مجله آمایش جغرافیایی فضا، دورهٔ ۱۱، شمارهٔ ۴، پیاپی ۴۲، زمستان ۱۴۰۰
صص. ۱۰۵-۹۱

http://doi.org/10.30488/GPS.2021.220329.3192

بررسی علیت متقابل تغییر اقلیم و مصرف انرژی در بخش‌های اصلی اقتصاد ایران با روش تودا– یاماماتو

حشمت‌الله عسکری [۱]– دانشیار گروه اقتصاد، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران
صفورا جهانگیری – کارشناسی ارشد اقتصاد، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۷/۱۵ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۱۶**

چکیده

اکوسیستم یکی از ارکان بنیادین زندگی بشر محسوب می‌شودکه با پیشرفت و توسعه در جهان تغییراتی در آن به وجود آمده است. پدیدهٔ تغییر اقلیم که عمدتا مربوط به افزایش آلاینده‌های هوا در جو می‌باشند، از نمونه‌های بارز در این زمینه است. تغییر اقلیم عبارت است از هر گونه تغییرات در مؤلفه‌های اقلیمی از قبیل دما، بارش و باد که در طول چندین دهه اتفاق می‌افتد. مصرف حامل‌های انرژی عامل اصلی انتشار آلاینده‌های هوا بوده و از این طریق بر تغییر اقلیم اثر می‌گذارد؛ همچنین تغییر اقلیم هزینه‌هایی را بر بخش‌های مختلف اقتصاد دارد که افزایش مصرف انرژی از نمونه‌های آن است. از آنجایی‌که کشور ایران در سال‌های اخیر در معرض تغییرات شدید اقلیمی قرار گرفته و مصرف انرژی در بخش‌های مختلف اقتصادی آن رو به افزایش گذاشته و یکی از کشورهای مهم در زمینه انتشار آلاینده‌های هواست، لذا در این مقاله به بررسی علیت اثرات متقابل بین تغییر اقلیم و مصرف انرژی در بخش‌های مختلف اقتصادی پرداخته می‌شود. بدین منظور از داده‌های دما و بارش و مصرف انرژی ۲۸ استان برای دورهٔ زمانی ۱۳۹۵–۱۳۷۰ استفاده شده است. برای بررسی علیت دو طرفه بین تغییر اقلیم و مصرف انرژی کل در طول دورهٔ زمانی از روش علیت تودا–یاماموتو که یک var تعدیل‌یافته است استفاده شده و همچنین برای بررسی علیت بین متغیرهای اقلیمی و استان‌های کشور در طول دورهٔ زمانی مذکور از روش علیت گرنجر استفاده گردیده‌است. نتایج تخمین نشان داد که در طول دورهٔ مورد بررسی علیتی دو طرفه بین تغییر اقلیم و مصرف انرژی در بخش‌های اصلی اقتصاد ایران وجود نداشته و تنها علیتی یک طرفه از تغییر اقلیم به‌سوی مصرف انرژی در بخش کشاورزی، خانگی و تجاری وجود دارد و همچنین برای استان‌های با دمای بالاتر از متوسط علیت دو طرفه و قوی‌تری بین مصرف انرژی و متغیرهای تغییر اقلیم(دما و بارش) وجود دارد و از سوی دیگر افزایش مصرف انرژی باعث افزایش میزان co_2 جو می‌شود. با توجه به نتایج به دست‌آمده پیشنهاد می‌شود به منظور کاهش آلاینده‌های زیست‌محیطی، افزایش کارایی و بهبود کیفیت انرژی مورد بررسی قرار گیرد. بهینه‌سازی مصرف انرژی در بخش کشاورزی و ارائه محرک‌هایی در جهت استفاده بیشتر از انرژی پاک و تجدیدپذیر در این بخش مورد بررسی قرار گیرد. و همچنین سیاست‌گذاری برای کاهش اثرات تغییر اقلیم، به صورت استانی و با توجه به اقلیم استان مورد نظر انجام شود.

واژگان کلیدی: اقتصاد، مصرف انرژی، تغییر اقلیم، ایران، علیت تودا–یاماموتو.

۱. نویسنده مسئول
Email: He.asgari@gmail.com

مقدمه

یکی از جدی‌ترین مسائل عصر حاضر تغییر اقلیم و تأثیر آن بر مصرف انرژی می‌باشد. تغییرات اقلیمی باعث تغییر مصرف انرژی در بخش‌های مختلف اقتصاد شده و تغییر مصرف انرژی نیز باعث تغییرات اقلیمی می‌شود و این چرخه همچنان ادامه دارد. تغییرات آب و هوایی کره زمین به عنوان نتیجهٔ تلاش روزافزون کشورها برای دستیابی به رشد اقتصادی بالاتر باعث شده شاهد پدیده‌هایی همچون بالا آمدن آب دریاها، گرم شدن هوای کره زمین و کاهش بارندگی‌های سالیانه باشیم. در این میان برخی مناطق در معرض تغییرات آب و هوایی شدیدتری قرار دارند از جمله منطقهٔ خاورمیانه و کشور ایران.

از طرفی مسئله پیامدهای تغییرات آب و هوایی از سال‌های پیش به‌عنوان یکی از مسائل بغرنج و تأثیرگذار در عرصه‌های مختلف مطرح بوده و روز به روز جدی‌تر می‌شود. تغییرات آب و هوا و افزایش دمای هوا و نابسامانی‌های جوی پدیده گرد و غبار و ... تأثیر فراوانی در منطقه به‌ویژه کشور ایران گذاشته است. این تغییرات فرصت‌ها و تهدیدهای متعددی را در حوزهٔ اقتصاد کشور به بار داشته است به‌عبارت دیگر وجود بلایای طبیعی یا نابسامانی و نوسان در شرایط آب و هوایی علاوه بر اثر گذاری مستقیم به از بین رفتن مراتع و جنگل‌ها، آلودگی محیط زیست و از بین رفتن شادابی و طراوت طبیعت، خشک و خشن شدن فضای طبیعی، تأثیر بسزایی بر روند جریان تولید و مصرف و در نهایت بر بازار داشته است (اسکندری، ۱۳۹۰: ۳۰۲). اکثر دانشمندان علوم جوی معتقدند که چون نمی‌توان تا حدود زیادی با عوامل طبیعی تغییر اقلیم مقابله کرد، به ناچار باید با عوامل انسانی که باعث تغییر اقلیم و پیامدهای آن می‌شود تا حد امکان مقابله کرد و در این راه به تقسیم‌بندی عوامل تغییر اقلیم پرداخته‌اند تا با آگاهی کامل راههای پیشگیری و مقابله با آن‌هارادنبال کنند. تغییرات اقلیمی یکی از مباحث جدید است که در محافل مختلف علمی مورد بحث است. بی‌شک مجموعه‌ای از در یک جمع‌بندی عواملی را که باعث تغییر اقلیم می‌شوند می‌توان در سه دسته تقسیم‌بندی کرد؛ دستهٔ اول عوامل زمینی، دسته دوم عوامل کیهانی و فعالیت‌های انسانی هم به عنوان عامل سوم این تغییرات شناخته شده‌اند. تغییرات اقلیمی تحت عوامل زمینی و کیهانی در مقیاس‌های بلندمدت اتفاق می‌افتد، درحالی که تغییرات اقلیمی ناشی از فعالیت‌های انسانی در مقایسه با دو عامل قبلی در مقیاس‌های زمانی کوتاه مدتی رخ می‌دهند. به طور کلی عوامل اول ودوم را می‌توان به عنوان عوامل طبیعی تغییر اقلیم در نظر گرفت که انسان نمی‌تواند دخالتی در آنها داشته باشد. امروزه هنگامی که بحث تغییر اقلیم مطرح می‌شود،تغییرخود به خودی اقلیم (تغییرات متاثر از عامل اول و دوم) مدنظر نیست، بلکه نقش انسان و فعالیت‌هایی که موجب این تغییرات می‌شود، مدنظر است (وارثی و محمدی، ۱۳۸۶: ۱۳۱). فراوانی منابع انرژی و قیمت پایین آن‌ها در کنار تکنولوژی پایین تولید(کارایی پایین سیستم‌های تولید)، آلودگی‌های زیست‌محیطی حاصل از احتراق سوخت‌های فسیلی را به همراه دارد. نتیجهٔ این فراوانی، انتشار ۵۵۶ میلیون تن دی‌اکسیدکربن حاصل از مصرف سوخت-های فسیلی، ایران را در ردهٔ ده کشور با آلایندگی بالا در دنیا و آلاینده‌ترین کشور در خاورمیانه قرار داده است (آژانس بین‌المللی انرژی، ۲۰۱۶). علاوه بر تاثیر مصرف انرژی بر افزایش آلاینده‌ها و تغییر اقلیم، تغییرات اقلیم نیز مصرف بیشتر انرژی را در پی دارد. در سال‌های اخیر، هشدار تحقیقات دانشگاهی در مورد کمیابی انرژی، آلاینده‌های زیست‌محیطی، تغییرات اقلیمی ملموس در کشور و توجه حکمرانی به اموری مانند تولید انرژی پاک تر در برنامه‌های توسعه، نشان از پی بردن محققان و سیاست مداران به اهمیت پایداری زیست‌محیطی و نیل به برنامه ریزی در جهت مدیریت بهینه و افزایش کارایی مصرف انرژی، مسائل زیست‌محیطی، دارد.

با این‌حال، این امر بدون بررسی و اطلاع از چگونگی رابطه میان مصرف انرژی، انتشار گازهای گلخانه‌ای و تغییرات اقلیمی امکان‌پذیر نیست. از این‌رو، همهٔ کشورها برای آن‌که رشد اقتصادی همراه با ملاحظات زیست‌محیطی را تجربه کنند، بایستی به طور دقیق از این ارتباطات اطلاع داشته باشند. بدین منظور، در این مقاله تلاش شده است ارتباط متقابل

مصرف انرژی، انتشار گازهای گلخانه‌ای و نماگرهای اقلیمی (دما و بارش) در کشور ایران بررسی شود. در ادامهٔ این پژوهش، در ابتدا به مبانی نظری و مطالعات پیشین در ادبیات موضوعی پرداخته می‌شود. سپس، الگوی اقتصادسنجی مورد استفاده برای تحلیل اثرات متقابل متغیرها و روش تصریح آن‌ها بحث می‌گردد. در نهایت، به تحلیل و تفسیر نتایج پرداخته می‌شود.

مان و ریچل[1](۲۰۰۴) در پژوهشی با عنوان "یک مدل ارزیابی یکپارچه برای تغییرات اقلیمی جهانی انرژی و محیطزیست " به این نتیجه رسیدند که ۲/۵ درجه گرم شدن زمین سبب کاهش ۰/۲۵ درصدی GDP در کشورهای با درآمد بالا و کاهش ۰/۵ درصدی در کشورهای با درآمد پایین می‌شود. ماتسوموتو و ماسوئی[2](۲۰۱۱) در پژوهشی با عنوان "تاثیرات اقتصادی برای جلوگیری از تغییرات آب و هوایی خطرناک با استفاده از مدل AIM یا CGE" به بررسی اثرات اقتصادی ایجاد سیاست‌های اقلیمی برای تعیین اولویت جلوگیری از انتشار گازهای گلخانه‌ای در کشورهای منتخب با استفاده از روشCGE پرداختند. نتایج حاکی از کاهش تولید ناخالص داخلی، به علت قیمت‌های انتشار کربن بالاتر است ولی این کاهش در مقایسه با سرعت رشد آن در قرن جاری بسیار ناچیز بوده و لذا همچنان ظرفیت برای کاهش آلاینده‌ها وجود دارد. احمد[3]و همکاران (۲۰۱۴) در پژوهشی تحت عنوان "ایا مصرف انرژی به تغییرات آب و هوایی کمک می‌کند (شواهد از مناطق عمده جهان)" به بررسی رابطه بین کمک مصرف انرژی به متغیرهای تغییرات آب و هوا پرداخته‌اند. محققان این پژوهش به صورت تجربی رابطهٔ دو متغیر پویا را در پنج منطقهٔ وسیع جهان بررسی کردند. متغیرهای مهم اقلیمی شامل جوی، توپوگرافی، تهدید موجودات زنده، سیستم آب و فاکتورهای رشد برای بررسی رابطهٔ انرژی–آب و هوا در طول دورهٔ زمانی سال‌های ۲۰۱۱–۱۹۷۵ مورد استفاده قرار گرفت. پژوهشگران به این نتیجه رسیدند که رابطهٔ تعادلی بلندمدت بین مصرف انرژی و متغیرهای اقلیمی وجود دارد که نشان می‌دهد تغییرات اقلیمی ناشی از تغییرات در مصرف انرژی در مناطق مختلف جهان است. عزیزی و همکاران (۱۳۸۳) در پژوهشی با عنوان "روند دمایی چند دههٔ اخیر ایران و افزایش دی اکسید کربن (CO_2) جو" به این نتیجه رسیدند که علت اصلی روند مشاهده شده در ایستگاههای کشور بیشتر ناشی از توسعهٔ شهرنشینی و اثرات ناشی از آن است. روند افزایش نرخ میزان CO_2 جو یک امر بدیهی است و نرخ این افزایش در دهه‌های اخیر بیشتر بوده است؛ همچنین روند گرم‌شدن هوا در پهنهٔ کشور با توجه به داده‌های موجود مشهود است. وارثی و محمدی (۱۳۸۶) در پژوهشی با عنوان "نقش عوامل انسانی در تغییرات اقلیمی و ارزیابی اثرات آن" به این نتیجه رسیدند که مهم‌ترین عاملی که باعث تغییر اقلیم در چند دههٔ گذشته شده، انتشار گازهای گلخانه‌ای در بخش انرژی بوده است که می‌توان با اعمال سیاست‌هایی از جمله استفاده از سوخت‌های کم کربن نظیر گازهای طبیعی و استفاده از منابع تمیز و تجدیدپذیر انرژی نظیر برق آبی، انرژی خورشیدی، انرژی باد، زمین گرمایی و انرژی هسته‌ای و توسعهٔ حمل و نقل عمومی و ریلی نظیر ناوگان شرکت واحد و مترو و راه‌آهن و غیره به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای مبادرت ورزید. علیجانی همکاران (۱۳۹۱) در پژوهشی با عنوان "روند تغییرپذیری دما با استفاده از شاخص‌های تغییر اقلیم در ایران" به این نتیجه رسیدند که به طور کلی دما در کشور دارای روند افزایشی است و این تغییرات در همراهی با رخدادهای جهانی سال‌های گرم، در سال‌های اخیر از شدت بیشتری برخوردار است. ظهرابی و همکاران (۱۳۹۲) در مقاله‌ای تحت عنوان "آشکارسازی تغییر اقلیم و نسبت دادن آن به گازهای گلخانه‌ای در حوزهٔ آبریز کارون بزرگ" پس از مقایسه ی روند دو بعدی دما و بارش مشاهداتی منطقه با محدودهٔ نوسانات درونی، به این نتیجه رسیدند که روند دما در نیم قرن اخیر در حوزهٔ کارون به سمت کاهش بارش و افزایش دما بوده است. این در حالی

1 .Manne & Richels
2 .Matsomoto & Maui
3 .Ghulam Akhmat

است که اثرات گازهای گلخانه‌ای در سال‌های انتهایی دورهٔ مشاهداتی به خوبی از نتایج قابل استنتاج است. شیعه بیگی و همکاران (۱۳۹۱) در مقاله‌ای با عنوان "ارزیابی تغییر اقلیم و پیشبینی اثر آن بر عملکرد و مصرف سوخت نیروگاههای حرارتی ایران در دهه آینده" با استفاده از روش شبکه عصبی، به بررسی اثر تغییراقلیم بر عملکرد بخش تولید انرژی در نیروگاههای کشور در دههٔ آینده پرداخته‌اند. محاسبات حاکی از آن است که بازدهی نیروگاههای گازی ۰/۶ درصد به ازای هر درجه افزایش دما،کاهش می‌یابد؛ همچنین بازدهی نیروگاههای بخاری و ترکیبی به ترتیب ۰/۵ و ۰/۴درصد کاهش یافته است.

جمع‌بندی پژوهش‌های نشان می‌دهد که مصرف انرژی، افزایش انتشار آلاینده‌هایی از قبیل دی اکسید کربن را در پی دارد. از طرف دیگر، افزایش انتشار آلاینده دی اکسید کربن، به تغییرات اقلیمی انجامیده است. در زمینه تاثیر دی-اکسیدکربن بر تغییرات اقلیمی، دو نظر غالب وجود دارد، گروهی از تحقیقات (عمدتا تحقیقات خارجی) وجود این ارتباط را تایید می کنند و گروهی از تحقیقات، این ارتباط را رد می کنند. با این حال، بر اساس اطلاعات نویسندگان، در پژوهش‌های صورت‌گرفته، ارتباط متقابل مصرف انرژی، انتشار آلاینده دی اکسید کربن (به عنوان عامل اصلی تغییر اقلیم) و تغییر اقلیم پرداخته نشده است. علاوه بر خلا ذکرشده، بر اساس استدلال پژوهش‌های مختلف، لزوم بررسی ارتباط انرژی–آلاینده–تغییر اقلیم به دلیل ماهیت متفاوت، در بخش‌های مختلف اقتصاد به طور جداگانه وجود دارد.

مبانی نظری

در نخستین کنفرانس آب و هوا که در سال ۱۹۷۹ برگزار شد تغییرات آب و هوا به عنوان یک مشکل جدی مطرح شد. در این کنفرانس علمی،چگونگی تأثیر تغییرات آب و هوا بر فعالیت‌های بشری موردپژوهش قرار گرفت و بیانیه‌ای صادر شد که طی آن دولت‌های جهان مورد خطاب واقع شدند و چنین فعالیت‌هایی معابر با سلامت بشر دانسته شد. این کنفرانس همچنین پشتیبانی خود را از طرح‌هایی که برنامه‌های جهانی آب و هوا را تحت مسئولیت‌های سازمان جهانی هواشناسی، برنامه محیط زیست ملل متحد و انجمن بین‌المللی اتحادیه‌های علمی پایه‌گذاری می‌کنند اعلام کرد. انطباق با افزایش اثرات تغییر آب و هوا به طور فزاینده‌ای در بسیاری از کشورها، باعث آگاهی جوامع و سازمان‌ها در سراسر جهان به این مسئله شده و در حال حاضر پیشرفت خوبی در امر تطبیق و پیش‌بینی اثرات تغییر آب و هوا مشاهده می‌گردد. با آغاز انقلاب صنعتی در اوایل قرن نوزدهم میلادی و رشد روز افزون تحولات بشری، تغییرات گوناگونی نیز در زندگی انسان‌ها رخ داده است. نیاز بشر به انرژی و مصرف انواع سوخت‌های فسیلی نظیر زغال سنگ، نفت و گاز طبیعی باعث افزایش شدید گازهایی مانند دی‌اکسیدکربن در جو شده است. افزایش جمعیت کره زمین که باعث تغییر کاربری زمین، تخریب جنگل‌ها، افزایش فعالیت‌های کشاورزی و دامداری و تولید ضایعات جامد و مایع شده است، تبعات مختلفی به همراه داشته است. پدیدهٔ تغییر آب و هوا یکی از این تبعات است. رشد جمعیت و پیشرفت تکنولوژی در قرن اخیر به رشد میزان تقاضای حامل‌های انرژی منجر شده است. انسان‌ها با مصرف انرژی حاصل از سوخت‌های فسیلی و تولید بیش از حد گازهای گلخانه‌ای توازن انرژی زمین را به هم می‌زنند. ادامهٔ روند افزایش میزان تقاضا و مصرف انرژی در چند دههٔ آینده، تغییر کاربری زمین، گسترش فعالیت‌های کشاورزی و دامداری و افزایش ضایعات جامد و مایع، پدیدهٔ گلخانه‌ای را در جو زمین تشدید خواهد کرد. مدل‌های جوی پیش‌بینی می‌کنند که تا سال ۲۱۰۰، دمای کره زمین از ۱ تا ۳/۵ درجه سانتیگراد افزایش خواهد یافت که این مقدار بیش از تغییرات دمایی ۱۰ هزار سال گذشته خواهد بود. تغییرات آب و هوایی و یا تغییر اقلیم یعنی هر تغییر مشخص در الگوهای مورد انتظار برای وضعیت میانگین آب و هوایی، که در طولانی مدت در یک منطقهٔ خاص یا برای کل اقلیم جهانی رخ بدهد. اهمیت اقتصادی تغییرات اقلیمی معمولا به‌عنوان آن مقداری که آب و هوا در یک دورهٔ مشخص بر روی مصرف انرژی تاثیرگذار است اندازه‌گیری می‌شود. با توجه به

این‌که تغییرات اقلیمی به‌طور مستقیم بر مصرف انرژی اثر می‌گذارد و تغییر مصرف انرژی نیز باعث تغییر تولید ناخالص داخلی می‌شود، بررسی روابط بین این متغییرها امری ضروری می‌نماید. بر این اساس در این فصل تغییر اقلیم و پیامدهای آن، عوامل مؤثر در تغییر اقلیم، بخش‌های متاثر از تغییر اقلیم و آب و هوا و تغییرات آب و هوایی، مورد بحث و بررسی قرار خواهد گرفت.

امروزه، در نظریه‌های جدید رشد، علاوه بر نهاده‌های کار و سرمایه، انرژی نیز به عنوان یکی از نهاده‌های مهم تولید در بحث‌های اقتصاد کلان مطرح است و تولید تابعی از نهاده‌های کار، سرمایه و انرژی تلقی می‌شود؛ همچنین فرض بر این است که بین میزان استفاده از این نهاده‌ها و سطح تولید رابطه‌ای مستقیم وجود دارد. از سوی دیگر، مصرف انرژی تابعی معکوس از قیمت آن است و تغییر قیمت انرژی، اثری مهم در مصرف انرژی و در نتیجه در تولید ناخالص ملی دارد (ملکی، ۱۳۷۸: ۸۱). اگر چنین فرض شود که در تعیین عرضهٔ کل در اقتصاد کلان، نیروی کار، متغیر و بقیه عوامل تولید ثابت هستند، در این صورت، افزایش در قیمت انرژی و در نتیجه کاهش در تقاضا برای آن سبب می‌شود که بهره‌وری نیروی کار کاهش یابد و به دنبال آن منحنی تقاضا برای نیروی کار به سمت چپ منتقل می‌شود و در نتیجه میزان اشتغال کاهش می‌یابد. با کاهش سطح اشتغال، محصول ملی کاهش و قیمت‌ها افزایش می‌یابد، در این حالت منحنی عرضهٔ کل به سمت چپ منتقل می‌شود؛ همچنین شوک قیمت انرژی می‌تواند سطح عمومی قیمت‌ها را از طریق افزایش در هزینه تولید افزایش دهد، که در این صورت موجب کاهش در اجزای تشکیل دهندهٔ تقاضای کل می‌شود و منحنی تقاضای کل در اقتصاد کلان را به سمت چپ منتقل و محصول ملی واقعی را کاهش می‌دهد (احمدیان، ۱۳۷۸: ۵۳).

به‌طور کلی واژهٔ تغییرپذیری اقلیمی به تغییرات آب و هوایی حول مقدار متوسط پارامترهای اقلیمی اطلاق می‌شود. این تغییرات که نسبتا کوتاه‌مدت هستند، نمایانگر روند گرمایش یا سرمایش نبوده و از سالی به سال دیگر متفاوت‌اند. تغییرات جهانی آب و هوا که اغلب از آن به گرمایش جهانی یاد می‌شود دارای اثرات پیچیده که شامل گرم شدن برخی مناطق و سرد شدن دیگران و به‌طور عمومی افزایش میزان تغییرپذیری الگوهای آب و هوایی و یک موضوع عمده موردبحث برای تصمیم‌گیران سیاسی در سراسر جهان است. این تغییرات منجر به دگرگونی در وضع آب و هوا، تغییر توزیع مکانی و زمانی بارش و نوع آن (جامد یا مایع)، جریانات سطحی، تبخیر، تغذیه سفرهٔ آب زیرزمینی و کیفیت آب شده و به‌طور کلی روند جدیدی را در اقلیم جهانی موجب می‌گردد. تغییر اقلیم باعث می‌شود که برخی مناطق مرطوب‌تر و برخی مناطق خشک‌تر گردند و شدت و تواتر حوادث خطرآفرین مانند سیلاب و خشکسالی افزایش یابد (Harris Brain Roach & Codur,2015). امروزه مطالعات و پژوهش‌های انجام‌گرفته در سطح دنیا نشان داده‌است که روند شتابان توسعهٔ اقتصادی و صنعتی در کشورهای جهان، تا حدود زیادی به سطح مصرف حامل‌های انرژی ارتباط می‌یابد و انرژی بیشترین سهم را در فعالیت‌ها و تجارت جهانی به خود اختصاص داده‌است. با بروز تکانه‌های نفتی در سال ۱۹۷۳ که از یک سو منجر به رکود اقتصادی کشورهای واردکننده‌ی نفت و از سوی دیگر سبب شکل‌گیری درآمدهای مازاد در اقتصادهای صادر کنندهٔ نفت و نیز تغییر الگوی مصرف انرژی در آنها شد، نقش و جایگاه انرژی در اقتصاد اهمیت بیشتری یافته و بررسی چگونگی رابطهٔ میان مصرف انرژی و رشد اقتصادی مورد توجه پژوهشگران و سیاست‌گذاران قرار گرفت (بهبودی و همکاران، ۱۳۸۸: ۵۳). به طوری‌که از انرژی به عنوان یک عامل کلیدی در کنار سرمایه، نیروی کار و مواد اولیه برای رشد اقتصادی یاد می‌شود. به‌علاوه، افزایش تولید ناخالص داخلی سرانهٔ افزایش تقاضا برای انرژی را در پی دارد. انرژی یک عامل حیاتی برای اقتصاد جهانی است، زیرا این نهاده در تولید بیشتر کالاها نقش اساسی دارد، به‌طوری که وقفه در عرضهٔ انرژی می‌تواند به منزلهٔ یک شوک بزرگ برای اقتصاد باشد. استخراج، تبدیل و توزیع انرژی موجب ایجاد زمینه‌های شغلی، ارزش افزوده و در نتیجه رشد اقتصادی می‌شود. به‌علاوه، قیمت‌های ثابت و پایین انرژی می‌تواند موجبات تسریع رشد اقتصادی را فراهم کند، زیرا قیمت‌های پایین انرژی باعث افزایش درآمد قابل تصرف

مصرف‌کنندگان، کاهش هزینه‌های بنگاه‌ها و افزایش سود آن‌ها می‌شود (Shahbaz et al, 2013:473).

روش پژوهش

در این پژوهش، برای شناسایی جهت و نوع ارتباط بین متغیرها در ابتدا از مدل علیت تودا–یاماموتو یا مدل خودرگرسیون برداری تعمیم‌یافته برای کل کشور (با داده های سری زمانی)، و در مرحلهٔ بعد، از علیت گرنجر برای بررسی رابطه‌های مذکور با استفاده از داده‌های تابلویی برای استان‌های کشور استفاده شده است. در ادامهٔ این قسمت به معرفی متغیرهای پژوهش و الگوی استفاده شده پرداخته شده است.

الگوی خودرگرسیونی برداری (VAR): الگوی VAR[1] به ارتباط متقابل بین متغیرهای سری زمانی در حین بررسی رفتار آن‌ها توجه می‌کند. این الگو به دلیل توجه به ارتباط متقابل بین متغیرها، دارای کاربردهایی است که آزمون علیت گرنجری یکی از اصلی‌ترین آنهاست. آزمون مذکور مشخص می‌کند که آیا ارتباط بین متغیرها یکطرفه است یا دوطرفه؟ همچنین در صورت یکطرفه بودن ارتباط جهت علیت را نیز مشخص می‌کند. ماهیت مدل VARسبب می‌شود تا تعداد زیادی پارامتر برآورد شود. به عنوان مثال در الگویی با n متغیر و طول وقفه بهینه k، حداقل به تعداد $n \times k$ ضریب تخمین زده خواهد شد. این موضوع سبب دشوار شدن تفسیر ضرایب و همچنین مشکل کم شدن درجهٔ آزادی و نیاز به حجم نمونهٔ زیاد را هم به همراه خواهد داشت و با توجه به این‌که علیت گرنجری هم بر پایه الگوی رگرسیونی VAR قرار دارد بنابراین در انجام این آزمون با مشکل مذکور مواجه خواهیم بود.

علیت تودا_ یاماموتو:[2] تودا و یاماموتو، برای بررسی رابطهٔ علیت، از یک مدل خودرگرسیون برداری تعدیل‌یافته استفاده کردند. در این روش باید وقفه بهینه مدل خودرگرسیون برداری (m) و ماکزیمم درجه مانایی (d_{max}) را مشخص کرد. سپس مدل VARرا با تعداد وقفه‌های $(m + d_{max})$ تشکیل داد، مشروط بر این‌که شراط $m \geq d_{max}$ برقرار باشد.

با فرض این‌که مجموع m وd_{max} برابر ۲ باشد، معادلهٔ خودرگرسیون برداری به صورت تساوی‌های (۱) و (۲) خواهد بود:

$$X_t = \omega + \sum_{i=1}^{m} \theta_i X_{t-i} + \sum_{j=m+1}^{m+d_{max}} \theta_j X_{t-j} + \sum_{i=1}^{m} \delta_i Y_{t-i} + \sum_{j=m+1}^{m+d_{max}} \delta_j Y_{t-j} + v_1 \qquad (۱)$$

$$Y_t = \omega + \sum_{i=1}^{m} \emptyset_i Y_{t-i} + \sum_{j=m+1}^{m+d_{max}} \emptyset_j Y_{t-j} + \sum_{i=1}^{m} \beta_i X_{t-i} + \sum_{j=m+1}^{m+d_{max}} \beta_j X_{t-j} + v_{2t} \qquad (۲)$$

آمارهٔ آزمون مورد استفاده در این روش، برای آزمودن فرض صفر، آمارهٔ والد با توزیع χ_2 مجانبی و درجه آزادی برابر با تعداد محدودیت‌های صفر است (صادقی و همکاران، ۱۳۹۱: ۱۰۱). آماره‌ی آزمون مورد استفاده، صرف نظر ازاینکه متغیرهای مدل مانا از هر درجه‌ای، غیرهمجمع یا همجمع از هر درجه‌ای باشند، معتبر خواهد بود. مزیت این روش این است که ما را از لزوم اطلاع داشتن از ویژگی‌های هم‌جمعی سیستم بی نیاز می‌کند و تنها اطلاع از درجهٔ پایایی ماکزیمم متغیرها برای انجام این آزمون کفایت می‌کند (آرمن و زارع، ۱۳۸۸: ۶۷). در این پژوهش، علیت متقابل بین متغیرهای مدل به‌صورت دو به دو با هم و در قالب ۹ مدل مختلف تخمین‌زده‌شده و الگوی کلی آن در جدول (۱) آورده‌شده‌است.

1 .Vector Auto Regression (VAR)
2 Toda Yamamoto

جدول شماره ۱. الگوهای کلی تخمین زده‌شده

مدل	علیت	رابطهٔ تخمین‌زده‌شدهٔ متناظر	
(۱)	انرژی–دی اکسید کربن	$CO_2=f(CO_2,Energy)$	$Energy=f(CO_2,Energy)$
(۲)	دما–دی اکسید کربن	$Temperature=f(CO_2, Temperature)$	$CO_2=f(CO_2, Temperature)$
(۳)	مصرف مصرف انرژی–دما	$Temperature=f(Energy, Temperature)$	$Energy =f(Energy, Temperature)$
(۴)	مصرف انرژی بخش صنعت– دی اکسید کربن	$CO_2=f(CO_2, Energyindustry)$	$Energyindustry=f(CO_2, Energyindustry)$
(۵)	مصرف انرژی بخش صنعت–دما	$Temperature=f(Energyindustry, Temperature)$	$Energyindustry =f(Energyindustry, Temperature)$
(۶)	مصرف انرژی بخش کشاورزی–دما	$Temperature=f(Temperature, Energyagriculture)$	$Energyagriculture=f(Temperature, Energyagriculture)$
(۷)	مصرف انرژی بخش کشاورزی–دی اکسید کربن	$CO_2=f(CO_2, Energyagriculture)$	$Energyagriculture=f(CO_2, Energyagriculture)$
(۸)	مصرف انرژی بخش خانگی و تجاری–دی اکسید کربن	$CO=f(CO_2, energypublic)$	$energypublic=f(CO_2, energypublic)$
(۹)	مصرف انرژی بخش خانگی و تجاری–دما	$Temperature=f(Temperature, energypublic)$	$Energypublic=f(Temperature, energypublic)$

بحث و یافته‌ها

با توجه به ادبیات موضوعی، متغیرهای دما و بارش[۱] به عنوان نماگرهای اقلیمی، انتشار دی‌اکسیدکربن به عنوان آلاینده‌ای که مقصر اصلی تغییر اقلیم به شمار می‌آید، انتخاب شدند. مصرف انرژی کل، مصرف انرژی بخش کشاورزی، صنعت، خانگی و تجاری به صورت درصد تغییرات نسبت به سال گذشته (رشد مصرف انرژی) به صورت جداگانه به عنوان متغیر رشد مصرف انرژی وارد الگو شدند. کلیه متغیرهای یادشده، به صورت سری زمانی سالانه و در مقیاس کشوری در فاصلهٔ ۲۰۱۴–۱۹۷۱ (دوره ۴۴ ساله)، با تاکید بر دسترسی بر داده‌ها از منبع داده‌های بانک جهانی استخراج گردیدند. با توجه به عدم دسترسی به داده‌های بلندمدت بارش و نقص در داده‌ها، این متغیر از الگوی تودا–یاماموتو حذف شد. در جدول ۲ آمار توصیفی متغیرهای سری زمانی در مقیاس کشور نشان داده شده است.

جدول شماره ۲ . آمار توصیفی متغیرهای سری زمانی استفاده شده در مدل علیت تودا- یاماموتو (۱۹۷۱-۲۰۱۴)

معیار/ متغیر	دما	گازهای گلخانه‌ای	رشد مصرف انرژی	رشد مصرف انرژی بخش کشاورزی	رشد مصرف انرژی بخش صنعت	رشد مصرف انرژی بخش خانگی و تجاری
میانگین[۲]	۱۷/۴۰۷۵	۳۶۳۳۱۱/۵	۱۶۲۲/۹۹۱	۵/۳۲۳۶	۳/۳۷۹۷	۶/۸۳۱۸
میانه[۳]	۱۷/۴۱۰۰	۳۲۸۴۰۸/۲	۱۴۳۲/۶۱۴	۴/۷۳۰۰	۳/۷۹۵۰	۷/۳۲۵۰
بیشینه[۴]	۱۸/۹۱۰۰	۶۵۰۹۵۶/۸	۳۰۲۳/۴۹۰	۲۴/۴۲۰۰	۲۴/۵۰۰۰	۲۱/۴۲۰۰
کمینه[۵]	۱۵/۴۹۰۰	۱۵۰۹۰۰/۳	۵۴۱/۴۸۵۰	-۱۱/۸۵۰۰	-۱۲/۳۰۰۰	-۸/۶۱۰۰
انحراف استاندارد[۶]	۰/۷۳۶۳	۱۶۶۴۷۱/۵	۷۳۸/۵۰۶۷	۸/۹۴۶۴	۷/۲۲۶۲	۷/۰۱۴۵
جارک–برا[۷]	۰/۷۴۹۸	۴/۴۵۹۰	۳/۷۳۳۳	۰/۷۸۷۶	۲/۴۶۲۴	۰/۳۰۹۱
احتمال آماره	۰/۶۸۷۳	۰/۱۰۷۵	۰/۱۵۴۶	۰/۶۷۴۴	۰/۲۹۱۹	۰/۸۵۶۷

۱ . دما و بارش، از مهم‌ترین شاخص‌های آب و هوایی هستند که وضعیت کلی هوا را نشان می‌دهند و کمتر دستخوش تغییر واقع‌می‌گردند و در پژوهش‌های مستقل از زمان فرض می‌شوند(رحیمی و همکاران، ۱۳۹۲).

2 . Mean
3 . Median
4 . Maximum
5 . Minimum
6 . Standard deviation
7 . Jarque-bera

علیت گرنجر با داده‌های تابلویی استانی: در قسمت دوم از پژوهش، بر تحلیل علیت انرژی–تغییر اقلیم در استان‌های کشور پراخته شده است. با توجه به این‌که علیت تودا–یاماموتو تنها برای داده‌های سری زمانی قابل اجرا است، به منظور پژوهش این ارتباط از علیت گرنجر استفاده شده است. فرم ساختاری الگوی علیت برای داده‌های استانی به صورت مجموعه تساوی‌های (۳) تا (۶) قابل ارائه است:

$$E_t = C_1 + \sum_{i=1}^{2} \alpha_{1i} E_{t-1} + \sum_{j=1}^{2} \beta_{1j} E_{t-2} + \varepsilon_{1t} \quad (۳)$$

$$E_t = C_2 + \sum_{i=1}^{2} \alpha_{2i} E_{t-1} + \sum_{j=1}^{2} \beta_{2j} E_{t-2} + \sum_{k=1}^{2} \gamma_{2k} W_{t-1} + \varepsilon_{2t} \quad (۴)$$

$$W_t = C_1 + \sum_{i=1}^{2} \alpha_{1i} W_{t-1} + \sum_{j=1}^{2} \beta_{1j} W_{t-2} + \varepsilon_{1t} \quad (۵)$$

$$W_t = C_2 + \sum_{i=1}^{2} \alpha_{2i} W_{t-1} + \sum_{j=1}^{2} \beta_{2j} W_{t-2} + \sum_{k=1}^{2} \gamma_{2k} E_{t-1} + \varepsilon_{2t} \quad (۶)$$

در این الگو، W رشد مصرف انرژی با مقیاس درصد است، و E نماگرهای اقلیمی (دما و بارش) هستند.

ε جمله خطا، α و β ضرایب مدل هستند.

معادلهٔ ۳ و ۴، تاثیر مصرف انرژی را بر متغیرهای اقلیمی نشان می‌دهد. اگر قدرت تشریحی و برآورد الگوی (۴) به‌صورت معنی‌داری، بهتر از الگوی (۳) باشد می‌توان نتیجه گرفت که مصرف انرژی بر متغیرهای تغییر اقلیم تأثیر داشته است.

معادلهٔ ۵ و ۶، تأثیر متغیرهای تغییر اقلیم را بر مصرف انرژی نشان می‌دهد. اگر قدرت تشریحی و برآورد الگوی (۶) به‌صورت معنی‌داری بهتر از الگوی (۵) باشد، می‌توان نتیجه گرفت که متغیرهای تغییر اقلیم بر مصرف انرژی تأثیر داشته است.

در جدول ۳ آمار توصیفی متغیرهای تابلویی، به صورت سالانه و در مقیاس استانی در طی دورهٔ زمانی ۱۳۷۱–۱۳۹۴ نشان داده شده است. داده‌های استانی مورد استفاده در الگوی علیت گرنجر از داده‌های مرکز آمار ایران استخراج گردیدند.

جدول شماره ۳. آمار توصیفی مربوط به متغیرهای استفاده شده در مدل علیت گرنجر (۱۳۷۱-۱۳۹۴)

معیار/ متغیر	کل استان‌ها			استان‌های با دمای بیشتر از میانگین کشوری		
	بارش	دما	انرژی	بارش	دما	انرژی
میانگین	۳۶۵/۵۸۷۲	۱۶/۶۵۵۹	۱۵۹۲۹۹۳۰/۳	۲۴۷/۴۵۹۶	۱۹/۷۹۲۸	۱۳۸۰۰۰۰۰
میانه	۲۸۱/۸	۱۶/۳۸۷۵	۱۱۰۰۰۰۰۰	۱۸۷/۳۵	۱۸/۵۰۴۱	۱۱۰۰۰۰۰۰
بیشینه	۱۹۳۴/۲	۲۷/۶۴۱۶	۷۵۳۰۰۰۰۰	۹۹۶/۷	۲۷/۶۴۱۶	۷۵۳۰۰۰۰۰
کمینه	۹/۳	۶/۲۳۳۳	۲۱۴۴۸۹	۹/۳	۱۴/۳۳۳۳	۱۰۵۵۶۶۸
انحراف استاندارد	۳۲۲/۸۷۳۵	۴/۳۱۱۵	۱۴۲۳۲۸۱۷/۸۸	۱۸۵/۶۵۱۱	۳/۵۳۶۵	۱۷۱۰۰۰۰۰

پایایی و آزمون ریشهٔ واحد: در مدلسازی اقتصادسنجی سری‌های زمانی برای پرهیز از رگرسیون کاذب می‌بایست وضعیت مانایی متغیرهای سری زمانی مورد بررسی قرار گیرد. با توجه به ماهیت سری زمانی متغیرهای به کار رفته در روش علیت تودا–یاماموتو و نیاز به اطلاع از درجه پایایی متغیرها و وقفه بهینه نیازمندیم، از این‌رو ابتدا با استفاده از آزمون ریشه واحد دیکی فولر تعمیم یافته (ADF)، پایایی متغیر های آزمون شده است. نتایج این آزمون در جدول ۴

1 .Augmented Dicky Fuller test (ADF)

خلاصه شده است.

جدول شماره ۴. نتایج آزمون ریشه واحد برای تعیین رتبهٔ هم‌جمعی متغیرها

متغیر	مقادیر بحرانی در سطح معنی داری			آماره آزمون	نتیجه
	٪ ۱۰	٪ ۵	٪ ۱		
گازهای گلخانه‌ای	-۳/۱۹۱۲	-۳/۵۲۰۷	-۴/۱۹۲۳	-۵/۸۳۷۶	مانا I(1)
مصرف انرژی کل	-۳/۱۹۱۲	-۳/۵۲۰۷	-۴/۱۹۲۳	-۸/۱۶۰۷	مانا I(1)
دما	-۳/۱۸۹۷	-۳/۵۱۸۰	-۴/۱۸۶۴	-۵/۱۸۷۵	مانا I(0)
رشد مصرف انرژی در بخش صنعت	-۳/۱۸۹۷	-۳/۵۱۸۰	-۴/۱۸۶۴	-۵/۴۰۵۲	مانا I(0)
رشد مصرف انرژی در بخش کشاورزی	-۳/۱۸۹۷	-۳/۵۱۸۰	-۴/۱۸۶۴	-۵/۵۳۴۵	مانا I(0)
رشد مصرف انرژی در بخش خانگی و تجاری	-۳/۱۸۹۷	-۳/۵۱۸۰	-۴/۱۸۶۴	-۵/۶۰۷۲	مانا I(0)

نتایج آزمون مانایی متغیرها نشان دادند که برخی متغیرها در سطح و برخی دیگر بعد از یک تفاضل با وجود عرض از مبدا و روند مانا هستند. به‌عبارت دیگر همه سری‌های مورد استفاده در تحقیق، I(0) و I(1) هستند؛ بنابراین تعداد وقفه‌های اضافی در مورد الگوی رگرسیونی VAR برابر با یک خواهد بود (dmax=1). بنابراین، برای بررسی رابطه‌ی علیت مصرف انرژی–انتشار دی اکسید کربن–متغیرهای اقلیمی، برای کشور از یک مدل خودرگرسیون برداری با فرض تعداد ۲ وقفه و از معادلاتی نظیر معادلات زیر استفاده شده است (چهارمحالی و خدایی، ۱۳۸۳: ۱۴۹).

علیت گرنجر برای داده‌های استانی: با توجه به این‌که علیت تودا–یاماموتو تنها برای داده‌های سری زمانی قابل اجرا است، برای بررسی علیت دوطرفه بین متغیرهای تغییر اقلیم و مصرف انرژی در استان‌های کشور در طی دورهٔ مورد بررسی(که شامل داده‌های پنل است) از آزمون علیت گرنجر استفاده شد که در این علیت ابتدا مانایی متغیرها برای داده-های استانی مورد آزمون قرار گرفت و سپس وقفهٔ بهینه انتخاب گردید و تخمین انجام‌شد.

آزمون مانایی داده‌ها: همان‌طورکه پیشتر نیز ذکر شد، در ابتدا جهت حصول اطمینان از رگرسیون غیرکاذب و به‌دست آوردن نتایج قابل اطمینان، لازم است مانایی متغیرها مورد استفاده در مدل رگرسیونی مورد آزمون قرار گیرند. در این پژوهش برای بررسی مانایی متغیرهای داده‌های تابلویی از آزمون آیم، پسران و شین (IPS) استفاده گردید. فرضیه صفر این آزمون، وجود ریشه واحد و یا ناپایایی را نشان می‌دهد. با توجه به تفاوت اقلیمی و دمایی در استان‌های کشور، به منظور مقایسه بهتر نتایج به‌دست‌آمده از علیت گرنجر برای استان‌ها، دو دسته علیت بررسی شد. در مرحلهٔ اول کل استان های کشور بررسی شدند. در مرحلهٔ بعدی از دمای کل استان های کشور میانگین گرفته شد و استان‌های با دمای بالاتر از میانگین نیز علیت بررسی گردید. نتایج آزمون ریشه واحد، در جدول (۵) و (۶) نشان داده شده است.

جدول شماره ۵. نتایج آزمون ریشهٔ واحد برای متغیرهای کل استان‌ها

متغیر	آماره محاسباتی			مقادیر بحرانی			P-value	نتیجه
	t-bar	t-tilde-bar	z-t-tilde-bar	٪ ۱	٪ ۵	٪ ۱۰		
انرژی	-۱/۹۰۸۹	-۱/۶۹۵۲	-۱/۸۸۸۹	-۱/۸۲۰	-۱/۷۳۰	-۱/۶۹۰	۰/۰۲۹۴	مانا در سطح
بارش	-۴/۴۷۵۴	-۳/۲۰۸۶	-۱۲/۱۷۹۵	-۱/۸۲۰	-۱/۷۳۰	-۱/۶۹۰	۰/۰۰۰۰	مانا در سطح
دما	-۳/۹۹۷۲	-۳/۰۴۴۷	-۱۱/۰۶۵۰	-۱/۸۲۰	-۱/۷۳۰	-۱/۶۹۰	۰/۰۰۰۰	مانا در سطح

جدول شماره ۶. نتایج آزمون ریشه واحد برای استان‌های با دمای بالاتر از میانگین کشوری

متغیر	آماره محاسباتی			مقادیر بحرانی			P-value	نتیجه
	t-bar	t-tilde-bar	z-t-tilde-bar	٪ ۱	٪ ۵	٪ ۱۰		
انرژی	-۲/۳۱۴۰	-۲/۰۳۰۵	-۲/۹۴۸۰	-۲/۶۹۰	-۲/۵۳۰	-۲/۴۵۰	۰/۰۰۱۶	مانا در سطح
بارش	-۴/۴۴۱۴	-۳/۱۷۱۵	-۸/۴۳۴۰	-۲/۰۷۰	-۱/۹۰۰	-۱/۸۲۰	۰/۰۰۰۰	مانا در سطح
دما	-۳/۹۳۶۱	-۳/۰۳۵۱	-۷/۷۷۷۹	-۲/۰۷۰	-۱/۹۰۰	-۱/۸۲۰	۰/۰۰۰۰	مانا در سطح

نتایج آزمون مانایی، برای متغیرهای استانی نشان از رد فرضیه صفر دارد، که بیانگر نداشتن ریشه واحد و یا مانایی متغیرها در سطح است.

در این پژوهش برای بررسی رابطهٔ مصرف انرژی، آلاینده دی اکسیدکربن و تغییرات اقلیم در ایران از روش-های علیت تودا-یاماموتو و و در استان‌های کشور، از علیت گرنجر استفاده شده است. در علیت تودا-یاماموتو ابتدا به بررسی مانایی متغیرها پرداخته می‌شود و سپس الگوهای کلی تخمین و با استفاده از آماره شوارتز-بیزین وقفهٔ بهینه تعیین می‌شود و در نهایت با استفاده از آزمون والد علیت بررسی می‌شود. در علیت گرنجر ابتدا مانایی متغیرها بررسی و وقفه بهینه تعیین و تخمین مدل علیت گرنجر ارائه می‌گردد.

تعیین وقفهٔ بهینه با استفاده از معیار شوارتز-بیزین: برای بررسی رابطهٔ علیت بین متغیرهای این پژوهش، بایستی برای هر یک از مدل‌های ارائه شده در بخش قبلی وقفهٔ بهینه تعیین شود. نتایج تعیین وقفهٔ بهینه در جدول (۷) ارائه شده است. قابل ذکر است که طول وقفهٔ بهینه در آزمون ریشه واحد ADF بر اساس معیار اطلاعاتی شوارتز-بیزین (SBC) انتخاب شده است.

جدول شماره ۷. نتایج انتخاب وقفهٔ بهینه با استفاده از معیار شوارتز-بیزین

	آماره شوارتز-بیزین (SBIC)		
تعداد وقفه	مصرف انرژی-دی اکسید کربن	مصرف انرژی-دما	مصرف انرژی بخش کشاورزی-دی اکسید کربن
۰	۳۹/۸۴۴۶	۱۷/۳۴۶۱	۳۴/۰۱۷۷
۱	۳۵/۱۰۵۵*	۱۳/۴۳۸۵*	۳۰/۶۷۸۳*
۲	۳۵/۳۵۹۶	۱۳/۷۴۲۳	۳۰/۹۳۷۷
۳	۳۵/۵۹۲۰	۱۴/۰۷۴۰	۳۰/۲۶۶۸
۴	۳۵/۹۳۸۴	۱۴/۲۱۹۰	۳۱/۵۱۳۳
۵	۳۵/۱۷۸۱	۱۴/۲۳۱۳	۳۱/۷۶۲۰
۶	۳۵/۴۰۳۲	۱۴/۵۶۴۶	۳۲/۰۸۲۷
تعداد وقفه	مصرف انرژی بخش خانگی و تجاری-دی اکسید کربن	مصرف انرژی بخش خانگی و تجاری-دما	مصرف انرژی بخش صنعت- دی اکسید کربن
۰	۳۳/۶۳۷۵	۸/۶۵۱۶	۳۳/۵۸۹۶
۱	۳۰/۱۱۶۲*	۸/۳۷۹۵*	۳۰/۲۶۲۲*
۲	۳۰/۳۶۷۹	۸/۶۴۴۱	۳۰/۶۰۷۲
۳	۳۰/۶۳۰۰	۸/۷۸۴۳	۳۰/۹۳۴۶
۴	۳۰/۸۶۱۱	۹/۰۰۳۵	۳۱/۲۱۳۷
۵	۳۱/۱۸۷۵	۹/۲۱۰۷	۳۱/۳۸۵۹
۶	۳۱/۵۲۲۶	۹/۵۴۴۷	۳۱/۵۸۶۱
تعداد وقفه	دی اکسید کربن-دما	مصرف انرژی بخش کشاورزی-دما	مصرف انرژی بخش صنعت-دما
۰	۴۱/۵۸۸۹۰	۹/۱۲۴۸	۸/۶۹۶۳
۱	۴۱/۲۲۱۸۵*	۸/۷۳۳۴*	۸/۴۳۰۵*
۲	۴۱/۲۸۸۴۵	۹/۰۳۲۱	۸/۷۳۷۱
۳	۴۱/۵۷۷۹۶	۹/۲۹۰۹	۸/۸۷۳۵
۴	۴۱/۳۸۷۴۱	۹/۳۹۱۳	۸/۹۶۸۳

۵	۴۱/۴۷۶۲۳	۹/۷۳۷۸	۹/۰۰۴۹
۶	۴۱/۵۷۶۸۹	۱۰/۰۳۳۱	۹/۲۱۰۴

بر اساس نتایج ارائه شده در جدول (۷) ، تعداد وقفهٔ بهینه برای مدل‌ها، یک وقفه انتخاب و با استفاده از این وقفه بهینـه، مدل VAR تخمین زده شد.

نتایج آزمون والد (علیت تودا-یاماموتو)

در ادامه، برای هر کدام از الگوهای VAR تخمین زده شده، آزمون والد انجام می‌شود. فرضیه صفر آزمـون والـد، نشـان دهنده فرض بودن ضرایب با وقفه بهینه است. در صورت معنی‌داری این آماره، وجود علیـت و جهـت آن را نمی‌تـوان رد کرد. نتایج این آزمون برای هر الگو در جدول (۸) خلاصه شده است.

جدول شماره ۸. نتایج آزمون والد (علیت تودا-یاماموتو)

مدل	علیت در سطح معنی‌داری ۹۵٪	سطح معنی‌داری ۹۰٪	P-value	آماره آزمون والد	متغیر تاثیرگذار	متغیر تاثیرپذیر
مدل ۱	CO2.....Energy	CO2.....Energy	۰/۱۴۳۱	۲/۱۴۴۲	CO2	Energy
	Energy → CO2	Energy → CO2	۰/۰۱۵۳	۵/۸۸۳۰	Energy	CO2
مدل ۲	Temperature… Energy	Temperature… Energy	۰/۴۵۵۵	۰/۵۵۷۰	Temperature	Energy
	Energy… Temperature	Energy… Temperature	۰/۹۸۶۴	۰/۰۰۰۲	Energy	Temperature
مدل ۳	Temperature … CO2	Temperature … CO2	۰/۳۷۶۶	۰/۱۱۲۲	Temperature	CO2
	CO2… Temperature	CO2… Temperature	۰/۵۵۷۲	۰/۳۴۴۲	CO2	Temperature
مدل ۴	CO2….Energyindustry	CO2… Energy industry	۰/۲۵۷۷	۱/۲۸۱۰	CO2	Energy industry
	Energy industry… CO2	Energy industry… CO2	۰/۵۲۱۴	۰/۴۱۱۰	Energyindustry	CO2
مدل ۵	Temperature… Energyindustry	Temperature… Energyindustry	۰/۳۲۸۵	۰/۹۵۴۹	Temperature	Energyindustry
	Energyindustry… Temperature	Energyindustry… Temperature	۰/۷۲۱۴	۰/۱۲۷۱	Energyindustry	Temperature
مدل ۶	Temperature → Energy agriculture	Temperature → Energy agriculture	۰/۰۰۰۸	۱۱/۲۸۰۴	Temperature	Energy agriculture
	Energy agriculture … Temperature	Energy agriculture … Temperature	۰/۱۴۱۸	۲/۱۵۸۵	Energy agriculture	Temperature
مدل۷	CO2… Energy agriculture	CO2….Energy agriculture	۰/۸۵۷۱	۰/۰۳۲۴	CO2	Energy agriculture
	Energy agriculture… CO2	Energy agriculture…. CO2	۰/۸۷۶۸	۰/۰۲۴۰	Energy agriculture	CO2
مدل ۸	CO2… Energy public	CO2… Energy public	۰/۳۳۳۹	۰/۹۳۳۷	CO2	Energy public
	Energy public … CO2	Energy public … CO2	۰/۵۹۵۱	۰/۲۸۲۳	Energy public	CO2
مدل ۹	Temperature →Energy public	Temperature →Energy public	۰/۰۲۶۸	۴/۷۸۸۹	Energy public	Temperature
	Energy public … Temperature	Energy public …. Temperature	۰/۳۲۲۲	۰/۹۸۰۱	Temperature	Energy public

→ و ... به ترتیب نشان دهندهٔ وجود (و جهت) و عدم وجود علیت است.

نتایج تحلیل علیت متغیرها نشان می‌دهد که علیتی یک طرفه و معنی‌دار از تغییر اقلیم به سمت مصرف انرژی در بخـش کشاورزی و بخش عمومی در جدول(که مجموع مصرف انرژی بخش خـانگی و تجـاری مـی‌باشـد) و همچنـین علیتـی یک¬طرفه از سوی مصرف انرژی به سمت انتشار گازهای گلخانه‌ای در سطح کل کشور وجود دارد اما در مـابقی مـدل-

های تخمین زده شده علیت معنی‌دار بین متغیرها یافت نشد.

انتخاب وقفهٔ بهینه برای انجام علیت گرنجر

در این قسمت، مدل علیت گرنجر با وقفه‌های مختلف براورد شد. انتخاب وقفه بهینه با توجه به معیار آکائیک، انتخاب می‌شود. کمترین مقدار آکائیک به عنوان معیاری برای انتخاب تعداد وقفه بهینه استفاده می‌شود. نتایج برآورد مدل و تعداد وقفه بهینه انتخاب شده، در جدول (۹) و (۱۰) گزارش شده است.

جدول شماره ۹. علیت گرنجر برای کل استان‌ها

مدل	انرژی و بارش	بارش و انرژی	انرژی و دما	دما و انرژی
تعداد وقفه	۶	۶	۶	۶
آماره z-bar	۵/۲۹۲۹	۳/۲۹۲۹	۵/۷۱۶۰	۱۰/۵۱۴۵
p-value	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
متغیر تاثیرگذار	انرژی	بارش	انرژی	دما
متغیر تاثیرپذیر	بارش	انرژی	دما	انرژی
نتیجه	بارش← انرژی	انرژی← بارش	دما← انرژی	انرژی← دما

نتایج بررسی علیت گرنجر برای کل استان‌ها، نشان‌دهندهٔ علیت دوطرفهٔ انرژی و بارش و انرژی و دما هستند. به عبارت دیگر بین انرژی و معیارهای تغییر اقلیم، علیت دوطرفه برقرار است.

جدول شماره ۱۰. علیت گرنجر برای استان‌های با دمای بالاتر از میانگین

مدل	انرژی و بارش	بارش و انرژی	انرژی و دما	دما و انرژی
تعداد وقفه	۶	۶	۶	۶
آماره z-bar	۵/۷۴۰۰	۳/۷۶۱۴	۴/۱۴۴۸	۱۱/۱۱۸
p-value	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
متغیر تاثیرگذار	انرژی	بارش	انرژی	دما
متغیر تاثیرپذیر	بارش	انرژی	دما	انرژی
نتیجه	بارش← انرژی	انرژی← بارش	دما← انرژی	انرژی← دما

نتایج براورد الگوی علیت گرنجر برای داده‌های تابلویی استان‌های با دمای بالاتر از میانگین نیز، نشان از وجود علیت دوطرفه بین مصرف انرژی و معیارهای انتخاب شده برای تغییر اقلیم دارد.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش با توجه به این‌که در حال حاضر مصرف انرژی رو به افزایش است و مسئلهٔ گرم شدن ز مین به یک بحران بزرگ جهانی تبدیل شده، پرسشی که مطرح می‌شود این است که چه رابطه‌ای بین تغییر اقلیم و م صرف بی شتر انرژی وجود دارد آیا تغییر مصرف انرژی باعث تغییر اقلیم (تغییر دما و بارش) خواهد شد یا تغییر اقلیم باعث تغییر مصرف انرژی شده است، از این رو انجام تحقیقاتی در زمینهٔ بررسی و سنجش م یزان اثر پذیری اقت صاد و دی گر ب خش ها از تغییرات آب و هوا به‌منظور اقدام به‌موقع در ایجاد سازگاری در زمینه‌های مختلف با ا ین تغی یرات و ن یز کن ترل عوا مل تشدید کننده ضروری است؛ لذا با توجه به شرایط زیست‌محیطی و نیز اقتصادی ایران پرداختن به این مو ضوع و برر سی تاثیر تغییرات آب‌و هوا بر یکی از مؤلفه‌های مهم اقتصادی یعنی مصرف انرژی در بخش‌های مختلف صنعت، ک شاورزی، خانگی و تجاری ضرورت دارد. این پژوهش بر آن بود تا علیت تغییرات اقلیم و مصرف انرژی در بخش‌های اصلی اقتصاد و همچنین علیت متقابل تغییرات اقلیمی و رشد اقتصادی را بررسی کند. مدلی که برای این ا هداف مورد ا ستفاده قرار

گرفت مدل علیت تودا–یاماموتو که یک نوع خودرگرسیون برداری(VAR) تعدیل‌یافته ا ست، می‌با شد. در ا ین مدل علیت متقابل مصرف انرژی بخش‌های اصلی اقتصاد و متغیرهای اقلیمی که در این مدل دما و CO_2 در نظر گرف ته شده، بررسی گردید؛ همچنین برای بررسی رابطهٔ علیت استان‌های با دمای بالاتر از متوسط از علیت گرنجر استفاده گردید که علیت متقابل مصرف انرژی و دما و بارش برای استان‌های با دمای بالاتر از متوسط بررسی شد. ابتدا مانایی متغیرها مورد آزمون قرار گرفت و سپس در علیت تودا–یاماموتو با استفاده از معیار شوارتز–بیزین و در علیت گرنجر با ا ستفاده از مع یار آکائیک وقفه بهینه تعیین گردید و آزمون والد برای علیت تودا–یاماموتو انجام گرفت.

بررسی مرور ادبیات موضوع، به‌ویژه تحقیقات خارجی نشان از پذیرفته شدن تاثیر انتشار CO_2 بر دما دارد. بر اساس ن تایج به دست آمده از این پژوهش، بین انتشار CO_2 و دما در ایران علیتی بر قرار نی ست. ا ین نتی جه هم را ستای با ن تایج تحقیقات پیشین ایران نیز هست. قویدل رحیمی و همکاران(۱۳۹۲: ۶۳) در تحقیق خود در بررسی ف ضایی عل یت انت شار CO_2 و نوسانات دمای در استان‌های ایران، نشان دادند که اثر CO_2 موجود در جو بر دماهای بی شینه ک شور در بع ضی از ایستگاههای هواشناسی، اثری محسوس نداشته است و در برخی از ایستگاه‌ها مانند ایستگاه انزلی، حتی اثری مع کوس داشته است، یعنی با افزایش غلظت CO_2 دما کاهش یافته است؛ ب نابراین ن می توان CO_2 را به ع نوان عاملی برای گرمایش و تغییر اقلیم در ایران قلمداد کرد. نیاز است که در این رابطه، تحقیقات چند لایه(جهان–منط قه–ک شور) و بین رشته ای صورت گیرد. بین دما و مصرف انرژی کل کشور و بخش صنعت علیتی برقرار نیست. این نتیجه از جهتی، مؤید نتیجه نبود علیت بین انتشار CO_2 و دما نیز هست. در برخی تحقیقات بررسی علیت مصرف انرژی– CO_2 در سطح کل کشور، نشانگر علیت یک طرفه از مصرف انرژی کل کشور به سوی CO_2 است. به عبارت دیگر، افزایش مصرف ا نرژی، CO_2 را افزایش می‌دهد.

بهبودی و همکاران (۱۳۹۰: ۳۵) نشان دادند که مصرف انرژی در ایران، سبب افزایش انت شار CO_2 می شود. ف طرس و براتی (۱۳۹۰: ۴۹) کیفیت انرژی و سوخت مورد استفاده در اقتصاد و کارایی را مورد تاکید قرار دادند. نتایج تحقیق مذکور نشان می‌دهد کیفیت سوخت مصرفی به‌ویژه در نیروگاهها و صنعت، نه تنها بهبود پیدا نکرده بلکه بدتر ن یز شده ا ست. کیفیت نازل انرژی در کنار عدم توجه به کارایی، انتشار CO_2 را تشدید می ک ند. شیعه‌بی گی و هم کاران(۱۳۹۳: ۶۱) در پژوهش خود به این نتیجه رسیدند که افزایش دما، اثری منفی بر بازدهی نیروگاهها خواهد داشت. در واقع با افزایش دما، تولید انرژی با هزینهٔ نهایی و آلایندگی بیشتری تولید خواهد شد.

بین دما و مصرف انرژی در بخش کشاورزی ایران علیت دو طرفه برقرار نیست و تنها علیتی یک طرفه از دما به سوی مصرف انرژی در بخش کشاورزی برقرار است. نتیجهٔ به دست آمده با نتایج به دست‌آمده از تحق یق پ ناهی و ا سماعیل درجانی (۱۳۹۵: ۲۲) هم‌راستاست. نتایج پژوهش نشان می‌دهد، افزایش دما و کاهش بارش(به عنوان نماگرهای اقلی می)، بخش های اقتصادی استان‌ها که بیشترین ارتباط مقابل با بخش کشاورزی دارند را تحت تاثیر قرار می دهد.

به علاوه این‌که، تغییرات اقلیمی و به طور ویژه افزایش دما و نوسانات دمایی، سبب آغاز زودتر از مو عد ف صل زرا عی و گسترده‌تر شدن بازهٔ فعالیت و عملیات کشاورزی می‌شود، به عنوان نمونه‌ای از این فعال یت ها، می توان به استح صال زودهنگام آب‌های زیرزمینی اشاره کرد. به عنوان نتیجه گیری کلی می‌توان گفت، تغییر اقلیم، استفاده از منابع طبی عی را نیز شدت می‌بخشد. بین دما و مصرف انرژی در بخش خانگی و تجاری ایران علیت دو طرفه برقرار نیست و تن ها عل یت یک‌طرفه از دما به سوی مصرف انرژی در بخش خانگی و تجاری برقرار است. نتیجهٔ به دست آمده از پژوهش ابونوری و همکاران(۱۳۹۵) نیز تاثیر افزایش دما بر افزایش مصرف انرژی در بخش خانگی را تایید می کند. برآوردهای این پژوهش نشان از افزایش ۰/۳۷ درصدی مصرف انرژی در بخش خانگی در اثر افزایش یک درصدی دما دارد. برای استان های با دمای بالاتر از متوسط علیت دو طرفه و قوی‌تری بین مصرف انرژی و نماگرهای اقلیمی و جود دارد و ا ین راب طه برای

استان‌های با دمای بالاتر از میانگین قوی تر است. نتایج به دست آمده حاکی از آن است که با تغیرات اقلیمی که در کشور ایران (که معادل با افزایش دما و کاهش بارندگی است) ، مصرف انرژی افزایش می‌یابد، اما نبود رابطهٔ علی بین دما و مصرف انرژی در کل کشور، نشان از تاثیر متفاوت تغییر اقلیم بر مصرف انرژی در استان های مختلف دارد. نتایج این پژوهش بر این نکته تاکید می‌کند که علاوه بر کلان‌نگری، بایستی به تغییر اقلیم نگاهی استانی نیز داشت، در واقع، اقلیم متفاوت استان‌ها، سیاست‌گذاری های مختلف را نیز می‌طلبد.

بنابر نتایج به دست‌آمده پیشنهاد می‌شود:

- ❖ به منظور کاهش آلاینده‌های زیست‌محیطی افزایش کارایی و بهبود کیفیت انرژی مورد بررسی قرار گیرد.
- ❖ بهینه‌سازی مصرف انرژی در بخش کشاورزی و ارائه محرک هایی در جهت استفاده بیشتر از انرژی پاک و تجدیدپذیر در این بخش مورد بررسی قرار گیرد.
- ❖ به نظر می‌رسد، با توجه به غالب بودن نقش سوخت فسیلی در تولید انرژی کشور، افزایش سهم انرژی های تجدیدپذیر لازم وضروری است.
- ❖ سیاست‌گذاری برای کاهش اثرات تغییر اقلیم، به صورت استانی و با توجه به اقلیم استان مورد نظر انجام شود.
- ❖ در تحقیقات اقتصادی آینده، تغییر اقلیم در کشور به صورت چندلایه مطالعه و بررسی شود.

تقدیر و تشکر

بنا به اظهار نویسنده مسئول، این مقاله حامی مالی نداشته است.

منابع

۱) آرمن، سید عزیز و زارع، روح‌الله (۱۳۸۸) مصرف انرژی در بخش‌های مختلف و ارتباط آن با رشد اقتصادی در ایران؛ تحلیل علیت بر اساس روش تودا و یاماموتو، پژوهشنامهٔ مطالعات اقتصاد انرژی، شماره ۱۲، صص.۹۲-۶۷.

۲) ابونوری، اسماعیل و لاجوردی، حسن (۱۳۹۵) برآورد کشش مصرف برق خانگی نسبت به تغییرات دما، سومین کنفرانس بین‌المللی برق.

۳) احمدیان، مجید (۱۳۷۸) اقتصاد نظری و کاربردی نفت، چاپ اول، تهران: دانشکده تربیت مدرس، پژوهشکدهٔ اقتصاد.

۴) اسکندری، جعفر صادق (۱۳۹۰) تأثیر تغییر اقلیم بر اقتصاد (تجارت و بازرگانی) ارومیه، همایش ملی تغییر اقلیم و تأثیر آن بر کشاورزی و محیط زیست.

۵) بهبودی، داوود؛ اصغرپور، حسین؛ قزوینیان، محمد حسن (۱۳۸۸) شکست ساختاری و مصرف انرژی و رشد اقتصادی ایران، فصل‌نامهٔ پژوهش‌های اقتصادی، شماره ۳، صص. ۸۴-۵۳.

۶) بهبودی، داوود؛ کیانی، سیمین؛ ابراهیمی، سعید (۱۳۹۰) رابطه علی انتشار دی‌اکسیدکربن، ارزش افزودهٔ بخش صنعت و مصرف انرژی در ایران، پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران، شماره ۱، صص. ۵۳-۳۳.

۷) بهبودی، داوود؛ فلاحی، فیروز؛ برفی گلعذانی، اسماعیل (۱۳۸۹) عوامل اقتصادی اجتماعی موثر بر انتشار سرانهٔ دی اکسیدکربن در ایران، مجله تحقیقات اقتصادی، شماره ۹۰، صص. ۱۷-۱.

۸) پناهی، حسین و اسماعیل درجانی، نجمه (۱۳۹۹) بررسی اثر گرمایش جهانی و تغییرات اقلیمی بر رشد اقتصادی(مطالعه موردی: استان های ایران طی دوره ۱۳۹۰-۱۳۸۰)، فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره ۲۲، شماره ۱، صص.۸۸-۷۹.

۹) چهارمحالی، علی اکبر و خدایی، محمد (۱۳۸۳) رابطهٔ علیت بین هزینه‌های جاری دولت و درآمدهای مالیاتی طی سال‌های ۱۳۵۰-۱۳۸۲ در ایران، پژوهش‌نامهٔ اقتصادی، شماره ۴، صص. ۱۴۹-۱۶۶.

۱۰) قویدل رحیمی، یوسف؛ فرج زاده اصل، منوچهر؛ صالحیان، مسعود (۱۳۹۷) تحلیل نقش گاز دی اکسید کربن در نوسانات دمای حداکثر فصلی ایران، فصل‌نامه جغرافیا و برنامه‌ریزی، دوره ۲۲، شماره ۶۳، صص.۲۲۳-۲۰۳.

۱۱) شیعه‌بیگی، اندیشه؛ عباسپور، مجید؛ سلطانیه، محمد؛ حسین‌زاده لطفی، فرهاد؛ عابدی، زهـرا (۱۳۹۳) ارزیـابی تغییـر اقلـیم و پیش‌بینی اثر آن بر عملکرد و مصرف سوخت نیروگاههای حرارتی ایران در دهۀ آینده، علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره ۱۶، شماره ۶۱، صص.۱۲-۱.

۱۲) صادقی، سید کمال و فشاری، مجید (۱۳۹۱) برآورد رابطه بلندمدت بین صادرات و شاخص‌های کیفیت محیط زیست؛ مطالعه موردی ایران، فصل‌نامه پژوهش‌های اقتصادی ایران، دوره ۱۵، شماره ۴۴، صص.۸۳-۶۷.

۱۳) صادقی، سیدکمال؛ متفکر آزاد، محمدعلی؛ پورعبادالهان کویچ، محسن؛ شـهباززاده خیـاوی، اتابـک (۱۳۹۱) رهیافـت آزمـون علیت تودا_ یاماموتو، فصل‌نامه اقتصاد محیط زیست و انرژی، شماره ۴۰، صص. ۱۱۶-۱۰۱.

۱۴) فطرس، محمدحسن و براتی، جواد (۱۳۸۹) تجزیۀ انتشار دیاکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی به بخش‌های اقتصادی ایران؛ یک تحلیل تجزیه‌ی شاخص، فصل‌نامۀ مطالعات اقتصاد انرژی، شماره ۲۸، صص. ۷۳-۴۹.

۱۵) ظهرابی، نرگس؛ مساح بوانی، علیرضا؛ تلوری، عبدالرسول؛ صدقی، حسین (۱۳۹۲) آشکارسازی تغییر اقلیم و نسبت دهـی آن به گازهای گلخانه‌ای با استفاده از مدل گردش عمومی اقیانوس-اتمسفر و توزیـع نرمـال دو متغیـره در حـوزه آبریـز کـارون بزرگ، مجله تحقیقات منابع آب ایران، سال۹، شماره ۲، صص.۸-۱.

۱۶) عزیزی، قاسم؛ کریمی احمدآباد، مصطفی؛ سبک‌خیز، زهرا (۱۳۸۴) روند دمایی چند دهـۀ اخیـر ایـران و افـزایش co2 جـو، نشریه علوم جغرافیایی، شماره ۵، دوره ۴، صص. ۴۵-۲۷.

۱۷) علیجانی، بهلول؛ روشنی، احمد؛ پرک، فاطمه؛ حیدری، روح‌الله (۱۳۹۱) روند تغییرپذیری فرین‌های دما با استفاده از شاخص-های تغییر اقلیم در ایران، مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی، دوره۱، شماره ۲، صص.۲۸-۱۷.

۱۸) گزارش دفتر طرح ملی تغییر آب و هوا (۱۳۹۲) گزارش موجودی انتشار گازهای گلخانه‌ای بخش انرژی، سومین گزارش ملی تغییر آب و هوا جهت ارائه به دبیرخانه کنوانسیون (UNFCCC)، تهران، دفتر طرح ملی تغییر آب و هوا به گـزارش دفتـر طرح ملی تغییر آب و هوا.

۱۹) گزارش دفتر طرح ملی تغییر آب و هوا (۱۳۹۳) سومین گزارش ملی تغییر آب و هـوا جهـت ارائـه بـه دبیرخانـه کنوانسـیون (UNFCCC). تهران، دفتر طرح ملی تغییر آب و هوا، بخش چهارم ارزیابی آسیب‌پذیری و سازگاری، زیر بخـش ارزیـابی آسیب‌پذیری اقتصادی بخش کشاورزی کشور از تغییر اقلیم.

۲۰) ملکی، رضا (۱۳۷۸) بررسی رابطه‌ی علیت بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی در ایران. مجله برنامـه و بودجـه، شـماره ۸۹، صص. ۱۲۱-۸۱.

۲۱) مؤسسه بین‌المللی مطالعات انرژی (۱۳۸۵) ترازنامه هیدروکربوری سال ۱۳۸۵.

۲۲) وارثی، حمیدرضا و محمدی، بختیار (۱۳۸۶) نقش عوامـل انسـانی در تغییـرات اقلیمـی و ارزیـابی اثـرات آن، مجلـه فضـای جغرافیایی، شماره ۲۰، سال ۷، صص.۱۵۲-۱۳۱.

23) Akhmat, G. & Zaman, K. & Shukui, T. & Sajjad, F. (2014) Does energy consumption contribute to climate change? Evidence from major regions of the world, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol.36, pp.123-134.

24) Harris, J.M. & Roach, B. (2015) The economics of global climate change. Global Development and Environment Institute Tufts University.

25) Gasoline prices around the world. The real cost of filling up (2017, April 19). Retrieved from Bloomberg. IEA. CO2 emissions from fuel combustion, International Energy Agency 533. 2016.

26) International Energy Agency (2016) World Energy Statistics.

27) Manne, A.S. & Richels, R.G. (2005) MERGE: An Integrated Assessment Model for Global Climate Change Energy and Environment: Springer.

28) Matsumoto, K.I. & Masui, T. (2011) Economic impacts to avoid dangerous climate change using the AIM CGE model, Procedia Environmental Sciences, Vol.6, pp.162-168.

29) Mousavi, B. & Lopez, N. S. A. & Biona, J. B. M. & Chiu, A. S. & Blesl, M. (2017) Driving forces of Iran's CO2 emissions from energy consumption: an LMDI decomposition approach, Applied energy, Vol.206, pp.804-814.

30) Shahbaz, M. & Abosedra, S. & Sbia, R. (2013) Energy Consumption, Financial Development and Growth: Evidence from Co-integration with unknown Structural Breaks in Lebanon, Munich Personal RePEc Archive.