Archive of SID

فصلنامه اقتصاد و تجارت نوین، شماره‌های ۲۵ و ۲۶، تابستان و پاییز ۱۳۹۰، صفحات ۱۴۵- ۱۶۷

تحلیل عوامل مؤثر بر مصرف انرژی خانگی و برق مصرفی خانوار در ایران: با تأکید بر بهره‌وری انرژی

علی‌اکبر قلی‌زاده*

استادیار گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد و علوم اجتماعی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان

جواد براتی**

دانشجوی دکتری اقتصاد دانشگاه مازندران، بابلسر

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۹/۰۶ تاریخ پذیرش: ۹۱/۰۵/۱۲

چکیده

با افزایش درآمد سرانه و پیشرفت فناوری در چند دهۀ اخیر، رشد مصرف انرژی به ویژه در بخش مسکونی کشور افزایش چشمگیری داشته است. از آنجاکه این بخش بیشترین سهم را در مصرف انرژی کشور دارد، این مطالعه عوامل مؤثر بر تغییرات انرژی مصرفی بخش مسکونی را با استفاده از تکنیک تجزیۀ شاخص دیویژیای میانگین لگاریتمیِ جمع‌پذیر، برای دورۀ ۱۳۷۳- ۱۳۸۷ تحلیل می‌کند. همچنین از این روش برای تجزیۀ انرژی برق مصرفی خانوار و بررسی نقش بهره‌وری انرژی در تغییرات مصرف انرژی خانگی استفاده می‌شود. بررسی چهار اثر درآمدی خانوار، بهره‌وری انرژی، رشد جمعیت و جایگزینی انرژی نشان می‌دهد، درآمد خانوار بیشترین اثر را بر رشد مصرف انرژی مسکونی دارد. پس از آن رشد جمعیت و بهره‌وری انرژی دو عامل مؤثر بر افزایش مصرف انرژی خانوار هستند. جایگزینی سوخت‌ها و تغییر در ترکیب انرژی مصرفی خانوار در مجموع اثری کم اما مثبت بر رشد مصرف انرژی بخش مسکونی دارد. نتایج تجزیۀ متوسط برق مصرفی خانوار نشان می‌دهد درآمد خانوار مهم‌ترین عامل افزایش مصرف برق بوده، در حالی‌که اثر بهره‌وری انرژی و تمرکز خانوار منفی بوده است.

* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: a.gholizadeh@basu.ac.ir

** پست الکترونیکی: j_baraty@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

واژه‌های کلیدی: مصرف انرژی، بخش مسکونی، تکنیک تجزیه شاخص، مصرف برق.

طبقه‌بندی JEL: Q41، Q43، C43، R29، L85.

۱. مقدمه

بررسی روند گذشته مصرف انرژی بخش خانگی، عمومی و تجاری نشان می‌دهد، در دهۀ گذشته مصرف انرژی این بخش رشدی معادل ۶ درصد داشته که این میزان تنها برای زیربخش خانگی معادل ۶/۲ درصد و برای بخش عمومی و تجاری معادل ۵/۶ درصد بوده است. این در حالی است که بخش خانگی، عمومی و تجاری سهم حدود ۳۷ درصدی از کل مصرف نهایی انرژی را در سال ۱۳۸۹ به خود اختصاص داده که بیشترین سهم در میان دیگر بخش‌های اقتصادی است. بیش از ۸۰ درصد مصرف انرژی در این بخش (شامل مصرف برق، گاز طبیعی و سوخت‌های سنتی) تنها مربوط به بخش مسکونی (خانگی) است که نشان از اهمیت مطالعه در خصوص مصرف انرژی بخش مسکونی دارد.[۱]

در کنار اینکه طی سال‌های اخیر مطالعات بسیاری در زمینۀ مصرف انرژی و چگونگی افزایش بهره‌وری انرژی در کشور انجام شده، اما توجه چندانی به بخش مسکونی صورت نگرفته است. این در شرایطی است که بخش مسکن یکی از بزرگ‌ترین بخش‌های مصرف‌کنندۀ انرژی کشور است. بیشترین مصرف این بخش به مصرف وسایل گرمایشی، سرمایشی و پخت‌وپز مربوط است. اتلاف انرژی بخش مسکونی عمدتاً مرتبط با چگونگی ساخت بنا و راندمان لوازم خانگی انرژی‌بر است که بازدۀ حرارتی بسیار پایینی دارد. عواملی از قبیل تغییر کارایی لوازم خانگی انرژی‌بر در منازل مسکونی، تغییر ساختار مصرف انرژی خانوار، تغییر فرهنگ مصرف انرژی و تغییر در درآمد اکتسابی خانوار مربوط به بخش مسکونی از عوامل مؤثر بر مصرف انرژی این بخش هستند.

با رشد اقتصادی و بهبود استانداردهای زندگی، مردم تمایل دارند برای به‌دست آوردن زندگی با کیفیت بالاتر و راحت تر، انرژی بیشتری مصرف کنند. از میان انواع منابع انرژی مورد استفاده، برق از اهمیت خاصی برخوردار است. مصرف برق، به عنوان یکی از شاخص‌های اندازه‌گیری سطح رفاه خانوار، در جهان با میانگین رشد سالانه ۲/۷ درصدی روبه‌رو بوده و این میزان در مورد آسیا ۴/۵ درصد و برای ایران تقریباً دو برابر میانگین کشورهای آسیایی برآورد

[۱] بر اساس اطلاعات منتشر شده در ترازنامه انرژی کشور در سال‌های مختلف، نتایج ذکر شده در متن آمده است.

www.SID.ir

Archive of SID

شده است.[1] عوامل متعددی از جمله قیمت یارانه‌ای انرژی، رشد اقتصادی، اتلاف و مصرف غیراصولی موجبات چنین رشدی را فراهم آورده است.[2]

افزایش کارایی لوازم الکتریکی مورد استفاده خانوار، رشد تولید بخش مسکونی، تغییر سهم استفاده هر استان از انرژی برق، رشد برق رسانی به روستاها و مناطق بی‌بهره از انرژی برق، تغییر الگوی مصرف انرژی و همچنین شاخص تمرکز خانوار، جزء مهم‌ترین عوامل مؤثر بر مصرف برق مسکونی هستند.

هدف اصلی این تحقیق، بررسی میزان تأثیرگذاری عوامل ذکر شده در تغییر مصرف انرژی برق به ازای هر مشترک مسکونی است. با توجه به نقش بسزای مصرف انرژی در بخش مسکونی و اهمیت آن، این مطالعه عوامل مؤثر بر تغییرات ایجاد شده در مصرف انرژی بخش مسکونی را بررسی و همچنین به دلیل نقش خاص انرژی برق در این بخش، تغییرات ایجاد شده در برق مصرفی به ازای هر مشترک را با در نظر گرفتن تغییرات مصرفی هر استان، تحلیل می‌کند.

در ادامه، سازماندهی این مقاله به این ترتیب است که در بخش دوم ادبیات موضوع و مبانی نظری مربوط به تحلیل تجزیه ارائه می‌شود؛ در بخش سوم و چهارم به مطالعات تجربی و روش‌شناسی تحقیق می‌پردازد. بخش پنجم به داده‌ها و دورهٔ مورد مطالعه اختصاص دارد و در بخش ششم نتایج و تحلیل و تفسیر آنها مطرح، و در پایان نتیجه‌گیری و توصیه‌ها ارائه می‌شود.

۲. مبانی نظری تحلیل تجزیه[3]

پس از بحران نفتی ۱۹۷۳ جهان، محققان انرژی در صدد تهیهٔ روشی برای تعیین میزان آثار انتقال ساختاری در تولید صنعتی بر کل تقاضای انرژی صنعتی برآمدند تا شناخت ژرف‌تری از سازوکارهای موجود تغییر در مصرف انرژی صنعتی کسب کنند. برای تجزیهٔ آثار تغییر در بهره‌وری انرژی، چند روش ساده پیشنهاد شد. از آن جمله، بوید و همکاران[4] (۱۹۸۸) روشی برای ارتباط بین تجزیهٔ انرژی و شاخص عددی در اقتصاد پیشنهاد دادند. همچنین، بوید و همکاران (۱۹۸۷) شاخص دیویزیا[5] را برای مطالعهٔ مصرف انرژی صنعتی معرفی کردند.

لیو و همکاران[6] (۱۹۹۲) در تلاشی برای ایجاد روش‌شناسی تجزیه برای تحلیل تقاضای انرژی، از انتگرال دیویزیا با رویکرد شاخص دیویزیا برای تخمین پارامترها استفاده کردند. آنها همچنین،

---

[1] Electric Power Research Institute (2003)
[2] Manzor and Asgari Azad (2008)
[3] Decomposition Analysis
[4] Boyd et al.
[5] Divisia Index
[6] Liu et al.

www.SID.ir

Archive of SID

روش جدیدی به نام روش شاخص وزنی دیویژیا را معرفی کردند. انگ[۱] (۱۹۹۴) و انگ و لی[۲] (۱۹۹۴) کارهای انجام شده از سوی لیو و همکاران (۱۹۹۲) را بسط دادند. انگ و ژانگ[۳] (۲۰۰۰) بر پایه روش پارامتریک شاخص دیویژیا معرفی شدهٔ لیو و همکاران (۱۹۹۲)، به ترتیب چارچوبی برای تجزیهٔ افزاینده[۴] و جمع‌پذیر[۵] معرفی کردند. آلبرچ و همکاران[۶] (۲۰۰۲) تکنیک تجزیه‌ای مبتنی بر ارزش شاپلی[۷] را معرفی کردند و از آن برای تحلیل تقاضای انرژی استفاده کردند.

به‌طور کلی، در دو دههٔ گذشته دو رویکرد متفاوت برای تحلیل عوامل مؤثر بر تغییر مصرف انرژی و همچنین رشد انتشار گازهای آلایندهٔ ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی به‌کار گرفته شده است. نخست تحلیل تجزیهٔ ساختاری (جدول داده- ستانده)[۸] (SDA) و دیگری تحلیل تجزیهٔ شاخص[۹] (IDA) است. مقایسهٔ بین تحلیل‌های تجزیهٔ ساختاری و شاخص در مطالعه هوکسترا و واندنبرگ[۱۰] (۲۰۰۳) ارائه شده است. تکنیک تجزیهٔ شاخص خود به چند نوع تقسیم می‌گردد که مهم‌ترین آنها رویکرد IDA برپایهٔ شاخص لاسپیرز و رویکرد IDA برپایهٔ شاخص دیویژیا است. از میان انواع تکنیک‌های موجود تنها شش رویکرد هستند که هیچ پسماندی بعد از محاسبات ندارند که به آنها تکنیک تجزیهٔ کامل[۱۱] اطلاق می‌شود. تکنیک تجزیهٔ شاخص دیویژیای میانگین لگاریتمی[۱۲] (LMDI-II) ارائه شده از انگ و چوئی[۱۳] (۱۹۹۷)، نخستین تکنیک تجزیهٔ کاملی است که در تحلیل تجزیهٔ انرژی از آن استفاده شد. جدول ۱ شش تکنیک تجزیه کاملی را که تاکنون مورد استفاده قرار گرفته، نشان می‌دهد.[۱۴]

با وجود تمرکز مدل‌های تجزیه انرژی در بخش‌های صنعتی و نیروگاهی، اخیراً، مطالعاتی در زمینهٔ تجزیهٔ انرژی بخش خانگی نیز صورت گرفته که بیانگر اهمیت این بخش و نقش روز افزون شهرنشینی در مصرف انرژی است. چانگ و همکاران[۱۵] (۲۰۱۱) و ژائو و همکاران[۱۶]

---

[1] Ang
[2] Ang and Lee
[3] Ang and Zhang
[4] Multiplicative
[5] Additive
[6] Albrecht et al.
[7] Shapley Value
[8] Structural Decomposition Analysis
[9] Index Decomposition Analysis
[10] Hoekstra and Van Den Bergh
[11] Perfect Decomposition Techniques
[12] Logarithmic Mean Divisia Index
[13] Ang and Choi
[14] Ang et al. (2003)
[15] Chung et al.
[16] Zhaoa et al.

www.SID.ir

Archive of SID

(۲۰۱۲) از تجزیهٔ شاخص LMDI برای تجزیهٔ انرژی خانگی استفاده کرده‌اند که روش‌شناسی این مطالعه نیز بر اساس این مطالعات صورت گرفته است.

جدول ۱. معرفی تکنیک‌های تجزیه کامل برای تحلیل تجزیه انرژی

روش		الگوی تجزیه و ارائه دهنده آن	
روش شاخص دیویژیای میانگین لگاریتمی (I)	LMDI-I	افزاینده	انگ و لیو (۲۰۰۱)
		جمع‌پذیر	انگ و همکاران (۱۹۹۸)
روش شاخص دیویژیای میانگین لگاریتمی (II)	LMDI-II	افزاینده	انگ و چوئی (۱۹۹۷)
		جمع‌پذیر	انگ (۲۰۰۵)
روشِ شاخص نرخ میانگین تغییر[1]	MRCI	جمع‌پذیر	چانگ و ری[2] (۲۰۰۱)
روش شاخص لاسپیرز تصحیح شده[3]	RLI	جمع‌پذیر	سان[4] (۱۹۹۸)
ارزش شاپلی	Shapley	جمع‌پذیر	آلبرچت و همکاران (۲۰۰۲)

مآخذ: مطالعهٔ انگ و همکاران (۲۰۰۳).

۳. پیشینهٔ تحقیق

در سال‌های اخیر، مطالعات بسیاری در زمینهٔ تحلیل مصرف انرژی برق مسکونی انجام شده اما به‌طور نسبی انرژی بخش مسکونی مطالعات اندکی صورت گرفته است. از جمله مطالعاتی در زمینهٔ مصرف انرژی مسکونی هم در سطح کلان (برای نمونه، کازا[5] (۲۰۱۰)؛ قیسی و همکاران[6] (۲۰۰۷)؛ رینندر و همکاران[7] (۲۰۰۳) و هم در سطح خرد (مانند، چِن و همکاران[8] (۲۰۱۰)؛ جیانگ و اونیل[9] (۲۰۰۴)؛ هوسیر و کیپوندیا[10] (۱۹۹۳)؛ داویس[11] (۱۹۹۸) انجام شده شده است. در ادامه به‌برخی از مرتبط‌ترین مطالعات انجام شده اشاره می‌شود.

لیو و همکاران (۲۰۰۹) در مطالعه‌ای با استفاده از تحلیل تجزیهٔ ساختاری، انرژی مصرفی خانوار و اثرهای سیاست‌های انرژی مرتبط با آن در چین را تحلیل کردند. آنها با استفاده از

[1] Mean-Rate-of-Change Index Method
[2] Chung and Rhee
[3] Refined Laspeyres Index Method
[4] Sun
[5] Kaza
[6] Ghisi et al.
[7] Reinders et al.
[8] Chen et al.
[9] Jiang and O'Neill
[10] Hosier and Kipondya
[11] Davis

www.SID.ir

Archive of SID

جدول داده ـ ستانده انرژی، مصرف غیرمستقیم انرژی توسط خانوارهای شهری و روستایی را محاسبه کردند و به این نتیجه رسیدند که یکپارچگی و بهبود کارایی انرژی و افزایش قیمت‌های انرژی می‌تواند به‌عنوان ابزاری برای دستیابی به اهداف حفاظت از منابع انرژی و اقتصادی مورد استفاده قرار گیرد.

واچزمن و همکاران[1] (۲۰۰۹) در مطالعه‌ای به بررسی منابعِ تغییر در مصرف انرژی مسکونی مسکونی و صنعتی اقتصاد برزیل پرداختند. آنها با به‌کارگیری تحلیل تجزیهٔ ساختاری بر مبنای تکنیک شاخص دیویژیای میانگین لگاریتمی به این نتیجه رسیدند که عامل اصلی رشد مصرف انرژی، تغییرات ایجاد شده در جمعیت و ارتباطات درون‌بخشی است، درحالی‌که تغییرات در بهره‌وری انرژی و مصرف انرژی مسکونی سرانه، اثری کاهشی بر مصرف انرژی داشته‌اند.

آناندر و همکاران[2] (۲۰۰۴) با استفاده از تحلیل تجزیه به بررسی مصرف انرژی مسکونی در سه کشورهای اسکاندیناوی: دانمارک، نروژ و سوئد پرداختند و تفاوت‌های ساختار و شدت تقاضای انرژی مسکونی را بیان کردند. تحلیل آنها نشان داد که، در مقایسه با دانمارک و سوئد، نروژ رشد بالاتری در مصرف انرژی مسکونی طی سال‌های ۱۹۷۳-۱۹۹۹ داشته است. دلیل آن می‌تواند سطح پایین‌تر درآمد سرانه نروژ در اوایل دههٔ ۱۹۷۰ باشد که پس از آن درآمد سرانه با رشد شتابان افزایش یافت. تحلیل آنها همچنین نشان داد که دانمارک و سوئد بین سال‌های ۱۹۷۳-۱۹۹۹ کاهش معناداری در بهره‌وری انرژی مسکونی داشته درحالی‌که کاهش بهره‌وری انرژی در نروژ ناچیز بوده است.

ژائو و همکاران (۲۰۱۲) در مطالعه‌ای عوامل محرک اصلی تغییرات در مصرف انرژی مسکونی مناطق شهری اقتصاد چین را بررسی کردند. آنها با بررسی این عوامل، به‌دنبال شناسایی چالش‌ها و فرصت‌ها و همچنین فراهم آوردن ابزارهایی برای اقدامات سیاستی آینده بوده‌اند. آنها در مطالعهٔ خود با استفاده از روش LMDI، مصرف انرژی خانگی مناطق شهری کشور چین را برای دوره ۱۹۹۸-۲۰۰۷ تجزیه کرده و به این نتیجه رسیده‌اند که تغییرات ساختاری مربوط به شدت انرژی مصرفی خانوار و همچنین تغییر ساختاری مربوط به کیفیت بالای انرژی و حرکت به‌سوی استفاده از انرژی‌های پاک وجود داشته است که این تغییرات ساختاری می‌تواند به دلیل تغییر شیوهٔ زندگی و نحوهٔ مصرف برای دستیابی به سطح بالاتری از آسایش، رفاه و حمایت از محیط زیست باشد.

[1] Wachsmann et al.
[2] Unander et al.

www.SID.ir

Archive of SID

۴. روش‌شناسی تحقیق

از میان انواع مختلف روش‌های تجزیهٔ کامل (انگ و لیو، ۲۰۰۳)، در این مطالعه از تکنیک تجزیهٔ دیویژیای میانگین لگاریتمی (LMDI-I)[1] جمع‌پذیر استفاده می‌شود که انگ و همکاران (۱۹۹۸) آن را ارائه داده‌اند. طبق مطالعهٔ انگ (۲۰۰۴) و انگ (۲۰۰۵) این تکنیک از آنجایی‌که مزیت‌های مختلفی نسبت به دیگر تکنیک‌های تجزیه کامل دارد، دارای ارجحیت است. نبود خطا در اندازه‌گیری، استفاده از داده‌های آماری کلان اقتصادی که در تمامی اقتصادها به راحتی در دسترس است، مبتنی بودن این تکنیک بر روش‌های ریاضی و عددی از جمله مزایای استفاده از این روش هستند. انتخاب تکنیک تجزیه، بستگی به ویژگی‌های مطالعه و داده‌های در دسترس دارد. با توجه به مطالعات تجربی انجام شده و به علت نبود رقم صفر در مجموعه داده‌های این تحقیق (بجز داده‌های مربوط به انرژی‌های نو) و نیز با توجه به سادگی محاسبات، در اینجا از تکنیک LMDI-I جمع‌پذیر استفاده می‌شود. برای حل مشکل وجود ارقام صفر در داده‌ها، انگ و همکاران (۱۹۹۸) استفاده از عددی بسیار کوچک (10^{-20} - 10^{-10} =δ) به‌جای عدد صفر را پیشنهاد دادند. در اینجا از 10^{-100} =δ استفاده می‌شود.

برای شناسایی و تحلیل عوامل تأثیرگذار بر تغییر مصرف انرژی در بخش مسکونی، از اتحاد کایای توسعه‌یافته[2] به‌صورت زیر استفاده می‌شود که ابزاری مفید برای تجزیهٔ مصرف انرژی است:

$$E_t = \sum_i E_{it} = \sum_i \frac{E_{it}}{E_t} \times \frac{E_t}{Y_t} \times \frac{Y_t}{POP_t} \times POP_t = \sum_i ES_{it} \times EI_t \times G_t \times P_t \qquad (۱)$$

در رابطهٔ ۱ تعریف متغیرها به شرح زیر است:

E_{it} انرژی مصرفی بخش مسکونی (خانگی) در سال t از سوخت iام، E_t کل انرژی مصرفی بخش مسکونی در سال t، Y_t ارزش افزوده بخش مسکونی، خدمات مستغلات و خدمات خانگی و شخصی در سال t، $P_t = POP_t$ جمعیت کشور در سال t، ES_{it} سهم سوخت iام از کل مصرف انرژی بخش مسکونی در سال t، EI_t شدت انرژی بخش مسکونی در سال t، یا معکوس بهره‌وری انرژی که از نسبت ارزش افزوده این بخش به میزان انرژی مصرفی توسط آن به‌دست می‌آید، G_t درآمد سرانه بخش مسکونی در سال t است.

تغییر مصرف انرژی بین سال پایه (0) و سال هدف (t) به‌وسیلهٔ ΔE نشان داده می‌شود که به چهار اثر تجزیه شده است:

---
[1] Logarithmic Mean Divisia Index Method-I
[2] Extended Kaya Identity

www.SID.ir

Archive of SID

۱- تغییر سهم سوخت iام از کل مصرف انرژی در بخش خانگی که نشان‌دهندهٔ تغییر در ترکیب و ساختار مصرف انرژی است (ES_{effect} اثر جایگزینی انرژی).
۲- تغییر شدت انرژی مصرفی بخش خانگی (EI_{effect} اثر معکوس بهره‌وری انرژی).
۳- تغییر نسبت ارزش افزوده بخش مسکونی به جمعیت (G_{effect} درآمدی).
۴- تغییر جمعیت کشور (P_{effect} اثر رشد جمعیت) است.

$$\Delta E = E_t - E_{t-1} = ES_{effect} + EI_{effect} + G_{effect} + P_{effect} \quad (۲)$$

که در آن:

$$ES_{effect} = \sum_i W_{it} \ln \frac{ES_{it}}{ES_{it-1}} \quad (۳)$$

$$EI_{effect} = \sum_i W_{it} \ln \frac{EI_t}{EI_{t-1}} \quad (۴)$$

$$G_{effect} = \sum_i W_{it} \ln \frac{G_t}{G_{t-1}} \quad (۵)$$

$$P_{effect} = \sum_i W_{it} \ln \frac{P_t}{P_{t-1}} \quad (۶)$$

که در آن:

$$W_{it} = \frac{E_{it} - E_{i(t-1)}}{\ln E_{it} - \ln E_{i(t-1)}} \quad for \quad E_{it} \neq E_{i(t-1)}$$

$$W_{it} = E_{it} \quad for \quad E_{it} = E_{i(t-1)} \quad (۷)$$

E مصرف انرژی و i سوخت مورد نظر است؛ Y ارزش افزودهٔ بخش مسکن، خدمات مسکونی و خانگی و مستغلات است؛ P نیز جمعیت است. برق یکی از مهم‌ترین منابع انرژی کشور است که قسمت اعظم آن در بخش خانگی مصرف می‌شود. با توجه به اینکه مصرف برق خانوارها به ساختار و شیوهٔ زندگی و نیز شرایط جغرافیایی آنها ارتباط نزدیکی دارد. برای تحلیل دقیق‌تر، مصرف برق در بخش مسکونی به‌صورت زیر (رابطهٔ ۸) تجزیه می‌گردد:

$$\frac{e_t}{N_t} = \sum_j \frac{e_{jt}}{Y_{jt}} \times \frac{Y_{jt}}{P_{jt}} \times \frac{P_{jt}}{N_{jt}} \times \frac{N_{jt}}{N_t} \quad (۸)$$

e مصرف برق و اندیس j استان مربوط را نشان می‌دهد. متغیر N تعداد مشترکین برق مصرفی، P جمعیت و Y ارزش افزوده ایجاد شده در بخش مسکونی است. با تغییر متغیر و استفاده از تکنیک تجزیه LMDI-I روابط ۹ و ۱۰ به‌دست می‌آید.

$$\Delta e_t = \sum_j el_{jt} \times PG_{jt} \times LT_{jt} \times LS_{jt} \quad (۹)$$

www.SID.ir

Archive of SID

(۱۰)

$$\Delta ae_t = ae_t - ae_{t-1} = \sum_j \bar{W}_{jt} \ln\frac{EI_{jt}}{EI_{j(t-1)}} + \sum_j \bar{W}_{jt} \ln\frac{PG_{jt}}{PG_{j(t-1)}} + \sum_j \bar{W}_{jt} \ln\frac{LT_{jt}}{LT_{j(t-1)}} + \sum_j \bar{W}_{jt} \ln\frac{LS_{jt}}{LS_{j(t-1)}}$$

که در آن:

$$\bar{W}_{jt} = \frac{ae_{jt} - ae_{j(t-1)}}{\ln ae_{jt} - \ln ae_{j(t-1)}} \quad for \quad ae_{jt} \neq ae_{j(t-1)}$$

$$\bar{W}_{jt} = ae_{jt} \quad for \quad ae_{jt} = ae_{j(t-1)} \qquad (۱۱)$$

اولین عبارت سمت چپ رابطهٔ ۱۰ معکوس بهره‌وری یا شدت انرژی برق مصرفی را برای هر استان نشان می‌دهد (اثر معکوس بهره‌وری انرژی برق)، دومین عبارت درآمد سرانهٔ بخش مسکونی (خانگی) است (اثر درآمدی)، عبارت سوم نشاندهندهٔ متوسط جمعیت هر خانوار یا متوسط جمعیت به ازای هر مشترک برق است (اثر تمرکز خانوار) و عبارت آخر، تغییر سهم هر استان در میزان مشترکین برق را نشان می‌دهد (اثر ساختار جمعیتی). تفاوت این رویکرد با مطالعهٔ آچائو و شائوفر[1] (۲۰۰۹) در آن است که درآمد بخش مسکونی نیز به عنوان یکی از متغیرهای مهم در تجزیهٔ مصرف برق مسکونی وارد تحلیل شده است.

مصرف انرژی اساساً با متغیرهایی از قبیل ساختار اقتصادی، کارایی سیستم‌های انرژی، فناوری‌های به‌کارگیری انرژی، قیمت‌های انرژی، سرمایه‌گذاری‌هایی برای ذخیره و حفاظت از انرژی که مشتق از اثر بهره‌وری انرژی است، ارتباط دارد. دومین اثر (اثر درآمد خانوار) نشان‌دهندهٔ رشد اقتصادی است. اثر درآمدی در واقع، میزان اثرگذاری رشد ارزش افزودهٔ بخش خانگی (که شامل ارزش افزوده ایجاد شده در اثر ساخت مسکن جدید، تعمیرات اساسی در واحدهای مسکونی موجود است. بنابراین، خدمات مسکونی شامل؛ اجارهٔ برآوردی و واقعی و خدمات خانگی و شخصی است) بر تغییرات ایجاد شده در مصرف برق را نشان می‌دهد. یادآوری این نکته لازم است تعمیرات اساسی در ساختمان علاوه بر اثر مستقیمی که بر درآمد و ارزش افزوده این بخش دارد، بر تغییرات بهره‌وری انرژی نیز بسیار مؤثر خواهد بود و از جمله دلایل تغییر بهره‌وری این بخش محسوب می‌شود.

تغییر تعداد اعضای خانوارها، تفکیک خانوارهای دسته جمعی به خانوارهایی که به صورت مستقل و تک خانواری سکونت دارند، تغییر تعداد خانوارهایی که به‌طور غیرقانونی از شبکهٔ اصلی خطوط برق استفاده می‌کنند، رشد برق‌رسانی به مناطق روستایی و حاشیهٔ شهرها، همگی جزء عواملی هستند که در اثر تمرکز خانوار نفهته‌اند. تفاوت شرایط محیطی و جغرافیایی (برای

[1] Achao and Schaeffer

www.SID.ir

Archive of SID

مثال: مناطق گرمسیر در تابستان‌ها به میزان بیشتری نسبت به دیگر مناطق از کولر برقی استفاده می‌کنند)، تفاوت‌ها شیوهٔ زندگی و تفاوت در میزان رشد استفاده از لوازم برقی برای استان‌های مختلف، باعث تغییر سهم هر استان در کل مصرف برق مسکونی می‌گردد. این عامل و نیز تفاوت رشد جمعیت هر استان از متوسط رشد جمعیت کشور در اثر ساختار جمعیتی نمایان می‌شود. منظور از تغییر ساختاری در اینجا، تغییر ساختار زندگی و فرهنگی است.

۵. داده‌ها و دورهٔ مطالعه

برای تجزیهٔ کل مصرف انرژی بخش مسکونی، دورهٔ مورد مطالعه ۱۳۷۳-۱۳۸۷ در نظر گرفته شده است. به دلیل محدودیت داده‌های ارزش‌افزوده استانی به تفکیک بخش‌های مختلف، سال شروع دورهٔ مطالعه برای تجزیهٔ متوسط برق مصرفی در بخش خانگی و تحلیل عوامل مؤثر بر آن از سال ۱۳۷۹ انتخاب شده است. جدول ۲ سری زمانی مصرف انواع سوخت از بخش خانگی را نشان می‌دهد.

جدول ۲. مصرف انواع سوخت از بخش خانگی (میلیون بشکه معادل نفت خام)

سال	هیزم و سوخت‌های سنتی	انرژی نو (خورشیدی، حرارتی)	گاز سبک	برق	ذغال سنگ	نفت گاز	نفت سفید	گاز مایع
۱۳۷۳	۳/۴	۰	۵۸/۸۹	۱۳/۲۱	۰/۱۵	۱۴/۲	۵۳/۸	۱۰/۷
۱۳۷۴	۲/۷	۰	۶۷/۵۴	۱۳/۷۴	۰/۱۵	۱۳/۱	۵۳	۱۰/۶
۱۳۷۵	۲/۱	۰	۷۷/۵	۱۴/۱۱	۰/۱۵	۱۴/۳	۵۷	۱۱
۱۳۷۶	۳/۱	۰	۸۷/۸۵	۱۵/۶	۰/۱۵	۱۳/۸	۵۶/۸	۱۰/۹
۱۳۷۷	۳	۰	۸۶/۶۹	۱۶/۸۷	۰/۱۵	۱۵/۱	۵۲/۹	۱۰/۵
۱۳۷۸	۲/۸	۰	۱۰۲/۵۸	۱۷/۵	۰/۱۵	۱۰/۸	۵۲/۴	۱۰/۸
۱۳۷۹	۳/۸	۰	۱۱۷/۵۳	۱۸/۳۸	۰/۱۵	۱۰/۴	۵۱/۲	۱۱/۶
۱۳۸۰	۲/۶۳	۰/۰۰۵	۱۲۴/۱۲	۱۹/۳۴	۰/۰۷	۹/۸۱	۴۹/۱	۱۱/۵
۱۳۸۱	۲/۰۷	۰/۰۱۷۴	۱۴۵/۷۷	۲۰/۵۵	۰/۰۷	۱۰	۴۸/۹	۱۱/۹
۱۳۸۲	۱/۸	۰/۰۴۷	۱۶۵/۰۶	۲۲/۳۲	۰/۰۷	۹/۱۶	۴۳/۹	۱۱/۶
۱۳۸۳	۱/۵	۰/۰۵۹۷	۱۸۱/۵۴	۲۳/۸۵	۰/۰۷	۷/۲	۴۳/۵	۱۱/۶
۱۳۸۴	۱۱/۸	۰/۲۰۳	۱۹۹/۳۶	۲۵/۹۴	۰/۰۷	۶/۲	۴۱/۴	۱۱/۶
۱۳۸۵	۱۱/۸	۰/۰۸۴	۲۲۷/۲۸	۲۸/۲۷	۰/۰۷	۵/۲۴	۳۹/۵	۱۰/۹
۱۳۸۶	۵/۶	۰/۰۹۶	۲۴۹/۱۷	۳۰/۰۲	۰/۰۷	۴/۷۵	۴۱/۲	۱۰/۴
۱۳۸۷	۱۰/۹۶	۰/۱۰۱	۲۳۷/۹۶	۳۱/۱	۰/۰۷	۴/۱۶	۳۷/۳	۹/۳

مآخذ داده‌ها: ترازنامه هیدروکربوری (۱۳۸۷) مؤسسه مطالعات بین‌المللی انرژی.

www.SID.ir

Archive of SID

بر اساس جدول ۲، میزان مصرف گاز مایع، نفت گاز، ذغال سنگ و نفت سفید طی دوره مورد بررسی عموماً رو به کاهش بوده و در مقابل، مصرف برق، گاز طبیعی و انرژی‌های نو روندی افزایشی داشته است. این تحولات و تغییرات در مصرف انرژی بخش خانگی و تغییر در ترکیب سوخت مصرفی این بخش ناشی از عواملی است که در این مطالعه به صورت جزئی بدان پرداخته خواهد شد. برای بررسی اثر درآمدی، مطابق مطالعات انجام شده در سایر کشورها (وبر[1] (۲۰۰۹)؛ واچزمن و همکاران (۲۰۰۹)؛ پارک و هو[2] (۲۰۰۷) و از ارزش افزوده بخش مسکونی استفاده می‌شود. داده‌های مربوط به ارزش افزودهٔ بخش مسکونی ارزش افزوده مسکن ایجاد شده، ارزش افزوده خدمات مسکونی شامل اجارهٔ واقعی و برآوردی و نیز ارزش افزوده خدمات مستغلات، خانگی و شخصی برای کل کشور و هر یک از استان‌ها، از سالنامهٔ آماری کشور و آمارنامهٔ استان‌ها، جمع‌آوری شده است و برحسب مقادیر واقعی در این مطالعه به‌کار گرفته شده‌اند. با توجه به اینکه تنها بخش خانگی بررسی شده و بخش تجاری، عمومی بررسی نشده، ارزش افزودهٔ مربوط به ساختمان‌های غیرمسکونی، خدمات عمومی و اجتماعی در نظر گرفته نشده است. داده‌های مصرف انواع سوخت از بخش خانگی از ترازنامهٔ هیدورکربوری و ترازنامهٔ انرژی کشور و همچنین داده‌های برق مصرفی و تعداد مشترکین خانگی نیز از نشریهٔ آمار تفصیلی صنعت برق ایران جمع‌آوری شده است.

۶. تحلیل نتایج

برای تحلیل عوامل مؤثر بر رشد مصرف انرژی خانوارها، چهار عامل معکوس بهره‌وری (شدت) انرژی، جایگزینی (ترکیب) سوختی، درآمد خانوار و رشد جمعیت بررسی شده‌اند. دوره‌های مورد بررسی به‌گونه‌ای انتخاب شده‌اند که بیشترین تطابق را با برنامه‌های توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی کشور داشته باشند.

۶-۱. تجزیهٔ مصرف انرژی بخش مسکونی

در جدول ۳ نتایج به‌دست آمده برای چهار عامل ذکر شده طی دورهٔ ۱۳۷۳-۱۳۷۸، با استفاده از روابط ۳ تا ۶ درج شده است. نتایج به‌دست آمده از تجزیهٔ LMDI-I مصرف انرژی بخش مسکونی کشور در همه موارد مطالعه نشان می‌دهد درآمد خانوار در مقایسه با سایر عوامل مورد بررسی بیشترین اثر را بر افزایش مصرف انرژی بخش مسکونی داشته است. با این تفاوت که

[1] Weber
[2] Park and Heo

www.SID.ir

Archive of SID

برای دورهٔ ۱۳۷۴-۱۳۷۵، معکوس بهره‌وری انرژی اثری به مراتب بالاتر را نشان می‌دهد. این موضوع بیانگر آن است که مصرف انرژی مسکونی با تولید سرانهٔ خانوار همبسته است.

جدول ۳. نتایج تجزیه مصرف انرژی مسکونی، دورهٔ ۱۳۷۳-۱۳۷۸ (میلیون بشکه معادل نفت خام)

دوره	اثر رشد جمعیت	اثر درآمدی	اثر معکوس بهره‌وری انرژی	اثر جایگزینی انرژی
۱۳۷۴-۱۳۷۳	۲/۲۹۳۷	۹/۵۰۶۶	-۵/۳۷۴۱	۰/۰۰۴۱
۱۳۷۵-۱۳۷۴	۲/۴۴۹۷	۳/۰۳۳۶	۹/۸۳۲۶	۰/۰۰۴۲
۱۳۷۶-۱۳۷۵	۳/۰۵۰۰	۶/۴۸۳۹	۲/۵۶۰۴	۰/۰۰۵۸
۱۳۷۷-۱۳۷۶	۳/۱۳۱۴	۳/۲۶۳۳	-۹/۲۹۴۰	-۰/۰۰۰۶
۱۳۷۸-۱۳۷۷	۳/۱۹۵۹	۸/۳۳۳۰	۰/۱۸۳۵	۰/۰۱۷۶
۱۳۷۸-۱۳۷۳	۳/۷۷۵۴	۳۰/۳۹۲۵	-۱/۸۱۳۳	۰/۳۲۵۴

مأخذ: یافته‌های تحقیق.

رشد شهرنشینی که یکی از عوامل مهم رشد مصرف انرژی است، در دو اثر درآمد خانوار و رشد جمعیت نهفته است. طبق انتظار، رشد جمعیت نیز در تمام سال‌ها اثری فزاینده و یکنواخت بر مصرف انرژی مسکونی داشته، به‌طوری‌که برای کل دورهٔ ۱۳۷۳-۱۳۷۸، بعد از درآمد خانوار، بالاترین اثر را داشته است. اثر رشد جمعیت در واقع، بیانگر تأثیر شهرنشینی بر مصرف انرژی است. بر اساس مطالعات مختلف در این زمینه،[۱] افزایش شهرنشینی علاوه بر تأثیری که بر تغییرات ساختاری جمعیت دارد، بر افزایش مصرف انرژی خانگی بسیار مؤثر است.

بهره‌وری انرژی برای دو دورهٔ ۱۳۷۳-۱۳۷۴ و ۱۳۷۶-۱۳۷۷ عاملی افزاینده در مصرف انرژی بوده که مقدارش نیز قابل توجه است؛ اما به‌طور کلی اثری ناچیز بر مصرف انرژی مسکونی طی دورهٔ ۱۳۷۳-۱۳۷۸داشته است. یکی از دلایل آن، رشد قیمت و ارزش افزوده بخش مسکن بعد از سال ۱۳۷۵ است. اثر کاهندهٔ شدت انرژی برای دورهٔ ۱۳۷۶-۱۳۷۷ مربوط به کاهش مصرف گاز طبیعی است. اثر بهره‌وری انرژی برای کل دورهٔ ۱۳۷۳-۱۳۷۸ بسیار پایین بوده است. این انتظار می‌رود که با صرفه‌جویی بیشتر مصرف گاز طبیعی و همچنین اصلاح الگوی مصرف انرژی، همان‌طور که از مصرف گاز طبیعی به‌عنوان مهم‌ترین انرژی مصرفی خانوار کاسته می‌شود، بهره‌وری انرژی نیز اثری افزایشی و به مراتب چشمگیر در کاهش مصرف انرژی

[۱] در این خصوص می‌توان به مطالعات معینی (۲۰۰۷)، یاوری و احمدزاده (۲۰۱۱)، فطرس و معبودی (۲۰۱۱) و فطرس و همکاران (۲۰۱۲) اشاره کرد.

www.SID.ir

Archive of SID

مسکونی داشته باشد. تحولات قیمتی، شهرنشینی، توسعهٔ گازرسانی، تعمیرات اساسی ساختمان‌ها و تغییرات آب و هوایی از جمله دلایل اثر مثبت یا منفی بهره‌وری انرژی محسوب می‌شوند، به‌طوری‌که یکی از عوامل مؤثر بر مثبت یا منفی بودن بهره‌وری انرژی، علاوه بر اصلاح الگوی مصرف و تغییرات قیمتی، می‌تواند تحولات و تغییرات صورت گرفته در این موارد باشد که در مجموع باعث مثبت یا منفی شدن اثر بهره‌وری انرژی می‌شود. منفی شدن اثر بهره‌وری انرژی طی سال‌های ۱۳۷۳-۱۳۷۴ و ۱۳۷۶-۱۳۷۷ می‌تواند به دلیل افزایش قیمت انرژی، افزایش رشد گازرسانی به مناطق مختلف، تغییرات آب و هوایی به سمت کاهش مصرف انرژی و رکود ساخت مسکن باشد. در حالی که در سال‌های دیگر، از شدت این اثرها کاسته، و اثر بهره‌وری انرژی مثبت شده است.

اثر جایگزینی انرژی در مقایسه با دیگر آثار مورد بررسی، نقشی بسیار ناچیز بر تغییرات ایجاد شده در مصرف انرژی مسکونی داشته است. این نتیجه نشان‌دهندهٔ آن است که تغییر سهم سوخت‌ها از کل مصرف انرژی خانوار نتوانسته است تأثیر قابل توجهی بر افزایش یا کاهش مصرف انرژی خانوار بگذارد. روند داده‌های انرژی نشان می‌دهد در همین دوره از سهم مصرف نفت سفید و نفت گاز کاسته شده، در حالی‌که سهم گاز طبیعی در مصرف انرژی خانوار افزایش داشته است. مقدار منفی اثر جایگزینی انرژی بیانگر تأثیر تغییرات و جایگزینی سوخت مصرفی خانوار بر کاهش مصرف سوخت بوده است. مقدار منفی اثر جایگزینی انرژی برای سال ۱۳۷۶-۱۳۷۷ بیانگر این نکته است که تغییر در ترکیب سوخت مصرفی خانوار در این سال، عاملی در جهت کاهش مصرف انرژی بخش خانگی بوده اما به دلیل آثار مثبت و چشمگیر دیگر عوامل، در مجموع مصرف انرژی افزایش یافته است.

جدول ۴ نتایج به‌دست آمده از محاسبهٔ عوامل مؤثر بر رشد مصرف انرژی مسکونی را در دورهٔ ۱۳۷۸-۱۳۸۳ نشان می‌دهد. مشابه نتایج به‌دست آمده برای دوره پنج سالهٔ قبلی، درآمد بخش مسکن مهمترین عامل مؤثر بر رشد مصرف انرژی این بخش بوده است. اثر معکوس بهره‌وری (شدت) انرژی در دورهٔ ۱۳۷۸-۱۳۸۳ تفاوت قابل مقایسه‌ای با نتایج به‌دست آمده برای دورهٔ ۱۳۷۳-۱۳۷۸ (جدول ۳) دارد. بجز دورهٔ ۱۳۷۹-۱۳۸۰، این عامل در دیگر سال‌ها همواره تأثیری مثبت و قابل توجه بر رشد مصرف انرژی مسکونی داشته است. از این‌رو، می‌توان چنین نتیجه گرفت که سیاست‌های مرتبط با افزایش کارایی انرژی و بهینه‌سازی آن طی برنامهٔ سوم توسعه موفق نبوده است. تغییر ترکیب استفاده از انواع سوخت (اثر جایگزینی انرژی) نیز همانند دورهٔ ۱۳۷۳-۱۳۷۸ اثری بسیار ناچیز بر رشد مصرف انرژی مسکونی داشته است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴. نتایج تجزیهٔ مصرف انرژی مسکونی، دورهٔ ۱۳۷۸-۱۳۸۳ (میلیون بشکه معادل نفت خام)

اثر جایگزینی انرژی	اثر معکوس بهره‌وری انرژی	اثر درآمدی	اثر رشد جمعیت	دوره
۰/۱۲۷۴	۱۳/۰۸۵۰	-۰/۴۵۴۴	۲/۴۴۱۵	۱۳۹۰-۱۳۷۸
۰/۰۰۱۴	-۱۱/۵۵۴۵	۱۱/۴۹۰۵	۳/۵۸۷۶	۱۳۸۰-۱۳۷۹
۰/۰۱۲۱	۹/۱۶۰۲	۱۰/۰۹۳۷	۳/۴۵۶۳	۱۳۸۱-۱۳۸۰
۰/۰۱۱۷	۱۳/۲۱۱۹	-۲/۲۸۴۹	۳/۷۴۰۹	۱۳۸۲-۱۳۸۱
۰/۰۰۶۴	۴/۷۹۹۲	۶/۶۱۹۶	۳/۹۷۰۵	۱۳۸۳-۱۳۸۲
۰/۴۰۸۷	۱۳/۹۲۳۶	۲۷/۱۴۹۵	۱۴/۸۴۱۰	۱۳۸۳-۱۳۷۸

مأخذ: یافته‌های تحقیق.

رشد جمعیت طی دوره مورد نظر روندی تقریباً کاهشی داشته، درحالی‌که اثر رشد جمعیت در افزایش مصرف انرژی بخش مسکونی افزایش یافته است، از این‌رو، این افزایش را می‌توان به دلیل رشد شهرنشینی و استفاده بیشتر از وسایل برقی در منازل دانست. یکی از راهکارهای کاهش اثر رشد جمعیت بر مصرف انرژی خانوار می‌تواند تغییر در الگوی مصرفی خانوارها باشد که برای این منظور، استفاده از سیاست‌های قیمتی، درآمدی و تشویقی می‌تواند بسیار مؤثر واقع گردد.

جدول ۵ نتایج تجزیهٔ مصرف انرژی مسکونی را برای دوره ۱۳۸۳-۱۳۸۷ نشان می‌دهد. اثر معکوس بهره‌وری انرژی بعد از سال ۱۳۸۵ رو به کاهش گذاشته که یکی از مهمترین دلایل آن، کاهش مصرف گاز طبیعی در سال ۱۳۸۶ و ۱۳۸۷ است. با توجه به اثر بالای آن طی دورهٔ ۱۳۸۳-۱۳۸۵، در مجموع مؤثرترین عامل بر رشد مصرف انرژی مسکونی بوده است.

جدول ۵. نتایج تجزیهٔ مصرف انرژی مسکونی، دور ۱۳۸۳-۱۳۸۷ (میلیون بشکه معادل نفت خام)

اثر جایگزینی انرژی	اثر معکوس بهره‌وری انرژی	اثر درآمدی	اثر رشد جمعیت	دوره
۰/۱۵۶۷	۱۶/۰۹۳۳	۶/۶۹۹۵	۴/۲۶۸۸	۱۳۸۴-۱۳۸۳
۰/۰۱۴۲	۲۰/۳۶۹۵	۱/۲۶۷۸	۴/۸۹۱۵	۱۳۸۵-۱۳۸۴
۰/۰۲۶۶۸	۳/۵۸۷۹	۹/۶۹۷۹	۴/۸۳۹۶	۱۳۸۶-۱۳۸۵
۰/۰۰۹۰	-۲۴/۰۷۰۶	۱۱/۲۳۸۹	۴/۹۱۶۸	۱۳۸۷-۱۳۸۶
۰/۴۷۰۷	۱/۹۳۰۵	۲۰/۹۵۶۸	۱۴/۱۳۶۶	۱۳۸۷-۱۳۸۴
۹/۵۲۴۶	۳۸/۳۲۳۴	۸۳/۰۶۸۹	۴۸/۱۱۵۱	۱۳۸۷-۱۳۷۳

مأخذ: یافته‌های تحقیق.

www.SID.ir

Archive of SID

مقایسه اثر معکوس بهره‌وری انرژی ارائه شده در سه جدول ۳، ۴ و ۵، نشان می‌دهد بهره‌وری انرژی در بخش مسکونی، به استثنای سال‌های ۸۶ و ۸۷، نه تنها بهبود نیافته بلکه بدتر نیز شده است. دلیل مثبت یا منفی بودن اثر بهره‌وری انرژی همان‌طور که اشاره شد، ناشی از ترکیب اثرهای تغییر قیمت، رونق یا رکود ساخت‌وساز، تغییر رشد گازرسانی به مناطق مختلف و تغییرات آب و هوایی است.

رشد جمعیت برای کل دوره تقریباً ثابت بوده، در حالی‌که مقایسهٔ سه جدول بالا نشان می‌دهد این اثر رو به افزایش بوده است. همان‌طور که در جدول‌های قبلی بدان اشاره شد، این افزایش در اثر رشد جمعیت ناشی از گسترش شهرنشینی و استفادهٔ بیشتر از وسایل برقی است که با توجه به ارزان بودن قیمت انرژی و برق در کشور و یارانهٔ قابل توجهی که به این بخش داده می‌شود، اجرای سیاست‌های قیمتی و درآمدی در کنار استفاده از ابزارهای تشویقی می‌تواند مؤثر باشد.

نتایج کل دورهٔ مورد بررسی (۱۳۷۳-۱۳۸۷) بیانگر آن است که درآمد بخش مسکن بیشترین اثر را بر افزایش مصرف انرژی مسکونی داشته است. رشد جمعیت و شدت انرژی به‌ترتیب با اثرهایی معادل با ۴۸/۱۲ و ۳۸/۳۲ میلیون بشکه معادل نفت خام، بعد از اثر درآمدی، بیشترین تأثیر را بر افزایش مصرف انرژی خانوار داشته‌اند. برای کاهش اثر معکوس بهره‌وری انرژی لازم است کارایی انرژی در این بخش بهبود یافته و نیز توجه جدی‌تری به سیاست‌های مرتبط با بهینه‌سازی مصرف سوخت صورت گیرد. تغییر الگو و فرهنگ مصرف انرژی خانوار نیز می‌تواند نقش بسزایی در کاهش اثر معکوس بهره‌وری انرژی داشته باشد. طبق مطالعهٔ آرمن و زارع (۲۰۰۹) رابطه‌ای یک طرفه از مصرف انرژی بخش خانگی، عمومی و تجاری به رشد اقتصادی وجود دارد بنابراین، یکی از عوامل سرعت بخشیدن به رشد اقتصادی می‌تواند افزایش مصرف انرژی خانوارها باشد. این مطالعه نیز بر اهمیت رشد ارزش افزوده بخش مسکونی در افزایش مصرف انرژی خانوار تأکید دارد. صرفه‌جویی در مصرف انرژی، تولید ساختمان‌هایی با اتلاف انرژی کمتر از جمله عواملی است که می‌تواند علاوه بر وجود رشد اقتصادی بالا از اثر آن بر مصرف انرژی مسکونی بکاهد. جایگزینی سوخت‌ها در کل دورهٔ مورد بررسی نه تنها باعث کاهش مصرف انرژی مسکونی نشده بلکه عاملی بر رشد مصرف انرژی این بخش، هرچند کمتر از دیگر عوامل، بوده است.

نکتهٔ مهم در بررسی این سه جدول در اثر رشد جمعیتی است که تحولات شهرنشینی را نیز در خود جای داده است. همان طور که از این جدول‌ها پیداست، با مرور زمان اثر رشد جمعیتی افزایش یافته که نشان می‌دهد، رشد شهرنشینی و افزایش جمعیت در این دوره روند ملایم اما افزایشی را طی کرده است.

www.SID.ir

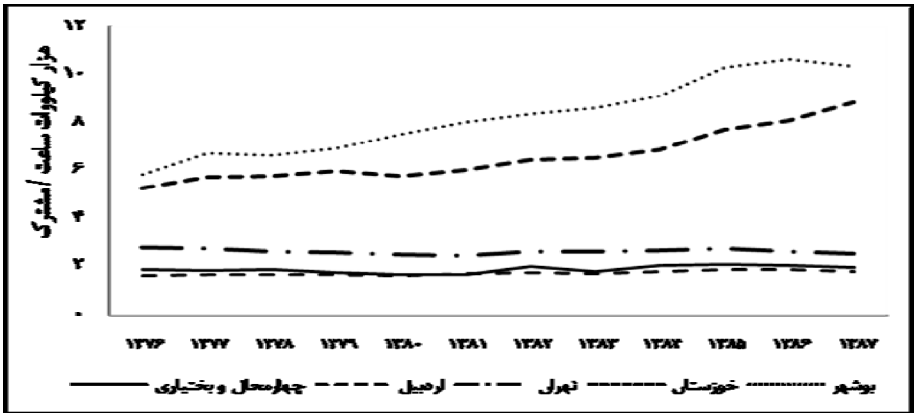
Archive of SID

۶-۲. تجزیهٔ مصرف انرژی برق به ازای هر مشترک مسکونی

یکی از مهم‌ترین منابع انرژی خانوار، برق است که حدود ۳۳ درصد کل مصرف نهایی برق کشور در سال ۱۳۸۹ را دربرمی‌گیرد. با توجه به اینکه مصرف برق در بخش مسکونی شاخص کلیدی استاندارد زندگی برای ساکنان هر کشوری است.[1] مصرف انرژی الکتریکی خانوارها به عنوان مهم‌ترین انرژی مصرفی بخش خانگی محسوب شده و با توجه به مصرف بالای حامل‌های مختلف انرژی در تولید برق، لازم است تمرکزی خاص بر این نوع انرژی صورت گیرد. از آنجا که مصرف برق بخش خانگی در مناطق و استان‌های مختلف تفاوت چشمگیری با یکدیگر دارد، در ادامه مصرف برق خانگی به تفکیک استانی بررسی می‌شود.

بررسی داده‌های مصرف برق بخش مسکونی نشان می‌دهد، برق مصرفی هر مشترک خانگی در دههٔ گذشته در تمام استان‌ها (بجز استان تهران) رشد داشته است. از میان استان‌های کشور، آنهایی که در مناطق گرمسیر مستقر هستند نسبت به دیگر استان‌ها از رشد بیشتر مصرف برق برخوردارند. ایلام، بوشهر و خوزستان به ترتیب با متوسط رشدی معادل با ۵/۷۲، ۵/۰۷ و ۴/۹۶ درصد طی سال‌های ۱۳۷۶-۱۳۸۷ بیشترین افزایش مصرف برق را تجربه کرده‌اند. در مقابل، استان‌های اردبیل، چهارمحال و بختیاری و آذربایجان شرقی در همین دوره، به ترتیب متوسط رشدی معادل با ۰/۸۶، ۰/۹۲ و ۱/۰۴ درصد داشته‌اند. استان تهران با رشدی به میزان ۰/۴۵- درصد تنها استانی است که به‌طور متوسط در دههٔ گذشته رشد مصرف برق در بخش مسکونی آن منفی بوده است. نمودار ۱ روند مصرف انرژی برق به ازای هر مشترک خانگی را برای این چند استان ذکر شده طی دورهٔ ۱۳۷۶-۱۳۸۷ نشان می‌دهد.

نمودار ۱. روند مصرف برق به ازای هر مشترک خانگی برای پرمصرف‌ترین و کم‌مصرف‌ترین استان‌ها



مآخذ ارقام: آمار تفصیلی صنعت برق ایران، سال‌های مختلف.

[1] Jeyeux and Ripple (2007)

www.SID.ir

Archive of SID

با وجود تفاوت مصرف برق خانگی در استان‌های مختلف، تجزیهٔ برق مصرفی بخش خانگی برای کل کشور می‌تواند مفید باشد. به‌رغم تفاوت‌های منطقه‌ای در مصرف به دلیل اعمال سیاست‌های کشور و برنامه‌ریزی‌های کلان، عوامل مؤثر بر تغییرات مصرف برق خانگی نباید در مناطق و استان‌های مختلف، تفاوت داشته باشد. بنابراین، در ادامه تنها به تجزیهٔ برق مصرفی بخش خانگی در سطح کشور اکتفا شده و عوامل مؤثر بر مصرف برق مسکونی هر مشترک (از این پس «متوسط برق مصرفی» بدان اطلاق می‌شود)، تحلیل می‌گردد. دوره زمانی به دو زیر دوره به گونه‌ای تقسیم شده است که بیشترین انطباق را با برنامه‌های سوم و چهارم توسعه داشته باشد. این نوع طبقه‌بندی، در تفسیر و بررسی اقدامات سیاستی اجرا شده مناسب‌تر است.

جدول ۶ نتایج تجزیهٔ انرژی برق بخش مسکونی را برای بررسی چهار عامل مؤثر بر تغییرات متوسط برق مصرفی: اثر درآمدی خانوار، معکوس بهره‌وری (شدت) انرژی برق، تمرکز خانوار و ساختار جمعیتی، را نشان می‌دهد. نتایج برای کل دوره نیز در جدول آمده است. همان طور که مشخص است، اثر درآمدی مهم‌ترین عامل در افزایش متوسط برق مصرفی خانوار است. تغییر سهم هر استان از کل مشترکین برق، طی دوره ۱۳۷۹-۱۳۸۳ در کاهش متوسط برق مصرفی خانوار نقش داشته اما دوره دوم، ۱۳۸۴-۱۳۸۷، عاملی مهم بر رشد متوسط برق مصرفی خانوار بوده است. تغییر ساختار جمعیتی، در کل دورهٔ مورد بررسی نیز تأثیر مثبتی بر رشد برق مصرفی هر خانوار داشته است. این نتیجه مشابه نتیجه‌ای است که پاچائوری و مولر[1] (۲۰۰۸) برای کشور هند به‌دست آوردند. آنها به این نتیجه رسیدند که رشد یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر رشد مصرف انرژی برق خانوارهاست.

جدول ۶. نتایج تجزیهٔ متوسط برق مصرفی خانوار کشور (میلیون کیلووات ساعت/مشترک)

دوره	اثر ساختار جمعیت	اثر تمرکز خانوار	اثر درآمدی	اثر معکوس بهره‌وری انرژی برق
۱۳۸۳-۱۳۷۹	-۰/۰۰۰۲	-۰/۰۰۸۸	۰/۰۲۴۹	-۰/۰۰۸۵
۱۳۸۷-۱۳۸۴	۰/۰۰۲۱	-۰/۰۰۸۹	۰/۰۳۲۲	-۰/۰۱۶۵
۱۳۸۷-۱۳۷۹	۰/۰۰۲۰	-۰/۰۲۰۱	۰/۰۶۷۳	-۰/۰۲۹۴

مأخذ: یافته‌های تحقیق.

یکی از شاخص‌های مهم ارزیابی عملکرد بخش مسکن، شاخص تمرکز خانوار در واحدهای مسکونی است. در اینجا از نسبت جمعیت به واحد مسکونی (مشترک) برای تمرکز خانوار

[1] Pachauri and Muller

www.SID.ir

Archive of SID

استفاده شده است. اگر خانوارهای دسته جمعی به چند خانوار مستقل تفکیک شود؛ آنگاه این شاخص کاهش می‌یابد. این بدان معناست که در صورت ثابت بودن جمعیت، تعداد مشترکین برق (واحدهای مسکونی) افزایش می‌یابد؛ از این‌رو، مصرف برق به‌طور کلی افزایش می‌یابد، هرچند مصرف برق به ازای هر مشترک می‌تواند کاهش یابد. نتایج به‌دست آمده گواه آن است که در هر یک از زیر دوره‌ها و در کل دورهٔ مورد بررسی اثر تمرکز خانوار باعث کاهش متوسط برق مصرفی شده است. همان‌طورکه در بالا بدان اشاره شد، می‌توان چنین نتیجه گرفت که تعداد خانوارهای دسته جمعی کاهش یافته است. یکی دیگر از عواملی که باعث کاهش این شاخص می‌شود، تغییر میانگین سنی هر خانوار یا تغییر در متوسط سن ازدواج است. افزایش هریک از این دو، باعث افزایش تعداد واحدهای مسکونی و به تبع آن، کاهش شاخص تمرکز خانوار خواهد شد؛ بدین‌ترتیب، کاهش اثر تمرکز خانوار، می‌تواند به دلیل افزایش میانگین سن ازدواج و یا میانگین سنی هر خانوار باشد.

در هر صورت، منفی بودن اثر تمرکز خانوار با اینکه عاملی برای کاهش متوسط برق مصرفی خانوار است، دلیلی بر رشد مصرف برق (به‌طور کلی) نیز است. بهره‌وری مصرف برق، برای هر زیر دوره و برای کل دورهٔ مورد بررسی تأثیری کاهشی بر متوسط برق مصرفی خانوار داشته است. بدین‌ترتیب، می‌توان نتیجه گرفت کارایی مصرف برق برای هر خانوار بهبود یافته است. صرفه‌جویی مصرف برق و استفادهٔ بهینه از آن می‌تواند از عوامل کاهش اثر معکوس بهره‌وری انرژی برق باشد. این نتیجه متفاوت از نتایج به‌دست آمده برای تجزیهٔ کل انرژی مسکونی در بخش قبلی است که در آن، معکوس بهره‌وری انرژیاثری فزاینده بر رشد مصرف انرژی مسکونی داشت. با توجه به سهم مصرف برق (حدود ۹ درصد) و گاز طبیعی (حدود ۷۰ درصد) در تأمین انرژی خانوار و با در نظر گرفتن اثر کاهشی بهره‌وری انرژی برق و اثرِ افزایشی قابل توجه در شدت کل انرژی مصرفی خانوار، احتمالاً بهره‌وری پایین مصرف گاز طبیعی، دلیلی بر اثر فزایندهٔ شدت انرژی بر کل مصرف انرژی خانوار است.

۷. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

بخش خانگی، عمومی و تجاری سهم حدود ۳۵ درصدی از کل مصرف نهایی انرژی را در سال ۱۳۸۷ به خود اختصاص داده که بیشترین سهم در میان دیگر بخش‌های اقتصادی است. بیش از ۸۰ درصد مصرف انرژی در این بخش (شامل مصرف فرآورده‌های نفتی، برق، گاز طبیعی و سوخت‌های سنتی) تنها مربوط به بخش مسکونی است که نشان از اهمیت مطالعه مصرف انرژی بخش مسکونی دارد. برای تحلیل عوامل مؤثر بر تغییرات ایجاد شده در مصرف انرژی مسکونی، این مطالعه از روش تجزیهٔ دیویژیای میانگین لگاریتمی (LMDI-I) جمع‌پذیر استفاده کرده

www.SID.ir

Archive of SID

است که اولین بار انگ و همکاران (۱۹۹۸) آن را ارائه دادند. تکنیک تجزیهٔ شاخص جزء پرکاربردترین روش‌های تحلیل مصرف انرژی بخش‌های مختلف اقتصادی در دو دههٔ گذشته بوده است. با توجه به اهمیت مصرف برق و نیز سهم بخش مسکونی از کل مصرف برق کشور، متوسط برق مصرفی (مصرف برق به ازای هر مشترک خانگی) به‌صورت مجزا تجزیه شده است.

نتایج به‌دست آمده از تجزیهٔ کل مصرف انرژی خانوار نشان می‌دهد، اثر درآمدی بیشترین نقش را در رشد مصرف انرژی این بخش داشته است. پس از آن، به ترتیب، رشد جمعیت و بهره‌وری انرژی عوامل مؤثر بر افزایش مصرف انرژی خانوار بوده است. طی دورهٔ مورد بررسی رشد جمعیت، اثری مثبت و یکنواخت بر افزایش مصرف انرژی مسکونی داشته، در حالی‌که اثر معکوس بهره‌وری انرژی دارای نوساناتی بوده است. بهره‌وری انرژی در برخی سال‌ها اثری کاهشی و در برخی سال‌ها نیز اثری فزاینده بر مصرف انرژی خانوار داشته اما در مجموع و در کل دورهٔ مورد بررسی اثرش مثبت بوده است. بهبود در کارایی و بهینه‌سازی مصرف انرژی از جمله عواملی است که می‌تواند باعث کاهش اثر بهره‌وری انرژی گردد. اثر جایگزینی انرژی به‌طور کلی تأثیر کم اما مثبت بر افزایش مصرف انرژی خانوار داشته است. یکی از مهم‌ترین مزیت‌های کاهش مصرف انرژی خانوار، کاهش انتشار آلاینده‌ها از این بخش است. تجزیهٔ متوسط مصرف برق مسکونی در دههٔ گذشته نشان می‌دهد که دو اثر معکوس بهره‌وری انرژی برق و تمرکز خانوار باعث کاهش متوسط برق مصرفی خانوار شده، در حالی‌که درآمد خانوار و ساختار جمعیتی (سهم هر استان از کل مشترکین برق خانگی) باعث رشد متوسط برق مصرفی شده‌اند. بر اساس آمار منتشر شده از دفتر برنامه‌ریزی کلان برق کشور، برق‌رسانی به روستاها و مناطق بی‌بهره از انرژی برق طی برنامه‌های پنج‌ساله سوم و چهارم توسعه رو به افزایش بوده که می‌توان آن را از جمله مهم‌ترین عوامل این افزایش در رشد مصرف برق دانست.

با توجه به رشد مصرف انرژی بخش خانگی و سهم آن از کل مصرف انرژی، اجرای سیاست‌های مناسب برای بهینه‌سازی و صرفه‌جویی انرژی، و همچنین اصلاح الگوی مصرف انرژی خانوار از جمله عوامل مفید در جهت کاهش مصرف انرژی بدون کاهش در رشد اقتصادی خواهد بود. آگاه‌سازی، آموزش و ترویج استفادهٔ بهتر و بهینه از انرژی توسط خانوارها، افزایش قیمت انرژی و نزدیک‌تر شدنِ آن به قیمت تمام شده، کاهش روند رو به رشد شهرنشینی، ترویج ساخت ساختمان‌هایی با هدردهی کمتر انرژی (از جمله دادن امتیازهای مختلف به ساخت چنین ساختمان‌هایی) و افزایش در کارایی وسایل پرمصرف انرژی خانوار (مانند جایگزینی لامپ‌های کم‌مصرف به جای لامپ‌های رشته‌ای و افزایش کیفیت و کارایی آبگرمکن‌ها) به خصوص وسایل گازسوز جزء عواملی است که می‌تواند باعث افزایش در بهره‌وری انرژی شود و از شدت انرژی مصرفی خانوار بکاهد. از آنجایی‌که اثر درآمدی بالاترین سهم را در

www.SID.ir

Archive of SID

افزایش انتشار بخش خانگی دارد، پیشنهاد می‌شود تا سیاست‌هایی از قبیل سیاست‌های قیمتی یا اخذ مالیات که مخارج خانوار را به سوی مصارف غیرانرژی سوق می‌دهد، اعمال گردد و طرح‌های مطالعاتی در این خصوص صورت گیرد. با اجرای طرح هدفمندی یارانه‌ها و اصلاح قیمت حامل‌های انرژی، انتظار می‌رود تا تحولی در ساختار مصرفی خانوارها صورت گیرد که طی سال‌های آتی آثار آن قابل مشاهده و بررسی خواهد بود.

www.SID.ir

Archive of SID

مآخذ

Achao, C., & Schaeffer, R. (2009). Decomposition analysis of the variations in residential electricity consumption in Brazil for the 1980-2007 Period: Measuring the Activity, Intensity and Structure Effects. *Energy Policy* 37, 5208-5220.

Albrecht, J., Francois, D., & Schoors, K. (2002). A shapley decomposition of carbon emissions without residuals. *Energy Policy*, 30, 727-736.

Amir-moeeni, M., (2008). The law of energy saving in Iran: A requirement. *Energy Economics Studies*, 28, 8, 77-108 (in Persian).

Ang, B. W., (1994). Decomposition of industrial energy consumption: The energy Intensity approach. *Energy Economics*; 16(3), 163-74.

Ang, B.W. (2004). Decomposition analysis for policymaking in energy: Which is the preferred method? *Energy Policy*, 32, 1131-1139.

Ang, B. W. (2005). The LMDI approach to decomposition analysis: A practical guide. *Energy Policy* 33(7), 867-871.

Ang, B. W., & Choi, K. H. (1997). Decomposition of aggregate energy and gas emission intensities for industry: A refined divisia index method. *Energy Journal* 18(3), 59-73.

Ang, B. W., & Lee S. Y. (1994). Decomposition of industrial energy consumption: Some methodological and application issues. *Energy Economics*; 16(2), 83-92.

Ang, B. W., & Liu, F. L. (2001). A new energy decomposition method: Perfect in decomposition and consistent in aggregation. *Energy* 26(6), 537-548.

Ang, B. W., Liu, F. L. & Chew, E. P. (2003). Communication perfect decomposition techniques in energy and environmental analysis. *Energy Policy*, 31, 1561-1566.

Ang, B. W., & Zhang F. Q. (2000). A Survey of index decomposition analysis in energy and environmental studies. *Energy Policy*, 25(12), 1149-76.

Ang, B. W., Zhang, F. Q., & Choi, K. H. (1998). Factorizing changes in energy and environmental indicators through decomposition. *Energy Policy*, 23(6), 489-495.

Arman, A., & Zare, R. (2009). Energy consumption in different sectors and its relationship with economic growth in Iran. *Quarterly of Energy Economics Studies*, 21, 67-92 (in Persian).

Boyd, G. A., Hanson, D. A., & Sterner, T. (1988). Decomposition of changes in energy intensity: A comparison of the divisia index and other methods. *Energy Economics*, 10(4), 309-12.

Boyd, G. A., McDonald, J. F., Ross, M., & Hanson, D. A. (1987). Separating the changing composition of U.S. manufacturing production from energy efficiency improvements: A divisia index approach. *the Energy Journal*, 8(2), 77-96.

www.SID.ir

Archive of SID

Chen, S., Yoshino, H., & Li, N. (2010). Statistical analyses on Summer energy consumption characteristics of residential buildings in some cities of China. *Energy and Buildings*, 42, 136-146.

Chung, H. S., & Rhee, H. C. (2001). A residual-free decomposition of the sources of carbon dioxide emissions: A case study of the korean industries. *Energy*, 26(1), 15-30.

Chung, W., Kam, M. S., & Fong, R. (2011). EMSD symposium on electrical and mechanical safety & energy efficiency. *Engineering a Safe and Low-carbon Environment*, 25th Jan 2011.

Davis, M. (1998). Rural household energy consumption the effects of access to electricity-evidence from South Africa. *Energy Policy*, 26(3), 207-217.

EPRI, (2000). *Future path to electricity technology in world* (2000-2050). Electric Power Research Institute.

Fotros, M. H., & Maaboudi, R. (2011). Causality relationship between energy consumption, urban population and environmental degradation in Iran 1981-2006. *Energy Economics Studies*, 7(27), 1-17 (in Persian).

Fotros, M. H., Ferdosi, M., & Mehrpeima, H. (2012). An examination of energy intensity and urbanization effect on environmental degradation in Iran. *Journal of Environmental Studies*, 60, 13-22 (in Persian).

Ghisi, E., Gosch, S., & Lamberts, R. (2007). Electricity end-uses in the residential sector of Brazil. *Energy Policy*, 35(8), 4107-4120.

Hoekstra, R., & Van Den Bergh, J. C. J. M. (2003). Comparing structural and index decomposition analysis. *Energy Economics*, 25, 39-64.

Hosier, R. H., & Kipondya, W. (1993). Urban household energy use in Tanzania. *Energy Policy*, 21(5), 454-473.

Jiang, L., & O'Neill, B. C. (2004). The energy transition in rural China. *International Journal of Global Energy Issues*, 21(1/2), 2-26.

Joyeux, R., & Ripple, R. D. (2007). Household energy consumption versus income and relative standard of living: A panel approach. *Energy Policy*, 35, 50-60.

Kaza, N. (2010). Understanding the spectrum of residential energy consumption: A quantile regression approach. *Energy Policy*, 38(11), 6574-6585.

Liu, X. Q., Ang, B. W., & Ong, H. L. (1992). The application of the divisia index to the decomposition of changes in industrial energy consumption. *The Energy Journal*,13 (4), 161-77

Liu, H. T., Guo, J. E., Qian, D., & Xi, Y. M. (2009). Comprehensive evaluation of household in direct energy consumption and impacts of alternative energy policies in China by input-output analysis. *Energy Policy*, 37, 3194-3204.

www.SID.ir

Archive of SID

Manzor, D., & Asgari Azad, H. (2008). Assessment of the pattern reform in Iran's power industry with a focus on principle 44 of constitution. *Quarterly of Energy Economics Studies*, year Fif[th], 16, 35-79.

Ministry of Oil. (2008). Balance sheet of hydrocarbon of Islamic Republic of Iran, 2008. *Energy international institute*, Tehran (in Persian).

Ministry of Oil. (2008). Balance sheet of energy of Islamic Republic of Iran. *the parent company specialized Tavanir*, Tehran (in Persian).

Ministry of Power. Iran's electricity industry detailed statistics. *the parent company specialized Tavanir*, Years of 1997-2008, Tehran (in Persian).

Pachauri, S., & Muller, A. (2008). A regional decomposition of domestic electricity consumption in India: 1980-2005. *Istanbul 31[st] IAEE International Conference,* June 2008.

Park, H. C., & Heo, E. (2007). The direct and indirect household energy requirements in the Republic of Korea from 1980 to 2000: An input-output analysis. *Energy Policy*, 35, 2839–2851.

Reinders, A. H. M. E., Vringer, K., & Blok, K. (2003). The direct and indirect energy requirement of households in the European Union. *Energy Policy*, 31(2), 139-153.

Statistical Center of Iran, Statistical Yearbook of Iran, Various Issues, Tehran (in Persian).

Statistical Center of Iran. Letter-statistics of provincial. *Management and Planning Organization of the various provinces of Iran*, various years, Tehran (in Persian).

Sun, J. W. (1998). Changes in energy consumption and energy intensity: A complete decomposition model. *Energy Economics,* 20, 85-100.

Unander, F., Ettestol, I., Tinga, M., & Schipper, L. (2004). Residential energy use: An international perspective on long-term trends in Denmark, Norway and Sweden. *Energy Policy*, 32, 1395-1404.

Wachsmann, U., Wood, R., Lenzen, M., & Schaeffer, R. (2009). Structural decomposition of energy use in Brazil from 1970 to 1996. *Applied Energy*, 86, 578-587.

Weber, C. L. (2009). Measuring structural change and energy use: Decomposition of the US economy from 1997 to 2002. *Energy Policy*, 37, 1561-1570.

Yavari, K., & Ahmadzadeh, K. (2011). A study of the relationship between energy consumption and population structure (The case study of the Southwest Asian countries). *Energy Economics Studies*, 25, 33-62 (in Persian).

Zhao, X., Li, N., & Ma, C. (2012). Residential energy consumption in urban China: A decomposition analysis. *Energy Policy*, 41, 644-653.

www.SID.ir