

رابطه بین مصرف انرژی و تولید در بخش صنعت ایران

سید کمال صادقی*، ناصر صنوبر**، داود بهبودی⁺، علی دهقانی^x

تاریخ دریافت: ۹۰/۰۱/۱۵ تاریخ پذیرش: ۹۱/۰۴/۲۸

چکیده

هدف اصلی این مقاله بررسی رابطه بین مصرف انرژی و ارزش تولیدات زیر بخش‌های صنعتی در صنایع چهاررقمی ایرانبا استفاده از علیت گرنجر و گرنجر- هشیائو در دوره ۸۶-۱۳۷۴ می باشد. نتایج مدل نشان می‌دهد که بین متغیرهای ارزش تولیدات صنعتی و انرژی مصرفی در این بخش یک رابطه علی یک طرفه از سوی انرژی مصرفی به ارزش تولیدات زیربخش‌های صنعتی، بر اساس طبقه بندی ISIC برقرار بوده و این رابطه علی یک طرفه در هر دو رویکرد علیت تأیید می‌شود.

طبقه بندی JEL: Q43, C23

واژگان کلیدی: علیت گرنجر- هشیائو، ارزش تولید، انرژی، صنایع تولیدی

* استادیار دانشگاه تبریز، گروه اقتصاد، تبریز، ایران (نویسنده مسئول)، پست الکترونیکی:

sadeghiseyedikamal@gmail.com

sanoubar@tabrizu.ac.ir

dbehboudi@tabrizu.ac.ir

dehghani30@gmail.com

** استادیار دانشگاه تبریز، گروه اقتصاد، تبریز، ایران، پست الکترونیکی:

⁺ دانشیار دانشگاه تبریز، گروه اقتصاد، تبریز، ایران، پست الکترونیکی:

^x دانشجوی دکتری اقتصاد صنعتی دانشگاه تبریز، پست الکترونیکی:

۱- مقدمه

انرژی نقش مهمی را در زنجیره عرضه به عنوان کالای نهایی^۱ و در فرایند تولید بسیاری از کالاها و خدمات به عنوان یک نهاده ایفا می‌کند. علاوه بر این، در دهه‌های اخیر توجه ویژه‌ای به مصرف انرژی و تأثیر آن بر بخش‌های مختلف اقتصادی و محیط زیست شده است. در این میان بخش صنعت به عنوان یکی از بخش‌های مهم مصرف کننده انرژی بوده و تلاش برای منطقی نمودن مصرف انرژی و استفاده بهینه آن با توجه به محدودیت منابع همواره مورد توجه سیاست گذاران اقتصادی بسیاری از کشورهای در حال توسعه و از جمله ایران بوده است. مطالعات انجام شده نیز در دهه اخیر دلالت بر ارتباط علی بین این دو متغیر می‌باشد. از آنجا که چگونگی ارتباط بین مصرف انرژی و تولیدات بخش صنعت در مطالعات داخل مورد توجه نبوده است، لذا در این راستا هدف اصلی این مطالعه تبیین ارتباط بین متغیرهای مصرف انرژی و تولید در زیر بخش‌های صنعت ایران در سالهای ۱۳۷۴-۱۳۸۶ می‌باشد. زیرا بررسی ارتباط بین این دو متغیر می‌تواند سیاست گذاران اقتصادی را در زمینه استفاده بهینه از منابع محدود انرژی در بخش‌های اقتصادی و به ویژه بخش صنعت یاری رساند.

تاکید برنامه های توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی ج.ا.ا. و لایحه بودجه سال ۱۳۸۹ از یک سو و قانون هدفمند کردن یارانه ها از سوی دیگر، دولت را مکلف نموده است تا برنامه های خاصی به منظور مصرف بهینه انرژی در بخش های مختلف اقتصادی، از جمله بخش صنعت، داشته باشد. از این رو، لازم است تا طی مطالعه ای، میزان بهینه مصرف انرژی در زیر بخش های صنعت ایران مشخص شود. هدف از انجام این پژوهش تبیین ارتباط بین مصرف انرژی و تولیدات زیر بخش های صنعت بر حسب طبقه بندی ISIC در سطح دو رقمی، در اقتصاد ایران در سالهای ۱۳۷۴-۱۳۸۶ می‌باشد. فرضیه اساسی که این مطالعه در پی ارائه پاسخ

1. Final Goods

^۱- آمار و اطلاعات خام مورد استفاده در این مقاله از طرح های آمارگیری کارگاههای صنعتی کشور اخذ شده است و سپس با استفاده از برنامه نویسی کامپیوتری، اطلاعات نهایی استخراج شده است و در تاریخ تکمیل این تحقیق، یعنی دی ماه ۱۳۸۹، آمار این بخش تا سال ۱۳۸۶ گردآوری و منتشر شده است.

مناسب به آن می باشد، عبارتست از: ارتباط بین مصرف انرژی و میزان تولید در زیر بخش های صنعت ایران مستقیم و مثبت است.

نتایج این مطالعه می تواند حد بهینه مصرف انرژی به منظور تولیدات صنعتی در زیربخش های صنعت ایران را ارائه نماید. از این رو این مطالعه یک مطالعه کاربردی بوده و نتایج آن در بحث مدیریت مصرف انرژی در کشور قابل استفاده می باشد. ضمن اینکه رویکرد دولت، کنترل و حذف یارانه ها، بخصوص یارانه انرژی در سالهای اخیر بوده است و نتایج این مطالعه می تواند مورد استفاده سیاستگذاران دولتی در این خصوص قرار گیرد.

برای آزمون این فرضیه مقاله بصورت زیر سازماندهی شده است: پس از مقدمه، در قسمت دوم مقاله، به بررسی چارچوب نظری اثر نوآوری بر بی ثباتی سهم بازار پرداخته شده و در قسمت سوم مطالعات تجربی تحقیق در قالب مطالعات داخلی و خارجی مرور می شود. در قسمت چهارم به معرفی مدل و روش تخمین (مواد و روش ها) پرداخته شده و در قسمت پنجم مقاله تحلیل آماری، نتایج تخمین مدل و تحلیل نتایج ارائه می شوند. قسمت ششم و پایانی مقاله نیز به جمع بندی و ارائه توصیه های سیاستی تحقیق، اختصاص یافته است.

امروزه علاوه بر نهاده نیروی کار و سرمایه، انرژی نیز به عنوان یکی از نهاده های مهم تولید در بحث های اقتصاد کلان مطرح است. لذا تولید تابعی از نهاده نیروی کار، سرمایه و انرژی خواهد بود.

$$Q = f(K, L, E) \quad (1)$$

در این رابطه Q محصول ناخالص داخلی، K نهاده سرمایه، L نهاده نیروی کار و E انرژی است. همچنین فرض بر این است که در بین میزان استفاده از این نهاده ها و سطح تولید رابطه مستقیم وجود دارد، به بیان ریاضی داریم:

$$\frac{\partial Q}{\partial K} > 0, \frac{\partial Q}{\partial L} > 0, \frac{\partial Q}{\partial E} > 0 \quad (2)$$

نهاده E می تواند توسط حامل های انرژی که شامل نفت، گاز، برق و زغال سنگ و ... است تأمین شود. از سوی دیگر مصرف انرژی تابعی معکوس از قیمت آن است و تغییر قیمت انرژی، اثری مهم در مصرف انرژی و در نتیجه تولید ناخالص داخلی دارد. (ملکی، ۱۳۷۸، ۶).

اگر فرض کنیم که در تعیین عرضه کل در اقتصاد کلان، نیروی کار متغیر و بقیه عوامل تولید ثابت هستند، در این صورت، افزایش در قیمت انرژی و در نتیجه کاهش در تقاضا برای آن

سبب می‌شود که بهره‌وری نیروی کار کاهش یافته و به دنبال آن منحنی تقاضا برای نیروی کار به سمت چپ منتقل شود. شوک قیمت انرژی همچنین می‌تواند سطح عمومی قیمت‌ها را از طریق افزایش در هزینه تولید افزایش داده که در این صورت، موجب کاهش در اجزای تشکیل دهنده تقاضای کل می‌شود و منحنی تقاضای کل در اقتصاد کلان را به سمت چپ منتقل و تولید ملی حقیقی را کاهش می‌دهد (احمدیان، ۱۳۷۸، ۲۷۷-۲۹۷).

استرن و کلوند^۳ (۲۰۰۴) با استفاده از ادبیات تابع تولید نئوکلاسیکی، عواملی که می‌توانند رابطه بین مصرف انرژی و فعالیت‌های اقتصادی را تحت تأثیر قرار دهند، را مورد بررسی قرار داده‌اند.

آنها حالت کلی یک تابع تولید را به شکل زیر بیان می‌دارند:

(۳)

$$(Q_1, \dots, Q_m) = f(A, X_1, \dots, X_n, E_1, \dots, E_p)$$

که در آن Q_i تولیدات مختلف اقتصادی از قبیل کالاهای تولیدی و خدمات، X_i نهاده‌های مختلف تولیدی از قبیل سرمایه، نیروی کار و غیره، E_i نهاده‌های متفاوت انرژی مانند نفت، زغال سنگ و غیره می‌باشد و A وضعیت تکنولوژیکی که به عنوان شاخص بهره‌وری کل عوامل تعریف شده‌است. در این تابع، رابطه بین انرژی و تولید کل از قبیل تولید ناخالص داخلی می‌تواند به وسیله عواملی از قبیل جانشینی بین انرژی و دیگر نهاده‌ها، تغییرات تکنولوژیکی، تغییر در ترکیب نهاده انرژی و تغییر در ترکیب محصول تولیدی تحت تأثیر قرار گیرد. تغییر در ترکیب دیگر نهاده‌ها- برای مثال انتقال از اقتصاد کاربر به اقتصاد سرمایه‌بر- نیز می‌تواند رابطه بین انرژی و تولید را تحت تأثیر قرار دهد. همچنین ممکن است متغیر نهاده‌های X بهره‌وری کل عوامل را تحت تأثیر قرار دهد، که این بحث در مجموعه تغییرات تکنولوژیکی مورد بررسی قرار می‌گیرد (استرن و کلوند، ۲۰۰۴).

برای تحلیل بیشتر رابطه مصرف انرژی و رشد اقتصادی، دیدگاه‌های مختلفی ارائه شده‌است. پیندیک^۴ (۱۹۷۹) معتقد است اثر قیمت انرژی بر رشد اقتصادی، به نقش انرژی در ساختار تولید بستگی دارد. به نظر وی، در صنایعی که انرژی به عنوان نهاده واسطه‌ای در تولید به کار می-

3.Stern & Cleveland

4.Pindyck

رود، افزایش قیمت آن بر امکانات و میزان تولید اثر خواهد گذاشت و تولید ملی را کاهش می‌دهد. او از تابع هزینه کل برای نشان دادن آن استفاده می‌کند و تحلیل خود را بر اساس کشش هزینه تولید نسبت به قیمت انرژی انجام می‌دهد. اگر سرمایه و کار را جانشین انرژی در نظر بگیریم، افزایش در قیمت انرژی موجب افزایش در استفاده از هر دو عامل سرمایه و نیروی کار می‌شود و افزایش هزینه های تولید بر اثر افزایش قیمت انرژی، تخصیص عوامل تولید را تغییر داده و سهم نسبی تولید ناشی از دو عامل کار و سرمایه افزایش خواهد یافت. داگلاس^۵ (۱۹۹۱) به نقل از برنلد و وود^۶ (۱۹۷۵) بیان می‌کند که در تابع تولید، کل انرژی یک عامل تولید است که ارتباط تفکیک پذیر ضعیفی با عامل نیروی کار دارد. در تابع تولید پیشنهادی آنها انرژی ابتدا با سرمایه ترکیب می‌شود و حاصل ترکیب آنها بعد از ترکیب با عامل کار، محصول را ایجاد می‌کند. بنابراین مصرف انرژی بدون اثر گذاشتن بر تولید نهایی نیروی کار، تولید نهایی سرمایه را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

با توجه به مطالب ذکر شده در بالا و دیگر شواهد نظری موجود در خصوص توجیه وجود ارتباط بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی، می‌توان وجود چنین رابطه ای را از دیدگاه نظری تا حدود زیادی منطقی و قابل توجیه تلقی نمود.

۳- مطالعات تجربی

در زمینه بررسی رابطه بین مصرف انرژی و تولید ناخالص داخلی و رشد اقتصادی در خارج و داخل کشور مطالعات متعددی صورت گرفته است که در هر یک از این مطالعات به صورت تک کشوری و بین کشوری و با بهره‌گیری از روشهای مختلف علیت در داده‌های سری زمانی و داده‌های تابلویی به بررسی رابطه علی بین این دو متغیر پرداخته شده است. از مطالعات انجام یافته می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد.

اسکوالی^۷ (۲۰۰۶) با استفاده از رویکرد تودا و یاماموتو رابطه بین مصرف انرژی و رشد تولیدات را در کشورهای عضو اپک طی سالهای (۱۹۸۰-۲۰۰۳) می‌پردازد و نتیجه می‌گیرد که رابطه بین این متغیرها در کشورهای مختلف یکسان نیست. ولد-رافائل^۸ (۲۰۰۶) نیز نتیجه مشابه

5. Douglas

6. Berndt & Wood

7. Squalli, J.

8. Wolde-Rufael, Y.

مطالعه قبلی را در بین ۱۷ کشور آفریقایی طی سال‌های (۱۹۷۱-۲۰۰۱) با همان رویکرد تودا و یاماموتو نتیجه‌گیری می‌نماید. هانگ و یانگ^۹ (۲۰۰۸) با استفاده از روش گشتاور تعمیم یافته در داده‌های تابلویی (داده‌های تابلویی پویا) در ۸۲ کشور، در چهار گروه درآمدی متفاوت طی سال‌های (۱۹۷۲-۲۰۰۲) نتیجه مشابهی را می‌گیرند.

مهمترین مطالعات خارجی و داخلی انجام شده در خصوص بررسی رابطه علی بین مصرف انرژی، ارزش تولیدات و رشد تولیدات، که رابطه دوطرفه بین متغیرهای مصرف انرژی و رشد تولیدات را مورد توجه قرار داده‌اند، در جدول (۱) ارائه شده است:

جدول ۱: مهمترین مطالعات خارجی و داخلی رویکرد علیت دوطرفه بین مصرف انرژی و رشد تولیدات

نتیجه گیری	متدولوژی تحقیق	دوره زمانی و کشور مورد مطالعه	محقق و یا محققین
$GDP \Leftrightarrow EC$	آزمون علیت گرنجر	تایوان (۱۹۵۴-۱۹۹۷)	یانگ (۲۰۰۰)
$GDP \Rightarrow EC$	آزمون علیت گرنجر	پاکستان (۱۹۵۵-۱۹۹۶)	عقیل و بوت (۲۰۰۱)
$GDP \Leftrightarrow EC$	تصحیح خطا	کره جنوبی (۱۹۷۰-۲۰۰۲)	هونو (۲۰۰۵)
$GDP \Leftrightarrow EC$	هم انباشتگی در داده‌های تابلویی	۸۸ کشور منتخب در حال توسعه	سینها (۲۰۰۹)
$GDP \Leftrightarrow EC$	هم انباشتگی در داده‌های تابلویی و تصحیح خطای برداری	۲۰ کشور OECD (۱۹۸۵-۲۰۰۵)	اپرچیس و پاین (۲۰۱۰)
$GDP \Leftrightarrow EC$	علیت در داده‌های تابلویی	۲۵ کشور OECD (۱۹۸۱-۲۰۰۷)	بلک و همکاران (۲۰۱۰)
$GDP \Leftrightarrow EC$	آزمون باند	۷ کشور جنوب صحرای آفریقا	اسو (۲۰۱۰)
$GDP \Leftrightarrow EC$	اثرات ثابت	کشورهای منتخب عضو اپک (۱۹۹۵-۱۹۶۵)	شرزه‌ای و وحیدی (۱۳۷۹)
$GDP \Leftrightarrow EC$	تودا و یاماموتو و تصحیح خطا	۱۳۸۱-۱۳۴۶	آرمن و زارع (۱۳۸۴)

در داخل کشور نیز می‌توان به مطالعه بهبودی و همکاران (۱۳۸۷) اشاره نمود که با استفاده از آزمونهای ریشه واحد زیوت- اندریوز و آزمون هم جمعی گریگوری - هانسن طی سال‌های ۱۳۸۴-۱۳۴۶ رابطه بین متغیرهای مصرف انرژی و رشد تولیدات را مطالعه و نتیجه می‌گیرند که با در نظر گرفتن شکست ساختاری رابطه بلندمدت مثبت بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی در ایران وجود دارد. بهبودی و همکاران (۱۳۸۸) در مطالعه دیگری با استفاده از روش هم انباشتگی در داده‌های تابلویی بصورت بین کشوری و در ۶۴ کشور در حال توسعه و ۱۴ کشور توسعه یافته طی سال‌های (۲۰۰۶-۱۹۷۰) رابطه بین این متغیرها را بررسی نموده و نتیجه می‌گیرند که رابطه هم‌انباشتگی بین متغیرها در بلندمدت در بین کشورها وجود دارد و همچنین میزان مصرف انرژی در کشورهای توسعه یافته بیشتر از کشورهای در حال توسعه است. آرمن و زارع (۱۳۸۸) نیز با استفاده از رویکرد تودا و یاماموتو برای سال‌های ۱۳۸۵-۱۳۴۶ رابطه بین این متغیرها را مورد بررسی قرار داده‌اند و نتیجه گرفته‌اند که یک رابطه علیت گرنجری یک طرفه از مصرف انرژی در بخش خانگی و تجاری و مصرف انرژی در بخش حمل و نقل به رشد اقتصادی وجود دارد.

در ادامه، مطالعات خارجی و داخلی انجام شده با رویکرد علیت یک طرفه بین متغیرهای مصرف انرژی و رشد تولیدات، در جدول (۲) به صورت زیر گزارش می‌شود:

جدول ۲: مهمترین مطالعات خارجی و داخلی با رویکرد علیت یک سویه بین مصرف انرژی و رشد تولیدات:

محقق و یا محققین	دوره زمانی و کشور مورد مطالعه	متدولوژی تحقیق	نتیجه گیری
عقیل و بوت (۲۰۰۱)	پاکستان (۱۹۵۵-۱۹۹۶)	آزمون علیت گرنجر	$GDP \Rightarrow EC$
پاپاپترو و همکاران (۲۰۰۲)	یونان (۱۹۶۰-۱۹۹۶)	تصحیح خطای برداری	$GDP \Rightarrow EC$
فاتای و همکاران (۲۰۰۴)	نیوزلند و استرالیا (۱۹۶۰-۱۹۹۹)	آزمون علیت گرنجر	$GDP \Rightarrow EC$
سیدیکوا (۲۰۰۴)	پاکستان (۱۹۷۱-۲۰۰۳)	خودرگرسیون برداری	$EC \Rightarrow GDP$
آلتین آی و کاراگول (۲۰۰۵)	ترکیه (۱۹۵۰-۲۰۰۰)	آزمون علیت گرنجر	$EC \Rightarrow GDP$
یو (۲۰۰۶)	کشورهای عضو اتحادیه	علیت گرنجر و همسائو	نتایج بین کشورها

جنوب شرقی آسیا (۱۹۷۱-۲۰۰۲)		متفاوت بوده است.	
$EC \Rightarrow RGDP$	روش علیت در داده‌های تابلویی	۳۰ کشور عضو OECD و ۷۸ کشور غیر OECD	چونتانوات و همکاران (۲۰۰۶)
$GDP \Rightarrow EC$	تصحیح خطای برداری	بنگلادش (۱۹۷۹-۱۹۹۹)	موزامدر و ماراده (۲۰۰۷)
$EC \Rightarrow GDP$	علیت گرنجر در داده‌های تابلویی	۱۶ کشور آسیایی (۱۹۷۱-۲۰۰۲)	لی و چانگ (۲۰۰۷)
$GDP \Leftrightarrow EC$	هم‌انباشتگی در داده‌های تابلویی	۸۸ کشور منتخب در حال توسعه	سینها (۲۰۰۹)
$GDP \Leftrightarrow EC$	هم‌انباشتگی در داده‌های تابلویی و تصحیح خطای برداری	۲۰ کشور OECD (۱۹۸۵-۲۰۰۵)	اپرجیس و پاین (۲۰۱۰)
$EC \Rightarrow GDP$	هم‌انباشتگی در داده‌های تابلویی	۲۵ کشور عضو OECD	لی و لی (۲۰۱۰)
$GDP \Rightarrow EC$	خودرگرسیون برداری	۱۳۷۳-۱۳۴۶	طاهری فرد و رحمانی (۱۳۷۶)
$EC \Rightarrow GDP$	تصحیح خطا	ایران	ملکی (۱۳۷۸)
$EC \Rightarrow GDP$	تصحیح خطا	۱۳۳۸-۱۳۷۸	ابریشمی و مصطفایی (۱۳۸۰)

در خصوص جمع‌بندی مطالعات انجام شده خارجی و داخلی می‌توان بیان کرد که در ایران، مطالعه‌ای که با استفاده از روش‌های علیت گرنجر، تودا و یاماماتو و روش هیسائو برای بررسی رابطه علی بین مصرف انرژی و تولید در صنایع با طبقه بندی ISIC، پرداخته شده باشد، انجام نشده است. لذا این مطالعه از این جهت حائز اهمیت می‌باشد. در این مقاله به منظور ارزیابی تاثیر مصرف انرژی بر ارزش تولیدات در زیربخش های صنعتی ایران از مدل رشد کلاسیکی به صورت زیر استفاده شده است:

$$VP = f(INV, LAB, ENER) \quad (۴)$$

که در آن VP متغیر وابسته بوده و بیانگر ارزش تولیدات زیربخش های صنعت می باشد. همچنین INV حجم سرمایه گذاری صنعتی، LAB تعداد نیروی کار و $ENER$ ارزش انرژی

مصرفی در زیربخش‌های صنعتی می باشد. همچنین فرم تصریح شده مدل مذکور به شکل زیر می باشد:

$$LVP = \alpha_{i,t} + \beta_1 LINV_{i,t} + \beta_2 LLAB_{i,t} + \beta_3 LENER_{i,t} + U_{i,t} \quad (5)$$

که در آن از متغیرهای مدل ریاضی قبلی لگاریتم نپیرین گرفته شده است. در این بخش به صورت اجمالی به معرفی آزمون‌های علیت گرنجر- هشیائو و تودا و یاماماتو پرداخته می شود.

۴-۱- آزمون علیت گرنجر- هشیائو^{۱۰}

آزمون هشیائو در دو مرحله انجام می شود. در مرحله اول، مجموعه‌ای از رگرسیون‌های خودرگرسیو روی متغیر وابسته تخمین زده می شود. در معادله رگرسیون اول، متغیر وابسته یک وقفه خواهد داشت و در رگرسیون‌های بعدی به ترتیب یک وقفه اضافه خواهد شد. m رگرسیونی که تخمین زده می شود به شکل زیر خواهد بود:

$$Y_t = \alpha + \sum_{i=1}^m \beta_i Y_{t-i} + \varepsilon_{1t} \quad (6)$$

در مرحله بعد تعداد وقفه مناسب بر اساس آماره‌های آکائیک و شوارتز تعیین شده و سپس برای هر معادله رگرسیون معیار خطای نهایی پیش بینی^{۱۱} (FPE) را به صورت زیر محاسبه می‌نماییم:

$$FPE(m) = \frac{T + m + 1}{T - m - 1} * \frac{ESS(m)}{T} \quad (7)$$

که در آن T حجم نمونه و ESS مجموع مربعات پسماند^{۱۲} است. طول وقفه بهینه (m^*) طول وقفه ای خواهد بود که حداقل معیار خطای نهایی پیش بینی را ایجاد کند. در مرحله دوم، هنگامی که m^* تعیین شد، معادلات رگرسیونی به فرم زیر با وقفه‌هایی که بر متغیر دیگر اعمال می شود، تخمین زده می شود:

10. Hsiao,s Granger Causality

11. Final prediction error

12. Sum of squared error

$$Y_t = \alpha + \sum_{i=1}^m \beta_i Y_{t-i} + \gamma_j X_{t-j} + \varepsilon_{2t} \quad (۸)$$

سپس، معیار خطای نهایی پیش بینی را برای هر معادله رگرسیون به روش زیر محاسبه می‌کنیم:

$$FPE(m^*, n) = \frac{T + m^* + n + 1}{T - m^* - n - 1} * \frac{ESS(m^*, n)}{T} \quad (۹)$$

طول وقفه بهینه متغیر X طول وقفه ای است که حداقل معیار خطای نهایی پیش بینی را ایجاد کند. حال به منظور انجام علیت گرنجری $FPE(m^*)$ را با $FPE(m^*, n^*)$ مقایسه می‌کنیم. اگر $FPE(m^*) < FPE(m^*, n^*)$ باشد، در نتیجه X علت گرنجری Y نیست. ولی اگر $FPE(m^*, n^*) > FPE(m^*)$ باشد، X علت گرنجری Y است. نکته مورد توجه در آزمون علیت گرنجر هشیاثو آن است که در این روش لازم است تمام متغیرها پایا باشند و در صورت ناپایایی متغیرها باید ابتدا از آنها تفاضل گیری نمود تا پایا شوند و سپس از تفاضل پایای آنها برای انجام آزمون استفاده کرد. (هشیاثو، ۱۹۸۱)

۴-۲- آزمون علیت تودا و یاماماتو (TY)

تودا و یاماماتو در سال ۱۹۹۵ یک روش ساده به صورت تخمین یک مدل توضیح خود رگرسیون برداری (VAR) تعدیل یافته برای بررسی رابطه علیت گرنجری پیشنهاد کردند. آنها استدلال می‌کنند که این روش حتی در صورت وجود یک رابطه همجمعی بین متغیرها نیز معتبر است. در این روش ابتدا باید تعداد وقفه های بهینه مدل VAR، k و سپس درجه پایایی ماکزیمم (d) را تعیین کرد و یک مدل خودتوضیح برداری را با تعداد وقفه های $(k+d)$ تشکیل داد. فرایند انتخاب وقفه زمانی معتبر است که $k \geq d$ باشد.

$$Y_t = \sum_{i=1}^{k+d} \beta_i Y_{t-i} + \sum_{i=1}^{k+d} \theta_i X_{t-i} + u_t \quad (۱۰)$$

$$X_t = \sum_{i=1}^{k+d} \gamma_i Y_{t-i} + \sum_{i=1}^{k+d} \delta_i X_{t-i} + \varepsilon_t \quad (۱۱)$$

برای آزمون این فرضیه که X علت گرنجری Y نیست، $\theta_i = 0$ را آزمون می‌کنیم. اگر این فرضیه رد نشود، در این صورت X علیت گرنجری Y نخواهد بود.^{۱۳}

۵- نتایج تجربی

با توجه به این که دوره مورد بررسی در این تحقیق ۱۳ سال می باشد و برای آزمون علیت استاندارد گرنجری نیاز به بررسی رابطه بلند مدت و هم جمعی بین متغیرها می باشد و با توجه به این که در آزمون علیت تودا و یاماماتو اطلاع در مورد ویژگی های هم جمعی سیستم ضروری نیست، بنابراین در این تحقیق به منظور بررسی رابطه علیت گرنجری بین متغیرها از روش تودا و یاماماتو استفاده می شود. به منظور قوت بخشیدن به نتایج، از روش علیت هشیائو نیز برای بررسی رابطه علیت گرنجری بین متغیرها استفاده می شود و سپس نتایج این دو روش با یکدیگر مقایسه خواهند شد.

جامعه آماری مورد استفاده شامل متغیرهای ۱۴۰ صنعت با کد ۴ رقمی ایران در فاصله زمانی ۱۳۷۴-۱۳۸۶ می باشد. منبع مورد استفاده برای جمع آوری داده ها، نشریات مرکز آمار ایران مربوط به طرح های آمارگیری از کارگاه های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بالاتر طی سال های مذکور می باشد. متغیرهای مورد استفاده در این مطالعه عبارتند از: VP: متغیر وابسته بوده و بیانگر ارزش تولیدات زیربخش های صنعت می باشد. همچنین INV حجم سرمایه گذاری صنعتی، LAB تعداد نیروی کار و ENER ارزش انرژی مصرفی در زیربخش های صنعتی می باشد. به منظور مشاهده داده های مربوط به ارزش تولیدات زیر بخش های صنعتی و مصرف انرژی، داده ای مورد بررسی به تفکیک کدهای دو رقمی ISIC و برای سال ۱۳۸۶ در جدول زیر ارائه شده است:

جدول ۳: داده‌های مربوط به مصرف انرژی و ارزش تولیدات صنایع با کد دو رقمی در سال ۱۳۸۶

کد دو رقمی	نام زیر بخش صنعتی	ارزش تولیدات (میلیون ریال)	مصرف انرژی (میلیون ن ریال)
۱۵	صنایع مواد غذایی و آشامیدنی	۱۱۵۰۷۸۶۹	۲۰۶۸۵۶
۱۶	تولید محصولات از توتون و تنباکو - سیگار	۴۵۷۱۹۹	۳۸۵۲
۱۷	تولید منسوجات	۷۴۰۳۲۵۱	۱۶۶۹۱۴
۱۸	تولید پوشاک - عمل آوردن و رنگ کردن پوست خردار	۲۵۳۲۶۸	۵۰۵۶
۱۹	دباغی و عمل آوردن چرم و ساخت کیف و چمدان و زین یراق و تولید کفش	۸۶۱۷۱۴	۷۷۸۵
۲۰	تولید چوب و محصولات چوبی و چوب پنبه - غیر از مبلمان - ساخت کالا از نی و مواد حصیری	۵۰۴۷۱۷	۱۲۷۳۶
۲۱	تولید کاغذ و محصولات کاغذی	۱۲۸۹۴۶۷	۳۴۳۷۴
۲۲	انتشار و چاپ و تکثیر رسانه های ضبط شده	۴۷۱۷۵۲	۶۰۷۸
۲۳	صنایع تولید ذغال کک - پالایشگاه نفت و سوخت‌های هسته ای	۴۸۴۶۲۵۵	۱۳۴۵۸۴
۲۴	صنایع تولید مواد و محصولات شیمیایی	۱۰۹۱۴۸۹۵	۲۶۰۰۳۸
۲۵	تولید محصولات لاستیکی و پلاستیکی	۲۸۹۶۲۲۰	۴۹۴۹۰
۲۶	تولید سایر محصولات کانی غیر فلزی	۶۳۶۴۸۳۲	۵۳۳۲۶۹
۲۷	تولید فلزات اساسی	۱۱۹۵۵۳۹۴	۸۷۰۴۷۱
۲۸	تولید محصولات فلزی فابریکی بجز ماشین آلات و تجهیزات	۲۷۶۶۷۰۶	۳۹۸۰۶
۲۹	تولید ماشین آلات و تجهیزات طبقه بندی نشده در جای دیگر	۱۲۲۸۲۸۹	۱۴۵۸۳
۳۰	تولید ماشین آلات اداری و حسابر و محاسباتی	۱۷۳۷۷۷	۱۰۳۱

۳۱	تولید ماشین آلات مولد و انتقال برق و دستگاههای	۱۱۹۹۴۱۷	۲۷۹۵۶
۳۲	برقی طبقه بندی نشده در جای دیگر	۸۰۹۷۳۴۹	۷۷۵
۳۳	تولید رادیو و تلویزیون و دستگاهها و وسایل ارتباطی	۶۲۲۳۷۵	۴۹۵۲
۳۴	تولید ابزار پزشکی و ابزار اپتیکی و ابزار دقیق و	۴۵۲۶۲۸	۵۱۹۳
۳۵	ساعتهای مچی و انواع دیگر ساعت	۴۸۲۹۶۸۵	۳۱۹۹۳
۳۶	تولید وسایل نقلیه موتوری و تریلر و نیم تریلر	۵۲۲۳۲۳	۶۸۶۸
۳۷	تولید سایر وسایل حمل و نقل	۱۲۸۱	۱۵۶
	تولید مبلمان و مصنوعات طبقه بندی نشده در جای دیگر		
	بازیافت		

مآخذ: مرکز آمار ایران، طرح‌های آمارگیری از کارگاه‌های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیشتر

محاسبات نشان می‌دهد که نسبت مصرف انرژی به ارزش تولیدات زیر بخش‌های صنعتی ایران در سطح کدهای ISIC دورقمی، در بین ۲۳ کد دو رقمی در سال ۱۳۸۶، صنعت بازیافت بیشترین نسبت را داشته است. (حدود ۱۲/۲ درصد). پس از صنعت بازیافت، صنعت تولید سایر محصولات کانی غیر فلزی و صنعت تولید فلزات اساسی به ترتیب با ۸/۳ و ۷/۳ درصد، سهم بالاتری را دارا بوده‌اند. کمترین سهم نیز مربوط به صنعت تولید رادیو و تلویزیون و دستگاهها و وسایل ارتباطی (حدود ۰/۰۱ درصد) و پس از آن صنعت تولید ماشین آلات اداری و حسابگر و محاسباتی (۰/۶ درصد) و صنعت تولید سایر وسایل حمل و نقل (۰/۷ درصد) قرار گرفته‌اند. متوسط شاخص فوق نیز برای صنایع مذکور در سال ۱۳۸۶ حدود ۲/۵ درصد بوده است. محاسبات نشان می‌دهد که ضریب همبستگی بین متغیرهای مصرف انرژی و ارزش تولیدات صنایع با کد دو رقمی ایران در سال ۱۳۸۶ برابر ۹۳/۲ درصد بوده است که بیانگر همبستگی بالای این دو متغیر بوده است.

آزمون‌های متداول ریشه واحد نظیر دیکی- فولر و دیکی- فولر تعمیم یافته و فیلیپس پرون که برای داده‌های سری زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرند، در مورد داده‌های تابلویی از توان آزمون پایینی برخوردار بوده و دارای تورش به سمت قبول فرضیه صفر می‌باشند. یکی از آماره‌های آزمون‌هایی که برای حل این مشکل پیشنهاد می‌شود، استفاده از آزمون هریس- تراوا^{۱۴} (۱۹۹۹) است. مزیت این آماره آزمون نسبت به سایر آماره‌های آزمون ریشه واحد در

¹⁴.Harris-Tzava

داده‌های تابلویی نظیر آزمون لوین و همکاران^{۱۵} و ایم، پسران و شین^{۱۶} این است که این آماره آزمون در نمونه‌های با حجم بیشتر و دوره زمانی اندک، نسبت به سایر آزمون‌های ریشه واحد، آزمون مناسب و قوی‌تری می‌باشد. از اینرو در این مطالعه با توجه به محدود بودن دوره زمانی مورد مطالعه و همچنین تعداد نسبتاً زیاد کدهای صنعتی مورد مطالعه، از این آماره آزمون برای بررسی پایایی متغیرهای مصرف انرژی، ارزش تولیدات، نیروی کار و سرمایه گذاری استفاده شده است. فرضیه صفر این آماره آزمون بیانگر این امر است که متغیر مورد نظر ناپایا است. نتایج این آزمون در جدول زیر بیان شده است.

جدول ۴: نتایج آزمون پایایی متغیرهای مدل

متغیر	آماره آزمون	ارزش احتمال (PV)	رد یا عدم رد فرضیه صفر	پایایی و ناپایایی متغیر
LVP	۳/۸۳	۰/۹۹	عدم رد فرضیه صفر	ناپایا
LENER	۹/۳۹	۱/۰۰۰	عدم رد فرضیه صفر	ناپایا
INVL	۳/۳۵	۰/۹۹	عدم رد فرضیه صفر	ناپایا
LLAB	۲/۷۴	۱/۰۰۰	عدم رد فرضیه صفر	ناپایا
D(LVP)	-۶/۵۹۲۳	۰/۰۰۰۰	رد فرضیه صفر	پایا
D(LENER)	-۲/۵۰۳۷	۰/۰۰۶۱	رد فرضیه صفر	پایا
D(LINV)	-۹/۹۱	۰/۰۰۲	رد فرضیه صفر	پایا
D(LLAB)	-۴/۴۸	۰/۰۰۰	رد فرضیه صفر	پایا

مأخذ: یافته‌های تحقیق

نتایج حاصل از بررسی پایایی متغیرهای مدل نشان می‌دهد که تمامی متغیرها، بر اساس آزمون هریس، در سطح ناپایا می‌باشند. متغیرها در تفاضل مرتبه اول بیانگر آن است که متغیرها با یک مرتبه تفاضل گیری، پایا شده‌اند. در ادامه به بررسی رابطه علی کوتاه مدت بین متغیرهای ارزش تولیدات زیربخش‌های صنعت و ارزش انرژی مصرفی بر اساس آزمونهای تودا و یاماماتو و علیت هشیانو پرداخته می‌شود. برای بررسی رابطه علی بین درآمد سرانه و مخارج بهداشتی سرانه در روش تودا و یاماماتو، از الگوی خودرگرسیون در داده‌های تابلویی^{۱۷} شامل متغیرهای VP و ENER با معادلاتی نظیر معادله ۱۲ و ۱۳ و با تعداد دو وقفه استفاده می‌کنیم. تعداد دو

15. Levin, Lin and Chou

16. Im, Pesaran and Shin

17. Panel VAR

وقفه از جمع رتبه مدل panel VAR و درجه پایایی ماکزیمم (که طبق نتایج جدول ۳، یک است) به دست آمده است. رتبه مدل panel VAR نیز با توجه به معنی داری ضرایب مقادیر وقفه دار متغیرها، یک به دست آمده است.

در جدول (۵) نتایج آزمون معنی داری ضرایب با وقفه متغیرهای به کار رفته در معادلات مدل panel VAR نشان داده شده است. بر اساس نتایج این جدول می‌توان بیان کرد که یک رابطه علیت گرنجری یک طرفه از طرف انرژی مصرفی در زیربخش‌های صنعتی به ارزش تولیدات بخش صنعت وجود دارد.

جدول ۵: نتایج آزمون علیت تودا و یاماماتو

نتیجه گیری	مقدار آماره آزمون	ارزش احتمال (PV)	فرضیه صفر	متغیر متاثرگذار	متغیر وابسته
VP \rightarrow ENER	۱/۱۸	(۰/۳۶۲۳)		VP	ENER
ENER \rightarrow VP	۶۳/۹۴	(۰/۰۰۰)		ENER	VP

مأخذ: یافته‌های تحقیق

در ادامه از روش علیت گرنجر- هشیانو نیز برای بررسی رابطه علی کوتاه مدت بین متغیرهای ارزش تولیدات زیربخش‌های صنعت و ارزش انرژی مصرفی استفاده شده است. در این روش ابتدا هر متغیر را روی مقدار وقفه دار خود رگرسیون نموده و طول وقفه بهینه را از طریق آماره آزمون آکاییک تعیین نماییم. در مرحله بعد مقادیر وقفه دار متغیر دوم را در مدل لحاظ نموده و وقفه بهینه آن را نیز از طریق مقدار آکاییک تعیین می‌کنیم.

جدول ۶: تعیین طول وقفه بهینه ENER و VP

متغیر وابسته	متغیر	معیار آکاییک برای وقفه اول	معیار آکاییک برای وقفه دوم	وقفه بهینه
VP	VP	۱۴۴۰/۰۷	۱۰۴۶/۳۴	۲
	ENER	۱۱۳۴/۲	۱۰۵۶/۷۸	۲

مأخذ: یافته‌های تحقیق

در این جدول، متغیر VP، ارزش تولیدات صنعت و ENER، بیانگر ارزش انرژی مصرفی می‌باشد. در ادامه، وقفه بهینه متغیرها، وقتی که متغیر ENER متغیر وابسته می‌باشد، بررسی می‌شود.

جدول ۷: تعیین وقفه بهینه VP و ENER

متغیر وابسته	متغیر	معیار آکاییک برای وقفه اول	معیار آکاییک برای وقفه دوم	وقفه بهینه
ENER	VP	۱۳۴۴/۵۶	۳۵۶/۲۸	۲
	ENER	۳۴۴۰/۰۴	۵۴۸/۰۹	۱

مأخذ: یافته‌های تحقیق

نتایج جداول ۶ و ۷ نشان می‌دهد که وقتی متغیر وابسته VP است، مقدار وقفه بهینه VP و ENER برابر ۲ بوده و در صورتی که متغیر وابسته ENER باشد، مقدار بهینه ENER برابر ۱ و مقدار بهینه VP برابر ۲ می‌باشد. بنابراین: (۱۲) و (۱۳)

$$\Delta VP_{i,t} = \beta_1 \Delta VP_{i,t-1} + \beta_2 \Delta ENER_{i,t}$$

$$\Delta ENER_{i,t} = \mu_1 \Delta VP_{i,t}$$

با توجه به روابط (۱۲) و (۱۳)، در صورتی که متغیر وابسته ENER باشد، $FPE(2,2) < FPE(2,1)$ است، بنابراین مقدار بهینه VP برابر ۲ و مقدار بهینه ENER برابر ۱ می‌باشد. از آنجا که $FPE(2,2) < FPE(2,1)$ است، لذا ارزش تولیدات بخش صنعت (VP) علت گرنجری ارزش انرژی مصرفی نمی‌باشد. نتایج به دست آمده از روش علیت گرنجر-هشیائو با نتایج حاصل از آزمون علیت تودا و یاماماتو سازگار می‌باشد. همچنین زمانی که متغیر وابسته VP است، $FPE(2,2) > FPE(2,1)$ است، بنابراین مقدار بهینه VP برابر ۱ و مقدار بهینه ENER برابر ۲ می‌باشد. بنابراین می‌توان بیان کرد که انرژی مصرفی علت گرنجری ارزش تولیدات زیربخش‌های صنعتی می‌باشد.

۶- نتیجه‌گیری و توصیه‌های سیاستی

این مطالعه با هدف بررسی رابطه علی کوتاه مدت بین متغیرهای ارزش تولیدات بخش صنعت و مصرف انرژی در صنایع چهاررقمی ایران طی سالهای ۱۳۷۴-۱۳۸۶ می‌باشد. برای این منظور از رهیافت علیت گرنجر و گرنجر-هشیائو در داده‌های تابلویی استفاده شده است. نتایج حاصل از برآورد مدل دلالت بر این دارد که بر اساس هر دو رهیافت مورد مطالعه، یک رابطه

علی یک طرفه از سوی مصرف انرژی به ارزش تولیدات بخش صنعت در صنایع چهاررقمی ایران، بر اساس طبقه بندی ISIC، برقرار می‌باشد. به عبارت دیگر افزایش مصرف انرژی علیت افزایش ارزش تولیدات زیربخش‌های صنعتی ایران می‌باشد. نتایج به دست آمده در این مطالعه با مطالعات تجربی نظیر بایدن و پاپی (۲۰۰۹) سازگار می‌باشد. با توجه به نتایج به دست آمده از این مطالعه می‌توان بیان کرد که مصرف انرژی از عوامل تعیین کننده ارزش تولیدات صنایع ایران طی سال‌های ۱۳۷۴-۱۳۸۶ بوده است. از آنجا که افزایش مصرف انرژی می‌تواند منجر به بهبود تولیدات بخش صنعت شود، لذا مهمترین توصیه سیاستی این مطالعه آن است که برنامه‌ریزان اقتصادی با اعمال سیاستهای بهینه مصرف انرژی ضمن افزایش بازدهی مصرف انرژی به عنوان یکی از نهاده‌های مهم تولید، زمینه‌های تقویت و افزایش ارزش تولیدات صنایع مورد بررسی را فراهم آورند تا از این طریق منجر به افزایش رشد بخش صنعت گردند.

منابع

- آرمن، سیدعزیز، زارع، روح الله (۱۳۸۸). مصرف انرژی در بخشهای مختلف و ارتباط آن بارشداقتصادی در ایران: تحلیل علّیت براساس روش تودا و یاماموتو. فصلنامه مطالعات اقتصادانرژی، سال ششم (۲۱): ۶۷-۹۲.
- آرمن، سیدعزیز و زارع، روح الله (۱۳۸۴). بررسی علیت گرنجری بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی در ایران طی سال های ۱۳۴۶-۱۳۸۱. فصلنامه پژوهش های اقتصاد ایران، سال هفتم (۲۴): ۱۱۷-۱۴۳.
- ابریشمی، حمید و مصطفایی، آذر (۱۳۸۰). بررسی رابطه بین رشد اقتصادی و مصرف فرآورده های عمده نفتی ایران. مجله دانش و توسعه، (۱۱): ۱۴-۴۵.
- بهبودی، داود، محمدزاده، پرویز و جبرائیلی، سودا (۱۳۸۸). بررسی رابطه مصرف انرژی و تولید ناخالص داخلی در کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته. فصلنامه مطالعات اقتصادانرژی، سال ششم (۲۳): ۱-۲۱.
- بهبودی، داود، اصغریور، حسین و فزونیان، حسن (۱۳۸۷). شکست ساختاری، مصرف انرژی و رشد اقتصادی ایران (۱۳۴۶-۱۳۸۴). فصلنامه پژوهشهای اقتصادی، سال نهم (۳): ۵۴-۸۳.
- شرزهای، غلامعلی و وحیدی، محمدرضا (۱۳۷۹). بررسی ارتباط متقابل بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی با استفاده از داده های پانل (panel data) (در کشورهای منتخب عضو او پک. نشریه مدیریت و توسعه، سال اول (۷): ۱۶-۲۳.

فصلنامه مدل‌سازی اقتصادی (سال ششم، شماره ۱ «پیاپی ۱۷»، بهار ۱۳۹۱، صفحات ۹۱-۱۱۰)

- طاهری فرد، احسان و رحمانی، علی (۱۳۷۶) بررسی رابطه کوتاه مدت و بلندمدت تولید ناخالص داخلی، مصرف انرژی و موجودی سرمایه برای کشور ایران طی سال‌های ۱۳۴۶-۱۳۷۳. دومین همایش ملی انرژی ایران، تهران.

- ملکی، رضا (۱۳۸۳)، بررسی رابطه علیت بین مصرف انرژی و تولید داخلی در ایران، مجله برنامه و بودجه، سال یازدهم (۸۹): ۸۱-۱۲۱.

- ملکی، رضا، (۱۳۷۸)، بررسی رابطه علیت بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده اقتصاد و علوم سیاسی، دانشگاه شهید بهشتی.

-Altinay, G. & Karagol, E. (2005). Electricity consumption and economic growth: Evidence from Turkey, *Energy Economics*, (27): 849-856.

-Apergis, N., Payne, J.E., (2010). Renewable energy consumption and economic growth: Evidence from a panel of OECD countries, *Energy Policy*, (38): 656-660.

-Belke, A., Dreger, Ch., Haan, F., (2010). Energy consumption and economic growth - New Insights into the cointegration relationship, *Ruhr economic papers*, (190).

-Chontanawat, J., Hunt, L. & Pierse, R. (2006). Causality between energy consumption and gdp: evidence from 30 OECD and 78 non-oecd countries, *Surrey Energy Economics Centre* : 1-64.

-ESSO, J.L. (2010). The energy consumption-growth nexus in seven sub-saharan African Countries, 30(2): 1191-1209

-Fatai, K. et al. (2004). Modeling the causal relationship between energy consumption and gdp in New Zealand, Australia, India, Indonesia, the Philippines and Thailand. *Mathematics and Computer in Simulation*. (64): 431-445.

-Hoonu, S. (2005). Energy consumption and economic growth evidence from Korea, *Energy Policy*, (33): 1627-1632.

-Huang, B., Hwang, M.J., Yang, C.W., (2008). Causal relationship between energy consumption and GDP growth revisited: A dynamic panel data approach, *ecological economic* (67): 41-54.

-Lee, C. & Chang, C. (2007), Energy consumption and economic growth in Asian countries: A more comprehensive analysis using panel data, *Resource and Energy Economics*.

-Lee, C. and Lee. J. (2010). A panel data analysis of the demand for total energy and electricity in OECD countries. *Energy Journal*, (31):1-23.

-Mozumder, P. & Marathe, A. (2007), Causality relationship between electricity consumption and GDP in Bangladesh, *Energy Policy*: 395-402

-Sica, E., (2007). Causality between energy and economic growth: the Italian case, *dipartimento di scienze economiche, matematiche e statistiche university degli studi di foggia* (3).

-Siddiqui, R., (2004), Energy and economic growth in Pakistan, *The Pakistan Development Review*, 43(2): 175-200.

-Sinha, D. (2009), the energy consumption-GDP nexus: Panel data evidence from 88 countries, *MPRA Paper*, (18446):1-17.

-Squalli, J. (2006), Electricity consumption and economic growth: Bounds and causality analyses of OPEC members, *Energy economics*.

-Stern, D.I. & Celeveland C.J. (2004). Energy and economic growth, *Rensselaer Working Papers*, (.0410)

-Wolde-Rufael, Y. (2006), Electricity consumption and economic growth: a time series experience for 17 African countries, *Energy Policy*, (34):1106-1114.

-WWW.World Bank.Org. World development indicator(2010),cd.rom.

-Yang, H. Y. (2000). A note on the causal relationship between energy and gdp in Taiwan. *Energy economics*, (22):309-317.