




«اثر تغییر اقلیم بر رشد تولید ناخالص داخلی در ۲۷ استان ایران» (با استفاده از روش داده‌های پانل)

سیدحسین میرجلیلی  استاد گروه اقتصاد، پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی، تهران، ایران

حمید آماده  دانشیار گروه اقتصاد انرژی، کشاورزی و محیط زیست، دانشکده اقتصاد
دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران

مهدیس متقیان فرد  * کارشناس ارشد اقتصاد، پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی، تهران،
ایران

چکیده

تغییر اقلیم مهم‌ترین پدیده‌ای است که به طور مستقیم محیط‌زیست را در سراسر دنیا تحت تأثیر خود قرار می‌دهد. تأثیر این پدیده جهانی در کشورهای مختلف میزان متفاوتی دارد. ایران در منطقه خاورمیانه که یک منطقه خشک و نیمه‌خشک جهان است واقع شده، بنابراین با بحران آب مواجه است و از تغییر اقلیم و پیامدهای آن مصون نخواهد بود. در این تحقیق اثر متغیرهای اقلیمی دما و بارش بر رشد تولید ناخالص داخلی ۲۷ استان ایران بررسی شده است. همچنین نیروی کار، سرمایه‌گذاری و مصرف حامل‌های انرژی از دیگر متغیرهای کنترلی استفاده شده در این تحقیق هستند. با تخمین مدل به روش داده‌های پانل برای سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۳، نتایج حاکی از اثر منفی دما بر رشد تولید ناخالص داخلی با احتساب نفت و بدون نفت در استان‌ها می‌باشد و همچنین افزایش در بارش، باعث افزایش در رشد تولید ناخالص داخلی می‌شود.

واژگان کلیدی: تغییر اقلیم، رشد اقتصادی، گرم شدن زمین، گازهای گلخانه‌ای، داده‌های پانل.

طبقه‌بندی JEL: C۲۳، N۵۰، O۴۰، Q۵۴.

۱. مقدمه

شواهد موجود از تحولات اقتصادی - اجتماعی در جوامع مدرن حاکی از آن است که احتمالاً دوران تازه‌ای از زندگی اقتصادی - اجتماعی در تاریخ بشر در حال شکل‌گیری است. هدف اساسی زندگی اقتصادی بشر در دوران قبلی (سنتی) حفظ و تداوم حیات و در دوران مدرن (صنعتی) حداکثر کردن تولید با تخصیص حداقل منابع بوده است. شواهد نشان می‌دهد که هدف اساسی زندگی اقتصادی بشر در دوران بعدی تاریخ خود به احتمال زیاد، «سازگار نمودن تولید اقتصادی با شرایط حفظ تعادل محیط‌زیست» خواهد بود^۱. آنچه روشن می‌باشد شروع شدن دوره سوم تاریخ است که محیط‌زیست در اقتصاد و توسعه نقشی پررنگ را ایفا می‌کند. تغییر اقلیم اصلی‌ترین پدیده‌ای است که به طور مستقیم محیط‌زیست را در سراسر دنیا تحت تأثیر خود قرار می‌دهد.

تغییر اقلیم به تغییر تدریجی یا تغییرپذیری در متوسط دمای جهانی و اتفاقات وابسته همانند افزایش تناوب رویدادهای آب‌وهوای حداکثری^۲، تغییرات در بارش و افزایش سطح دریاها اطلاق می‌شود. یک توافق علمی گسترده‌ای وجود دارد، مبنی بر اینکه نشر گازهای گلخانه‌ای که توسط بشر ایجاد می‌شوند، محرک کلیدی تغییر اقلیم است و روند ادامه‌دار آن‌ها گرم شدن‌های بیشتر و خسارات بلندمدت بر سیستم اقلیمی تحمیل می‌کند.

مطالعات علمی نشان داده‌اند که دی‌اکسید کربن منتشرشده از سوختن سوخت‌های فسیلی، به همراه انتشار دیگر گازهای گلخانه‌ای ناشی از فعالیت‌های انسان، منجر به دمای بالاتر سطح کره زمین و تغییر اقلیم جهانی می‌شود. دمای متوسط جهان طی ۵۰ سال آینده، ۲ تا ۳ درجه سانتی‌گراد افزایش خواهد یافت. از مهم‌ترین پیامدهای تغییر اقلیم می‌توان به آب شدن یخچال‌های طبیعی، کاهش بازدهی محصول، بالا آمدن سطح دریاها و به تبع آن افزایش سیل‌های سالانه، خشک‌سالی‌های شدیدتر و از دست رفتن تنوع زیستی اشاره کرد^۳. گستره پیامدها و اثرگذاری بر بخش‌های مختلف زندگی و رفاه بشر، تغییر اقلیم را یک پدیده خاص می‌سازد و آن را فراتر از یک مسئله محیط‌زیستی می‌کند. از طرفی جنبه

۱. عظیمی (۱۳۷۱)، ص. ۲۹.

۲. این رویدادها شامل آب‌وهوای غیرمنتظره، غیرمعمول، پیش‌بینی‌نشده، شدید و غیر فصلی است و آب‌وهوا در حدهای حداکثری خود نسبت به توزیع فصلی قرار دارد (حدی که در گذشته تجربه شده است).

۳. استرن (۲۰۰۶)، ص. ۵۶.

اقتصادی این پدیده با توجه به اثرات آن بر توسعه، رشد و فقر بسیار پررنگ است. طبق مطالعات و گزارش‌های انجام‌شده در سال‌های اخیر تغییر اقلیم بیشترین تأثیر را بر کشورهای فقیر و در حال توسعه و توانایی آن‌ها برای رشد می‌گذارد و کشورهای گرم‌گرایش به فقیر بودن با کاهش در درآمد ملی به میزان ۸/۵ درصد به ازای هر درجه سانتی‌گراد گرم شدن در سطح جهانی بین سال‌های ۱۹۵۰ تا ۲۰۰۰ را داشته‌اند.^۱ از آنجا که کشورهای در حال توسعه و فقیر کنونی بیشتر در مناطق گرم و کم‌آب جهان قرار دارند، بنابراین بیشتر در معرض شوک‌های اقلیم می‌باشند و به خاطر زیرساخت‌های ضعیف و عدم سازگاری در حد مناسب، بیشتر از آن تأثیر می‌پذیرند. این دانش وجود دارد که رشد اقتصادی پایدار و تغییر اقلیم با یکدیگر سازگار نیستند زیرا بنا به تعریف، توسعه پایدار توسعه‌ای است که نیازهای حال را بدون به خطر انداختن توانایی نسل‌های آینده برای رسیدن به نیازهایشان برآورده کند. واضح است که ماهیت تغییر اقلیم به گونه ایست که نسل آینده از آن اثر می‌پذیرد.

اقتصاد ایران در معرض اثرات تغییر اقلیم و آسیب‌های آن مانند خشک‌سالی و سیل قرار دارد. در منطقه خاورمیانه و شمال آفریقا که کشور ما در آن قرار دارد، آب مهم‌ترین آسیب‌پذیری ناشی از تغییر اقلیم است. در این منطقه، بدون اثرات تغییر اقلیم، سرانه دسترسی به آب تا سال ۲۰۵۰، به نصف خواهد رسید و تغییر اقلیم آن را وخیم می‌کند. این منطقه، امکان اندکی برای جذب منابع آبی دارد و ۹۰ درصد منابع آب آشامیدنی از مخازن زیرزمینی تأمین می‌شود. تشدید کمبود آب، کشاورزی را تهدید خواهد کرد، در حالی که کشاورزی حدود ۸۵ درصد آب این منطقه را استفاده می‌کند.^۲ علاوه بر آن، پایین بودن بهره‌وری انرژی در ایران، انتشار گازهای گلخانه‌ای را افزایش می‌دهد.

در ایران، حدود ۷۰ درصد از ریزش‌های جوی قبل از آنکه به منابع آب قابل برنامه‌ریزی تبدیل شود، به دلیل تبخیر و تعرق از دسترس خارج می‌شود. بررسی روند بارندگی سالانه کشور طی سال‌های ۱۳۴۷ تا ۱۳۹۲، نشان می‌دهد که طی این ۴۵ سال، مقدار بارش سالانه کشور از متوسط بلندمدت کمتر بوده است. از طرفی بیش از ۸۰ درصد منابع آب تجدیدشونده، در کشور مصرف می‌گردد. در حالی که حد آستانه بحرانی ۶۰

۱. دل و همکاران (۲۰۰۹)، ص. ۵.

۲. بانک جهانی (۲۰۱۰)، ص. ۶.

درصد است، بنابراین ایران از این لحاظ در شرایط فوق بحرانی قرار دارد^۱. وقوع تغییر اقلیم، بار اضافی بر دوش رشد کشور تحمیل می‌کند. تغییر اقلیم می‌تواند بخش کشاورزی را با آسیب جدی مواجه کند. علاوه بر آن در نظر گرفتن اثرات تغییر اقلیم در برنامه رشد و توسعه کشور الزامی است. این در حالی است که با تمام آسیب‌هایی که اقتصاد کشور از این ناحیه با آن مواجه است، در برنامه ششم توسعه کشور، به آن بی‌توجهی شده است. انجام این پژوهش می‌تواند ضرورت آن را برای سیاست‌گذاران کشور آشکار سازد. به این منظور، تحقیق حاضر در شش بخش ارائه شده است. بخش دوم و سوم به مروری بر مطالعات گذشته و مبانی نظری اختصاص داده شده، در بخش چهارم روش‌شناسی و در بخش پنجم برآورد مدل و نتایج آن ارائه شده است. نتیجه‌گیری و توصیه‌های سیاستی بخش ششم این تحقیق را به خود اختصاص داده است.

۲. مروری بر مطالعات انجام شده

در این بخش به طور خلاصه به برخی از مطالعات انجام شده در زمینه اثرات اقتصادی تغییر اقلیم اشاره می‌شود. لازم به ذکر است این موضوع در مطالعات داخلی، یک موضوع جدید به حساب می‌آید و بررسی بر روی اثر تغییر اقلیم بر رشد اقتصادی کشور انجام نشده است بنابراین مطالعات تا حدی نزدیک به موضوع در این بخش آورده شده است.

ملیسا دل^۲ و همکاران (۲۰۱۲) در مقاله‌ای با عنوان «شوکه‌های دما و رشد اقتصادی: شواهد از نیم قرن گذشته» با استفاده از نوسانات تاریخی دما میان کشورها، اثرات آن را بر مجموع پیامدهای اقتصادی شناسایی کرده است. این بررسی سه نتیجه کلی داشته است. نخست، رشد اقتصادی در کشورهای فقیر با دمای بالاتر به طرز قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد. دوم، دمای بالاتر نه تنها سطوح محصول، بلکه نرخ‌های رشد را نیز کاهش می‌دهد و سوم، بازه گسترده‌ای از تغییرات همانند کاهش محصولات کشاورزی، محصولات صنعتی و ثبات سیاسی با دمای بالاتر پدیدار خواهند شد. در این مقاله داده‌های دما و بارش هر کشور از سال ۱۹۵۰ تا ۲۰۰۳ جمع‌آوری شده و مدل به روش داده‌های پانل تخمین زده شده است.

۱. دفتر طرح ملی تغییر آب‌وهوا (۱۳۹۳)، صص. ۶ و ۱۱.

اکسنبرگر^۱ و همکاران (۲۰۱۴) در مطالعه‌ای با عنوان «تخمین اثر تغییر اقلیم بر تولید کشاورزی: با احتساب ناهمگونی در تکنولوژی میان کشورها» اثر تغییر اقلیم را بر ۱۲۷ کشور بین سال‌های ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۲ تخمین زده‌اند. تغییر اقلیم هیچ‌گونه اثر معنی‌داری بر تولید کشاورزی در کشورهای با درآمد بالا نداشته است، اما اثر معکوس و معنی‌داری بر تولید کشاورزی در کشورهای با درآمد متوسط و پایین داشته است. این اثرات منفی شامل اثر منفی افزایش دما بر محصول کشاورزی است و همچنین کاهش در بارندگی، تولید کشاورزی را کاهش خواهد داد.

توکوناگا^۲ و همکاران (۲۰۱۵) به طور تجربی در «تحلیل پویای داده‌های پانل از اثرات تغییر اقلیم بر تولید کشاورزی در ژاپن» اثرات تغییر اقلیم را بر کشاورزی شناسایی می‌کنند. داده‌ها به صورت مقطعی برای دوره ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۶ در ۸ ناحیه ژاپن جمع‌آوری شده است. بر پایه تخمین مدل استاتیک و پویای داده‌های پانل از تابع تولید، نشان داده شده است یک درجه افزایش در دمای متوسط سالانه، در کوتاه‌مدت تولید برنج را به میزان ۵/۸ درصد، در بلندمدت ۳/۹ درصد کاهش می‌دهد و تولید سبزیجات و سیب‌زمینی به ترتیب در میان‌مدت و بلندمدت به میزان ۵ و ۸/۶ درصد کاهش خواهند یافت.

سید نورعلی^۳ (۲۰۱۲) در کار تحقیقاتی با عنوان «تغییر اقلیم و رشد اقتصادی در یک اقتصاد باران‌خورده: چه میزان تغییرپذیری بارش باران برای کشور اتیوپی هزینه داشته است؟» تغییرپذیری در بارش را به عنوان عاملی که سرمایه را از کار می‌اندازد و چگونه وابستگی به آن رشد را در تله گرفتار می‌کند، وارد مدل‌های رشد سنتی می‌کند. داده‌های سری زمانی کشور اتیوپی برای پشتیبانی تجربی از این فرضیه به کار برده شده است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که انحراف از متوسط بارش در بلندمدت و توزیع نامنظم بارش در یک سال به طور معکوس رشد را تحت تأثیر قرار می‌دهد. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که کشور می‌تواند در شرایط بسیار بهتری از نظر درآمد سرانه باشد اگر بارش نامنظم و متنوع نباشد.

صادقی و موسویان (۱۳۹۳) در «تحلیل رابطه علیت بین انتشار کربن، مصرف انرژی و تولید سرانه در ایران: با استفاده از روش بوت استرپ حداکثر آنتروپی» با هدف بررسی

1. Exenberger
2. Tokunaga
3. Seid Nuru, Ali

دقیق‌تر علیت بین انتشار کربن، مصرف انرژی و رشد اقتصادی نسبت به آزمون فرض‌های سنتی که بر پایه تئوری حدی صورت می‌گیرد، از روش بوت استرپ حداکثر آنتروپی استفاده کرده‌اند. فرضیه صفر مبنی بر عدم وجود رابطه علیت بین انتشار کربن و تولید ناخالص داخلی در این پژوهش رد نشده است. عدم رابطه علیت بین رشد اقتصادی و انتشار کربن می‌تواند از این لحاظ باشد که مصرف انرژی به‌عنوان یکی از عوامل تأثیرگذار بر آلودگی، در ایران از کارایی برخوردار نبوده به طوری که شدت انرژی در ایران بسیار بالاتر از کشورهای دیگر است و این امر سبب شده است آلودگی بیشتر، لزوماً به معنای تولید بیشتر نباشد.

صادقی و همکاران (۱۳۹۱) در مقاله با عنوان «بررسی رابطه علی بین انتشار دی‌اکسید کربن، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، سرانه مصرف انرژی و تولید ناخالص داخلی در ایران (رهیافت آزمون علیت تودا - یاماماتو)» به بررسی این رابطه علی و همچنین با استفاده از آزمون فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس^۱ (EKC)^۲ در دوره ۱۳۸۷ - ۱۳۵۹ می‌پردازند. نتایج حاصل از این مطالعه نشان‌دهنده وجود علیت دوسویه بین متغیرهای انتشار دی‌اکسید کربن و سرانه مصرف انرژی در سطح معنی‌داری ۵ درصد و همچنین علیت یک‌سویه از تولید ناخالص داخلی به سرانه مصرف انرژی در سطح معنی‌داری ۱۰ درصد است.

بی‌آبی و همکاران (۱۳۹۵) به «بررسی تأثیر رشد اقتصادی، جمعیت و حجم تجارت خارجی بر انتشار گاز گلخانه‌ای CO_2 (مقایسه کشورهای عضو سازمان $OECD$ و غیر عضو منتخب شامل ایران)» در قالب منحنی زیست‌محیطی کوزنتس پرداخته‌اند. دوره مورد مطالعه ۲۰۱۰ - ۱۹۷۱ انتخاب شده و مدل داده‌های پانل مورد استفاده قرار گرفته است. طبق نتایج، منحنی زیست‌محیطی کوزنتس در هر دو گروه از کشورها برای گاز گلخانه‌ای CO_2 کل و CO_2 بخش حمل‌ونقل مورد تأیید قرار گرفت، اما نقطه برگشت منحنی برای این دو گروه از کشورها با هم متفاوت بوده است. نقطه برگشت منحنی برای گاز گلخانه‌ای CO_2 کل در گروه کشورهای عضو سازمان $OECD$ برابر $51025/43$ دلار و برای گروه

۱. طبق این فرضیه، توسعه اقتصادی ابتدا باعث بدتر شدن وضعیت محیط‌زیست می‌شود، اما بعد از سطوح مشخصی از رشد اقتصادی، جامعه شروع به بهبود روابط خود با محیط‌زیست می‌کند و این وضعیت بدتر شدن محیط‌زیست کاهش پیدا می‌کند.

کشورهای غیر عضو برابر ۶۷۰۷/۷۳ دلار به دست آمده است. بر این اساس هر دو گروه کشورهای عضو سازمان همکاری‌های اقتصادی و توسعه به نقطه برگشت منحنی زیست‌محیطی کوزنتس نزدیک‌تر هستند.

در تمامی مطالعات انجام شده که آورده شد و مواردی که در اینجا ذکر نشده‌اند، در مورد اثر منفی و معنی‌دار متغیرهای اقلیمی (دما و بارش) بر کل اقتصاد یا بخش‌ها به طور جداگانه همانند کشاورزی اتفاق نظر وجود دارد و در مطالعه پیشرو نیز اثر منفی دما و بارش بر رشد اقتصادی استان‌های ایران تأیید شده است. تفاوت اصلی این بررسی با مطالعات داخلی در این زمینه، استفاده از مدل‌های اقتصادسنجی و تخمین اثر تغییر اقلیم بر رشد تولید ناخالص داخلی می‌باشد. دیگر تفاوت اصلی، استفاده از داده‌های استانی است.

۳. مبانی نظری

علوم راجع به تغییر اقلیم بر پایه دو قرن تئوری و شواهد شکل گرفته است. فیزیک پایه درباره اثر گازهای گلخانه‌ای در نیمه دوم قرن ۱۹ ام توسط جین باپتیست فوریر^۱ و جان تیندال^۲، پایه‌گذاری شد. فوریر نشان داد که چیزی مانع از خروج انرژی می‌شود و تیندال در عمل گازها را شناسایی کرد. در ابتدای قرن ۲۰ ام، آرنهوس^۳ رابطه میان نشر گاز ناشی از سوخت‌های فسیلی و افزایش اندازه اثر گلخانه‌ای طبیعی را مطرح کرد. در اواسط قرن ۲۰ ام، با پیشرفت تئوری کوانتوم، مکانیسم عملی نوسان گازهای گلخانه‌ای شناسایی شد که با انرژی فروسرخ ادغام شد. این بخش از فیزیک و شیمی جو، در شناخت مکانیسم گازهای گلخانه‌ای نقش اساسی دارد. نور خورشید از اتمسفر عبور و سطح زمین را گرم می‌کند. این گرما به سمت فضا بازتاب شده و بسیاری از گرمای خروجی توسط مولکول‌های گازهای گلخانه‌ای همانند دی‌اکسید کربن، متان و بخار آب جذب می‌شود و در تمامی جهات دوباره نشر پیدا کرده و سطح زمین و اتمسفر پایین‌تر را گرم می‌کند. این تبادل بازتاب‌های خروجی و ورودی که موجب گرم شدن سطح زمین می‌شود، به اثر گلخانه‌ای معروف است.

فعالیت‌های بشر، از طریق استخراج و احتراق سوخت‌های فسیلی، از بین بردن جنگل‌ها،

1. Jean-Baptiste Fourier

2. John Tyndall

3. Svante Arrhenius

یا فعالیت‌های کشاورزی به نشر (جریان) گازهای گلخانه‌ای کمک می‌کند. افزایش گازهای گلخانه‌ای منجر به افزایش آن‌ها در جو می‌شوند و همچنین باعث افزایش مقدار انرژی گرم گرفتار در جو می‌گردد. با افزایش انرژی گرم، دمای متوسط زمین و آب‌های جهان، بالا می‌رود. با افزایش دما و انرژی، شدت و تنوع بیشتری در سیستم اقلیم به وجود می‌آید که باعث نوسان و تغییر الگوهای آب و هوایی محلی و منطقه‌ای می‌شود.^۱

در مدل‌های رشد سنتی، رشد بلندمدت ناشی از تغییرات تکنولوژیکی برون‌زا^۲، پس‌انداز، سرمایه انسانی و تحقیق و توسعه^۳ می‌باشد. از طرفی اقلیم به‌عنوان شرایط اولیه اقتصادها در نظر گرفته می‌شود که تنها اثرات سطحی بر درآمد دارد.^۴ دو نکته وجود دارد که لحاظ شرایط اقلیمی همانند تغییرات در بارش و دما را در مدل‌های رشد توجیه می‌کند. ابتدا، کشورهای در حال توسعه که اقتصاد آن‌ها وابسته به بارش است، ممکن است تغییرات نامنظم را در بارش تجربه کنند. چنین بی‌ثباتی قابلیت شکل‌دهی مسیر بلندمدت اقتصاد را دارد. دوم، اگر تغییر اقلیم نزدیک باشد، بنابراین اثری بیش از اثر سطحی بر اقتصاد خواهد داشت چرا که چنین تغییری یک فرآیند است و با شوک‌های دوره‌ای متفاوت است.^۵

مدل‌سازی تمام اثرات تغییر اقلیم یک چالش دشوار است که شامل پیش‌بینی برای یک قرن یا بیشتر می‌شود و وقفه‌های بلندمدت و با طول عمر زیاد در آن پدیدار می‌شوند. محدودیت توانایی در مدل‌سازی چنین مقیاس زمانی، نیازمند احتیاط در تفسیر نتایج است. رابطه بین دما و کل فعالیت‌های اقتصادی به طور سنتی با استفاده از دو راه کمی سازی شده است. یک رویکرد، بر ادبیات توسعه و رشد تأکید می‌کند و رابطه بین دمای متوسط و کل متغیرهای مقطعی اقتصادی در کشورها را بررسی می‌کند. به‌رحال بسیاری بحث می‌کنند که این همبستگی به خاطر پیوستگی‌های جعلی دما با مشخصه‌های ملی همچون کیفیت نهادی ایجاد می‌شود. رویکرد دوم، بر شواهد خرد برای کمی سازی اثرات اقلیم تکیه می‌کند سپس این‌ها را برای ایجاد اثر خالص بر روی درآمد ملی جمع می‌کند. این رویکرد

۱. استرن و فانخاسر (۲۰۱۶)، ص ۶.

۲. سولو (۱۹۵۶)، سوان (۱۹۵۶)، رمزی (۱۹۲۸)، کاس (۱۹۶۶)، کوپمنس (۱۹۶۵).

۳. لوکاس (۱۹۸۸)، رومر (۱۹۸۶)، رومر (۱۹۹۰)، جونز (۱۹۹۵)، نلسون و فلیس (۱۹۶۶).

۴. منکیو، رومر و ویل (۱۹۹۲)

مدل‌های ارزیابی یکپارچه^۱ (IAM) را به کار برده است که به طور گسترده‌ای از ادبیات تغییر اقلیم برای مدل‌سازی تعامل اقتصاد - اقلیم استفاده می‌کند. چالش اساسی برای این رویکرد پیچیدگی آن است. یک دسته از مکانیسم‌های انتخابی که از طریق آن‌ها دما می‌تواند محصول اقتصادی را تحت تأثیر قرار دهد بزرگ است و حتی اگر هر مکانیسم بتواند شمارش شود و عملکرد آن فهمیده شود، در مشخص کردن اینکه چگونه عمل می‌کنند و جمع می‌شوند، مشکلات قابل توجهی خودنمایی می‌کنند.^۲

اثرات منفی تغییر اقلیم در طول زمان جدی هستند. تغییر اقلیم در محصول کمتر و رشد پایین‌تر نتیجه می‌شود، بنابراین پیامدهایی نیز بر فقر خواهد داشت و از طرفی سطوح درآمدی و همچنین سلامت و نرخ مرگ‌ومیر را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. محصول اقتصاد به نیروی کار، کیفیت محیطی و سرمایه در دسترس در طی سال مشخص بستگی دارد. هر سه این‌ها می‌توانند از تغییر اقلیم اثر بپذیرند و آسیب‌ها بر سلامت و بهره‌وری نیروی کار، خسران در بخش کشاورزی و زیرساخت‌ها و کیفیت پایین‌تر در سرمایه‌گذاری و سرمایه وجود خواهد داشت. همان‌طور که محصول و عوامل تولید اقتصاد تحت تأثیر قرار می‌گیرند، بنابراین چشم‌انداز رشد نیز تغییر می‌کند. این می‌تواند به طور مشخص برای اقتصادهای فقیرتر با تمرکز بیشتر بر روی کشاورزی و توانایی کمتر برای تنوع‌سازی اقتصاد خود، بیشتر قابل توجه باشد. اثرات تغییر اقلیم نشان می‌دهد که اثر بالقوه اقلیم متغیر، می‌تواند بر رشد و محصول باشد. به ویژه تغییرات در چرخه بارش می‌تواند آسیب‌زننده باشد. برای مثال باران بیش‌ازحد می‌تواند حمل‌ونقل را زیر آب ببرد و پتانسیل تجارت و ارتباطات را محدود کند.

بر اساس سناریوی مقدماتی تغییر اقلیم^۴ تا سال، هزینه متوسط تغییر اقلیم در هند و جنوب شرقی آسیا ۲/۵ درصد کاهش در *GDP* و در آفریقا و خاورمیانه ۱/۹ درصد

۱. این مدل‌ها، با استفاده از مدل‌های ساده و به هم مرتبط برای کمی‌سازی اثرات کلی اقتصادی تغییر اقلیم، علم اقلیم و اقتصاد را با یکدیگر ادغام می‌کنند.

2. Integrated Assessment Model

3. Dell, et al (2012), p. 2.

۴. این سناریو بر اساس شواهد علمی است و طبق آن دمای متوسط جهانی تا سال ۲۱۰۰ به میزان ۹.۳ درجه سانتی‌گراد افزایش خواهد یافت.

کاهش در *GDP* خواهد بود. بر طبق سناریوی تغییر اقلیم بالا^۱، این کاهش‌ها به ترتیب به ۳/۵ درصد و ۲/۷ درصد افزایش خواهند یافت. همبستگی قوی میان رشد و کاهش فقر، کاهش در *GDP* به خاطر تغییر اقلیم، تعداد افرادی که زیر خط فقر روزانه ۲ دلار قرار دارند را تا سال ۲۱۰۰ افزایش می‌دهد و نرخ مرگ‌ومیر کودکان را در مقایسه با شرایط بدون تغییر اقلیم، بالا می‌برد.^۲

شواهد خرد در دسترس از اثرات تغییر اقلیم از طریق مهم‌ترین کانال‌های اقتصادی آن شامل: بهره‌وری کشاورزی، بحران آب، تغییرات ایجادشده در بهره‌وری نیروی کار توسط اقلیم، سلامت و اثرات انرژی و خسارت به زمین و زیرساخت‌ها ناشی از بالا آمدن سطح دریاها، می‌باشد. این اثرات تا حد زیادی در میان مناطق و سرمنشأ اثر، متفاوت هستند. با توجه به تخمین‌های مقدماتی آن‌ها، در سطح جهانی، جدی‌ترین اثر تغییر اقلیم، تغییر بهره‌وری نیروی کار خواهد بود که چیزی حدود ۸۴ درصد خسارات جهانی در سال ۲۰۵۰ و ۷۶ درصد در سال ۲۱۰۰ را ناشی می‌شود. جدی‌ترین مناطق تحت تأثیر قرار گرفته از تغییر اقلیم تا سال ۲۱۰۰، خاورمیانه و شمال آفریقا و همین‌طور شرق آسیا هستند - که خاورمیانه و شمال آفریقا از ضربات مستقیم بر بهره‌وری نیروی کار و شرق آسیا از بالا آمدن سطح دریا آسیب خواهند دید. اثرات تغییر اقلیم بر کشاورزی در میان‌مدت، یعنی حدود سال ۲۰۵۰، وخیم نیست، اما همان‌طور که دما بالا می‌رود، اثرات منفی تغییر اقلیم شروع به کار می‌کنند و این اثرات در طول زمان جدی هستند (باعث خسارت در *GDP* بالقوه، بیش از ۲ درصد در برزیل، خاورمیانه و شمال آفریقا خواهد شد).^۳

۴. روش‌شناسی و تخمین مدل

همان‌طور که گفته شد، مدل‌سازی تغییر اقلیم عمدتاً یا به کمک ادبیات توسعه و رشد و یا مدل‌های ارزیابی یکپارچه تخمین زده می‌شود که البته چالش اساسی رویکرد دوم پیچیدگی آن است. اما مطالعه پیش رو با رویکردی دیگر یعنی با استفاده از روش‌های اقتصادسنجی در نظر دارد اثر تغییر اقلیم را بر رشد اقتصادی بررسی کند.

در این مطالعه، اثر متغیرهای اقلیمی، دما و بارش را بر رشد تولید ناخالص داخلی با

۱. در سناریوی تغییر اقلیم بالا، دمای متوسط جهانی تا سال ۲۱۰۰ به میزان ۳.۴ درجه سانتی‌گراد افزایش خواهد یافت.

۲. Nicolas Stern (2006), pp. 107-108.

۳. Roson and Mensbrugge (2010), p. 15.

احتساب نفت و بدون نفت در ۲۷ استان کشور به جز استان‌های البرز، خراسان شمالی، خراسان رضوی و خراسان جنوبی با استفاده از مدل داده‌های تابلویی داده‌های پانل، به روش اثرات ثابت تخمین زده می‌شود. به دلیل تفکیک استان البرز از تهران و تقسیم استان خراسان به سه استان جدا خراسان شمالی، خراسان رضوی و خراسان جنوبی، داده‌های این استان ۴ به طور مجزا برای دوره بررسی موجود نبوده و به ناچار در مطالعه لحاظ نشده‌اند. داده‌ها از سال ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۳ برای هر استان جمع آوری شده است. متغیرهای در نظر گرفته شده علاوه بر متغیرهای اقلیمی (دما و بارش)، جمعیت نیروی کار، مصرف حامل‌های انرژی و سرمایه گذاری می‌باشند. متغیرهای دما و بارش به عنوان متغیرهای اصلی و سه متغیر دیگر به عنوان متغیر کنترلی وارد مدل می‌شوند. لازم به ذکر است برای نشان دادن رشد، تمامی متغیرها در مدل به صورت لگاریتمی در نظر گرفته شده‌اند.

۱-۴. معرفی متغیرهای مدل و نحوه گردآوری اطلاعات

آنچه به عنوان متغیر وابسته در مطالعه پیش رو مدنظر قرار گرفته شده است، رشد تولید ناخالص داخلی هر استان طی سال‌های مورد بررسی است. داده تولید ناخالص داخلی به تفکیک استانی از سال ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۳ گرد آوری شده است. از آنجا که دو مدل تخمین زده شده است، مدل اول رشد تولید ناخالص داخلی با احتساب نفت را در نظر گرفته و مدل دوم اثرات بر این متغیر را بدون نفت نشان می‌دهد. برای بالا بردن دقت، به جای رشد گرفتن از داده‌ها، از آن‌ها لگاریتم گرفتیم، بنابراین نشان خواهیم داد که یک درصد تغییر در متغیرهای توضیحی، چه میزان بر رشد تولید ناخالص داخلی اثر خواهد گذاشت. اولین متغیر اصلی و توضیح دهنده در مدل، میانگین دمای سالانه هر استان است. مهم‌ترین متغیر اقلیمی که در مطالعات مورد توجه است، دما می‌باشد. طبق آنچه در ادبیات موضوعی گفته شد، دمای کره زمین رو به افزایش است و این افزایش اثرات جانبی بسیاری در بخش‌های مختلف دارد و از طرفی جنبه اقتصادی این پدیده با توجه به اثرات آن بر توسعه، رشد و فقر بسیار پررنگ است. طبق مطالعات و گزارش‌های انجام شده در سال‌های اخیر تغییر اقلیم بیشترین تأثیر را بر کشورهای فقیر و در حال توسعه و قابلیت آن‌ها برای رشد می‌گذارد. با نگاهی گذرا به روند تغییرات ۱۵ ساله استان‌ها، می‌توان متوجه شد که برخی استان‌هایی که پیش از این نیز در نقاط گرم بوده‌اند، همانند یزد و بوشهر روند افزایشی در دما را تجربه کرده‌اند و استان‌هایی که به طور معمول سردسیر هستند، همانند آذربایجان

شرقی، آذربایجان غربی و اردبیل روندی باثبات را طی این سالها داشته‌اند. در ادامه نمودار پراکندگی متوسط دما در این سالها را برای استان بوشهر و آذربایجان شرقی ملاحظه می‌شود. استان بوشهر واقع در منطقه گرم کشور، روندی افزایشی و پرنوسان دما را داشته است و استان آذربایجان شرقی روندی باثبات را طی این سالها تجربه کرده است.

نمودار ۱. متوسط دمای استان‌های بوشهر و آذربایجان شرقی



دومین متغیر اقلیمی و مهم بارش است. بارش یکی از متغیرهایی است که اثر مؤثر بر تولید و رشد بخش‌های اقتصادی، به‌خصوص بخش کشاورزی دارد. همچنین با نگاهی به جغرافیای جهان و کشورها می‌توان گفت کشورهایی که در مناطق خشک و کم‌بارش واقعاً شده‌اند، عموماً کشورهایی توسعه‌نیافته با رشد بسیار اندک هستند. البته دسترسی به آب تنها به بارش بستگی ندارد و مسائلی همچون چرخه‌های فصلی و نرخ تبخیر نیز مهم هستند. آب و هوای ایران با خصوصیت خشک و یا نیمه‌خشک است و از طرفی بارندگی توزیعی نامساعد دارد و می‌توان گفت کشور از ناحیه بارش حتی با عدم وجود تغییر اقلیم با مشکل روبه‌رو است و تغییر اقلیم می‌تواند این وضعیت را بحرانی‌تر کند. با نگاهی به روند بارش در استان‌ها می‌توان روند کاهشی را هم در استان‌های خشک همانند قم، فارس و تهران و نیز استان‌هایی با میانگین بارش بیشتر همانند مازندران و گلستان مشاهده کرد. در ذیل، نمودار میانگین بارش در استان‌های تهران و گلستان مشاهده می‌شود که هر دو روندی کاهش را داشته‌اند.

نمودار ۲. میانگین بارش استان‌های تهران و گلستان



یکی از عواملی که همواره در ادبیات توسعه و رشد مورد تأکید قرار گرفته است، جمعیت نیروی کار است. در تئوری اقتصاد، در بحث نیروی کار به‌عنوان یکی از عوامل تولید آنچه معمولاً مورد توجه قرار می‌گیرد، کمیت نیروی کار است. البته در بعضی مواقع با تقسیم‌بندی نیروی کار، به ماهر و غیر ماهر جنبه کیفی آن، اگرچه به طور محدود، مورد توجه واقع می‌شود. مطالعات انجام‌شده در این زمینه، اثر معنی‌دار و مثبت نیروی کار بر رشد اقتصادی را نشان می‌دهند. در این مطالعه نیز جمعیت نیروی کار به‌عنوان یکی از متغیرهای کنترلی و تأثیرگذار به مدل اضافه شده است.

از آنجایی که رشد اقتصادی فرآیندی است که محور اصلی آن را رشد تولید ناخالص داخلی تشکیل می‌دهد و از طرفی انرژی به‌عنوان یک نیروی محرکه در بیشتر فعالیت‌های تولیدی و خدماتی از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است و بنابراین نقش مؤثری در رشد و توسعه اقتصادی کشور ایفا می‌کند. با وجود تحولاتی که در سال‌های اخیر در ساختارهای تولیدی جوامع پیشرفته و توسعه‌یافته، مبنی بر پیشرفت‌های تکنولوژیکی و وابستگی کمتر به مواد خام و نهاده‌های اولیه، رخ داده است، باین حال نهاده انرژی، در ساختار تولید جهانی و به‌خصوص در کشورهای در حال توسعه، نقش بااهمیتی ایفا می‌کند. به طوری که پیش‌بینی می‌شود که رشد بالای مصرف انرژی، در این کشورها در چند دهه آینده نیز، تداوم داشته باشد.

سرمایه نقشی حیاتی در سیستم مدرن تولید ایفا می‌کند. تولید بدون سرمایه غیرقابل تصور است. در مدل‌های رشد نئوکلاسیک، سرمایه یکی از مهم‌ترین عوامل تولید بر رشد اقتصادی است. توسعه اقتصادی بیشتر بدون ایجاد و استفاده از ماشین‌های صنعتی، ساختن ابزار کشاورزی، ساخت سدها، پل‌ها، کارخانه‌ها، خط آهن، فرودگاه‌ها که همگی جزء سرمایه هستند، امکان‌پذیر نیست. در این مطالعه نیز سرمایه‌گذاری را به‌عنوان یکی از متغیرهای توضیحی و تأثیرگذار بر رشد اقتصادی استان‌ها در نظر گرفته‌ایم.

داده‌های تولید ناخالص داخلی استان‌ها (با احتساب نفت و بدون نفت) از سال ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۳ توسط آمارهای منطقه‌ای مرکز آمار استخراج شده است و این داده‌ها براساس شاخص مصرف‌کننده هر استان طی این سال‌ها به قیمت سال ۱۳۹۰ واقعی شده‌اند. متغیرهای بعدی، متغیرهای اقلیمی دما و بارش هستند که براساس داده‌های اقلیمی و تاریخچه‌ای سازمان هواشناسی جمع‌آوری شده است و برای یکسان‌سازی و وجود داده‌ها برای همه سال‌ها، از میانگین دما و بارش مراکز هر استان استفاده شده است. داده جمعیت نیروی کار از نتایج آمارگیری از نیروی کار مرکز آمار به دست آمده است. با توجه به عدم دسترسی به داده‌های سرمایه‌گذاری هر استان، از مجموع تسهیلات پرداختی بانک‌ها به بخش غیردولتی و میزان هزینه‌های عمرانی دولت (تملک دارایی‌های سرمایه‌ای) به‌عنوان سرمایه‌گذاری سالانه استفاده شده است و این داده‌ها بر مبنای سال ۱۳۹۰ واقعی شده‌اند. مصرف حامل‌های انرژی از ترازنامه انرژی وزارت نیرو استخراج شده و شامل مصرف نفت سفید، نفت کوره، بنزین، گاز طبیعی و برق است که همگی براساس بشکه نفت خام یکسان‌سازی شده‌اند.

۲-۴. نتایج تجربی

با آزمون لوین، لین و چو^۱ (*LIC*) و ایم، پسران و شین^۲ (*IPS*) ایستایی متغیرها را آزمون می‌شود. *LIC* استدلال می‌کند ریشه واحد فردی، نسبت به فرضیه‌های متقابل با انحراف کاملاً پایدار از تعادل، قدرت محدودی دارد. این امر به‌ویژه در نمونه‌های کوچک شدت می‌یابد. این روش یک آزمون پر قدرت تر ریشه واحد داده‌های پانل را نسبت به انجام آزمون ریشه واحد منفرد برای هر مقطع، پیشنهاد می‌کند. آزمون *IPS* نیز براساس میانگین

1. Levin-Lin-Chu

2. Im, Pesaran and Shin

آماره‌های ریشه واحد فردی (برای هر فرد جداگانه) انجام می‌گیرد. در هر دو آزمون، فرض صفر این است که هر سری زمانی فردی شامل یک ریشه واحد است و فرض متقابل آن است که هر سری زمانی ایستاست^۱.
با توجه به آزمون ریشه واحد *LIC* نتایج زیر از متغیرهای مدل به دست آمده است و همگی در سطح ایستا هستند:

جدول ۱. نتایج آزمون ایستایی

نام متغیر	روش آزمون	آماره	p-value	نتیجه
تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت	لوین، لین و چو	-۸/۹۱۴۷	۰/۰۰۰۰	ایستا
	ایم، پسران و شین	-۳/۳۷۰۸	۰/۰۰۰۴	
تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت بدون نفت	لوین، لین و چو	-۸/۸۵۹۹	۰/۰۰۰۰	ایستا
	ایم، پسران و شین	-۳/۸۷۵۳	۰/۰۰۰۱	
متوسط دمای سالانه	لوین، لین و چو	-۸/۷۶۸۸	۰/۰۰۰۰	ایستا
	ایم، پسران و شین	-۹/۵۹۶۸	۰/۰۰۰۰	
متوسط بارش سالانه	لوین، لین و چو	-۶/۹۱۷۱	۰/۰۰۰۰	ایستا
	ایم، پسران و شین	-۸/۳۸۰۹	۰/۰۰۰۰	
جمعیت نیروی کار	لوین، لین و چو	-۱۰/۸۲۴۷	۰/۰۰۰۰	ایستا
	ایم، پسران و شین	-۲/۶۸۸۲	۰/۰۰۳۶	
سرمایه‌گذاری به قیمت ثابت	لوین، لین و چو	-۶/۸۴۰۵	۰/۰۰۰۰	ایستا
	ایم، پسران و شین	-۵/۷۷۰۵	۰/۰۰۰۰	
مصرف حامل‌های انرژی	لوین، لین و چو	-۶/۳۳۰۱	۰/۰۰۰۰	ایستا
	ایم، پسران و شین	-۳/۸۹۱۷	۰/۰۰۰۰	

منبع: محاسبات تحقیق

آزمون بعدی مبنی بر وجود هم‌انباشتگی^۲ در مدل می‌باشد. سری را انباشته از درجه d

۱. مهرگان و اشرف‌زاده (۱۳۹۳)، صص ۱۳۱ و ۱۴۶.

2. Cointegration

گفته می‌شود اگر بتوان آن را با d بار تفاضل گیری مانا کرد. اگر ترکیب خطی دو سری انباشته از مرتبه صفر باشد، در این صورت دو سری را هم انباشته می‌نامند. یکی از آزمون‌ها برای تشخیص هم انباشتگی، آزمون ADF^1 کائو^۲ می‌باشد. در این آزمون فرضیه H_0 عدم هم انباشتگی و فرضیه مخالف H_1 وجود هم انباشتگی را مطرح می‌کند. نتیجه زیر از این آزمون به دست آمده است که با توجه به احتمال، فرض صفر مبنی بر عدم وجود هم انباشتگی رد نمی‌شود.

جدول ۲. نتایج آزمون هم انباشتگی کائو

آماره	t-statistic	p-value	نتیجه
ADF	۰/۰۸۳۶	۰/۴۶۶۷	عدم هم انباشتگی

منبع: محاسبات تحقیق

برای انتخاب بین روش‌های داده‌های پانل و داده‌های پولینگ^۳ (روش ترکیبی OLS) از آماره F لیمر استفاده می‌شود. در آزمون F فرضیه H_0 یکسان بودن عرض از مبدأها (لزوم استفاده از داده‌های پولینگ) در مقابل فرضیه مخالف H_1 ناهمسانی عرض از مبدأها (لزوم استفاده از داده‌های پانل) قرار می‌گیرد.^۴

نتایج زیر برای دو مدل مطالعه به دست آمده است. لازم به ذکر است مدل اول، بر مبنای تولید ناخالص داخلی با احتساب نفت است و مدل دوم بدون نفت می‌باشد. نتایج مبنی بر استفاده از مدل داده‌های پانل هستند:

جدول ۳. نتایج آزمون F لیمر

آماره	مقدار	p-value	نتیجه
آزمون F لیمر مدل اول	۷۰/۶۷	۰/۰۰۰۰	داده‌های پانل
آزمون F لیمر مدل دوم	۳۹/۱۵	۰/۰۰۰۰	داده‌های پانل

منبع: محاسبات تحقیق

1. Augmented Dickey-Fuller
2. Kao
3. Pooling Data

آزمون هاسمن برای تعیین روش تخمین در روش داده‌های پانل به کار می‌رود. در این آزمون فرضیه صفر مبنی بر روش تصادفی و فرضیه مخالف روش اثرات ثابت را تأیید می‌کند. پس از انجام آزمون هاسمن برای دو مدل مطالعه نتیجه زیر به دست آمده است:

جدول ۴. نتایج آزمون هاسمن

نتیجه	<i>p-value</i>	مقدار	آماره
روش اثرات ثابت	۰/۰۱۲۷	۱۴/۵۰	آزمون هاسمن مدل اول
روش اثرات ثابت	۰/۰۰۰۰	۳۱۶۰/۲۷	آزمون هاسمن مدل دوم

منبع: محاسبات تحقیق

همخطی در اصل به معنای وجود ارتباط خطی کامل یا دقیق بین همه یا بعضی از متغیرهای توضیحی مدل رگرسیون می‌باشد. یکی از راه‌های تشخیص هم خطی، از طریق ضرایب همبستگی است. اگر برای یک معادله رگرسیون، ضریب همبستگی بین متغیرهای توضیحی بیش از جذر R^2 باشد، هم خطی شدید است^۱.

جذر R^2 محاسبه شده در مدل مطالعه، ۰/۸۵ می‌باشد و با توجه به نتایج زیر می‌توان از وجود هم خطی کامل بین متغیرهای توضیحی چشم پوشی کرد.

جدول ۵. نتایج آزمون همخطی

متغیر	lnT	lnP	lnL	lnC	lnE
lnT	۱/۰۰۰۰				
lnP	۰/۲۹۵۳	۱/۰۰۰۰			
lnL	-۰/۰۰۹۰	-۰/۰۴۶۴	۱/۰۰۰۰		
lnC	۰/۰۰۸۸	-۰/۰۰۳۰	-۰/۲۴۳۵	۱/۰۰۰۰	
lnE	۰/۰۵۷۴	۰/۰۹۱۸	۰/۰۳۵۲	-۰/۴۰۵۱	۱/۰۰۰۰

منبع: محاسبات تحقیق

با توجه به نتیجه آزمون هاسمن و انتخاب روش اثرات ثابت، برای آزمون ناهمسانی

واریانس از آزمون والد استفاده می شود. این آماره دارای توزیع ^۲ است. آزمون والد منتج شده از دو مدل به صورت زیر است که بر وجود ناهمسانی واریانس دلالت دارد:

جدول ۶. نتایج آزمون والد

نتیجه	p-value	مقدار	آماره
ناهمسانی واریانس	۰/۰۰۰۰	۲۸۲۷/۰۳	آزمون ناهمسانی اثرات ثابت (والد تعدیل شده) مدل اول
ناهمسانی واریانس	۰/۰۰۰۰	۵۸۰/۴۱	آزمون ناهمسانی اثرات ثابت (والد تعدیل شده) مدل دوم

منبع: محاسبات تحقیق

برای آزمون کردن خودهمبستگی از آزمون وولدریج^۱ استفاده شده است. فرضیه صفر در این آزمون بیانگر عدم وجود خودهمبستگی مرتبه اول است که با توجه به آماره به دست آمده از مدل این مطالعه، فرضیه صفر رد شده است و دو مدل دارای خودهمبستگی از مرتبه اول هستند:

جدول ۷. نتایج آزمون وولدریج

نتیجه	p-value	مقدار	آماره
خودهمبستگی دارد	۰/۰۰۰۰	۱۷۲/۷۴۸	آزمون وولدریج مدل اول
خودهمبستگی دارد	۰/۰۰۰۰	۱۷۸/۹۱۲	آزمون وولدریج مدل دوم

منبع: محاسبات تحقیق

۵. تخمین مدل

روش OLS^2 (حداقل مربعات معمولی) از اطلاعاتی که حاکی از تغییرپذیری نامساوی متغیر مستقل هستند، استفاده نمی کند و وزن یا اهمیت مساوی به هر یک از مشاهدات می دهد، اما روش تخمینی معروف به حداقل مربعات تعمیم یافته (GLS) این اطلاعات (مانند ماهیت ناهمسانی یا خودهمبستگی) را به حساب آورده و بنابراین قادر است تخمین

1. Wooldridge's Test
2. Ordinary Least Squares

زنی را به دست آورد که بهترین تخمین زن خطی بدون تورش^۱ (*BLUE*) هستند. روش تبدیل متغیرهای اصلی به نحوی که متغیرهای تبدیل شده فروض مدل کلاسیک را تأمین کنند و سپس به کار بردن روش *OLS* در مورد آن‌ها معروف به روش حداقل مربعات تعمیم یافته (*GLS*) است. به طور خلاصه *GLS* همان *OLS* برای متغیرهای تبدیل شده است که فروض استاندارد حداقل مربعات را تأمین می‌کند، بنابراین، تخمین زن‌های حاصله معروف به تخمین زن‌های *GLS* هستند که *BLUE* می‌باشند.^۲

مدل‌های تخمین زده شده به صورت زیر هستند:

$$\ln GDP_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 \ln T_{it} + \alpha_2 \ln P_{it} + \alpha_3 \ln L_{it} + \alpha_4 \ln C_{it} + \alpha_5 \ln E_{it} + u_{it}$$

$$\ln GDP_{wo,it} = \alpha_0 + \alpha_1 \ln T_{it} + \alpha_2 \ln P_{it} + \alpha_3 \ln L_{it} + \alpha_4 \ln C_{it} + \alpha_5 \ln E_{it} + u_{it}$$

با توجه به آزمون‌های صورت گرفته و کشف واریانس ناهمسانی و خودهمبستگی در متغیرها در هر دو مدل، تخمین زن *GLS*، *BLUE* و دارای حداقل واریانس است، بنابراین دو مدل به روش *GLS* و با در نظر گرفتن واریانس ناهمسانی و خودهمبستگی تخمین زده شده که نتایج زیر حاصل شده است. لازم به یادآوری است که تمامی متغیرهای دو مدل تخمین زده شده به صورت لگاریتمی هستند و متغیرهای وابسته میزان رشد تولید ناخالص داخلی هر استان به قیمت‌های ثابت سال ۱۳۹۰ با احتساب نفت و دیگری بدون در نظر گرفتن نفت می‌باشد:

1. Best Linear Unbiased Estimator

۲. گجراتی (۱۳۷۸)، ص. ۴۷۳ و ۵۲۴.

جدول ۸. تخمین به روش حداقل مربعات تعمیم یافته *GLS* (مدل اول)

احتمال	آماره Z	خطای استاندارد	ضریب	نام اختصاری	نام متغیر توضیحی
۰/۰۵۰	-۱/۹۶	۰/۰۶۴۳۹۵۷	-۰/۱۲۶۴۰۷۴	LnT	میانگین دما
۰/۰۰۰	۴/۱۵	۰/۰۱۲۸۵۳۲	۰/۰۵۳۳۷۳	LnP	میانگین بارش
۰/۰۰۰	۶/۰۱	۰/۰۲۸۹۱۰۴	۰/۱۷۳۷۰۲۷	LnL	جمعیت نیروی کار
۰/۰۰۰	۳/۸۱	۰/۰۱۰۳۸۸۶	۰/۰۳۹۶۲۹۵	LnC	سرمایه گذاری به قیمت ثابت
۰/۰۰۰	۳۰/۰۵	۰/۰۲۳۴۸۳۸	۰/۷۰۵۵۸۸۱	LnE	میزان مصرف حامل های انرژی
۰/۰۰۶۸	۱/۸۲	۰/۳۵۳۸۷۷۷	۰/۶۴۵۰۸۹۱	- cons	عرض از مبدأ
۰/۰۰۰۰	-	-	-۲۳۰۳/۸۹		آماره آزمون کای - دو
				۲۷	تعداد مقاطع (استان ها)
				۴۰۵	تعداد مشاهدات

منبع: محاسبات تحقیق

جدول ۹. تخمین به روش حداقل مربعات تعمیم یافته *GLS* (مدل دوم)

احتمال	آماره Z	خطای استاندارد	ضریب	نام اختصاری	نام متغیر توضیحی
۰/۰۰۰	-۶/۶۰	۰/۰۵۸۱۶۰۳	-۰/۳۸۳۸۱۳۹	LnT	میانگین دما
۰/۰۱۲	۲/۵۱	۰/۰۱۰۶۳۵۲	۰/۰۲۶۷۳۵۳	LnP	میانگین بارش
۰/۰۰۰	۶/۷۹	۰/۰۲۳۰۹۵۴	۰/۱۵۶۷۵۰۶	LnL	جمعیت نیروی کار
۰/۰۰۰	۴/۶۷	۰/۰۱۰۲۷۶۹	۰/۴۷۹۶۴۵	LnC	سرمایه گذاری به قیمت ثابت
۰/۰۰۰	۴/۹۵	۰/۰۲۱۲۱۱۲	۰/۷۴۱۳۳۰۴	LnE	میزان مصرف حامل های انرژی
۰/۰۰۰۴	۲/۹۱	۰/۳۱۰۶۹۶۹	۰/۰۵۵۵۸۷	- cons	عرض از مبدأ
۰/۰۰۰۰			۲۹۳۰/۲۳		آماره آزمون کای - دو
				۲۷	تعداد مقاطع (استان ها)
				۴۰۵	تعداد مشاهدات

منبع: محاسبات تحقیق

در مدل اول و با احتساب نفت، ضریب دما و اثر آن بر رشد تولید ناخالص داخلی

همان‌طور که پیش‌بینی می‌شد، منفی و معنی‌دار است، بنابراین هر افزایش یک درصدی مثبت در دما، باعث کاهش ۰/۱۲ درصدی در تولید ناخالص داخلی استان‌ها خواهد شد. از طرفی در این مدل ضریب بارش مثبت و معنی‌دار است و هر یک درصد افزایش مثبت در میزان بارش، باعث ۰/۰۵۳ درصد افزایش در رشد تولید ناخالص داخلی استان‌ها خواهد شد و ضرایب دیگر متغیرها یعنی، جمعیت نیروی کار، میزان سرمایه‌گذاری استان‌ها و مصرف حامل‌های انرژی، همان‌طور که مورد انتظار بود، مثبت و معنی‌دار هستند.

در مدل دوم، تولید ناخالص داخلی استان‌ها بدون نفت در نظر گرفته شده و تمام ضرایب معنی‌دار هستند. همانند مدل اول، در این مدل نیز ضریب دما منفی است اما این ضریب نسبت به مدل اول افزایش یافته است به این معنا که یک درصد افزایش در دمای متوسط استان‌ها، کاهش ۰/۳۸ درصدی در رشد تولید ناخالص داخلی بدون نفت اتفاق خواهد افتاد. این تخمین نشان می‌دهد که افزایش یک درصدی دما بیشتر می‌تواند رشد تولید ناخالص داخلی مجزا از نفت را تحت تأثیر قرار دهد. نتیجه دیگر متغیر اقلیمی یعنی بارش مثبت است و یک درصد افزایش در میانگین بارش استان‌ها، رشد تولید ناخالص داخلی بدون نفت را به مقدار مثبت ۰/۰۲۶ درصدی افزایش می‌دهد.

در انتها می‌توان به دیگر تفاوت قابل ملاحظه دو مدل، یعنی ضریب سرمایه‌گذاری در مدل‌ها اشاره کرد. در مدل اول با احتساب نفت ضریب این متغیر تنها ۰/۰۳۹ می‌باشد، اما در مدل دوم اثر این متغیر بر رشد تولید ناخالص داخلی بدون نفت به ۰/۴۷ رسیده و افزایش یافته است و این اثر مثبت و تأثیرگذار سرمایه‌گذاری را بر تولید کشور که مجزا از نفت است، نشان می‌دهد.

۵. نتیجه‌گیری و توصیه‌های سیاستی

امروزه تغییر اقلیم با توجه به ماهیت و خطراتی که از ناحیه آن احساس می‌شود به یکی از اولویت‌های مطالعه و پژوهش کشورها و سازمان‌های بین‌المللی همانند بانک جهانی تبدیل شده است. از طرفی طبیعت این پدیده با مسائلی همچون نا اطمینانی در مورد آینده و ماهیت بلندمدت بودن آن همراه است که مطالعه و پیش‌بینی‌ها در مورد تغییر اقلیم را به یک چالش سخت تبدیل می‌کند. افزایش دما بیشتر در استان‌هایی که در مناطق خشک و گرم واقع شده‌اند، همانند یزد و بوشهر مشاهده می‌شود و استان‌هایی که میانگین دمای بالایی ندارند، همانند اردبیل و آذربایجان شرقی از این افزایش دما نسبتاً مصون بوده‌اند، اما

نمودارهای بارش در طی ۱۵ سال گذشته یک روند کاهشی را هم در استان‌های خشک همانند قم داشته است و همچنین در استان‌هایی با میانگین بارش بیشتر همانند مازندران و گلستان نیز کاهش بارش دیده می‌شود.

در این پژوهش با یاری گرفتن از مدل اقتصادسنجی بخشی از اثرات اقتصادی تغییر اقلیم نشان داده شد. ابتدا داده‌ها از سال ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۳ برای ۲۷ استان کشور به‌جز البرز، خراسان شمالی، خراسان رضوی و خراسان جنوبی جمع‌آوری شد. با توجه آزمون‌های انجام گرفته مدل به روش اثرات ثابت داده‌های پانل تخمین زده شد.

با توجه به نتایج به دست آمده در مدل اول (تولید ناخالص داخلی با احتساب نفت)، نشان داده شد که یک درصد افزایش در دمای استان‌های کشور، کاهش ۰/۱۲ درصدی در رشد تولید ناخالص داخلی استان‌ها را به همراه خواهد داشت. مقدار به دست آمده معنی‌دار است و از طرفی میزان قابل‌اغماضی نیست که در بلندمدت می‌تواند باعث بروز مشکلاتی در کشور شود. همچنین نشان داده شد افزایش یک درصدی در دیگر متغیر اقلیمی یعنی بارش، رشد تولید ناخالص داخلی استان‌ها می‌تواند به میزان ۰/۵۳ درصد افزایش یابد. برای کشوری که مسئله آب و بارش برای آن جدی است، تغییر اقلیم می‌تواند این نتیجه را با کاهش بارش‌ها بحرانی‌تر کند. طبق برآوردها اثر متغیرهای جمعیت نیروی کار، سرمایه‌گذاری و مصرف حامل‌ها انرژی به ترتیب با ضرایب ۰/۱۷، ۰/۰۳۹ و ۰/۷۰۵ همگی مثبت و معنی‌دار هستند.

در مدل دوم و بدون در نظر گرفتن نفت در رشد تولید ناخالص داخلی استان‌ها، ضریب دما افزایش یافت و به میزان ۰/۳۸ درصد رسید و منفی شد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که دما می‌تواند اثر بیشتری بر بخش غیرنفتی کشور داشته باشد. در این مدل نیز ضریب بارش مثبت و ۰/۰۲۶ درصد به دست آمد. دیگر متغیرهای جمعیت نیروی کار، سرمایه‌گذاری و مصرف حامل‌های انرژی به ترتیب ۰/۱۵، ۰/۴۷ و ۰/۷۴ می‌باشند. قابل ذکر است که اثر سرمایه‌گذاری بر رشد تولید ناخالص داخلی بدون نفت افزایش یافته و اثر مثبت و معنی‌داری بیشتری خواهد داشت.

با توجه به یافته‌های پژوهش:

- پیشنهاد می‌شود با توجه به اثر منفی افزایش دما بر رشد تولید ناخالص داخلی، در صنایع و خدماتی که به دما حساس هستند نسبت به تطبیق و بهبود زیرساخت‌ها برای

سازگاری با افزایش دما و اثرات آن اقدام شود. همان‌طور که ذکر شد دما بر رشد تولید ناخالص داخلی بدون نفت اثر بیشتری خواهد داشت، بنابراین اگر کشور قصد کاهش کسب درآمد از فروش نفت و روی آوردن به دیگر درآمدهای پایدار داشته باشد، ضرورت توجه به تغییر اقلیم و افزایش دما افزایش خواهد یافت.

- ایران با بحران آب و بارش روبه‌رو است، بنابراین در بخش‌های اقتصادی و به‌خصوص کشاورزی این مسئله باید از اهمیت ویژه برخوردار باشد و به روش‌های تولیدی که مصرف آب حداقلی دارند، روی آورد و همچنین از شیوه‌های مدرن در آبیاری در تولید کشاورزی استفاده شود. از طرفی سیستم تصفیه و استفاده دوباره از آب فاضلاب باید در سیستم‌های شهری تمامی استان‌ها مدنظر قرار گیرد. همچنین در تولید محصولات کشاورزی که نیاز به آب زیاد دارند باید بازنگری شود و محصولات مناسب با شرایط آب و هوایی کشور انتخاب شود.

- همان‌طور که دیده شد مصرف حامل‌های انرژی بر رشد تولید ناخالص داخلی اثر مثبت دارد. از طرفی اصلی‌ترین منشأ افزایش دما مسئله نشر گازهای گلخانه‌ای است. یکی از اصلی‌ترین اقدامات در این جهت، استفاده از شیوه‌های تولیدی می‌باشد که حداقل استفاده از سوخت‌های فسیلی همانند نفت و گاز را داشته باشد. شیوه‌های تولید باید به‌روز شوند و به انرژی‌های سبز همچون انرژی خورشیدی و یا بادی روی آورده شود.

- از آنجا که تغییر اقلیم و پیامدهای آن اجتناب‌ناپذیر هستند، راه‌های مقابله با آن تخفیف و سازگاری است. دولت با تقویت زیرساخت‌ها، نوآوری و روی آوردن به تکنولوژی‌های برتر می‌تواند زمینه را برای مقابله و سازگاری با این پدیده مهیا کند.

منابع

اشرف‌زاده، حمیدرضا و مهرگان، نادر (۱۳۸۷)، *اقتصادسنجی پانل دیتا*، تهران، مؤسسه تحقیقات تعاون دانشگاه تهران.

اشرف‌زاده، حمیدرضا و مهرگان، نادر (۱۳۹۳)، *اقتصادسنجی پانل دیتای پیشرفته*، تهران، نشر نور علم. بی‌آبی، حامد و شاهپوری، احمدرضا و امیر نژاد، حمید (۱۳۹۵)، «بررسی تأثیر رشد اقتصادی، جمعیت و حجم تجارت خارجی بر انتشار گاز گلخانه‌ای CO_2 (مقایسه کشورهای عضو

سازمان *OECD* و غیر عضو منتخب شامل ایران»، فصلنامه اقتصاد محیط زیست و منابع طبیعی، شماره ۱، پاییز، صفحات ۴۳-۲۷.

دفتر طرح ملی تغییر آب و هوا، (۱۳۹۰)، گزارش ملی تغییر اقلیم در ایران، گزارش سوم دهقان شبانی، زهرا و هادیان، ابراهیم و نصیر زاده، فائزه (۱۳۹۵)، «تأثیر ترکیب سرمایه انسانی بر رشد منطقه‌ای اقتصاد ایران: رویکرد داده‌های تابلویی پویای فضایی»، فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران، شماره ۶۶، بهار، سال بیست و یکم. صفحات ۳۰-۱.

سازمان حفاظت محیط زیست ایران، (۱۳۹۴)، گزارش وضعیت محیط زیست ایران ۹۲-۱۳۸۳، شهریور.

سازمان هواشناسی کشور، داده‌های آماری، داده‌های اقلیمی و تاریخی‌های سوری، علی (۱۳۹۲)، اقتصادسنجی پیشرفته، تهران، نشر فرهنگ شناسی

صادقی، سید کمال و موسویان، سید مهدی (۱۳۹۳)، «تحلیل رابطه علیت بین انتشار کربن، مصرف انرژی و تولید سرانه در ایران: با استفاده از روش بوت استرپ حداکثر آنتروپی»، پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران، سال سوم، تابستان، شماره ۱۱، صفحات ۱۱۶-۹۱.

صادقی، سید کمال و متفکر آزاد، محمدعلی و پور عبادالهان کوچی، محسن و شهناز زاده خیابوی، اتابک، (۱۳۹۱)، «بررسی رابطه علی بین انتشار دی اکسید کربن، سرمایه گذاری مستقیم خارجی، سرانه مصرف انرژی و تولید ناخالص داخلی در ایران (رهیافت آزمون علیت تودا - یاماموتو)»، فصلنامه اقتصاد محیط زیست و انرژی، شماره ۴، پاییز، صفحات ۱۱۶-۱۰۱.

عظیمی، حسین (۱۳۷۱)، مدارهای توسعه نیافتگی در اقتصاد ایران، تهران، نشر نی
گجراتی، دامودار، (۱۹۹۵)، مبانی اقتصادسنجی. ترجمه: حمید ابریشمی، (۱۳۷۸)، تهران، انتشارات دانشگاه تهران

لطیفی، محمد فرید (۱۳۹۵)، کتاب مرجع مخاطرات طبیعی ایران، تهران، انتشارات رویان پژوه محمدی، تیمور و ناظم‌ان، حمید و نصرتیان نصب، محسن، (۱۳۹۱)، «رابطه رشد اقتصادی و مصرف انرژی در ایران (تحلیلی از مدل‌های علیت خطی و غیرخطی)»، فصلنامه محیط زیست و انرژی، سال دوم، شماره ۵، صفحات ۱۷۰-۱۵۳.

مرکز آمار ایران، حساب‌های منطقه‌ای

مرکز آمار ایران، سالنامه‌های آماری استان‌ها، سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۳

وزارت نیرو، معاونت انرژی، ترازنامه انرژی، سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۳

References

- Cass, D., 1966. Optimum Growth in an Aggregate Model of Capital Accumulation: A Turnpike Theorem. *Econometrica*. 34 (4): 833-850
Dell, Melissa and Benjamin, F. Jones and Benjamin, A. Olken, (2009),

- "Temperature and Income: Reconociling New Cross-Sectional and Panel Estimates", *American Economic Review*, Papers & Preceedings 2009, No. 99 (2), pp. 198-204.
- Dell, Melissa and Benjamin, F. Jones and Benjamin, A. Olken,(2012), "Temperature Shocks and Economic Growth: Evidence from the Last Half Century", *American Economic Journal*, Macroeconomics 2012, No. 4 (3), pp. 66-95.
- Exenberger, Andreas and Pondorfer, Andreas and Wolters, Maik. H.,(2014) "Estimating the Impact of Climate Change on Agricultural Production: Accounting for Technology Heterogeneity across Countries", Germany, Kiel Institute for the World Economy, No. 1920.
- IPCC, (2014), Annex II: Glossary [Mach, K. J., S. Planton and C. von Stechow (eds.)]. In: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R. K. Pachauri and L. A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 117-130.
- Jones, C. I., 1995. R and D-Based Models of Economic Growth. *The Journal of Political Economy*, Volume 103, Issue 4, pp. 759-784.
- Koopmans, T. C. 1965. On the Concept of Optimal Economic Growth. Cowles Foundation Discussion Papers. No. 163, Cowles Foundation, Yale University
- Lucas, R. E., 1988. On the Mechanics of Economic Development. *Journal of Monetary Economics*. 22, 3-42.
- Mankiw, N. G., Romer, D., Weil, D. N., 1992. A Contribution to the Empirics of Economic Growth. *The Quarterly Journal of Economics*. Vol. 107, No. 2, pp. 407-437.
- Nelson, R. R., Phelps E. S., 1966. Investment in Humans, Technological Diffusion and Economic Growth. *The American Economic Review*. Volume 56, No. 2, pp. 69-75.
- Ramsey, F. P., 1928. A Mathematical Theory of Saving. *The Economic Journal*, 38 (152): 543-559.
- Romer, P. M., 1990. Endogenous Technological Change. *The Journal of Political Economy*. Vol. 98, No 5, Part 2: The Problem of Development: A Conference of the Institute for the Study of Free Enterprise Systems, pp. S71-S102.
- Romer, P. M., 1986. Increasing Returns and Long-Run Growth. *The Journal of Political Economy*, Vol. 94, No 5, pp. 1002-1037.
- Roson, Roberto and van der Mensbrugge, Dominique,(2010), "Climate

- Change and Economic Growth: Impacts and Interactions", Washington, The World Bank.
- Seid Nuru, Ali,(2012), "Climate Change and Economic Growth in a Rain-fed Economy: How Much Does Rainfall Variability Cost Ethiopia?", Ethiopia, Ethiopian Economics Association.
- Solow, R. M., 1956. A Contribution to the Theory of Economic Growth. The Quarterly Journal of Economics, Vol. 70, No. 1, pp. 65-94.
- Stern, Nicolas (2006), "The Economics of Climate Change: The Stern Review". Cambridge, UK Cambridge University Press.
- Swan, T. W., 1956. Economic Growth and Capital Accumulation. Economic Records, 32(Novemebr): 334-361.
- The World Bank (2010), "World Development Report: Development and Climate Change", Washington D. C. .
- The World Bank (2013), "Building Resilience, Integrating Climate and Disaster Risk into Development", Washington, D. C., Group Experience.
- Tokunaga, Suminori and Okiyama, Mitsuru and Ikegawa, Maria, (2015), "Dynamic Panel Data Analysis of the Impacts of Climate Change on Agricultural in Japan", JARQ,49(2),pp. 149-157.
- Williams, Richard (2017), "Panel Data 4: Fixed Effects vs Random Effects Models", University of Notre Dame.

Climate Change Impacts on GDP Growth in 27 Provinces in Iran (A Panel Data Approach)

- Seyed Hosein Mirjalili** | Professor, Institute for Humanities and Cultural Studies, Tehran, Iran
- Hamid Amadeh** | Associate Professor, Faculty of Economics, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran
- Mahdis Motaghian Fard** | MA in Economics, Institute for Humanities and Cultural Studies, Tehran, Iran

Abstract

Climate change is the most important phenomenon that directly affects the environment worldwide. The effect of this global phenomenon varies across countries. Some of the consequences of climate change worth mentioning are disappearing of glaciers, the sea level rise and the declining crop yields in Iran being located in an arid and semi-arid area in the Middle East region as well as facing the water crisis hence will not be immune to climate change and its consequences. In this paper, we investigate the effect of climate variables such as temperature and precipitation on GDP growth in 27 provinces in Iran. The labor force, investment and energy consumption are the control variables. We have estimated the panel data model for the years 2000 to 2015. The results indicate a negative effect of temperature on GDP growth with or without the oil production. We have also demonstrated that the rising rainfall contributes to GDP growth.

Keywords: Climate Change, Economic Growth, Global Warming, Greenhouse Gases, Panel Data, Iran.

JEL Classification: Q54, O40, N50, C23.