

## اثر آزادسازی قیمت گاز طبیعی بر تاب‌آوری سیستم گازرسانی در ایران<sup>۱</sup>

چکیده:

توسعه گازرسانی در راستای سیاست جایگزینی گاز طبیعی با سایر سوخت‌های فسیلی و آزادسازی قیمت گاز طبیعی به عنوان 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 ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۶ بصورت فصلی محاسبه می‌گردد. سپس با استفاده از رویکرد خودرگرسیون برداری (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 بعنوان 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.

واژگان کلیدی: آزاد سازی قیمت گاز طبیعی، نمای لیاپانوف، تاب‌آوری، الگوی تصحیح خطای برداری VECM، مصرف گاز طبیعی

طبقه بندی JEL: Q41، Q48

### ۱. مقدمه

از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۷ مصرف گاز طبیعی در جهان به‌طور متوسط سالانه ۶/۳ درصد رشد داشته است<sup>۲</sup>. 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 ۲۳/۷ درصد در سال ۲۰۱۱ به ۲۸ درصد در ۲۰۱۷، نشان‌دهنده اهمیت روزافزون گاز طبیعی است<sup>۳</sup>.

<sup>۱</sup> این مقاله مستخرج از رساله دکتری با عنوان "اثر آزادسازی قیمت گاز طبیعی بر تاب‌آوری سیستم توزیع گاز ایران" می‌باشد که با حمایت "شرکت مهندسی و توسعه گاز ایران" انجام شده است.

<sup>۲</sup> www.iea.org (2018)

<sup>۳</sup> British Petroleum (2018)

پارادایم گازطبیعی، 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 گازطبیعی در سطح جهان بشمار می‌آید. همچنین با وجود ۳۴ تریلیون مترمکعب ذخایرگازی، ایران دارای بزرگترین ذخایرگازطبیعی در جهان است، لیکن جایگاه کشور ما در خصوص میزان مصرف گازطبیعی در رتبه چهارم دنیا قرار دارد (آژانس بین‌المللی انرژی، ۲۰۱۷).<sup>۴</sup>

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 در تمام بخش‌های مصرف‌کننده بیش از پیش محسوس می‌نماید. در این میان، اعمال سیاست‌های قیمتی مناسب در جهت واقعی نمودن قیمت گازطبیعی از جمله اجرای قانون هدفمندی یارانه‌ها<sup>۵</sup> می‌تواند در راستای بهینه نمودن مصرف گازطبیعی در بخش‌های مختلف مصرف به ویژه بخش خانگی در ماه‌های سردسال موثر باشد.

<sup>۴</sup> [www.iea.org](http://www.iea.org)

<sup>۵</sup> قانون هدفمندی یارانه‌ها به‌عنوان یکی از بزرگترین سیاست‌های اقتصادی دولت پس از انقلاب اسلامی محسوب می‌شود که در ۲۸ آذرماه ۱۳۹۸ به مرحله اجرا درآمد. مطابق این قانون ۱۶ قلم از کالاها و خدمات مانند بنزین، گازوئیل، گازطبیعی، نفت سفید، نفت کوره، برق، آب، آرد، نان، شکر، برنج، روغن، شیر، خدمات پستی، خدمات هواپیمائی و خدمات ریلی (مسافری) مشمول حذف یارانه گردیدند. برخی مواد این قانون به شرح ذیل می‌باشد:

ماده ۱- دولت مکلف است با رعایت این قانون قیمت حامل‌های انرژی را اصلاح کند:

الف- قیمت فروش داخلی بنزین، نفت گاز، نفت کوره، نفت سفید و گاز مایع و سایر مشتقات نفت، با لحاظ کیفیت حاملها و با احتساب هزینه‌های مترتب (شامل حمل و نقل، توزیع، مالیات و عوارض قانونی) به تدریج تا پایان برنامه پنج‌ساله پنجم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران کمتر از نود درصد (۹۰٪) قیمت تحویل روی کشتی (فوب) درخلیج فارس نباشد.

تبصره- قیمت فروش نفت خام و میعانات گازی به پالایشگاه‌های داخلی نودوپنج درصد (۹۵٪) قیمت تحویل روی کشتی (فوب) خلیج فارس تعیین می‌شود و قیمت خرید فرآورده‌ها متناسب با قیمت مذکور تعیین می‌گردد.

ب- میانگین قیمت فروش داخلی گاز طبیعی به گونه ای تعیین شود که به تدریج تا پایان برنامه پنجم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران، معادل حداقل هفتاد و پنج درصد (۷۵٪) متوسط قیمت گاز طبیعی صادراتی پس از کسر هزینه‌های انتقال، مالیات و عوارض شود.

تبصره- جهت تشویق سرمایه‌گذاری، قیمت خوراک واحدهای صنعتی، پالایشی و پتروشیمی برای مدت حداقل ده سال پس از تصویب این قانون هر مترمکعب حداکثر شصت و پنج درصد (۶۵٪) قیمت سبد صادراتی در مبدأ خلیج فارس (بدون هزینه انتقال) تعیین می‌گردد.

ج- میانگین قیمت فروش داخلی برق به گونه ای تعیین شود که به تدریج تا پایان برنامه پنجم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران معادل قیمت تمام شده آن باشد.

تبصره ۳- قیمت‌های سال پایه اجراء این قانون به گونه‌ای تعیین گردد که برای مدت یکسال حداقل مبلغ یکصد هزار میلیارد (۱۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰ ریال) و حداکثر مبلغ دویست هزار میلیارد (۲۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰ ریال) درآمد به دست آید.

ماده ۷- دولت مجاز است حداکثر تا پنجاه درصد (۵۰٪) خالص وجوه حاصل از اجراء این قانون را در قالب بندهای زیر هزینه نماید:

الف- یارانه در قالب پرداخت نقدی و غیر نقدی با لحاظ میزان درآمد خانوار نسبت به کلیه خانوارهای کشور به سرپرست خانوار پرداخت شود.

ب- اجراء نظام جامع تأمین اجتماعی برای جامعه هدف.

ماده ۸- دولت مکلف است سی درصد (۳۰٪) خالص وجوه حاصل از اجراء این قانون را برای پرداخت کمک‌های بلاعوض، یا یارانه سود تسهیلات و یا وجوه اداره شده برای اجراء موارد زیر هزینه کند:

الف- بهینه‌سازی مصرف انرژی در واحدهای تولیدی، خدماتی و مسکونی و تشویق به صرفه‌جویی و رعایت الگوی مصرف که توسط دستگاه اجرایی ذیربط معرفی می‌شود.

ب- اصلاح ساختار فناوری واحدهای تولیدی در جهت افزایش بهره‌وری انرژی، آب و توسعه تولید برق از منابع تجدیدپذیر.

ج- جبران بخشی از زیان شرکت‌های ارائه‌دهنده خدمات آب و فاضلاب، برق، گاز طبیعی و فرآورده‌های نفتی و شهرداریها و دهیاری‌ها ناشی از اجراء این قانون.

د- گسترش و بهبود حمل و نقل عمومی در چهارچوب قانون توسعه حمل و نقل عمومی و مدیریت مصرف سوخت و پرداخت حداکثر تا سقف اعتبارات ماده (۹) قانون مذکور.

ه- حمایت از تولیدکنندگان بخش کشاورزی و صنعتی.

و- حمایت از تولید نان صنعتی.

ز- حمایت از توسعه صادرات غیرنفتی.

ح- توسعه خدمات الکترونیکی تعاملی با هدف حذف و یا کاهش رفت و آمدهای غیر ضرور.

ماده ۱۱- دولت مجاز است تا بیست درصد (۲۰٪) خالص وجوه حاصل از اجراء این قانون را به منظور جبران آثار آن بر اعتبارات هزینه ای و تملک دارایی‌های سرمایه ای هزینه کند.

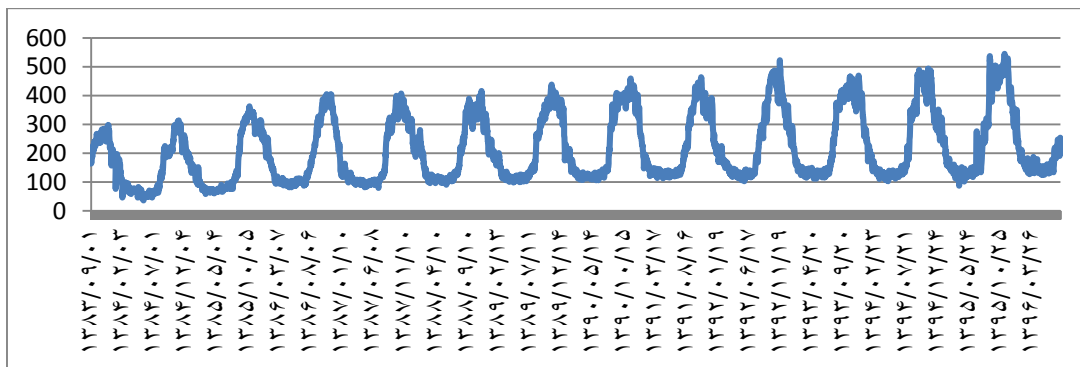
با اجرای سیاست جایگزینی گاز طبیعی با سایر فرآورده‌های نفتی بعد از پیروزی شکوهمند انقلاب اسلامی و سرعت بخشیدن به آن پس از جنگ تحمیلی با توسعه گازرسانی امکان بهره‌مندی مردم از این نعمت خدادادی فراهم گردید، به طوری که تا پایان سال ۱۳۹۶ بیش از ۲۲ میلیون مشترک خانگی از گاز طبیعی بهره‌مند گردیدند. به عبارت دیگر ۹۶ درصد خانوارهای شهری و ۷۴ درصد خانوارهای روستایی، تحت پوشش شبکه گازرسانی قرار دارند.<sup>۶</sup>

با عنایت به رشد سالانه ۱۰ درصدی مصرف گاز طبیعی هم بدلیل توسعه شبکه گازرسانی و هم تنوع مصارف و نیز عدم رعایت مصرف بهینه گاز طبیعی، بهینه سازی 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، بطوری که 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 هزینه های مالی و زیست‌محیطی زیادی را بوجود می‌آورد. چرا که تامین گاز مطمئن و پایدار از جمله وظایف اصلی شرکت ملی گاز ایران است. لیکن مصرف بیش از حد و هدر رفتن 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 بدلیل 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 داده اند، لیکن بازگشت به مسیر و احیاء و بازپروری خود، فرآیندی است که سرعت و کیفیت آن از فردی به فردی دیگر و از جامعه ای به جامعه ای 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 می‌تواند 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 به سرعت در حال تغییر وفق دهد، یا تاب‌آوری می‌تواند کارکرد سیستم در هنگامه آشفتگی باشد (ابونوری و لاجوردی، ۱۳۹۵).

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؛ بطوری که به دنبال آن، قطعی گاز صنایع عمده و نیروگاه‌ها و حتی کاهش گاز صادراتی رخ می‌دهد. تا جایی که تداوم مصرف بالای گاز طبیعی در بخش

<sup>۶</sup> گزارش آماری مدیریت گازرسانی شرکت ملی گاز ایران ۱۳۹۶

خانگی در اثر سرمای شدید، می‌تواند منجر به قطعی گاز خانوارها در برخی مناطق کشور شده و مشکلات اقتصادی- اجتماعی گوناگونی را به وجود آورد.



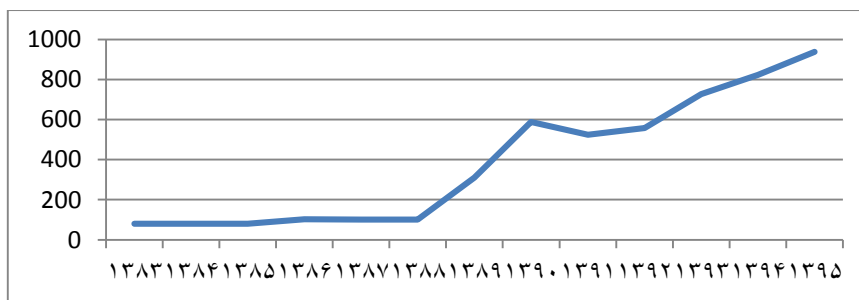
نمودار شماره ۱- مصرف روزانه گاز طبیعی در بخش خانگی (میلیون متر مکعب)

منبع: گزارش آماری مدیریت گازرسانی شرکت ملی گاز ایران

بر اساس اطلاعات موجود، همان‌گونه که در نمودار شماره ۱ ملاحظه می‌گردد در طول روزهای مختلف سال، مصرف گاز طبیعی در بخش خانگی، دارای نوسان شدیدی است، به طوری که مصرف گاز خانگی در روزهای سرد سال حدود ۵ برابر مصرف در روزهای گرم سال می‌باشد.

هرچند یکی از راهکارهای کاهش مصرف بی‌رویه 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 نعمت الهی است. (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.



نمودار شماره ۲- قیمت گاز طبیعی در بخش خانگی (ریال)

منبع: گزارش آماری مدیریت گازرسانی شرکت ملی گاز ایران

در واقع آزادسازی قیمت گاز طبیعی در اثر اجرای قانون هدفمندی یارانه‌ها از جمله سیاست‌های دولت در راستای بهینه‌سازی مصرف انرژی می‌باشد. بعبارت 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

اثر آزاد سازی 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 بصورت فصلی، با استفاده از نمای لیاپانوف محاسبه می‌گردد. سپس با استفاده از مدل خودرگرسیون برداری (VAR) و با به‌کارگیری روش هم‌انباشتگی جوهانسن-یوسلیوس و الگوی تصحیح خطای برداری (VECM) به بررسی اثر آزادسازی قیمت گاز طبیعی بر تاب‌آوری سیستم گازرسانی پرداخته می‌شود.

## ۲. 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.

### ۲-۱- تاب‌آوری

از آنجا که تاب‌آوری<sup>۷</sup> یک موضوع بین‌رشته‌ای است در علوم مختلف نظیر روانشناسی، فیزیک<sup>۸</sup>، مهندسی<sup>۹</sup>، مدیریت، اقتصاد، تعاریف متفاوتی از آن ارائه شده است. تاب‌آوری اقتصادی مفهوم نسبتاً 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 (محمدی و همکاران، ۱۳۹۶). 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 (آماده و همکاران ۱۳۹۵).

رز<sup>۱۰</sup> (۲۰۰۶) تاب‌آوری 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.

تاب‌آوری ذاتی: توانایی رتخ و فتح بحران‌ها.

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

<sup>۷</sup> Resiliency: در لغت‌نامه ویبستر تاب‌آوری به معنای "توانایی برای بازیابی بعد از وقوع فاجعه یا تغییر" تعریف شده است.

<sup>۸</sup> Gordon گوردون (۱۹۷۸) تاب‌آوری در فیزیک: توانایی دوام آوردن در برابر انرژی فشار آورنده و به طور ارتجاعی منحرف شدن، بدون شکستن یا تغییر شکل دادن.

<sup>۹</sup> 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).

مفهوم تاب‌آوری بطور عمده بر این فرضیه که حالات مختلف سیستم شامل نقاط تعادل گوناگون است، بنا شده است. بعبارت 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 (رجیانی، گراف و نیجکامپ<sup>۱۱</sup>، ۲۰۰۲).

الف) تعریف هولینگ<sup>۱۲</sup> (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 اندازه‌گیری تاب‌آوری سیستم در هر دامنه پایدار موضعی عبارتست 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 اینصورت سیستم در برابر آن "اختلال" تاب‌آور است.



نمودار شماره ۱- تاب‌آوری مهندسی و زیست‌محیطی

منبع: لیاو<sup>۱۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۲

برای تبیین این مدل از نمودار شماره 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

<sup>۱۱</sup> Reggiani, Graaff & Nijkamp, P

<sup>۱۲</sup> Holling

<sup>۱۳</sup> Liao

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 متغیر و داشتن اطلاعات بیشتر از وضعیت سیستم می‌باشد (والکر و همکاران، ۲۰۰۴، دسجاردین و همکاران، ۲۰۱۵)

ب) تعریف پرینگز<sup>۱۴</sup> (۱۹۹۴): این تعریف به خواص سیستم حول تعادل پایدار برمی‌گردد که برگرفته از تعریف پیم<sup>۱۵</sup> (۱۹۸۴) است که تاب‌آوری سیستم را اندازه‌گیری سرعت بازگشت سیستم به حالت تعادل می‌داند (پیم، ۱۹۸۴ و پرینگز، ۱۹۹۴).

روشن است که از نقطه نظر تجربی، در بکارگیری روش هولینگ برای اندازه‌گیری تاب‌آوری، مشکلاتی ظاهر می‌گردد. پرینگز برای این کار، نمای لیاپانوف<sup>۱۶</sup> را مطرح کرده است.

اخیراً نویسندگان بسیاری<sup>۱۷</sup> اذعان کرده‌اند که مفهوم تاب‌آوری نه تنها در سیستم‌های زیست‌محیطی بلکه به‌طور کامل<sup>۱۸</sup> موثری می‌تواند در توضیح، تشریح و مطالعه سیستم‌های اقتصادی - اجتماعی بکار رود، زیرا اصول حاکم بر کلیه این سیستم‌ها یکسان است.

در تعریفی که توسط لینو بریگوگلیو<sup>۱۸</sup> (۲۰۰۹) ارائه شده است؛ برای تعریف تاب‌آوری از نحوه تعامل انسان با ویروس آنفلوآنزا 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 فردی<sup>۱۹</sup>، اجتماع<sup>۲۰</sup> و ملی. در برخی مطالعات، دو سطح آخر به‌عنوان تاب‌آوری اجتماعی<sup>۲۱</sup> در نظر گرفته شده‌اند (کیم‌هی<sup>۲۲</sup>، ۲۰۱۴).

برخی از پژوهش‌ها نیز تاب‌آوری را دارای سطوح چندگانه‌ای مثل فردی، اجتماعی، نهادی، ملی، منطقه‌ای و جهانی دانسته‌اند (ایت<sup>۲۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۵).

<sup>۱۴</sup> Perrings

<sup>۱۵</sup> Pimm

<sup>۱۶</sup> Lyapunov Exponent

<sup>۱۷</sup> به باتابیل ۱۹۹۸؛ ۱۹۹۹؛ و لوین ۱۹۹۸ رجوع شود.

<sup>۱۸</sup> Alwang et al

<sup>۱۹</sup> cardona

<sup>۲۰</sup> Lino Briguglio

<sup>۲۱</sup> Butler باتلر (۲۰۰۷) تاب‌آوری فرد: سازگاری مناسب تحت شرایط کم توان شدن.

<sup>۲۲</sup> Community

<sup>۲۳</sup> 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 مرجح یک فعالیت اقتصادی

<sup>۲۴</sup> kimhi

<sup>۲۵</sup> white

پژوهش دیگری تاب‌آوری را با سطوح و اجزای متفاوت‌تری بررسی کرده است. این پژوهش تاب‌آوری ملی را دارای زیر سیستم‌های زیر می‌داند: (غیاثوند و همکاران، ۱۳۹۳):

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.

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 رساله تاب‌آوری زیرساخت سیستم توزیع گاز طبیعی ایران به عنوان مهمترین زیرساخت انرژی (بدلیل دارا بودن بیشترین سهم در سبد انرژی 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 به کار می‌رفت (معینی و همکاران ۱۳۸۵).

۲-۲- نظریه آشوب

تئوری آشوب<sup>۲۴</sup> برای اولین بار در سال ۱۹۶۵ توسط دانشمندی بنام ادوارد لورنز<sup>۲۵</sup> در هواشناسی به کار برده شده و آنرا به یک علم تبدیل نموده و سپس درحیطه تمام علوم و مباحث تجربی، ریاضی، رفتاری، مدیریتی و اجتماعی وارد شده و اساس تغییرات بنیادی در علوم بویژه؛ هواشناسی، نجوم، مکانیک، فیزیک، ریاضی، زیست شناسی، اقتصاد و مدیریت را فراهم آورده است.

هیلز<sup>۲۶</sup> آشوب یا بی نظمی را اینگونه تعریف می‌کند؛ بی نظمی و آشوب، نوعی بی‌نظمی منظم یا نظم در بی‌نظمی است. بی‌نظم، از آن رو که نتایج آن غیر قابل پیش‌بینی است و منظم، بدان جهت که از نوعی قطعیت برخوردار است. بی‌نظمی در مفهوم علمی، یک مفهوم ریاضی محسوب می‌شود؛ شاید نتوان، خیلی دقیق، آنرا تعریف کرد. اما می‌توان، آن را نوعی اتفاقی بودن، همراه با قطعیت دانست. قطعیت آن، به خاطر آن است که بی‌نظمی دلایل درونی دارد و به علت اختلالات خارجی رخ نمی‌دهد. اتفاقی بودن، به دلیل آن که رفتار بی‌نظمی، بی‌قاعده و غیرقابل پیش‌بینی دقیق است (هیلز، ۱۹۹۰).

در تئوری آشوب، سیستم‌های پیچیده صرفاً ظاهری پرآشوب دارند و در نتیجه، 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،<sup>۲۷</sup> شکل گرفته است (مشیری، ۱۳۸۱). به عنوان نمونه؛ ارتباط میان مصرف انرژی و رشد اقتصادی از یک فرآیند خطی تبعیت

Chaos Theory ۲۴

Edward Lorenz ۲۵

Hills ۲۶

Nonlinear Growth with Feedback ۲۷



نموده 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 (هاتفی مجومرد، مجید و همکاران، ۱۳۹۷).

آزمون‌های متفاوتی برای وجود آشوب در سری‌های زمانی وجود دارد که از جمله 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<sup>۲۸</sup> سیستم و نرخ واگرایی مسیرهای همسایه در فضای فاز را نمای لیاپانوف، مشخص می‌کند. در واقع 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؛ به عنوان 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 (باسک<sup>۲۹</sup>، ۱۹۹۷).

### ۲-۳- نظریه پایداری

نظریه "پایداری" نقشی اساسی در نظریه و مهندسی سیستم‌ها، دارد معمولاً 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 اینصورت، 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.<sup>۳۰</sup>

### ۲-۳- امنیت انرژی

کشورهای مصرف کننده انرژی بعد از بحران نفتی ۱۹۷۳ مفهوم امنیت انرژی را محدود به "امنیت عرضه انرژی" تعریف و به ادبیات اقتصادی وارد کردند. به عنوان مثال بیلکی<sup>۳۱</sup> (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 از سیستم انرژی داشته باشیم، بحث امنیت انرژی و مقاوم‌سازی سیستم انرژی را بهتر و کامل‌تر می‌توان دنبال نمود (نوراحمدی و پادام، ۱۳۹۵).

<sup>۲۸</sup> Chaotic: آشوبناکی به معنای پراشویی (در فرهنگ لغت دهخدا)

<sup>۲۹</sup> Bask

<sup>۳۱</sup> خلیل، حسن، کتاب سیستم‌های غیرخطی، ترجمه منتظر غلامعلی، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۸۰

<sup>۳۱</sup> Bielecki, j

تعریفی که توسط مرکز مطالعات انرژی انگلستان<sup>۳۳</sup> برای سیستم انرژی یک کشور ارائه شده، عبارت است از: مجموعه‌ای از تکنولوژی‌ها، زیرساخت‌های فیزیکی، نهادها، سیاست‌ها و تکنیک‌هایی که در یک کشور وجود دارد و این امکان را فراهم می‌آورد که خدمات انرژی به مصرف‌کنندگان نهایی انرژی تحویل داده شود. "این تعریف همه ابعاد سیستم انرژی اعم از منابع انرژی، زیرساخت‌ها و تکنولوژی‌ها و نهایتاً سیاست‌ها و نهادهایی را پوشش می‌دهد که می‌تواند بر سیستم تأثیرگذار باشد. این تعریف همچنین همه مراحل را که در مسیر چرخه عرضه انرژی واقع شده است، مانند استخراج منابع تجدیدناپذیر، تولید، تبدیل انرژی، حمل و نقل، 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." به دلیل آنکه مقرر است سیستم انرژی در نهایت به مصرف‌کننده نهایی خدمت برساند، اگر در 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، سیستم آسیب‌پذیر است و می‌تواند در مواجهه با مخاطرات، با اختلال مواجه شود (چاودری<sup>۳۳</sup>، ۲۰۱۱).

## ۲-۴- عرضه و تقاضای گاز طبیعی

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

$$U = U(Q_1, Q_2, \dots, Q_n, I, Z)$$

$$\sum_{i=1}^n P_i Q_i \leq I$$

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).

$$Q = Q(P_1, P_2, \dots, P_n, I, Z)$$

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  $P$  نیز شاخص قیمت سایر کالاها و خدمات است. با فرض همگنی درجه صفر تابع تقاضا می‌توان نوشت:

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

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.  $Q_g$  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 قیده‌های بخش عرضه مثل دستیابی و غیره باشد (امامی-میبدی و همکاران، ۱۳۸۹).

تابع تقاضای گاز طبیعی را به صورت زیر می‌توان معرفی کرد: ( اولسن و رولاند<sup>۳۴</sup>، ۱۹۸۸).

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

$E$ : 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 (ابونوری و غفوری، ۱۳۹۰).

موازنه تولید و مصرف گاز طبیعی از جمله عوامل اصلی در تاب‌آوری سیستم گازرسانی می‌باشد. به طوری که در صورت مازاد تولید بر مصرف گاز طبیعی، امکان تداوم پایدار گازرسانی با فرض عدم هرگونه اختلال 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 تأثیر قرار می‌دهند. لذا در این مقاله، از 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 به عنوان متغیرهای مستقل و نمای لیاپانوف به عنوان 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.

### ۳. 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.

### ۳-۱- مطالعات انجام شده داخلی

#### ۳-۱-۱- مطالعات انجام شده داخلی مرتبط با موضوع تاب‌آوری

آماده و همکاران (۱۳۹۵) به مطالعه 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 تاب‌آوری 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 تاب‌آوری نیز اکوسیستم شهر تهران در برابر آلاینده‌های وارد شده از تاب‌آوری بالایی برخوردار نیست و توان کافی برای مقابله با شوک‌های وارد شده را ندارد. از این رو توجه به تاب‌آوری در تصمیم‌گیری‌های 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 ۱۳۸۰-۱۳۸۸ 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، در بازه زمانی ۱۳۷۱/۱/۵ تا ۱۳۸۶/۳/۲ مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج، حاکی از آن است که نرخ ارز 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 بهره‌برده‌اند و مقدار نمای لیاپانوف را ۱/۲۵ بدست آورده‌اند.

مشیری و فروتن (۱۳۸۳) وجود آشوب در ساختار سیستم مولد قیمت نفت خام شاخص WTI را در بازه زمانی ۱۹۸۳-۲۰۰۳ مورد بررسی قرار داده‌اند. آنها بدین منظور از نمای لیاپانوف و بعد همبستگی به عنوان 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.

#### ۳-۱-۲- 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 نتیجه گرفتند که بدلیل وابستگی زیاد بخش‌های حمل و نقل 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 نامرتب (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 نفت گاز موجب کاهش مصرف این دو فرآورده نفتی شود، رشد تولید ناخالص ملی کمتر خواهد شد، ولی اگر مصرف بنزین و نفت گاز کاهش نیابد، آن بر رشد تولید اثر نخواهد گذاشت. لازم به ذکر است که عدم واکنش مصرف کنندگان نسبت به افزایش قیمت این دو فرآورده می‌تواند تحت شرایط مختلفی در اقتصاد اتفاق بیفتد.

### ۳-۲- مطالعات انجام شده خارجی

#### ۳-۲-۱- مطالعات انجام شده خارجی مرتبط با موضوع تاب‌آوری

سالینی و پرز<sup>۳۵</sup> (۲۰۱۵) در مقاله‌ای به بررسی آشوبناکی آلاینده ذرات کمتر از ۲/۵ میکرون ( $PM_{2.5}$ ) 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<sup>۳۶</sup> (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<sup>۳۷</sup> (۲۰۰۲) با بکارگیری مدل تعادل عمومی قابل محاسبه، تاب‌آوری اقتصادی آب منطقه‌ای پورتلند در ایالت اورگان آمریکا در برابر زمین لرزه شبیه سازی شده با پیش فرض ۶/۴ ریشتر و با قطعی آب برای مدت ۳ تا ۹ هفته قبل و بعد از بازسازی برآورد شده است و نتایج نشان می‌دهد، وجود یک مکانیزم قیمتی در شرایط بحرانی می‌تواند در افزایش تاب‌آوری اقتصادی موثر باشد.

<sup>۳۵</sup> Salini, G. A., & Pérez, P. (2015)

<sup>۳۶</sup>

<sup>۳۷</sup> Rose(2002)

رجیانی، گراف و نیجکامپ<sup>۳۸</sup> (۲۰۰۲) در مقاله خود به بررسی تاب‌آوری آلمان غربی 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.

### ۳-۲-۲- مطالعات انجام شده خارجی مرتبط با حذف یارانه انرژی

لین و جیانگ<sup>۳۹</sup> (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<sup>۴۰</sup> (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<sup>۴۱</sup> (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 به-عنوان یکی از مهمترین حامل‌های انرژی در ایران یعنی " بررسی اثر آزادسازی قیمت گاز طبیعی بر تاب‌آوری سیستم گازرسانی " از جمله مطالعات نخستین محسوب می‌گردد و دلیلی بر جدید بودن و نوآوری در مطالعه حاضر است.

### ۴. 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 تا ۱۳۹۶ 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 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 سویینی<sup>۴۲</sup> برای انتخاب زمان تاخیر مناسب در تجزیه و تحلیل‌های غیرخطی معرفی شد.

<sup>۳۸</sup> Reggiani, A., De Graaff, T., & Nijkamp, P. (2002)

<sup>۳۹</sup> Lin, B. Jiang, Zh. (2010)

<sup>۴۰</sup> Aboulein, E-Laithy, Kheir-E-Din, H. (2009)

<sup>۴۱</sup> Yusuf, A., & Resosudarmo. B. (2007)

<sup>۴۲</sup> Fraser and Swinney

برای محاسبه بعد محاط نیز از دو روش شمارش نزدیک ترین 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  $\{x_1, x_2, \dots, x_N\}$  یک سری زمانی مورد بررسی با حجم  $N$  باشد و  $x_i$  به صورت  $x_i = [x_i, x_{i+j}, \dots, x_{i+(m-1)j}]$  تعریف شود، آنگاه  $X = [X_1, X_2, \dots, X_M]^T$  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:  $d_j(0) = \min_{\hat{x}_j} \|X_j - \hat{x}_j\|$  که در آن  $\|\cdot\|$  نرم اقلیدسی است. در این صورت بزرگترین نمای لیاپانوف به صورت زیر تعریف می‌شود (مشیری، ۱۳۸۱):

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

که در آن  $\Delta t$  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  $i\Delta t$ .  $\lambda$  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. به عبارت دیگر، تمام نقاط اولیه انتخابی، به سمت یک نقطه ثابت یا چرخه متناوب، همگرا خواهند شد. به این سیستم‌ها، پایدارمجان<sup>۴۳</sup> اطلاق می‌شود. با افزایش منفی ( $\lambda \rightarrow -\infty$ )، پایداری سیستم افزایش می‌یابد، به طوری که برای  $\lambda = -\infty$ ، یک نقطه ثابت یا یک چرخه متناوب فوق پایدار<sup>۴۴</sup> وجود دارد.

۲- اگر  $\lambda = 0$  باشد، سیستم فقط حول یک نقطه ثابت نوسان می‌کند. در این حالت، هر نقطه اولیه انتخابی، حول یک چرخه حدی پایدار نوسان می‌کند. این نوع سیستم موسوم به پایدار لیاپانوف<sup>۴۵</sup> است.

۳- اگر  $\lambda > 0$  هیچ نقطه ثابت و یا چرخه متناوب پایداری وجود ندارد. در حقیقت، نقاط ناپایدار<sup>۴۶</sup> ولی سیستم کران‌دار و آشوبناک است. در این حالت، به دلیل حساسیت بالا به شرایط اولیه، مسیرهای نزدیک به هم به سرعت واگرا می‌شوند (معینی و همکاران، ۱۳۸۵).

<sup>۴۳</sup> Asymptotic Stability.  
<sup>۴۴</sup> Super Stable  
<sup>۴۵</sup> Lyapunov Stability.  
<sup>۴۶</sup> Unstable

پس از محاسبه نمای لیپانوف، به منظور تحلیل آماری داده‌ها، آماره‌های توضیحی متغیرها بررسی و با استفاده از مجموعه آزمون‌های معرفی شده 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<sup>۴۷</sup> برآورد می‌گردد. با استفاده از رویکرد خود رگرسیون برداری (VAR) رابطه میان متغیرها در الگوی (۱) مورد بررسی قرار می‌گیرد؛ به طوری که الگوی VAR(P) برای الگوی (۱) را می‌توان به صورت زیر معرفی نمود:

$$X_t = \mu + \Gamma_1 X_{t-1} + \Gamma_2 X_{t-2} + \dots + \Gamma_p X_{t-p} + \varepsilon_t \quad (1)$$

در معادله (1)،  $X_t = (E, P, L, S, T)$  یک بردار ستونی  $(5 \times 1)$ ،  $\mu$  عرض از مبدا،  $\Gamma_i$  بردار پارامتر  $(5 \times 5)$  بطوریکه  $i=1, 2, \dots, p$  و در نهایت بردار  $\varepsilon_t$  جزء اخلاص گوسی است.

متغیرهای مدل در معادله (۱) عبارتند از:

E: نمای لیپانوف (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

T: تعداد مشترکین گاز طبیعی

فرآیند تشخیص در مدل (VAR) به طور کلی عبارت است از تعیین متغیرهای مناسب و همچنین تعیین تعداد وقفه‌های مناسب که می‌بایست در مدل وارد شوند. به منظور 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 در نهایت با به‌کارگیری روش هم انباشتگی جوهانسن- یوسلیوس و الگوی تصحیح خطای برداری (VECM) اثر آزادسازی قیمت گاز طبیعی بر تاب‌آوری سیستم گازرسانی مورد تجزیه و تحلیل واقع می‌گردد.

## ۵. 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<sup>۴۸</sup> استفاده شده است. سپس به جهت همگن سازی متغیرها و همچنین نرمال نمودن متغیرها، کلیه متغیرهای الگو به فرم لگاریتمی استفاده می‌گردد.



داده‌های مورد بررسی در این قسمت شامل نمای لیپانوف (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 بشرح جدول ۳ می‌باشند:

جدول ۳- متغیرهای مورد استفاده در مدل به صورت فصلی از سال ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۶

T	S	L	P	E
تعداد مشترکین گاز طبیعی (واحد: میلیون مشترک)	سهم مصرف گاز طبیعی در بخش خانگی از کل تولید (واحد: درصد)	طول خطوط لوله گاز طبیعی (واحد: هزار کیلومتر)	قیمت واقعی گاز طبیعی (متوسط قیمت واقعی در بخش خانگی) (واحد: ریال به هر متر مکعب)	نمای لیپانوف (نماد تاب‌آوری سیستم توزیع گاز طبیعی در ایران)
8.46	0.53	26.87	2	0.0059
8.66	0.23	27.02	1.9	0.0073
8.85	0.12	27.37	1.8	0.0067
9.05	0.42	27.62	1.7	0.0013
9.24	0.60	27.98	1.7	0.0066
9.48	0.30	28.04	2.2	0.0072
9.71	0.15	28.36	2.1	0.01048
9.94	0.44	28.54	2.0	0.0034
10.18	0.62	28.95	1.8	0.0067
10.42	0.23	29.07	1.6	0.0084
10.67	0.14	29.60	1.5	0.0069
10.92	0.39	29.92	1.4	0.0038
11.17	0.52	30.92	1.3	0.0058
11.45	0.28	30.97	1.3	0.0088
11.74	0.14	31.33	1.3	0.0097
12.03	0.39	31.46	1.3	0.0058
12.32	0.48	31.92	1.2	0.0057
12.41	0.26	31.93	1.6	0.0062
12.54	0.14	32.25	1.6	0.0087
12.99	0.36	32.35	1.6	0.0064
13.46	0.53	33.26	5.9	0.0061
13.71	0.26	33.28	6.1	0.006
14.02	0.15	33.31	6.0	0.0087
14.49	0.41	33.33	5.8	0.0055
14.89	0.55	33.37	5.7	0.0059
15.11	0.27	33.37	5.0	0.0047
15.41	0.15	33.46	4.8	0.0089
15.89	0.37	33.50	4.5	0.0067
16.32	0.52	33.61	4.4	0.0067
16.56	0.26	33.63	4.5	0.0059

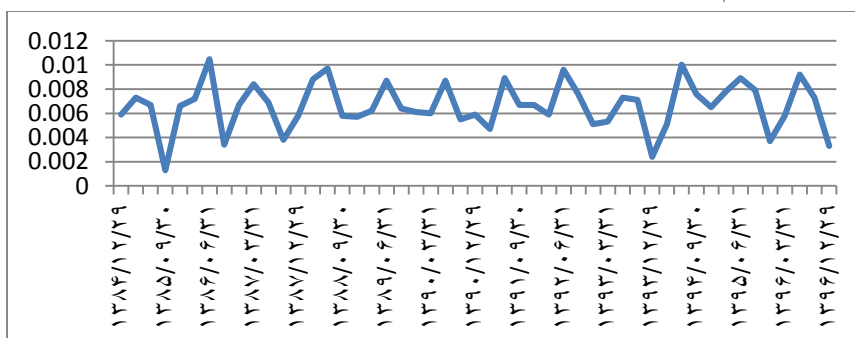
16.88	0.13	33.65	4.2	0.0096
17.35	0.36	33.66	4.0	0.0076
17.75	0.52	33.76	3.9	0.0051
17.96	0.22	33.78	5.1	0.0053
18.24	0.12	33.88	4.9	0.0073
18.65	0.36	33.91	4.7	0.0071
19.06	0.45	34.04	4.6	0.0024
19.24	0.21	34.05	4.8	0.0051
19.49	0.11	34.14	4.7	0.01002
19.86	0.33	34.19	4.5	0.0076
20.21	0.44	34.41	4.5	0.0065
20.39	0.22	34.47	5.0	0.0078
20.61	0.10	34.62	4.9	0.0089
20.96	0.32	34.74	4.8	0.0079
21.32	0.45	35.13	4.7	0.0037
21.48	0.20	35.20	4.1	0.0058
21.70	0.11	35.48	4.1	0.0092
22.07	0.29	35.69	3.9	0.0073
22.43	0.40	36.30	3.8	0.0033

منبع: ۱- گزارش آماری مدیریت گازرسانی شرکت ملی گاز ایران

۲- محاسبات محقق

لازم به توضیح است با توجه به اینکه قیمت گاز طبیعی به صورت پلکانی آنهم به صورت 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 وقعه 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.



نمودار شماره ۳- اطلاعات مربوط به نمای لیاپانوف برحسب فصول مختلف (۱۳۸۴-۱۳۹۶)

منبع: محاسبات محقق

## 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 این رو نتایج به دست آمده قابل اتکا 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 معمولاً 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. در واقع 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 مانا بودن ترکیبی از متغیرهای اقتصادی (نامانا) می‌باشد. به همین دلیل لازم به ذکر است آزمون‌های متعددی نظیر فولر تعمیم یافته (۱۹۷۹)  $(ADF)$  ۴۹، فیلیپس - پرون (PP)، الیوت - روتنبرگ و استاک (ERS)، انجی و پرون (NP)، کیواتسکاسکی - فیلیپس - اشمیت و شین (KPSS) برای آزمون ریشه واحد مورد استفاده قرار می‌گیرند اما تغییرات و شکست ساختاری در سری‌های زمانی با این گونه از آزمون‌ها رابطه نزدیکی دارد به طوری که 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 دیکي فولر تعمیم یافته با لحاظ شکست ساختاری پیشنهاد گردید که در مطالعه حاضر، از این آزمون جهت بررسی متغیرها مورد استفاده قرار می‌گیرد. نتایج آزمون در جدول ۴ گزارش شده و حاکی از آن است که تمامی متغیرهای با یک مرتبه تفاضل گیری مرتبه اول مانا گردید. به عبارت دیگر متغیرهای مزبور انباشته از مرتبه اول و یا  $I(1)$  است. همچنین با توجه به فصلی بودن متغیرها از آزمون HEGY نیز استفاده شد که نتایج آن در جدول ۵ منعکس شده است.

### جدول ۴- آزمون‌های ریشه واحد دیکي - فولر تعمیم یافته ADF

نتیجه آزمون	constant	constant and trend	
نامانا	-2.711 (7)	-3.215 (6)	LESA
نامانا	-1.410 (0)	-1.916 (0)	LPSA
نامانا	-1.333 (4)	-2.326 (1)	LLSA

LSSA	-2.592 (4)	-0.421 (3)	نامانا
LTSA	-2.0682 (4)	-2.132 (4)	نامانا
تفاضل مرتبه اول			
$\Delta(LSA)$	-12.313(2)++		مانا
$\Delta(LPSA)$	-6.7508(0)++		مانا
$\Delta(LLSA)$	-10.609 (0) ++		مانا
$\Delta(LSSA)$	-6.0989 (0)++		مانا
$\Delta(LTSA)$	-6.4257(2)++		مانا

منبع: محاسبات محقق

تذکر: علامت ++ نشان دهنده سطح معنی داری در سطح ۱ درصد را نشان می دهد. اعداد داخل پرانتز تعداد وقفه بهینه می باشد؛ که برای تعیین تعداد وقفه ها از ضابطه شوارتز استفاده شده است.  
حرف L نشان دهنده لگاریتم طبیعی و نماد SA نشان دهنده تعدیل فصلی می باشد.

### جدول شماره ۵- آزمون ریشه واحد HEGY

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

منبع: محاسبات محقق

۲-۵- تعیین وقفه بهینه متغیرهای مدل

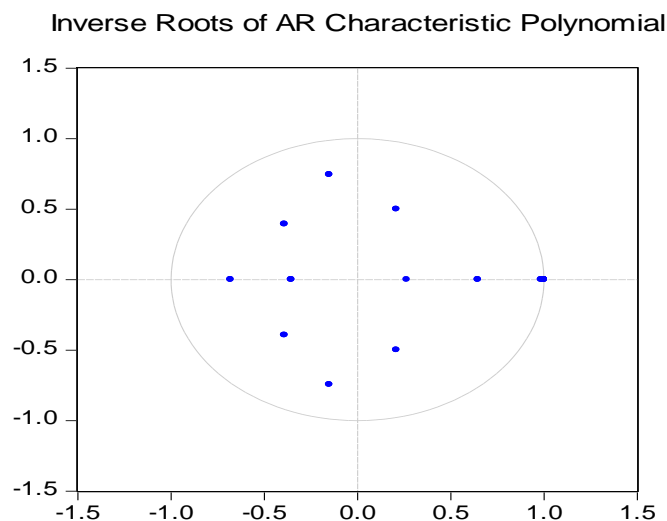
در این مرحله می‌بایست فاصله مناسب و به‌اندازه کافی طولانی را که وقفه بهینه خارج این فاصله قرار نگیرد، انتخاب نمود.

جدول ۶- آماره‌های آزمون و معیارهای انتخاب در درجه دستگاه طول وقفه

HQ	SC	AIC	FPE	LR	طول وقفه معیار
-۰/۶۱۷	-۰/۴۹۱	-۰/۶۹۲	۰/۰۰۰۰۰۰۳	-	۰
*-۳/۳۹۶	*-۲/۶۴۱	*-۳/۸۴۵	*۰/۰۰۰۰۰۰۰۱	*۱۶۶/۳۱	۱
-۲/۶۰۷	-۱/۱۲۲	-۳/۴۳۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۲	۲۳/۶۵	۲

منبع: یافته‌های تحقیق

بر اساس معیارهای مذکور در جدول ۶ طول وقفه بهینه ۱ انتخاب می‌گردد.



نمودار ۴- ریشه‌های معکوس چندجمله‌ای مشخص خودرگرسیون (آزمون پایداری VAR)

منبع: یافته‌های تحقیق

در نمودار ۴ ملاحظه می‌گردد که مدل VAR بر اساس وقفه ۱-۱ پایدار می‌باشد.

### ۳-۵- نتایج حاصل از آزمون‌های هم‌انباشتگی

از آنجا که متغیرهای الگو دارای درجه انباشتگی یکسان  $I(1)$  هستند، برای تشخیص وجود رابطه تعادلی بلندمدت میان متغیرهای مدل از آزمون هم‌انباشتگی و برای انجام این آزمون از روش یوهانسون- یوسیلیوس استفاده شده است. جهت اجتناب از رگرسیون کاذب، در جداول ۴-۶ و ۴-۷ نتایج دو آزمون اثر<sup>۵۰</sup> و آزمون حداکثر مقدار ویژه<sup>۵۱</sup> جهت وجود روابط هم‌انباشتگی به ازای طول وقفه بهینه آورده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌گردد؛ هر دو آزمون وجود روابط هم‌انباشتگی بین نمای لیپانوف (E) و سایر متغیرهای تعیین‌کننده آن در سطح معنی‌داری ۵ درصد را تایید می‌نماید. با توجه به هر دو آزمون، دقیقاً یک بردار همگرایی وجود دارد و می‌توان کلیه متغیرها را وارد مدل نمود و رابطه بلندمدت بین متغیرها را تخمین زد.

جدول ۷- آزمون انباشتگی بر اساس هم‌آزمون اثر

فرضیه صفر	فرضیه مخالف	آماره آزمون	مقدار بحرانی در سطح ۵٪	Prob
$r = 0$	$r = 1$	۱۰۲/۰۵	۷۹/۳۴	۰/۰۰۰۴
$r \leq 1$	$r = 2$	۴۳/۹۷	۵۵/۲۴	۰/۳۳۱۲
$r \leq 2$	$r = 3$	۱۷/۰۸	۳۵/۰۱	۰/۸۶۸۱
$r \leq 3$	$r = 4$	۷/۱۷	۱۸/۳۹	۰/۷۶۵۲
$r \leq 4$	$r = 5$	۲/۵۵	۳/۸۴	۰/۱۱۰۱

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول ۸- آزمون انباشتگی آزمون حداکثر مقدار ویژه

فرضیه صفر	فرضیه مخالف	آماره آزمون	مقدار بحرانی در سطح ۵٪	Prob
$r = 0$	$r > 1$	۵۸/۰۸	۳۷/۱۶	۰/۰۰۰۱
$r \leq 1$	$r > 2$	۲۶/۸۹	۳۰/۸۱	۰/۱۴۰۱
$r \leq 2$	$r > 3$	۹/۹۰	۲۴/۲۵	۰/۹۰۹۱
$r \leq 3$	$r > 4$	۴/۶۲	۱۷/۱۴	۰/۹۲۸۴
$r \leq 4$	$r > 5$	۲/۵۳	۳/۸۴	۰/۱۱۰۱

منبع: یافته‌های تحقیق

50 .Trace test.

51.Maximal eigenvalue.

#### ۵-۴- برآورد الگو و تحلیل نتایج تجزیه و تحلیل 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 تجزیه و تحلیل 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 بر آن متغیر شرح داده می‌شود. توابع عکس‌العمل آنی، رفتار پویای متغیرهای دستگاه را در طول زمان به هنگام تکانه وارد به اندازه یک انحراف معیار نشان می‌دهد. با استفاده از توابع عکس‌العمل آنی پاسخ پویای دستگاه به تکانه واحد اعمال‌شده از سوی هر یک از متغیرها مشخص می‌گردد.

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

در جدول شماره ۹ تفکیک خطای پیش‌بینی متغیر نمای لیاپانوف را برای ۲۰ دوره (فصل) و سهم نوسان هر یک از متغیرهای دستگاه در واکنش به تغییرات مذکور در کوتاه‌مدت (فصل اول)، میان‌مدت (فصل پنجم) و بلندمدت (از فصل دوازدهم به بعد) نشان داده می‌شود.

**جدول ۹- تفکیک خطای پیش‌بینی متغیر نمای لیاپانوف**

DU*LPSA	LTSA	LSSA	LPSA	LLSA	LESA	S.E.	
0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	100.0000	0.438278	1
0.240862	0.250039	0.486755	1.213299	0.420723	97.38832	0.460722	2
0.481408	3.586279	4.272293	1.066651	1.854512	88.73886	0.494814	3
0.456115	4.924581	3.709305	0.925163	1.920057	88.06478	0.532789	4
0.709784	6.236340	3.308022	0.960949	2.702664	86.08224	0.564705	5
0.804928	7.949342	3.527878	0.906549	2.716043	84.09526	0.586801	6
0.787507	10.00776	3.632874	0.853603	2.698659	82.01960	0.617433	7
0.816505	11.29151	3.543003	0.822145	2.630033	80.89680	0.643140	8
0.918918	12.30788	3.586169	0.813577	2.596244	79.77721	0.668830	9
0.928281	13.13615	3.711094	0.764761	2.511674	78.94804	0.693572	10
0.932953	13.80910	3.835631	0.720999	2.465833	78.23548	0.718103	11
0.939631	14.25430	3.924035	0.683957	2.424899	77.77318	0.740913	12
0.944383	14.57721	3.996368	0.649360	2.407299	77.42538	0.763558	13
0.939195	14.84612	4.070130	0.615900	2.394942	77.13372	0.785114	14
0.934883	15.08892	4.135951	0.586652	2.396915	76.85668	0.806073	15

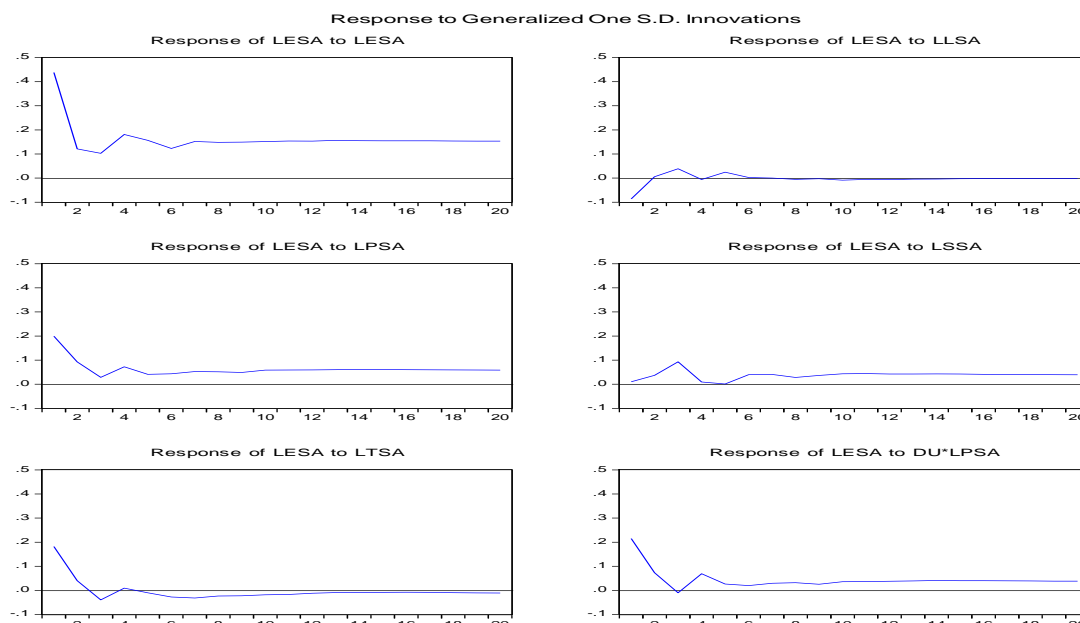
0.930514	15.29622	4.175755	0.560917	2.401366	76.63523	0.826347	16
0.928598	15.49136	4.204148	0.538121	2.411688	76.42609	0.846160	17
0.926719	15.68768	4.231407	0.517488	2.420068	76.21664	0.865383	18
0.925741	15.88375	4.254190	0.499240	2.427964	76.00911	0.884239	19
0.925760	16.07207	4.271088	0.482945	2.433320	75.81481	0.902686	20
Cholesky Ordering: LESA LPSA LLSA LSSA LASA							

منبع: یافته‌های تحقیق

نتایج حاصل از (VDCS) حاکی از آنست که به طور کلی نوسان‌های متغیر تاب‌آوری در افق‌های زمانی مختلف عمدتاً 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 و در بلندمدت ۷۵/۸۱ می‌باشد. این در حالی است که قیمت گاز طبیعی در کوتاه‌مدت اثر بیشتری داشته و در بلندمدت سهم آن کاهش می‌یابد.

۵-۶- نتایج توابع عکس‌العمل آنی (IRFs)

IRFS رفتار پویای متغیرهای الگو را به هنگام ضربه (یا تکانه) واحد هر جزء تصادفی معادله بر هر یک از متغیرها در طول زمان نشان می‌دهد. این تکانه‌ها معمولاً به اندازه 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 اعمال شده از سوی هر یک از متغیرهای دستگاه مشخص می‌گردد.



نمودار ۵- توابع عکس‌العمل آنی تعمیم‌یافته ناشی از تکانه وارد بر متغیر قیمت واقعی گاز طبیعی و اثر متغیرهای دستگاه

منبع: یافته‌های تحقیق



تکانه ناشی از قیمت واقعی گاز طبیعی (به اندازه یک انحراف معیار) به متغیر نمای لیاپانوف بعنوان شاخص تاب-آوری سیستم توزیع گاز طبیعی، نشان می‌دهد که در کوتاه مدت نمای لیاپانوف کاهش و سپس افزایش می‌یابد، لیکن اثر آن در بلندمدت تقریباً ثابت می‌ماند.

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

با استفاده از الگوی تصحیح خطای برداری (VECM) مدل برآوردی در جدول شماره ۱۰ نشان داده شده است. لازم به ذکر است از متغیر دامی برای نشان دادن اثر آزادسازی قیمت گاز طبیعی استفاده شده است به طوری که برای سال‌های قبل اجرای قانون هدفمندی یارانه‌ها (۱۳۸۹) DU صفر و برای سال‌های بعد از اجرای قانون هدفمندی یارانه‌ها (۱۳۸۹)، یک فرض شده است.

#### جدول ۱۰- نتایج برآورد بردار هم‌انباشتگی برای متغیرهای مدل

LESAs	LLSAs	LPSAs	LSSAs	LTSAs	DU*LPSAs	C (عرض از مبدا)
۱	۲۳/۲ (۱۳/۸۳)	۵/۳ (۲/۲۵)	-۱۲/۴ (۲/۶۹)	-۵/۴ (۳/۳۵)	-۱۰/۲۳ (۲/۱۵)	-۱۱۰/۹
آماره t	۱/۶۸	۲/۳۵	-۴/۶۱	-۱/۶۲	-۴/۷۴	

منبع: یافته‌های تحقیق

انحراف معیار؛ داخل پرانتز نشان داده شده است.

بر اساس نتایج حاصل از مدل که در جدول شماره ۱۰ نشان داده شده است؛ قبل از اجرای قانون هدفمندی یارانه-ها، قیمت گاز طبیعی با نمای لیاپانوف رابطه منفی دارد به طوری که در صورتی که قیمت گاز طبیعی ۱ 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:

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

مدل بعد از آزادسازی قیمت گاز طبیعی:

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

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. به طوری که با افزایش ۱ درصد در قیمت گاز طبیعی مقدار نمای لیاپانوف ۴/۹ درصد افزایش می‌یابد. در واقع با افزایش ۱ درصد قیمت گاز طبیعی تاب‌آوری سیستم توزیع گاز طبیعی ۴/۹ درصد کاهش می‌یابد.

## ۵- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

در این مقاله، از نمای لیاپانوف به عنوان شاخصی جهت محاسبه 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 بصورت 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 به صورت فصلی، مدل با رویکرد خود رگرسیون برداری (VAR) و با به‌کارگیری روش هم‌انباشتگی 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 به شرح ذیل می‌باشند:

۱- سیستم توزیع گاز طبیعی از تاب‌آوری لازم (به دلیل 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 بر اساس سیستم‌های غیرخطی قابل پیش‌بینی است.

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

۴- بر اساس تابع عکس‌العمل‌آنی (IRFs) تکانه ناشی از قیمت واقعی گاز طبیعی به متغیر نمای لیاپانوف بعنوان 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 به طوری که در صورتی که قیمت گاز طبیعی ۱ 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. به طوری که با افزایش ۱ درصد در قیمت گاز طبیعی مقدار نمای لیاپانوف ۴/۹ درصد افزایش می‌یابد. در واقع با افزایش ۱ 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، به دلیل تورم بالا، کاهش قابل توجهی داشته است، به طوری که 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.

## ۱. منابع

الف) فارسی:

- ۱- آماده، حمید، احراری، مهدی، قدسی ماب، محمدعلی (۱۳۹۵) مطالعه تاب‌آوری اکوسیستم شهر تهران در برابر آلاینده‌های هوا. اقتصاد و تجارت نوین، پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی سال یازدهم، شماره سوم، پاییز ۲۳-۵۴
- ۲- ابونوری، اسمعیل، لاجوردی، حسن (۱۳۹۶) واکنش تاب‌آوری اقتصادی در برابر تکانه‌های نفتی و بی-ثباتی رشد اقتصادی در کشورهای عضو اوپک، فصلنامه پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی، سال ۲۵ شماره ۸۱ بهار ۱۳۹۶ ص ۷-۳۱
- ۳- ابونوری، عباسعلی، غفوری، شیرین (۱۳۸۹) برآورد عرضه و تقاضای گاز طبیعی در ایران و پیش‌بینی برای افق ۱۴۰۴ فصلنامه مدل‌سازی اقتصادی، زمستان ۱۳۸۹ شماره ۲ ص ۱۱۷-۱۳۶.
- ۴- اسکندری، مصطفی، نصیری‌اقدام، 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 ۵۱-۶۴
- ۵- 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 پائیز ۱۳۸۹ ص ۲۳-۴۱.
- ۶- 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 ۳۵-۷۸.
- ۷- 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 ۱-۳۲.

- ۸- بابازاده، محمد، معمارنژاد و علمی (۱۳۸۹) بررسی ماکزیمم نمای لیپانوف در نرخ ارز ایران با استفاده از تئوری آشوب. فصلنامه پول و اقتصاد شماره ۲ / زمستان ۱۳۸۸ / ۷۷-۵۴
- ۹- شرکت ملی گاز ایران (۱۳۹۶). گزارش آماری مدیریت گازرسانی.
- ۱۰- قدیمی دیزج، خلیل، دهقانی، ابوالفضل، نقش گازطبیعی در مدل اقتصاد مقاومتی، مجموعه مقالات همایش اقتصاد مقاومتی، پژوهشگاه صنعت نفت، دی ماه ۱۳۹۴
- ۱۱- غیاثوند، ابوالفضل و دیگران (۱۳۹۳) دربارهٔ سیاست‌های کلی اقتصاد مقاومتی - مروری بر ادبیات جهانی دربارهٔ تاب‌آوری ملی. گزارش دفتر مطالعات اقتصادی مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی [نسخه الکترونیکی]. قابل دسترس در: <http://rc.majlis.ir/fa/report/show/881024> [15/10/1396]
- ۱۲- مشیری، سعید، فروتن، فایزه (۱۳۸۳). آزمون آشوب و پیش‌بینی قیمت آتی نفت خام. فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران، جلد ۴ (۲۱) ص ۶۷-۹۰
- ۱۳- محمدی، تیمور، پژوهان، جمشید، عباس‌زاده، شیما (۱۳۹۰) تأثیر حذف یارانه انرژی بر تولید ناخالص ملی در ایران، فصلنامه اقتصاد کاربردی، سال دوم، شماره چهارم، بهار ۱۳۹۰ ص ۱-۲۴
- ۱۴- محمدی، تیمور، شاکری، عباس، تقوی، مهدی، احمدی، مهدی (۱۳۹۶) تبیین مفهوم ابعاد و مولفه‌های تاب‌آوری اقتصادی، فصلنامه مطالعات راهبردی بسیج، سال ۲۰، شماره ۷۵، تابستان ۱۳۹۶ ص ۸۹-۱۲۰
- ۱۵- معینی، علی، ابریشمی، حمید، احراری، مهدی (۱۳۸۵)، به کارگیری نمای لیپانوف برای مدل‌سازی سری زمانی قیمت آتی نفت برپایه توابع پویا، فصلنامه تحقیقات اقتصادی دانشکده اقتصاد تهران؛ شماره ۷۶، آذر و دی ۸۵
- ۱۶- هاتفی‌مجمومرد، 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 ۱۶۵-۱۴۱

(ب) انگلیسی:

- 17-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.
- 18-Briguglio, L., Cordina, G., Farrugia, N., & Vella, S. (2009). Economic vulnerability and resilience: concepts and measurements Oxford Development Studies , 37(3) , 229-247.
- 19- Bask, M. (1997). Deterministic chaos in exchange rates? Department of economics, Umea university studies,453.
- 20-Chaudry, Modassar and et al. (2011) "Building a Resilient UK Energy System" UK Energy Research Centre.
- 21-Holling, C. S. (1992). Cross-scale morphology, geometry, and dynamics of ecosystems. Ecological monographs, 62(4), 447-502.
- 22- 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.

- 23- Kimhi, S. 2016. "Levels of resilience: Associations among individual, community, and national resilience". *Journal of health psychology*. Vol 21. No 2. pp 164-170.
- 24- 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)
- 25-Perrings, C. (1998). Resilience in the dynamics of economy-environment systems. *Environmental and Resource Economics*, 11(3-4), 503-520
- 26- Perrings, C. (2006). Resilience and sustainable development. *Environment and Development Economics*, 11(4), 417-427
- 27-Pimm, S. L. (1984). The complexity and stability of ecosystems. *Nature*, 307(5949), 321.
- 28- 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
- 29- 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.
- 30- Walker, B., Holling, C. S., Carpenter, S., & Kinzig, A. (2004). Resilience, adaptability and transformability in social-ecological systems. *Ecology and society*, 9(2)
- 31- Reggiani, A., De Graaff, T., & Nijkamp, P. (2002). Resilience: an evolutionary approach to spatial economic systems. *Networks and Spatial Economics*, 2(2), 211-229.
- 32-Oystein Olsein,Kejel Roland(1988) Modeling Demand for Natural Gas a Review of Various Approaches. Central Bureau of Statistics.
- 33- 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
- 34- 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.

## **The effect of the liberation of gas price on the resilience of the gas distribution system in Iran**

### **Abstract**

Developing gas supply in line with the policy of replacing natural gas with other fossil fuels and liberalizing natural gas prices as a price policy to optimize consumption. The need to study the resilience of the natural gas distribution system is more evident. this study aims to investigate the effects of the liberation of gas price on the gas distribution system. so, first, Lyapunov power has been computed based on the gas consumption in the residential sector between 2005 and 2017. In the next step, model was estimated using Vector Auto-Regression (VAR) method, by using the Johansen-Uuselus Coincidence Method and the Vector Error Correction Model (VECM), the relationship between the price of natural gas and the volatility of the Iranian gas distribution system has been investigated. based on (IRF) shows that in the short run, the Lipanov view is reduced and then increased and its effect is fixed in the long run. based on the (VDCs) shows that the price of natural gas in the short run is more contributing to the explanation of the prediction error of the Lyapunov view, but in the long run its share decreases. Moreover, the momentum resulted from the real gas price to the Lyapunov power variable as the resilience index of the gas distribution system shows that Lyapunov power will decrease in consequent periods and the resilience will increase.

**Keywords: The Liberation of Gas Price, Lyapunov Power, Resilience, VECM, Gas Consuptimon.**  
JEL Classification: Q<sub>41</sub>, Q<sub>48</sub>