نشریه علمی- پژوهشی سیاست‌گذاری اقتصادی
سال دهم، شماره نوزدهم، بهار و تابستان ۱۳۹۷

بررسی تأثیر غیر خطی مصرف انواع انرژی بر تولید ناخالص داخلی در ایران

مجید هاتفی مجومرد[۱]
ام‌البنین جلالی[۲]
رضا اشرف گنجویی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۵/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۴/۱۶

چکیده

هدف اصلی این مطالعه بررسی تأثیر تغییرات مصرف انواع انرژی بر تولید ناخالص داخلی ایران در چارچوب روش غیر خطی اتورگرسیو انتقال ملایم طی سال‌های ۱۹۶۵ تا ۲۰۱۳ است. در این راستا الگوی خطی در برابر الگوی غیر خطی مورد آزمون قرار گرفت. مشخص شد که مدل غیر خطی، دارای برازش مناسب‌تری است. سپس با استفاده از آزمون تراسورتا، مدل غیر خطی لجستیک تصریح شد. بر اساس مدل غیر خطی لجستیک، تغییرات متغیرهای مستقل به سه قسمت (آستانه بالا، پایین و وسط تغییرات) تقسیم شد. نتایج نشان می‌دهد که اثر مصرف گاز بر تولید ناخالص داخلی U شکل است؛ بدین معنا که از آستانه پایین به وسط افزایش و از آستانه وسط به بالا کاهش می‌یابد. در مورد مصرف الکتریسیته نیز، نتایج حاکی از وجود رابطه مثبت و فزاینده در هر سه آستانه است. تغییرات مثبت مصرف نفت در آستانه پایین اثر مثبتی بر تغییرات تولید ناخالص داخلی خواهد گذاشت و با حرکت از آستانه پایین به سمت آستانه بالا از این اثر کم شده و در آستانه بالا اثری در خلاف جهت تغییرات مصرف نفت خواهد داشت.

واژگان کلیدی: انرژی، تولید ناخالص داخلی، اتورگرسیو انتقال ملایم، تخمین غیر خطی.

Keywords: Energy, Gross Domestic Production, Smooth Transition Autoregressive, Nonlinear Estimation.

JEL Classification: Q13, Q32, Q41.

[۱]. پژوهشگر پسا دکتری، دانشکده اقتصاد، دانشگاه تهران mhatefi63@gmail.com and hatefi@ut.ac.ir

[۲]. دانشجوی دکتری اقتصاد، دانشکده اقتصاد، مدیریت و حسابداری، دانشگاه یزد (نویسنده مسئول)
omijalali@gmail.com

[۳]. دانشجوی دکتری اقتصاد، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه شهید باهنر کرمان reza_ashrafig@yahoo.com

DOI: http://dx.doi.org/10.29252/jep.10.18.141

۱- مقدمه

امروزه انرژی یکی از عوامل و ارکان ضروری تولید محسوب شده و به طور مستقیم بر روی تولید ناخالص داخلی تأثیر می‌گذارد. با این وجود شواهد نشان می‌دهد که تولید ناخالص داخلی با تغییر مصرف انرژی با یک نرخ معین تغییر نمی‌یابد. برای مثال، نتایج امای و همکاران (۲۰۱۲)[1] در بررسی رابطه میان مصرف انرژی و رشد اقتصادی نشان داد که در کشورهای G7 رابطه بین مصرف انرژی و تولید به حالت چرخه تجاری بستگی دارد؛ به این معنی که رابطه بین این دو متغیر در طول دوران رکود متفاوت از رابطه بین آن‌ها در طول دوران رونق است. به عبارت دیگر، مصرف انرژی؛ نرخ رشد تولید در کوتاه‌مدت را در هر دو دوره رکود و رونق، افزایش می‌دهد ولی در کوتاه‌مدت و در طول رکود اقتصادی؛ نرخ رشد اقتصادی تأثیری بر مصرف انرژی ندارد. از طرفی لی و چانگ[2] (۲۰۰۷) با بررسی رابطه میان مصرف انرژی و GDP به این نتیجه دست یافتند که مصرف انرژی در کشورهای در حال توسعه بر GDP، اثرگذاری بیشتر و در کشورهای توسعه‌یافته اثرگذاری کمتری دارد. نارایان و پاپ[3] (۲۰۱۲) در بررسی رابطه بین مصرف انرژی و GDP واقعی به این نتیجه رسیدند که در کشورهای G6 مصرف انرژی به‌طور منفی بر GDP اثر می‌گذارد؛ که این خود به این معنی است که در این کشورها سیاست‌های صرفه‌جویی انرژی اثر نامطلوبی بر رشد اقتصادی آن‌ها نخواهد داشت.

تناقض نتایج دلالت بر آن دارد که ارتباط میان مصرف انرژی و رشد اقتصادی از یک فرآیند خطی تبعیت ننموده و تحت شرایط مختلف تغییر جهت می‌دهد. بنابراین استفاده از مدل‌های غیر خطی جهت تخمین رابطه مصرف انرژی و تولید ناخالص داخلی می‌تواند نتایج دقیق و قابل اعتمادی را ایجاد نماید. با این وجود، در اغلب مطالعاتی که تاکنون در زمینه مصرف انرژی و تولید ناخالص داخلی صورت گرفته، از الگوهای خطی استفاده شده است.

هدف این مطالعه بررسی تأثیر غیر خطی مصرف انواع انرژی بر تولید ناخالص داخلی ایران در سال‌های ۱۹۶۵ تا ۲۰۱۳ است. برای این منظور، ابتدا با استفاده از آزمون تراسورتا[4] به مقایسه الگوی غیر خطی در مقابل الگوی خطی پرداخته شده، سپس ارتباط غیر خطی میان مصرف انرژی و تولید ناخالص داخلی مبتنی بر الگوهای فرآیند غیر خطی اتورگرسیو انتقال ملایم برآورد شده و

---

1. Omay (2012)
2. Lee & Chang (2007)
3. Narayan & Popp (2012)
4. Terasvirta

مورد آزمون قرار گرفته است. در پایان نتایج حاصل از الگوهای غیر خطی با نتایج الگوهای خطی مقایسه شده است.

در ادامه مطالعه به صورت زیر دنبال می‌شود: در بخش دوم مبانی نظری ارائه شده است. بخش سوم به مرور پیشینه تحقیق اختصاص یافته است. در بخش چهارم روش تحقیق شامل مفاهیم اقتصادسنجی همچون تابع انتقال، پارامتر شیب[1]، پارامتر موقعیت، توابع غیر خطی لجستیک و توابع غیر خطی نمایی معرفی شده‌اند و در بخش پنجم یافته‌های تحقیق مورد بحث قرار گرفته است. در انتهای مقاله نیز نتیجه‌گیری و پیشنهادات ارائه شده است.

۲- مبانی نظری

نظریه رشد اقتصادی در مدلی یک بخشی نخستین بار توسط سولو[2] (۱۹۵۶، ۱۹۵۷) مطرح و به یکی از پرکاربردترین نظریات در ادبیات رشد اقتصادی تبدیل شد (استریمیکین و کاسپرویز[3]، ۲۰۱۶). در همان زمان، مدلی مشابه توسط سوان[4] (۱۹۵۶) نیز ارائه شد. مهمترین مشخصه مدل سولو- سوان، تفسیر لگاریتمی نرخ رشد مصرف به عنوان مجموع کشش‌های محصول نسبت به سرمایه، نیروی کار و زمان از طریق نرخ‌های رشد است؛ بنابراین مدل سولو- سوان تنها به دو عامل مستقل تولید یعنی عرضه نیروی کار و سرمایه وابسته است. این دو عامل تولید، توانایی توضیح رشد اقتصاد آمریکا در سال‌های ۱۹۰۹ تا ۱۹۴۹ و همچنین باقیمانده سولو که بیش از ۸۵ درصد از رشد محصول را در بر می‌گیرد؛ را ندارد. در واقع نیروی کار و سرمایه، تنها متغیرهای مدل سولو در یک فرآیند تکنولوژیک بودند (استریمیکین و کاسپرویز، ۲۰۱۶). در واقع اصول تولید فیزیکی در تئوری نئوکلاسیک‌ها بدون توضیح رها شده بود؛ اما بعد از بروز بحران نفتی و تحریم سال‌های ۱۹۷۳-۱۹۷۴ متغیرهای انرژی وارد مدل تولید شدند. در آن زمان قیمت‌های انرژی به سرعت افزایش یافت، به طوری که موجب ترغیب اقتصاددانان به محاسبه رابطه بین انرژی و رشد اقتصادی شد. جورگنسون[5] (۱۹۸۴) تابع تولیدی لگاریتمی با ۴ عامل معرفی کرد که به KLEM[6] مشهور است. در ادامه روشی ساده‌تر توسط آلن و همکاران[7] (۱۹۷۶) و هانن و جویس[1] (۱۹۸۱) ارائه شد.

---

1. Slope Parameter (1956 & 1957)
2. Solow
3. Streimikiene & Kasperowicz (2016)
4. Swan (1956)
5. Jorgenson (1984)
6. Capital, Labor, Energy, Materials
7. Allen (1976)

شد. آن‌ها در روش خود از یک تابع تولید کاب- داگلاس با سه عامل استفاده کردند که انرژی نیز یکی از عوامل درون‌زای آن تلقی می‌شد.

در تقابل با مدل اقتصادی نئوکلاسیک، سیستم اقتصاد حقیقی به میزان داده انرژی و سرمایه و نیروی کار بستگی دارد. در حقیقت اقتصاد سیستمی است که از طریق فرآیندهای پیچیده، مواد خام را با استفاده از انرژی به مواد قابل کاربرد و خدمات نهایی تبدیل می‌کند؛ بنابراین انرژی نقش عظیمی در فرآیند رشد اقتصادی بازی می‌کند (استرن[۲]، ۲۰۰۴؛ استرن و کاندر[۳]، ۲۰۱۱؛ ازام و همکاران[۴]، ۲۰۱۵). در طی سال‌های گذشته، رابطه بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی مورد توجه بسیاری از محققان قرار گرفته است که آن‌ها نیز اغلب این رابطه را رابطه‌ای خطی دانسته و با پیش فرض قرار دادن آن به بررسی رابطه بین این دو عامل پرداخته‌اند. اما بررسی‌های اخیر نشان داده که شوک‌های قیمت انرژی ممکن است اثر منفی بر رشد اقتصادی داشته باشد؛ به عبارت دیگر این شوک‌ها می‌تواند اثرات نامتقارنی بر کشورهای دارنده این ذخایراعمال کند (نوسیر[۵]، ۲۰۱۶)؛ در واقع اثرات قیمت‌های نفت را می‌توان نامتقارن، غیر خطی و حساس به شرایط بازار دانست (آجمی و همکاران[۶]، ۲۰۱۳؛ بالکه و همکاران[۷]، ۲۰۰۲؛ کلوجنی و مانرا[۸]، ۲۰۰۹؛ لاردیک و میگنون[۹]، ۲۰۰۸؛ ژانگ[۱۰]، ۲۰۰۸). برای مثال همیلتون[۱۱] (۱۹۸۳) نشان داد که افزایش قیمت نفت، مسبب ۹ مورد از ۱۰ مورد رکود رخ داده از زمان جنگ جهانی دوم است. ژانگ (۲۰۰۸) مدلی غیر خطی برای بررسی رابطه بین قیمت نفت و رشد اقتصادی در ژاپن ارائه کرد و نشان داد که رابطه بین دو متغیر مذکور غیر خطی و نامتقارن است. بر این اساس فرض رابطه خطی بین قیمت انرژی و رشد اقتصادی ممکن است صحیح نباشد.

در این راستا مطالعه حاضر ابتدا به بررسی خطی یا غیر خطی بودن رابطه بین متغیرهای مذکور پرداخته و در صورت تأیید غیر خطی بودن به تخمین رابطه بین آن دو به صورت غیر خطی می‌پردازد.

---

1. Hannon & Joyce (1981)
2. Stern (2004)
3. Stern & Kander (2011)
4. Azam (2015)
5. Nusair (2016)
6. Ajmi (2013)
7. Balke (2002)
8. Cologni & Manera (2009)
9. Lardic & Mignon (2008)
10. Zhang (2008)
11. Hamilton (1983)

۳- پیشینه تحقیق

رابطه بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی در پژوهش‌های متعدد داخلی و خارجی مورد بررسی قرار گرفته است؛ که در این قسمت ابتدا مطالعات خارجی و سپس داخلی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۳-۱- مطالعات خارجی

رابطه بین رشد اقتصادی و مصرف انرژی به‌طور گسترده‌ای در مطالعات اخیر مورد بررسی قرار گرفته است. منیگاکی[1] (۲۰۱۴) حداقل ۵۱ مطالعه تجربی در مورد رابطه بین رشد GDP و مصرف مصرف انرژی در دو دهه گذشته پیدا کرده است. از میان این ۵۱ مطالعه، می‌توان مطالعات انجام شده برای اروپا (آکاراوسی و اوزترک[2]، ۲۰۱۰؛ کاسمن و دومن[3]، ۲۰۱۵)، آمریکای لاتین و کارائیب (چانگ و کاربالو[4]، ۲۰۱۱)، BRIC (پائو و تسایی[5]، ۲۰۱۱؛ کوان و چانگ[6]، ۲۰۱۴)، منا منا (آروری و یوسف[7]، ۲۰۱۲؛ عمری[8]، ۲۰۱۳)، ASEAN (سابوری و سولای‌من[9]، ۲۰۱۳)، OECD (آپرجیس و پاینه[10]، ۲۰۱۴؛ سبوری و همکاران[11]، ۲۰۱۴) و کشورهای زیر صحرای آفریقا (کیویرو و آرمینه[12]، ۲۰۱۴) را نام برد.

به‌طور کلی این پژوهش‌ها را بر اساس نتایج به دست آمده می‌توان در چهار گروه طبقه‌بندی کرد (دستک[13]، ۲۰۱۶؛ ساری و همکاران[14]، ۲۰۰۸). گروه اول نشان دهنده اثر تولید بر مصرف انرژی بوده است که از میان آن‌ها می‌توان به مطالعات کرافت وکرافت[15] (۱۹۷۸) در آمریکا، ارول و یو[16]

---

1. Menegaki (2014)
2. Acaravci & Özturk (2010)
3. Kasman & Duman (2015)
4. Chang & Carballo (2011)
5. Pao & Tsai (2011)
6. Cowan & Chang (2014)
7. Arouri & Youssef (2012)
8. Omri (2013)
9. Saboori & Sulaiman (2013)
10. Apergis & Payne (2014)
11. Saboori (2014)
12. Kivyiro & Arminen (2014)
13. Destek (2016)
14. Sari (2008)
15. Kraft and Kraft (1987)
16. Erol and Yu (1987)

(۱۹۸۷) در آلمان غربی، ابوصدرا و باغستانی (۱۹۸۹)[۱] در آمریکا، مسیح و مسیح[۲] (۱۹۹۶) در اندونزی، سویتاس و ساری[۳] (۲۰۰۳) در کره جنوبی و ایتالیا، نارایان و اسمیت[۴] (۲۰۰۵) در استرالیا، استرالیا، لی[۵] (۲۰۰۶) در فرانسه، ایتالیا و ژاپن، استرن (۲۰۰۰) در امریکا و ایکگامی و وانگ[۶] (۲۰۱۶) در آلمان اشاره کرد.

در گروه دوم، وجود علیت از مصرف انرژی به تولید اثبات شده است که همیلتون[۷] (۱۹۸۳) در امریکا، ارول و یو (۱۹۸۷) در ژاپن، سویتاس و ساری (۲۰۰۳) در ترکیه، فرانسه، آلمان، ژاپن، لی (۲۰۰۵) برای هجده کشور توسعه‌یافته، لیدل و لانگ[۸] (۲۰۱۵) در کشورهای توسعه‌یافته و در حال حال توسعه، باتاچرایا و همکاران[۹] (۲۰۱۶) در ۳۸ کشور و دستک (۲۰۱۶) در کشورهای OECD، OECD، از جمله این مطالعات هستند.

در گروه سوم، رابطه انرژی و تولید ناخالص به صورت علیت دو طرفه اثبات شده است. از این گروه نیز مطالعات هوانگ و گان[۱۰] (۱۹۹۲) در تایوان، مسیح و مسیح (۱۹۹۶) در پاکستان، سویتاس و ساری (۲۰۰۳) در آرژانتین، گالی و الساکا[۱۱] (۲۰۰۴) در کانادا، لی (۲۰۰۶) در آمریکا و کاهیا و همکاران[۱۲] (۲۰۱۶) در کشورهای منا قابل ذکر هستند.

گروه چهارم از مطالعات به این نتیجه رسیده‌اند که مصرف انرژی و تولید مستقل از یکدیگرند که مطالعات آکارکا و لانگ[۱۳] (۱۹۸۰) در ترکیه، مسیح و مسیح (۱۹۹۶) در مالزی، سنگاپور، فیلیپین، اسافو-عجایه[۱۴] (۲۰۰۰) در اندونزی و هند، سایتوس و ساری (۲۰۰۳) در ۹ ایالت صنعتی آمریکا، التینای و کاراگل[۱۵] (۲۰۰۴) در ترکیه، لی (۲۰۰۶) در انگلستان، آلمان، سوئد، و سویتاس و ساری(۲۰۰۶) در چین و ایکگامی و وانگ (۲۰۱۶) در ژاپن نمونه‌هایی از این مطالعات هستند.

---

1. Abosedra and Baghestani (1989)
2. Masih and Masih (1996)
3. Soytas and Sari (2003)
4. Narayan and Smyth (2005)
5. Lee (2006)
6. Ikegami & Wang (2016)
7. Hamilton (1983)
8. Liddle & Lung (2015)
9. Bhattacharya (2016)
10. Hwang and Gum (1992)
11. Ghali and El-Sakka (2004)
12. Kahia (2016)
13. Akarca and Long (1980)
14. Asafu-Adjaye (2000)
15. Altinay& Karagol (2004)

۳-۲- مطالعات داخلی

از میان مطالعات داخلی ابریشمی و مصطفایی (۱۳۸۰) رابطه بین رشد اقتصادی و مصرف چهار فرآورده عمده نفتی شامل بنزین موتور، نفت سفید، نفت گاز و نفت کوره را طی دوره ۱۳۳۸-۱۳۷۸ بررسی نموده‌اند. نتایج بیانگر آن است که در کوتاه‌مدت رابطه علیت گرنجری از مصرف فرآورده‌ها به تولید ناخالص داخلی وجود ندارد ولی در بلندمدت رابطه علیت گرنجری وجود دارد.

آرمن و زارع (۱۳۸۴) با استفاده از روش تودا و یاماموتو[1] به بررسی روابط بین مصرف حامل‌های انرژی (شامل فرآورده‌های نفتی، برق، گاز طبیعی و سوخت‌های جامد) و رشد اقتصادی در ایران پرداخته‌اند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که در کوتاه‌مدت و بلندمدت یک رابطه علیت گرنجری دو طرفه بین مصرف برق و رشد اقتصادی؛ و همچنین یک رابطه علیت گرنجری یک طرفه از رشد اقتصادی به مصرف گاز طبیعی در بلندمدت وجود دارد.

قاضی و همکاران (۱۳۸۶) با استفاده از الگوی تصحیح خطا (ECM)، وجود رابطه بلندمدت و کوتاه‌مدت بین مصرف نهایی حامل‌های مختلف انرژی (شامل فرآورده‌های نفتی، برق و گاز) با تولید و اشتغال را در بخش‌های مختلف اقتصاد ایران طی دوره ۱۳۵۰تا ۱۳۸۲ بررسی نموده‌اند. نتایج آن‌ها نشان داد که یک رابطه علیت کوتاه‌مدت و بلندمدت یک طرفه، از مصرف انرژی و مصرف نهایی انرژی برق به رشد اقتصادی وجود دارد. یک رابطه علیت کوتاه مدت یک طرفه نیز از رشد اقتصادی به مصرف نهایی گاز طبیعی وجود دارد.

محمدی و همکاران (۱۳۸۸) به بررسی تأثیر مصرف حامل‌های انرژی (نفت، گاز و برق) بر تولید ناخالص داخلی ایران در دوره زمانی ۱۳۴۶تا ۱۳۸۶ با استفاده از روش خود بازگشتی با وقفه توزیعی پرداخته و نشان دادند که در بلندمدت مصرف برق و گاز اثر مثبتی بر تولید ناخالص داخلی ایران دارد در صورتی که رابطه‌ی مصرف انرژی کل و فرآورده‌های نفتی در بلندمدت معنی‌دار نیست.

مهرآرا و همکاران (۱۳۹۰) اثرات غیر خطی رشد اقتصادی بر مصرف انرژی را در کشورهای وابسته به درآمد نفتی (کشورهای عضو اوپک) و همچنین کشورهای بریک (BRIC)[2] بررسی نموده و به این نتیجه رسید که در هر دو گروه از کشورها، اثرات رشد اقتصادی بر مصرف انرژی

---

[1]. Toda and Yamamoto

[2]. شامل: برزیل، روسیه، هند و چین

غیر خطی است به طوری‌که نرخ‌های بالای رشد اقتصادی، مصرف انرژی در آن کشورها را با شدت بیشتری افزایش می‌دهد.

مهرآرا و همکاران (۱۳۹۱) به بررسی ارتباط بین مصرف سرانه انرژی و درآمد سرانه پرداختند. آن‌ها با استفاده از یک مدل رگرسیونی انتقال ملایم پانل، فرضیه زیست محیطی کوزنتس را برای ۱۳ کشور عضو اوپک در دوره زمانی (۱۹۸۰ تا ۲۰۰۸) آزمون نمودند. نتایج آن‌ها نشان داد که کشش درآمدی برای تمام کشورها بین صفر و یک است، لذا می‌توان مصرف انرژی را برای این کشورها یک کالای بی‌کشش تلقی کرد.

صادقی و همکاران (۱۳۹۳) به بررسی رابطه علی بین مصرف انرژی و تولید ناخالص داخلی در کشورهای منطقه خاور میانه و شمال آفریقا طی سال‌های ۲۰۰۹-۱۹۸۰ پرداختند. نتایج حاصل از تخمین مدل دلالت بر وجود رابطه علی یک‌طرفه از مصرف انرژی به تولید ناخالص داخلی دارد.

با توجه به مطالب بیان شده، ارتباط بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی بدیهی به نظر می‌رسد؛ هرچند که با توجه به ادبیات موجود، پاسخ روشنی برای این سوال که افزایش مصرف انرژی چه اثری بر رشد اقتصادی دارد، دریافت نمی‌شود. در بسیاری از مطالعات تجربی گذشته، رابطه بین مصرف انرژی و تولید ناخالص داخلی به صورت خطی تصریح و برآورد شده است؛ اما این رویکرد، قادر به تشخیص روابط غیر خطی احتمالی موجود بین مصرف انرژی و تولید ناخالص داخلی نیست. یک راه حل برای فائق آمدن بر این مشکل و بهبود درجه دقت نتایج، استفاده از آزمون تراسورتا (۱۹۹۴) است. ویژگی بارز این مطالعه بررسی رابطه خطی یا غیر خطی بین مصرف انرژی و تولید ناخالص داخلی با کمک آزمون تراسورتا است که در پی آن مقایسه‌ای نیز بین الگوی خطی و الگوی غیر خطی صورت می‌گیرد.

۴- روش تحقیق

۴-۱- الگوی خطی و غیر خطی

رابطه بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی از زمان کار اولیه کرافت و کرافت (۱۹۷۸) به یکی از مباحث جنجال برانگیز در ادبیات اقتصاد انرژی تبدیل شده است. بیشتر تحقیقات انجام شده در این زمینه با استفاده از مدل‌های خطی صورت گرفته است. از آن‌جا که مدل خطی نمی‌تواند تغییرات تدریجی متغیرها را در وضعیت‌های مختلف اقتصادی بیان نماید، مدل‌سازی روابط بین متغیرهای اقتصادی به صورت غیر خطی مورد توجه بسیاری از اقتصاددانان قرار گرفته است؛ که از این بین

مطالعات همیلتون (۲۰۰۳)، چویی و همکاران[1] (۲۰۰۸)، آلویی و جامازی[2] (۲۰۰۹)، گابریانیز[3] (۲۰۱۰) و راهمن و سرلتیز[4] (۲۰۱۰) تأکید دارند که رابطه بین مصرف انرژی و متغیرهای اقتصادی به صورت غیر خطی است.

در این راستا، مطالعه حاضر نیز از الگوی رگرسیون انتقال ملایم[5] برای بررسی خطی یا غیر خطی بودن رابطه مصرف انرژی و تولید واقعی ناخالص داخلی ایران کمک گرفته است. این الگو، یک الگوی سری زمانی غیر خطی است که می‌توان آن را شکلی توسعه‌یافته از الگوی رگرسیونی تغییر وضعیت[6] تلقی کرد. این الگو در حالت کلی به صورت رابطه ۱ است.

$$y_t = \pi' w_t + (\theta' w_t) F(s_t, \gamma, c) + u_t \qquad (۱)$$

که در آن y_t متغیر درون‌زا، x_t متغیرهای برون‌زا، θ و π بردار پارامترهاست. s_t متغیر انتقال است که تغییرات آن، باعث تغییر ضریب متغیرهای برآوردگر می‌شود. این متغیر می‌تواند وقفه متغیر درون‌زا یا برون‌زا باشد. همچنین می‌تواند متغیر سومی خارج از این چارچوب باشد. تابع $F(s_t, \gamma, c)$، تابع انتقال نامیده می‌شود. در تابع انتقال $F(s_t, \gamma, c)$، پارامتر γ به پارامتر شیب[7] و پارامتر c به پارامتر موقعیت معروفند. پارامتر شیب، سرعت انتقال را بین دو الگوی حدی مشخص می‌کند و پارامتر موقعیت، تعیین‌کننده حد آستانه بین این رژیم‌هاست. مقدار انتقال و تابع انتقال متناظر با آن $F(.)$، تعیین‌کننده الگوی حاکم در هر دوره t خواهد بود[8]. در ادبیات اقتصادسنجی، فرم تابعی معمول که برای تابع انتقال در نظر گرفته شده، به دو صورت لجستیک و نمایی است.

بر این اساس، فرم تابع انتقال لجستیک[9] (LSTAR) به صورت رابطه ۲ تعریف می‌شود.

$$F(s_t, \gamma, c) = \{1 + \exp[-\gamma(s_t - c)]\}^{-1}, \gamma > 0 \qquad (۲)$$

---

1. Chiou-Wei (2008)
2. Aloui & Jammazi (2009)
3. Gabreyohannes (2010)
4. Rahman & Serletis (2010)
5. Smooth Transition
6. Switching Regression
7. Slope Parameter
8. Coleman
9. Logistic Smooth Transition Auto Regressive

در حالت حدی اگر γ به سمت صفر یا بی‌نهایت میل کند، آن‌گاه تابع انتقال F به سمت ۰/۵ میل می‌کند و مدل LSTAR تبدیل به یک مدل خطی می‌شود. همچنین اگر $s_t \to c$ میل کند، آن‌گاه مجدداً تابع انتقال F به سمت ۰/۵ میل می‌کند و مدل LSTAR تبدیل به یک مدل خطی می‌شود.

در شکل نمایی[1] مدل (ESTAR) تابع F در رابطه ۱ با رابطه ۳ جایگزین می‌شود:

$$F(s_t,\gamma,c) = \{1 - \exp(-\gamma(s_t - c)^2) \qquad ,\gamma > 0 \tag{۳}$$

در حالت حدی اگر γ به سمت صفر میل کند ($\gamma \to 0$)، آن‌گاه تابع انتقال F به سمت صفر میل می‌کند ($F \to 0$) و مدل ESTAR تبدیل به یک مدل خطی می‌شود. همچنین اگر $s_t \to c$ میل کند، آن‌گاه مجدداً تابع انتقال F به سمت صفر میل می‌کند و مدل ESTAR تبدیل به یک مدل خطی می‌شود.

یکی از مراحل اساسی در تخمین الگوهای رگرسیون انتقال ملایم، آزمون خطی بودن الگو در برابر غیر خطی بودن است. اگر قرار است از روش غیر خطی برای تخمین مدل استفاده شود، باید قبل از آن بر محققین مسلم شودکه فرآیند از الگوی غیر خطی تبعیت می‌کند. سؤال اساسی آن است که: اولاً آیا مدل خطی است یا از یک الگوی غیر خطی پیروی می‌کند؟ ثانیاً: اگر مدل غیر خطی است؛ از کدام فرآیند (مدل ESTAR یا مدل LSTAR) تبعیت می‌کند؟

بنابراین فرضیه صفر مبنی بر خطی بودن به صورت $H_0 : \gamma = 0$ تعریف می‌شود. در واقع با فرض صفر بودن γ، معادله ۱ به یک رگرسیون خطی تبدیل می‌شود و در این حالت، θ و c پارامترهای غیر مشخصی خواهند بود (لوپز[2]، ۲۰۰۸). راه حلی که لوکونن و همکاران[3] (۱۹۸۸) و تراسورتا (۱۹۹۴) برای حل این مشکل بیان کرده‌اند، جایگزین کردن تابع انتقال $F(s_t,\gamma,c)$ با تقریب تیلور مناسب است. برای انجام این آزمون از بسط درجه سوم تیلور، بر اساس پیشنهاد لوکونن و همکاران (۱۹۸۸)، استفاده می‌شود. بدین ترتیب، رگرسیون کمکی رابطه ۴ نوشته می‌شود.

$$d(GDP) = \pi' w_{t-1} + \sum_{i=1}^{k} \delta_k' w_{t-1} s_t^k + v_t \tag{۴}$$

---

1. Exponential Smooth Transition Auto Regressive
2. Lopez (2008)
3. Lukkonen (1988)

که در آن w'_{t-1} بردار متغیرهای مستقل مدل است. s_t متغیر انتقال و π' پارامترهای ضرایب خطی مدل کمکی و δ'_k پارامترهای ضرایب غیر خطی مدل کمکی است. در این وضعیت، فرضیه صفر مبنی بر خطی بودن الگو به صورت رابطه ۵ خواهد بود.

$$H_0 = \delta'_1 = \delta'_2 = \delta'_3 = 0 \qquad (۵)$$

برای انجام آزمون فوق، ابتدا باید متغیر انتقال در معادله ۴ تعیین شود. انتخاب این متغیر، نه تنها در این آزمون از اهمیت فراوانی برخوردار است، بلکه در تعیین نوع الگو و تخمین نهایی آن نیز سهم بسیاری دارد. برای این منظور، تسای[1] (۱۹۸۹) و تراسورتا (۱۹۹۴) آزمونی ارائه کرده‌اند که در آن متغیر انتقال مناسب، طوری انتخاب می‌شود که آماره آزمون مربوط به آزمون خطی بودن حداقل شود. به عبارت دیگر، به منظور انتخاب متغیر مناسب ابتدا آزمون خطی بودن الگو برای متغیرهای بالقوه مختلف انجام می‌شود و متغیری انتخاب می‌شود که مقدار آماره آزمون F آن در بین سایر متغیرها بیشترین باشد. در صورت تأیید غیر خطی بودن الگو، باید فرم تابعی مناسب برای تابع انتقال مورد بررسی قرار گیرد. در این مرحله با استفاده از آماره کای- دو، محدودیت‌های رابطه ۶ به ترتیب آزمون می‌شود:

$$\chi_3 : \delta'_3 = 0 \qquad (۶)$$
$$\chi_2 : \delta'_2 = 0 \,|\delta'_3 = 0$$
$$\chi_1 : \delta'_1 = 0 \,|\delta'_2 = 0 \,, \delta'_3 = 0$$

اگر فرضیه χ_3 رد شود، مدل دارای الگوی LSTAR خواهد بود و چنان‌چه محدودیت فوق پذیرفته شود؛ فرضیه χ_2 آزمون می‌شود. اگر این فرضیه رد شود، مدل دارای الگوی ESTAR خواهد بود و در غیر این صورت فرضیه χ_1 آزمون می‌شود؛ اگر این فرضیه رد شود، مدل دارای الگوی LSTAR است.

۴-۲- الگوی تصحیح خطا

در این مطالعه به برآورد و تجزیه و تحلیل الگوی تصحیح خطا نیز مبادرت شده است. این مدل‌ها در واقع نوعی از مدل‌های تعدیل جزئی‌اند که در آن‌ها با وارد کردن پسماند مانا از یک رابطه

[1]. Tsay (1989)

بلندمدت، نیروهای مؤثر در کوتاه‌مدت و سرعت نزدیک شدن به مقدار تعادلی بلندمدت اندازه‌گیری می‌شوند. این روش برای اولین بار توسط سارگان[1] (۱۹۸۴) مورد استفاده قرارگرفت و سپس توسط انگل و گرنجر[2] (۱۹۸۷) برای تصحیح عدم تعادل بکار گرفته شد. وجود هم‌انباشتگی بین مجموعه‌ای از متغیرهای اقتصادی، مبنای آماری استفاده از الگوهای تصحیح خطا را فراهم می‌کند. عمده‌ترین دلیل شهرت این الگوها آن است که نوسان‌های کوتاه‌مدت متغیرها را به مقادیر تعادلی بلندمدت مرتبط می‌کنند.

برآورد این مدل شامل دو مرحله است. مرحله نخست شامل برآورد یک رابطه بلندمدت و حصول اطمینان از کاذب نبودن آن است. سپس در مرحله دوم، پسماند رابطه بلندمدت به عنوان ضریب تصحیح خطا استفاده شده و رابطه ۷ برآورد می‌شود:

$$\Delta Y_t = a + b\Delta X_t + cU_{t-1} + e_t \qquad (۷)$$

بر اساس مطالب مطرح شده، هدف اصلی پژوهش حاضر بررسی تأثیر مصرف انواع انرژی (گاز، برق، نفت و همچنین قیمت مبادلاتی نفت) بر تولید ناخالص داخلی ایران به قیمت واقعی است (باتاچرایا و همکاران[3]، ۲۰۱۶؛ بروزان[4]، ۲۰۱۳). در این راستا، الگوی خطی تصحیح خطا برای تولید ناخالص داخلی ایران به قیمت واقعی به صورت رابطه ۸ تصریح می‌شود:

$$d(GDP) = \pi' w_{t-1} + u_t \qquad (۸)$$
$$w_{t-1} = (1, d(GDP_{t-1}), d(co_{t-1}), d(g_{t-1}), d(el_{t-1}), d(po_{t-1}), ec_{t-1})$$

که در آن GDP: تولید واقعی ناخالص داخلی ایران، co: مصرف نفت ایران، g: مصرف گاز ایران، el: مصرف الکتریسته ایران، po: قیمت مبادلاتی نفت، ec: جمله تصحیح خطا و d بیانگر پارامتر تفاضل است. در نهایت الگوی ۸ به الگوی کلی ۹ که شامل قسمت خطی همراه با قسمت غیر خطی است، تبدیل می‌شود.

$$d(GDP) = \pi' w_{t-1} + (\theta' w_t) F(s_t, \gamma, c) + u_t \qquad (۹)$$
$$w_{t-1} = (1, d(GDP_{t-1}), d(co_{t-1}), d(g_{t-1}), d(el_{t-1}), d(po_{t-1}), ec_{t-1})$$

---

1. Sargan (1984)
2. Engle & Granger (1987)
3. Bhattacharya (2016)
4. Borozan (2013)

۵- یافته‌های تحقیق

۵-۱- داده‌ها

در این مقاله از داده‌های سالانه ۱۹۶۵ تا ۲۰۱۳ استفاده شده است. متغیرهای مصرف نفت، قیمت مبادلاتی نفت، مصرف گاز، مصرف الکتریسته از داده‌های بریتیش پترولیوم[1] (BP) و تولید ناخالص داخلی به قیمت واقعی از داده‌های بانک جهانی[2] استخراج شده است.

۵-۲- بررسی مانایی متغیرها

در این پژوهش سعی شده است با وارد کردن حامل‌های انرژی شامل گاز، نفت و برق در تابع تولید ناخالص داخلی، به بررسی اثرات آن‌ها پرداخته شود. در این راستا، برای جلوگیری از به وجود آمدن رگرسیون کاذب ناشی از نامانا بودن متغیرها، از مکانیزم تصحیح خطا[3] (ECM) استفاده شده است. از این رو، پیش از تخمین مدل، لازم است مرتبه مانایی متغیرها مورد ارزیابی قرار گیرد. نتایج آزمون مانایی در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱: آزمون ریشه واحد دیکی فولر تعمیم یافته (ADF)

متغیر	آزمون ریشه واحد دیکی فولر تعمیم یافته روی سطح متغیرها		آزمون ریشه واحد دیکی فولر تعمیم یافته روی تفاضل مرتبه اول متغیرها	
	کمیت بحرانی	احتمال	کمیت بحرانی	احتمال
GDP	-۰/۲۲۸۹۵۱	۰/۹۹۰۳	-۴/۷۷۵۰۵۸	۰/۰۰۲۰
CO	-۱/۷۸۴۸۸۹	۰/۶۹۵۱	-۵/۸۱۲۶۹۱	۰/۰۰۰۱
G	۱/۵۶۰۹۳۹	۱/۰۰۰۰	- ۵/۲۷۵۲۱۳	۰/۰۰۰۵
El	-۴/۰۰۰۴۴۱	۰/۰۱۶۰	-۵/۲۴۱۵۰۶	۰/۰۰۰۸
po	-۱/۹۳۷۸۶۰	۰/۶۱۸۰	-۵/۷۵۴۵۳۸	۰/۰۰۰۱

منبع: یافته‌های پژوهش

نتایج حاصل، بیانگر نامانایی کلیه متغیرهاست. بنابراین از کلیه متغیرها یک مرتبه تفاضل‌گیری شده و آزمون مانایی مجدداً انجام گرفت که در نهایت نتایج نشان دهنده مانایی تفاضل مرتبه اول کلیه متغیرها است. بنابراین، لازم است از وجود رابطه هم‌جمعی بین متغیرها اطمینان حاصل کرد؛ بدین منظور از آزمون جوهانسن استفاده می‌شود.

---

1. British Petroleum
2. World Bank Data
3. Error Correction Mechanism (ECM)

جدول ۲: نتایج آزمون اثر برای تولید ناخالص داخلی ایران

فرضیه صفر	مقدار ویژه	آزمون اثر	مقدار بحرانی	احتمال
$r = 0$	۰/۵۶۰۸۸۳	۹۶/۹۳۰۱۱	۸۸/۸۰۳۸۰	۰/۰۱۱۴
$r \leq 1$	۰/۴۷۶۵۷۱	۶۱/۵۴۱۵۳	۶۳/۸۷۶۱۰	۰/۰۷۷۴

منبع: یافته‌های پژوهش

بر اساس جدول ۲ مشخص می‌شود که حداقل یک رابطه هم‌جمعی بین متغیرهای مدل وجود دارد. با تأیید وجود رابطه هم‌جمعی بین متغیرهای موجود در الگو، می‌توان از فقدان رگرسیون کاذب و وجود ارتباط حقیقی بین متغیرها اطمینان حاصل کرد.

۵-۳- آزمون غیر خطی بودن، انتخاب متغیر و فرم انتقال

با توجه به رابطه ۴، در ابتدا باید متغیر انتقال برای انجام آزمون تراسورتا تعیین شود. به عبارت دیگر، به منظور انتخاب متغیر مناسب، ابتدا آزمون خطی بودن الگو برای متغیرهای بالقوه مختلف انجام شده و متغیری به عنوان متغیر انتقال انتخاب می‌شودکه مقدار آماره آزمون F در بین سایر متغیرها بیشترین باشد. در صورت تأیید غیر خطی بودن الگو، باید فرم تابعی مناسب برای تابع انتقال مورد بررسی قرار گیرد.

جدول ۳: نتایج آزمون خطی بودن و تعیین متغیر انتقال در تابع تصحیح خطای تولید ناخالص داخلی ایران

متغیر انتقال (S_t)	k=1	k=2	k=3
$d(GDP_{t-1})$	۴/۰۶۶(۰/۰۰۰۸)	۴/۸۸(۰/۰۰۰۲)	۳/۰۱۷ (۰/۰۰۹۶)
$d(co_{t-1})$	۳/۹۰۸ (۰/۰۰۱۱)	۲/۷۹۴(۰/۰۰۹۱)	-[۱]
$d(g_{t-1})$	۲/۹۶۳ (۰/۰۰۷۷)	۲/۴۷۸۹ (۰/۰۱۳۰)	۲/۶۲۵ (۰/۰۱۹۸)
$d(el_{t-1})^{**}$	۵/۰۶۲۹ (۰/۰۰۰۱)	۳/۲۶۰۱ (۰/۰۰۳۸)	۲/۹۳۰۸ (۰/۰۱۱۲)
$d(p_{t-1})$	۴/۹۶۲۴(۰/۰۰۰۱)	۳/۷۹۵۷ (۰/۰۰۱۳)	۳/۷۴۴۹ (۰/۰۰۲۵)
ec_{t-1}^{*}	۵/۳۷۴۰ (۰/۰۰۰۰)	۴/۶۵۵۲ (۰/۰۰۰۳)	۲/۹۸۱۸ (۰/۰۱۰۹)

منبع: یافته‌های پژوهش

نتایج حاصل از انجام آزمون‌های فوق در جدول ۳ بیان شده است. در این جدول، اولین کاندید متغیر انتقال با علامت (*) و دومین کاندید متغیر انتقال با علامت (**) مشخص شده است. با مقایسه مقادیر بیان شده در جدول فوق، ملاحظه می‌شود که اولین متغیر انتقال ec_{t-1} و دومین کاندید متغیر انتقال el_{t-1} است. در این مقاله پس از بررسی‌های صورت گرفته مشخص شد که فرآیند همگرایی در اولین کاندید متغیر انتقال اتفاق نمی‌افتد، بنابراین دومین متغیر کاندید به عنوان پارامتر

[۱]. در تخمین فوق، نرم افزار پیغام خطای near singular matrice داد.

انتقال در نظر گرفته شد[۱]. اکنون پس از مشخص شدن کاندید ورود، باید فرم تابعی مناسب برای تابع انتقال مورد بررسی قرار گیرد. در این مرحله با استفاده از آزمون تراسورتا مشخص می‌شود که بین LSTAR و ESTAR کدام یک انتخاب خواهند شد.

جدول ۴: انتخاب تابع انتقال

آماره آزمون	χ_1	χ_2	χ_3	مدل مناسب
آماره کای دو	*۳۰/۲۹	۱۱/۲۰	۷/۶۴	LSTAR
(*Prob*)	(۰/۰۳)	(۰/۵۱)	(۰/۲۵)	

منبع: یافته‌های پژوهش

با توجه به آماره کای- دو، فرضیه‌های χ_2 و χ_3 رد نمی‌شوند ولی فرضیه χ_1 رد می‌شود؛ که بیانگر آن است که الگوی مناسب تابع انتقال به صورت لجستیک است؛ بنابراین الگوی ۱۰ تخمین زده می‌شود.

$$d(GDP) = \pi' w_{t-1} + (\theta' w_t)/(1 + \exp[-\gamma(el_{t-1} - c)]) + u_t \qquad (۱۰)$$
$$w_{t-1} = (1, d(GDP_{t-1}), d(co_{t-1}), d(g_{t-1}), d(el_{t-1}), d(po_{t-1}), ec_{t-1})$$

از آن‌جا که ضرایب به صورت حاصل‌ضرب هستند؛ باید از روش حداقل مربعات غیر خطی (NLLS) آن‌ها را برآورد نمود. متأسفانه بر اساس بسیاری از روش‌های عددی، مقادیر γ و c را نمی‌توان به طور همزمان تعیین کرد. معمولاً برای حل چنین مسائلی از یک جواب اولیه $(\gamma_0; c_0)$ شروع کرده و با ثابت نگه داشتن مقدار اولیه c_0، مدل را جهت تخمین جدیدی از γ_0 یعنی γ_1 برآورد می‌کنند. در مرحله بعد γ_1 را ثابت در نظر گرفته و بر این اساس تخمین جدیدی از c یعنی c_1 برآورد می‌کنند. این فرآیند را آن‌قدر تکرار کرده تا مقادیر پیاپی γ و c از ثبات لازم برخوردار شوند؛ به بیان ریاضی:

$$|c_i - c_{i-1}| < \xi \qquad (۱۱)$$
$$|\gamma_i - \gamma_{i-1}| < \xi$$

[۱]. یکی از ارکان اساسی برای تخمین‌های غیر خطی مورد بحث، رسیدن به شرایط همگرایی است. در این مقاله شرایط همگرایی در اولین کاندید ورود اتفاق نیفتاد بنابراین دومین کاندید ورود مورد بررسی قرار گرفت که شرایط همگرایی برای متغیر کاندید دوم برقرار شد.

ζ مقدار بسیار کوچکی است که توسط محقق تعیین می‌شود. در این پژوهش شرط ۱۱، بعد از ۲۸ بار تکرار برقرار شد که معنی آن رسیدن به پایداری است؛ بنابراین فرآیند با حصول همگرایی متوقف شد.

رابطه ۱۰ به صورت رابطه ۱۲ بازنویسی شده و اطلاعات به دست آمده از تخمین آن، به صورت مقایسه‌ای با تخمین مدل خطی در جدول ۵ آورده شده است.

$$d(GDP) = c_1 + c_2 * d(GDP_{t-1}) + c_3 * d(po_{t-1}) + c_4 * d(g_{t-1}) + c_5 * d(el_{t-1}) + c_6 * d(co_{t-1}) + c_7 * ec_{t-1} + \left(\frac{c_8 * d(GDP_{t-1}) + c_9 * d(po_{t-1}) + c_{10} * d(g_{t-1}) + c_{11} * d(el_{t-1}) + c_{12} * d(co_{t-1}) + c_{13} * ec_{t-1}}{1 + \exp\left[-\gamma(d(el_{t-1}) - c)\right]}\right) + u_t \quad (۱۲)$$

همان‌طور که از جدول ۵ مشخص است، اگر تنها قسمت خطی رابطه فوق تخمین زده شود $\bar{R}^2$ آن برابر ۰/۳۶ است؛ اما اگر قسمت غیر خطی به قسمت خطی مدل اضافه شود، آنگاه $\bar{R}^2$ برابر ۰/۶۱ می‌شود که حکایت از بهبود مدل دارد. در جدول ۵ ضرایب مدل خطی و غیر خطی آورده شده است. در این جدول، با توجه به پارامتر انتقال، سه آستانه پایین، بالا و وسط تعریف شده است. با توجه به این آستانه‌ها، اثر تغییر در تفاضل متغیرهای وابسته بر تفاضل تولید ناخالص داخلی به دست آمده است. نتایج بیانگر آن است که در آستانه پایین، ضرایب متغیرها همان ضرایب قسمت خطی است. با حرکت از آستانه پایین به وسط، اثر ضرایب متغیرهای تفاضلی تولید ناخالص، مصرف نفت، مصرف گاز و همچنین خطای دوره قبل کاهش یافته و اثرات ضرایب متغیرهای قیمت مبادلاتی نفت و الکتریسته افزایش و سپس با حرکت از آستانه وسط به آستانه بالا این روند ادامه می‌یابد.

همان‌طور که از نتایج بدست آمده مشخص است، افزایش قیمت نفت در آستانه پایین باعث کاهش تولید می‌شود؛ اما با حرکت از آستانه پایین به آستانه وسط و بالا این روند عکس شده و افزایش قیمت منجر به افزایش تولید می‌شود. در مورد مصرف الکتریسیته نیز، نتایج حاکی از وجود رابطه مثبت و فزاینده بین این دو متغیر است. در واقع با حرکت از آستانه پایین به بالا، افزایش مصرف برق موجب افزایش بیشتر و بیشتر تولید شده تا این‌که در نهایت در آستانه بالا به اوج خود می‌رسد. در توجیه این نتیجه می‌توان گفت که برق جانشین مناسبی برای سوخت‌های فسیلی چون نفت است؛ به همین دلیل با افزایش قیمت این مواد امکان جانشینی بیشتر این سوخت

به جای نفت فراهم می‌شود. با دقت در نتایج متوجه تأیید این نتیجه می‌شوید؛ چرا که مصرف نفت از آستانه پایین به سمت آستانه بالا کاهشی است. بدین صورت که در ابتدا رابطه بین این دو مثبت است اما با حرکت از آستانه پایین به بالا این اثر همواره کاهش یافته و در نهایت رابطه بین آن‌ها عکس می‌شود. در مورد اثرگذاری مصرف گاز طبیعی نیز اثر جانشینی اثرگذار است؛ با این تفاوت که در ابتدای افزایش مصرف گاز، تولید افزایش یافته و سپس کاهش می‌یابد. در حقیقت در این مورد رابطه‌ای U شکل بین مصرف گاز و تولید وجود دارد.

جدول ۵: مقایسه بین ضرایب تخمین مدل خطی و مدل غیر خطی

	مدل خطی	مدل غیر خطی				
نام متغیر	ضرایب	ضرایب قسمت خطی	ضرایب قسمت غیر خطی	حد بالا	حد وسط	حد پایین
$d(GDP_{t-1})$	۰/۳۳	۰/۶۲	-۰/۳۸	۰/۲۴	۰/۴۳۳	۰/۶۲
$d(p_{t-1})$	۶۷۷	-۶۲۶	۳۱۶	۲۵۳	۹۵۴	-۶۲
$d(g_{t-1})$	۱۱۴	۲۱۰	-۳۳۱	-۱۲۱	۴۴۵	۲۱۰
$d(el_{t-1})$	۳۹۹	۳۸۶	۳۹۱	۷۷۷	۵۸۱	۳۸۶
$d(co_{t-1})$	۴۶۴	۲۷۵	-۵۴۷	-۲۷۲	۱۵۰	۲۷۵
ec_{t-1}	-۰/۲۸	۰/۱۱	-۰/۵۴	-۰/۴۲	-۰/۱۵۸	۰/۱۱
R^2	۰/۴۵	۰/۷۲				
	۰/۳۶	۰/۶۱				

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول ۶: مقدار آستانه و مقدار سرعت انتقال

مقدار آستانه (C)	مقدار سرعت انتقال (γ)
-۰/۵۲	۳/۹

منبع: یافته‌های پژوهش

۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در مطالعه حاضر به بررسی رابطه بین مصرف انواع انرژی و تولید ناخالص داخلی به قیمت واقعی پرداخته شد؛ اما از آن‌جا که امکان وجود روابط غیر خطی بین این عوامل وجود دارد و از دید محققان پنهان مانده است، این مطالعه به بررسی رابطه بین مصرف انواع انرژی و تولید ناخالص داخلی به صورت غیر خطی پرداخت. در این راستا ابتدا خطی یا غیر خطی بودن روابط بررسی شد. نتایج نشان دهنده وجود رابطه غیر خطی LSTAR بین متغیرها بوده و مصرف الکتریسته نیز به

عنوان متغیر انتقال انتخاب شده است. بر اساس این مدل، سه حالت آستانه بالا، پایین و وسط مورد بررسی قرار گرفت. اثر تفاضلی قیمت نفت از آستانه پایین به سمت آستانه وسط و سپس آستانه بالا در حال افزایش است؛ این امر حکایت از آن دارد که با تغییرات مثبت الکتریسته، تغییرات قیمت مبادلاتی نفت تأثیر مثبتی بر تغییرات تولید ناخالص داخلی خواهد گذاشت.

اثر مصرف گاز بر تولید ناخالص داخلی U شکل است؛ بدین معنا که از آستانه پایین به وسط افزایش و از آستانه وسط به بالا کاهش می‌یابد. اما تغییرات مثبت مصرف الکتریسته اثر مثبتی بر تغییرات تولید ناخالص داخلی در هر سه آستانه پایین، وسط و بالا خواهد گذاشت. تغییرات مثبت مصرف نفت در آستانه پایین اثر مثبتی بر تغییرات تولید ناخالص داخلی خواهد گذاشت و با حرکت از آستانه پایین به سمت آستانه بالا از این اثر کم شده و در آستانه بالا اثری در خلاف جهت تغییرات مصرف نفت خواهد گذاشت.

طبق یافته‌های پژوهش از بین تمامی کاندیدهای (مصرف نفت، مصرف گاز، مصرف برق، قیمت مبادلاتی نفت) اثرگذار بر تولید ناخالص داخلی، متغیر مصرف برق به عنوان مؤثرترین متغیر انتقال تأثیرگذار بر روی تولید ناخالص داخلی مشخص شد. این موضوع نشان دهنده اهمیت روز افزون این متغیر بر تولید ناخالص داخلی است. بنابراین، از آن‌جا که افزایش تولید ناخالص داخلی یکی از اهداف مهم اقتصادی است؛ بر این اساس پیشنهاد می‌شود که به تولید برق توجه بیشتری مبذول داشته و در طی زمان سعی بر جانشینی آن به جای سوخت‌های فسیلی نمایند. از طرف دیگر از میان نفت و گاز نیز، گاز اثرات مثبت بیشتری بر تولید دارد؛ بنابراین در برنامه‌ریزی بلندمدت در زمینه استفاده از منابع طبیعی، باید توجه غالب معطوف به گاز طبیعی شود.

منابع و مآخذ

۱. ابریشمی، حمید. و مصطفایی، آذر (۱۳۸۰). "بررسی رابطه بین رشد اقتصادی و مصرف فرآورده‌های عمده نفتی در ایران". مجله دانش و توسعه (۱۴): ۴۵-۱۱.

۲. آرمن، سید عزیز. و زارع، روح الله (۱۳۸۴). "بررسی رابطه علیت گرنجری بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی در ایران طی سال‌های ۱۳۴۶-۱۳۸۱". فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران **۷**(۲۰): ۱۴۳-۱۱۷.

۳. صادقی، سیدکمال. قمری، نیر. و فشاری، مجید (۱۳۹۳). "بررسی رابطه علی بین مصرف انرژی و تولید ناخالص داخلی در کشورهای منطقه MENA (رهیافت گشتاور تعمیم یافته در داده‌های تابلویی)". پژوهشنامه اقتصاد کلان **۹**(۱۷): ۱۴۰-۱۲۱.

۴. قاضی، مرتضی. آماده، حمید. و عباسی فر، زهره (۱۳۸۸). "بررسی رابطه مصرف انرژی و رشد اقتصادی و اشتغال در بخش‌های مختلف اقتصاد ایران". فصلنامه تحقیقات اقتصادی **٤٤**(۸۶): ۳۸-۱.

۵. محمدی، نجمه. مهرگان، نادر. و حقانی، محمود (۱۳۸۸). "بررسی تأثیر مصرف حامل‌های انرژی بر تولید ناخالص داخلی ایران". هفتمین همایش ملی انرژی.

۶. مهرآرا، محسن. ابریشمی، حمید. و سبحانیان، سید محمد هادی (۱۳۹۰). "اثرات غیر خطی رشد اقتصادی بر رشد مصرف انرژی در کشورهای عضو اوپک و کشورهای بریک با استفاده از روش حد آستانه". پژوهشهای اقتصادی ایران **١٦**(۴۹): ۲۰۴-۱۷۷.

۷. مهرآرا، محسن. امیری، حسین. و حسنی سرخ بوزنی، محمد (۱۳۹۱). "رابطه مصرف انرژی و درآمد: آزمون فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس با استفاده از رویکرد مدل‌های رگرسیونی انتقال پنل ملایم". فصلنامه پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی (۶۲): ۱۹۴-۱۷۱.

8. Abosedra, S. and Baghestani, H. (1989). "New Evidence on the Causal Relationship between United States Energy Consumption and Gross National Product". Journal of Energy and Development **14**: 285-292.
9. Acaravci A. and Özturk, I. (2010). "On the Relationship between Energy Consumption, CO_2 Emissions and Economic Growth in Europe". Energy **35**(12): 5412-20.
10. Ajmi, A.N. Montasser, GH. and Nguyen, D.K. (2013). "Testing the Relationships between Energy Consumption and Income in G7 Countries with Nonlinear Causality Tests". Economic Modelling **35**: 126-133.

11. Akarca, A.T. and Long, T.V. (1980). "On the Relationship between Energy and GNP: a Reexamination". Journal of Energy and Development **5**: 326-331.
12. Allen, EL. Cooper, CL. Edmonds, FC. Edmonds, JA. Reister, DB. Weinberg, AM. Whittle, CE. and Zelby, LW. (1976). *US Energy and Economic Growth, 1975–2010*, TN, Oak Ridge: Associated Universities Institute for Energy Analysis.
13. Aloui, C. and Jammazi, R. (2009). "The Effects of Crude Oil Shocks on Stock Market shifts Behavior: A Regime Switching Approach". Energy Economics **31**: 789-799.
14. Altinay, G. and Karagol, E. (2004). "Structural Break, Unit Root, and the Causality between Energy Consumption and GDP in Turkey". Energy Economics **26**: 985-994.
15. Apergis, N. and Payne, JE. (2014). "The Causal Dynamics between Renewable Energy, Real GDP, Emissions and Oil Prices: Evidence from OECD Countries". Applied Economics **46**(36): 4519-25.
16. Arouri, MEH. Youssef, AB. M'henni, H. and Rault, C. (2012). "Energy Consumption, Economic Growth and CO_2 Emissions in Middle East and North African Countries". Energy Policy **45**: 342-9.
17. Asafu-Adjaye, J. (2000). "The Relationship between Energy Consumption, Energy Prices and Economic Growth: Time Series Evidence from Asian Developing Countries". Energy Economics **22**: 615-625.
18. Azam, M. Khan, AQ. Bakhtyar, B. and Emirullah, C. (2015). "The Causal Relationship between Energy Consumption and Economic Growth in the ASEAN-5 Countries". Renew Sustain Energy Rev **47**: 732-45.
19. Balke, N.S. Brown, S.P.A. and Yücel, M.K. (2002). "Oil Price Shocks and the U.S. Economy: Where does the Asymmetry Originate?". Energy Journal **23**: 27-52.
20. Bhattacharya, P. Dey, R. Dagur, P.K. Joshi, AB. Ismail, N. Gannavaram, S. Debrabant, A. Akue, AD. KuKuruga, MA. Selvapandiyan, A. McCoy, JP. Jr. and Nakhasi, HL. (2016). "Live Attenuated Leishmania donovani Centrin Knock out Parasites Generate Non-inferior Protective Immune Response in Aged Mice against Visceral Leishmaniasis". PLoS Negl Trop Dis 31; **10**(8): e0004963.

21. Borozan, D. (2013). "Exploring the Relationship between Energy Consumption and GDP: Evidence from Croatia". Energy Policy **59**: 373-381.
22. Chang, C. and Carballo, CFS. (2011). "Energy Conservation and Sustainable Economic Growth: the Case of Latin America and the Caribbean". Energy Policy **39**(7): 4215-21.
23. Chiou-Wei, S. Z. Chen, C. F. and Zhu, Z. (2008). "Economic Growth and Energy Consumption Revisited- Evidence from Linear and Nonlinear Granger Causality". Energy Economics **30**(6): 3063-3076.
24. Coleman, S. Cuestas, J. C. & Mourelle, E. (2010). "A Nonlinear Analysis of the Relationship between Real Exchange Rates and Oil Price in African Countries". In CSAE Conference. Oxford University.
25. Cologni, A. and Manera, M. (2009). "The Asymmetric Effects of Oil Shocks on Output Growth: a Markov-Switching Analysis for the G-7 Countries". Economic Modelling **26**: 1-29.
26. Cowan, WN. Chang, T. Inglesi-Lotz, R. and Gupta, R. (2014). "The Nexus of Electricity Consumption, Economic Growth and CO_2 Emissions in the BRICS Countries". Energy Policy **66**: 359-68.
27. Destek, M.A. (2016). "Natural Gas Consumption and Economic Growth: Panel Evidence from OECD Countries". Energy **114**: 1007-1015.
28. Engle, R. F. and Granger, C. W. (1987). "Cointegration and Error Correction: Repersentation, Estimation and Testing". Econometrica **55**: 251-76.
29. Erol, U. and Yu, E.S.H. (1987). "On the Causal Relationship between Energy and Income for Industrialized Countries". Journal of Energy and Development **13**: 113-122.
30. Ewing, B.T. Sari, R. and Soytas, U. (2007). "Disaggregate Energy Consumption and Industrial Output in the United States". Energy Policy **35**: 1274-1281.
31. Gabreyohannes, E. (2010). "A Nonlinear Approach to Modeling the Residential Electricity Consumption in Ethiopia". Energy Economics **32**: 515-523.
32. Ghali, K.H. and El-Sakka, M.I.T. (2004). "Energy Use and Output Growth in Canada: a Multivariate Cointegration Analysis". Energy Economics **26**: 225–238.
33. Hamilton, J. D. (1983). "Oil and the Macroeconomy since World War 2". Journal of Political Economy **91**: 228-248.

34. Hamilton, J.D. (2003). "What is an Oil Shock?" . Journal of Econometrics **113**: 363-398.
35. Hannon, BM. and Joyce, J. (1981). "Energy and Technical Progress". Energy **6**: 187-95.
36. Huang, B.N. Hwang, M.J. and Yang, C.W. (2008). "Does more Energy Consumption Bolster Economic Growth? An application of the Nonlinear Threshold Regression Model". Energy Policy **36**: 755-767.
37. Hwang, D.B.K. and Gum, B. (1992). "The causal Relationship between Energy and GNP: the Case of Taiwan". The Journal of Energy and Development **16**: 219–226.
38. Ikegami, M. and Wang, Z. (2016). "The Long-Run Causal Relationship between Electricity Consumption and Real GDP: Evidence from Japan and Germany". Journal of Policy Modeling **38**(5): 767-784.
39. Jorgenson, DW. (1984). "The Role of Energy in Productivity Growth". Energy J **5**(3): 11-26.
40. Kahia, M. Aïssa, M. and Charfeddine, L. (2016). "Impact of Renewable and Non-Renewable Energy Consumption on Economic Growth: New Evidence from the MENA Net Oil Exporting Countries (NOECs)". Energy **116**: 102-115.
41. Kasman, A. and Duman, YS. (2015). "CO_2 Emissions, Economic Growth, Energy Consumption, Trade and Urbanization in New EU Member and Candidate Countries: a Panel Data Analysis". Econ Model **44**: 97-103.
42. Kivyiro, P. and Arminen, H. (2014). "Carbon Dioxide Emissions, Energy Consumption, Economic Growth, and Foreign Direct Investment: Causality Analysis for Sub Saharan Africa". Energy **74**: 595-606.
43. Kraft, J. and Kraft, A. (1978). "On the Relationship between Energy and GNP". Journal of Energy and Development **3**: 401-403.
44. Lardic, S. and Mignon, V. (2008). "Oil Prices and Economic Activity: an Asymmetric Cointegration Approach". Energy Economics **30**: 847-855.
45. Lee, C. (2005). "Energy Consumption and GDP in Developing Countries: A Cointegrated Panel Analysis". Energy Economics **27**: 415-427.
46. Lee, C.C. (2006). "The Causality Relationship between Energy Consumption and GDP in G-11 Countries Revisited". Energy Policy **34**: 1086-1093.

47. Lee, C.C. and Chang, C.P. (2007). "The Impact of Energy Consumption on Economic Growth: Evidence from Linear and Nonlinear Models in Taiwan". Energy **32**: 2282-2294.
48. Liddle, B. and Lung, S. (2015). "Revisiting Energy Consumption and GDP Causality: Importance of a Priori Hypothesis Testing, Disaggregated Data, and Heterogeneous Panels". Applied Energy **142**: 44-55.
49. Lopez, A. (2008). "Nonlinearities or Outliers in Real Exchange Rates?". Economic Modeling **25**: 714-730.
50. Lukkonen, R. Saikkonen, P. and Terasvirta, T. (1988). "Testing Linearity Against Smooth Transition Autoregressive Models". Biometrica **75**(3): 491-499.
51. Masih, A. and Masih, R. (1996). "Energy Consumption, Real Income and Temporal Causality: Results from a Multi-Country Study based on Cointegration and Error-Correction Modeling Techniques". Energy Economics **18**: 165-183.
52. Menegaki, A. (2014). "On Energy Consumption and GDP Studies; A Meta-Analysis of the Last Two Decades". Renewable and Sustainable Energy Reviews 29: 31-36.
53. Narayan, P.K. and Smyth, R. (2005). "Electricity Consumption, Employment and Real Income in Australia: Evidence from Multivariate Granger Causality Tests". Energy Policy **33**: 1109-1116.
54. Narayan., P.K. and Popp, S. (2012). "The Energy Consumption-Real GDP Nexus Revisited: Empirical Evidence from 93 Countries". Economic Modelling **29**: 303-308.
55. Nusair, Salah A. (2016). "The Effects of Oil Price Shocks on the Economies of the Gulf Co-operation Council Countries: Nonlinear Analysis". Energy Policy, Elsevier **91**(C): 256-267.
56. Omay, T. Mubariz, H. and Nuri, U. (2012). "Energy Consumption and Economic Growth: Evidence from Nonlinear Panel Cointegration and Causality Tests". Hacettepe University Department of Economics Working Papers 20130.
57. Omri, A. (2013). "CO_2 Emissions, Energy Consumption and Economic Growth Nexus in MENA Countries: Evidence from Simultaneous Equations Models". Energy Econ **40**: 657-64.
58. Pao, HT. and Tsai, CM. (2011). "Multivariate Granger Causality between CO_2 Emissions, Energy Consumption, FDI (Foreign Direct Investment) and GDP (Gross Domestic Product): Evidence from a Panel

of BRIC (Brazil, Russian Federation, India, and China) Countries". Energy **36**(1): 685-93.

59. Rahman, S. and Serletis, A. (2010). "The Asymmetric Effects of Oil Price and Monetary Policy Shocks: A Nonlinear VAR Approach". Energy Economics **32**: 1460-1466.
60. Saboori, B. and Sulaiman, J. (2013). "CO_2 Emissions, Energy Consumption and Economic Growth in Association of Southeast Asian Nations (ASEAN) Countries: A Cointegration Approach". Energy **55**: 813-22.
61. Saboori, B. Sapri, M. and Bin Baba, M. (2014). "Economic Growth, Energy Consumption and CO_2 Emissions in OECD (Organization for Economic Co-Operation and Development)'S Transport Sector: A Fully Modified Bi-Directional Relationship Approach". Energy **66**: 150-61.
62. Sargan, J. D. (1984). *Wages and Price in the United Kingdom, a Study in Econometric Methodology*, Originally Published in 1964 and Reproduced in K. F. Wallis and D.
63. Sari, R. Ewing, B. T. and Soytas, U. (2008). "The Relationship between Disaggregates Energy Consumption and Industrial Production in the United States: An ARDL Approach". Journal of Energy Economics **30**(5): 2302-2313.
64. Sari, R. Soytas, U. (2004). "Disaggregate Energy Consumption, Employment, and Income in Turkey". Energy Economics **26**(3): 335-344.
65. Solow, RM. (1956). "A Contribution to the Theory of Economic Growth". Q J Econ **70**: 65-94.
66. Solow, RM. (1957). "Technical Change and the Aggregate Production Function". Rev Econ Stat **39**: 312-20.
67. Soytas, U. and Sari, R. (2003). "Energy Consumption and GDP: Causality Relationship in G-7 Countries and Emerging Markets". Energy Economics **25**: 33-37.
68. Stern, D.I. (2004). *Economic Growth and Energy*, In: Cleveland, Cutler J. (ed.). Encyclopedia of Energy, vol. 2. Philadelphia, US: Elsevier Inc.
69. Stern, D.I. and Kander, A. (2011). "The Role of Energy in the Industrial Revolution and Modern Economic Growth". CAMA Working Paper Series No. 1.
70. Streimikiene, D. & Kasperowicz, R. (2016). "Review of Economic Growth and Energy Consumption: A Panel Cointegration Analysis for

EU Countries". Renewable and Sustainable Energy Reviews 59: 1545-1549. DOI: 10.1016/j.rser.2016.01.041

71. Swan, T. (1956). "Economic Growth and Capital Accumulation". Econ Rec **32**(68): 334-61.
72. Terasvirta, T. (1994). "Specification, Estimation and Evaluation of Smooth Transition Autoregressive Models". Journal of the American Statistical Association **89**: 208-218.
73. Tsay, R. (1989). "Testing and Modeling Threshold Autoregressive Processes". Journal of American Statistics Association **84**: 231-240.
74. Zhang, D. (2008). "Oil Shock and Economic Growth in Japan: a Nonlinear Approach". Energy Economics **30**: 2374–2390.