Doi: 10.22034/IAES.2021.538437.1861

اقتصاد کشاورزی/جلد ۱۵/شماره۴/صفحه های ۲۱-۱

تأثیر سطح‌های مختلف توسعه بر اثرگذاری سرمایه انسانی در انتشار دی اکسید کربن درکشورهای منتخب آسیایی

زهرا دهقان شبانی ، ندا جمشیدی ، محمد زهتاب [۱]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۱۶. تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۸/۰۷

چکیده

دی اکسید کربن(CO_2) یکی از اجزای اصلی بوم سامانه (اکوسیستم) است، ولی تمرکز زیاد آن به همراه انتشار دیگر گازهای گلخانه‌ای باعث گرم شدن کره زمین و تغییرپذیری‌های آب و هوایی و تخریب محیط زیست می‌شود. به همین دلیل کاهش انتشار دی اکسید کربن در دهه‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است. یکی از عامل‌هایی که بر انتشار CO_2 موثر است، بهبود سرمایه انسانی است که اثرگذاری سرمایه انسانی در کاهش انتشار CO_2 به سطح توسعه کشورها وابسته است. از این‌رو در این پژوهش به بررسی تاثیر سطح‌های مختلف توسعه بر اثرگذاری سرمایه انسانی در انتشار CO_2 در ۱۸ کشور آسیایی طی سال‌های ۲۰۱۹-۱۹۹۵ پرداخته شده است که برای این منظور از روش مدل آستانه در داده‌های تابلویی (ترکیبی) استفاده شده است. نتایج پژوهش نشان داد که دو سطح آستانه برای سطح توسعه باید در نظر گرفته شود که سرمایه انسانی در سطح توسعه کمتر از ۲۷/۴۸ اثر معناداری بر کاهش انتشار دی اکسید کربن ندارد. چنانچه سطح توسعه بین دو میزان ۲۷/۴۸ و ۲۹/۳۲ قرار گیرد، سرمایه انسانی موجب کاهش انتشار CO_2 خواهد شد. بیشترین تأثیرگذاری سرمایه انسانی بر کاهش انتشار دی اکسید کربن هنگامی خواهد بود که میزان سطح توسعه از ۲۹/۳۲ بالاتر رود. بنابر نتایج، به سیاستگذاران توصیه می شود که برای افزایش تأثیر سرمایه انسانی بر کاهش انتشار دی اکسید کربن، در آغاز باید سطح توسعه افزایش یابد، تا سرمایه انسانی به بهترین شکل مورد بهره‌برداری قرار گیرد.

طبقه‌بندی JEL: C33, J24, O47,Q53

واژه‌های کلیدی: سرمایه انسانی، انتشار کربن دی اکسید، مدل تابلویی (تابلویی) آستانه‌ای، آسیا.

[۱] به ترتیب دانشیار (نویسنده مسئول) و دانشجویان دکتری بخش اقتصاد دانشگاه شیراز
Email: zdehghan@shirazu.ac.ir

مقدمه

در یک فضای رقابتی، همه کشورها صرف‌نظر از تأثیری که بر کیفیت محیط زیست دارند، از منبع‌ها طبیعی خود برای رشد اقتصادی بالاتر استفاده می‌کنند و این افزایش رشد، کشورها را با هزینه تغییرپذیری‌های غیرعادی محیطی که ناشی از آلودگی زمین و آب و هوا است، روبه‌رو کرده است (Asis & Carolin, 2016). به‌گونه ای که میزان انتشار دی اکسید کربن در سال ۲۰۱۹ نسبت به سال ۱۹۰۰ نزدیک به ۱۹ برابر شده است(Friedlingstein et al., 2020). دی اکسید کربن به رغم نقش مهمی که در بوم سامانه دارد، غلظت بالای آن در هوا سپهر (اتمسفر) موجب افزایش گرمای زمین خواهد شد(Shahanazi and Shabani, 2021). افزایش دمای زمین موجب مسئله‌های زیست محیطی مانند افزایش رویدادها و بلاهای طبیعی (سیل، خشکسالی، تغییر فصل بارش، جزر و مد و حرکت افقی آب دریا، طوفان و گرد و غبار) و بالا آمدن سطح دریاها می‌شود. بنابراین، از چند دهه گذشته، تغییرپذیری‌های آب و هوایی و گرم شدن کره زمین در صدر بحث‌های جهانی محیط زیست قرار گرفته است (Saleem et al., 2019) و محققان به بررسی عاملهای مؤثر بر کیفیت محیط زیست و کاهش انتشار گازهای گلخانه ای به ویژه انتشار CO_2 پرداخته‌اند.

در پژوهش‌های انجام شده نقش عاملهای مختلف چندی از جمله رشد اقتصادی، توسعه مالی، میزان مصرف انرژی و درجه باز بودن اقتصاد بر آلودگی محیط زیست بررسی شده است. با این وجود، تأثیر سرمایه انسانی بر محیط زیست به عنوان عاملی کیفی در فرآیند تولید، کمتر مورد توجه قرار گرفته است. سرمایه انسانی اندوخته دانش‌هایی است که از آموزه‌های بسیاری به دست آمده و کارآموختگی افراد را برای به‌کارگیری این دانش‌ها نشان می‌دهد. سرمایه انسانی از طریق افزایش توان تولید افراد و ظرفیت اقتصادی برای جذب فناوری‌های جدید و گسترش فعالیت‌های تحقیق و توسعه داخلی، توانایی کشورها برای بیشینه کردن عملکردهای محصول با استفاده از همان منبع‌ها و نهاده‌ها تولید را افزایش داده و از این راه، نقش بسزایی در ارتقای سطح کارایی فنی عامل‌های تولید از جمله انرژی کشورها ایفا می‌کند (Dehghan Shabani et al, 2019). در سطح کلان سرمایه انسانی از راهکارهای درآمدی و فناوری می‌تواند بر انتشار CO_2 تأثیر بگذارد (Salim et al, 2017) راهکار درآمد به این صورت است که رشد اقتصادی را واسطه بین سرمایه انسانی و انتشار CO_2 قرار می‌دهد. سرمایه انسانی به افزایش بهره‌وری نیروی کار و رشد اقتصادی کمک می‌کند. با این حال، رابطه بین رشد اقتصادی و انتشار گازهای گلخانه‌ای نامشخص است و

به محل استقرار کشور در منحنی زیست محیطی کوزنتس (EKC) بستگی دارد (Grossman and Krueger, 1995).

راهکار فناوری سرمایه انسانی محرک پیشرفت فناوری(ها) و مکمل سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه است (Romer, 1990). پیشرفت فناوری، بهره‌وری تولید و استفاده از منبع‌های انرژی را بهبود می‌بخشد و انتقال به انرژی‌های پاک‌تر را آسانگری می‌کند، بنابراین انتشار دی اکسید کربن را کاهش می‌دهد (Churchill et al, 2019). با این حال، فناوری‌های جدید نه تنها هزینه تجاری-سازی انرژی‌های پاک و تجدیدپذیر را کاهش می‌دهند، بلکه تجاری‌سازی انرژی‌های سنتی را نیز آسان می‌کنند. برای مثال، نوآوری در فناوری‌های حفاری افقی و شکست هیدرولیک منجر به رونق حفاری نفت و گاز شیل شد (Zuo et al, 2019). انتشار گاز گلخانه‌ای گاز شیل به‌طور شایان توجهی بالاتر از گاز معمولی یا نفت است. بنابراین، اینکه آیا پیشرفت‌های فناوری جدید به کاهش انتشار کربن کمک می‌کند یا خیر، به این بستگی دارد که آیا توسعه فناوری انرژی پاک (یا استفاده کارآمدتر از انرژی سنتی) را آسانگری می‌کند. به طور کلی، تأثیر رقابتی این دو اثر نشان می‌دهد که رابطه بین سرمایه انسانی و انتشارها در سطح کلان نامشخص است.

در سطح خرد نیز اثر سرمایه انسانی بر انتشار کربن دی اکسید قابل توضیح است. در بخش تولید، متخصصان با تحصیلات آموزش عالی، هم نوآوری و هم گسترش فناوری‌های کاهش‌دهنده کربن دی اکسید را آسانگری می‌کنند و شرکت‌هایی که از متخصصان با تحصیلات آموزش عالی بیشتری برخوردار هستند، آمادگی دارند که دید بلندمدت تری داشته باشند، که در آن بر توسعه پایدار تأکید شده است (Lan and Munro, 2013). بنابراین آمادگی به توسعه پایدار و کنترل دقیق‌تر آلودگی دارند و کمتر مقررات زیست محیطی را نقض می‌کنند (Blackman and Kildegaard, 2010).

در سطح خانوار، گروه‌های تحصیل کرده اغلب به محیط زیست مستقل از درآمد، ارزش بیشتری می‌دهند و رفتار خود را از طریق روش‌هایی که به کیفیت بهتر محیط زیست کمک می‌کند، مانند استفاده بیشتر از روش‌های بازیافت اصلاح می‌کنند. خانوارهایی که سرمایه انسانی بالاتری دارند به احتمال زیاد ابزاری را انتخاب می‌کنند که از نظر انرژی کارا باشند و از این‌رو انرژی کمتری مصرف می‌کنند (Ahmed and Wang, 2019) همچنین این خانوارها ابزاری را نصب می‌کنند که از نسبت بالاتری از انرژی‌های تجدیدپذیر استفاده می‌کنند. انتظار بر این است که در سطح خرد تأثیر سرمایه انسانی بر انتشار دی اکسید کربن منفی باشد.

اما باید توجه داشت که اثر شایان توجهی از سرمایه انسانی بر انتشار دی اکسید کربن تنها پس از آنکه اقتصاد از سطح مشخصی از توسعه عبور می‌کند، می‌تواند تحقق یابد؛ زیرا اقتصاد باید به سطح مشخصی از توسعه برسد تا توان بهره برداری از سرمایه انسانی وجود داشته باشد. این سطح مشخص از توسعه، اثر آستانه‌ای توسعه نامیده می‌شود. کیفیت آموزش از مؤلفه‌های توسعه اقتصادی بوده و با افزایش سطح توسعه اقتصادی بهبود می‌یابند. از این‌رو، لازم است اقتصاد به سطح مشخصی از توسعه دست یابد تا توانایی بهره‌برداری مؤثر از سرمایه انسانی و از این طریق تاثیرگذاری بر انتشار کربن دی اکسید وجود داشته باشد(Dehghan Shabani et al, 2019).

بررسی‌های گذشته در زمینه تأثیر سرمایه انسانی بر محیط زیست به دو دسته قابل تقسیم است. دسته نخست، به بررسی تاثیر سرمایه انسانی بر کیفیت محیط زیست پرداخته‌اند (برای مثال ، Costantini and Monni, 2008; Shahbazi et al., 2014; Saleem et al.,2019) که در این بررسی‌ها، سرمایه انسانی تاثیر مثبت در کاهش تخریب محیط زیست و افزایش کیفیت محیط زیست داشته است. دسته دوم بررسی‌ها، به طور خاص، به بررسی تاثیر سرمایه انسانی بر انتشار دی اکسید کربن پرداخته‌اند. Bano et al (2018) با استفاده از داده های۲۰۱۴-۱۹۷۱ در پاکستان و روش خودرگرسیون برداری با وقفه توزیعی و مدل تصحیح خطای برداری به این نتیجه رسید که بهبود سرمایه انسانی باعث کاهش انتشار دی اکسید کربن می‌شود. Mahmood et al (2019) با استفاده از داده‌های پاکستان از ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۴ و روش و فن حداقل مربعات سه مرحله ای به این نتیجه رسیدند که سرمایه انسانی انتشار CO_2 را کاهش می دهد. Li & Ouyang (2019) با استفاده از مدل خودرگرسیونی با وقفه های توزیعی در چین برای دوره ۱۹۷۸-۲۰۱۵ به این نتیجه رسید که بهبود سرمایه انسانی در آغاز شدت انتشار CO_2 (پیش از ۱۹۹۲) را کاهش می دهد، سپس آن را در کوتاه مدت (پس از ۱۹۹۲) افزایش می دهد و در نهایت در بلندمدت آن را کاهش می دهد.

Yao et al (2020) با استفاده از داده‌های ۲۰ کشور OECD طی دوره ۱۸۷۰ تا ۲۰۱۴ به این نتیجه رسیدند که ضریب کل سال‌های تحصیل و ضریب دبستان و دبیرستان بر انتشار دی اکسید کربن ناچیز است، اما افزایش یک سال در تحصیلات عالی با ۵۰,۱ تا ۶۵,۸ درصد موجب کاهش انتشارهای دی اکسید کربن می شود. Rahman et al (2021) با استفاده از آمار کشورهای تازه صنعتی شده در دوره ۱۹۷۹ تا ۲۰۱۷ و روش حداقل مربعات معمولی پویا[1]، حداقل مربعات

[1] Dynamic Ordinary Least Squares

معمولی کاملا اصلاح شده[1] و میانگین گروهی داده‌های تابلویی[2] دریافتند که افزایش سرمایه انسانی موجب کاهش انتشار دی اکسید کربن می شود.

Khan et al (2021) با استفاده از داده‌های هفت کشور عضو OECD بین ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۸ و روش و فن خودرگرسیونی با وقفه های توضیحی تعدیل شده[3] و آزمون علیت تابلویی دومی تروسکو و هورلین [4]به این نتیجه رسیدند که تاثیر سرمایه انسانی در کوتاه مدت و بلند مدت بر انتشار دی اکسید کربن، منفی و معنادار است. همچنین علیت یک طرفه از سرمایه انسانی به انتشار دی اکسید کربن وجود دارد. Haini (2021) برای کشورهای عضو ASEAN طی سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۸ به این نتیجه رسید که تأثیر سرمایه انسانی بر انتشار دی اکسید کربن مثبت است. اما هنگامی که تحلیل‌های به صورت بخشی (بخش صنایع کارخانه‌ای، مسکونی، حمل و نقل و دیگر صنایع) است، تاثیر سرمایه انسانی تنها بر انتشار دی اکسید کربن صنایع کارخانه ای و دیگر صنایع منفی است. Lin et al (2021) با استفاده از داده های ۳۰ استان چین از سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۷ و روش اثرهای ثابت در داده‌های تابلویی و گشتاور تعمیم یافته ساختارمند (سیستمی) (SYS-GMM) دریافتند که سرمایه انسانی خلاق انتشار CO_2 را کاهش می دهد. Wang & Xu (2021) بر مبنای داده‌های تابلویی ۷۰ کشور از ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۸ با استفاده از گشتاور تعمیم یافته ساختارمند (سیستمی) و مدل رگرسیون آستانه به این نتیجه رسیدند که سرمایه انسانی محرک‌های بنیادین کاهش انتشار CO_2 است.

Joof & Isiksal (2021) با استفاده از داده‌های کشورهای مکزیک، اندونزی، نیجریه و ترکیه طی سال‌های ۱۹۷۵ تا ۲۰۱۰ و روش میانگین گروهی در داده های تابلویی به این نتیجه رسیدند که آموزش و پرورش (سرمایه انسانی) در بلندمدت اثر منفی بر CO_2 دارد.

با مرور بر نتایج تحقیقات گذشته، دیده می شود که تاثیر سرمایه انسانی بر انتشار دی اکسید کربن بررسی شده است، اما در هیچ‌یک از بررسی‌ها این موضوع را که تأثیر سرمایه انسانی بر انتشار دی اکسید کربن به سطح‌های مختلف توسعه وابسته است، بررسی و ارزیابی نکرده است. همچنین، در تحقیقات گذشته تأثیر سرمایه انسانی بر انتشار دی اکسید کربن در یکی از

---

[1] Fully Modified Ordinary Least Squares

[2] Pooled Mean Group

[3] cross-sectional augmented autoregressive distributed lags (CS-ARDL) approach

[4] Dumitrescu and Hurlin (D-H) panel causality

کشورهای آسیایی (چین و پاکستان) و یا در کشورهای عضو ASEAN بررسی شده است، اما در کشورهای آسیایی که بیشترین سهم انتشارهای دی اکسید کربن را دارند چنین پیشینه بررسی و ارزیابی وجود ندارد. در این راستا، نوآوری این پژوهش تجزیه و تحلیل اثر سطح‌های مختلف توسعه بر اثرگذاری سرمایه انسانی در کشورهای آسیایی می‌باشد و سعی می‌شود به این پرسش پاسخ داده شود که تأثیر سطح‌های مختلف توسعه بر اثرگذاری سرمایه انسانی در انتشار دی اکسید کربن چگونه است؟ برای پاسخگویی به این پرسش در چارچوب مدل STRIPAT الگوی اقتصاد سنجی طراحی شد که با استفاده از روش داده‌های تابلویی آستانه‌ای برآورد خواهد شد.
در ادامه پژوهش در بخش دو، روش تحقیق ارائه می‌شود و سپس در بخش سوم نتایج آورده شده است و در نهایت در بخش چهارم نتیجه گیری و پیشنهادها ارائه شده است.

روش تحقیق

روش مورد استفاده در این پژوهش روش رگرسیون آستانه‌ای ارائه شده توسط Hansen (1999) است که به دنبال پاسخ به این پرسش است که آیا تابع‌های رگرسیونی به‌طور یکنواخت از همه مشاهده‌ها عبور می‌کند یا می‌تواند به گروه‌های جداگانه شکسته شوند؟ در یک مدل رگرسیون تابلویی آستانه‌ای هر یک از مشاهده‌ها را می‌توان بر حسب ارزش یک متغیر مشاهده شده به نام متغیر آستانه‌ای دسته‌بندی کرد (Hansen, 1999). در این مدل رگرسیون در هر زمان کشورها با توجه به یک متغیر قابل مشاهده به نام متغیر آستانه به گروه‌هایی با کشش‌های یکسان تقسیم می‌شوند. در این نوع رگرسیون، سازوکار انتقال بین مدل (رژیم)های حدی چنین تعریف می‌شود که در هر زمان اگر متغیر آستانه‌ای مشاهده شده برای یک سال مشخص کمتر از یک میزان معین موسوم به فراشبحه(پارامتر) آستانه باشد رابطه متغیرها با مدل (رژیم) خاصی تعریف می‌شود که با مدل مورد استفاده در هنگامی که متغیر آستانه بزرگتر از فراشبحه آستانه است متفاوت خواهد بود. مدل با دو حد آستانه به صورت زیر است:

$$y_{it} = \alpha_i + \beta_0 x_{it} I(q_{it} < \gamma_1) + \beta_1 x_{it} I(\gamma_1 \le q_{it} < \gamma_2) + \beta_2 x_{it} I(q_{it} \ge \gamma_2)\varepsilon_{it} \quad (1)$$

که در آن y_{it} متغیر وابسته، q_{it} متغیر آستانه، γ فراشبحه آستانه، x_{it} یک بردار رگرسیون، ε_{it} یک توزیع نرمال و $I(q_{it},\gamma)$ تابع انتقال است. بر این مبنا اگر داده‌های تابلویی متوازن به صورت $\{y_{it}, q_{it}, x_{it}: 1 \le i < n, 1 \le t < t\}$ باشند که نمایه i نشان‌دهنده سطح‌ها و نمایه t نمایانگر زمان است، شکل ساختاری این مدل به صورت زیر می‌باشد:

$$y_{it} = \begin{cases} \alpha_i + \beta_0 x_{it} + \varepsilon_{it} & if \quad q_{it} < \gamma_1 \\ \alpha_i + \beta_1 x_{it} + \varepsilon_{it} & if \quad \gamma_1 \le q_it < \gamma_2 \\ \alpha_i + \beta_0 x_{it} + \varepsilon_{it} & if \quad q_{it} \ge \gamma_2 \end{cases} \quad (۲)$$

بنا بر این مدل، مشاهده‌ها متناسب با اینکه متغیّر آستانه q_{it} کمتر یا بیشتر از مقدارهای آستانه‌ای می‌باشد، به سه مدل تقسیم می‌شوند. این مدل‌ها توسط تفاوت شیب‌های رگرسیون β_0 و β_1 و β_2 مشخص می‌شوند.

برای آزمون وجود میزان یک آستانه از آزمون F استفاده می شود، که در زیر آورده شده است:

$$F = \frac{S_0 - S_1(\widehat{\tau_1})}{\widehat{\sigma}^2} \quad (۳)$$

که S_0 و S_1، به ترتیب مجموع مربعات خطا (RSS) مدل خطی و مدل تک آستانه هستند. فرضیه صفر این آزمون مدل خطی است. برای مدل دو آستانه آزمون F به صورت زیر خواهد بود:

$$F = \frac{\{S_1(\widehat{\tau_1}) - S_2(\widehat{\tau_2})\}}{\widehat{\sigma}^2} \quad (۴)$$

که S_1 و S_2، مجموع مربعات خطا (RSS) مدل تک آستانه و مدل دو آستانه هستند. فرضیه صفر این آزمون مدل تک آستانه است(Wang, 2015; Wang and Wang, 2021).

مدل تجربی این بررسی در چارچوب مدل STIRPAT[1] (تأثیر تصادفی با رگرسیون بر جمعیت، ثروت و فناوری) است. Ehrlich and Holdren (1971) یک مدل حسابداری از تاثیر، جمعیت، توانگری و فناوری (IPAT) برای توصیف تأثیرهای زیست محیطی فعالیت‌های انسانی ارائه کردند. در این مدل $I_t = A_t T_t P_t$، اثرگذاری‌های زیست محیطی فعالیت‌های انسانی (I_t) از طریق مصرف انرژی یا انتشار آلودگی بیان می شود که تحت تأثیر سه عامل: اندازه جمعیت (P_t)، ثروت (A_t) و فناوری (T_t) است. اما این مدل یک اتحاد ریاضی است و توانایی آزمایش فرضیه را ندارد(Li & Lin, 2015). افزون بر این، این مدل تنها شمار محدودی متغیر - انرژی، ثروت و جمعیت را در نظر می گیرد (Wang et al., 2017). برای چیره شدن بر این محدودیت‌ها، Dietz and Rosa (1997) مدل IPAT را به شکل تصادفی، معروف به مدل STIRPAT ، ارتقاء دادند، که به شرح زیر است:

$$I_t = a P_t^b A_t^c T_t^d \varepsilon_t$$

به‌طوری‌که a عبارت ثابت و ε_t جمله خطا است. شکل لگاریتمی این تابع به صورت زیر است:

$$LN(I_t) = LN(a) + b\, LN(P_t) + cLN(A_t) + dLN(T_t) + \varepsilon_t$$

[1] Stochastic Impact by Regression on Population, Affluence, and Technology

در این پژوهش به پیروی از Khan et al., 2021 و Chen et al.,2020 انتشار دی اکسید کربن به عنوان نمود اثرگذاری‌های زیست محیطی انسانی در نظر گرفته شده است. همچنین بر مبنای نتایج بررسی‌های Tenaw& Lambamo, 2021; Wang et al., 2017، سرانه تولید ناخالص داخلی واقعی نماینده و نمودی (Proxy) برای وفور منبع‌ها و بر مبنای بررسی‌های Sheng & Guo,2019 و You & Lv, 2018 جمعیت و شهرنشینی به عنوان نمودی از جمعیت و ساختار جمعیت و شدت انرژی به پیروی از Chang et al.,2021 و Yang et al., 2018 به عنوان نماینده‌ای از فناوری در نظر گرفته شده است.

با توجه به اینکه مدل STIRPAT اجازه می‌دهد تا عامل‌های بیشتری بنا بر مبانی نظری به آن افزوده شود، بنا بر نتایج بررسی‌های Rahman et al.,2021 و Haini, 2021 سرمایه انسانی به مدل اضافه شد که بر مبنای مبانی نظری تأثیر ان به سطح توسعه وابسته است. همچنین عضویت در موافقتنامه پاریس نیز به عنوان یک متغیر مجازی در مدل وارد شده است. بنابراین مدل تجربی این پژوهش برای بررسی تاثیر آستانه‌ای سطح توسعه در اثرگذاری سرمایه انسانی بر انتشار دی اکسید کربن به صورت زیر است:

$$\begin{aligned} LCO2_{it} = \alpha_i &+ \beta_0 Lh_{it} I(LGDP_{it} < \gamma_1) \\ &+ \beta_1 Lh_{it} I(LGDP_{it} \geq \gamma_1) + \beta_2 LGDPP_{it} \\ &+ \beta_3 LEI_{it} + \beta_4 LUR_{it} + \beta_5 LPOP_{it} + \beta_6 Par \\ &+ u_i + \varepsilon_{it} \end{aligned} \qquad (۳)$$

که $LCO2_{it}$ لگاریتم دی‌اکسید کربن در کشور i در زمان t، Lh_{it} لگاریتم سرمایه انسانی کشور i در زمان t ، $LGDP_{it}$ لگاریتم تولید ناخالص داخلی واقعی در کشور i در زمان t، $LGDPP_{it}$ لگاریتم تولید ناخالص داخلی واقعی در کشور i در زمان t، LEI_{it} لگاریتم شدت مصرف انرژی کشور i در زمان t ، LUR_{it} لگاریتم شهرنشینی کشور i در زمان t ، $LPOP_{it}$ لگاریتم جمعیت کشور i در زمان t و PAR متغیر مجازی عضویت در موافقتنامه پاریس است که در سال‌های عضویت کشور عدد ۱ و در غیر این صورت عدد ۱ گرفته است. که در آن $I(.)$ تابع شاخص نشان‌دهنده مدل مشخص شده توسط متغیر آستانه توسعه اقتصادی است که در این بررسی لگاریتم طبیعی تولید ناخالص داخلی واقعی سرانه در نظر گرفته شده است.

منبع‌های داده‌های آماری برای برآورد الگو

داده‌های استفاده شده در این پژوهش مربوط به ۱۸ کشور آسیایی طی دوره هنگامی ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۹ است. علت انتخاب قاره آسیا برای بررسی این است که ۵۳٪ انتشار CO_2 در جهان مربوط به قاره آسیا است (www.globalcarbonatlas.org) و علت انتخاب ۱۸ کشور آسیایی که اسامی و رتبه آنها در انتشار دی اکسید کربن در جدول (۱) آورده شده است، این است که این ۱۸ کشور نزدیک به ۹۴ درصد انتشارهای دی اکسید کربن در اسیا و ۵۰ درصد انتشارهای دی اکسید کربن در جهان را دارند (ourworldindata.org/co2-emissions).

جدول(۱) اسامی کشورهای مورد پژوهش و رتبه انها در انتشار دی اکسید کربن در دنیا

Table (1) list of the studied countries and their rank in CO2 emissions in the world

رتبه Rank	کشور Country	رتبه Rank	کشور Country	رتبه Rank	کشور Country
27	ویتنام Vietnam	10	عربستان Saudi Arabia	1	چین China
30	عراق Iraq	16	ترکیه Turkey	3	هند India
31	امارت Emirate	21	قزاقستان Kazakhstan	5	ژاپن Japan
39	قطر Qatar	22	تایلند Thailand	6	ایران Iran
40	کویت Kuwait	25	مالزی Malaysia	8	اندونزی Indonesia
42	بنگلادش Bangladesh	26	پاکستان Pakistan	9	کره Korea

منبع: www.globalcarbonatlas.org

در این بررسی آمار تولید ناخالص داخلی سرانه به قیمت ثابت ۲۰۱۰، انتشار دی اکسید کربن سرانه، نرخ شهرنشینی و جمعیت از سایت بانک جهانی استخراج شده است. همچنین آمار میزان مصرف انرژی از سایت www.bp.com گرفته شده است که برای محاسبه شدت انرژی مصرف انرژی بر تولید ناخالص داخلی واقعی تقسیم شده است. آمار سرمایه انسانی از جدول جهانی پن نسخه ۱۰[1] استفاده شده است. آمار شاخص سرمایه انسانی ساخته شده در جدول پن بر مبنای میانگین سال‌های تحصیل که (Barro and Lee, 2013) مطرح کرده‌اند و همچنین نرخ بازدهی

[1] Penn World Table, version 10

تحصیلات که توسط Mincer بیان شده، ساخته شده است. جدول (۲) میانگین، انحراف معیار و بیشینه و کمینه متغیرهای مورد بررسی را نشان می دهد.

جدول (۲) میانگین، انحراف معیار، کمینه و بیشینه متغیرهای مورد بررسی

Table(2) Average, Standard Error, Minimum and Maximum Variables Studied

حداکثر Maximum	حداقل Minimum	انحراف معیار Standard Error	میانگین Average	تعداد مشاهدات Number of observations	متغیر Variable
4.00	1.32	0.54	2.41	450	لگاریتم انتشار دی اکسید کربن (LCO2) Logarithm of CO_2 emissions
4.84	2.66	0.61	3.83	450	لگاریتم تولید ناخالص داخلی سرانه (LGDPP) Logarithm of GDP per capita
30.07	24.16	1.31	26.60	450	لگاریتم تولید ناخالص داخلی (LGDP) Logarithm of GDP
2.01	-0.08	0.44	0.93	450	لگاریتم شدت مصرف انرژی (LEI) Logarithm of energy intensity
3.76	1.44	0.53	2.42	450	سرمایه انسانی (H) Human capital
2.00	1.33	0.18	1.75	450	لگاریتم شهرنشینی (LUR) Logarithm of urbanization
21.05	13.14	1.79	17.76	450	لگاریتم جمعیت (LPOP) Logarithm of population

منبع: یافته‌های تحقیق Source: The research findings

نتایج و بحث

روش برآورد در این پژوهش داده‌های تابلویی است. در اقتصادسنجی پیش از برآود مدل لازم است که مانایی متغیرها بررسی شود. برای استفاده از آزمون مانایی مناسب لازم است که استقلال مقطعی متغیرها بررسی شود تا بر مبنای اینکه داده‌ها وابستگی مقطعی دارند یا خیر آزمون مناسب انتخاب شود. در این پژوهش، از آزمون وابستگی مقطعی Pesaran (2021) استفاده شده، فرضیه صفر این آزمون استقلال مقطعی است. نتایج آزمون وابستگی مقطعی متغیرهای مورد استفاده در این پژوهش در جدول (۳) ارائه شده است.

جدول (۳) نتایج آزمون وابستگی مقطعی

Table (3) Cross-Sectional Dependence Test Results

متغیر Variable	میزان آماره آزمون پسران Pesaran t-statistics	احتمال Prob
LCO2	49.47	0.00
LGDPP	35.87	0.00
LGDP	59.71	0.00
LEI	10.20	0.00
H	55.29	0.00
LUR	58.18	0.00
LPOP	55.71	0.00

منبع: یافته‌های تحقیق با استفاده از نرم افزار استتا ۱۶ Source: The research findings using STATA 16

نتایج جدول (۳) نشان می‌دهد که در همه متغیرهای مورد بررسی وابستگی مقطعی وجود دارد. هرگاه وابستگی مقطعی در داده‌های تابلویی تأیید شود، دیگر نمی‌توان از آزمون‌های ریشه واحد که در آن استقلال مقطعی وجود ندارد مانند آزمون‌های Levin, Lin, and Chu، Im, Pesaran and Shin و Hadri و ... استفاده کرد (Hurlin & Mignon, 2007). زیرا با وجود مسئله وابستگی مقطعی متغیرها، احتمال تایید فرضیه ریشه واحد افزایش خواهد یافت. در شرایطی که وابستگی مقطعی وجود دارد، از آزمون ایستایی هادری و رائو (Hadri and Rao, 2008) که وابستگی مقطعی را در نظر می‌گیرد، استفاده می‌شود. برتری این آزمون در این است که افزون بر در نظر گرفتن وابستگی مقطعی، شکست ساختاری را هم در نظر می‌گیرد. فرضیه صفر در این آزمون ایستایی متغیرهای مورد آزمون است. نتایج آزمون ریشه واحد هادری و رائو در جدول (۴) آورده شده است.

جدول (۴) نتایج آزمون ریشه واحد رائو و هادری (۲۰۰۸)

Table (4) Results of Rao and Hadri (2008)

متغیر Variable	سطح‌های بحرانی در سطح‌های اطمینان مختلف Critical values at different confidence levels			احتمال Prob	آمارهHR HR statistics
	90 %	95%	99%		
LCO2	2.070	2.610	3.943	1.000	0.127
LGDPP	5.288	6.932	11.192	1.000	0.218
LGDP	4.059	5.304	8.586	1.000	0.193
LEI	4.116	5.756	11.069	1.000	0.171
H	1.796	2.271	3.442	1.000	0.091
LUR	4.970	6.195	9.146	0.999	0.342
LPOP	2.386	3.144	4.972	1.000	0.147

منبع: یافته‌های تحقیق با استفاده از نرم افزار گاوس ۱۰ Source: The research finding using Gauss 10

با توجه به نتایج جدول (۴) مقدارهای احتمال آزمون بالاتر از ۵ درصد است، بنابراین فرضیه صفر رد نمی‌شود و همه متغیرها مانا می‌باشد.

جدول (۵) نتایج برآورد اثر سرمایه انسانی را بر رشد اقتصادی بدون در نظر گرفتن اثر آستانه به روش اثرهای ثابت و تصادفی در ۱۸ کشور اسیایی طی سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۹ نشان می‌دهد.

جدول (۵) نتایج برآورد مدل تاثیر سرمایه انسانی بر انتشار دی اکسید کربن

Table (5) Results of the Impact of Human Capital on Carbon Dioxide Emissions

اثرهای تصادفی Random Effects	اثرهای ثابت Fixed Effects	متغیر Variable
0.734(0.000)	0.788(0.000)	LGDPP
0.384(0.000)	0.455(0.000)	LEI
0.030(0.121)	-0.0003(0.984)	H
0.367(0.005)	0.245(0.003)	LUR
0.506(0.000)	0.566(0.000)	LPOP
-0.023(0.000)	-0.0271(0.000)	PRA
-10.478(0.000)	-11.537(0.000)	Intercept
0.93	0.94	R^2 within group
0.86	0.82	R^2 between group
0.86	0.82	R^2 Total
	383.83(0.000)	F-Limer test
	34.81(0.000)	Husman test

منبع: یافته‌های تحقیق با استفاده از نرم افزار Stata16 Source: The research findings using STATA 16

بنا بر نتایج آزمون‌های F لیمر و هاسمن مدل برآورد شده با روش اثرهای ثابت مدل مناسب است. نتایج جدول (۵) نیز نشان می‌دهد تاثیر سرمایه انسانی بر انتشار دی اکسید کربن منفی و از نظر آماری معنادار نیست.

حال پرسشی مطرح است آیا تأثیر سرمایه انسانی بر انتشار دی اکسید کربن در کشورهای با سطح توسعه متفاوت یکسان است؟ برای پاسخ به این پرسش از مدل آستانه در داده‌های تابلویی استفاده شده است. در برآورد مدل‌ها آستانه‌ای در آغاز باید وجود میزان آستانه آزمون شود و آنگاه میزان آستانه متغیر مورد نظر (که در این بررسی لگاریتم تولید ناخالص داخلی نماینده سطح توسعه در نظر گرفته شده است) محاسبه شود در نهایت مدل آستانه برآورد شود.

برای این منظور، وجود میزان آستانه آزمون شده است[۱] و نتایج آن در جدول (۶) آمده است.

جدول (۶) آزمون معناداری وجود یک و دو میزان آستانه

Table (6) Significance Test for the Existence of One and Two Threshold Values

آستانه Threshold	آماره F F statistics	احتمال P-Value
یک آستانه One threshold	32.23	0.000
دو آستانه Two threshold	25.56	0.000

منبع: یافته‌های تحقیق با استفاده از نرم افزارStata16 Source: : The research findings using STATA16

بنا بر نتایج جدول (۶) فرضیه صفر نبود میزان آستانه در مقابل وجود دو میزان آستانه در سطح اهمیت ۱ درصد رد شده است. بنابراین دو میزان آستانه برای سطح توسعه وجود دارد که در جدول (۷) گزارش شده است که میزان آستانه اول برابر با ۲۷/۴۸۴ و میزان آستانه دوم سطح توسعه در سطح ۲۹/۳۲۸ است.

جدول (۷) میزان آستانه سطح توسعه

Table (7) The Value of the Level of Development Threshold

میزان آستانه Threshold Value	حد پایین Lower	حد بالا Higher
۲۷/۴۸۴	27.423	27.495
۲۹/۳۲۸	29.310	29.330

منبع: یافته‌های تحقیق با استفاده از نرم افزار Stata16 Source: The research findings using STATA 16

نتایج برآورد مدل آستانه با اثرهای ثابت در جدول (۸) آورده شده است.

جدول (۸) نتایج رگرسیون آستانه در برآورد اثر سرمایه انسانی بر انتشار دی اکسید کربن

Table (8) Threshold Regression Results in Estimating of the Effect of Human Capital on Carbon Dioxide Emissions

متغیر Variable	ضریب Coefficient	میزان آماره t t statistic	احتمال P-value
LGDPP	0.833	24.58	0.000
LEI	0.449	17.50	0.000
LUR	0.306	3.66	0.000
LPOP	0.562	31.92	0.000
PRA	-0.025	-4.32	0.000
H	-0.001	-0.07	0.944
$LGDP_{it} < 27.484$			

[۱۱] لازم به ذکر است وجود سه مقدار آستانه نیز مورد بررسی قرار گرفت که مقدار آماره F در حالت وجود سه مقدار آستانه ۷/۵۳ و مقدار احتمال (P-value) ۱/۰۰ است. بنابراین سه مقدار آستانه وجود ندارد.

ادامه جدول (۸) نتایج رگرسیون آستانه در برآورد اثر سرمایه انسانی بر انتشار دی اکسید کربن

Table (8) Threshold Regression Results in Estimating of the Effect of Human Capital on Carbon Dioxide Emissions .

احتمال P-value	میزان آماره t t statistic	ضریب Coefficient	متغیر Variable
0.092	-1.86	-0.017	H $27.484 \leq LGDP_{it} < 29.328$
0.043	-2.03	-0.04	H $LGDP_{it} \geq 29.328$
0.000	-32.25	-11.72	Intercept
	0.94		R^2 within group
	0.84		between group R^2
	0.84		R^2 Total

Source: The research findings using STATA 16 منبع: یافته‌های تحقیق با استفاده از نرم‌افزار Stata16

بنا بر نتایج جدول (۷) تأثیر لگاریتم تولید ناخالص داخلی واقعی سرانه که نمود وفور منبع‌ها در نظر گرفته شده است، مثبت و در سطح اهمیت ۱ درصد از نظر آماری معنادار می‌باشد. با افزایش ۱٪ تولید ناخالص داخلی، انتشارهای دی اکسید کربن ۰/۸۳ درصد افزایش می یابد. علت این امر این است که با افزایش تولید ناخالص داخلی استفاده از مصرف انرژی افزایش و این موجب افزایش انتشارهای دی اکسید کربن می شود. این نتیجه با نتیجه بررسی‌های Tenaw& Lambamo, 2021; Wang et al., 2017 همخوانی دارد. متغیر لگاریتم شدت انرژی که معکوس بهره‌وری انرژی است و نمود سطح فناوری است در کشورهای آسیایی تأثیر مثبت و معنادار در سطح ۱ درصد بر انتشار دی اکسید کربن دارد. به گونه‌ای که با افزایش ۱ درصد شدت مصرف انرژی (ناکارایی انرژی) انتشار دی اکسید کربن ۰/۴۹۹٪ افزایش می یابد. این نتیجه با نتایج بررسی‌های Yang et al., 2018 و Chang et al.,2021. سازگار است.

متغیر شهرنشینی اثر مثبت و معناداری بر انتشار دی اکسید کربن در کشورهای آسیایی دارند، به گونه‌ای که با افزایش ۱ درصد شهرنشینی ۰/۳۰۶ درصد انتشار دی اکسید کربن افزایش می‌یابد. سه نظریه در رابطه با تأثیر شهرنشینی بر انتشار دی اکسید کربن وجود دارد که عبارت‌اند از: شهر فشرده (Compact city)، انتقال محیط زیست شهری (Urban environmental transition) و مدرنیزه کردن زیست محیطی (Ecological modernization) وجود دارد (Burton, 2000). این نظریه (تئوری)ها گویای آن است که هنگامی شهرها در مرحله‌های میانی توسعه قرار دارند، بحران‌های زیست محیطی افزایش می‌یابد (Effiong, 2018). اثرگذاری جمعیت بر انتشار دی اکسید کربن مثبت و در سطح ۱ درصد معنادار است، به گونه ای که با افزایش یک

درصد جمعیت، ۰/۵۶۲ درصد انتشار دی اکسید کربن افزایش می‌یابد. اثر شهر نشینی و جمعیت سازگار با نتایج بررسی‌های Sheng & Guo,2019 و You & Lv, 2018 است.

بنا بر نتایج جدول (۷) ضریب متغیر سرمایه انسانی با شاخص سطح توسعه کمتر از ۲۷/۴۸۴، اثر معناداری بر انتشار دی اکسید کربن در کشورهای آسیایی نخواهد داشت. همچنین، چنانچه شاخص توسعه بین دو میزان ۲۷/۴۸۴ و ۲۹/۳۲۸ قرار گیرد سرمایه انسانی از نظر آماری در سطح اهمیت ۱۰ درصد تاثیر منفی بر کاهش انتشار دی اکسید کربن دارد. چنانچه شاخص سطح توسعه به بالاتر از سطح آستانه ۲۹/۳۲۸ افزایش یابد، تأثیر سرمایه انسانی در سطح اهمیت ۱ درصد منفی و معنادار بوده است. بنا بر نتایج، مشاهده می‌شود که با افزایش سطح توسعه، تاثیر سرمایه انسانی بر کاهش دی اکسید کربن افزایش می‌یابد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که تأثیر شایان توجهی از تحصیل برکاهش انتشار دی اکسید کربن تنها پس از آنکه اقتصاد از سطح آستانه‌ای از توسعه عبور می‌کند، می‌تواند تحقق یابد. بنابراین، این نتایج نشان می‌دهد که لازم است اقتصاد به سطح مشخصی از توسعه دست یابد تا توانایی بهره‌وری از سرمایه انسانی به‌صورت مؤثر را به‌دست آورد.

بنا بر نتایج جدول (۲)، میانگین تولیدناخالص واقعی در ۱۸ کشور آسیایی در سال ۲۰۱۹، ۲۷/۱۴۲ است که پایین تر از سطح آستانه اول (۲۷/۴۸۴) است، بنابراین افزایش سرمایه انسانی، تاثیری بر کاهش انتشار دی اکسید کربن ندارد. در جدول (۸) سطح توسعه اقتصادی در ۱۸ کشور آسیای طی در سال ۲۰۱۹ آورده شده است.

جدول (۹) سطح توسعه اقتصادی ۲۰۱۹ در کشورهای منتخب آسیایی

Table (9) level of economic development 2019 in selected Asian countries

کشور Country	سطح توسعه Development level	کشور Country	سطح توسعه Development level	کشور Country	سطح توسعه Development level
چین China	30.070	عربستان Saudi Arabia	27.279	ویتنام Vietnam	26.025
هند India	28.709	ترکیه Turkey	27.863	عراق Iraq	26.121
ژاپن Japan	29.453	قزاقستان Kazakhstan	26.085	امارت Emirate	26.726
ایران Iran	26.919	تایلند Thailand	26.839	قطر Qatar	25.911

ادامه جدول (۹) سطح توسعه اقتصادی ۲۰۱۹ در کشورهای منتخب آسیایی

Table (9) level of economic development 2019 in selected Asian countries

کشور Country	سطح توسعه Development level	کشور Country	سطح توسعه Development level	کشور Country	سطح توسعه Development level
اندونزی Indonesia	27.817	مالزی Malaysia	26.712	کویت Kuwait	25.647
کره Korea	28.024	پاکستان Pakistan	26.271	بنگلادش Bangladesh	26.070

منبع: یافته‌های تحقیق Source: The research findings

برابر آمار جدول (۹) سطح توسعه کشور چین و ژاپن بیشتر از آستانه ۲۹/۳۲۸ است و در این کشورها افزایش سرمایه انسانی بیشترین تاثیر را بر کاهش انتشار دی اکسید کربن دارد. سطح توسعه کشورهای هند، اندونزی،کره و ترکیه بین دو میزان آستانه ۲۷/۴۸۴ و ۲۹/۳۲۸ قرار دارد. که در این کشورها نیز افزایش سرمایه انسانی موجب کاهش انتشار دی اکسید کربن می شود اما برای اینکه سرمایه انسانی بتواند برکاهش سرمایه انسانی تاثیر بیشتری داشته باشد باید سطح توسعه این کشورها افزایش یابد. در کشورهای ایران، عربستان، قزاقستان، تایلند، مالزی، پاکستان، ویتنام، عراق، امارات، قطر، کویت و بنگلادش میزان توسعه کمتر از ۲۷/۴۸۴ است. بنا بر نتایج جدول (۸)، افرایش سرمایه انسانی چنانچه سطح توسعه کمتر از ۲۷/۴۸۴ باشد تأثیری بر کاهش انتشار دی اکسید کربن ندارد و برای تاثیرگذاری متغیر سرمایه انسانی بایستی سطح توسعه این کشورها به بالاتر از ۲۷/۴۸۴ افزایش یابد. بنابراین سیاستمداران در ایران و این کشورها برای اینکه بتوانند از سرمایه انسانی به عنوان محرک کاهش انتشار دی اکسید کربن بهره ببرند توصیه می شود که در آغاز باید بیشتر به افزایش سطح توسعه (تولیدناخالص داخلی واقعی) توجه داشته باشند.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این پژوهش به بررسی و ارزیابی تأثیر سرمایه انسانی بر انتشار دی اکسید کربن پرداخته شده است اما شکاف تحقیقاتی که وجود دارد این است که در بررسی‌های انجام شده، به تأثیر متفاوت سرمایه انسانی در سطح‌های مختلف توسعه اقتصادی توجه نشده است. لذا در این پژوهش، به بررسی تأثیر سطح‌های توسعه بر اثرگذاری سرمایه انسانی بر انتشار دی اکسید کربن در ۱۸ کشور آسیایی طی سال‌های ۲۰۱۹-۱۹۹۵ در چارچوب یک مدل آستانه که توسط هانسن مطرح شده،

پرداخته شده است. برای این منظور، دو سطح آستانه برای توسعه در نظر گرفته شده که نتایج به دست آمده از برآورد مدل آستانه نشان داد که سرمایه انسانی در سطح توسعه کمتر از ۲۷/۴۸۴ اثر معناداری بر کاهش انتشار دی اکسید کربن نداشته و چنانچه میزان سطح توسعه به بالاتر از ۲۷/۴۸۴ افزایش یابد، تأثیر مثبتی بر رشد اقتصادی خواهد داشت. بیشترین اثرگذاری سرمایه انسانی بر کاهش انتشار دی اکسید کربن هنگامی خواهد بود که میزان سطح توسعه از ۲۹/۳۲۸ بالاتر رود.

بنا بر نتایج، مشاهده می‌شود که تأثیر شایان توجهی از تحصیل برکاهش انتشار دی اکسید کربن تنها پس از آنکه اقتصاد از سطح آستانه‌ای از توسعه عبور می‌کند، می‌تواند تحقق یابد. بنابراین این نتایج نشان می‌دهد که لازم است اقتصاد به سطح مشخصی از توسعه دست یابد تا توانایی بهره‌وری از سرمایه انسانی به‌صورت مؤثر را به‌دست آورد. شایان یادآوری است که در بررسی‌های Bano et al (2018)، Mahmood et al (2019)، Li & Ouyang (2019)، Yao et al (2020)، Rahman et al (2021)، Khan et al (2021) ، Haini (2021) ، Joof & Isiksal (2021) و Lin et al (2021)

تنها به اثرگذاری سرمایه انسانی در کاهش انتشار کربن تأکید شده و در هیچیک از آنها به ارتباط سطح توسعه در اثرگذاری سرمایه انسانی بر انتشار کربن اشاره نشده است.

بنابراین، چنانچه سیاستگذاران در کشورهای مورد بررسی به دنبال افزایش تأثیرگذاری سرمایه انسانی بر کاهش انتشار دی اکسید کربن هستند، باید سطح توسعه در این کشورها افزایش داده شود تا سرمایه انسانی به بهترین شکل بهره‌برداری شود. ضمن اینکه باید در نظر داشته باشند که حرکت به توسعه و افزایش آن موجب رشد فرآیند صنعتی شدن، تمرکز صنایع در شهرها، روند شهرنشینی و مصرف سوخت‌های سنگواره‌ای (فسیلی) و آلودگی ناشی از آن می‌شود و لازم است به منظور حرکت در جهت توسعه پایدار و یا افزایش توسعه سیاست‌هایی که به حفاظت محیط زیست کمک می‌کند به طور جدی پیگیری شود. در این راستا ضرورت دارد اقدام‌هایی مانند افزایش قیمت انرژی، فرهنگ‌سازی در جهت صرفه‌جویی در مصرف انرژی و حرکت به سمت استفاده از فناوری‌های انرژی‌های پاک مورد توجه سیاستگذاران واقع شود.

منبع‌ها

Ahmed, Z., and Wang, Z. (2019) Investigating the Impact of Human Capital on the Ecological Footprint in India: An Empirical Analysis. *Environmental Science and Pollution Research*. Doi:10.1007/s11356-019-05911-7.

Asis A. and Carolin S. (2016) Does Income Growth Relocate Ecological Footprint. *Ecol Indicators*. 61:707-714.

Bano, S., Ahmad, A., Zhao, Y. and Wang, S. (2018) Identifying the Impacts of Human Capital on Carbon Emissions in Pakistan. *J cleaner Production. Elsevier BV*. 183: 1082-1092.

Blackman, A., & Kildegaard, A. (2010). Clean technological change in developing-country industrial clusters: Mexican leather tanning. *Environmental Economics and Policy Studies*, *12*(3), 115-132.

Burton, E. (2000) The Compact City: Just or Just Compact? A Preliminary Analysis. *Urban studies*, 37(11), 1969-2006.

Chang, K., Du, Z., Chen, G., Zhang, Y., & Sui, L. (2021). Panel estimation for the impact factors on carbon dioxide emissions: A new regional classification perspective in China. *Journal of Cleaner Production*, *279*, 123637.

Chen, H., Zhang, X., Wu, R., & Cai, T. (2020). Revisiting the environmental Kuznets curve for city-level CO2 emissions: based on corrected NPP-VIIRS nighttime light data in China. *Journal of Cleaner Production*, *268*, 121575.

Churchill, A. S., Inekwe, J., Smyth, R., and Zhang, X. (2019). R&D Intensity and Carbon Emissions in the G7: 1870–2014. *Energy Economics*, 80: 30-37.

Costantini, V. and Monni, S. (2008) Environment, Human Development and Economic Growth. *Ecological Economics*, 64(4), 867-880.

Dehghan Shabani, Z., Jamshidi , N. and Zehtab, M. (2019) The Effect of Development Threshold in the effect of Human Capital on the Economic Growth in Iran. *Quarterly Journal of Economic Strategy*, 8(28): 147-173. (In Farsi)

Dietz, T., & Rosa, E. A. (1997). "Effects of population and affluence on CO2 emissions", *Proceedings of the National Academy of Sciences, No. 94(1), pp.175-179.*

Effiong, E. L. (2018) On the Urbanization Pollution Nexus in Africa: a Semiparametric Analysis. *Quality & Quantity*, 52(1), 445-456

Ehrlich, P. R., & Holdren, J. P. (1971). Impact of population growth. *Science*, *171*(3977), 1212-1217.

Grossman, G. M., and Krueger, A. B. (1995) Economic growth and the environment. *The Quarterly Journal of Economics*, *110*(2), 353-377.

Hadri, K. and Rao, Y. (2008) Panel Stationarity Test with Structural Breaks. *Oxf Bull Econ Stat*, 70(2):245–269

Hansen, B. E. (1999). Threshold effects in non-dynamic panels: Estimation, testing, and inference. *Journal of econometrics*, *93*(2), 345-368.

Haini, H. (2021). Examining the impact of ICT, human capital and carbon emissions: Evidence from the ASEAN economies. *International Economics*, *166*, 116-125.

Hurlin, C., & Mignon, V. (2007). Second generation panel unit root tests.

Im, KS., Pesaran, MH. and Shin, Y. (2003) Testing for Unit Roots in Heterogeneous Panels. J Econ, 115(1):53–74

Joof, F., & Isiksal, A. Z. (2021). Do Human Capital and Export Diversification Decline or Augment CO $ _ {2} $ Emissions? Empirical Evidence from the MINT Countries. *Journal of Environmental Accounting and Management*, *9*(02), 111-125.

Khan, Z., Ali, S., Dong, K., & Li, R. Y. M. (2021). How does fiscal decentralization affect CO2 emissions? The roles of institutions and human capital. *Energy Economics*, *94*, 105060.

Lan, J. and Munro, A. (2013). Environmental compliance and human capital: Evidence from Chinese industrial firms. *Resource and Energy Economics,* 35(4): 534-557.

Li, K., & Lin, B. (2015). "Impacts of urbanization and industrialization on energy consumption/CO2 emissions: does the level of development matter?", *Renewable and Sustainable Energy Reviews, No.52, pp. 1107-1122.*

Li, P., & Ouyang, Y. (2019). The dynamic impacts of financial development and human capital on CO2 emission intensity in China: an ARDL approach. *Journal of Business Economics and Management*, *20*(5), 939-957.

Lin, X., Zhao, Y., Ahmad, M., Ahmed, Z., Rjoub, H., & Adebayo, T. S. (2021). Linking innovative human capital, economic growth, and CO2 emissions: an empirical study based on Chinese provincial panel data. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *18*(16), 8503.

Levin, A., Lin, CF. and Chu, C. (2002) Unit Root Tests in Panel Data: asymptotic and finite-sample properties. J Econ, 108: 1–24

Mahmood, N., Wang, Z., & Hassan, S. T. (2019). Renewable energy, economic growth, human capital, and CO 2 emission: an empirical analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, *26*(20), 20619-20630.

Pesaran, M. H. (2021). General diagnostic tests for cross-sectional dependence in panels. *Empirical Economics*, *60*, 13-50.

Rahman, M. M., Nepal, R., & Alam, K. (2021). Impacts of human capital, exports, economic growth and energy consumption on CO2 emissions of a cross-sectionally dependent panel: Evidence from the newly industrialized countries (NICs). *Environmental Science & Policy*, *121*, 24-36.

Romer, P. M. (1990) Endogenous technological change. *Journal of Political Economy,* 98(5): S71-S102

Saleem, N., Rahman, SU. and Jun, Z. (2019) The Impact of Human Capital and Biocapacity on Environment: Environmental Quality Measure through Ecological Footprint and Greenhouse Gases. *Journal of Pollution Effects & Control*, 7:237. doi: 10.35248/2375-4397.19.7.237.

Salim, R., Yao, Y., and Chen, G. S. (2017) Does human capital matter for energy consumption in China? *Energy Economics,* 67: 49-59.

Sheng, P., & Guo, X. (2016). The long-run and short-run impacts of urbanization on carbon dioxide emissions. *Economic Modelling*, *53*, 208-215.

Shahbazi, M., Daqiqi Asl, A. and Mohammadi, T. (2014) Investigating the Impact of Human Capital on the Environment (Case Study of APEC Countries and Africa). *International and Online Conference on Green Economy*. (In Persian)

Shahnazi, R., & Shabani, Z. D. (2021). The effects of renewable energy, spatial spillover of CO2 emissions and economic freedom on CO2 emissions in the EU. *Renewable Energy*, *169*, 293-307.

Tenaw, D., & Lambamo, A. (2021). Carbon decoupling and economic growth in Africa: Evidence from production and consumption-based carbon emissions. *Resources, Environment and Sustainability*, 100040.

Wang, S., Liu, X., Zhou, C., Hu, J., & Ou, J. (2017). Examining the impacts of socioeconomic factors, urban form, and transportation networks on CO2 emissions in China's megacities. *Applied energy*, *185*, 189-200.

Wang, J., & Xu, Y. (2021). Internet Usage, Human Capital and CO2 Emissions: A Global Perspective. *Sustainability*, *13*(15), 8268.

Yang, L., Xia, H., Zhang, X., & Yuan, S. (2018). What matters for carbon emissions in regional sectors? A China study of extended STIRPAT model. *Journal of Cleaner Production*, *180*, 595-602.

Yao, Y., Ivanovski, K., Inekwe, J. and Smyth, R. (2020) Human Capital and CO2 Emissions in the Long Run. *Energy Economics*, https://doi.org/10.1016/j.eneco.104907.

You, W., & Lv, Z. (2018). Spillover effects of economic globalization on CO2 emissions: a spatial panel approach. *Energy Economics*, *73*, 248-257.

Zuo, N., Schieffer, J., and Buck, S. (2019). The effect of the oil and gas boom on schooling decisions in the U.S. *Resource and Energy Economics*, *55*, 1-23.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

Doi: 10.22034/IAES.2021.538437.1861

Agricultural Economics/Volume 15/Issue 4/1400

The effect of Development Levels on the Impact of Human Capital on CO2 Emissions in Selected Asian Countries

Zahra Dehghan Shabani **10,** ***Neda Jamshidi*****11 ,** ***Mohammad Zehtab*****12**

Received: 7 Sept.2021 **Accepted:29 Oct.2021**

Extended Abstract

Introduction

Carbon dioxide (CO2) is a major component of the ecosystem, but its high concentration, along with the emission of other greenhouse gases, causes global warming, climate change, and environmental degradation. For this reason, the reduction of carbon dioxide emissions has been considered in recent decades. One of the factors that affect CO2 emissions is human capital, the effectiveness of human capital in reducing CO2 emissions depends on the level of development of countries.

Materials and Method

This study has investigated the threshold effect of development on the impact of human capital on CO2 emissions in 18 Asian countries during the years 1995-2019 using panel threshold regression model.

Results and discussion

The results show that two threshold levels for development should be considered. human capital at the level of development less than 27.48 has no significant effect on reducing CO2 emissions. If the level of development is between 27.48 and 29.32, human capital will reduce CO2 emissions. The greatest impact of human capital on reducing carbon dioxide emissions will be when the level of development exceeds 29.32.

Suggestion

If policymakers seek to increase the impact of human capital on carbon dioxide emissions, they must increase the level of development in these countries in order to make the best use of human capital.

JEL Classification: C33, J24, O47, Q53.

Keywords: Human capital, CO2 emissions, Panel threshold model, Asia.

1 Respectively:Associate Professor, PhD candidates Shiraz University

Email: zdehghan@shirazu.ac.ir