

## بررسی اثر صنعتی شدن و شهرنشینی بر مصرف انرژی با استفاده از رگرسیون آستانه‌ای

سحر قاسمی<sup>۱</sup>؛ احمد سلطانی ذوقی<sup>۲\*</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه اقتصاد انرژی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

۲- دانشجوی دکتری اقتصاد منابع طبیعی و محیط زیست، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

(تاریخ دریافت ۱۴/۰۶/۰۰-تاریخ پذیرش ۰۶/۱۰/۰۰)

### چکیده:

مصرف سوخت‌های فسیلی و انتشار گازهای گلخانه‌ای، پیامدهای مختلف زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی را به دنبال دارد. نرخ شهرنشینی و رشد صنایع در کشورهای در حال توسعه، از آغاز قرن ۲۱ رشد چشمگیری داشته و مصرف بالای سوخت‌های فسیلی و انتشار گازهای گلخانه‌ای را افزایش داده است. در این مطالعه عوامل مؤثر بر مصرف انرژی در دوره زمانی ۱۹۶۹ تا ۲۰۱۷ و با استفاده از مدل رگرسیون آستانه‌ای به اجرا درآمد. متغیر نرخ رشد شهرنشینی به‌عنوان شاخصی از مهاجرت و نسبت ارزش افزوده بخش صنعت به تولید ناخالص داخلی کل به‌عنوان شاخصی از صنعتی شدن متغیرهای آستانه‌ای استفاده شدند. اثرات عوامل مختلف بر مصرف انرژی در آستانه‌های این دو متغیر، برآورد شد. نتایج آزمون، وجود دو آستانه برای هر یک از متغیرهای آستانه‌ای را تأیید نمود که در متغیر نرخ رشد شهرنشینی، مقادیر آستانه‌ای برابر ۰/۹۴۰ و ۱/۴۱۶ درصد به‌دست آمد و برای متغیر نرخ صنعتی شدن این مقادیر آستانه‌ای برابر ۳/۶۸۷ و ۳/۸۰۸ درصد محاسبه شد. نتایج نشان داد که نرخ رشد شهرنشینی و جمعیت شهری، به ترتیب اثرات منفی و مثبت بر مصرف انرژی دارند. همچنین در شرایطی که رشد شهرنشینی و صنعتی شدن دامنه‌های میانه را طی می‌کنند، پدیده‌های اجتماعی و اقتصادی نظیر مهاجرت و تمرکز سیستم‌های مالی، اداری و اعتباری موجب تشدید اثرات این عوامل را به دنبال خواهد داشت. با افزایش مصرف انرژی ناشی از دو عامل فوق می‌توان انتظار داشت، افزایش تولید ناخالص داخلی به‌عنوان شاخصی اساسی از توسعه اقتصادی حاصل گردد.

**کلید واژگان:** انرژی، توسعه، شهرنشینی، رگرسیون آستانه‌ای، صنعتی شدن

## ۱. مقدمه

تولید برق از منابع انرژی‌های تجدیدپذیر در کنار استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر در حمل و نقل نیز در غالب کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه تا سال ۲۰۳۰ افزایش یابد (He, 2014). با این وجود در سال‌های اخیر کشورهای در حال توسعه نرخ رشد جایگزینی انرژی پایینی را نسبت به پیش‌بینی‌های کارشناسان حوزه انرژی را تجربه می‌کنند (WorldBank, 2010). کشورهای در حال توسعه در دوران طلایی توسعه اقتصادی به‌علت دسترسی به منابع طبیعی، توسعه تکنولوژی‌ها و در اختیار داشتن نیروی کار فراوان قرار دارند. این کشورها شرایطی را تجربه می‌کنند که اقتصادهای توسعه‌یافته در زمان انقلاب صنعتی گذرانده‌اند به همین دلیل، سهم این کشورها در مصرف انرژی به‌شدت در حال افزایش است (Mirza-hosseini, 2014).

برنامه توسعه سازمان ملل متحد در رسیدن به سطح معین مصرف انرژی تا سال ۲۰۲۰ و کاهش تولید انرژی از منابع فسیلی از سطح ۱۹۹۰ تاکید دارد (Hamidi Razi and Afshari, 2018). در حالی که با توجه به شرایط اقتصادی مختلف در هر کشور، در سطوح و شدت انرژی تفاوت‌های بزرگی وجود دارد، مصرف انرژی در ایالات متحده، ۲۷ سال پس از اتحادیه اروپا به حداکثر خود رسید که نشان از اهمیت ویژگی‌های کشورهای در مدیریت انرژی‌ها دارد (He, 2014; Chai and Xu, 2015). برخی گروه‌ها از کشورهای جهان مانند G20 شدت مصرف بالاتری از انرژی‌ها را تجربه می‌کنند (Luo et al., 2017). مصرف انرژی پس از رشد صنعت و شهرنشینی شدت یافته است، شهرنشینی با تأثیر بر تولید قادر است تا بر مصرف انرژی تأثیر بگذارد (Han et al., 2021). انتظار می‌رود صنعتی‌شدن و شهرنشینی تأثیر خاصی

مطالعات نشان می‌دهد که از سال ۱۹۰۱ تا ۲۰۱۸ سطح آب دریاها بین ۱۵ تا ۲۵ سانتی‌متر افزایش داشته است. مدل‌سازی‌ها نیز افزایش دمای کره زمین و ارتفاع سطح دریا تا سال ۲۱۰۰ به علت تغییرات آب و هوایی به میزان ۱/۵ تا ۵ درجه سانتی‌گراد و ۳۴/۰ تا ۱۰۵ سانتی‌متر را بیان می‌دارند (IPCC, 2021). با توجه به نگرانی‌ها در مورد تغییرات آب و هوایی، محدودیت‌های موجود در تولید نفت در آینده و مسائل مربوط به امنیت انرژی (کاهش شدت انرژی) اغلب به‌عنوان راهی برای حداقل بخشی از این تأثیرات پیشنهاد می‌شود (Majeed and Tauqir, 2020). جهت مقابله با گرم شدن کره زمین و بحران‌های محیط زیست، سیاست‌ها و کنوانسیون‌های مختلفی در جهان تشکیل شده است، که غالباً افزایش استفاده از انرژی‌های پاک در جهان را به عنوان راهکار مقابله‌ای با این پدیده پیشنهاد کرده‌اند (Dong et al., 2018) چرا که اثر گلخانه‌ای حاصل از تجمع طولانی مدت گازهای گلخانه‌ای ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی به‌ویژه پس از انقلاب صنعتی، گسترش یافته است (Gosseries, 2004). پس از انقلاب صنعتی و رشد فعالیت‌های صنعتی، نخستین عامل بازدارنده در چارچوب منابع تجدیدناپذیر در بحران نفت ۱۹۷۳ مشاهده شد که به کاهش تولید در کشورهای توسعه‌یافته منجر شد و توجه کشورهای توسعه‌یافته را به منابع انرژی‌های جایگزین سوخت‌های فسیلی، فن‌آوری‌های صرفه‌جویی و بهبود بهره‌وری انرژی جلب نمود (Torabi et al., 2015). با پیشرفت اجتماعی، اقتصادی و فرهنگی در کشورهای توسعه یافته و کاهش نرخ‌رشد جمعیت، پیش‌بینی می‌شود، سطح

Wang *et al.*, ) موتوری نیز مشاهده شده است (2015).

صنعت، عاملی مهم و نیرومحرکه اصلی توسعه در بسیاری از کشورهای جهان به شمار می‌رود (Alizadeh and *et al.*, 2014). با توسعه اقتصادی، جامعه کشاورزی به جامعه صنعتی تبدیل می‌شود و سطح تولید به‌عنوان مهمترین فاکتور نیز افزایش می‌یابد، بنابراین، بین صنعتی‌شدن و مصرف انرژی، همبستگی مثبت وجود دارد (Xang and Cheng, 2009). با این حال، هر چه اقتصاد بیشتر توسعه می‌یابد، تولید داخلی و به دنبال آن هزینه‌های انرژی افزایش می‌یابد، در مقابل بازده سرمایه و هزینه کنترل مصرف انرژی کاهش می‌یابد در نتیجه صنعتی‌شدن نیز یک رابطه U شکل معکوس با مصرف انرژی را نشان می‌دهد (Shahbaz *et al.*, 2017). از دید بسیاری از کارشناسان، یکی از مهمترین عوامل مؤثر بر سطح مصرف انرژی، سطح تولید ناخالص داخلی کشور است. (Le *et al.*, 2016). با این حال در باره نقش و تأثیر صنعتی‌شدن در مصرف انرژی در مراحل مختلف توسعه اقتصادی به‌وضوح اختلاف نظر وجود دارد (Rabinsson *et al.*, 1986).

قبل از سال ۱۹۷۹، در میزان مصرف انرژی کل و سرانه تحت تأثیر بحران نفت در دهه ۱۹۷۰ نوسان بیشتری مشاهده می‌شود. در این دوره با افزایش قیمت نفت، کشورها به کاهش مصرف انرژی اقدام، و تکنیک‌های تولید با مصرف بهینه انرژی اجرا گردید. با این حال با رشد جمعیت موجب افزایش تقاضای طبیعی برای فرآورده‌های نفتی در جهان گردیده است. در ایران نرخ صنعتی‌شدن به‌طور متوسط همواره کمتر از ۳۰ درصد بوده، در حالی که جمعیت

بر مصرف انرژی داشته باشند و صنعتی‌شدن اصطلاحی است که معمولاً به افزایش فعالیت صنعتی اشاره دارد که اکثر کارشناسان بر این باورند که صنعتی‌شدن منجر به مصرف انرژی بیشتر می‌شود، زیرا تولید با ارزش افزوده بالاتر نسبت به کشاورزی سنتی یا تولید پایه انرژی بیشتری مصرف می‌کند، با این وجود روند این اثرگذاری و دوره‌های مختلف آن همچنان تحت بررسی بسیاری از کارشناسان قرار دارد. بسیاری از محققان رابطه بین شهرنشینی و مصرف انرژی را با استفاده از مدل‌های مختلف بررسی کرده اند (Tammizi, 2017; Zheng *et al.*, 2021). در بسیاری از مطالعات کارشناسان و محققین تأثیر ساختار جمعیت بر مصرف انرژی را نادیده می‌گیرند، با این حال تغییرات ساختاری در شهرنشینی اثر بیشتری بر مصرف انرژی دارد (He, 2014). جابجایی جمعیت روستایی به شهرها، با افزایش تقاضا برای مسکن و زیرساخت عمومی، سوخت‌های فسیلی نیز با افزایش همراه بوده و افزایش شدیدی در انرژی ایجاد می‌شود. از دید بسیاری از کارشناسان، بین مصرف انرژی و شهرنشینی یک رابطه مثبت وجود دارد (Yourk *et al.*, 2003; Xu and Lin, 2017). هر چند مقیاس شهرنشینی خود عاملی است که می‌تواند اثر کاهنده بر سرانه مصرف انرژی داشته باشد (Barla *et al.*, 2011). در شکل ۱، متغیرهای درصد شهرنشینی، نسبت ارزش افزوده صنعت به GDP و صنعتی‌شدن مشاهده می‌شود. در برخی بررسی‌ها، اثر آستانه‌ای تراکم جمعیت و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (FDI) بر مصرف انرژی تأکید شده است (Zhou and Zhang, 2013). در شهرنشینی اثری U شکل به‌علاوه جابجایی جمعیتی و استفاده از وسایل نقلیه

شهری ایران بیش از ۷۰٪ می‌باشد. نسبت صنایع سنگین در اقتصاد ایران، که عامل اساسی میزان مصرف فرآورده های نفتی است هر چند بدون در نظر گرفتن صنایع نفتی، سطح صنایع از رشد مناسبی برخوردار نبوده و نقش کم‌رنگی در توسعه اقتصاد کشور بر عهده داشته است.

هدف اصلی این مطالعه، بررسی رابطه بین مصرف انرژی در سطوح مختلفی از شهرنشینی و صنعتی شدن در کشور، در سال‌های ۱۹۶۹ تا سال ۲۰۱۷ است. به عبارتی دیگر این مطالعه در تلاش است که در رژیم‌های مختلف متغیرهای شهرنشینی و صنعتی شدن متغیرهای آستانه مورد پژوهش روند اثرگذاری هر متغیر به چه شکلی است و چگونه بر مصرف کل انرژی که مجموعه‌ای است از انرژی‌های تجدیدناپذیر و منابع انرژی تجدیدپذیر تأثیر خواهد گذاشت، را مشخص کند. در این بررسی شدت مصرف انرژی متغیر وابسته در نظر گرفته شده است. نرخ صنعتی شدن، نسبت ارزش افزوده صنعت به تولید ناخالص داخلی و نرخ رشد شهرنشینی نسبت جمعیت شهری به کل جمعیت است. برای مطالعه، از داده‌های بانک جهانی در دوره ۱۹۶۹ تا ۲۰۱۷ بهره گرفته شده است.

## ۲. مواد و روش‌ها

مدل‌های آستانه‌ای (TR)<sup>۱</sup> در سالیان اخیر از مهمترین کانون‌های توجه در مباحث اقتصادسنجی محسوب می‌گردد که انعطاف‌پذیری زیادی در دامنه‌ها و رژیم‌ها نشان می‌دهند. به طور کلی ساده نمودن دامنه داده‌ها و و شناسایی رفتار غیر خطی متغیرها، امری بسیار پیچیده و مشکل می‌باشد که با استفاده از مدل‌های آستانه این امر ممکن خواهد بود (Stteler, )

Tong and Lim (2015). مدل آستانه ابتدا توسط (1980) پیشنهاد شده است. مدل‌های اتورگرسیون آستانه‌ای (TAR<sup>۲</sup>) دسته‌ای از مدل‌های اتورگرسیون غیر خطی هستند. این مدل‌ها کمک می‌کنند تا سیستم‌های پیچیده اقتصاد به مجموعه‌ای از سیستم‌های ساده و جزئی تقسیم شود. بر خلاف مدل مارکوف که متغیر وضعیت نامعلوم و غیرقابل مشاهده است در مدل‌های آستانه‌ای فرض می‌شود که متغیر وضعیت مردم و قابل مشاهده باشد. تعیین تعداد آستانه‌ها از اهمیت ویژه‌ای در مدل‌های آستانه‌ای برخوردار است. تعداد آستانه‌ها همواره برابر با تعداد وضعیت‌ها یا رژیم‌ها منتهای یک می‌باشد. هر چند در برخی مطالعات فاصله دیفرانسیلی و نقطه تفکیک نمونه به طور خودسرانه انتخاب می‌شوند و اعتبار آن بر اساس این روش برآورد نشده است. دوم، رویکرد دیگری از تجزیه و تحلیل آستانه، روش ارزیابی درخت است و نمی‌تواند تئوری توزیع مربوطه را برای آزمون اهمیت آماری مقادیر آستانه فراهم کند (Ram, 1986). Hansen (1996)، یک روش سنجش رگرسیون آستانه جدیدی را ایجاد می‌کند که ارائه معادله غیر خطی الزامی نبوده و توزیع عددی را برای ایجاد فواصل اطمینان در برآورد پارامترها فراهم می‌کند. در این مطالعه از مدل آستانه برای کشف مکانیزم تعامل بین مصرف انرژی و عوامل مؤثر در یک چارچوب غیرخطی از طریق یک مکانیزم گروه‌بندی داده‌ها استفاده می‌شود. مطالعات اندکی بر تجزیه و تحلیل دامنه عوامل مؤثر بر مصرف انرژی تاکید دارند (He, 2014).

در این مطالعه، بر ویژگی‌های تأثیر شهرنشینی و صنعتی شدن بر مصرف انرژی در هر مرحله تأکید

<sup>2</sup>Transition Autoregressive

<sup>1</sup>Threshold Regression

متغیر آستانه‌ای مورد نظر متغیر  $q_t$  باشد، در این حالت آستانه‌های به‌دست آمده در این مدل با توجه به  $m$  آستانه‌ای که وجود دارد، مقادیری از  $q_t$  که در دامنه‌ی مقادیر آستانه‌ای قرار گرفته است.  $\gamma_1 < \gamma_2 \dots < \gamma_m$  آستانه‌های متغیر آستانه‌ای هستند که در نتیجه‌ی آن  $M+1$  رژیم مختلف به‌دست خواهد آمد (EViews User Guide, 2011; Meyers, 2011; Stteler, 2015).

اگر فرض شود که مدل دارای یک سطح آستانه‌ای باشد، در نتیجه مدل با رژیم مختلف مواجه خواهد بود که در دامنه  $\gamma_1 < q_t < \gamma_2$  و  $\gamma_1 < q_t < \gamma_2$  قرار خواهد گرفت، به‌عبارت دیگر به ازای هر مقدار آستانه‌ای از متغیر  $q_t$ ، دو رژیم برای آن وجود دارد، یک رژیم در مقادیر پایین‌تر از مقدار آستانه و رژیم دیگر در مقادیر بالاتر از مقدار آستانه‌ای وجود خواهد داشت. در حالت مورد اشاره ۱ مقدار آستانه مشخص شده است، ۲ رژیم وجود خواهد داشت که به‌صورت مدل‌های (۲) و (۳) نمایش داده شده‌اند (EViews User Guide, 2017):

(۲)

$$y_t = X_t' \beta + Z_t' \delta_1 + \epsilon_t \quad - = < q_t < \gamma_1$$

(۳)

$$y_t = X_t' \beta + Z_t' \delta_2 + \epsilon_t \quad \gamma_1 < q_t < \gamma_2$$

زیر اندیس‌های  $\delta_1$  در رژیم‌های به‌دست آمده در مدل آستانه‌ای نمایش رژیمی است که از متغیر آستانه‌ای در آن قرار دارد و در دامنه‌ای از آستانه‌های متغیر آستانه‌ای را شامل می‌شود. زمانی که متغیر آستانه‌ای در رژیم  $j$  قرار دارد برای نمایش این رژیم از عبارت  $1_j(q_t, \gamma) = 1(\gamma_j < q_t < \gamma_{j+1})$  که  $\gamma$  آستانه،  $q_t$  متغیر آستانه خواهد بود و رژیم به‌دست آمده مقادیری از  $q_t$  است که در دامنه  $\gamma_j - \gamma_{j+1}$  قرار دارد. به‌عبارت دیگر مدل TAR در زمانی که دو

شده است. بنابراین، مدل آستانه پیشنهاد شده، انتخاب شده است. بر اساس مطالعات پیشین برای بررسی مصرف انرژی، صنعتی‌شدن، نرخ‌رشد بخش صنعت، انرژی‌های جایگزین، تولید ناخالص داخلی سرانه، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، نرخ شهرنشینی، خالص انرژی وارداتی و نرخ‌رشد شهرنشینی به‌عنوان متغیر انتخاب شده‌اند. با توجه به تأثیر ناسازگاری روی اثربخشی، لگاریتم متغیرها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

مدل رگرسیون آستانه (TR) یک فرم ساده رگرسیون غیر خطی از مدل‌های پیشرفته را بیان می‌کند و اساس آن بر شناسایی تغییر رژیم زمانی و مشخصات خطی رژیم‌های به‌دست آمده است، هر رژیم حاصل عبور متغیر مورد نظر در رگرسیون از مقدار آستانه‌ای است (Liu and Wang, 2009) قابلیت تفسیر و بیان نمودن ساده‌ی مدل از مهمترین ویژگی‌هایی است که باعث شده مدل رگرسیون آستانه‌ای مورد استقبال کارشناسان و تحلیل‌گران قرار گیرد (Meyers, 2011; EViews User Guide, 2017).

از میان شکل‌های مختلف مدل‌های آستانه‌ای، مدل‌های TAR<sup>۳</sup> و مدل SETAR<sup>۴</sup> شناخته شده هستند. مدل پایه‌ای برای TAR با  $T$  مشاهده و  $m$  متغیر آستانه‌ای که  $M+1$  رژیم را در مدل ایجاد خواهد کرد. برای  $m$  آستانه‌ای در دسترس را می‌توان به صورت معادله‌ی (۱) نوشت:

$$y_t = X_t' \beta + Z_t' \delta_j + \epsilon_t$$

در مدل (۱)  $X$  ها متغیرهایی را شامل می‌شود که در رژیم‌های مختلف ثابت هستند و متغیرهای  $Z$  را متغیرهایی تشکیل می‌دهند که در رژیم‌های مختلف دارای ضرائب منحصر به‌فرد می‌باشند. فرض کنید که

<sup>3</sup>Autoregression Threshold

<sup>4</sup>Self-Exciting Autoregression Threshold

جمله روش‌های تعیین متغیر آستانه‌ای مورد نظر تکیه بر اطلاعات حاصل از جهان واقع و تکیه بر تئوری‌های اقتصادی است و از سوی دیگر می‌توان با برآوردهای پی در پی به دنبال متغیری بود که بیشترین هماهنگی با تفاسیر تئوریک را داشته باشد. برآوردهای پی در پی در این مطالعه منجر به انتخاب دو متغیر نرخ رشد شهرنشینی و صنعتی‌شدن به‌عنوان متغیرهای آستانه‌ای گردید. فرم مورد استفاده در این مطالعه بر اساس مطالعات پیشین (Dong et al., 2019; Zi et al., 2016) به‌صورت رابطه‌ی (۸) و (۹) می‌باشد.

در این مطالعه از متغیرهای دیگری نیز در جهت مدل‌سازی بهتر از جهان واقع نیز استفاده شد که شامل مصرف انرژی کل (IENERGY)<sup>۵</sup>، شاخص صنعتی‌شدن به‌صورت درصد ارزش افزوده بخش صنعت به تولید ناخالص کل (lindust)<sup>۶</sup>، نرخ رشد بخش صنعت (ind\_gro)<sup>۷</sup>، انرژی‌های جایگزین شامل انرژی‌های نو و هسته‌ای (alter)<sup>۸</sup>، تولید ناخالص داخلی سرانه به‌عنوان شاخصی از توسعه اقتصادی (lgdp)<sup>۹</sup>، خالص سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و شاخصی از باز بودن اقتصاد (lfdi)<sup>۱۰</sup> نرخ شهرنشینی (lurban)<sup>۱۱</sup>، نرخ رشد شهرنشینی (LUG)<sup>۱۲</sup> و خالص انرژی وارداتی کشور (lnet)<sup>۱۳</sup> می‌باشد. داده‌های این مطالعه با مراجعه به منابع اطلاعاتی بانک جهانی و تکمیل دادها بر اساس گزارش مرکز آمار کشور گردآوری شد.

آستانه در مدل شناسایی شود به‌صورت یک مدل ترکیبی شامل معادلات (۱) و (۲) خواهد بود، در کنار یکدیگر قرار گرفتن این معادلات باعث می‌شود تا سیستم معادلاتی (معادله ۵) مورد استفاده قرار گیرد (Meyers, 2011; EViews User Guide, 2017; Stteler, 2015):

(۵)

$$Y_t = \begin{cases} X_t'\beta + Z_t'\delta_1 + \epsilon_t & - = < q_t < \gamma_1 \\ X_t'\beta + Z_t'\delta_2 + \epsilon_t & \gamma_1 < q_t < + = \end{cases}$$

به‌طور کلی مدل Tar برای حالتی که بیش از ۲ وضعیت و بیش از یک وقفه وجود داشته باشد از مدل (۶) استفاده می‌نماید و تمام وضعیت‌های ممکن بر اساس متغیرهای وضعیت و آستانه‌ای تعیین گردد. حال اگر تعداد  $1+m$  رژیم منحصر بفرد در نظر گرفته شود خواهیم داشت:

(۶)

$$y_t = X_t'\beta + \sum_{j=1}^m 1_j(q_t, \gamma) \cdot Z_t'\delta_j + \epsilon_t$$

که در آن  $I_t^{(j)}$  یک شاخص برای وضعیت  $j$  ام است که طی آن  $Y$  در وضعیت  $j$  باشد. برابر ۱ و برای سایر حالات صفر خواهد بود که شرط آستانه اول را تعیین خواهد نمود.  $u_t^{(j)}$  متغیری تصادفی با میانگین صفر و واریانس ثابت خواهد بود.  $Z_{t-j}$  متغیر تعیین وضعیت در مدل خواهد بود و مقادیر  $r_j$  نیز آستانه‌های مورد مطالعه در مدل را نمایش می‌دهند (EViews User Guide, 2017). به‌راحتی می‌توان مدل را به صورت معادله (۷) و به شکلی ساده‌تر بیان نمود:

(۷)

$$y_t = Z_t'(\tau)\delta + \epsilon_t$$

که در آن  $Z_t'(\tau) = (Z_t' \cdot I_{(\tau, \infty)}(Z_t')X_t')$  است (Meyers, 2011; Kerenovich et al., 2018) از

<sup>5</sup>Energy Consumption

<sup>6</sup>Industrialization

<sup>7</sup>Industry growth rate

<sup>8</sup>Alternative energies

<sup>9</sup>GDP per capita

<sup>10</sup>Foreign Direct Investment

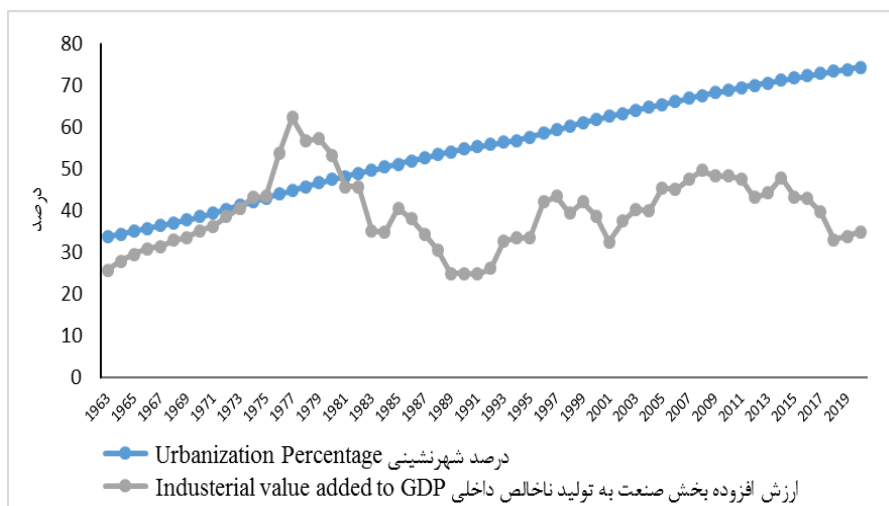
<sup>11</sup>Urbanization rate

<sup>12</sup>Urbanization growth rate

<sup>13</sup>Pure IMPORTED energy

$$\ln \text{ENERGY} = u_i + \beta_2 \ln \text{urban}_i (\text{urban} \leq \gamma_1) + \beta_3 \ln \text{urban}_i (\gamma_1 \leq \text{urban} < \gamma_2) + \beta_4 \ln \text{urban}_i (\gamma_2 \leq \text{urban}) + \sum_{i=1}^p \beta_i X_i \quad (8)$$

$$\ln \text{ENERGY} = u_i + \beta_2 \ln \text{indust}_i (\text{indust} \leq \gamma_1) + \beta_3 \ln \text{indust}_i (\gamma_1 \leq \text{indust} < \gamma_2) + \beta_4 \ln \text{indust}_i (\gamma_2 \leq \text{indust}) + \sum_{i=1}^p \beta_i X_i \quad (9)$$



شکل ۱- روند تغییرات متغیرهای مورد بررسی در سال‌های ۱۹۶۰-۲۰۱۷

کشورهای در حال توسعه بالا نیست و سازوکار و سیستم بازاری نیز فاقد توسعه یافتگی لازم است، با این حال، ایران به دلیل ذخایر بالای طبیعی و خام‌فروشی منابع تولید ناخالص داخلی و سرانه تولید ناخالص داخلی، بالاتر از بسیاری از اقتصادهای در حال توسعه است. در سالیان اخیر توسعه اقتصادی، موجب رشد جمعیت شهری گردیده است، بر اساس "گزارش سازمان توسعه جهانی در سال ۱۹۸۹"، سطح شهرنشینی در کشورهای پیشرفته بیش از ۸۰ درصد است. بنابراین یک مبنای واقع‌بینانه برای انتخاب متغیر نرخ شهرنشینی به‌عنوان متغیر آستانه وجود دارد. در سالیان پس از انقلاب اسلامی و به‌خصوص پس از جنگ تحمیلی برنامه اساسی کشور در جهت توسعه صنعتی کشور ترسیم گردیده است و این برنامه توسعه صنعتی باعث افزایش اهمیت صنعت در برنامه‌ریزی‌ها و دست‌بندی‌های اقتصادی می‌گردد

### ۳. نتایج

در نخستین گام، نیاز است تا مشخصات آماری متغیرهای مورد بررسی به‌صورت اجمالی معرفی گردد، بی شک شناخت آماری متغیرهای مورد مطالعه برای شناخت جامعه مورد بررسی ضروری است. مشخصات آماری متغیرهای مورد استفاده در مدل، شامل میانگین، مقدار انحراف‌معیار، مقدار حداقل و حداکثر متغیرهای مورد مطالعه در جدول ۱ ارائه شده است. از آنجا که داده‌ها سری‌زمانی هستند، انجام آزمون ایستایی روی داده‌ها الزامی است تا از صحت برآورد اطمینان حاصل گردد، بنابراین در این بخش آزمون ریشه واحد متغیرها صورت می‌گیرد (ValadKhani et al., 2019).

در این مطالعه، سطح صنعتی‌شدن و نرخ شهرنشینی به‌عنوان متغیرهای آستانه‌ای در نظر گرفته شده‌اند. سطح بهره‌وری در بخش‌های اقتصادی غالب

جدول ۱- پارامترهای آماری متغیرهای مورد بررسی مدل

نماد		میانگین Average	انحراف معیار Standard deviation	حداقل Min	حداکثر Max
Lindust	صنعتی شدن Industrialization	۳/۶۹۰	۰/۲۱۳	۳/۲۱۱	۴/۱۳۲
Lind_gro	نرخ رشد بخش صنعت Industry growth rate	۲/۸۹۷	۱/۷۲۳	-۲/۳۰۸	۶/۰۲۶
Lalter	انرژی‌های جایگزین Alternative energies	۰/۷۵۷	۰/۷۶۰	۰	۳/۴۷۱
Lgdp	تولید ناخالص داخلی سرانه GDP per capita	۳/۷۵۷	۰/۱۱۴	۳/۵۶۱	۴/۰۱۱
Lfdi	سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی Foreign Direct Investment	-۱/۴۸۹	۱/۶۲۸	-۵/۸۸۴	۱/۰۰۷
Lurban	نرخ شهرنشینی Urbanization rate	۱/۴۲۵	۰/۵۱۳	۲/۴۱۵	۴/۱۰۱
Lnet	خالص انرژی وارداتی Pure IMPORTED energy	۱۰/۱۳۱	۲/۰۴۹	۷/۰۱۷	۱۴/۶۷۷
LUG	نرخ رشد شهرنشینی Urbanization growth rate	۱/۱۷۵	۰/۴۰۰	۰/۵۸۲	۱/۱۸۷

جدول ۲- نتایج آزمون ریشه واحد

نماد Symble	عنوان Title	وضعیت ایستایی Stationary situation	آزمون ADF AIK	آزمون ADF AIK	حداکثر وقفه بهینه Maximum optimal lag
lindust	صنعتی شدن Industrialization	C I(0)	-۳/۱۱۴**	-	۳
lind_gro	نرخ رشد بخش صنعت Industry growth rate	C,T I(0)	-۷/۴۷۲***	-۷/۳۸۲***	۰
lalter	انرژی‌های جایگزین Alternative energies	C,T I(0)	-۲/۷۲۹***	-۴/۵۴۷***	۰
lgdp	تولید ناخالص داخلی سرانه GDP per capita	C,T I(0)	-۶/۳۲۲***	-۶/۱۸۴***	۰
lfdi	سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی Foreign Direct Investment	C,T I(0)	-۳/۲۷۸**	-۴/۵۶۲***	۵
lurban	نرخ شهرنشینی Urbanization rate	C I(0)	-۱۳/۶۹۹**	-	۰
lnet	خالص انرژی وارداتی Pure Imported energy	C,T I(0)	-۳/۶۰۵***	-۴/۳۲۲***	۱
LUG	نرخ رشد شهرنشینی Urbanization growth rate	C,T I(0)	-	-۳/۱۹۲***	۱

C و T به ترتیب Intercept و Trend می‌باشد. \*\* و \*\*\* به ترتیب سطوح معنی‌داری ۵ و ۱ درصد را شامل می‌شود.

ایستایی (مانایی) متغیرها در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفته است. نتایج آزمون ریشه واحد در جدول ۲ ارائه گردیده است. نتایج از ایستایی تمام

که خود نشان از پشتوانه تئوریک انتخاب صنعتی‌شدن به‌عنوان یک متغیر آستانه‌ای در این مطالعه دارد. آزمون‌دیکی فولر تعمیم‌یافته برای آزمون



جدول ۳- آزمون اثر آستانه‌ای

ارزش بحرانی Critical value	F-Statistic محاسبه شده Calculated F-Statistic	آماره F F-Statistic	آزمون آستانه Threshold Test
۲۰/۱۵۰	۱۱۳/۲۹۳	۱۴/۱۶۲	۰ در مقابل ۱
۲۲/۵۱۰	۱۵۷/۰۹۰	۱۹/۶۳۶	۱ در مقابل ۲

جدول ۴- نتایج برآورد مدل مصرف انرژی در ایران ۲۰۱۷-۱۹۶۹

نرخ رشد شهرنشینی Urbanization growth rate			مدل رگرسیون خطی Linear Regression Model	عنوان Title	نماد Symble
بالا high ۱/۴۱۶	متوسط middle -۱/۴۱۶ ۰/۹۳۹	پایین low ۰/۹۳۹۹			
۱/۴۷۶*	۰/۵۲۴	۱/۵۶۸	۱/۴۳۷ (۱/۰۴۸)	عرض از مبدا Intecept	C
-۰/۸۰۵*** (۰/۱۰۷)	-۰/۶۳۰*** (۰/۱۱۰)	۱/۱۴۴ (۰/۷۳۷)	-۰/۲۸۳** (۰/۰۹۶)	نرخ رشد شهرنشینی Urbanization growth rate	LUG
۰/۴۰۷*** (۰/۱۰۱)	۲/۳۲۹*** (۰/۸۰۸)	۲/۰۹۳** (۰/۶۱۹)	۰/۳۸۸** (۰/۱۲۲)	جمعیت شهری Urban population	LU
۰/۰۱۲* (۰/۰۰۷)	۰/۰۳۳* (۰/۰۱۳)	-۰/۰۰۳ (۰/۰۰۲)	۰/۰۰۴ (۰/۰۰۶)	نرخ رشد بخش صنعت Industry growth rate	LIG
۰/۰۱۷ (۰/۰۲۵)	۰/۱۴۹ (۰/۱۰۹)	-۰/۰۷۵** (۰/۰۲۸)	-۰/۰۰۸ (۰/۰۲۳)	انرژی‌های جایگزین Alternative energies	LRE
۰/۳۴۹* (۰/۱۶۷)	-۲/۸۱۴** (۱/۰۷۷)	-۲/۹۷۹*** (۰/۳۵۸)	-۰/۶۳۶*** (۰/۱۶۶)	تولید ناخالص داخلی سرانه GDP per capita	LGDP
۰/۰۱۰ (۰/۰۱۵)	۰/۰۰۵ (۰/۰۰۷)	-۰/۲۰۰** (۰/۰۸۱)	۰/۰۰۴ (۰/۰۰۸)	سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی Foreign Direct Investment	LFDI
-۰/۰۴۸*** (۰/۰۰۸)	۰/۲۰۱ (۰/۲۰۱)	۰/۰۹۶* (۰/۰۵۰)	-۰/۰۲۰ (۰/۰۱۴)	خالص انرژی وارداتی Pure IMPORTED energy	LNE
۲۰	۱۰	۱۲	۴۲	تعداد مشاهدات	

\*\* و \*\*\* به ترتیب سطوح معنی‌داری ۵ و ۱ درصد را شامل می‌شود.

جدول ۵- آزمون اثر آستانه‌ای

ارزش بحرانی Critical value	F-Statistic محاسبه شده Calculated F-Statistic	F-Statistic table F-Statistic	آزمون آستانه Threshold Test
۲۰/۱۵۰	۹۰/۷۱۷	۱۱/۳۴۰	۰ در مقابل ۱
۲۲/۵۱۰	۸۷۶/۳۶۰	۱۰۹/۵۴۵	۱ در مقابل ۲

صنعتی‌شدن در صورت وجود عرض از مبدا ایستا خواهند بود.

۳-۱. نتایج رگرسیون آستانه با در نظر گرفتن

نرخ رشد شهرنشینی به‌عنوان متغیر آستانه

متغیرهای مورد بررسی مدل در سطح حمایت می‌کند. متغیرهای مورد مطالعه در این پژوهش در سطح ۵ درصد و در وجود عرض از مبدا و روند معنی‌دار و ایستا هستند، تنها دو متغیر شهرنشینی و

جدول ۶- نتایج برآورد مدل مصرف انرژی در ایران ۲۰۱۷-۱۹۶۹

صنعتی شدن Industrialization			مدل رگرسیون خطی Linear Regression Model	نماد عنوان Symble Title	
بالا High 3.808	متوسط Middle 3.687-3.808	پایین Low 3.687			
۱/۴۴۹*** (۰/۳۵۰)	۲/۰۰۴* (۱/۱۱۰)	۷/۳۲۹*** (۱/۹۰۴)	-۰/۶۹۳ (۰/۵۶۰)	عرض از مبدا Intercept	C
-۰/۰۹۶ (۰/۱۰۸)	-۳/۲۸۳*** (۰/۴۶۶)	-۰/۳۶۸** (۰/۱۵۵)	۰/۱۰۷ (۰/۰۹۱)	صنعتی شدن Industrialization	LI
۰/۰۰۲ (۰/۰۰۲)	-۰/۰۳۹*** (۰/۰۰۹)	۰/۰۲۳ (۰/۰۱۵)	۰/۰۰۱ (۰/۰۰۵)	نرخ رشد بخش صنعت Industry growth rate	LIG
-۰/۰۳۷** (۰/۰۱۱)	۰/۰۲۳** (۰/۰۰۹)	-۰/۱۱۰*** (۰/۰۲۱)	۰/۰۰۱ (۰/۰۳۱)	انرژی‌های جایگزین Alternative energies	LRE
-۰/۸۴۴*** (۰/۱۱۹)	۱/۷۹۹*** (۰/۲۵۶)	-۲/۵۸۵*** (۰/۵۹۷)	-۰/۵۸۴*** (۰/۲۰۹)	تولید ناخالص داخلی سرانه GDP per capita	LGDP
۰/۰۰۵ (۰/۰۰۷)	-۰/۰۵۶*** (۰/۰۰۷)	-۰/۰۱۳ (۰/۰۰۸)	۰/۰۰۸ (۰/۰۰۸)	سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی Foreign Direct Investment	LFDI
-۰/۴۶۰*** (۰/۰۱۷)	۰/۹۸۰*** (۰/۱۰۳)	۰/۴۳۱*** (۰/۹۰۱)	۰/۶۸۴*** (۰/۰۸۴)	شهرنشینی Urbanization	LU
-۰/۰۳۱*** (۰/۰۰۶)	-۰/۰۰۱ (۰/۲۲۷)	-۰/۰۸۶*** (۰/۰۲۶)	-۰/۰۰۱ (۰/۰۱۷)	خالص انرژی وارداتی Pure IMPORTED energy	LE
۱۵	۱۳	۱۴	۴۲	تعداد مشاهدات Observation numbers	

\*\* و \*\*\* به ترتیب سطوح اطمینان ۵ و ۱ درصد را شامل می‌شود.

به صورت مجزا بررسی می‌گردد. با توجه به آستانه تعیین شده داده‌های موجود به سه رژیم با نرخ رشد‌های شهرنشینی متفاوت، نرخ رشد شهری پایین ( $UG < 2/560$  درصد)، نرخ متوسط شهرنشینی ( $UG \geq 2/560 > 4/123$  درصد) و نرخ بالا ( $Urban < 4/123$  درصد)، تقسیم می‌شوند. در این حالت تعیین می‌گردد که کدام یک از متغیرها در سطوح مختلف متغیر آستانه‌ای بر متغیر وابسته دارای اثری معنی‌دار هستند با توجه به ایستایی متغیرها در سطح از مدل، حداقل مربعات برای تخمین پارامتر-های مدل استفاده می‌شود. نتایج مدل رگرسیون خطی برآورد شده در ستون دو جدول ۴ ارائه شده است.

آزمون وجود آستانه در متغیر نرخ رشد شهرنشینی شدن، نخستین آزمون برای یافتن تعداد آستانه‌هاست. نتایج این آزمون در جدول ۳ قابل مشاهده است. از مقادیر F در جدول ۳ ابرداشت می‌شود که فرض صفر آزمون‌های آستانه یکنواخت سطح صنعتی شدن و نرخ شهرنشینی، فرضیه اصلی مدل و فرض یک آستانه در سطوح معنی‌دار ۱۰٪ رد می‌شود. در آزمون آستانه‌ای، فرض وجود دو سطح آستانه‌ای در برابر یک رد نمی‌شود، که نشان می‌دهد که ۲ سطح آستانه وجود دارد. در این مطالعه ۲ مقدار آستانه‌ای دوگانه صنعتی شدن اقتصاد ایران مورد بررسی قرار می‌گیرد. در رژیم‌های مختلف با گروه‌بندی نمونه‌ها تأثیر متغیرهای مختلف در سطوح مختلف متغیر آستانه‌ای در هر رژیم

انرژی و صنعتی‌شدن در دامنه آستانه اول و دوم و بالاتر از آستانه دوم به‌وضوح مشاهده می‌شود، ارتباط بین نرخ رشد صنعت و مصرف انرژی برخلاف انتظار تحت شرایط وجود آستانه‌های مختلف در مدل نیز ضعیف مشاهده می‌شود. انرژی‌های جایگزین نیز همان‌طور که انتظار می‌رفت تاثیر معنی‌داری بر مصرف انرژی ندارد، اما در سطوح پایین شهرنشینی که امکان صرف هزینه‌های کافی برای توسعه زیرساخت‌های تولید و مصرف انرژی‌های جایگزین در مقابل افزایش جمعیت وجود دارد، ارتباط منفی معنی‌داری میان انرژی‌های جایگزین و مصرف انرژی مشاهده می‌شود. این نتایج از آن رو دارای اهمیت است که فناوری‌های نوین و هم‌زیست با محیط‌زیست در مناطق کم جمعیت کویری و درحال رشد کشور در سطوح بالاتری مورد استفاده قرار می‌گیرند. متغیرهای سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و مصرف انرژی می‌توانند تابعی دو وجهی از ارتباط را نمایش دهند. افزایش سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی می‌تواند عامل افزایش مصرف انرژی از طریق انتقال صنایع به کشور از طرف کشورهای سرمایه‌گذار تلقی شده و از سوی دیگر انتقال تکنولوژی‌های نوین و با آلودگی کمتر به کشور موجب کاهش مصرف انرژی شود که در این مطالعه هر دو فرض به‌علت تحریم‌های ایران نقض می‌گردد. در این مطالعه جز در سطح کمتر از آستانه اول که رابطه منفی و قوی میان سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و مصرف انرژی مشاهده می‌شود در سایر سطوح آستانه‌ای و همچنین در رگرسیون خطی رابطه و ارتباط معنی‌داری بین سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و مصرف انرژی مشاهده نمی‌شود. این امر می‌تواند ناشی از دو پدیده باشد (۱) عوامل ذکر شده با اثرات متقابل بر هم، اثر یکدیگر را خنثی کرده و

از طریق تخمین یک رگرسیون خطی مشخص می‌گردد که میان نرخ رشد شهرنشینی و مصرف انرژی رابطه‌ای منفی وجود دارد به گونه‌ای که به ازای هر واحد افزایش نرخ شهرنشینی میزان مصرف انرژی سرانه به میزان ۰/۲۳۲ کاهش می‌یابد، این ارتباط در میان سطوح مختلف نرخ رشد شهرنشینی متفاوت است. در نرخ‌های پایین شهرنشینی، این ارتباط فاقد اثر معنی‌دار بوده و در سطوح میانی و بالا این ارتباط به‌صورت منفی و به‌شدت قوی مشاهده می‌شود. در مدل رگرسیون خطی رابطه میان جمعیت شهری و مصرف انرژی رابطه مثبت بسیار قوی و معنی‌دار است. افزایش هر واحد جمعیت شهری ۰/۵۳۴ افزایش مصرف انرژی را به دنبال خواهد داشت. پیش از آنکه نرخ رشد شهرنشینی از نخستین آستانه خود عبور کند، ارتباط میان جمعیت شهری و مصرف انرژی برابر با ۲/۰۹۳ می‌باشد که نشان از شدت بالای مصرف انرژی در نرخ‌های پایین رشد شهرنشینی است. در دامنه میان آستانه اول و آستانه دوم ضریب جمعیت شهری و مصرف انرژی مثبت و با شدت بالاتر مشاهده می‌شود، در نرخ‌های رشد شهرنشینی بالا (پس از آستانه دوم) ارتباط میان جمعیت شهری و مصرف انرژی با شدت کمتری مشاهده می‌شود که در مطالعات پیشین نیز مشاهده می‌گردد ( Xu and Lin, 2016). بررسی ضریب نرخ رشد بخش صنعت با وجود آن که انتظار بود با افزایش سهم بخش صنعت از کل تولید ناخالص داخلی، مصرف انرژی با افزایش همراه گردد، بدون در نظر گرفتن آستانه‌های نرخ رشد شهرنشینی ارتباط معنی‌داری میان نرخ رشد بخش صنعت و مصرف انرژی مشاهده نمی‌شود، نشان می‌دهد. با در نظر گرفتن آستانه‌های به‌دست آمده در مدل ارتباطی معنی‌دار و مثبت بین مصرف

فاقد اثر مستقیم و معنی‌دار بوده‌اند. (۲) با تحریم‌های اقتصادی علیه ایران سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در سطح معنی‌داری رشد پیدا نکرده است تا یکی از دو پدیده مورد نظر را نمایان سازد. در معادله رگرسیون خطی، خالص انرژی وارداتی با مصرف انرژی بر خلاف انتظار رابطه‌ی منفی و معنی‌دار دارد در حالی‌که با در نظر گرفتن آستانه‌های مورد بررسی در این مطالعه مشخص می‌شود که این رابطه منفی تنها در سطوح بالاتر آستانه‌ی دوم قابل مشاهده است و در مقادیر کمتر از آستانه‌ی اول این رابطه مثبت و معنی‌دار است.

## ۲-۳. نتایج رگرسیون مدل آستانه با سطح صنعتی

### شدن به عنوان متغیر آستانه

سطح صنعتی‌شدن به‌عنوان متغیر آستانه در این بخش استفاده می‌شود و اثرات متغیرهای مختلف بر مصرف انرژی در سطوح مختلف صنعتی‌شدن مورد بررسی قرار می‌گیرد. با توجه به آزمون، آستانه‌ی اثرات در جدول ۵، یک آستانه‌ی دوگانه برای صنعتی‌شدن شناسایی می‌گردد.

با تاکید بر آستانه دوگانه، صنعتی‌شدن به سه گروه تقسیم می‌شود: گروه با نرخ پایین ( $P < ۳/۶۸۷$ )، گروه با نرخ متوسط ( $۳/۶۸۷ > P \geq ۳/۸۰۸$ ) و گروه با نرخ بالا ( $P \geq ۳/۸۰۸$ )، در این بخش نیز روش مدل رگرسیون خطی برای برآورد این مقادیر استفاده می‌شود. برآورد نهایی در جدول ۶ ارائه شده است. با در نظر گرفتن صنعتی‌شدن به‌عنوان متغیر آستانه‌ای در مطالعه، مقایسه نتایج به‌دست آمده در مدل رگرسیون آستانه‌ای و مدل رگرسیون خطی صورت می‌گیرد. در مدل رگرسیون خطی از میان متغیرهای مختلفی که مورد استفاده قرار گرفتند، متغیرهای تولید ناخالص داخلی سرانه دارای اثر معنی‌دار و منفی و متغیرهای

نرخ شهرنشینی مثبت و معنی‌دار مشاهده شد. متغیرهای دیگر از جمله صنعتی‌شدن، نرخ‌رشد بخش صنعت و انرژی‌های جایگزین و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در رگرسیون خطی فاقد اثر معنی‌دار شناخته شدند. با در نظر گرفتن مدل آستانه‌ای تمامی متغیرهای معرفی شده در مدل به جز دو متغیر نرخ‌رشد بخش صنعت و سرمایه‌گذاری بخش خارجی در سطح پایین‌تر از آستانه‌ی اول معنی‌دار مشاهده گردید.

صنعتی‌شدن در دامنه و ضرایب بالای خود فاقد اثر معنی‌دار بر متغیر محیط‌زیست مشاهده نگردید. در سطوح میانی صنعتی‌شدن این ارتباط منفی و بسیار قوی بوده و با و به ازای هر واحد افزایش صنعتی‌شدن میزان مصرف انرژی در کشور به مقدار  $۳/۲۸۳$  کاهش می‌یابد و در رژیم اولیه باعث افزایش  $۰/۳۶۸$  درصدی مصرف انرژی خواهد شد. نرخ‌رشد بخش صنعت اثری متفاوت را تجربه کرده و در نواحی میانی صنعتی‌شدن اثر نرخ‌رشد بخش صنعت منفی و معنی‌دار است. تولید ناخالص سرانه داخلی در تمامی سطوح آستانه-ای دارای اثرات معنی‌دار با مصرف انرژی می‌باشد، در رژیم‌های اول و سوم این ارتباط منفی بوده و به ترتیب مقادیر  $۰/۸۴۴$  و  $۲/۵۸۵$  را به خود اختصاص دادند. در ناحیه میانی صنعتی‌شدن این ارتباط مثبت و برابر  $۱/۷۹۹$  به‌دست آمده است.

سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی تنها در ناحیه میانی رشد، صنعتی است که اثر معنی‌دار بر روی متغیر وابسته دارد و در سایر بخش‌ها فاقد اثر معنی‌دار است. در سطح آستانه‌ی دوم مقدار اثرگذاری سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی برابر با  $-۰/۰۵۶$  حاصل شد. نرخ شهرنشینی در این مطالعه در تمامی سطوح صنعتی‌شدن دارای اثر مثبت و معنی‌دار است، که

معکوس که به شکل N می‌باشد، به عبارت دیگر احتمال رشد آلاینده‌ها پس از کاهش در یک دوره، در دوره‌های بعد وجود دارد.

#### ۴. بحث و نتیجه‌گیری

از جمله عواملی که بر مصرف انرژی کل و همچنین تمایل به استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر در اقتصادهای توسعه یافته و در حال توسعه جهان مؤثر است می‌توان به دو پدیده اجتماعی اقتصادی صنعتی‌شدن و شهرنشینی اشاره کرد. در بسیاری از مطالعات این پدیده به‌عنوان متغیرهای مستقل مورد ارزیابی کارشناسان قرار گرفته است اما سوال اساسی آن است که آیا روند صنعتی‌شدن و شهرنشینی بر مصرف انرژی در دوره‌های مختلف زمانی اثرگذار است؟ در این مطالعه نویسندگان به دنبال پاسخگویی به این سوال هستند و بدین منظور با تجزیه و تحلیل اقتصادی نسبت به تقسیم‌بندی دوره‌های مختلف از نظر دو متغیر شهرنشینی و صنعتی‌شدن اقدام نموده، سعی کرده تا نشان دهند در مقادیر دوره‌های مختلف این دو متغیر این اثرگذاری به چه شکل خواهد بود. در شرایطی که نرخ شهرنشینی و صنعتی‌شدن دامنه‌های میانه را طی می‌کنند، تأثیر اقتصادی ناشی از این ۲ عامل می‌تواند توسعه اقتصادی را تسریع نموده و باعث ایجاد شرایطی برای پیشرفت دانش گردد. این امر باعث تولید و استفاده از تکنولوژی نوآورانه در زمینه انرژی‌های نو و بهبود بهره‌وری انرژی‌های تجدیدناپذیر شامل سوخت‌های فسیلی خواهد شد. در نهایت، مدل توسعه اقتصادی کم کربن (سبز) به تدریج اتفاق خواهد افتاد، که خود نقش مهمی در محدود کردن انتشار آلاینده‌ها از طریق کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی نیز دارد. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد اثر متغیرهای صنعتی‌شدن و نرخ رشد بخش

نشان می‌دهد در مقادیر پایین صنعتی‌شدن، اثرگذاری شهرنشینی کمتر از سطوح متوسط و پایین صنعتی‌شدن است. زمانی که صنعت، بخش زیادی از تولید ناخالص داخلی کشور را تشکیل خواهد داد، نرخ شهرنشینی اثری هرچند مثبت اما بیشتری از سطوحی دارد که ارزش افزوده صنعت سهم مقداری کمتری از تولید ناخالص داخلی کشور را شامل می‌شود. انرژی مصرفی عنوان آخرین متغیر در مدل دارای اثراتی با علامت‌های منفی در هر سه رژیم است. در نواحی کمتر از آستانه اول و بیش از آستانه دوم اثر مشاهده شده معنی‌دار است و به ترتیب برابر با ۰/۰۸۶ و ۰/۰۳۱ می‌باشد. نتیجه و برآیند مجموع اثرات با علامت‌های متفاوت بر مصرف انرژی به‌عنوان متغیر وابسته، به میزان مصرف انرژی در سطح و اثرگذاری سایر متغیرهای مشاهده نشده در مدل بستگی دارد. بر اساس بزرگی و کوچک بودن مقادیر هر یک از علامت‌های متغیرها در سطوح مختلف آستانه‌ای، برآورد اثر نهایی مشکل خواهد بود. آنچه در بررسی تولید ناخالص داخلی در این مطالعه حائز اهمیت است، مشاهده اثر منفی تولید ناخالص داخلی است، به این مفهوم که کشور در نظریه منحنی زیست‌محیطی کوزنتس از نقطه پیک عبور کرده است. با توجه به سطح توسعه تکنولوژی در ایران می‌توان این شکل منحنی را ناشی از تناسب سرمایه‌گذاری و تکنولوژی وارداتی دانست. به عبارت دیگر از آنجا که کشور ایران واردکننده تکنولوژی محسوب می‌گردد، مسیر استفاده از تکنولوژی را در مدت زمان کوتاه‌تری طی کرده است، در حالی که برای این سطح از تکنولوژی سایر سطوح فعالیتی تغییر چندانی نداشته است. از سوی دیگر منحنی زیست‌محیطی در برخی نظریات جدید نه به شکل U

منبع تامین انرژی می‌گردد. هرچند دولت‌های مختلف سعی کردند با ایجاد شهرهای جدید در کنار شهرهای پرجمعیت نسبت به این مهاجرت نیروی کار واکنشی مقتضی نشان دهند اما به تجربه ثابت شده است که در صورت عدم مدیریت مناسب این شهرهای جدید و شهرک‌های مجاور در بلندمدت خود به نقطه‌ای بزرگ برای تامین انرژی از سوی دولت‌ها تبدیل می‌گردد.

مهمترین راهکار در جهت مقابله با چنین پدیده‌هایی درگام اول تمرکززدایی از صنایع و انتقال صنایع به مناطق با تراکم جمعیت کمتر می‌باشد. این راهکار دو مشکل اساسی در مدیریت حل خواهد کرد، نخست آنکه با افزایش اشتغال و منابع درآمد در مناطق با جمعیت کمتر و شهرهای کوچک‌تر و همچنین مناطق روستایی از مهاجرت نیروی کار به صورت بی‌رویه از مناطق روستایی به شهرها و شهرهای کوچک به شهرهای بزرگ ممانعت خواهد کرد. از طرفی با توجه به کاهش مزیت‌های شهرهای بزرگ و مناطق شهری امکان انتقال سازمان‌ها، اداره‌ها شرکت‌های خصوصی مرتبط با صنایع به سایر شهرها فراهم شده که خود عاملی در جهت کاهش تراکم جمعیت و از طرفی مدیریت بهتر انرژی، امکان استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر در مناطق شهری به دلیل صرفه‌های اقتصادی به وجود آمده، چرا که تأمین انرژی لازم برای شهرهای کوچک با استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر منطقی و اقتصادی خواهد بود. علت استفاده غالب این منابع انرژی در مناطق با جمعیت کم تمرکز سیستم‌های انرژی رسانی در این مناطق می‌باشد.

از سوی دیگر با ایجاد مشوق‌های اقتصادی و معیشتی می‌توان نسبت به مقابله با مهاجرت بی‌رویه نیروی

صنعت چه از نظر ضرایب و چه از نظر سطح معنی‌داری در دوره میانی و هنگامی که صنعتی‌شدن در حال گذار از سطوح اولیه به سطح بالاست، متفاوت از دو رژیم دیگر می‌باشد. به عبارت دیگر مرحله گذار در اقتصادهای در حال توسعه، همواره با اثراتی متفاوت از دوره‌های دیگر است. علاوه بر این دوره میانی غالباً با پدیده‌های اجتماعی مهاجرت و تمرکز سیستم‌های اداری و سیاسی موجب افزایش تمایل به شهرنشینی خواهد شد که با نتایج به دست آمده در این مطالعه می‌توان به این مفهوم دست یافت. در مراحل بالاتر شهرنشینی و صنعتی‌شدن اقتصاد، حومه‌سازی و پدیده حاشیه‌نشینی در تمام اقتصادها ظاهر می‌شوند که نیاز به بررسی‌های جامع در تحلیل این آثار، به وضوح مشهود است (Li and Lin, 2015; Dong et al., 2019; Zi et al., 2016).

گسترش و تجمع صنایع در مناطق شهری موجب شده است تا نیروی کار از مناطق روستایی و شهرهای کوچک‌تر به مناطق پرجمعیت بالاتر و متمرکز صنعتی مهاجرت کنند. سطح پایین سرمایه موجب می‌گردد تا این نیروی کار در حاشیه شهرها سکونت داشته باشند. از آنجا که بر اساس قانون تأمین انرژی مصرفی خانوارها چه به صورت برق مصرفی و چه انرژی گرمایشی بر عهده دولت می‌باشد، در غالب مواقع پس از مدت زمانی منابع انرژی در اختیار این مناطق حاشیه‌ای قرار خواهد گرفت. از سوی دیگر به دلیل عدم رعایت اصول مهندسی و مدیریت انرژی در غالب این مناطق حاشیه‌ای، هدر رفت انرژی به صورت مصرف بی‌رویه برق و سوخت سیستم‌های گرمایشی افزایش خواهد یافت. از سوی دیگر استفاده از وسایل نقلیه با عمر و مصرف سوخت بالا، موجب افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی به‌عنوان مهمترین

از انرژی است. هنگامی که سطح شهرنشینی و صنعت افزایش می‌یابد، تکنولوژی‌های نوآورانه انرژی نیز، اختراع و یا ارتقاء یافته و کاربردی می‌شود که همین اختراعات خود عاملی در جهت توسعه شهرنشینی و گسترش صنایع است. بنابراین، با افزایش سطح صنعت و شهرنشینی، رابطه مثبت بین گسترش استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر نسبت به مصرف انرژی کل به تدریج افزایش می‌یابد. مشاهده این پدیده‌ها در تئوری و واقعیت در کشورهای مختلف می‌تواند تجربه‌های متفاوت را برای بشر به دنبال داشته باشد، که توجه به ویژگی‌های اقتصادی اجتماعی، فرهنگی و سیاسی هر کشور را طلب می‌نماید.

کار به مناطق شهری به‌ویژه شهرهای بزرگ مقابله کرد، از آنجا که قیمت انرژی در ایران از میانگین جهانی پایین‌تر بوده و یارانه‌های فراوان به این بخش تعلق می‌گیرد می‌توان با کاهش پرداخت یارانه شهرهای کوچک‌تر، مدیریتی مناسب بر توزیع درآمد در کشور نیز داشت.

هر چند از سوی کارشناسان انتظار می‌رفت تراکم جمعیت در شهرهای بزرگ کاهش یابد و جمعیت شهرهای کوچک و مناطق اطراف مراکز شهرها به سرعت افزایش یابد، اما با گذشت زمان تراکم در مناطق شهری به‌ویژه شهرهای بزرگ افزایش یافت. افزایش شهرنشینی و صنعتی‌شدن شرایط خوبی برای نوآوری و توسعه فن‌آوری‌های جدید در بهره‌برداری

## References

Alizadeh, H., Faezipoor, M., Azizi, M., Ziaie, M., 2014. Determine the Parameters Affecting the Development of Iran's Exports of Wooden Furniture Using Analytic Hierarchy Process (AHP). *Journal of Forest and Wood Products* 66(4), 477-491.

Barla, P., Miranda-Moreno, L.F., Lee-Gosselin, M., 2011. Urban Travel CO2 Emissions and Land Use: a Case Study for Quebec City. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 16(6), 423-428.

Chai, Q.M., Xu, H.Q., 2015. Modeling Carbon Emission Peaking Pathways in China Based on Integrated Assessment Model IAMC. *China Population, Resources and Environment* 25(6), 37-46.

Clean. 2017. Determinants of CO2 Emissions in Developing Countries using Bayesian Econometric Approach. *Quarterly Journal of Applied Economics Theories* 2.4, 145-168.

Dong, F., Long, R., Yu, B., Wang, Y., Li, J., Wang, Y., Dai, Y., Yang, Q., Chen, H., 2018. How Can China Allocate CO2 Reduction Targets at the Provincial Level Considering Both Equity and Efficiency? Evidence From its Copenhagen Accord Pledge. *Resources, Conservation and Recycling* 130, 31-43.

Dong, F., Wang, Y., Su, B., Hua, Y., Zhang, Y., 2019. The Process of Peak CO2 Emissions in

Developed Economies: A Perspective of Industrialization and Urbanization. *Resources, Conservation and Recycling* 141, 61-75.

Gosseries, A., 2004. Historical Emissions and Free-Riding. *Ethical Perspectives* 11(1), 36-60.

Gregory, A.W., Hansen, B.E., 1996. Residual-Based Tests for Cointegration in Models with Regime Shifts. *Journal of Econometrics* 70(1), 99-126.

Grossman, G.M., Krueger, A.B., 1991. Environmental impacts of a North American Free Trade Agreement (No. w3914). National Bureau of Economic Research.

Hamidi Razi, D., Afshari, M., 2018. Investigation of Per Capita CO2 Dynamics in OPEC Countries ( $\beta$  and  $\sigma$  Convergence Approach). *Journal of Environmental Science and Technology* 19, 87-99.

Han, J., Miao, J., Shi, Y., Miao, Z., 2021. Can the Semi-Urbanization of Population Promote or Inhibit the Improvement of Energy Efficiency in China?. *Sustainable Production and Consumption* 26, 921-932.

Hansen, B. E., 1999. Threshold Effects in Non-Dynamic Panels: Estimation, Testing, and Inference. *Journal of Econometrics* 93(2), 345-368.

He, J., 2014. Analysis of CO2 Emissions Peak: China's Objective and Strategy. *Chinese Journal of Population Resources and Environment* 12(3), 189-198.

- He, J. K., 2014. An Analysis of China's CO2 Emission Peaking Target and Pathways. *Advances in Climate Change Research*, 5(4), 155-161.
- Kreinovich, V., Sriboonchitta, S., Chakpitak, N., (Eds.). 2017. *Predictive Econometrics and Big Data* (Vol. 753). Springer.
- Le, T. H., Chang, Y., Park, D., 2016. Trade Openness and Environmental Quality: International Evidence. *Energy Policy* 92, 45-55.
- 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* 52, 1107-1122.
- Liu, S., Wang, Y., Hu, A., 2009 The Effect of Western Development Program and Regional Economic Convergence in China. *Economic Research Journal* 9, 94-105.
- Luo, G., Weng, J. H., Zhang, Q., Hao, Y., 2017. A Reexamination of the Existence of Environmental Kuznets Curve for CO 2 Emissions: Evidence from G20 Countries. *Natural Hazards* 85(2), 1023-1042.
- Majeed, M. T., Tauqir, A., 2020. Effects of Urbanization, Industrialization, Economic Growth, Energy Consumption, Financial Development on Carbon Emissions: an Extended STIRPAT Model for Heterogeneous Income Groups. *Pakistan Journal of Commerce and Social Sciences (PJCSS)* 14(3), 652-681.
- Maxwell, S., 2010. *World Development Report 2010: Development and Climate Change*.
- Meyers, R. A., (Ed.). 2010. *Complex Systems in Finance and Econometrics*. Springer Science Business Media.
- Mirza-hosseini, A., 2014. Environmental and Economic Evaluation of Independent Park Solar Lights Launch at Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran. *Sustainability, Development and the Environment* 1, 1-11.
- Pacione, M., 2013. *Urban geography: A Global Perspective*. Routledge.
- Qazvinian, M. Kiani, K., Dehghani, M. Zandi, Saeedi, J., 2019. Comparative Comparison of the Effects of Shocks in Energy Consumption on CO2 Emissions and Economic Growth in Iran and Selected MENA Countries. *Journal of Economic Research and Development* 9(33), 85-99.
- Ram R., 1986. Government Size and Economic Growth: A New Framework and Some Evidence from crosssection and Time-Series Data. *The American Economic Review* 76: 191-203.
- Robinson, S., Syrquin, M., World Bank., 1986. *Industrialization and Growth: a Comparative Study*. New York: Published for the World Bank [by] Oxford University Press.
- Shahbaz, M., Nasreen, S., Ahmed, K., Hammoudeh, S., 2017. Trade Openness–Carbon Emissions Nexus: The Importance of Turning Points of Trade Openness for Country Panels. *Energy Economics*, 61, 221-232.
- Stettler, J., 2015. *The Discrete Threshold Regression Model* (Doctoral dissertation, The Ohio State University).
- Tong, H., Lim, K. S., 2009. Threshold Autoregression, Limit Cycles and Cyclical Data. in *Exploration of a Nonlinear World: an Appreciation of Howell Tong's Contributions to Statistics* (pp: 9-56).
- Torabi, D. Khajavi Pour, A. Tarighi, S, Pakravan. M., 2015. The Effect of Energy Consumption, Economic Growth and International Business on Greenhouse Gas Emission in Iran. *Journal of Economic Modeling* 9(29), 63-84.
- Valadkhani, A., Smyth, R., Nguyen, J., 2019. Effects of Primary Energy Consumption on CO2 Emissions Under Optimal Thresholds: Evidence from Sixty Countries Over the last half century. *Energy Economics*.
- Wang, Y., Zhang, X., Kubota, J., Zhu, X., Lu, G., 2015. A Semi-Parametric Panel Data Analysis on the Urbanization-Carbon Emissions Nexus for OECD Countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 48, 704-709.
- WGII, I., 2007. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Working Group II, IPCC 4th Assessment Report, <http://www.ipcc.ch>.
- Xu, B., Lin, B., 2016. A Quantile Regression Analysis of China's Provincial CO2 Emissions: Where Does the Difference Lie?. *Energy Policy* 98, 328-342.
- Xu, B., Lin, B., 2017. What Cause a Surge in China's CO2 Emissions? a Dynamic Vector Autoregression Analysis. *Journal of Cleaner Production* 143, 17-26.
- York, R., Rosa, E. A., Dietz, T., 2003. STIRPAT, IPAT and ImpACT: Analytic Tools for Unpacking the Driving Forces of Environmental Impacts. *Ecological Economics* 46(3), 351-365.
- Yousefi, Sh, Afzali, F., Massoudi, M., 2016. Carbon Sequestration portion in global warming moderating (Case study: Shiraz city). *Environmental Studies* 42(2), 315-327.
- Zhang, X.P., Cheng, X.M., 2009. Energy Consumption, Carbon Emissions, and Economic Growth in China. *Ecological Economics* 68(10), 2706-2712.
- Zheng, S., Wang, R., Mak, T. M., Hsu, S. C., Tsang, D. C., 2021. How Energy Service Companies Moderate the Impact of industrialization and urbanization on Carbon



Emissions in China?. Science of The Total Environment 751, 141610.

Zhou, X., Zhang, J., Li, J., 2013. Industrial Structural Transformation and Carbon Dioxide Emissions in China. Energy Policy 57, 43-51.

Zi, C., Jie, W., Hong-Bo, C., 2016. CO2 Emissions and Urbanization Correlation in China Based on Threshold Analysis. Ecological indicators, 61, 193-201