فصل‌نامه مطالعات اقتصاد انرژی/ سال هفدهم / شماره ۷۱/ زمستان ۱۴۰۰/ صفحات ۳۶-۱

برآورد هزینه‌های رفاهی ناشی از قطعی احتمالی برق در بخش‌های اقتصادی ایران

حبیب مروت [۱]
دانشیار دانشکده اقتصاد دانشگاه علامه طباطبایی Habibmorovat@yahoo.com

علی فرید زاد
دانشیار دانشکده اقتصاد دانشگاه علامه طباطبائی،afaridzad@yahoo.com

مهدیه شاه‌محمدی
دانشجوی کارشناسی ارشد اقتصاد انرژی دانشکده اقتصاد دانشگاه علامه طباطبائی،
mahdieh.darya69@gmail.com
تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۰۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۰۲

چکیده

برق به‌عنوان یکی از نهاده‌های اصلی نقش بسیار مهمی در تولید بخش‌های مختلف اقتصادی ایفا می‌کند، لذا قطعی برق می‌تواند هزینه‌های زیادی را به این بخش‌ها و نهایتاً به رشد و توسعه اقتصادی تحمیل نماید. در این راستا، هدف مطالعه حاضر برآورد هزینه‌های رفاهی ناشی از قطعی احتمالی برق در بخش‌های تولیدی اقتصادی ایران می‌باشد. این مطالعه با استفاده از داده تابلویی استانی دوره زمانی ۱۳۹۷-۱۳۸۹ و در دو مرحله انجام شده است. در مرحله اول، توابع تقاضای مشتقه برق در بخش‌های (صنعت و معدن، کشاورزی و خدمات) برآورد شده است. در مرحله دوم تغییرات اضافه رفاه مصرف‌کنندگان برق با فرض قطعی احتمالی برق با استفاده از تابع تقاضای برآورد شده هر بخش انجام گردیده است. نتایج مرحله اول نشان می‌دهد گازوئیل (نفت‌گاز) در بخش صنعت و معدن مکمل برق و گاز طبیعی در بخش خدمات جانشین برق می‌باشد. بخش کشاورزی نسبت به تغییرات قیمت برق حساسیت ندارد. همچنین نتایج محاسبه زیان رفاهی بخش‌های (صنعت و معدن، کشاورزی و خدمات) در سطح کلان و استانی نشان می‌دهد که در بخش صنعت و معدن استان‌های کهگیلویه و بویراحمد و آذربایجان شرقی به ترتیب بالاترین و پایین‌ترین تغییرات رفاهی ناشی از قطعی احتمالی برق را به ازای یک قیمت تعادلی معین به خود اختصاص داده‌اند. در بخش خدمات، استان خراسان شمالی و استان البرز به ترتیب بالاترین و پایین‌ترین میزان زیان رفاهی را از قطعی احتمالی برق دارند.

طبقه‌بندی JEL: D04, C33, Q41

کلیدواژه‌ها: هزینه رفاهی، قطعی برق، بخش‌های اقتصادی ایران، مازاد مصرف‌کننده

---

۱. نویسنده مسئول

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-25]

۱- مقدمه

انرژی، تأمین‌کننده رفاه و آسایش بشر است و به‌عنوان یک نهاده در فرآیندهای تولیدی و رونق اقتصادی نقش به‌سزایی دارد (رهبر و همکاران، ۱۳۹۶). نظر به ارتباط قوی منفی بین قیمت انرژی و عملکرد اقتصاد کلان، کشورهایی که بر رشد اقتصادی مداوم تمرکز کرده‌اند سعی بر آن دارند تا نیاز آینده خود را به انرژی، به‌عنوان یک محرک مهم برای رشد اقتصادی، در یک قیمت قابل قبول تأمین کنند (لطفعلی‌پور و همکاران، ۱۳۹۳). تحقیقات نشان داده است که رابطه دو طرفه مثبتی بین میزان مصرف انرژی و رشد اقتصادی برخی کشورها وجود دارد که بیانگر اهمیت انرژی در کشورها می‌باشد (علیزاده و گل‌خندان، ۱۳۹۵).

در بین حامل‌های انرژی، برق به‌عنوان انرژی ثانویه از جایگاه ویژه‌ای در زندگی اجتماعی و تمدن امروزی برخوردار است. عرضه برق شالوده اقتصادی یک کشور صنعتی می‌باشد به‌گونه‌ای که بدون برق، صنایع مدرن قادر به تولید نبوده و شهروندان نیز ابزاری برای آسایش و راحتی نخواهند داشت (احمدیان و عباس‌زاده، ۱۳۹۲). در دسترس بودن برق با کیفیت استاندارد و قابلیت اطمینان بالا همراه با هزینه‌های معقول نقش به‌سزایی در رشد و توسعه اقتصادی و اجتماعی دارد (مازونی، ۲۰۱۹)[1]. از طرف دیگر بیشتر بودن نرخ رشد تقاضای برق از نرخ رشد عرضه که عموماً به دلیل افزایش روزافزون مشترکان برق و عدم توجه کافی به مدیریت مصرف برق از یک‌سو و نیاز به زمان طولانی و سرمایه‌گذاری‌های سنگین برای توسعه ظرفیت‌های تولید، انتقال و توزیع از سوی دیگر اتفاق می‌افتد، موجبات بروز خاموشی را فراهم می‌آورد (صادقی و همکاران، ۱۳۸۸).

با توجه به وابستگی شدید بخش‌های مختلف اقتصاد به مصرف انرژی الکتریکی، انتظار مصرف‌کنندگان در خصوص تأمین انرژی الکتریکی با کیفیت و مطمئن افزایش یافته است. لذا عرضه انرژی الکتریکی با کیفیت پایین و شرایط نامطلوب و خاموشی‌های مکرر رفاه مصرف‌کنندگان را کاهش داده و عملکرد سیستم‌های تولیدی را مختل می‌کند و در نتیجه هزینه‌های فراوانی به اقتصاد تحمیل می‌شود (محمدی و همکاران،

1. Mazzoni

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-25]

۱۳۹۱). براساس اطلاعات مطلق ارائه شده در آمارها و ترازنامه انرژی[۱]، یکی از مشکلات برنامه‌ریزی اقتصاد انرژی در ایران عدم وجود اطلاعات و تحلیل‌های دقیق از میزان مصرف برق و زیان رفاهی در سطح کلان و استان‌های کشور می‌باشد. به‌طوری‌که نقش انرژی مصرفی به‌عنوان نهاده‌های واسطه‌ای در سطح بخش‌ها و استان‌ها مشخص نیست. باوجود اینکه مطالعات مختلفی از جمله موحد و امینی (۱۳۹۸)، امینی و خسروی (۱۳۹۸)، بارفروشی و حبیب‌پورکاشمی (۱۳۹۵)، آبدیسا (۲۰۱۸) و ساها (۲۰۱۹) در زمینه بررسی اثرات قطعی برق انجام شده است؛ ولی این مطالعات بیشتر به بررسی هزینه‌های رفاهی قطعی برق در یک بخش و یا یک استان پرداخته‌اند و در نتیجه برآورد هزینه‌های رفاهی ناشی از تغییر قیمت برق در سطح استان‌ها و در بخش‌های کشاورزی و خدمات کمتر مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. از این‌رو، در مطالعه حاضر این مسئله مورد بررسی قرار خواهد گرفت که هزینه‌های رفاهی ناشی از قطعی احتمالی برق در بخش‌های صنعت و معدن، کشاورزی و خدمات و در استان‌های کشور چه میزان است؟ در پاسخ به این پرسش اساسی چند نکته حائز اهمیت است که پژوهش حاضر را نسبت به سایر مطالعاتی که تاکنون انجام شده است، متمایز می‌کند:

در این پژوهش زیان رفاهی به‌طور همزمان در بخش‌های صنعت و معدن، کشاورزی و خدمات محاسبه و مقایسه می‌گردد و به تحلیل نتایج این بخش‌ها پرداخته می‌شود، درصورتی‌که در مطالعه امینی و خسروی (۱۳۹۸) بررسی هزینه‌های رفاهی قطعی برق تنها در بخش صنعت و معدن انجام شده است.

---

۱. در سال ۱۳۹۶، حدود ۳۳ درصد فروش برق وزارت نیرو به بخش صنعت و معدن تعلق داشته است. برخی از صنایع کشور مانند صنایع آهن، فولاد، مس، پتروشیمی، سیمان، قند وشکر و نساجی دارای مصرف بالای انرژی هستند. این امر باعث شده که این صنایع برای تامین بخشی از انرژی مصرفی خود اقدام به ساخت نیروگاه‌های اختصاصی نمایند. در سال ۱۳۹۶ مصرف برق بخش صنعت و معدن که توسط وزارت نیرو تامین شده است (بدون احتساب بخش حمل ونقل) معادل ۸۴/۲ تراوات ساعت است که نسبت به سال قبل ۹/۴ درصد افزایش داشته است. در سال ۱۳۹۶، حدود ۱۵/۳ درصد فروش برق وزارت نیرو به بخش کشاورزی اختصاص داشته است. مصرف این بخش معادل ۳۹/۰ تراوات ساعت بوده که نسبت به سال قبل آن ۷/۸ درصد افزایش داشته است. تا پایان سال ۱۳۹۶ حدود ۲۸۰/۴ هزار حلقه چاه کشاورزی به پمپ‌های برقی مجهز گردیده‌اند که متوسط دیماند آن‌ها ۳۲ کیلووات می‌باشد (ترازنامه انرژی، ۱۳۹۶).

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-25]

همچنین این مطالعه همزمان زیان رفاهی و میزان مصرف برق را در استان‌های کشور در بخش‌های تولیدی مورد بررسی قرار می‌دهد. درحالی‌که در مطالعه غفرانی (۱۳۹۳) و چال اشتری (۱۳۹۶) برآورد هزینه‌های رفاهی قطعی برق فقط در یک استان انجام شده است. در این مطالعه جهت برآورد زیان رفاهی ناشی از قطعی احتمالی برق از معیار رفاهی مازاد مصرف‌کننده استفاده شده است. درصورتی‌که مطالعات گذشته برای بررسی هزینه‌های رفاهی قطعی برق از معیارهای رفاهی مانند شاخص پاشه، شاخص لاسپیرز، تغییرات جبرانی و تغییرات معادل استفاده نموده‌اند. از جمله، مطالعات شریف کریمی و امام‌وردی (۱۳۹۲) و انصاری (۱۳۹۴) که از معیار رفاهی CV و EV جهت محاسبه تغییرات رفاهی قطعی برق بهره گرفته‌اند.

به منظور ارزیابی میزان تغییر رفاه ناشی از قطعی احتمالی برق هر بخش اقتصادی و هر استان از روش داده‌های تابلوئی دوره زمانی ۱۳۹۷-۱۳۸۹ در سطح تمام استان‌های کشور استفاده شده است.

مقاله حاضر در شش بخش سازمان‌دهی شده است: پس از مقدمه، در بخش دوم ادبیات نظری مرتبط با قطعی برق و در بخش سوم شواهد تجربی موضوع به اختصار بیان شده است. بخش چهارم، به معرفی روش‌شناسی داده‌های تابلوئی اختصاص دارد. همچنین تحلیل تجربی، ساختار الگو و تجزیه وتحلیل نتایج در بخش پنجم ارائه خواهد شد. در نهایت در بخش ششم نتایج تحقیق و توصیه‌های سیاستی در رابطه با آثار قطعی برق و زیان رفاهی در هر بخش اقتصادی و استان‌ها بیان می‌گردد.

۲- ادبیات نظری پژوهش: تابع تقاضای برق و هزینه‌های قطعی برق

مبانی نظری مطالعه حاضر در دو بخش مورد بررسی قرار می‌گیرد. در بخش اول به معرفی تابع تقاضای برق بخش‌های تولیدی و رابطه بین متغیرهای توضیحی با تقاضای برق پرداخته می‌شود. در بخش دوم ادبیات مربوط به هزینه‌های قطعی برق به‌طور کامل مطرح خواهد شد.

تابع تقاضای برق بخش‌های تولیدی

انرژی مورد استفاده در بخش‌های تولیدی به‌طور عمده به‌عنوان محصول واسطه‌ای جهت تولید محصول نهایی به‌کار می‌رود؛ بنابراین تقاضای انرژی به‌منزله تقاضای نهاده

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-25]

تولید در این بخش‌ها می‌باشد؛ زیرا علاوه بر نهاده‌های کار و سرمایه انرژی نیز به‌عنوان یکی از نهاده‌های مهم تولید در بحث‌های اقتصاد کلان مطرح است (حسینی، ۱۳۷۵).

مقدار تولید تابعی از نیروی کار، سرمایه، زمین و یا منابع طبیعی، انرژی، مدیریت و ... می‌باشد که بیان ریاضی آن به شکل زیر می‌باشد:

$$Q = f(L, K, R, M, EF, RS, T\ldots) \quad (۱)$$

قیمت عوامل تولید که شامل دستمزد، نرخ بهره، اجاره، قیمت مواد اولیه و... می‌باشد از معیارهای مهم انتخاب بهینه نهاده‌ها به شمار می‌رود. حامل‌های انرژی در حالت کلی به چهار گروه اصلی گاز طبیعی، فرآورده‌های نفتی، برق و زغال‌سنگ تقسیم می‌شوند. با توجه به هدف پژوهش که برآورد تقاضای برق در بخش‌های تولیدی می‌باشد، نهاده انرژی در دو گروه برق و سایر حامل‌های انرژی در نظر گرفته شده است. با حداقل کردن هزینه تولید در سطح مشخصی از Q تابع تقاضای مشتقه نهاده برق به‌صورت زیر استخراج می‌شود:

$$X_E = X_E(Q.W) \quad (۲)$$

که در آن W قیمت نسبی نهاده برق و سایر حامل‌های انرژی و Q ارزش‌افزوده بخش‌ها می‌باشد. با توجه مبانی اقتصاد خرد با افزایش قیمت کالایی مانند برق، تقاضا و میزان مصرف برای برق کاهش می‌یابد و با افزایش ارزش‌افزوده بخش‌های تولیدی انتظار می‌رود تقاضای برق افزایش یابد.

هزینه‌های قطعی برق

قطع برق در قسمت یا قسمت‌هایی از شبکه را بدون در نظر گرفتن علت آن قطعی برق می‌گویند. این قطعی برق برای همه قابل درک است و رخ دادن آن سبب توقف در تولید، از کار افتادن وسایل الکتریکی و خاموشی در منازل می‌شود (غانم و همکاران، ۲۰۱۶)[1]. عوامل زیادی بر افزایش و یا کاهش میزان قطعی برق مؤثرند. از جمله عوامل تأثیرگذار بر کاهش میزان قطعی برق عبارتند از: خط گرم، شبکه‌های استاندارد، نیروی انسانی متخصص و متعهد، استفاده از سیستم‌های سیار، سرویس منظم پست‌ها و...

1. GHanem et al.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-25]

(رحمانی، ۱۳۸۳ و صیادی‌پور، ۱۳۹۷). همچنین عوامل افزایش قطعی برق به دو دسته عوامل فنی و غیرفنی تقسیم می‌شوند. عوامل فنی شامل: در دسترس نبودن قطعات و تجهیزات مورد نیاز، بروز نقص اساسی در تجهیزات، عدم وجود ابزار فنی مناسب با کار برای شناسایی و رفع سریع نقص و... . عوامل غیرفنی شامل: نداشتن علم و تجربه کافی، عدم استفاده از تعداد و کیفیت نیروی انسانی مناسب، عدم احساس مسئولیت و... (انبیائی، ۱۳۸۳).

عرضه با کیفیت پایین برق (عرضه دارای نوسان) و قطع برق می‌تواند کلیه بخش‌های مختلف اقتصادی را تحت تأثیر قرار داده و متحمل خسارات نماید. خاموشی‌های مکرر، ناخواسته، خواسته و برنامه‌ریزی شده می‌تواند خسارات جبران‌ناپذیری به شبکه وارد نماید. هریک از این خاموشی‌ها دلایل خاص خود را دارند که با شناخت کامل آنها می‌توان تدابیر مناسبی جهت کاهش آنها اتخاذ نمود (قاسمیان‌فرد و موسوی‌راد، ۱۳۹۶). کمبود ظرفیت که ناشی از تقاضای زیاد تولید می‌باشد بیشتر در کشورهای در حال توسعه وجود دارد. چنانچه بار مصرفی در لحظه از زمان (دیماند)، از میزان برق عرضه شده بیشتر باشد، خاموشی رخ داده ناشی از کمبود ظرفیت تولید می‌باشد (صادقی، ۱۳۸۸). خاموشی ناشی از کمبود ظرفیت با ریسک و نااطمینانی همراه می‌باشد. درصورتی که در آن شرایط کمبود انرژی وجود نداشته باشد، می‌توان گفت خاموشی کمبود ظرفیت موقتی است و با کاهش تقاضا می‌توان آن را کاهش داد. از آن‌جایی‌که این نوع خاموشی بدون برنامه‌ریزی و ناگهانی اتفاق می‌افتد، در نتیجه اعلام قبلی و برنامه‌ریزی برای آن دشوار است. (هرقدر ظرفیت تولید درحال افزایش باشد، باز هم ممکن است مصرف‌کنندگان همزمان در یک لحظه از برق زیادی استفاده نمایند) (وینگ و رز[1]، ۲۰۲۰).

خاموشی ناشی از کمبود انرژی بیانگر این است که میزان مصرف برق در همان دوره از میزان تولید آن بیشتر است که این مسئله ناشی از ظرفیت پایین می‌باشد. از جمله دلایل پایین بودن ظرفیت می‌توان به این موارد اشاره نمود: عدم‌کفایت ظرفیت نصب شده تولید، عدم تأمین سرمایه مورد نیاز، مشکلات مربوط به تأمین انرژی (نفت و...)،

1. Wing and Rose

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-25]

مشکلات مربوط به تعمیرات، پیشگیری و ... . در حالت کلی نقص شبکه انتقال و سیستم توزیع می‌تواند از علت‌های مهم خاموشی در کشورهای در حال توسعه باشد (عرب‌زاده جمالی[1]، ۲۰۱۹).

در کوتاه‌مدت با توجه به ثابت بودن تجهیزات سرمایه‌ای، کمبود برق می‌تواند منجر به کاهش تولید گردد. همچنین در کوتاه‌مدت تولیدکنندگان امکانات و فرصت کمی برای سازگار شدن با خاموشی دارند. در بلندمدت عاملان اقتصادی می‌توانند با برنامه‌ریزی خود را با خاموشی هماهنگ نمایند. ازجمله اقداماتی که در بلندمدت برای کاهش اثرات خاموشی می‌توانند انجام دهند، عبارت است از: تغییر ساعات کاری، تغییر شیفت های کاری و افزایش آن، تغییر کارایی دستگاه‌ها و استفاده از دستگاه‌های بیشتر و نصب مولد داخلی برق. باوجود اینکه انجام دادن این اقدامات می‌تواند اثرات خاموشی را کاهش دهد ولی نباید از اثرات کمبود انرژی غافل ماند. به‌علاوه این اقدامات هزینه‌بر بوده و موجب افزایش هزینه‌های تولید در سطح اقتصاد می‌شوند (همان). هزینه قطع برق تفاوت بین شرایط عملیاتی نرمال و شرایطی است که در آن قطع برق رخ می‌دهد (اریکسون ولیسل[2]، ۲۰۲۰).

هزینه‌های خاموشی برق برای همه استفاده‌کنندگان برق به چندعامل بستگی دارد که به‌صورت مختصر مورد بحث قرار می‌گیرند:

اول زمان وقوع: هرچقدر مدت خاموشی برق طولانی‌تر باشد، هزینه‌های اجتماعی ناشی از خاموشی برق افزایش خواهد یافت. هرچند ارتباط بین آنها یک رابطه خطی نمی‌تواند باشد (کیم و چاو[3]، ۲۰۱۷). اکثر قطعی‌های برق در کوتاه‌مدت اتفاق می‌افتد که بیش از ۵۰ درصد از آنها در کمتر از ۳ دقیقه و کمتر از ۵ درصد از آن‌ها بیش از ۴ ساعت زمان می‌برد (بائیک و همکاران[4]، ۲۰۱۸).

دوم انواع کاربر: انواع مختلف کاربران (مصرف‌کنندگان برق) دارای حالت‌های مصرف برق و درجه تحمل متفاوت نسبت به قطع برق هستند (مائو و همکاران[5]،

1. Arabzadeh Jamali
2. Ericson and Lisell
3. Kim and Cho
4. Baik and Morgan
5. Mao et al.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-25]

۲۰۱۸). در صورت قطع دوره‌ای برق، ممکن است درهمان روز چندین مورد خاموشی اتفاق افتد.

سوم فرکانس: هرچه قطع برق بیشتر تکرار شود، اتلاف بیشتر برق موجب تداخل فعالیت‌های کاربر می‌شود و بخش‌های مختلف برق نیز باید بر روی هزینه‌های تعمیر عیب‌یابی و هزینه‌های توقف سرمایه‌گذاری کنند (کیم و چاو، ۲۰۱۷)؛ بنابراین اگر خاموشی به‌طور مکرر اتفاق بیفتد، مصرف‌کنندگان به اقدامات پیشگیرانه فکر می‌کنند و این امر موجب کاهش هزینه‌های ناشی از خاموشی برق می‌شود. ولی اگر خاموشی به تعداد دفعات خیلی زیاد تکرار شود، مصرف‌کننده آن را پایدار تلقی می‌کند و دیگر این خاموشی منجر به کاهش هزینه‌ها نمی‌شود چون مصرف‌کننده به دنبال منبع جایگزین دیگری برای تولید نیرو و جلوگیری از خاموشی خواهد بود که امری عادی است. (هنری و رامیرزمارکز[1]، ۲۰۱۶).

چهارم اندازه بار از دسته رفته: هزینه‌های قطع برق به اندازه بار ازدست رفته بستگی دارد که هرچقدر اندازه خاموشی برق افزایش یابد هزینه‌های قطع برق نیز بیشتر می‌شود (اریکسون ولیسل، ۲۰۲۰).

پنجم هشدار پیشرفته: اگر قطع برق از قبل اعلام شود به‌گونه ای که صنایع زمان کافی به‌منظور مقابله با قطع برق برای به حداقل رساندن خسارت داشته باشند، این اخطار قبلی می‌تواند به کاهش زیان اقتصادی هر بخش کمک کند. همچنین هزینه‌های خاموشی بستگی به آمادگی مصرف‌کنندگان برای مواجهه با خاموشی دارد. بدین‌صورت که اگر خاموشی غیرمنتظره باشد، اقدامات محدودی جهت جایگزین کردن امکان‌پذیر است و موجب افزایش هزینه‌ها می‌شود؛ مانند، خاموشی شمال شرق امریکا در سال ۱۹۶۵ و خاموشی نیویورک در سال ۱۹۷۷. اگر هشدار وسیع باشد، در آن صورت جایگزینی بین سوخت‌ها نیز امکان‌پذیر است.

ششم گستره خاموشی: تعداد کل مصرف‌کنندگان و مناطق جغرافیایی تحت پوشش خاموشی نیز در تعیین هزینه‌های خاموشی مؤثر می‌باشند. برای مثال، اگر در منطقه‌ای خاموشی رخ دهد، در آن صورت بنگاه صنعتی می‌تواند در صورت امکان،

1. Henry and Ramirez Marquez

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-25]

تجهیزات مورد نیاز خود را از منطقه مجاور خود که دچار خاموشی نشده است تهیه نماید (اریکسون ولیسل، ۲۰۲۰).

روش‌های برآورد هزینه‌های خاموشی برق

به‌طورکلی به ۳ روش متعارف برای برآورد هزینه‌های خاموشی برق می‌توان اشاره نمود:

اول) روش پروکسی[1]: در روش پروکسی از داده‌ها برای محاسبه تمایل به پرداخت استفاده می‌شود. در ادامه به چند مورد از نمونه‌های روش پروکسی اشاره می‌شود:

الف- تعرفه متوسط الکتریسیته[2]: در این روش، مصرف‌کننده در صورتی اقدام به خرید برق می‌کند که منافعش بیشتر از هزینه‌هایش شود. درنتیجه تعرفه متوسط برق تمایل به پرداخت مصرف‌کنندگان را برای خرید آخرین واحد الکتریسیته اندازه‌گیری می‌نماید (ابوتسی[3]، ۲۰۱۶).

ب- هزینه نگهداری مولد برق اضطراری[4]: در این روش، مصرف‌کننده به‌صورت عقلایی رفتار می‌کند و خود را در مقابل زیان‌های ناشی از اختلال در عرضه برق بیمه می‌نماید. در این صورت خرید مولد برق اضطراری، منعکس‌کننده ارزش نهایی برق عرضه نشده است. در این شرایط، با فرض اینکه بنگاه رقابتی از نظر ریسک خنثی[5] است و سود مورد نظر[6] خود را حداکثر می‌کند، هزینه‌های خاموشی را محاسبه می‌کند و در نهایت بنگاه مورد نظر، هزینه نهایی مورد انتظار ناشی از تولید یک کیلووات ساعت برق اضطراری عرضه نشده را با هزینه‌های خاموشی ناشی از عدم برخورداری از تولید همان کیلووات برق اضطراری برابر می‌نماید (شجاعی و همکاران[7]، ۲۰۲۰).

ج- ارزش تولید ازدست‌رفته[8]: (GNP) تولید ناخالص ملی، ارزش کالا و خدمات تولید در اقتصاد را اندازه‌گیری می‌کند. از آنجا که برق یکی از مؤلفه‌های اساسی در

1. Proxy
2. Average Electricity Tariff
3. Abotsi
4. Cost of maintaining backup power
5. Risk-Neutral
6. Expected profit
7. Shojaei and Dabbaghjamanesh
8. Value of foregone production

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-25]

فعالیت‌های اقتصادی محسوب می‌شود و GNP در صورت فقدان برق تا حد قابل توجهی کاهش می‌یابد. در نتیجه نسبت GNP به کل مصرف برق، ممکن است به‌عنوان تقریبی از تأثیر کل خاموشی در اقتصاد به‌کار گرفته شود (بنیچ[۱]، ۲۰۱۹).

د- ارزش فراغت از دست‌رفته/ نرخ دستمزد[۲]: این روش، هزینه اصلی قطع برق را فراغت از دست داده می‌داند (همان).

دوم) روش CVM[۳]: روش CVM، از افراد سؤال می‌شود که برای کالای فرضی که در بازار قیمت‌گذاری نمی‌شود، چه ارزشی قائل هستند؟ یا به عبارتی دیگر افراد برای نرخ‌های بالاتر چقدر تمایل به پرداخت می‌باشند؟ برای مثال در صورت بهبود کیفیت در عرضه‌ی برق و کاهش خاموشی افراد چقدر مایل به پرداخت هزینه بیشتری هستند (کانیا[۴]، ۲۰۱۸).

سوم) روش مبتنی بربازار[۵]: برخلاف روش پروکسی، در روش مبتنی بر بازار برای برآورد هزینه‌های خاموشی به رفتار مشاهده شده مصرف‌کننده توجه می‌شود (کوفئواوغلو و لهتونن[۶]، ۲۰۱۵) که شامل:

الف- روش‌های مازاد مصرف‌کننده: در روش مازاد مصرف‌کننده، هزینه‌های خاموشی را از طریق برابری آن با تغییرات جبرانی تخمین می‌زنند. در تغییرات جبرانی چه میزان درآمد باید به مصرف‌کننده داده شود تا مطلوبیت وی پس از اعمال افزایش قیمت به سطح قبلی آن جبران شود که برابر با مساحت زیر منحنی تقاضا جبرانی می‌باشد (ساها و بهاتاچاریا، ۲۰۱۹ و بوینستادو[۷]، ۲۰۱۷).

ب- تحلیل انتخاب گزینه‌های I/C[۸]: در این نگرش، تخفیف قیمتی را در مقابل قابلیت اطمینان پایین‌تر برق عرضه شده به مصرف‌کننده پیشنهاد می‌شود. فرض می‌شود که مصرف‌کنندگان به‌صورت عقلایی گزینه‌ای را که منافع مورد انتظار از مصرف

1. Bennich
2. Value of foregone leisure/ wage rate
3. Contingent valuation method
4. Kanya
5 Market-Based
6. Küfeoğlu and Lehtonen.
7. Saha and Bhattacharya, Buenestado
8. Interuption /curtailable

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-25]

برق را حداکثر کند، انتخاب می‌نمایند. هر گزینه دارای نرخ تخفیف و سطح قابلیت اطمینان ویژه‌ای می‌باشد (شیواکوما و همکاران[1]، ۲۰۱۷).

در این مطالعه در واقع از معیاری مشابه مازاد مصرف‌کننده در برآورد هزینه‌های رفاهی خاموشی برق استفاده خواهد شد. ازآنجایی‌که عرضه برق تقریباً کشش‌ناپذیر است (عرضه عمودی است)، بنابراین مساحت زیر منحنی تقاضای برق می‌تواند یک معیار مناسب برای برآورد هزینه‌های رفاهی قطعی برق (انتقال منحنی عرضه برق به سمت چپ و منطبق شدن بر محور قیمت) باشد. در نتیجه مساحت زیر منحنی تقاضای برق معادل اضافه رفاه مصرف‌کننده می‌باشد. درنتیجه برای محاسبه اضافه رفاه مصرف-کننده باید انتگرال زیر منحنی تقاضای برق در بخش‌های (صنعت و معدن، کشاورزی و خدمات) را محاسبه نمود که در بخش ۵-۲ به تفکیک هر بخش نتایج ارائه شده است.

باتوجه به ادبیات نظری در مورد خاموشی برق و خسارات ناشی از آن و میزان وابستگی بخش‌های اقتصادی به این انرژی، اهمیت بررسی برآورد هزینه‌های رفاهی تغییرات قیمت برق مشخص می‌شود. در ادامه برخی از شواهد تجربی موجود منطبق با ادبیات نظری طرح شده ارائه خواهد شد.

۳- مروری بر مطالعات تجربی

با توجه به اهمیت انرژی برق در بخش‌های اقتصادی و خاموشی‌هایی که در سراسر دنیا رخ داده است، پژوهش‌های بسیاری با هدف برآورد هزینه‌های رفاهی خاموشی برق انجام شده است. اکثر مطالعاتی که در داخل و خارج از ایران انجام شده است، با رویکردهایی ازجمله تعادل عمومی، شبکه آزمایشگاهی، (CVM)، (WASP) جهت برآورد هزینه‌های رفاهی خاموشی برق صورت گرفته است. جامعه مورد بررسی این پژوهش‌ها اکثراً در بخش خانگی مانند مطالعات وتال (۲۰۲۰)، غفرانی (۱۳۹۳)، چال اشتری (۱۳۹۶) و... و یا در بخش صنعتی مانند مطالعات زیمو و همکاران (۲۰۱۹)، ساها (۲۰۱۹)، موحد و امینی (۱۳۹۸)، امینی و خسروی (۱۳۹۸) و... در نظر گرفته شده است. در ادامه به مطالعات در داخلی و بین‌المللی اشاره می‌شود:

1. Shivakumar et al

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-25]

وتال[1] (۲۰۲۰) با استفاده از مصاحبه‌های کیفی با خانوارهای روستایی نروژی، بررسی می‌کند که زندگی روزمره خانوارها در هنگام قطع برق چگونه تغییر می‌کند و خانوارها چگونه عواقب قطع برق را درک می‌کنند. هدف مقاله، استفاده از دیدگاه خانوارها برای درک عواقب قطع برق و نشان دادن تأثیر این عواقب بر روابط بین زیرساخت‌ها، عملکردها، مشتریان و ارائه‌کنندگان می‌باشد. یکی از نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که خانوارها به‌جای نگرانی در مورد هزینه‌های اقتصادی قطع برق، بر حفظ روزمرگی خود تمرکز می‌کنند، اما این بدان معنا نیست که خانواده‌ها ارزش منابع تأمین برق را نمی‌دانند.

گلرسون و همکاران[2] (۲۰۱۹) به بررسی تمایل به پرداخت خانوارهای سوئدی برای جلوگیری از قطع برق در سال‌های ۲۰۰۴ و ۲۰۱۷ می‌پردازند. نتایج بیانگر آن است که (WTP) در سال ۲۰۱۷ به‌طور قابل توجهی بالاتر از (WTP) در سال ۲۰۰۴ می‌باشد. همچنین تعداد خانوارهایی که مایل به پرداخت هزینه بیشتری برای جلوگیری از قطع برق بوده‌اند به‌طور قابل توجهی کاهش یافته است؛ و خاموشی‌های برنامه‌ریزی شده نسبت به خاموشی‌های برنامه‌ریزی نشده افزایش یافته است.

ساها[3] (۲۰۱۹) در مقاله‌ای به تحلیل کاربردهای رفاهی اصلاحات بخش برق در موقعیتی که منافع بخش دولتی و خصوصی با هم در اشتراک می‌باشند در بخش غربی ایالت بنگال می‌پردازد. دوره تحلیلی مرور ادبیات پانزده ساله بخش‌هایی از پیش ساختار و پسا ساختار را پوشش می‌دهد. تحلیل داده‌های پانل حول چهار گروه نشان می‌دهد تأثیر منفی سیستم غیرهمگرا بر رفاه به علت افزایش در انتقال هزینه‌ها و نرخ‌های تعرفه افزایش‌یافته، نزولی است، چه در مازاد مصرف‌کننده و چه تولیدکننده. همچنین به مطالعه اثر اصلاحات بر توان برابری عرضه و تقاضا می‌پردازد.

هان و همکاران[4] (۲۰۱۹) با استفاده از داده‌های ۲۰۱۵ اقتصادی-اجتماعی کامبوج، اثرات برق را از طریق مصرف خانوار از قبیل درآمدها و عملکرد تحصیلی کودکان در خانوارها و همچنین تأثیرات آن بر محیط‌زیست را بررسی نمودند. این مطالعه نشان داد

1. Wethal
2. Carlsson et al.
3. Saha
4. Hun et al.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-25]

که دسترسی خانوار به برق با توانایی مصرف برق به اثرات مثبت رفاه خانواده و محیط‌زیست از طریق کاهش مصرف زیست‌توده کمک می‌کند و بیشتر افراد خانواده که صرف زیست‌توده عمل می‌کنند، بیشتر در معرض خطر قرار دارند. این مطالعه همچنین نقش مهم شکل‌گیری سرمایه انسانی برای تأثیر مثبت بر رفاه و محیط‌زیست را تأیید می‌کند.

آبدیسا[1] (۲۰۱۸) بیان می‌کند که فقدان قدرت الکتریکی امن و قابل‌اعتماد برای انجام کسب‌وکار در کشورهای درحال‌توسعه یک محدودیت است. این مقاله از داده‌های نظرسنجی بانک جهانی برای بررسی اینکه چگونه شرکت‌ها در اتیوپی به قدرت واکنش می‌دهند، استفاده می‌کند. نتایج نشان می‌دهد که شرکت‌ها در اتیوپی در واکنش به قطع برق، برق تولید می‌کنند. همچنین مشخص شد که قطع برق شرکت‌ها به‌طور منفی بر بهره‌وری شرکت‌ها تأثیر می‌گذارد و هزینه‌های شرکت‌ها را تا سال ۲۰۱۹ به میزان ۱۵ درصد افزایش می‌دهد. این اثر به‌طور منفی با سطح خروجی تفاوت دارد که نشان می‌دهد قطع برق برای شرکت‌های کوچک هزینه‌بر است.

موریسی و همکاران[2] (۲۰۱۸) یک ساختار آزمایشی انتخابی جهت برآورد هزینه‌های رفاه خانوارها از خاموشی برق در بخش شمال غربی انگلستان به‌کار گرفته‌شده است. برآوردهای حاصل‌شده تمایل پرداخت نشان می‌دهد که خانوارها در بخش شمال غربی انگلستان مایل به پرداخت ۵,۲۹ پوند می‌باشند، جهت جلوگیری از خاموشی برق در دوره‌های اوج مصرف، ۷,۳۷ پوند جهت خاموشی در طول هفته به‌جای اواخر هفته یا تعطیلات بانک و ۳۱,۳۷ پوند جهت جلوگیری از خاموشی در زمستان. خانوارها همچنین مایل به پرداخت می‌باشند بین ۱,۱۷ پوند (۲۰ دقیقه) تا ۰,۰۵ پوند (۴۸۰ دقیقه) جهت جلوگیری از خاموشی برق بسته به طول مدت خاموشی. به‌کارگیری مدل‌های لجستیک پنل نیز به تشریح تأثیر متفاوت جمعیت‌شناختی اجتماعی و ویژگی‌های خانواری در پاسخ به تمایل پرداخت جهت جلوگیری از خاموشی برق می‌پردازد.

1. Abdisa
2. Morrissey et al

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-25]

کول[1] (۲۰۱۸) با استفاده از داده‌های در سطح بنگاه برای ۱۴ کشور از بانک جهانی، برای رابطه منفی میان ذخیره غیرقابل اطمینان الکتریسیته و فروش‌های بنگاه، با اثر قوی‌تر برای بنگاه‌هایی که دارای ژنراتور نیستند را اثبات نمود. وی دریافت که کاهش متوسط سطوح خاموشی میزان فروش بنگاه‌های فاقد ژنراتور در آفریقای جنوبی را تا ۱۱۷,۴٪ افزایش می‌دهد.

در ایران مطالعات مختلفی با الگوهای متفاوتی جهت برآورد هزینه‌های رفاهی خاموشی برق انجام شده است که در ادامه به برخی از آنها اشاره می‌شود.

موحد و امینی (۱۳۹۸) بیان می‌کنند که برنامه‌ریزی توسعه نیروگاه‌های کشور (با توجه به نیاز به سرمایه‌گذاری سنگین جهت احداث نیروگاه‌ها) از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در مقاله آنها روش‌های مختلف برنامه‌ریزی توسعهٔ سیستم تولید و معیارهای ذکر شده در هر یک از این‌روش‌ها مورد بحث قرار گرفته و پس از آن نتایج حاصل از بررسی اثرات قیمت خاموشی بر توسعهٔ بهینه سیستم تولید برق کشور به کمک نرم‌افزار (WASP) ارائه گردیده است. به‌منظور تصریح بیشتر اثر قیمت خاموشی روی هزینه‌های توسعه بهینه شبکه تولید، ظرفیت نیروگاهی مورد نیاز طی دوره زمانی ۱۴۰۰-۱۳۸۱ به ازای مقادیر مختلف قیمت خاموشی با استفاده از نرم‌افزار (WASP) به‌دست‌آمده و هزینه‌های متناظر آنها با یکدیگر مقایسه شده است.

امینی و خسروی (۱۳۹۸) بیان کردند که با توجه به نقش انرژی الکتریکی (به‌عنوان یکی از مهم‌ترین نهاده‌های تولید) در فعالیت‌های صنعت و معدن، آگاهی از هزینه عدم تأمین برق در واحدهای صنعت و معدن اثر قابل توجهی در تصریح خسارت خاموشی در این بخش دارد. در این مقاله نتایج محاسبه هزینه خاموشی در ۳۷۸ واحد منتخب صنعت و معدن و ۶۰ واحد منتخب معدن در کشور (که به ترتیب در ۲۳ گروه فعالیت صنعت و معدن و ۳ گروه فعالیت معدن قرار دارند[2]، ارائه شده است. روش به‌کار گرفته شده برای محاسبه خسارت خاموشی، بررسی جامع مصرف‌کننده بوده است که در آن کلیه هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم ناشی از قطع برق محاسبه می‌شود.

1. Col

۲. براساس طبقه‌بندی بین‌المللی کلیه رشته فعالیت‌های اقتصادی

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-25]

یوسفی و وصال (۱۳۹۷) اثر خاموشی (انرژی توزیع نشده الکتریکی) را بر صنعت ایران به تفکیک ۳۹ شرکت توزیع و پایگاه داده‌ای کارگاه‌های صنعتی با استفاده از داده‌های تابلویی طی سال‌های ۹۲-۱۳۸۵ مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج بیانگر آن است که هر یک درصد خاموشی بیشتر برای کارگاه‌های با متوسط سهم انرژی برق به ترتیب باعث کاهش ۰,۱۱ و ۰,۱۰ درصدی تولید و فروش می‌شود.

چال اشتری (۱۳۹۶) با هدف شناخت و درک تنگناها و نارسایی‌های حاصل از خاموشی‌ها و قطع برق، به بررسی رابطه واکنش‌های اجتماعی مشترکین با متغیرهای مختلف و برنامه‌ریزی جهت اصلاح عملکرد خدمات‌رسانی به مشترکین پرداخته است. به همین منظور و با توجه به تعداد مشترکین هر منطقه تعداد ۱۵۰۰ مشترک در سطح شهر اهواز به‌عنوان نمونه انتخاب و سپس اقدام به توزیع پرسشنامه گردید. در پایان براساس تجزیه‌وتحلیل اطلاعات جمع‌آوری‌شده و نتایج حاصل از یافته‌های تحقیق پیشنهادهایی متناسب با شرایط اجتماعی، فرهنگی شهر اهواز ارائه گردیده است.

بارفروشی و حبیب‌پورکاشمی (۱۳۹۵) در پژوهش خود بیان می‌کنند که خاموشی‌های تحمیل شده به شبکه‌های توزیع و خسارت‌های ناشی از آن از جمله مسائل مهم این شبکه‌ها می‌باشد. تعیین خسارت خاموشی پست‌ها و فیدرهای توزیع در بهره‌برداری و برنامه‌ریزی بسیار حائز اهمیت است. به‌طوری‌که یکی از پارامترهای مؤثر در بهره‌برداری بهینه و اصلاح و ساماندهی شبکه‌های توزیع، هزینه انرژی توزیع نشده می‌باشد. آنها در پژوهش خود به تأثیر هزینه‌های خسارت خاموشی در بهره‌برداری و برنامه‌ریزی شبکه‌های توزیع پرداختند. در این پژوهش برای ارزیابی قابلیت اطمینان از شاخص نرخ هزینه خسارت خاموشی استفاده شده است. جهت محاسبه این شاخص سه روش معرفی و سپس با هم مقایسه شدند. همچنین تأثیر نحوه بهره‌برداری و ساختار شبکه‌های توزیع بر هزینه‌های خسارت خاموشی مورد بررسی قرار گرفت. جهت مطالعه موردی فیدری از شبکه توزیع ۲۰ کیلوولت شهر بابلسر، مطالعه و نتایج آن به همراه تحلیل‌های لازم ارائه گردیده است.

غفرانی (۱۳۹۳) در پژوهشی برای ارزیابی اقتصادی هزینه‌های ناشی از قطع برق با تکنیک ارزش‌گذاری مشروط به بررسی تمایل به پرداخت مشترکین در ازاء بهبود کیفیت توزیع برق پرداخته است. برای انجام تحقیق، ۲۰۰ مشترک از بین ۹۶۱ مشترک

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-25]

بخش صنعت شرکت توزیع برق سبزوار در سال ۱۳۹۲ انتخاب گردیدند. با استفاده از مدل لاجیت عوامل اثرگذار بر تمایل به پرداخت مشترکین برآورد شده است. نتایج نشان می‌دهد مشترکین در ازای بهبود کیفیت برق به پرداخت ۳۵ درصد افزایش در نرخ تعرفه دولتی فعلی تمای دارند. بر این اساس ارزش اقتصادی کاهش خاموشی برق بخش صنعت در هر ماه ۲۶۸۹۱۱۸۲۵ تومان محاسبه شده است. جمع‌آوری داده‌ها با طراحی پرسشنامه استاندارد به دو روش انتها-بسته و انتها-باز صورت گرفته است. تحلیل‌های اقتصادسنجی داده‌های روش‌های ذکر شده به ترتیب با استفاده از الگوی لوجیت در دو فرم خطی و لگاریتمی و الگوی توبیت با استفاده از نرم‌افزار شازم انجام شد.

منظور و رضائی (۱۳۹۳) به مدل‌سازی بازار برق به روش پویایی سیستمی می‌پردازند. نتایج حاصل از شبیه‌سازی مدل حاکی از آن است که در صورت ادامه روند قیمت‌های گذشته بازار برق در افق سال ۱۴۰۰ با بیش از ۳۰۰ تراوات ساعت مازاد تقاضا در سال و در نتیجه خاموشی مواجه می‌شود.

با مروری بر مطالعات انجام شده مشاهده می‌شود که جامعه آماری مورد بررسی بسیاری از آنها از جمله احمدیان و عباس‌زاده (۱۳۹۲)، خانی و تبار (۱۳۹۱) و غفرانی (۱۳۹۳) در سطح یک استان و یا در سطح کلان با رویکردهای متفاوتی از جمله (CVM)، (OLS)، (WASP)، شبکه آزمایشگاهی، فراغت از دست رفته و... به برآورد هزینه‌های رفاهی خاموشی برق پرداخته‌اند. همچنین بررسی هزینه‌های رفاهی خاموشی برق در سایر بخش‌های اقتصادی (کشاورزی و خدمات) کمتر مورد توجه قرار گرفته است؛ بنابراین پژوهش حاضر نسبت به مطالعات مشابه تفاوت‌هایی دارد که عبارتند از:

اول- جهت برآورد هزینه‌های رفاهی ناشی از قطعی احتمالی برق روش داده‌های تابلوئی مورد استفاده قرار گرفته است که کمتر مورد توجه پژوهشگران دیگر بوده است.

دوم- جهت محاسبه زیان رفاهی ناشی از قطعی احتمالی برق، معیار رفاهی مازاد مصرف‌کننده مورد استفاده قرار گرفته است که محاسبه این شاخص با توجه به گستردگی بخش‌ها امکان‌پذیر بوده و از سوی دیگر با توجه به تابع عرضه برق معتبر می‌باشد. درحالی‌که در مطالعات گذشته بیشتر از معیارهای رفاهی شاخص لاسپیرز، شاخص پاشه، تغییرات جبرانی و تغییرات معادل استفاده شده است.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-25]

سوم- زیان رفاهی ناشی از قطعی احتمالی برق بخش‌های تولیدی (صنعت و معدن، کشاورزی و خدمات) به‌طور همزمان محاسبه و مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد که در پژوهش‌های گذشته کمتر مورد توجه قرار گرفته است.

چهارم- زیان رفاهی ناشی از قطعی احتمالی برق در سطح استان‌های کشور در بخش‌های (صنعت و معدن، کشاورزی و خدمات) محاسبه می‌شود که مورد توجه دولت جهت اعمال سیاست‌های قیمتی می‌باشد.

در نتیجه این پژوهش به لحاظ اینکه تمامی استان‌های کشور (۳۱ استان) را به‌تفکیک هر بخش (کشاورزی، صنعت و معدن و خدمات) در نظر می‌گیرد و با رویکرد داده‌های تابلوئی، هزینه‌های رفاهی خاموشی برق را برآورد می‌کند، پژوهشی جامع خواهد بود.

۴- روش‌شناسی پژوهش: رویکرد داده‌های تابلوئی

در این پژوهش برای برآورد مدل از رویکرد داده‌های تابلوئی[1] بهره‌برداری می‌شود که فرم کلی و عمومی در آن به‌صورت معادله (۱) می‌باشد که در آن $i=1,2,...,n$ بیانگر سطح مقاطع و$T, ..., t=1,2$ نشان‌دهنده زمان می‌باشد. Y_{it} مقدار متغیر وابسته برای سطح مقطع i در دوره زمانی t، ضریب β_{1it} نشان‌دهنده عرض از مبدأ در مقطع i در دوره زمانی t است. e_{it} جمله اختلال مدل است که فرض می‌شود دارای میانگین صفر E $(e_{it}) =0$ و واریانس ثابت $E(e_{it}^2) = \delta_{it}^2$ می‌باشد. β_{kit} پارامترهای مجهول مدل هستند که واکنش متغیر وابسته نسبت به تغییرات k امین متغیر مستقل در i امین مقطع و t امین زمان را اندازه‌گیری می‌کند.

$$Y_{it} = \beta_{1it} + \sum_{k=2}^{k=k} \beta_{kit} X_{it} + e_{it} \qquad (۴)$$

موضوع بسیار مهمی که در بسیاری از مطالعات تجربی مطرح می‌شود آن است که عرض از مبدأ برای تمامی مقاطع باید یکسان در نظر گرفته شود یا متفاوت هستند؟ با استفاده از آزمون چاو به‌صورت معادله (۵) می‌توان مشخص نمود:

$$H_0: \beta_{11} = \beta_{12} = \cdots = \beta_{1N} \qquad (۵)$$

1. Panel Data

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-25]

$$H_1: \beta_{11} \neq \beta_{12} \neq \cdots \neq \beta_{1N}$$

براساس مقادیر مجموع مجذور پسماندها از برازش دو مدل مقید (ثابت بودن β_{1i}) و نامقید (متفاوت بودن β_{1i}) این آزمون را مبنی بر یکسان بودن β_{1i} می‌توان انجام داد. همچنین ابهام دیگر در این‌رویکرد مدل‌سازی، آن است که آیا تفاوت در عرض از مبدأ واحدهای مقطعی به‌طور ثابت[1] عمل می‌کند یا عملکرد تصادفی[2] یا مدل اجزای خطا[3] دارد. با استفاده از آزمون هاسمن می‌توان به مدل اثرات ثابت و یا اثرات تصادفی پی‌برد. آماره آزمون دارای توزیع کای دو می‌باشد. فرضیه این آزمون به این صورت است که میان برآوردگرهای مدل اثرات ثابت و مدل اجزای خطا در اساس اختلاف وجود ندارد. معادله (۳) که در آن $\hat{\beta_s}$ ضریب مربوط به اثرات تصادفی و b_s ضریب مربوط به روش اثرات ثابت است.

$$H_0: \hat{\beta_s} = b_s \qquad (۶)$$

$$H_1: \hat{\beta_s} \neq b_s$$

۵- تحلیل نتایج تجربی

در این بخش به معرفی داده‌های پژوهش و معرفی توابع تقاضای برق بخش‌های (صنعت و معدن، کشاورزی و خدمات) پرداخته خواهد شد. در نهایت در بخش پایانی، توابع معرفی شده هر بخش برآورد و آزمون‌های مربوطه ارائه خواهد شد. سپس زیان رفاهی هر بخش محاسبه می‌شود. همچنین نتایج برآورد توابع هر بخش به‌طور کامل مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

معرفی داده‌ها و الگوی تجربی

در این پژوهش، هدف مطالعه برآورد هزینه‌های رفاهی قطعی احتمالی برق در بخش‌های (صنعت و معدن، کشاورزی و خدمات) در سطح استان‌های کشور می‌باشد. برای این منظور جهت برآورد و مقایسه از آمار و اطلاعات ۳۱ استان براساس داده‌های تابلوئی در دسترس در دوره ۱۳۹۷-۱۳۸۹ استفاده شده است. با توجه به هدف اصلی،

1. Fixed Effects Model
2. Random Effects Model
3. Error Components Model

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-25]

الگوی پایه‌ای برای برآورد هزینه‌های رفاهی ناشی از قطعی احتمالی برق به روش تابلوئی به‌صورت معادله (۷) می‌باشد:

$$\ln CE_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln RPE_{it} + \beta_2 \ln RPGO_{it} + \beta_3 \ln RVA_{it} + \beta_4 \ln X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (۷)$$

متغیرها در استان i و زمان t تعریف می‌شوند. متغیر X_{it} شامل سایر عوامل مؤثر در بخش می‌باشد. داده‌های مورد استفاده در معادله رگرسیونی (۷) در جدول (۱) ارائه شده است:

جدول ۱. معرفی متغیرهای مورد استفاده در پژوهش طی دوره زمانی ۱۳۹۷-۱۳۸۹

متغیر	تعریف	نحوه محاسبه و (واحد)
LNCE	لگاریتم مصرف سرانه برق	میزان فروش برق وزارت نیرو به تفکیک بخش و استان (گیگاوات ساعت) به ازای هر مشترک
LNRVA	لگاریتم ارزش‌افزوده سرانه حقیقی	ارزش‌افزوده استانی هر بخش تقسیم بر متوسط شاخص بهای تولیدکننده آن گروه در ایران براساس سال پایه ۱۳۹۰ به ازای هر مشترک
LNRPE	لگاریتم قیمت حقیقی برق	انرژی فروخته شده به مشترکین از تقسیم ریال بر کیلووات ساعت برق مصرفی (ریال بر کیلووات ساعت) به قیمت‌های ثابت ۱۳۹۰
LNRPGO	لگاریتم حقیقی نفت گاز	تقسیم مجموع ارزش ریالی نفت گاز استان‌های کشور بر میزان مصرف نفت گاز (میلیارد ریال بر میلیون لیتر) به قیمت‌های ثابت سال ۱۳۹۰
LNRPNG	لگاریتم قیمت حقیقی گاز طبیعی	میانگین وزنی قیمت متوسط فروش گاز طبیعی دو دوره زمانی (هفت و پنج ماهه) در هر بخش در کل کشور به قیمت‌های ثابت سال ۱۳۹۰ (ریال بر متر مکعب)
LNR	لگاریتم میزان بارندگی	میزان بارندگی هر در مرکز استان (میلی‌متر)

منبع: یافته‌های پژوهش

برآورد الگوی تجربی و تجزیه و تحلیل نتایج

در این بخش، ابتدا مدل بخش‌های (صنعت و معدن، کشاورزی و خدمات) معرفی می‌شوند و آزمون‌های چاو و هاسمن برای مشخص شدن مدل اثرات ثابت و تصادفی

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-25]

انجام می‌شود. سپس براساس مدل نهایی برآورد شده به محاسبه زیان رفاهی هر بخش پرداخته می‌شود. در نهایت به تجزیه و تحلیل نتایج هر بخش پرداخته می‌شود.

معرفی و برآورد مدل تقاضای برق در بخش صنعت و معدن و تفسیر نتایج

با مرور مطالعات تجربی انجام شده در زمینه تقاضای برق در بخش صنعت و معدن، مشاهده می‌کنیم که ساختار توابع تقاضای برق در بخش صنعت و معدن کم و بیش در اکثر مطالعات مشابه یکدیگر است. در تمامی مطالعات تجربی انجام شده در این زمینه، قیمت برق در بخش صنعت و معدن، قیمت سوخت‌های دیگر، ارزش‌افزوده بخش صنعت و معدن و ... به‌عنوان متغیرهای مستقل بر تقاضای برق صنعت و معدن اثرگذارند. با توجه به روند تأثیرگذاری عوامل مؤثر بر تقاضای برق، مدل تقاضای برق در بخش صنعت و معدن به‌صورت زیر بیان می‌گردد.

$$\ln CE^{i}_{it} = \beta_{0} + \beta_{1}\ln RPE^{i}_{it} + \beta_{2}\ln RVA^{i}_{it} + \beta_{3}\ln RPGO^{i}_{it} + \beta_{4}\ln RPNG^{i}_{it} + \varepsilon_{it} \quad (۸)$$

علاوه بر متغیر قیمت و ارزش‌افزوده، گاز طبیعی و گازوئیل به‌عنوان یک جانشین یا مکمل برای مصرف برق در صنعت و معدن استفاده می‌شوند. فرضیه صفر در آزمون چاو بیانگر مدلی تلفیقی است به این معنی که تمام عرض از مبدأها یکسان هستند. فرضیه مقابل، بیانگر مدل پنل است به این مفهوم که حداقل یکی از عرض از مبدأها متفاوت باشد. نتایج آزمون چاو در جدول (۲) آمده است.

جدول ۲. آزمون چاو بخش صنعت و معدن

Redundant Fixed Effects Tests Test cross-section Fixed effects			
آزمون	**آماره**	**سطح معناداری**	**نتیجه**
F	۵۵/۹۴*	۰/۰۰۰۰	رد شدن مدل تلفیقی

* ضریب در سطح ۵ درصد معنی‌دار می‌باشد.

منبع: یافته‌های پژوهش

مقدار آماره F برابر ۵۵/۹۴ می‌باشد. مقدار احتمال آن کمتر از ۵ درصد است. فرضیه صفر در آزمون چاو بیانگر وجود داده‌های تلفیقی می‌باشد که طبق این سطح از

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-25]

معناداری رد می‌شود. در نتیجه عرض از مبدأ هر استان در مصرف و تقاضای برق بخش صنعت و معدن متفاوت هستند.

در گام بعدی، پس از مشخص نمودن مدل اثرات ثابت با استفاده از آزمون هاسمن باید مدل اثرات تصادفی را در مقابل مدل اثرات ثابت آزمون نمود. فرضیه صفر در آزمون هاسمن وجود اثرات تصادفی و فرضیه مقابل در این آزمون وجود مدل اثرات ثابت را بیان می‌نماید. نتایج آزمون هاسمن در جدول (۳) به‌صورت زیر می‌باشد.

جدول ۳. آزمون هاسمن بخش صنعت و معدن

Correlated Random Effects-Hausman Test Test cross-secion random effects			
آزمون	**آماره آزمون**	**prob**	**نتیجه**
هاسمن	۱۲٫۰۶*	۰/۰۱۶۹	رد شدن اثرات تصادفی

*ضریب در سطح ۵ درصد معنی‌دار می‌باشد.

منبع: یافته‌های پژوهش

در این آزمون مقدار آماره معادل ۱۲/۰۶ است و احتمال متناظر با آن ۰/۰۱ می‌باشد که کمتر از ۵ درصد است. از این‌رو فرضیه صفر مبنی بر وجود اثرات تصادفی رد می‌شود. در نتیجه روش برآورد مدل به‌صورت اثرات ثابت خواهد بود. پس از مشخص نمودن روش برآورد، مدل تقاضای برق بخش صنعت و معدن (۸) برآورد می‌گردد. نتایج در جدول (۴) ارائه شده است.

جدول ۴. نتایج نهایی بخش صنعت و معدن

متغیرها	ضریب	خطای استاندارد	آماره z	سطح معنی‌داری (خطا)
$Inrpe^i$	-۰٫۱۴۳*	۰/۰۴۲	-۳/۴۱	۰/۰۰۱
$Inrva^i$	۰٫۰۶۸*	۰/۰۲۰	۳/۳۴	۰/۰۰۱
$Inrpgo^i$	۰/۰۱۸	۰/۰۲۵	۰/۷۲	۰/۴۷۳
$Inrpng^i$	۰/۰۱۵	۰/۰۱۵	۱/۰۴	۰/۳۰۰
cons	۶,۱۵۹*	۰,۲۴۱	۲۵,۴۶	۰,۰۰۰
Wald chi2(4)	۱۸,۷۲			
Prob>chi2	۰,۰۰۰۹			

* ضریب در سطح ۵ درصد معنی‌دار می‌باشد

منبع: یافته‌های پژوهش

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-25]

طبق نتایج حاصل‌شده، ضریب قیمت برق منفی و معنادار است. با یک درصد افزایش قیمت حقیقی برق، میزان تقاضای برق در بخش صنعت و معدن ۰/۱۴۳- درصد کاهش می‌یابد. همچنین کالای برق در بخش صنعت و معدن از حیث درآمدی نیز رابطه مثبت و معناداری با تقاضای برق دارد. با افزایش یک درصد در تولید (ارزش‌افزوده) میزان تقاضای برق ۰/۰۶ درصد افزایش می‌یابد. هرچه میزان تولید بیشتر باشد، استفاده بیشتر از عوامل تولید از جمله برق نیز رخ خواهد داد. به علت نبود متغیر سطح تولید بنگاه‌های صنعت و معدن، از متغیر جانشین آن یعنی ارزش‌افزوده که با متغیر سطح تولید همبستگی دارد استفاده می‌شود (محمدی و محتشمی، ۱۳۸۹).

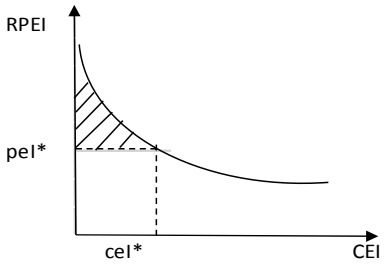
ضریب قیمت حقیقی نفت گاز و گاز طبیعی مثبت می‌باشد ولی معنادار نیستند؛ یعنی در مقابل تغییر قیمت دیگر حامل‌های انرژی، مصرف‌کننده برق تمایلی برای جایگزینی بین حامل‌های انرژی ندارد. یکی از دلایل این امر می‌تواند متفاوت بودن فناوری‌های کاربرد برق و دیگر حامل‌های انرژی در تجهیزات سرمایه‌ای و مصرفی تجهیزات برقی باشد. ازآنجایی‌که صنایع به‌طور عمده از برق استفاده می‌کنند با افزایش قیمت حامل‌های انرژی، تولیدکننده نمی‌تواند به‌سرعت دیگر حامل‌ها را جایگزین برق نماید؛ مانند پالایشگاه‌ها و نیروگاه‌های تولید برق.

بعد از برآورد تابع تقاضای برق رابطه (۸)، میانگین سال ۱۳۹۷ متغیرهای موجود در بخش صنعت و معدن در مدل تقاضای برق جایگذاری شده است. سپس زیان رفاهی بخش صنعت و معدن طبق رابطه (۱۱) محاسبه می‌گردد:

$$\ln CE^i = ۱۰/.۴۱ - ۰/۱۴۳ \ln RPE^i$$

$$CE^i = \frac{e^{10.41}}{epei^{0.143}} \qquad (۱۰)$$

$$CS^i = \int_{590.45}^{13329.26} \frac{e^{10.41}}{rpei^{0.143}} dp = ۱/۲۳۵۵۳ * ۱۰^۸ \qquad (۱۱)$$



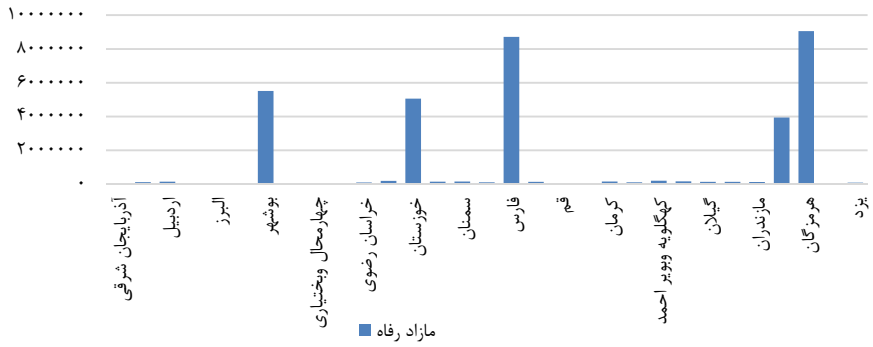
منبع: یافته‌های پژوهش

نمودار ۱. تابع تقاضای بخش صنعت و معدن

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-25]

ازآنجایی‌که نمودار تقاضای برق رابطه بین قیمت برق و میزان مصرف برق را نشان می‌دهد در نتیجه باید مدل تقاضای برآورد شده معادله (۹) به‌صورت یک رابطه ساده و بدون لگاریتمی معادله (۱۰) بیان شود. همان‌طورکه در قسمت‌های قبل ذکر شد، مساحت زیر منحنی تقاضای برق و بالای خط قیمت بیانگر اضافه رفاه می‌باشد. در نتیجه برای محاسبه اضافه رفاه باید مساحت قسمت هاشورخورده نمودار (۱) محاسبه گردد. رابطه (۱۱) نشان‌دهنده انتگرال قسمت هاشور خورده می‌باشد. با قطع برق در بخش صنعت و معدن اضافه رفاه مصرف‌کننده به‌میزان ۱/۲۵۵۳*۱۰^۸ (ریال/مشترک) کاهش می‌یابد.

با توجه به قیمت برق و زیان رفاهی در نمودار (۲)، استان‌کهگیلویه و بویراحمد نخستین جایگاه را در بالاترین میزان زیان رفاهی نسبت به سایر استان‌های کشور دارد. بعد از استان‌کهگیلویه و بویراحمد، استان‌های خراسان شمالی و گلستان دارای بیشترین میزان زیان رفاهی هستند. کمترین میزان زیان رفاهی مربوط به استان آذربایجان شرقی می‌باشد که در بخش صنعت و معدن در گروه پایین‌ترین میزان مصرف برق جای دارد. استان همدان بعد از استان آذربایجان شرقی دومین استانی است که کمترین میزان زیان رفاهی را شامل می‌شود. نمودار ۲ تغییرات در مازاد مصرف‌کننده را به ازای یک قیمت معین که در محاسبه این نمودار، متوسط قیمت سال ۱۳۹۷ در کل کشور در نظر گرفته شده را نشان می‌دهد. ازآنجایی‌که قیمت برق به‌عنوان مثال در استان هرمزگان کمتر از قیمت متوسط می‌باشد، لذا قیمت متوسط به معنی افزایش قیمت در این استان می‌باشد که هزینه رفاهی زیادی را ایجاد می‌کند، اما در مورد استان تهران عکس این حالت روی می‌دهد، در نتیجه عملاً تغییر رفاهی در استان تهران روی نداده است.



منبع: یافته‌های پژوهش

نمودار ۲. قیمت برق و زیان رفاهی استان‌های کشور در بخش صنعت و معدن

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-25]

معرفی و برآورد مدل تقاضای برق در بخش کشاورزی و تفسیر نتایج

برای مدل‌سازی و برآورد تابع تقاضای برق در بخش کشاورزی متغیرهای قیمت و ارزش‌افزوده هر بخش با هم هستند. همچنین متغیرهای غیراقتصادی مانند متغیرهای جغرافیایی بارندگی، از آن جهت با اهمیت است و مورد توجه قرار می‌گیرد که بیشتر بودن بارندگی در هر سال موجب کاهش تقاضای آب کشاورزی و در نتیجه مصرف برق در این بخش می‌شود (آماده و همکاران، ۱۳۹۳). تابع تقاضای برق به‌صورت زیر مطرح می‌گردد.

$$\ln CE^{a}_{it} = \beta_{0} + \beta_{1}\ln RPE^{a}_{it} + \beta_{2}\ln RVA^{a}_{it} + \beta_{3}\ln R^{a}_{it} + \varepsilon_{it} \qquad (۱۲)$$

در این بخش به برآورد مدل تقاضای برق در بخش کشاورزی در سطح استان‌های کشور طی بازه زمانی ۹۷-۱۳۸۹ پرداخته می‌شود. فرضیه صفر در آزمون چاو بیانگر مدلی تلفیقی است به این معنی که تمام عرض از مبدأها یکسان هستند. فرضیه مقابل، بیانگر مدل ترکیبی است به این مفهوم که حداقل یکی از عرض از مبدأها متفاوت باشد. نتایج آزمون چاو در جدول (۵) آمده است.

جدول ۵. نتایج آزمون چاو بخش کشاورزی

Redundant Fixed Effects Tests Test cross-section Fixed effects			
آزمون	آماره	سطح معناداری	نتیجه
F	۶۲/۳۲*	۰/۰۰۰۰	رد شدن مدل تلفیقی

* ضریب در سطح ۵ درصد معنی‌دار می‌باشد

منبع: یافته‌های پژوهش

مقدار آماره F معادل ۶۲/۳۲ است و مقدار احتمال در آن کوچک‌تر از ۵ درصد می‌باشد. در نتیجه فرضیه صفر مبنی بر یکسان بودن عرض از مبدأها و وجود داده‌های تلفیقی رد می‌شود و بیانگر وجود اثرات ثابت می‌باشد.

بعد از آزمون چاو و مشخص شدن مدل اثرات ثابت، اکنون با استفاده از آزمون هاسمن باید به تعیین مدل اثرات تصادفی و مدل اثرات ثابت پرداخت. فرضیه صفر در این آزمون وجود اثرات تصادفی و فرضیه مقابل وجود اثرات ثابت را رد نمی‌کند. نتایج آزمون هاسمن در جدول (۶) ارائه شده است.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-25]

جدول ۶. نتایج آزمون هاسمن بخش کشاورزی

Correlated Random Effects-Hausman Test Test cross-secion random effects			
آزمون	**آماره آزمون**	**prob**	**نتیجه**
هاسمن	۱/۹۲	۰/۵۸۸۸	پذیرفته شدن اثرات تصادفی

* ضریب در سطح ۵ درصد معنی‌دار می‌باشد

منبع: یافته‌های پژوهش

طبق این آزمون، مقدار آماره F برابر با ۱/۹۲ است و احتمال متناظر آن بیشتر از ۵ درصد می‌باشد. فرضیه صفر وجود اثرات تصادفی رد نمی‌شود. بدین ترتیب روش برآورد در بخش کشاورزی با استفاده از مدل اثرات تصادفی می‌باشد. پس از مشخص نمودن روش برآورد مدل تقاضای برق بخش کشاورزی رابطه (۱۲) برآورد می‌شود. نتایج نهایی مربوط به برآورد با استفاده از مدل اثرات تصادفی در جدول (۷) به‌صورت زیر شرح داده شده است.

جدول ۷. نتایج نهایی بخش کشاورزی

متغیرها	**ضریب**	**خطای استاندارد**	**آماره Z**	**سطح معنی‌داری (خطا)**
Inrpea	۰/۰۷۲	۰/۰۶۰	۱,۲۰	۰/۲۲۸
Inrvaa	-۰/۰۹۶	۰/۰۵۷	-۱,۶۷	۰/۰۹۵
Inra	-۰/۳۶۹*	۰/۰۰۴۴	-۸,۲۸	۰/۰۰۰
cons	۶/۳۹۷*	۰/۳۳۴	۱۹,۱۲	۰/۰۰۰
Wald chi2(4)	۷۳/۶۸			
Prob>chi2	۰/۰۰۰۰			

* ضریب در سطح ۵ درصد معنی‌دار می‌باشد

منبع: یافته‌های پژوهش

در این مدل، متغیر قیمت برق بی‌معنا است؛ بنابراین بخش کشاورزی از جمله بخش‌هایی می‌باشد که نسبت به قطعی احتمالی برق حساس نیست. از این جهت که برق در بخش کشاورزی به‌عنوان یک نهاده ارزان مورد توجه قرار گرفته و به دلیل پایین بودن هزینه‌های مصرف برق، زمانی که وسایل و تجهیزات با تکنولوژی جدید وارد کشور

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-25]

می‌شود، کشاورزان بدون توجه به مصرف برق برای افزایش عملکرد بنگاه (مزرعه) مورد استفاده خود قرار می‌دهند (آماده و همکاران، ۱۳۹۳). همچنین ارزش‌افزوده بخش کشاورزی در سطح ۱۰ درصد معنی‌دار می‌باشد. از جمله دلایل نتیجه حاصل‌شده این است که شاخص‌های اقتصادی از جمله ارزش‌افزوده بخش کشاورزی که ارزش فعالیت‌های اقتصادی قابل مبادله در بخش کشاورزی می‌باشد، ترکیبی از فعالیت‌های بسیار متنوع اقتصادی است و این شاخص اقتصادی ارتباط اندکی با میزان مصرف برق دارد. همچنین میزان مصرف انرژی در ایران در جهت سرمایه‌گذاری‌های بنیادی و ساختاری در بخش کشاورزی نبوده است. بارش نیز به‌عنوان یک متغیر غیراقتصادی بر میزان مصرف برق بخش کشاورزی تأثیرگذار است. میزان بارندگی به‌عنوان یک کالای مکمل برق در بخش کشاورزی باعث تأمین آب جهت تولید محصولات کشاورزی می‌شود که باعث کاهش میزان تقاضای آب و در نتیجه استفاده از پمپاژ برقی می‌شود. در نتیجه موجب کاهش تقاضای برق در این بخش می‌شود.

تقاضای برق در بخش کشاورزی نسبت به تغییرات قیمت حساس نمی‌باشد. در نتیجه با قطع برق، میزان مصرف برق از نظر آماری به‌صورت معنی‌دار تغییری نمی‌کند بنابراین زیان رفاهی مصرف‌کننده با توجه به قطعی برق معنی‌دار نیست. لذا تحلیل رفاهی در این بخش انجام نشده است.

معرفی و برآورد مدل تقاضای برق در بخش خدمات و تفسیر نتایج

دست‌یابی به رشد اقتصادی درون‌زا و پایدار و اندیشیدن به آینده‌ای بدون درآمد ارزی حاصل از فروش نفت خام و کاهش اهمیت برخورداری از منابع اولیه و حتی نیروی کار ارزان به‌عنوان مزیت نسبی بخش خدمات، جایگاه ویژه‌ای در اقتصاد ایران پیدا کرده است (شاه‌آبادی، ۱۳۸۴). بخش خدمات موجود در پژوهش از دو بخش تجاری و عمومی تشکیل شده است. با توجه به اینکه مشترکین برق بخش خدمات به‌صورت مجزا در آمارهای مربوط به برق ذکر نشده‌اند، میانگین وزنی بخش تجاری و بخش عمومی برای محاسبه بخش خدمات مورد استفاده قرار گرفته است. با توجه به توضیحات فوق، مدل تقاضای برق بخش خدمات به‌صورت زیر بیان می‌شود:

$$\ln CE^{s}_{it} = \beta_{0} + \beta_{1}\ln RPE_{it}^{s} + \beta_{2}\ln RVA_{it}^{s} + \beta_{3}\ln RPNG^{s}_{it} + \varepsilon_{it} \qquad (۱۴)$$

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-25]

برای برآورد مدل، ابتدا باید آزمون چاو به‌منظور تعیین مدل تلفیقی و مدل اثرات ثابت انجام شود. فرضیه صفر در این آزمون بیانگر یکسان بودن عرض از مبدأها می‌باشد در نتیجه مدل تلفیقی تأیید می‌گردد و فرضیه مقابل بیانگر متفاوت بودن حداقل یکی از عرض از مبدأها می‌باشد در نتیجه مدل اثرات ثابت تأیید می‌شود. نتایج آزمون چاو در جدول (۸) آورد شده است.

جدول ۸. نتایج آزمون چاو بخش خدمات

Redundant Fixed Effects Tests Test cross-section Fixed effects			
آزمون	**آماره**	**سطح معناداری**	**نتیجه**
F	۱۳/۵۰	۰/۰۰۰*	رد شدن مدل تلفیقی

* ضریب در سطح ۵ درصد معنی‌دار می‌باشد

منبع: یافته‌های پژوهش

مقدار آماره F معادل ۱۳/۵۰ است و مقدار احتمال در آن کوچک‌تر از ۵ درصد می‌باشد. فرضیه صفر مبنی بر یکسان بودن عرض از مبدأها یعنی همان وجود داده‌های تلفیقی رد می‌شود؛ و بیانگر مدل اثرات ثابت است.

بعد از آزمون چاو، برای مشخص نمودن مدل اثرات تصادفی و مدل اثرات ثابت از آزمون هاسمن باید بهره گرفت. فرضیه صفر در آزمون هاسمن وجود اثرات تصادفی را مشخص می‌کند. فرضیه مقابل هم وجود مدل اثرات ثابت را تأیید می‌نماید. نتایج آزمون هاسمن در جدول (۹) به شرح زیر می‌باشد

جدول ۹. نتایج آزمون هاسمن بخش خدمات

Correlated Random Effects-Hausman Test Test cross-secion random effects			
آزمون	**آماره آزمون**	**prob**	**نتیجه**
هاسمن	۳۰/۵۳*	۰/۰۰۰۰	رد شدن اثرات تصادفی

* ضریب در سطح ۵ درصد معنی‌دار می‌باشد

منبع: یافته‌های پژوهش

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-25]

با توجه به نتایج آزمون هاسمن، مقدار آماره F معادل ۳۰/۵۳ و مقدار احتمال در آن کوچک‌تر از ۵ درصد می‌باشد. طبق فرضیه صفر که وجود مدل اثرات تصادفی را تأیید می‌کند با توجه به مقدار سطح معناداری به‌دست آمده، فرضیه صفر پذیرفته نمی‌شود در نتیجه برآورد مدل به روش مدل اثرات ثابت می‌باشد.

پس از مشخص نمودن روش برآورد مدل و با توجه به داده‌های موجود اکنون به برآورد مدل تقاضای برق بخش خدمات پرداخته می‌شود. نتایج نهایی مدل تقاضای برق بخش خدمات در جدول (۱۰) ارائه شده است.

جدول ۱۰. نتایج نهایی بخش خدمات

متغیرها	ضریب	خطای استاندارد	آماره z	سطح معنی‌داری (خطا)
Inrpes	-۰/۵۹۳*	۰/۰۵۶	-۱۰/۵۳	۰/۰۰۰۰
Inrvas	۰/۳۰۷*	۰/۰۳۷	۸/۱۶	۰/۰۰۰
Inrpngs	۰/۱۲۷*	۰/۰۳۲	۳/۸۵	۰/۰۰۰
cons	۳/۷۰۴*	۰/۲۶۳	۱۴/۰۷	۰/۰۰۰
Wald chi2(4)	۱۲۱/۱۰			
Prob>chi2	۰/۰۰۰۰			

* ضریب در سطح ۵ درصد معنی‌دار می‌باشد

منبع: یافته‌های پژوهش

براساس نتایج به‌دست آمده، تمام ضرایب مدل دارای معناداری کامل هستند. ضریب قیمت حقیقی برق منفی و معنی‌دار می‌باشد و یک درصد افزایش قسمت حقیقی برق، تقاضای برق بخش خدمات به اندازه ۰/۵۹ درصد کاهش می‌یابد. ضریب درآمدی هم مثبت و رابطه معناداری با تقاضای برق بخش خدمات دارد و یک درصد افزایش در تولید، میزان تقاضای برق به را به اندازه ۰/۳ درصد افزایش می‌دهد. قیمت حقیقی گاز طبیعی هم دارای ضریب مثبت و معناداری است که به معنی جانشین بودن قیمت حقیقی گاز طبیعی با برق می‌باشد. یک درصد افزایش قیمت حقیقی گاز طبیعی، تقاضای برق بخش خدمات را به اندازه ۰/۱۲ افزایش می‌دهد. مقدار آماره F مدل هم

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-25]

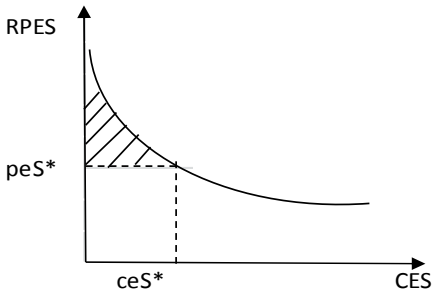
برابر ۱۲۱/۱۰ و سطح معناداری مدل هم کمتر از ۵ درصد می‌باشد که بیانگر معناداری کل رگرسیون است.

بعد از برآورد تابع تقاضای (۱۴)، میانگین سال ۱۳۹۷ متغیرهای موجود در بخش خدمات در مدل تقاضای برق جایگذاری شده است.

$$\text{lnRPES} - ۰,۵۹۳\ ۶,۶۳۹ = \text{LnCES} \quad (۱۵)$$

$$\text{CES} = \frac{e^{6.639}}{\text{rpes}^{0.593}} \quad (۱۶)$$

$$\text{CS}^{s} = \int_{10.25}^{1437.75.} \frac{e^{6.639}}{\text{rpes}^{0.593}} \text{dp} = ۳۱۳۷۰/۶ \quad (۱۷)$$



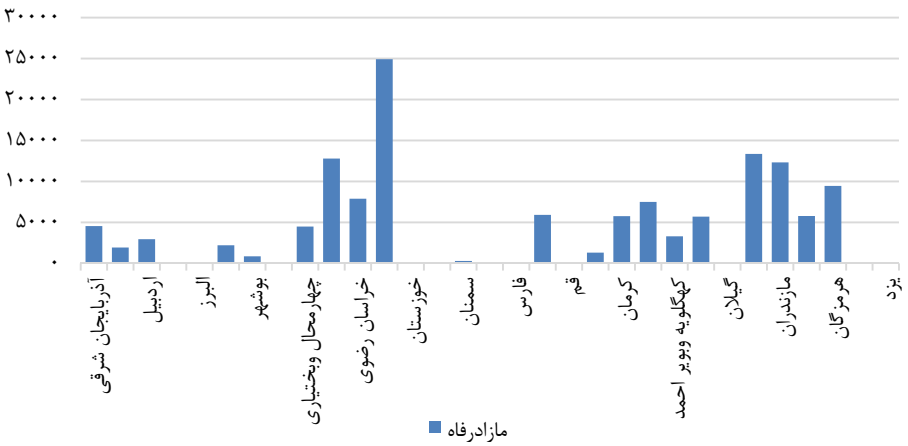
منبع: یافته‌های پژوهش

نمودار ۴. نمودار تابع تقاضا بخش خدمات

ازآنجایی‌که نمودار تقاضای برق رابطه بین قیمت برق و میزان مصرف برق را نشان می‌دهد در نتیجه باید مدل تقاضای برآورد شده (۱۵) به‌صورت یک رابطه ساده و بدون لگاریتمی (۱۶) بیان شود. همان‌طور که در قسمت‌های قبل ذکر شد، مساحت زیر منحنی تقاضای برق و بالای خط قیمت بیانگر اضافه رفاه می‌باشد. در نتیجه برای محاسبه اضافه رفاه باید مساحت قسمت هاشور خورده نمودار (۴) محاسبه گردد. رابطه (۱۷) نشان‌دهنده انتگرال قسمت هاشور خورده می‌باشد. با قطع برق در بخش خدمات اضافه رفاه مصرف‌کننده به میزان ۳۱۳۷۰,۶ (ریال /مشترک) تغییر می‌کند.

بعد از برآورد تابع تقاضای برق هر استان و محاسبه اضافه رفاه مصرف‌کننده طبق رابطه (۱۷) نتایج در قالب نمودار (۵) ارائه می‌گردد.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-25]



منبع: یافته‌های پژوهش

نمودار ۵. قیمت برق و زیان رفاهی استان‌های کشور در بخش خدمات

در نمودار (۵) تغییرات قیمت برق و زیان رفاهی در استان‌های کشور قابل مشاهده می‌باشد. استان خراسان شمالی با ۲۴۹۲۲/۴ واحد، بیشترین زیان رفاهی را در بردارد. بعد از آن، استان خراسان جنوبی، لرستان و مازندران نیز بیشترین میزان زیان رفاهی را دارند. همچنین در گروه بالاترین مصرف‌کننده برق قرار دارند. استان البرز با ۰/۲۵۳۲۳۹ واحد، کمترین میزان زیان رفاهی را دارد. بعد از آن، استان‌های زنجان، تهران و گیلان کمترین میزان زیان رفاهی را به خود اختصاص داده‌اند. به علت معنادار نبودن متغیرهای قیمت برق و ارزش‌افزوده و قیمت حقیقی گاز طبیعی، تابع تقاضای برق برای استان‌های سیستان و بلوچستان، قم و همدان بی‌معنی می‌باشد. در نتیجه مقدار زیان رفاهی در این استان‌ها فاقد مقدار می‌باشد. استان گیلان بالاترین نرخ برق را دارد و در مقابل استان لرستان پایین‌ترین نرخ برق را به خود اختصاص داده است.

۸- نتیجه‌گیری و توصیه‌های سیاستی

در این پژوهش، با استفاده از داده‌های ترکیبی به برآورد تابع تقاضا برق در بخش‌های صنعت و معدن، کشاورزی و خدمات برای استان‌های کشور در دوره زمانی ۹۷-۱۳۸۹ پرداخته شد. بعد از برآورد تابع تقاضا هر بخش، زیان رفاهی ناشی از قطعی احتمالی برق مصرف‌کننده محاسبه و مورد بررسی قرار داده شد. نتیجه مدل‌سازی

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-25]

تقاضای مشتق شده برای نهاده برق نشان داد که برق برای بخش‌های اقتصادی صنعت و معدن و خدمات ضروری است اما کشش قیمتی تقاضای برق برای بخش کشاورزی معنی‌دار نیست. با استفاده از توابع تقاضای برآورد شده، زیان رفاهی ناشی از قطعی برق در این بخش‌ها محاسبه شد. بر اساس یافته‌های مطالعه زیان رفاهی ناشی از قطعی برق در بخش صنعت و معدن در مقایسه با بخش خدمات بسیار بیشتر است که این موضوع نشان‌دهنده وابستگی بیشتر بخش صنعت و معدن به نهاده برق می‌باشد. به دلیل اینکه نهاده برق در بخش کشاورزی معنی‌دار نبود لذا زیان رفاهی ناشی از قطع برق در بخش کشاورزی نیز معنی‌دار نیست. از سوی دیگر بررسی زیان رفاهی در بخش صنعت و معدن به تفکیک استان‌ها نشان می‌دهد که میزان زیان رفاهی سرانه ناشی از قطعی احتمالی برق (با فرض قیمت تعادلی معین که برابر متوسط قیمت برق در سال ۱۳۹۷ در نظر گرفته شد) در استان‌کهگیلویه و بویر احمد بیشترین و استان آذربایجان شرقی کمترین مقدار را دارد، اما در بخش خدمات بیشترین میزان زیان رفاهی سرانه ناشی از قطعی برق در استان خراسان شمالی و کمترین میزان زیان رفاهی سرانه ناشی از قطعی برق به استان البرز اختصاص دارد.

با توجه به یافته‌های این مطالعه توصیه می‌شود در مجموع به دلیل این‌که نهاده برق نهاده اصلی در بخش خدمات و صنعت معدن می‌باشد قطعی برق هزینه‌های بسیاری زیادی بر این بخش‌ها تحمیل می‌کند. لذا سیاست‌گذاران باید تلاش خود را در جلوگیری از قطعی (پیش‌بینی شده و نشده) برق افزایش دهند؛ زیرا زیان‌های رفاهی قطعی برق مخصوصاً در بخش صنعت و معدن که نقش مهمی در ایجاد اشتغال و رشد اقتصادی دارد بسیار زیاد است. از سوی دیگر سیاست‌گذاران در هنگام محدودیت عرضه برق می‌توانند توزیع آن را به سمت بخش‌هایی مانند صنعت و معدن هدایت کنند تا از زیان احتمالی قطعی برق در مجموع کاسته شود. به عبارت دیگر اولویت‌بندی بخشی در قطعی احتمالی برق صورت گیرد. شایان توجه است که سیاست‌گذاران بهتر است با سرمایه‌گذاری در انواع منابع انرژی تولیدکننده برق (مخصوصاً انرژی‌های پاک) احتمال قطعی برق را کاهش دهند. مقادیر عددی زیان رفاهی ناشی از قطعی برق در بخش‌ها و استان‌های مختلف را می‌توان هزینه فرصت قطعی برق در نظر گرفت لذا سیاست‌گذاران می‌توانند برآوردی از سرمایه‌گذاری لازم برای جلوگیری از قطعی برق را داشته باشند.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-25]

منابع

احمدیان، مجید و عباس زاده، نصرت‌الله (۱۳۹۲). "برآورد ارزش برق عرضه نشده در اثر خاموشی در ایران: رویکرد تولید و فراغت از دست رفته". مجله علمی پژوهشی سیاست‌گذاری اقتصادی، سال پنجم، شماره نهم.

امینی، فرخ و خسروی، نازنین (۱۳۸۲). " نتایج محاسبه هزینه خاموشی در گروه‌های منتخب صنعتی و معدنی". هجدهمین کنفرانس بین‌المللی برق، شرکت توانیر، دوره ۱۸.

انبیائی، محمدصادق (۱۳۸۳). "عوامل مهم افزایش زمان خاموشی برق". نهمین کنفرانس بین‌المللی برق، دانشگاه زنجان، دوره ۹.

آماده، حمید و قاضی، مرتضی و عباسی‌فر، زهره (۱۳۸۸). "بررسی رابطه مصرف انرژی و رشد اقتصادی و اشتغال در بخش‌های مختلف اقتصاد ایران". مجله تحقیقات اقتصادی، ۸۶، ۳۸-۱.

بارفروشی، تقی، حبیب پور کاشی، حسن (۱۳۹۵). "روش‌های تعیین هزینه خسارت خاموشی در سیستم‌های توزیع انرژی الکتریکی". فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، ش ۱۱.

پیروی، علی و محمدالشاهین، محمدجاسم (۱۳۹۶). "بهبود قابلیت اطمینان با رویکرد کاهش خاموشی در شبکه توزیع برق ۱۱ کیلووات در شهر الفهود- استان ذی قار عراق". پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد.

چال اشتری، مسعود (۱۳۸۲). "بررسی رفتارها و واکنش‌های اجتماعی مشترکین نسبت به خاموشی‌ها و قطع برق در شهر اهواز". هشتمین کنفرانس شبکه‌های نیروی برق، انجمن مهندسین برق و الکترونیک ایران.

رحمانی، محمد (۱۳۸۳). "نقش برنامه‌ریزی در کاهش خاموشی‌ها". نهمین کنفرانس بین‌المللی برق، شبکه‌های توزیع نیروی برق، دوره ۹.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-25]

شاه‌آبادی، ابوالفضل (۱۳۸۴). "منابع رشد بخش خدمات اقتصاد ایران". جسارت‌های اقتصادی، دوره ۲، شماره ۳، ۶۰-۳۵.

صیادی‌پور، سعید و غفارپور، رضا (۱۳۹۷). "مروری بر تحلیل آسیب‌پذیری شبکه برق: رویکردها، مدل‌ها و روش‌های حل". علوم و فناوری پدافند نوین، دوره ۹، شماره ۱.

صادقی، حسین و خطایی رودی، نویده (۱۳۸۸). "ارزشیابی هزینه‌های خاموشی برق بخش خانگی: مطالعه موردی شهرستان تربت حیدریه". پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده اقتصاد و مدیریت، دانشگاه صنعت و معدن آب و برق.

علیزاده، محمد و گل‌خندان، ابوالقاسم (۱۳۹۵). "مصرف انرژی و رشد اقتصادی در کشورهای عضو: شواهد تجربی جدید از هم‌انباشتگی پاولی با وابستگی مقطعی"، فصلنامه پژوهش‌های سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی انرژی، (۵)، صص ۱۶۴-۱۳۱.

غفرانی، پروین (۱۳۹۳)."ارزیابی اقتصادی هزینه‌های خاموشی ناشی از قطع برق با تکنیک ارزش‌گذاری مشروط در بخش صنعتی: مطالعه موردی شهرستان سبزوار". اولین کنفرانس سراسری توسعه محوری مهندسی عمران، معماری، برق و مکانیک ایران.

قاسمیان فرد، احسان و موسوی راد، سید حامد (۱۳۹۶). "برق توزیع نشده در شرکت توزیع نیروی برق شمال استان کرمان: تحلیل پویایی‌های سیستمی. پژوهش‌های سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی انرژی"، ۳(۸)، ۱۱۹-۱۴۵.

لطفعلی‌پور، محمدرضا و فلاحی، محمدعلی و ناظمی معزآبادی، سیما (۱۳۹۴). " برآورد توابع تقاضا برق در بخش خانگی و صنعت و معدنی ایران با به‌کارگیری الگو سری زمانی ساختاری (STSM)". فصلنامه علمی- پژوهشی مطالعات اقتصادی کاربردی ایران، سال ۴، شماره ۱۳، ۲۰۸-۱۸۷.

محمدی، شهرام و صادقی، حسین و حقانی، محمد و سهرابی، حسن و سلمانی، یونس (۱۳۹۱). "بررسی اثرات خاموشی برق بر اقتصاد ایران با استفاده از مدل تعادل عمومی قابل محاسبه (CGE)". اولین همایش بین‌المللی اقتصادسنجی روش و کاربردها.

موحد، محسن، امینی، فرخ (۱۳۹۸). "بررسی اثر قیمت خاموشی بر توسعه بهینه سیستم تولید برق کشور"، هفدهمین کنفرانس بین‌المللی برق. دوره ۱۷.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-25]

منظور، داوود، رضایی، حسین (۱۳۹۳). "بررسی اثرات اصلاح قیمت سوخت مصرفی نیروگاه‌ها و مالیات بر ارزش‌افزوده بر تقاضای برق در کشور: رویکرد پویایی سیستمی"، فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، سال ۱۰، شماره ۴۰، ۳۷-۲۱.

ورهرامی، ویدا، شاطری، نفیسه (۲۰۱۶). "برآورد تابع تقاضای برق در بخش صنعت استان‌های بزرگ صنعتی با استفاده از پنل پویا"، مجله پژوهش‌های برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری انرژی (۳)۲، ۵۹-۳۳.

یوسفی، کوثر، وصال، محمد (۱۳۹۸). " اثر خاموشی بر صنعت: شواهدی از کارگاه‌های صنعتی ایران"، فصلنامه پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی ۸۸-۶۹، (۹۲) ۲۷.

Abi Ghanem, D., Mander, S., & Gough, C. (2016). “I think we need to get a better generator”:Household resilience to disruption to power supply during storm events. Energy Policy, 92, 171-180.

Abdisa, L. T. (2018). Power outages, economic cost, and firm performance: Evidence from Ethiopia. Utilities Policy, 53, 111-120.

Abotsi, A. K. (2016). Power outages and production efficiency of firms in Africa. International Journal of Energy Economics and Policy, 6(1), 98-104.

Burillo, D. (2018). Electric Power Infrastructure Vulnerabilities to Heat Waves from Climate Change (Doctoral dissertation, Arizona State University).

Arabzadeh Jamali, M. (2019). Study of power recoverability through optimal design of energy storage systems (Doctoral dissertation, Rutgers University-School of Graduate Studies).

Baik, S., Davis, A. L., & Morgan, M. G. (2018). Assessing the cost of large-scale power outages to residential customers. Risk Analysis, 38(2), 283-296.

Bajo-Buenestado, R. (2017). Welfare implications of capacity payments in a price-capped electricity sector: A case study of the Texas market (ERCOT). Energy Economics, 64, 272-285.

Burillo, D. (2018). Electric Power Infrastructure Vulnerabilities to Heat Waves from Climate Change (Doctoral dissertation, Arizona State University).

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-25]

Bennich, A. (2019). Improving energy security for individual households during outages: A simulation study for households in Sweden.

Cole, M. A., Elliott, R. J., Occhiali, G., & Strobl, E. (2018). Power outages and firm performance in Sub-Saharan Africa. Journal of development economics, 134, 150-159.

Carlsson, F., Kataria, M., Lampi, E., & Martinsson, P. (2019). Past and present outage costs–A follow-up study of households' willingness to pay to avoid power outages.

Henry, D., & Ramirez-Marquez, J. E. (2016). On the impacts of power outages during Hurricane Sandy—a resilience-based analysis. Systems Engineering, 19(1), 59-75.

Han, P., Kimura, F., & Sandu, S. (2020). Household-level analysis of the impacts of electricity consumption on welfare and the environment in Cambodia: Empirical evidence and policy implications. Economic Modelling, 89, 476-483.

Ericson, S., & Lisell, L. (2020). A flexible framework for modeling customer damage functions for power outages. Energy Systems, 11(1), 95-111.

Küfeoğlu, S., & Lehtonen, M. (2015). Comparison of different models for estimating the residential sector customer interruption costs. Electric Power Systems Research, 122, 50-55.

Kim, K., & Cho, Y. (2017). Estimation of power outage costs in the industrial sector of South Korea. Energy Policy, 101, 236-245.

Kanya, G. L. W. (2018). Investigating the criterion validity of contingent valuation-willingness to pay methods (Doctoral dissertation, Brunel University London).

Mazzoni, O. S. (2019). Station Blackout: Issues and Regulations.

Morrissey, K., Plater, A., & Dean, M. (2018). The cost of electric power outages in the residential sector: A willingness to pay approach. Applied energy, 212, 141-150.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-25]

Saha, D., & Bhattacharya, R. N. (2019). Analysis of the welfare implications of power-sector restructuring in West Bengal, India. Utilities Policy, 56, 62-71.

Shuai, M., Chengzhi, W., Shiwen, Y., Hao, G., Jufang, Y., & Hui, H. (2018). Review on economic loss assessment of power outages. Procedia computer science, 130, 1158-1163.

Shivakumar, A., Welsch, M., Taliotis, C., Jakšić, D., Baričević, T., Howells, M., ... & Rogner, H. (2017). Valuing blackouts and lost leisure: Estimating electricity interruption costs for households across the European Union. Energy Research & Social Science, 34, 39-48.

Shojaei, F., Rastegar, M., & Dabbaghjamanesh, M. (2020). Simultaneous placement of tie-lines and distributed generations to optimize distribution system post-outage operation and minimize energy losses. CSEE Journal of Power and Energy Systems.

Wing, I. S., & Rose, A. Z. (2020). Economic consequence analysis of electric power infrastructure disruptions: General equilibrium approaches. Energy Economics, 104756.

Wethal, U. (2020). Practices, provision and protest: Power outages in rural Norwegian households. Energy Research & Social Science, 62, 101388.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-25]

Estimation of Welfare Costs of Power Outages in Iran's Economic Sectors

Habib Morovat[1]
Associate Professor of Economics, Allameh Tabataba'i University,
habibmorovat@yahoo.com

Ali Faridzad
Associate Professor of Economics, Allameh Tabataba'i University,
afaridzad@yahoo.com

Mahdieh Shahmohammadi
Master student of Energy Economics, , Allameh Tabataba'i University,
Mahdieh.darya69@gmail.com
Received: 2021/02/22 Accepted: 2021/08/24

Abstract

Electricity plays an important role in the production of various economic sectors. Power outages can thus impose high costs on these sectors and ultimately on economic growth and development. The purpose of this study is to estimate the welfare losses resulting from a possible power outage in the productive economic sectors of Iran. This study was conducted in two stages using provincial panel data for the period 2010-2019. In the first stage, the electricity demand functions in the sectors of industry and mining, agriculture and services are estimated. In the second stage, changes in the welfare surplus of electricity users (due to possible power outage) are calculated using the estimated demands. The results of the first stage show that electricity and diesel are complements in the industry and mining sector while electricity and natural gas are substitutes in the service sector. The agricultural sector is not sensitive to changes in electricity prices. Estimated welfare losses of sectors (industry and mining, agriculture and services) at the macro and provincial levels show that Kohgoluyeh, Boyer-Ahmad and East Azerbaijan provinces have respectively the highest and lowest welfare losses in the industry and mining sector. In the service sector, North Khorasan and Alborz provinces have respectively the highest and lowest welfare losses from possible power outages.

JEL Classification: D04, C33, Q41

Keywords: Welfare costs, power outages, economic sectors, Iran, Consumer surplus

1. Corresponding Author

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-25]