدارترین اقتصاد هم برای آن کشور بوده است.

روز[2] (۲۰۰۲) با بکارگیری مدل تعادل عمومی قابل‌محاسبه، تاب‌آوری اقتصادی آب منطقه‌ای پورتلند در ایالت اورگان آمریکا در برابرزمین لرزه شبیه‌سازی شده با پیش فرض ۶/۴ ریشتر و با قطعی آب برای مدت ۳ تا۹ هفته قبل و بعد از بازسازی برآورد شده است ونتایج نشان می‌دهد، وجود یک مکانیزم قیمتی در شرایط بحرانی می‌تواند در افزایش تاب‌آوری اقتصادی موثر باشد.

رجیانی، گراف و نیجکامپ[3] (۲۰۰۲) در مقاله خود به بررسی تاب‌آوری آلمان‌غربی در حوزه بازار کار پرداختند. آنها برای این منظور از نمای لیاپانوف بهره بردند. نتایج آنها نشانگر پایداری کم صنایع تولیدی و ساختمان‌سازی نسبت به سایر بخش‌ها بود.

1. Salini, G. A., & Pérez, P. (2015)
2. Rose(2002)
3. Reggiani, A., De Graaff, T., & Nijkamp, P. (2002)

۲-۲-۲. مطالعات انجام شده خارجی مرتبط با حذف یارانه انرژی

لین و جیانگ[1] (۲۰۱۰) به برآورد یارانه‌های انرژی و تاثیر اصلاح یارانه‌های انرژی در چین در قالب مدل CGE پرداختند. نتایج نشان داد که تحت سناریوی حذف کامل یارانه بدون بازتوزیع درآمد آن، رفاه اقتصادی، تولید ناخالص داخلی و اشتغال کاهش پیدا می‌کند و تحت سناریوی حذف کامل یارانه انرژی و بازتوزیع درآمد آن در اقتصاد آثار مثبتی وجود خواهد داشت.

ابوالعین و همکاران[2](۲۰۰۹) به بررسی تاثیر حذف یارانه فرآورده‌های نفتی در مصر با استفاده از مدل CGE پرداختند و نتیجه گرفتند که حذف یارانه انرژی نابرابری توزیع درآمد را کاهش می‌دهد و رفاه چارکهای ثروتمند بیشتر کاهش می‌یابد.

یوسف و ریسوسیودارمو[3](۲۰۰۷) در مقاله خود با عنوان ارزیابی اصلاح قیمت انرژی در اندونزی، اثرات حذف یارانه‌های انرژی، بر روی متغیرهای کلان اقتصادی کشور اندونزی را با توجه به مدل تعادل عمومی محاسبه و مورد ارزیابی قرار داده‌اند. نتایج ارزیابی نشان می‌دهد که در کوتاه مدت تولید ناخالص داخلی اسمی، مخارج واقعی خانوارها، واردات اسمی و واردات واقعی کاهش می‌یابند.

بر اساس مطالعات انجام شده داخلی و خارجی ترکیب دو موضوع تاب‌آوری و واقعی شدن قیمت گاز طبیعی به‌عنوان یکی از مهمترین حامل‌های انرژی در ایران یعنی" بررسی اثرآزادسازی قیمت گاز طبیعی برتاب‌آوری سیستم گازرسانی" از جمله مطالعات نخستین محسوب می‌گردد و دلیلی بر جدید بودن و نوآوری در مطالعه حاضر است.

۳. روش پژوهش

در این پژوهش، با استفاده از نمای لیاپانوف، تاب‌آوری سیستم توزیع گاز در ایران بر اساس مصارف روزانه در بخش خانگی طی دوره ۱۳۸۴ تا۱۳۹۶ محاسبه می‌گردد. برای محاسبه بزرگترین نمای لیاپانوف نیاز به محاسبه وقفه زمانی و بعد محاط است. برای محاسبه وقفه زمانی از دو روش تابع خودهمبستگی و تابع میانگین اطلاعات متقابل استفاده می‌شود. در

1. Lin, B. Jiang, Zh. (2010)
2. Aboulein, E-Laithy, Kheir-E-Din, H.(2009)
3. Yusuf, A., & Resosudarmo. B. (2007)

روش میانگین اطلاعات متقابل علاوه بر همبستگی خطی، همبستگی و ساختار غیرخطی نیز محاسبه می‌گردد. ولی در روش خودهمبستگی فقط همبستگی خطی داده‌ها بررسی می‌شود. بنابراین در بررسی سری‌های زمانی غیرخطی، استفاده از میانگین اطلاعات متقابل مناسب‌تر است و این روش در سال ۱۹۸۶ توسط فریزر و سوییننی[1] برای انتخاب زمان تاخیر مناسب در تجزیه و تحلیل‌های غیرخطی معرفی شد.

برای محاسبه بعد محاط نیز از دو روش شمارش نزدیک‌ترین همسایگی کاذب و روش کائو استفاده می‌شود که روش کائو به دلیل حساسیت کمتر به نویز داده‌ها و امکان استفاده با داده‌های کم، مناسب‌تر است.

برای محاسبه بزرگ‌ترین نمای لیاپانوف نیز از روش روزن‌اشتاین استفاده می‌گردد که نسبت به روش ولف، معتبرتر است.

اگر $\{x_1, x_2, ...x_N\}$ یک سری زمانی مورد بررسی با حجم N باشد و x_i به صورت $x_i = [x_i, x_{i+j}, ..., x_{i+(m-1)j}]$ تعریف شود، آنگاه $X = [X_1, X_2, ..., X_M]^T$ یک ماتریس $M \times m$ است که در آن $M = N - (m-1)j$. اگر کوچکترین فاصله بین نقطه X_j و نزدیک‌ترین همسایگی این نقطه یعنی برابر $d_j(0)$ باشد، در این صورت: $d_j(0) = \min_{\hat{X_j}} \|X_j - X_{\hat{j}}\|$ که در آن $\|.\|$ نرم اقلیدسی است. دراین صورت بزرگترین نمای لیاپونوف به صورت زیر تعریف می‌شود(مشیری، ۱۳۸۱):

(۹)

$$\lambda_{\max}(i) = \frac{1}{i\Delta t}\frac{1}{(M-i)}\sum_{j=1}^{M-i}\ln(\frac{d_j(i)}{d_j(0)}$$

که در ان Δt فاصله زمانی نمونه مورد مطالعه و $d_j(i)$ بیانگر کوچکترین فاصله بین X_j و نزدیک‌ترین همسایگی این نقطه بعد از i مرحله زمانی می‌باشد، یعنی $i\Delta t$.

λ ، می‌تواند مقادیر مثبت، منفی و صفر را به شرح ذیل اختیار کند:

۱. اگر $\lambda < 0$ آنگاه یک نقطه ثابت یا یک چرخه متناوب پایدار خواهیم داشت. به‌عبارت دیگر، تمام نقاط اولیه انتخابی، به سمت یک نقطهٔ ثابت یا چرخهٔ متناوب، همگرا خواهند شد. به این سیستم‌ها، پایدارمجانب[2] اطلاق می‌شود. با افزایش منفی

1. Fraser and Swinney
2. Asymptotic Stability

($\lambda \to \infty$)، پایداری سیستم افزایش می‌یابد، به طوری‌که برای $\lambda = \infty$، یک نقطهٔ ثابت یا یک چرخهٔ متناوب فوق پایدار[1] وجود دارد.

۲. اگر $\lambda = 0$ باشد، سیستم فقط حول یک نقطهٔ ثابت نوسان می‌کند. در این حالت، هر نقطهٔ اولیهٔ انتخابی، حول یک چرخهٔ حدی پایدار نوسان می‌کند. این نوع سیستم موسوم به پایدار لیاپانوف[2] است.

۳. اگر $\lambda > 0$ هیچ نقطهٔ ثابت و یا چرخهٔ متناوب پایداری وجود ندارد. در حقیقت، نقاط ناپایدار[3] ولی سیستم کران‌دار و آشوبناک است. در این حالت، به دلیل حساسیت بالا به شرایط اولیه، مسیرهای نزدیک به‌هم به‌سرعت واگرا می‌شوند[4].

پس از محاسبه نمای لیاپانوف، به‌منظور تحلیل آماری داده‌ها، آماره‌های توضیحی متغیرها بررسی و با استفاده از مجموعه آزمون‌های معرفی‌شده وضعیت مانایی و درجه انباشتگی متغیرها آزمون می‌شود. برای این منظور از آزمون‌های ریشه واحد داده‌های سری زمانی استفاده می‌گردد. و در مرحله بعد، الگوی VAR [5] برآورد می‌گردد.

با استفاده از رویکرد خود رگرسیون برداری (VAR) رابطه میان متغیرها در الگوی (۱) مورد بررسی قرار می‌گیرد؛ به‌طوری‌که الگوی VAR(P) برای الگوی (۱) را می‌توان به‌صورت زیر معرفی نمود:

$$X_t = \mu + \Gamma_1 X_{t-1} + \Gamma_2 X_{t-2} + \cdots . + \Gamma_p X_{t-p} + \varepsilon_t \qquad (۱)$$

در معادله (۱)، $X_t = (E, P, L, S, T)$ یک بردار ستونی (5x1)، μ عرض ازمبداء، Γ_i بردار پارامتر (5x5) به‌طوریکه i=۱,۲,...p و در نهایت بردار ε_t جزء اخلال گوسی است.

متغیرهای مدل در معدله(۱) عبارتند از:

E: نمای لیاپانوف (شاخص تاب‌آوری)

P: قیمت واقعی گاز طبیعی در بخش خانگی

L: طول خطوط لوله گاز طبیعی

S: سهم مصرف گاز طبیعی در بخش خانگی از کل تولید

---

1. Super Stable
2. Lyapunov Stability
3. Unstable

۴. معینی و همکاران، ۱۳۸۵

5. Vector Auto regression44

T: تعداد مشترکین گاز طبیعی

فرآیند تشخیص در مدل (VAR) به‌طورکلی عبارت است از تعیین متغیرهای مناسب و همچنین تعیین تعداد وقفه‌های مناسب که می‌بایست در مدل وارد شوند. به‌منظور تعیین وقفه بهینه مدل نیز از آزمون‌های تعیین طول وقفه استفاده می‌شود. در این راستا ابتدا الگوی VAR برآورد و سپس با استفاده از تجزیه واریانس (VDCs) و توابع عکس‌العمل آنی (IRFs) پویایی‌های برون نمونه‌ای مورد بررسی قرار می‌گیرد و درنهایت با به‌کارگیری روش هم انباشتگی جوهانسن- یوسلیوس و الگوی تصحیح خطای برداری (VECM) اثرآزادسازی قیمت گاز طبیعی بر تاب‌آوری سیستم گازرسانی مورد تجزیه و تحلیل واقع می‌گردد.

۴. یافته‌های پژوهش

در این قسمت با تعریف تعدادی متغیر و با استفاده از مدل خود رگرسیون برداری (VAR) تاثیر آزادسازی قیمت گاز طبیعی بر تاب‌آوری سیستم گازرسانی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

محدوده تحقیق مبتنی بر داده‌های فصلی بازه زمانی ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۶ در ایران می‌باشد. لازم به ذکر است به دلیل فصلی بودن داده‌ها و حذف عامل فصلی؛ ابتدا متغیرها فصلی زدایی شده و هدف از فصلی زدایی خارج کردن حرکات فصلی سیکلی از متغیرها می‌باشد که در اینجا از روش میانگین متحرک[1] استفاده‌شده است. سپس به جهت همگن‌سازی متغیرها و همچنین نرمال نمودن متغیرها، کلیه متغیرهای الگو به فرم لگاریتمی استفاده می‌گردد.

داده‌های موردبررسی در این قسمت شامل نمای لیاپانوف (نماد تاب‌آوری)، قیمت واقعی گاز طبیعی، طول خطوط لوله گاز طبیعی، سهم مصرف گاز طبیعی در بخش خانگی از کل تولید و تعداد مشترکین گاز طبیعی به‌شرح جدول (۱) می‌باشند:

1. Moving Average Methods45

جدول ۱. متغیرهای مورد استفاده در مدل به‌صورت فصلی از سال ۱۳۸۴تا ۱۳۹۶

E	P	L	S	T
نمای لیاپانوف (نماد تاب‌آوری سیستم توزیع گاز طبیعی در ایران)	قیمت واقعی گاز طبیعی(متوسط قیمت واقعی دربخش خانگی)(واحد:ریال به ازای هرمترمکعب)	طول خطوط لوله گاز طبیعی(واحد: هزارکیلومتر)	سهم مصرف گاز طبیعی در بخش خانگی از کل تولید(واحد:درصد)	تعداد مشترکین گاز طبیعی (واحد:میلیون مشترک)
۰٫۰۰۵۹	۲	۲۶٫۸۷	۰٫۵۳	۸٫۴۶
۰٫۰۰۷۳	۱٫۹	۲۷٫۰۲	۰٫۲۳	۸٫۶۶
۰٫۰۰۶۷	۱٫۸	۲۷٫۳۷	۰٫۱۲	۸٫۸۵
۰٫۰۰۱۳	۱٫۷	۲۷٫۶۲	۰٫۴۲	۹٫۰۵
۰٫۰۰۶۶	۱٫۷	۲۷٫۹۸	۰٫۶۰	۹٫۲۴
۰٫۰۰۷۲	۲٫۲	۲۸٫۰۴	۰٫۳۰	۹٫۴۸
۰٫۰۱۰۴۸	۲٫۱	۲۸٫۳۶	۰٫۱۵	۹٫۷۱
۰٫۰۰۳۴	۲٫۰	۲۸٫۵۴	۰٫۴۴	۹٫۹۴
۰٫۰۰۶۷	۱٫۸	۲۸٫۹۵	۰٫۶۲	۱۰٫۱۸
۰٫۰۰۸۴	۱٫۶	۲۹٫۰۷	۰٫۲۳	۱۰٫۴۲
۰٫۰۰۶۹	۱٫۵	۲۹٫۶۰	۰٫۱۴	۱۰٫۶۷
۰٫۰۰۳۸	۱٫۴	۲۹٫۹۲	۰٫۳۹	۱۰٫۹۲
۰٫۰۰۵۸	۱٫۳	۳۰٫۹۲	۰٫۵۲	۱۱٫۱۷
۰٫۰۰۸۸	۱٫۳	۳۰٫۹۷	۰٫۲۸	۱۱٫۴۵
۰٫۰۰۹۷	۱٫۳	۳۱٫۳۳	۰٫۱۴	۱۱٫۷۴
۰٫۰۰۵۸	۱٫۳	۳۱٫۴۶	۰٫۳۹	۱۲٫۰۳
۰٫۰۰۵۷	۱٫۲	۳۱٫۹۲	۰٫۴۸	۱۲٫۳۲
۰٫۰۰۶۲	۱٫۶	۳۱٫۹۳	۰٫۲۶	۱۲٫۴۱
۰٫۰۰۸۷	۱٫۶	۳۲٫۲۵	۰٫۱۴	۱۲٫۵۴
۰٫۰۰۶۴	۱٫۶	۳۲٫۳۵	۰٫۳۶	۱۲٫۹۹
۰٫۰۰۶۱	۵٫۹	۳۳٫۲۶	۰٫۵۳	۱۳٫۴۶
۰٫۰۰۶	۶٫۱	۳۳٫۲۸	۰٫۲۶	۱۳٫۷۱
۰٫۰۰۸۷	۶٫۰	۳۳٫۳۱	۰٫۱۵	۱۴٫۰۲
۰٫۰۰۵۵	۵٫۸	۳۳٫۳۳	۰٫۴۱	۱۴٫۴۹
۰٫۰۰۵۹	۵٫۷	۳۳٫۳۷	۰٫۵۵	۱۴٫۸۹

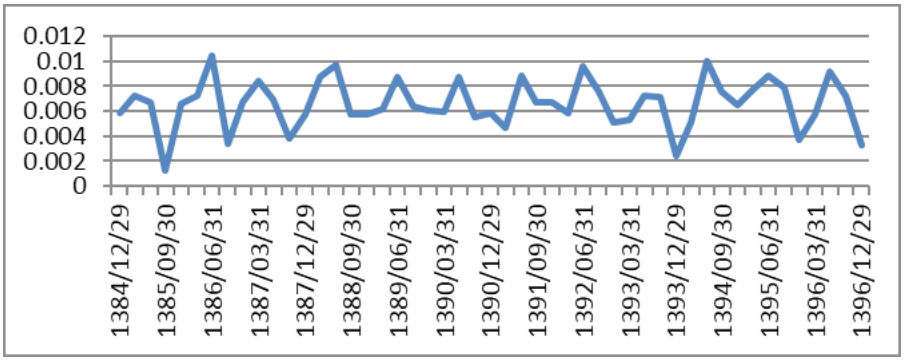
E	P	L	S	T
نمای لیاپانوف (نماد تاب‌آوری سیستم توزیع گاز طبیعی در ایران)	قیمت واقعی گاز طبیعی(متوسط قیمت واقعی دربخش خانگی)(واحد:ریال به ازای هرمترمکعب)	طول خطوط لوله گاز طبیعی(واحد: هزارکیلومتر)	سهم مصرف گاز طبیعی در بخش خانگی از کل تولید(واحد:درصد)	تعداد مشترکین گاز طبیعی (واحد:میلیون مشترک)
۰٫۰۰۴۷	۵٫۰	۳۳٫۳۷	۰٫۲۷	۱۵٫۱۱
۰٫۰۰۸۹	۴٫۸	۳۳٫۴۶	۰٫۱۵	۱۵٫۴۱
۰٫۰۰۶۷	۴٫۵	۳۳٫۵۰	۰٫۳۷	۱۵٫۸۹
۰٫۰۰۶۷	۴٫۴	۳۳٫۶۱	۰٫۵۲	۱۶٫۳۲
۰٫۰۰۵۹	۴٫۵	۳۳٫۶۳	۰٫۲۶	۱۶٫۵۶
۰٫۰۰۹۶	۴٫۲	۳۳٫۶۵	۰٫۱۳	۱۶٫۸۸
۰٫۰۰۷۶	۴٫۰	۳۳٫۶۶	۰٫۳۶	۱۷٫۳۵
۰٫۰۰۵۱	۳٫۹	۳۳٫۷۶	۰٫۵۲	۱۷٫۷۵
۰٫۰۰۵۳	۵٫۱	۳۳٫۷۸	۰٫۲۲	۱۷٫۹۶
۰٫۰۰۷۳	۴٫۹	۳۳٫۸۸	۰٫۱۲	۱۸٫۲۴
۰٫۰۰۷۱	۴٫۷	۳۳٫۹۱	۰٫۳۶	۱۸٫۶۵
۰٫۰۰۲۴	۴٫۶	۳۴٫۰۴	۰٫۴۵	۱۹٫۰۶
۰٫۰۰۵۱	۴٫۸	۳۴٫۰۵	۰٫۲۱	۱۹٫۲۴
۰٫۰۱۰۰۲	۴٫۷	۳۴٫۱۴	۰٫۱۱	۱۹٫۴۹
۰٫۰۰۷۶	۴٫۵	۳۴٫۱۹	۰٫۳۳	۱۹٫۸۶
۰٫۰۰۶۵	۴٫۵	۳۴٫۴۱	۰٫۴۴	۲۰٫۲۱
۰٫۰۰۷۸	۵٫۰	۳۴٫۴۷	۰٫۲۲	۲۰٫۳۹
۰٫۰۰۸۹	۴٫۹	۳۴٫۶۲	۰٫۱۰	۲۰٫۶۱
۰٫۰۰۷۹	۴٫۸	۳۴٫۷۴	۰٫۳۲	۲۰٫۹۶
۰٫۰۰۳۷	۴٫۷	۳۵٫۱۳	۰٫۴۵	۲۱٫۳۲
۰٫۰۰۵۸	۴٫۱	۳۵٫۲۰	۰٫۲۰	۲۱٫۴۸
۰٫۰۰۹۲	۴٫۱	۳۵٫۴۸	۰٫۱۱	۲۱٫۷۰
۰٫۰۰۷۳	۳٫۹	۳۵٫۶۹	۰٫۲۹	۲۲٫۰۷
۰٫۰۰۳۳	۳٫۸	۳۶٫۳۰	۰٫۴۰	۲۲٫۴۳

مأخذ: گزارش آماری مدیریت گازرسانی شرکت ملی گاز ایران

۵. محاسبات محقق

لازم به‌توضیح است با توجه به اینکه قیمت گاز طبیعی به‌صورت پلکانی آنهم به‌صورت تابعی از میزان مصرف در مناطق مختلف آب و هوایی در ماه‌های سرد و گرم سال می‌باشد، لذا متوسط قیمت گاز طبیعی در بخش خانگی توسط مدیریت گازرسانی شرکت ملی گاز ایران با در نظر گرفتن شرایط مذکور، محاسبه و اعلام می‌گردد. قیمت واقعی گاز طبیعی در بخش خانگی، از نسبت متوسط قیمت گاز طبیعی در بخش خانگی به شاخص قیمت مصرف‌کننده (سال پایه ۱۳۹۰) در زیرشاخه مسکن، آب، برق، گاز و سایر سوخت‌ها از گروه اصلی، حاصل شده است.

به منظور محاسبه نمای لیاپانوف، ابتدا وقفه زمانی بر اساس روش میانگین اطلاعات متقابل و بعد محاط بر مبنای روش کائو محاسبه شده و سپس با استفاده از روش روزنشتاین، نمای لیاپانوف تعیین می‌گردد. بر اساس محاسبات انجام شده مثبت بودن نمای لیاپانوف، آشوبناکی مصرف گاز طبیعی و نیز عدم تاب‌آوری سیستم توزیع گاز طبیعی را نشان می‌دهد. در ضمن، نوسان نمای لیاپانوف در طی دوره مورد مطالعه در فصول مختلف سال‌های ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۶ بیانگر تغییر در تاب‌آوری سیستم گازرسانی است.



مأخذ: محاسبات محقق

نمودار ۳. اطلاعات مربوط به نمای لیاپانوف برحسب فصول مختلف(۱۳۸۴ تا ۱۳۹۶)

۵-۱. آزمون‌های ریشه واحد

در اغلب مطالعات سری‌های زمانی، وجود ریشه واحد در متغیرهای سری‌های زمانی ممکن است منجر به برآورد رگرسیون کاذب شود و از این‌رو نتایج به‌دست‌آمده قابل‌اتکا نباشد. آزمون مانایی برای جلوگیری از رگرسیون‌های کاذب انجام می‌شود؛ لذا متغیرها در مدل باید مانا باشند در غیر این صورت بایستی از تفاضل متغیرها که معمولا مانا هستند استفاده نمود. یک متغیر وقتی ماناست که میانگین، واریانس و ضریب خودهمبستگی آن در طول زمان ثابت بماند.

به هنگام تجزیه و تحلیل؛ خواص آماری متغیرها از اهمیت بالایی برخوردار است. درواقع روش هم انباشتگی سازگاری میان خواص آماری متغیرهای دستگاه VAR را با تئوری، آزمون می‌کند. متغیرهای اقتصادی عموماً نامانا و دارای روند تصادفی می‌باشند. ترکیب خطی سری‌های نامانا نیز در حالت کلی یک سری نامانا است؛ اما هم انباشتگی یک استثناء برای این قاعده عمومی محسوب شده و ارتباط نزدیکی با تئوری اقتصادی دارد؛ زیرا تئوری اقتصادی متضمن مانابودن ترکیبی از متغیرهای اقتصادی (نامانا) می‌باشد. به همین دلیل لازم به ذکر است آزمون‌های متعددی نظیر فولر تعمیم‌یافته (۱۹۷۹) (ADF)[1]، فیلیپس- پرون(PP)، الیوت- روتنبرگ و استاک(ERS)، انجی و پرون (NP)، کیواتسکاسکی- فیلیپس- اشمیت و شین(KPSS) برای آزمون ریشه واحد مورداستفاده قرار می‌گیرند اما تغییرات و شکست ساختاری در سری‌های زمانی با این‌گونه از آزمون‌ها رابطه نزدیکی دارد به‌طوری‌که در صورت وجود شکست ساختاری در سری‌های زمانی این دسته از آزمون‌ها در رابطه با پذیرش فرضیه صفر تورش خواهند داشت. لذا بر اساس مطالعات برون(۱۹۸۹)، وجستنک و پرون (۱۹۹۸)، زیوت و اندروز (۱۹۹۲)، بانرجی و همکاران (۱۹۹۲) آزمون ریشه واحد دیکی فولر تعمیم‌یافته با لحاظ شکست ساختاری پیشنهاد گردید که در مطالعه حاضر، از این آزمون جهت بررسی متغیرها مورداستفاده قرار می‌گیرد. نتایج آزمون در جدول (۴) گزارش شده و حاکی از آن است که تمامی متغیرهای با یک‌مرتبه تفاضل گیری مرتبه اول مانا گردید. به‌عبارت‌دیگر متغیرهای مزبور انباشته از مرتبه اول و یا I(۱) است. همچنین با توجه به فصلی بودن متغیرها از آزمون HEGY نیز استفاده شد که نتایج آن در جدول (۲) منعکس شده است.

1. Augmented Dickey Fuller (1979)

جدول ۲- آزمون‌های ریشه واحد دیکی- فولرتعمیم یافته ADF

نام متغیر	constant and trend	constant	نتیجه آزمون
LESA	-۳,۲۱۵ (۶)	-۲,۷۱۱ (۷)	نامانا
LPSA	-۱,۹۱۶ (۰)	-۱,۴۱۰ (۰)	نامانا
LLSA	-۲,۳۲۶ (۱)	-۱,۳۳۳ (۴)	نامانا
LSSA	-۲,۵۹۲ (۴)	-۰,۴۲۱ (۳)	نامانا
LTSA	-۲,۰۶۸۲ (۴)	-۲,۱۳۲ (۴)	نامانا
تفاضل مرتبه اول			
Δ (LESA)	-۱۲,۳۱۳(۲)++		مانا
Δ (LPSA)	-۶,۷۵۰۸(۰)++		مانا
Δ (LLSA)	-۱۰,۶۰۹ (۰) ++		مانا
Δ (LSSA)	-۶,۰۹۸۹ (۰)++		مانا
Δ (LTSA)	-۶,۴۲۵۷(۲)++		مانا

مأخذ: محاسبات محقق

تذکر: علامت++ نشان‌دهنده سطح معنی‌داری در سطح یک درصد را نشان می‌دهد. اعداد داخل پرانتز تعداد وقفه بهینه می‌باشد؛ که برای تعیین تعداد وقفه‌ها از ضابطه شوارتز استفاده‌شده است.

حرف L نشان‌دهنده لگاریتم طبیعی و نماد SA نشان‌دهنده تعدیل فصلی می‌باشد.

جدول ۳. آزمون ریشه واحد HEGY

نام متغیر	آماره	P-Value	نتیجه آزمون
LESA	-۳/۰۳۲	۰/۱۱۲۵	نامانا
DLESA	-۴/۴۴۵	۰/۰۱۰۲	مانا
LPSA	-۱/۴۸۴	۰/۴۹۶۹	نامانا
DLPSA	-۲/۸۱	۰/۰۵۵	مانا
LLSA	-۱/۲۳۷	۰/۸۸۸	نامانا
DLLSA	-۳/۲۲۵	۰/۰۷۹	مانا
LTSA	-۰/۰۴۰۶	۰/۹۹۹	نامانا
DLTSA	-۲/۷۹۹	۰/۰۱۸	مانا
LSSA	-۲/۸۳۲	۰/۱۷۹	نامانا
DLSSA	-۲/۹۶	۰/۰۴۴	مانا

مأخذ: محاسبات محقق

۵-۲. تعیین وقفه بهینه متغیرهای مدل

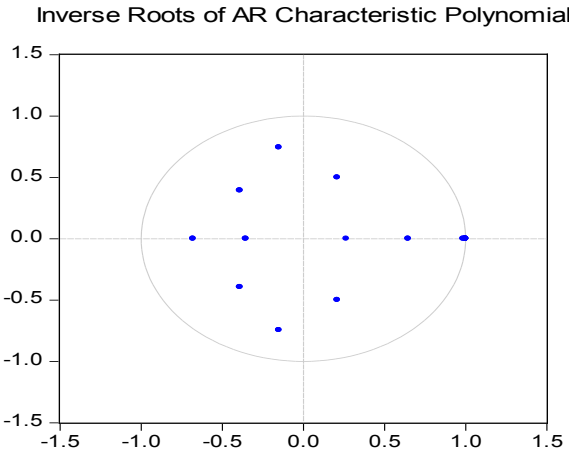
در این مرحله می‌بایست فاصله مناسب و به‌اندازه کافی طولانی را که وقفه بهینه خارج این فاصله قرار نگیرد، انتخاب نمود.

جدول ۴. آماره‌های آزمون و معیارهای انتخاب در درجه دستگاه طول وقفه

طول وقفه / معیار	LR	FPE	AIC	SC	HQ
۰	.	۰/۰۰۰۰۰۳	-۰/۶۹۲	-۰/۴۹۱	-۰/۶۱۷
۱	*۱۶۶/۳۱	*۰/۰۰۰۰۰۰۰۱	-*۳/۸۴۵	*-۲/۶۴۱	-*۳/۳۹۶
۲	۲۳/۶۵	۰/۰۰۰۰۰۰۰۲	-۳/۴۳۰	-۱/۱۲۲	-۲/۶۰۷

مأخذ: یافته‌های تحقیق

بر اساس معیارهای مذکور در جدول (۴) طول وقفه بهینه یک انتخاب می‌گردد.



مأخذ: یافته‌های تحقیق

نمودار ۵. ریشه‌های معکوس چندجمله‌ای مشخص خودرگرسیون (آزمون پایداری VAR)

در نمودار (۴) ملاحظه می‌گردد که مدل VAR بر اساس وقفه (۱) I پایدار می‌باشد.

۵-۳. نتایج حاصل از آزمون‌های هم انباشتگی

ازآنجاکه متغیرهای الگو دارای درجه انباشتگی یکسان (۱) I هستند، برای تشخیص وجود رابطه تعادلی بلندمدت میان متغیرهای مدل از آزمون هم انباشتگی و برای انجام این آزمون از روش یوهانسون- یوسیلیوس استفاده شده است. جهت اجتناب از رگرسیون کاذب، در جداول (۵) و (۶) نتایج دو آزمون اثر[1] و آزمون حداکثر مقدار ویژه[2] جهت وجود روابط هم انباشتگی به ازای طول وقفه بهینه آورده شده است. همان‌طورکه مشاهده می‌گردد؛ هردو آزمون وجود روابط هم انباشتگی بین نمای لیاپانوف (E) و سایر متغیرهای تعیین‌کننده آن در سطح معنی‌داری ۵ درصد را تایید می‌نماید. با توجه به هردو آزمون، دقیقا یک بردار همگرایی وجود دارد و می‌توان کلیه متغیرها را وارد مدل نمود و رابطه بلندمدت بین متغیرها را تخمین زد.

1. .Trace test
2. .Maximal eigenvalue

جدول ۵. آزمون انباشتگی براساس هم آزمون اثر

فرضیه صفر	فرضیه مخالف	آماره آزمون	مقدار بحرانی در سطح ۵٪	Prob
r=۰	r=۱	۱۰۲/۰۵	۷۹/۳۴	۰/۰۰۰۴
r=>۱	r=۲	۴۳/۹۷	۵۵/۲۴	۰/۳۳۱۲
r=>۲	r=۳	۱۷/۰۸	۳۵/۰۱	۰/۸۶۸۱
r=>۳	r=۴	۷/۱۷	۱۸/۳۹	۰/۷۶۵۲
r=>۴	r=۵	۲/۵۵	۳/۸۴	۰/۱۱۰۱

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ۶. آزمون انباشتگی آزمون حداکثر مقدار ویژه

فرضیه صفر	فرضیه مخالف	آماره آزمون	مقدار بحرانی در سطح ۵٪	Prob
r=۰	r<۱	۵۸/۰۸	۳۷/۱۶	۰/۰۰۰۱
r=>۱	r<۲	۲۶/۸۹	۳۰/۸۱	۰/۱۴۰۱
r=>۲	r<۳	۹/۹۰	۲۴/۲۵	۰/۹۰۹۱
r=>۳	r<۴	۴/۶۲	۱۷/۱۴	۰/۹۲۸۴
r=>۴	r<۵	۲/۵۳	۳/۸۴	۰/۱۱۰۱

مأخذ: یافته‌های تحقیق

۵-۴. برآورد الگو و تحلیل نتایج تجزیه‌وتحلیل واریانس و تابع عکس‌العمل آنی

در این بخش به برآورد دستگاه VAR و استفاده از روش‌های تجزیه واریانس خطای پیش‌بینی (VDCs) و توابع عکس‌العمل آنی (IRFs) می‌پردازیم. در مدل VAR هدف تعیین روابط

متقابل بین متغیرهاست نه برآورد پارامترها. تجزیه و تحلیل اثرات متقابل پویا از تکانه‌های ایجادشده در الگو با استفاده از روش‌های تجزیه واریانس و توابع عکس‌العمل آنی صورت می‌گیرد. روش تجزیه واریانس خطای پیش‌بینی (VDCs) قدرت نسبی زنجیره علیت گرنجر یا درجه برون‌زایی متغیرهای ماوراء نمونه را اندازه‌گیری می‌کند؛ لذا تجزیه‌وتحلیل واریانس را می‌توان علیت گرنجر خارج از نمونه نام‌گذاری کرد. در این روش سهم تکانه‌های واردشده بر متغیرهای الگو در واریانس خطای پیش‌بینی یک متغیر در کوتاه‌مدت و بلندمدت مشخص می‌گردد. به‌طور مثال اگر متغیری مبتنی بر مقادیر با وقفه خود به‌طور بهینه قابل پیش‌بینی باشد، آنگاه واریانس خطای پیش‌بینی تنها بر اساس تکانه وارد برآن متغیر شرح داده می‌شود. توابع عکس‌العمل آنی، رفتار پویای متغیرهای دستگاه را در طول زمان به هنگام تکانه وارد به‌اندازه یک انحراف معیار نشان می‌دهد. با استفاده از توابع عکس‌العمل آنی پاسخ پویای دستگاه به تکانه واحد اعمال‌شده از سوی هریک از متغیرها مشخص می‌گردد.

۵-۵. نتایج تجزیه و تحلیل واریانس (VDCs)

در جدول (۷) تفکیک خطای پیش‌بینی متغیر نمای لیاپانوف را برای ۲۰ دوره (فصل) و سهم نوسان هر یک از متغیرهای دستگاه در واکنش به تغییرات متغیر مذکور در کوتاه‌مدت (فصل اول)، میان‌مدت (فصل پنجم) و بلندمدت (از فصل دوازدهم به بعد) نشان داده می‌شود.

نتایج حاصل از (VDCS) حاکی از آنست که به طورکلی نوسان‌های متغیر تاب‌آوری در افق‌های زمانی مختلف عمدتا از سوی تکانه‌های مربوط به خود این متغیر توضیح داده می‌شود. به‌طوریکه ۱۰۰ درصد واریانس خطای پیش‌بینی نمای لیاپانوف در دوره اول توسط خود متغیر توضیح داده می‌شود. این سهم در طول دوره‌های بعدی کاهش یافته ودر بلند مدت ۷۵/۸۱ می‌باشد. این در حالی است‌که قیمت گاز طبیعی در کوتاه‌مدت اثر بیشتری داشته و در بلندمدت سهم آن کاهش می‌یابد.

جدول ۷. تفکیک خطای پیش‌بینی متغیر نمای لیاپانوف

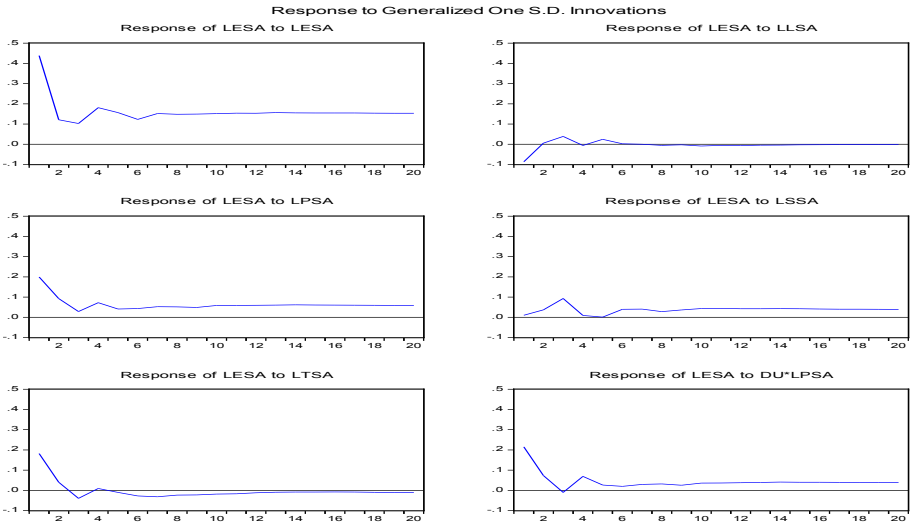
	.S.E	LESA	LLSA	LPSA	LSSA	LTSA	DU*LPSA
۱	۰٫۴۳۸۲۷۸	۱۰۰٫۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰۰۰
۲	۰٫۴۶۰۷۲۲	۹۷٫۳۸۸۳۲	۰٫۴۲۰۷۲۳	۱٫۲۱۳۲۹۹	۰٫۴۸۶۷۵۵	۰٫۲۵۰۰۳۹	۰٫۲۴۰۸۶۲
۳	۰٫۴۹۴۸۱۴	۸۸٫۷۳۸۸۶	۱٫۸۵۴۵۱۲	۱٫۰۶۶۶۵۱	۴٫۲۷۲۲۹۳	۳٫۵۸۶۲۷۹	۰٫۴۸۱۴۰۸
۴	۰٫۵۳۲۷۸۹	۸۸٫۰۶۴۷۸	۱٫۹۲۰۰۵۷	۰٫۹۲۵۱۶۳	۳٫۷۰۹۳۰۵	۴٫۹۲۴۵۸۱	۰٫۴۵۶۱۱۵
۵	۰٫۵۶۴۷۰۵	۸۶٫۰۸۲۲۴	۲٫۷۰۲۶۶۴	۰٫۹۶۰۹۴۹	۳٫۳۰۸۰۲۲	۶٫۲۳۶۳۴۰	۰٫۷۰۹۷۸۴
۶	۰٫۵۸۶۸۰۱	۸۴٫۰۹۵۲۶	۲٫۷۱۶۰۴۳	۰٫۹۰۶۵۴۹	۳٫۵۲۷۸۷۸	۷٫۹۴۹۳۴۲	۰٫۸۰۴۹۲۸
۷	۰٫۶۱۷۴۳۳	۸۲٫۰۱۹۶۰	۲٫۶۹۸۶۵۹	۰٫۸۵۳۶۰۳	۳٫۶۳۲۸۷۴	۱۰٫۰۰۷۷۶	۰٫۷۸۷۵۰۷
۸	۰٫۶۴۳۱۴۰	۸۰٫۸۹۶۸۰	۲٫۶۳۰۰۳۳	۰٫۸۲۲۱۴۵	۳٫۵۴۳۰۰۳	۱۱٫۲۹۱۵۱	۰٫۸۱۶۵۰۵
۹	۰٫۶۶۸۸۳۰	۷۹٫۷۷۷۲۱	۲٫۵۹۶۲۴۴	۰٫۸۱۳۵۷۷	۳٫۵۸۶۱۶۹	۱۲٫۳۰۷۸۸	۰٫۹۱۸۹۱۸
۱۰	۰٫۶۹۳۵۷۲	۷۸٫۹۴۸۰۴	۲٫۵۱۱۶۷۴	۰٫۷۶۴۷۶۱	۳٫۷۱۱۰۹۴	۱۳٫۱۳۶۱۵	۰٫۹۲۸۲۸۱
۱۱	۰٫۷۱۸۱۰۳	۷۸٫۲۳۵۴۸	۲٫۴۶۵۸۳۳	۰٫۷۲۰۹۹۹	۳٫۸۳۵۶۳۱	۱۳٫۸۰۹۱۰	۰٫۹۳۲۹۵۳
۱۲	۰٫۷۴۰۹۱۳	۷۷٫۷۷۳۱۸	۲٫۴۲۴۸۹۹	۰٫۶۸۳۹۵۷	۳٫۹۲۴۰۳۵	۱۴٫۲۵۴۳۰	۰٫۹۳۹۶۳۱
۱۳	۰٫۷۶۳۵۵۸	۷۷٫۴۲۵۳۸	۲٫۴۰۷۲۹۹	۰٫۶۴۹۳۶۰	۳٫۹۹۶۳۶۸	۱۴٫۵۷۷۲۱	۰٫۹۴۴۳۸۳
۱۴	۰٫۷۸۵۱۱۴	۷۷٫۱۳۳۷۲	۲٫۳۹۴۹۴۲	۰٫۶۱۵۹۰۰	۴٫۰۷۰۱۳۰	۱۴٫۸۴۶۱۲	۰٫۹۳۹۱۹۵
۱۵	۰٫۸۰۶۰۷۳	۷۶٫۸۵۶۶۸	۲٫۳۹۶۹۱۵	۰٫۵۸۶۶۵۲	۴٫۱۳۵۹۵۱	۱۵٫۰۸۸۹۲	۰٫۹۳۴۸۸۳
۱۶	۰٫۸۲۶۳۴۷	۷۶٫۶۳۵۲۳	۲٫۴۰۱۳۶۶	۰٫۵۶۰۹۱۷	۴٫۱۷۵۷۵۵	۱۵٫۲۹۶۲۲	۰٫۹۳۰۵۱۴
۱۷	۰٫۸۴۶۱۶۰	۷۶٫۴۲۶۰۹	۲٫۴۱۱۶۸۸	۰٫۵۳۸۱۲۱	۴٫۲۰۴۱۴۸	۱۵٫۴۹۱۳۶	۰٫۹۲۸۵۹۸
۱۸	۰٫۸۶۵۳۸۳	۷۶٫۲۱۶۶۴	۲٫۴۲۰۰۶۸	۰٫۵۱۷۴۸۸	۴٫۲۳۱۴۰۷	۱۵٫۶۸۷۶۸	۰٫۹۲۶۷۱۹
۱۹	۰٫۸۸۴۲۳۹	۷۶٫۰۰۹۱۱	۲٫۴۲۷۹۶۴	۰٫۴۹۹۲۴۰	۴٫۲۵۴۱۹۰	۱۵٫۸۸۳۷۵	۰٫۹۲۵۷۴۱
۲۰	۰٫۹۰۲۶۸۶	۷۵٫۸۱۴۸۱	۲٫۴۳۳۳۲۰	۰٫۴۸۲۹۴۵	۴٫۲۷۱۰۸۸	۱۶٫۰۷۲۰۷	۰٫۹۲۵۷۶۰
	Cholesky Ordering: LESA LPSA LLSA LSSA LASA						

مأخذ: یافته‌های تحقیق

۵-۶- نتایج توابع عکس‌العمل آنی (IRFs)

IRFS رفتار پویای متغیرهای الگو را به هنگام ضربه (یا تکانه) واحد هر جزء تصادفی معادله بر هریک از متغیرها در طول زمان نشان می‌دهد. این تکانه‌ها معمولاً به‌اندازه یک انحراف معیار

انتخاب می‌شوند؛ لذا به آن‌ها تکانه یا ضربه واحد می‌گویند. مبدأ مختصات یا نقطه شروع حرکت متغیر پاسخ، مقادیر مربوط به وضعیت اولیه و پایدار دستگاه (بدون حضور تکانه) است. با استفاده از تابع عکس‌العمل آنی پویایی دستگاه به تکانه واحد اعمال‌شده از سوی هر یک از متغیرهای دستگاه مشخص می‌گردد.



مأخذ: یافته‌های تحقیق

نمودار ۶. توابع عکس‌العمل آنی تعمیم‌یافته ناشی از تکانه وارد بر متغیر قیمت واقعی گاز طبیعی و اثر متغیرهای دستگاه

تکانه ناشی از قیمت واقعی گاز طبیعی (به‌اندازه یک انحراف معیار) به متغیر نمای لیاپانوف به‌عنوان شاخص تاب‌آوری سیستم توزیع گاز طبیعی، نشان می‌دهد که در کوتاه‌مدت نمای لیاپانوف کاهش و سپس افزایش می‌یابد، لیکن اثر آن در بلندمدت تقریباً ثابت می‌ماند.

۵-۷. سنجش اثر آزادسازی قیمت گاز طبیعی بر تاب‌آوری سیستم گازرسانی در ایران

با استفاده از الگوی تصحیح خطای برداری (VECM) مدل برآوردی در جدول (۸) نشان داده شده است. لازم به ذکر است از متغیر دامی برای نشان دادن اثر ازادسازی قیمت گاز طبیعی استفاده شده است به‌طوری‌که برای سال‌های قبل اجرای از قانون هدفمندی یارانه‌ها(۱۳۸۹)

DU صفر و برای سال‌های بعد از اجرای قانون هدفمندی یارانه‌ها(۱۳۸۹)، یک فرض شده است.

جدول ۸. نتایج برآورد بردار هم‌انباشتگی برای متغیرهای مدل

C (عرض از مبدا)	DU*LPSA	LTSA	LSSA	LPSA	LLSA	LESA
-۱۱۰/۹	-۱۰/۲۳	-۵/۴	-۱۲/۴	۵/۳	۲۳/۲	۱
	(۲/۱۵)	(۳/۳۵)	(۲/۶۹)	(۲/۲۵)	(۱۳/۸۳)	
	-۴/۷۴	-۱/۶۲	-۴/۶۱	۲/۳۵	۱/۶۸	آماره t

مأخذ: یافته‌های تحقیق
انحراف معیار؛ داخل پرانتز نشان داده شده است.

بر اساس نتایج حاصل از مدل که در جدول (۸) نشان داده شده است؛ قبل از اجرای قانون هدفمندی یارانه‌ها، قیمت گاز طبیعی با نمای لیاپانوف رابطه منفی دارد به‌طوری‌که در صورتی‌که قیمت گاز طبیعی یک درصد افزایش یابد، نمای لیاپانوف ۵/۳ درصد کاهش می‌یابد. بنابراین قیمت گاز طبیعی قبل از اجرای قانون هدفمندی یارانه‌ها با تاب‌آوری سیستم گازرسانی رابطه مثبت(مستقیم) دارد.

مدل قبل از آزادسازی قیمت گاز طبیعی:

$$LESA = 110/9 - 23/2\ 2\ LLSA - 5/3\ LPSA + 12/4\ LSSA + 5/4\ LTSA$$

مدل بعد از آزادسازی قیمت گاز طبیعی:

$$LESA = 110/9 - 23/2\ LLSA + 4/9\ LPSA + 12/4\ LSSA + 5/4\ LTSA$$

بعد از اجرای قانون هدفمندی یارانه‌ها در سال ۱۳۸۹ قیمت گاز طبیعی افزایش قابل توجهی یافت. در این دوره رابطه قیمت گاز طبیعی با نمای لیاپانوف مثبت و به تبع آن با تاب‌آوری سیستم گازرسانی، منفی است. به‌طوری‌که با افزایش یک درصد در قیمت گاز طبیعی مقدار نمای لیاپانوف ۴/۹ درصد افزایش می‌یابد. در واقع با افزایش یک درصد قیمت گاز طبیعی تاب‌آوری سیستم توزیع گاز طبیعی ۴/۹ درصد کاهش می‌یابد.

جمع‌بندی و ملاحظات

در این مقاله، از نمای لیاپانوف به‌عنوان شاخصی جهت محسبه میزان تاب‌آوری سیستم گازرسانی استفاده شد. بنابراین جهت سنجش تاب‌آوری سیستم توزیع گاز طبیعی، در مرحله نخست؛ از طریق محاسبه نمای لیاپانوف، بر اساس مصرف گاز طبیعی در بخش خانگی، در اثر نوسانات دما، طی دوره ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۶ به‌صورت فصلی استفاده شد. برای محاسبه بزرگترین نمای لیاپانوف نیاز به محاسبه وقفه زمانی و بعد محاط است. برای محاسبه وقفه زمانی از تابع میانگین اطلاعات متقابل و برای محاسبه بعد محاط از روش کائو و در نهایت برای محاسبه بزرگ‌ترین نمای لیاپانوف از روش روزن‌اشتاین استفاده گردید. در مرحله دوم، پس از محاسبه نمای لیاپانوف آنهم به‌صورت فصلی، مدل با رویکرد خود رگرسیون برداری (VAR) و با به‌کارگیری روش هم انباشتگی جوهانسن- یوسلیوس و الگوی تصحیح خطای برداری (VECM) جهت بررسی اثر قیمت گاز طبیعی با تاب‌آوری سیستم گازرسانی در ایران برآورد گردید. نتایج حاصل از محاسبات انجام شده و مدل برآوردی به‌شرح ذیل می‌باشند:

۱. سیستم توزیع گاز طبیعی از تاب‌آوری لازم (به‌دلیل مثبت بودن نمای لیاپانوف) در تمام دوره‌های زمانی مورد مطالعه، برخوردار نیست. بنابراین در صورت وارد شدن هر گونه شوک به سیستم گازرسانی، نمی‌توان اطمینان داشت که سیستم توزیع گاز طبیعی ایران بتواند؛ تاب‌آوری لازم را داشته باشد.

۲. مثبت بودن نمای لیاپانوف؛ یعنی اینکه مصرف گاز طبیعی، دارای فرآیند آشوبی است؛ لذا مصرف گاز طبیعی دارای روند تصادفی نبوده و براساس سیستم‌های غیرخطی قابل پیش‌بینی است.

۳. تفاوت مقادیر نمای لیاپانوف، در دوره‌های زمانی مختلف، حاکی از نوسان میزان تاب‌آوری سیستم گازرسانی است؛ به‌طوری‌که در برخی سال‌ها سیستم گازرسانی به سمت تاب‌آوری بیشتر(به‌دلیل کاهش مقدار نمای لیاپانوف) حرکت کرده است.

۴. بر اساس تابع عکس‌العمل آنی(IRFs) تکانه ناشی از قیمت واقعی گاز طبیعی به متغیر نمای لیاپانوف به‌عنوان شاخص تاب‌آوری سیستم توزیع گاز طبیعی، نشان می‌دهد که در کوتاه‌مدت نمای لیاپانوف کاهش و سپس افزایش و اثر آن در بلندمدت ثابت می‌ماند. نتایج تجزیه واریانس(VDCs) نشان می‌دهد قیمت گاز طبیعی، در کوتاه‌مدت سهم

بیشتری را در توضیح‌دهی خطای پیش‌بینی نمای لیاپانوف و به تبع آن در تاب‌آوری سیستم گازرسانی دارد. اما در بلندمدت سهم آن کاهش می‌یابد.

۵. قبل از اجرای قانون هدفمندی یارانه‌ها، قیمت گاز طبیعی با نمای لیاپانوف رابطه منفی دارد به‌طوری‌که در صورتی‌که قیمت گاز طبیعی یک درصد افزایش یابد، نمای لیاپانوف ۵/۳ درصد کاهش می‌یابد. بنابراین قیمت گاز طبیعی قبل از اجرای قانون هدفمندی یارانه‌ها با تاب‌آوری سیستم گازرسانی رابطه مثبت(مستقیم) دارد.

۶. بعد از اجرای قانون هدفمندی یارانه‌ها در سال ۱۳۸۹ قیمت گاز طبیعی افزایش قابل توجهی یافت. در این دوره رابطه قیمت گاز طبیعی با نمای لیاپانوف مثبت و به تبع آن با تاب‌آوری سیستم گازرسانی، منفی است. به‌طوری‌که با افزایش ۱درصد در قیمت گاز طبیعی مقدار نمای لیاپانوف ۴/۹ درصد افزایش می‌یابد. در واقع با افزایش یک درصد قیمت گاز طبیعی تاب‌آوری سیستم توزیع گاز طبیعی ۴/۹ درصد کاهش می‌یابد. این در حالی است که قیمت واقعی گاز طبیعی در سال‌های بعد از اجرای قانون هدفمندی یارانه‌ها، به‌دلیل تورم بالا، کاهش قابل‌توجهی داشته است، به‌طوری‌که اثر افزایش قیمت در اثر اجرای قانون هدفمندی یارانه‌ها خنثی شده است. لذا ضروری است نسبت به اجرای واقعی و کامل قانون هدفمندی یارانه‌ها تدابیر لازم اتخاذ گردد.

بنابراین بر اساس مدل، قبل از آزادسازی قیمت گاز طبیعی در راستای اجرای قانون هدفمندی یارانه‌ها، قیمت گاز طبیعی بر تاب‌آوری سیستم گازرسانی اثر مثبت دارد، لیکن بعد از اجرای قانون هدفمندی یارانه‌ها رابطه قیمت گاز طبیعی با تاب‌آوری سیستم گازرسانی منفی است. لذا قیمت گاز طبیعی بعد از اجرای قانون هدفمندی یارانه‌ها، منجر به کاهش تاب‌آوری سیستم گازرسانی شده است.

منابع

آماده، حمید، احراری، مهدی، قدسی ماب، محمدعلی(۱۳۹۵) مطالعهٔ تاب‌آوری اکوسیستم شهر تهران در برابر آلاینده‌های هوا.اقتصاد و تجارت نوین، پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی سال یازدهم، شمارهٔ سوم، پاییز ۵۴-۲۳.

ابونوری، اسمعیل، لاجوردی، حسن(۱۳۹۶) واکنش تاب‌آوری اقتصادی در برابر تکانه‌های نفتی و بی‌ثباتی رشد اقتصادی در کشورهای عضو اوپک، فصلنامه پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی، سال ۲۵ شماره۸۱ بهار ۱۳۹۶ ص ۳۱-۷.

ابونوری، عباسعلی، غفوری، شیرین(۱۳۸۹) برآورد عرضه و تقاضای گاز طبیعی در ایران و پیش‌بینی برای افق ۱۴۰۴ فصلنامه مدلسازی اقتصادی، زمستان ۱۳۸۹شماره ۲ ص ۱۳۶-۱۱۷.

اسکندری، مصطفی، نصیری‌اقدم، علی، محمدی، حمید، میرزائی، حمیدرضا(۱۳۹۵) اثرات تعدیل قیمت حامل‌های انرژی بر اقتصاد ایران، فصلنامه پژوهش‌های رشد و توسعه اقتصادی، سال هفتم، شماره ۲۵ ص ۶۴-۵۱.

امامی‌میبدی، علی، محمدی، تیمور، سلطان‌العلمائی، سیدمحمدهادی(۱۳۸۹) تخمین تابع تقاضای داخلی گاز طبیعی به روش فیلتر کالمن(مطالعه موردی تقاضای بخش خانگی شهر تهران)، فصلنامه اقتصاد مقداری، دوره ۷ شماره ۳ پائیز۱۳۸۹ص ۴۱-۲۳.

پادام، سیدسجاد، نوراحمدی، سیدجواد(۱۳۹۵) بررسی مقاوم‌سازی بخش نفت و گاز سیستم انرژی ایران از منظر استمرار تولید، پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران، سال پنجم، شماره ۲۰ ص ۷۸-۳۵.

بزازان، فاطمه، میرحسین، موسوی، قشمی، فرناز(۱۳۹۴) تاثیر هدفمندی یارانه انرژی برق بر تقاضای خانوارها به تفکیک شهر و روستا در ایران، پژوهشنامه اقتصاد انرژی در ایران، سال چهارم، شماره، ۱۴ بهار ۹۴، ص ۳۲-۱.

بابازاده،محمد، معمارنژاد وعلمی(۱۳۸۹) بررسی ماکزیمم نمای لیاپانوف در نرخ ارز ایران با استفاده از تئوری آشوب.فصلنامه پول و اقتصاد شماره ۲/ زمستان ۵۴/۱۳۸۸-۷۷.

شرکت ملی گاز ایران (۱۳۹۶). گزارش آماری مدیریت گازرسانی.

قدیمی‌دیزج، خلیل، دهقانی، ابوالفضل، نقش گاز طبیعی در مدل اقتصاد مقاومتی، مجموعه مقالات همایش اقتصاد مقاومتی، پژوهشگاه صنعت نفت، دی ماه ۱۳۹۴.

غیاثوند، ابوالفضل و دیگران(۱۳۹۳) دربارهٔ سیاست‌های کلی اقتصاد مقاومتی ـ مروری بر ادبیات جهانی دربارهٔ تاب‌آوری ملی. گزارش دفتر مطالعات اقتصادی مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی [نسخهٔ الکترونیکی]. قابل دسترس در: http://rc.majlis.ir/fa/report/show/۸۸۱۰۲۴ [۱۳۹۶/۱۰/۱۵

مشیری، سعید، فروتن، فایزه (۱۳۸۳). آزمون آشوب و پیش‌بینی قیمت آتی نفت‌خام. فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران، جلد ۴(۲۱)ص ۹۰-۶۷.

محمدی، تیمور، پژویان، جمشید، عباس‌زاده، شیما(۱۳۹۰) تأثیر حذف یارانه انرژی بر تولید ناخالص ملی در ایران، فصلنامه اقتصاد کاربردی، سال دوم، شماره چهارم، بهار ۱۳۹۰ ص ۲۴-۱.

محمدی، تیمور، شاکری، عباس، تقوی، مهدی، احمدی، مهدی(۱۳۹۶) تبیین مفهوم ابعاد و مولفه‌های تاب‌آوری اقتصادی، فصلنامه مطالعات راهبردی بسیج، سال ۲۰، شماره۷۵، تابستان ۱۳۹۶ ص ۱۲۰-۸۹.

معینی، علی، ابریشمی، حمید، احراری، مهدی (۱۳۸۵)، به کارگیری نمای لیاپانوف برای مدل‌سازی سری زمانی قیمت آتی نفت برپایه توابع پویا، فصلنامه تحقیقات اقتصادی دانشکده اقتصاد تهران؛ شماره ۷۶، آذر و دی ۸۵.

هاتفی‌مجومرد، مجید، جلالی، ام البنین، اشرف‌گجویی، رضا(۱۳۹۷) بررسی تاثیر غیرخطی مصرف انواع انرژی بر تولید ناخالص داخلی در ایران، نشریه علمی پژوهشی سیاست‌گذاری اقتصادی، سال دهم شماره ۱۹ بهار تابستان ۱۳۹۷ ص ۱۴۱-۱۶۵.

Aboulein, E-Laithy, Kheir-E-Din, H.(2009), "The Impact of Phasing out of Subsidies of Petroleum Energy Product in Egypt", The Egyptian Center for Economic Studies, no.145,pp 1-24.

Briguglio, L., Cordina, G., Farrugia, N., & Vella, S. (2009). Economic vulnerability and resilience: concepts and measurements Oxford Development Studies , 37(3) , 229-247.

Bask, M. (1997). Deterministic chaos in exchange rates? Department of economics, Umea University Studies,453.

Chaudry, Modassar and et al. (2011) "Building a Resilient UK Energy System" UK Energy Research Centre.

Holling, C. S. (1992). Cross-scale morphology, geometry, and dynamics of ecosystems. Ecological Monographs, 62(4), 447-502.

Lin, B. Jiang, Zh. (2010), "Estimates of Energy Subsidies in China and Impact of Energy Subsidy Reform", Energy Economics, vol. 32, Issue. 2, pp. 273-283.

Kimhi, S. 2016. "Levels of resilience: Associations among individual, community, and national resilience". Journal of Health Psychology. Vol 21. No 2. pp 164-170.

Perrings, C. (1994). Ecological resilience in the sustainability of economic development. In Models of sustainable development: exclusive or complementary approaches of sustainability? International symposium (pp. 27-41)

Perrings, C. (1998). Resilience in the dynamics of economy-environment systems. Environmental and Resource Economics, 11(3-4), 503-520

Perrings, C. (2006). Resilience and sustainable development. Environment and Development Economics, 11(4), 417-427

Pimm, S. L. (1984). The complexity and stability of ecosystems. Nature, 307(5949), 321.

Rose, A., & Liao, S. Y. (2002). Modeling Regional Economic Resiliency to Earthquakes: A Computable General Equilibrium Analysis of Lifeline Disruptions. NIST SPECIAL PUBLICATION SP, 91-106

Salini, G. A., & Pérez, P. (2015). A Study of the Dynamic Behaviour of Fine Particulate Matter in Santiago, Chile. Aerosol and Air Quality Research, 15(1), 154-165.

Walker, B., Holling, C. S., Carpenter, S., & Kinzig, A. (2004). Resilience, adaptability and transformability in social-ecological systems. Ecology and Society, 9(2)

Reggiani, A., De Graaff, T., & Nijkamp, P. (2002). Resilience: an evolutionary approach to spatial economic systems. Networks and Spatial Economics, 2(2), 211-229.

Oystein Olsein,Kejel Roland(1988) Modeling Demand for Natural Gas a Review of Various Approaches. Central Bureau of Statistics.

Yusuf, A., & Resosudarmo. B. (2007) .Searching for equitable energy price reform for Indonesia. Department of Economics, Padjadjaran University .Munich Personal Repec Archive (MPRA.)No ,1946 .Posted ,07 pp.44 -1

White, R. K., Edwards, W. C., Farrar, A., & Plodinec, M. J. 2015. "A practical approach to bulding resilience in America's communities". American Behavioral Scientist. Vol 59. No 2. pp 200-219.