

Estimation of outage losses due to dust phenomenon

Ashraf sadat pasandideh*

Assistant Professor, Management and Social
Science Department, Niroo Research
Institute, Tehran, Iran

Maryam keyghobadi

PhD candidate, Department of Public
Administration, Faculty of Management,
University of Tehran, Tehran, Iran

Iraj Pourkeivani

Project Manager, Department of electrical
Engineering, METCO Company, Tehran, Iran


Abstract

Climate change and drought have intensified in recent decades in the country. These changes have caused the expansion of dust centers in some parts of the country, including in Khuzestan province. One of the adverse effects of dust storms is affecting the power grid and even causing blackouts in some cases. A disaster that occurred in February 2017 in Khuzestan province and had numerous economic consequences. In this article, a model for estimating blackout costs is provided. In this regard, the proxy method is used to calculate costs. These costs include lost production costs for different groups of industrial, agricultural and public customers, lost leisure in the household customers sector and lost income for electricity companies of Khuzestan province. The results indicate that the damages and costs caused by the disaster were very extensive. It is necessary to consider this result in planning the stability of the country's electricity network, especially in areas prone to micro dust phenomenon.

Keywords: Dust, power outage, Proxy, Khuzestan

JEL Classification: *H12, O13, O18, Q49, Q54*

برآورد خسارات قطعی برق بر اثر پدیده ریزگرد

اشرف السادات پسندیده  * استادیار، گروه مدیریت و علوم اجتماعی، پژوهشگاه نیرو، تهران، ایران

مریم کیقبادی
دانشجوی دکتری، گروه مدیریت دولتی، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران

ایرج پورکیوانی
مدیر پروژه، دپارتمان مهندسی برق، شرکت متکو، تهران، ایران

چکیده

تغییرات آب و هوایی و خشکسالی در دهه های اخیر در کشور شدت گرفته است. این تغییرات خود عامل گسترش کانون های ریزگرد در مناطقی از کشور از جمله در استان خوزستان شده است. یکی از اثرات نامطلوب طوفان های ریزگرد، تحت تاثیر قرار دادن شبکه برق و حتی در مواردی وقوع خاموشی در شبکه است. نمونه آن حادثه ای بود که در بهمن ۱۳۹۵ در استان خوزستان رخ داد و پیامدهای اقتصادی بیشماری به همراه داشت. در مقاله حاضر الگویی جهت برآورد هزینه های خاموشی ارائه شده است. در این خصوص از روش نماینده جهت محاسبه هزینه ها استفاده شده است. این هزینه ها شامل هزینه های تولید از دست رفته برای گروههای مختلف مشترکین صنعتی، کشاورزی و عمومی، فراغت از دست رفته در بخش مشترکین خانگی و درآمد از دست رفته برای شرکتهای برق استان خوزستان استفاده شده است. نتایج حاکی از آن است که خسارتها و هزینههای وارده در اثر حادثه بسیار گسترده بوده است. ضروری است این نتیجه در برنامه ریزی پایداری شبکه برق کشور به ویژه در مناطق مستعد پدیده ریزگرد مورد توجه قرار گیرد.

کلیدواژه ها: ریزگرد، خاموشی برق، روش نماینده، خوزستان

طبقه بندی JEL: *H12, O13, O18, Q49, Q54*

۱-مقدمه

در بین حامل‌های انرژی، برق به عنوان انرژی ثانویه از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. برق دارای خصوصیات برجسته منحصر به فردی است، به طوری که به عنوان یک عنصر لاینفک از زندگی اجتماعی در تمدن کنونی به حساب می‌آید. عرضه برق، شالوده اقتصادی یک کشور صنعتی به شمار می‌رود به گونه‌ای که بدون برق، صنایع قادر به تولید نبوده و شهروندان نیز ابزاری را برای آسایش و راحتی نخواهند داشت (Kenward & Raja, 2014). استان خوزستان به عنوان قطب اقتصادی و صنعتی کشور ایران محسوب شده به طوریکه بعد از تهران بیشترین سهم را در تولید ناخالص داخلی کشور دارد. وجود صنایع عمده و حیاتی نظیر نفت، گاز، پتروشیمی، فولاد، نورد، صنایع نیشکر و غیره، از جمله مصادیق فعالیت‌های اقتصادی و صنعتی در این استان است. با توجه به توضیحاتی که در ابتدا در خصوص اهمیت برق در حیات اقتصادی و صنعتی ذکر شد، پایداری شبکه برق استان خوزستان بسیار حائز اهمیت است. شبکه برق خوزستان با بیش از ۱۲ هزار مگاوات ظرفیت تولید برق و بیش از ۸ هزار کیلومتر مدار شبکه انتقال و فوق توزیع و ۲۰۰ پست برق، رتبه بالایی را از نظر اهمیت در شبکه برق کشور دارد. اما آنچه پایداری این شبکه را در سال‌های گذشته تحت تأثیر قرار داده است پدیده مخرب ریزگردها بوده است. این موضوع سبب آسیب به تجهیزات، کاهش تولید، کاهش عمر، عملکرد ناخواسته، خاموشی‌های پیش‌بینی نشده، تولید برق ازدست‌رفته، انرژی‌های توزیع نشده و قطعی برق مشترکین صنعتی و غیر صنعتی گردیده و باعث خسارات مالی به بخش‌های تولید، انتقال و توزیع شده است. یکی از مواردی که اختلال گسترده‌ای در شبکه برق خوزستان ایجاد نمود طوفان گرد و غبار غلیظی بود که در ۸ بهمن سال ۱۳۹۵ اتفاق افتاد، غلظت ریزگردها در این روز، ۹۹۸۵ میکروگرم بر مترمکعب و ۶۶ برابر حد مجاز اعلام شد و به دلیل رطوبت بالای ۹۰٪ باعث شد برق شهرستان اهواز و بخشی‌هایی از استان خوزستان قطع شود. این حادثه علاوه بر ۸ بهمن ماه در تاریخ ۹، ۲۳ و ۲۶ بهمن نیز تکرار شد. بر اثر این خاموشی‌ها، سیستم تصفیه‌خانه آب شرب، سیستم مخابرات، تلفن همراه، اینترنت و ... دچار

اختلال و مراکز اداری و آموزشی تعطیل، تولید نفت خام در مقطعی متوقف و زندگی روزمره ۱۱ شهرستان استان خوزستان خصوصاً شهرستان اهواز در بازه زمانی مذکور تحت الشعاع این وضعیت قرار گرفت (کیقبادی، پسندیده، & پورکیوانی، ۱۳۹۶). با توجه به حجم گسترده حادثه به وجود آمده، لازم بوده است در مطالعه ای خسارات آن محاسبه شود و بر این اساس این مقاله سازماندهی شده است. در این تحقیق هدف آن است با ارزش گذاری خاموشی برق، اهمیت پایداری عرضه برق در کشور به خصوص در استان خوزستان معین شود.

۲- ادبیات و پیشینه تحقیق

۲-۱- تغییرات آب و هوایی و تاثیر آنها بر شبکه برق

پیش‌بینی می‌شود که تغییرات آب و هوایی آینده در مناطق مختلف جهان به طور قابل توجهی گسترده باشد. تغییر در الگوهای دما و بارش هر منطقه ممکن است پیامدهای قابل توجهی برای زیرساخت های سیستم قدرت فعلی و آینده برق داشته باشد. شرایط آب و هوایی ممکن است بر تمام جنبه های اصلی بخش برق، از جمله تولید برق، سیستم های انتقال و توزیع، و تقاضای مصرف کننده نهایی برای برق تأثیر بگذارد (CEEESA, 2022). تغییرات آب و هوایی پیامدهای جدی برای بخش برق، به ویژه برای آینده عرضه و تقاضای برق دارد. درک پدیده تغییر اقلیم و تأثیر آن بر سیستم برق برای سیاستگذاران در سراسر جهان اهمیت فزاینده ای دارد. بررسی ادبیات گسترده در مورد تأثیر تغییرات آب و هوا بر بخش برق اولین گام در درک و ساخت مدل ارزیابی تأثیر برای بخش برق است. این بررسی حوزه‌های تحقیقاتی را که مرز دانش به طور قابل توجهی پیشرفت کرده است، برجسته می‌کند (Chandramowli & Felder, 2014). یکی از پدیده های زیست محیطی که طی دو دهه گذشته بر اثر خشکسالی و تغییرات آب و هوایی شدت گرفته است طوفان های گرد و غبار است. طوفان های گرد و غبار می توانند زیرساخت های انتقال برق موجود را تحت تاثیر قرار دهند. ذرات گرد و غبار وقتی رطوبت کافی داشته باشند مانند سیم فلزی رسانا هستند. اگر گرد و غبار روی خطوط انتقال برق بنشیند و به دلیل رطوبت

پسندیده و همکاران

زیاد یا باران خفیف مرطوب شود، ممکن است اتصال کوتاه رخ دهد. به همین دلیل است که گرد و غبار روی تجهیزات انتقال و توزیع برق باید مرتباً تمیز شود (Pouran, 2022).

۲-۲- محاسبه هزینه های خاموشی برق

خاموشی‌ها به دو نوع برنامه‌ریزی‌شده و برنامه‌ریزی نشده تقسیم می‌شوند. در خاموشی برنامه‌ریزی‌شده ممکن است به دلیل کمبود تولید و یا مشکلات فنی، شرکت تأمین‌کننده انرژی با اعلان به مشترک، مجبور به قطع برق شود. در این خاموشی، مشترکین صنعتی با تغییر شیفت تولید و مشترکین خانگی با موکول کردن کارهای وابسته به برق به قبل یا بعد از خاموشی برق زیان کمتری می‌بینند اما در خاموشی برنامه‌ریزی نشده به دلیل عدم آمادگی مشترکین به مراتب هزینه‌های ذهنی و روانی و همچنین هزینه‌های اقتصادی بیشتری ایجاد می‌شود. در مجموع روش‌های تخمین هزینه‌های این دو نوع خاموشی یکسان است (Schmidthaler & Reichl, 2016). در اقتصاد انرژی، هزینه‌های قطعی برق به سه گروه مستقیم، غیرمستقیم و بلندمدت طبقه‌بندی می‌شود. جدول ۱ دسته‌بندی هزینه‌های اقتصادی قطعی برق را نشان می‌دهد (Reichl, Schmidthaler, & Schneider, 2013). در محاسبه هزینه‌های ناشی از خاموشی شیوه‌های مختلفی وجود دارد که ضروری است با توجه به مواردی همچون هدف محاسبه هزینه خاموشی (پیشینی به منظور استفاده در برنامه‌ریزی و یا پسینی برای محاسبه خسارت ناشی از خاموشی)، مدت خاموشی و خصوصاً میزان فراهم بودن اطلاعات مورد نیاز هر روش و بودجه در نظر گرفته شده برای انجام مطالعه، روش مناسب را انتخاب نمود (Hsu & Chang, 1994). در جدول ۲ مهمترین این روش‌ها توضیح داده شده است.

جدول (۱): دسته‌بندی هزینه‌های قطعی برق از منظر اقتصادی (Reichl, Schmidthaler, & Schneider, 2013)

انواع هزینه‌ها	توضیح
هزینه‌های مستقیم ^۱	از دیدگاه عمومی، زیان‌های اقتصادی مستقیم معمولاً در بالای فهرست هزینه‌های خاموشی قرار دارند. این بخش از زیان‌های اقتصادی نتیجه مستقیم خاموشی است،

^۱ Direct costs

انواع هزینه‌ها	توضیح
	به‌عنوان مثال هزینه‌های تعمیر و یا تعویض امکانات زیربنایی برق شامل ترانسفورماتورها، خطوط انتقال، مقره‌ها و... و نیز هزینه‌های نیروی انسانی جهت برق‌دار کردن مجدد شبکه و درآمد ازدست‌رفته فروش برق در این بخش جای می‌گیرد.
هزینه‌های غیرمستقیم ^۱	هزینه‌های ناشی از قطع تولید یا ارزش افزوده صنایع و بنگاه‌های اقتصادی در این گروه جای می‌گیرد. اختلال در خدماتی که وابسته به برق هستند شامل اختلال در اینترنت، موبایل، آب شرب و ... در این گروه جای دارد. همچنین خسارات خاموشی در بخش مصرف‌کنندگان خانگی (فاسدشدن مواد غذایی، خرابی وسایل الکتریکی، نداشتن روشنایی برای مطالعه، ...) و به‌طورکلی کاهش رفاه مصرف‌کنندگان را شامل می‌شود. بخش اعظم هزینه‌های قطعی برق در این بخش است.
هزینه‌های بلندمدت (مرتبط با اقتصاد کلان) ^۲	تغییرات در رفتار شرکت‌کنندگان در بازار به دلیل کاهش امنیت انرژی و قابلیت اطمینان برق دریافتی شامل اثرات اقتصادی طولانی‌مدت خاموشی است. برای مثال، کاهش احتمال انتخاب یک مکان به‌عنوان محل کسب‌وکار، افزایش قیمت بالقوه برای امکانات تولید با توجه به افزایش نیاز به سیستم‌های پشتیبان یا کاهش مشتری به دلیل عدم اطمینان در مورد مهلت تحویل کالا که در نهایت موجب افزایش هزینه‌های تولید می‌شود بخشی از این دسته از زیان‌ها است.

¹ Indirect costs

² Resulting long-term costs of macroeconomic relevance

جدول (۲): انواع روش‌های محاسبه تخمین هزینه خاموشی (عباس زاده، ۱۳۹۱)

روش	توضیح
روش نماینده ^۱	<p>روش نماینده از داده‌های ثانویه برای اندازه‌گیری تمایل به پرداخت (WTP)^۲ مشتری استفاده می‌کند. در این روش سعی بر آن است که مطلوبیت مصرف‌کننده که یک عامل کیفی است با معیارهای کمی (نظیر پول) سنجیده شود. این روش به متغیرهای قابل مشاهده برای تأمین امنیت انرژی وابسته است. انواع متغیرهای نماینده در روش نماینده به شرح ذیل هستند:</p> <p>۱- تعرفه متوسط برق: بر این فرض استوار است که مصرف‌کنندگان در صورتی اقدام به خرید برق می‌کنند که منافع آن بیش از هزینه‌هایش باشد. ۲- هزینه نگهداری مولد برق اضطراری: این نگرش فرض می‌کند که مصرف‌کنندگان برق به صورت عقلایی رفتار می‌کنند و خود را در مقابل زیان‌های ناشی از اختلال در عرضه برق، اگر این امر اقتصادی باشد، بیمه می‌کنند. در این صورت خرید مولد برق اضطراری، ارزش نهایی الکتریسیته عرضه نشده را منعکس می‌کند. ۳- ارزش فراغت ازدست‌رفته / نرخ دستمزد: این روش هزینه اصلی قطع برق را فراغت ازدست‌رفته مشترکان می‌داند و با ارزش‌گذاری پولی فراغت ازدست‌رفته، سعی در تعیین هزینه برای قطعی برق دارد. ۴- ارزش تولید ازدست‌رفته به ازای هرکیلووات ساعت مصرف‌شده: این روش ارزش کالاها و خدمات تولیدشده در اقتصاد را اندازه‌گیری می‌کند. به دلیل اینکه برق یکی از نهاده‌های اساسی کلیه فعالیت‌های اقتصادی است گفته می‌شود که تولید ناخالص داخلی در شرایط فقدان الکتریسیته تا حد زیادی کاهش خواهد یافت؛ بنابراین، نسبت تولید ناخالص داخلی به کل مصرف برق ممکن است به‌عنوان تقریبی از تأثیر کل خاموشی در یک اقتصاد مورد استفاده قرار گیرد.</p>
روش‌های مبتنی بر بازار ^۳	<p>برخلاف روش نماینده، از رفتار مشاهده‌شده مصرف‌کننده برای استنتاج هزینه‌های خاموشی استفاده می‌شود سپس با توجه به داده‌های مزبور هزینه خاموشی محاسبه می‌شود. در این روش استفاده از قراردادهای مبتنی بر قطع برق می‌تواند اطلاعاتی را نشان دهد که خانوارها و صنایع چگونه خاموشی برق را ارزش‌گذاری می‌کنند.</p>
روش CVM	<p>در روش CVM، افراد برای آشکار ساختن اینکه در مورد کالای فرضی که در بازار قیمت‌گذاری نمی‌شود چه ارزشی قائل هستند، مورد سؤال قرار می‌گیرند. روش‌های ارزیابی احتمالی به ارزش زیان‌های ناشی از دیدگاه مشتریان (تا حدی ذهنی) کمک می‌کند. با استفاده از این گروه از روش‌ها، مشتریان خودشان ارزش از دست دادن را</p>

¹ Proxy

² Willingness to pay

³ Market - based

روش	توضیح
	با بیان تمایل خود برای پرداخت به منظور جلوگیری از قطع دقیق برق (به طور مستقیم یا غیرمستقیم) تعیین می کنند.

تعداد مطالعاتی که در داخل کشور در خصوص محاسبه هزینه خاموشی برق انجام گرفته محدود می باشد که در جدول ۳ به صورت خلاصه به این مطالعات اشاره شده است و در جدول ۴ نیز برخی از مطالعاتی آورده شده است که در خارج از کشور در این خصوص انجام گرفته است. لازم به ذکر است در مطالعه حاضر که در بخش های بعدی به صورت تفصیلی T توضیحات مرتبط ارائه می شود از روش نماینده یا پروکسی برای محاسبه هزینه های خاموشی برق بهمن ۱۳۹۵ در استان خوزستان استفاده می شود. نوآوری اصلی در انجام این تحقیق آن است که هزینه های برق عرضه نشده (درآمد از دست رفته شرکت های برقی استان خوزستان) که هزینه های مستقیم پس از حادثه می باشند با هزینه های تولید از دست رفته (هزینه هایی که جامعه به دلیل قطع برق متحمل شده است) مقایسه می شوند. به این ترتیب نشان داده می شود بخش دوم هزینه ها به قدری فراتر از درآمد از دست رفته شرکت های برق استان خوزستان است که سرمایه گذاری برای تامین پایداری بیشتر شبکه برق استان خوزستان را ضروری می سازد.

جدول (۳): مطالعات داخلی انجام گرفته در خصوص تخمین هزینه خاموشی

نام محقق / سازمان	توضیح
(شیخی، نوری، & سلیمانیان، ۱۴۰۱).	در این تحقیق به بررسی خسارات و هزینه های خاموشی در واحدهای صنعتی استان قم با بکارگیری تکنیک بررسی جامع مصرف کننده پرداخته شده است. در این پژوهش مشخص گردید بیشترین هزینه خاموشی به ازای هر کیلووات ساعت انرژی مصرفی مربوط به گروه های صنعتی نساجی، مواد شیمیایی، محصولات بهداشتی و مواد غذایی بوده است.
(مروت، فریدزاد، & شاه محمدی، ۱۴۰۰)	در این مطالعه، هزینه های رفاهی ناشی از قطعی احتمالی برق در بخش های تولیدی اقتصادی ایران محاسبه شده است. این مطالعه با استفاده از داده تابلویی استانی دوره زمانی ۱۳۸۹-۱۳۹۷ در دو مرحله انجام شده است. نتایج محاسبه زیان رفاهی بخش های صنعت و معدن و کشاورزی و خدمات در سطح کلان و استانی نشان داد که در

پسندیده و همکاران

توضیح	نام محقق / سازمان
<p>بخش صنعت و معدن استانهای کهگیلویه و بویراحمد و آذربایجان شرقی به ترتیب بالاترین و پایین ترین تغییرات رفاهی ناشی از قطعی احتمالی برق به ازای یک قیمت تعادلی معین بوده اند. در بخش خدمات، استان خراسان شمالی و استان البرز به ترتیب بالاترین و پایین ترین میزان زیان رفاهی ناشی از قطعی برق را داشته اند.</p>	
<p>در این مطالعه و به منظور ارزیابی اقتصادی هزینه های ناشی از قطع برق به بررسی تمایل به پرداخت نرخ تعرفه بالاتر مشترکین در ازای بهبود کیفیت توزیع برق در شهرستان سبزوار پرداخته است. برای انجام تحقیق ۲۰۰ مشترک از بین ۹۶۱ مشترک صنعتی انتخاب گردید. بدین منظور از تکنیک ارزشگذاری مشروط و استفاده از تابع خسارت مشترکین (cdf) هزینه هر ساعت خاموشی برق نرمالیزه شد. نتایج نشان داد مشترکین صنعتی به طور متوسط در ازای بهبود کیفیت توزیع برق، تمایل به پرداخت ۳۵ درصد افزایش نرخ تعرفه فعلی دارند. با محاسبه مقدار انتظاری (wtp) ارزش اقتصادی کاهش خاموشی برق بخش صنعتی سبزوار در هر ماه حدود ۲۶۹ میلیون تومان محاسبه شد.</p>	(غفرانی، ۱۳۹۳)
<p>در این پژوهش ارزش برق عرضه نشده یا ارزش کاهش خاموشی، هزینه بار از دست رفته VoLL^۱ را جهت استفاده در تعیین سطح بهینه قابلیت اطمینان بررسی میکند. هزینه های خاموشی برای مصرف کنندگان برق در قالب تولید از دست رفته برای بنگاهها و زمان فراغت از دست رفته برای خانوارها با استفاده از آمار و اطلاعات سال ۱۳۸۹ تخمین زده شد. یافته های این مطالعه نشان داد خسارت هر یک کیلووات ساعت برق عرضه نشده به طور متوسط برابر با ۳۸۳۷۸ ریال میباشد. همچنین نتایج حاکی از این است که اختلاف زیادی در هزینه های خاموشی بین بخشهای مختلف مصرفی وجود دارد و رفاه از دست رفته خانوارها در اثر خاموشی به همان اندازه ارزش از دست رفته بنگاهها و بلکه بیشتر حائز اهمیت است.</p>	(احمدیان & عباس زاده، ۱۳۹۲)
<p>در این مطالعه از روش تجربه انتخاب یا CE: Choice Experiment تمایل به پرداخت نهایی خانوارهای ایرانی برای اجتناب از خاموشی برق تخمین زده شد. نتایج مطالعه حاکی از آن بوده است که خانوارها طی مدت خاموشی، تعداد خاموشی و قیمت آلترناتیو پایین تری را ترجیح می دهند و روز وقوع خاموشی زمان وقوع آن و اعلام قبلی خاموشی عوامل مهمی برای ترجیحات آنها محسوب می شود. همچنین نتایج نشان داد که تمایل به پرداخت نهایی با افزایش مخارج خانوارها، سن سرپرستان خانوارها و همچنین مصرف برق در آخرین دوره مصرفی آنها افزایش می یابد. لذا آگاهی از</p>	(عباس زاده، احمدیان، رهبر، & ابریشیمی، ۱۳۹۲)

¹ Value of Lost Load: VoLL

نام محقق / سازمان	توضیح
	تأثیرات رفاهی منفی خانوارها از خاموشی، به تصمیم گیران کمک می کند که در تصمیم گیری قابلیت اطمینان شبکه این موضوع را مد نظر قرار دهند.
(احمدیان & عباس زاده، ۱۳۹۲)	در این تحقیق از ارزش برق عرضه نشده یا ارزش بار از دست رفته (VoLL) جهت استفاده در تعیین سطح بهینه قابلیت اطمینان استفاده شده است.
(عباس زاده، ۱۳۹۱)	در این تحقیق از رویکرد ارزش تولید از دست رفته برای محاسبه هزینه های خاموشی در تعرفه های مختلف برق از جمله در بخش خانگی و صنعتی استفاده شده است.
(خطابی رودی، صادقی، & حقانی، ۱۳۸۸)	این تحقیق به منظور برآورد قیمت قطعی برق مشترکین خانگی در تربت-حیدریه در شرایط وجود حالات مختلف خاموشی از روش تخمین تمایل به پرداخت مشترکین بخش خانگی برای قیمت برق از رویکرد CVM کمک گرفته است.
(امینی & خسروی، ۱۳۸۲)	در این تحقیق به کمک تکنیک بررسی جامع مصرف کننده، هزینه خاموشی در واحدهای صنعتی محاسبه شده است.
(صادقی صدقل، ۱۳۷۴)	در این تحقیق با روش CVM هزینه خاموشی در بخش های مختلف مصرفی محاسبه شده است در دهه ۱۳۶۰ با عنایت به تأثیرات جنگ تحمیلی بر توان تولید کشور، وزارت صنایع و معادن برای انعکاس اثرات آن تلاش نموده که با کمک پرسشنامه، هزینه خاموشی برای این واحدها را از طریق محاسبه کل ارزش تولیدات از دست رفته محاسبه کند.
(faridzadeh, ghasemi, rajabi nejad, & mohammadian, 2022)	در این مطالعه با استفاده از ترکیبی از تحلیل ورودی- خروجی و روش برنامه ریزی خطی، شاخص قیمت تولیدکننده را به عنوان میانگین هزینه های بخش های اقتصادی ایران پس از تحمیل سناریوی منحصربه فرد ۳۰ درصد کمبود بالقوه برق اندازه گیری می کند. در این راستا، جدول ورودی- خروجی 14114 متقارن به تفکیک صنایع ایران برای سال ۲۰۱۱ به کار گرفته شد. نتایج این مطالعه حاکی از آن است که بیشترین هزینه کمبود برق برای ساخت محصولات چوبی و کاغذی رخ داده است، در حالی که بخش خدمات پس از قطع برق کمترین هزینه را دارند. همچنین افزایش هزینه های بخش های غیربرق در اقتصاد ایران پس از شوک تامین برق به طور میانگین ۱۷۵,۶۳ درصد است.

جدول (۴): برخی مطالعات خارجی انجام گرفته در خصوص تخمین هزینه خاموشی

نام محقق	توضیح
----------	-------

پسندیده و همکاران

<p>در این تحقیق اشاره شده است که اگر چه اثرات اقتصاد خرد قطع برق بر بازده اقتصادی به خوبی مورد مطالعه قرار گرفته است اما درک کافی در مورد اثرات کلان اقتصادی آنها وجود ندارد، بنابراین تاکنون به طور موثر از سیاست های قابلیت اطمینان برق حمایت نشده است. با این هدف در این مطالعه ابتدا یک مدل نظری برای تجزیه و تحلیل مکانیسم بین قطع برق و رشد اقتصادی بر اساس تابع تولید کلاسیک ایجاد شده است و سپس یک مدل اقتصادسنجی تجربی از تحلیل نظری توسعه یافته و با داده های ۱۵۲ کشور اجرایی شد. نتایج محاسبات نشان داد هر ۱٪ کاهش در شاخص میانگین مدت خاموشی در سیستم منجر به افزایش رشد اقتصادی جهانی به میزان ۰.۱۶٪ می شود. همچنین اگر این شاخص در کشورهای کم درآمد به ۱۰ درصد نسبت به کشورهای پردرآمد کاهش یابد، شاخص جینی ۹.۵۵ درصد کاهش می یابد.</p>	<p>(Chen & Jin, How will power outages affect the national economic growth: Evidence, 2023)</p>
<p>در این تحقیق تمرکز بر کشورهایی شده است که عمده تولید برق آنها از نیروگاههای برق آبی تامین می شود و در عین حال در معرض افزایش میانگین دمای جهانی و خشکسالی قرار گرفته اند. در این مطالعه از کشور زامبیا به عنوان مطالعه موردی استفاده شده است و تاثیر خشکسالی بر تولید برق نیروگاههای برق آبی و در نتیجه خاموشی بر کیفیت زندگی مردم بررسی شده است. ۶۳ درصد از خانواده های مورد بررسی با توجه به تاثیرات نامطلوب خاموشی ها بر کیفیت زندگی خود حاضر بودند تا پایان سال ۲۰۱۹ دو برابر تعرفه ای که تاکنون پرداخت می کردند برای داشتن برق قابل اطمینان پرداخت نمایند.</p>	<p>(Ahmed & Parikh, 2023)</p>
<p>در این تحقیق هزینه های وارد بر بخش کسب و کار چین در نتیجه قطعی برق محاسبه شده است و این محاسبات برای بخش های مختلف اقتصادی انجام گرفته و آسیب پذیر ترین بخش های اقتصادی حوزه صنایع شیمیایی در چین شناسایی شد. همچنین بخش آب بیشترین حوزه متاثر از لحاظ عملیاتی سازی کارکرد آب رسانی بوده است. کل هزینه های اقتصادی بخش کسب و کار چین در نتیجه یک رویداد قطعی برق ۱.۴۴ میلیارد یوان برآورد شده است.</p>	<p>(Chen & Yan, Assessing the business interruption costs from power outages in China, 2022)</p>
<p>در این تحقیق به بررسی هزینه های رفاهی ناشی از خاموشی برق در بخش های خانگی ۳ شهر بزرگ کشور اوگاندا با بهره گیری از روش ارزش گذاری مشروط و تخمین تمایل به پرداخت خانوار پرداخته شده است.</p>	<p>(Kateregga, 2020)</p>

<p>کره جنوبی در سال ۲۰۱۱ به دلیل افزایش سریع تقاضای برق و کمبود امکانات تامین برق دچار خاموشی سراسری شد. به ویژه، بخش مسکونی به دلیل قطع برق از مشکلات قابل توجهی مانند قطع کار آسانسورها و توقف کلیه لوازم الکترونیکی رنج می برد. از آن زمان، اطمینان از تامین پایدار برق به عنوان یک وظیفه مهم مطرح شده است. در این مقاله تجزیه و تحلیل تمایل مصرف کنندگان مسکونی به پرداخت (WTP)^۱ برای جلوگیری از قطع برق بررسی شده است. برای این منظور پیمایشی با مشارکت ۱۰۰۰ خانوار با استفاده از روش ارزش گذاری مشروط (CV)^۲ در سال ۲۰۱۸ انجام گرفت. نتایج نشان داد که میانگین WTP ماهانه خانوارها برابر با ۱۵۲۲ یوان (KRW) است. تبدیل آن به ارزش سالانه و سپس گسترش ارزش به کشور نشان می دهد که ارزش ملی سالانه بالغ بر ۳۶۰٫۷ میلیارد یوان برابر ۳۵۲٫۳ میلیون دلار آمریکا است.</p>	<p>(Hee Kim & Kyu lim, 2019)</p>
<p>این تحقیق هزینه خاموشی برق را برای اروپا با استفاده از شاخص تمایل به پرداخت تخمین زده است.</p>	<p>(Schmidthaler & Reichl, 2016)</p>
<p>در این مقاله روشی برای تخمین هزینه نهایی کمبود انرژی الکتریکی در بلندمدت با استفاده از تحلیل ورودی- خروجی (I-O) ارائه شده است. هزینه نهایی کمبود انرژی الکتریکی یک پارامتر برونزا است که در مدل برای محاسبه هزینه نهایی عملیات و قیمت گذاری کوتاه مدت بازار استفاده می شود. در مطالعه انجام گرفته در کشور برزیل، هزینه نهایی کمبود انرژی الکتریکی با توجه به محدودیت های تامین برق برای بخش های تولیدی این کشور محاسبه و تأثیر متناظر آن بر تولید ناخالص داخلی به دست آمد.</p>	<p>(Vasconcelos, 2015)</p>
<p>امنیت عرضه برق در کشور هلند را با استفاده از رهیافت تابع تولید و با محاسبه تولید ازدست رفته برای واحدهای تولیدی و فراغت ازدست رفته برای خانوارها بررسی کرده اند.</p>	<p>(Nooij, Koopmans, & Bijvoet, 2007)</p>
<p>در این تحقیق تمایل به پرداخت خانوارهای سوئدی را جهت اجتناب از خاموشی برق بررسی شده است و با بهره گیری از روش ارزش گذاری مشروط پرسش شوندگان با ۹ نوع خاموشی مواجه شده و از آنها تمایل به پرداخت مربوط به این خاموشی ها پرسیده شده است. بر اساس یافته ها، تمایل به پرداخت خانوارها به طور مستقیم با طول مدت خاموشی رابطه دارد و همچنین این مقدار برای خاموشی های بدون برنامه ریزی بالا می باشد.</p>	<p>(Carlsson & Martinsson, 2007)</p>
<p>در این پژوهش که با همکاری اتحادیه اروپا انجام شده است، میزان ضررهای اقتصادی عدم تامین انرژی ناشی از طوفان که از ۷ تا ۹ ژوئن سال ۲۰۰۵ رخ داد، به کمک روش نماینده در بخش های کشاورزی، صنعت، حمل و نقل و ... محاسبه شده است.</p>	<p>(Haanpää, Lehtonen, & Peltonen, 2006)</p>
<p>این تحقیق هزینه های اقتصادی ناشی از کمبود برق را از طریق ارزش گذاری تولیدات ازدست رفته ارزش امنیت عرضه برق در بخش های صنعتی تایوان بررسی کرده است.</p>	<p>(Chen & Vella, 1994)</p>

¹willingness to pay: WTP

² Contingent Valuation (CV)

۳-روش تحقیق

هدف از انجام این مطالعه محاسبه هزینه های خاموشی برق بهمن ۱۳۹۵ در استان خوزستان است. این هزینه ها به دو بخش تقسیم می شود، بخش اول مرتبط با هزینه های برق عرضه نشده بر اثر خاموشی ها است که در واقع شرکتهای عرضه کننده برق در خوزستان متحمل این هزینه شده اند. بخش دوم نیز مرتبط با محاسبه هزینه هایی است که جامعه بر اثر خاموشی دچار آنها شده است. جمع این دو بخش، هزینه کل خسارات ناشی از خاموشی های بهمن ۱۳۹۵ در استان خوزستان را نتیجه می دهد. در این تحقیق به منظور محاسبه هزینه های حادثه، روش پروکسی یا نماینده انتخاب شد. با کمک متغیرهای نماینده، یعنی تعرفه متوسط برق، تولید از دست رفته و فراغت از دست رفته و لحاظ مدت خاموشی، هزینه های خاموشی به دست می آید. چارچوب انجام کار شامل دو بخش می باشد: بخش اول شامل محاسبه هزینه های ناشی از برق فروش نرفته با توجه به انواع مشترکین برق شرکتهای توزیع اهواز و شرکت توزیع برق خوزستان در تعرفه های ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ و همچنین مشترکین شرکت برق منطقه ای خوزستان می باشد. در این بخش درگام اول وضعیت فروش برق سال ۱۳۹۵، به انواع مشترکین (تعرفه های مختلف) در شرکتهای ذکر شده مورد توجه قرار گرفت و درصد فروش برق به تفکیک انواع مشترکین تعرفه های مختلف استخراج شد. در گام دوم داده های خاموشی برق محاسبه شدند. در این بخش داده های خاموشی در سه دسته مورد توجه قرار گرفته اند. دسته اول داده های خاموشی هستند که توسط شرکت های توزیع و برق منطقه ای پس از حادثه اعلام شده اند. به منظور افزایش دقت در محاسبات و لحاظ تمامی قطعی ها به طور کامل، خاموشی های آماری نیز در دو دسته حداقل و متوسط مبنای محاسبات قرار گرفتند. در گام سوم نیز، نحوه محاسبه قبوض برق مشترکین تعرفه های مختلف بر اساس تعرفه های وزارت نیرو بررسی شده است و با توجه به مصرف برق مشترکین در بازه زمانی دی ماه تا اسفند ۱۳۹۵) چون حادثه در زمستان رخ داده است این سه ماه مبنای قرار گرفته است)، تعرفه متوسط برق مصرفی برای هر

گروه از مشترکین در تعرفه های پنج گانه محاسبه شد. با توجه به سه گام تشریح شده و با محور قرار دادن تعرفه متوسط برق مصرفی به عنوان نماینده، می توان هزینه قطعی برق را به تفکیک برای شرکت های توزیع برق اهواز و توزیع برق خوزستان و برق منطقه ای خوزستان به دست آورد. بخش دوم مرتبط با چگونگی انجام محاسبات هزینه های خاموشی بر اثر تولید از دست رفته است. در این مرحله نیز مطابق پروکسی از "ارزش تولید از دست رفته یا VoLL" برای محاسبه هزینه های خاموشی استفاده می شود. در این بخش از دو نماینده استفاده می شود: ارزش فراغت از دست رفته برای محاسبات هزینه خاموشی در بخش خانگی و تولید از دست رفته به عنوان نماینده در تعرفه های چهارگانه بعدی مورد استفاده قرار می گیرد. سایر مراحل بخش دوم مطابق بخش اول است.

-بررسی برق فروش رفته به مشترکین شرکتهای توزیع برق اهواز، توزیع برق خوزستان و برق منطقه ای خوزستان در تعرفه های مختلف

هر یک از شرکتهای توزیع برق اهواز و توزیع برق خوزستان دارای مشترکینی هستند که به مشترکین بخش خانگی، عمومی، کشاورزی، صنعتی و سایر مصارف تقسیم می شوند. البته بایستی اشاره شود که هر یک از این دو شرکت، خود دارای مشترکینی هستند که به صورت مستقیم برق را به آنها می فروشند. با توجه به اینکه مجموع برق فروش رفته شرکت توزیع برق اهواز، ۸۴۸۵ میلیون کیلووات ساعت و شرکت توزیع برق خوزستان ۱۵۰۷۳ میلیون کیلو وات ساعت در سال ۱۳۹۵ بوده است و همچنین سهم هر یک از مشترکین این دو شرکت از برق فروش رفته مطابق جدول ۵ معین است، می توان میزان برق فروش رفته به انواع مشترکین این شرکتهای را در تعرفه های مختلف به دست آورد. در مورد شرکت برق منطقه ای خوزستان نیز میزان برق فروخته شده به مشترکین مستقیم فوق توزیع و انتقال این شرکت ۵۵۱۴۷۰۸ هزار کیلووات ساعت در سال ۱۳۹۵ بوده است.

پسندیده و همکاران

جدول (۵): سهم فروش برق شرکتهای توزیع برق اهواز و شرکت توزیع برق خوزستان به مشترکین مختلف (درصد) (پژوهشگاه نیرو، ۱۳۹۷)

نام شرکت توزیع	فروش (تعرفه ۱)	فروش عمومی (تعرفه ۲)	فروش تولید کشاورزی (تعرفه ۳)	فروش تولید صنعت و معدن (تعرفه ۴)	فروش سایر مصارف (تعرفه ۵)	فروش روشنایی معابر	فروش مستقیم
اهواز	۵۹,۲۳	۹	۴,۱۷	۲,۵۱	۷,۴۲	۱,۸۴	۱۵,۸۶
خوزستان	۶۰,۳۶	۸,۲۵	۱۰,۰۱	۳,۷۲	۴,۲۱	۱,۵۸	۱۱,۸۴

-مطالعه بار و میزان خاموشی در ارتباط با هر یک از شرکتهای بار اثر حوادث رخ داده شده در بهمن ۱۳۹۵

در این مرحله که پیش نیاز اصلی محاسبه هزینه خاموشی است، بایستی میزان خاموشی بر اثر حوادث رخ داده شده معین شود. در این بخش جهت دقیق تر شدن میزان خاموشی یا به عبارتی میزان بار عرضه نشده از دو مرجع استفاده شده است: مرجع اول گزارشات خاموشی است که پیرو حادثه توسط شرکتهای برقی استان خوزستان منتشر شدند و اعداد اعلامی (کیلووات ساعت) در این گزارشات به صورت مستقیم مبنای محاسبات قرار گرفتند. مرجع دوم شامل داده‌هایی است که به کمک مطالعات آماری درخصوص بار شبکه در استان خوزستان در سال ۱۳۹۵ مبنای قرار گرفته اند (خاموشی‌های آماری). در دسته اخیر، دو نوع داده حداقل و متوسط، مبنای محاسبات قرار گرفته‌اند. با توجه به اینکه حادثه رخ داده شده در فصل زمستان بوده است، مصرف ۹۰ روز توان اکتیو هر یک از شرکتهای طی ماههای دی، بهمن و اسفند سال ۱۳۹۵ در نظر گرفته شد. این داده‌ها بر حسب مگاوات ساعت بوده و برای هر ساعت از ۲۴ ساعت شبانه‌روز یک عدد موجود است. با اعمال توزیع نرمال بر روی داده‌ها برای هر ساعت از شبانه‌روز یک میانگین، یک انحراف معیار و فاصله سه انحراف معیار از میانگین محاسبه شد. به عنوان نمونه در جدول ۶ محاسبات در مورد شرکت توزیع برق اهواز آورده شده است.

جدول (۶): اطلاعات توزیع نرمال بار شرکت توزیع اهواز

ساعت	میانگین	انحراف معیار	سه انحراف از	ساعت	میانگین	انحراف معیار	سه انحراف از
------	---------	--------------	--------------	------	---------	--------------	--------------

میانگین $\mu - 3\sigma$	σ	μ		میانگین $\mu - 3\sigma$	σ	μ	
456.32	36.25	565.08	13	403.69	36.03	511.77	1
425.29	42.96	554.17	14	360.80	38.46	476.18	2
417.99	40.04	538.10	15	341.10	36.05	449.24	3
417.15	34.55	520.80	16	328.34	35.52	434.91	4
422.14	37.16	533.62	17	322.38	37.51	434.92	5
430.89	48.62	576.74	18	327.68	37.51	440.22	6
517.71	43.01	646.74	19	341.75	41.22	465.40	7
539.27	37.42	651.54	20	355.40	41.90	481.09	8
524.90	37.85	638.46	21	361.75	47.38	503.90	9
512.43	36.90	623.15	22	380.75	48.80	527.14	10
474.64	39.56	593.32	23	421.79	39.33	539.79	11
438.52	39.16	555.99	24	425.27	42.57	552.97	12

به عنوان نمونه در ساعت ۱۳ هشتم بهمن ماه با ترسیم نمودار نرمال برای داده‌های مرتبط، میانگین بار ۵۶۵ مگاوات و با لحاظ ۳ انحراف از میانگین ۴۵۶,۳۲ مگاوات خواهد بود. باتوجه به اینکه داده‌های میزان بار شرکت توزیع اهواز در ساعت ۱۳ روز ۸ بهمن ماه، ۱۸۵ مگاوات ساعت بوده است چون این عدد از حداقل بار کمتر است لذا در این ساعت قطعی برق وجود داشته است. به این ترتیب می‌توان در سه حالت قطعی گزارش شده، بار متوسط و بار حداقل، میزان قطعی را به دست آورد که در محاسبات بعدی از این اعداد استفاده می‌شود.

۴- یافته‌های تحقیق

۴-۱- محاسبه هزینه‌های برق عرضه نشده

در این بخش به تفکیک هر گروه از مشترکین هزینه‌های برق عرضه نشده برای هر یک از شرکتها محاسبه می‌شود.

- محاسبه هزینه خاموشی مشترکین خانگی (تعرفه ۱) : با توجه به داده‌های جدول ۶، متوسط بار یک روز شهرستان اهواز ۱۲۸۴۵/۲۴ مگاوات ساعت است (از این مقدار ۰,۷۱۱۴ مرتبط با شهرستان اهواز است و مجدداً از این سهم، ۰,۵۱۳۱ سهم بخش خانگی

پسندیده و همکاران

است). حال می توان متوسط بار ۹۰ روز یک مشترک خانگی شهرستان اهواز را با در نظرگیری تعداد ۳۷۹۲۸۱ مشترک به صورت زیر محاسبه نمود:

$$\frac{۹۰ \times ۱۰۰ \times ۱۲۸۱۵,۲۴ \times ۰,۷۱۱۴ \times ۰,۵۱۳۱}{۳۷۹۲۸۱} = ۱۱۰۹/۹۲۰۶ \text{ kWh}$$

به این ترتیب با توجه به پله های مختلف مصرف برق و نرخ مرتبط با هر یک از این پله ها ، با توجه به اینکه متوسط بار مصرفی یک مشترک خانگی اهوازی ۳،۱۱۰۹ کیلووات ساعت به دست آمده است نرخ متوسط تعرفه برق برای آن مشترک ۹۵۱ ریال برای هر کیلووات ساعت خواهد بود (جدول ۷).

جدول (۷): محاسبه نرخ متوسط بهای برق یک مشترک خانگی اهوازی به ازای هر کیلووات

ساعت

پله های مصرف	نرخ به ریال	مصرف ۳۰ روزه	مبلغ به ریال
۱۰۰ kWh تا ۰	۴۵۰	۱۰۰ kWh	۴۵۰۰۰
۲۰۰ kWh تا ۱۰۱	۵۲۵	۱۰۰ kWh	۵۲۵۰۰
۳۰۰ kWh تا ۲۰۱	۱۱۲۵	۱۰۰ kWh	۱۱۲۵۰۰
۴۰۰ kWh تا ۳۰۱	۲۰۲۵	۶۹/۹۷ kWh	۱۴۱۶۹۶/۳۷
جمع ۳۰ روزه		۳۶۹/۹۷ kWh	۳۵۱۶۹۶/۳۷
جمع دوره ۹۰ روزه		۱۱۰۹/۹۲ kWh	۱۰۵۵۰۸۹/۱۲
نرخ متوسط محاسبه شده به ریال			$\frac{۱۰۵۵۰۸۹/۱۲}{۱۱۰۹/۹۲} = ۹۵۱$

در بخش دوم اشاره شد، اطلاعات بار و میزان برق عرضه نشده هر یک از شرکتها در حوادث روزهای ۸، ۹، ۲۳ و ۲۶ بهمن ماه ۱۳۹۵ به دست می آید، حال می توان با توجه به سهم مشترکین خانگی از بار مصرفی و از طرفی معین بودن تعرفه متوسط بخش خانگی، هزینه خاموشی یا به عبارتی درآمد از دست رفته شرکت توزیع برق اهواز را بابت برق عرضه نشده به مشترکین خانگی در سه حالت قطعی گزارش شده، قطعی بر اساس بار حداقل و قطعی بر اساس بار متوسط را به دست آورد (جدول ۸).

جدول (۸): هزینه برق عرضه نشده روزهای حادثه برای مشترکین تعرفه ۱ در شرکت های توزیع اهواز و خوزستان (اعداد هزینه بر حسب میلیارد ریال و قطعی ها بر حسب MWh)

تاریخ	قطعی گزارش شده	هزینه خاموشی	قطعی بر اساس بار حداقل	هزینه خاموشی	قطعی بر اساس بار متوسط	هزینه خاموشی
۱۳۹۵/۱۱/۰۸	۰	۰	۲۵۵	۰,۲۴	۶۵۵	۰,۶۲
۱۳۹۵/۱۱/۰۹	۱۰۰۹	۰,۹۵	۹۹۷	۰,۹۴	۱۶۵۶	۱,۵۹
۱۳۹۵/۱۱/۲۳	۱۰۹۰	۱,۰۴	۱۵۱۱	۱,۴۳	۲۲۸۲	۲,۱۶
۱۳۹۵/۱۱/۲۶	۰	۰	۳۱	۰,۰۳	۵۶۹	۰,۵۳
مجموع	۲۰۹۹	۱,۹۹	۲۷۹۴	۲,۶۴	۵۱۸۴	۴,۹
۱۳۹۵/۱۱/۰۸	۰	۰	۲۳	۰,۰۱	۶۰	۰,۲۷
۱۳۹۵/۱۱/۰۹	۹۳	۰,۴۲	۹۲	۰,۰۴	۱۵۴	۰,۶۹
۱۳۹۵/۱۱/۲۳	۱۰۰	۰,۴۴	۱۳۹	۰,۰۵	۲۱۰	۰,۹۴
۱۳۹۵/۱۱/۲۶	۰	۰	۳	۰,۰۱	۵۲	۰,۲۴
مجموع	۱۹۳	۰,۸۶	۲۵۷	۰,۱۱	۴۷۶	۲,۱۴

- محاسبه هزینه خاموشی مشترکین عمومی (تعرفه ۲): برای مشترکین با کد تعرفه ۲ یعنی مصرف کنندگان عمومی، بسته به نوع مصرف کننده و با توجه به اینکه چه کدی را انتخاب نموده‌اند، نحوه محاسبه هزینه مصرف متفاوت خواهد بود. با توجه به اینکه تشخیص کد تعرفه هر مصرف کننده عمومی کار ساده‌ای نیست یک فرض ساده استفاده از مقادیر متوسط تعرفه است که برای مشترکین با قدرت 30 kW و کمتر در کم‌باری $540/3$ ریال بر کیلووات ساعت، در میان‌باری $1080/7$ ریال بر کیلووات ساعت و در پرباری $2161/3$ ریال بر کیلووات ساعت خواهد بود. در توضیح دسته‌بندی ساعات در شرکت‌های توزیع اهواز، توزیع خوزستان و برق منطقه‌ای این استان نیز باید گفت که ساعت ۲۳ تا ۷ صبح کم‌باری، ساعت ۷ تا ۱۳ و ۱۷ تا ۱۹ میان‌باری و ساعت ۱۳ تا ۱۷ و ۱۹ تا ۲۳ اوج‌بار در نظر گرفته می‌شوند. بر این مبنا و با توجه به سهم مصرف کنندگان عمومی از برق فروش رفته، در این بخش نیز می‌توان هزینه برق عرضه نشده مصرف کنندگان تعرفه ۲ شرکت توزیع برق اهواز و شرکت توزیع برق خوزستان را در سه حالت مطابق جدول ۹ به دست آورد.

پسندیده و همکاران

جدول (۹): هزینه برق عرضه نشده روزهای حادثه برای مشترکین تعرفه در ۲ شرکت توزیع اهواز و

خوزستان (هزینه خاموشی بر حسب میلیارد ریال و قطعی ها بر حسب MWh)

تاریخ	قطعی گزارش شده	هزینه خاموشی	قطعی بر اساس بار حداقل	هزینه خاموشی	قطعی بر اساس بار متوسط	هزینه خاموشی
شرکت توزیع برق اهواز	۱۳۹۵/۱۱/۰۸	۰	۳۹	۰,۰۸	۱۰۹	۰,۱۹
	۱۳۹۵/۱۱/۰۹	۱۵۳	۱۵۱	۰,۱۹	۲۵۵	۰,۳۱
	۱۳۹۵/۱۱/۲۳	۱۶۶	۲۳۰	۰,۲۸	۳۴۷	۰,۴۱
	۱۳۹۵/۱۱/۲۶	۰	۵	۰	۸۷	۰,۰۹
	مجموع	۳۱۹	۴۲۵	۰,۵۵	۷۹۸	۱
شرکت توزیع برق خوزستان	۱۳۹۵/۱۱/۰۸	۰	۳	۰,۰۱	۸	۰,۰۲
	۱۳۹۵/۱۱/۰۹	۱۳	۱۳	۰,۰۲	۲۱	۰,۰۳
	۱۳۹۵/۱۱/۲۳	۱۴	۱۹	۰,۰۲	۲۹	۰,۰۲
	۱۳۹۵/۱۱/۲۶	۰	۰	۰	۷	۰,۰۱
	مجموع	۲۷	۳۵	۰,۰۵	۶۵	۰,۰۸

- محاسبه هزینه خاموشی مشترکین بخش کشاورزی (تعرفه ۳): با اعمال متوسط گیری بر روی مقادیر تعرفه برای مصرف کنندگان با قدرت ۳۰kW و کمتر، مقادیر متوسط تعرفه در کم باری ۱۴۵/۳ ریال بر کیلووات ساعت، در میان باری ۲۹۰/۷ ریال بر کیلووات ساعت و در پر باری ۵۸۱/۳ ریال بر کیلووات ساعت خواهد بود. با اعمال مقادیر تعرفه و مشخص بودن سهم مصرف کنندگان کشاورزی از بار مصرفی، هزینه خاموشی مصرف کنندگان تعرفه ۳ شرکتهای توزیع برق اهواز و شرکت توزیع برق خوزستان به صورت جدول ۱۰ خواهد بود.

جدول (۱۰): هزینه برق عرضه نشده روزهای حادثه برای مشترکین تعرفه ۳ در شرکت های توزیع

اهواز و خوزستان (هزینه خاموشی بر حسب میلیارد ریال و قطعی ها بر حسب MWh)

تاریخ	قطعی گزارش شده	هزینه خاموشی	قطعی بر اساس بار حداقل	هزینه خاموشی	قطعی بر اساس بار متوسط	هزینه خاموشی
شرکت توزیع برق	۱۳۹۵/۱۱/۰۸	۰	۹	۰,۰۱	۲۴	۰,۰۱
	۱۳۹۵/۱۱/۰۹	۳۷	۳۷	۰,۰۱	۶۲	۰,۰۲
	۱۳۹۵/۱۱/۲۳	۴۰	۵۶	۰,۰۲	۸۴	۰,۰۳

تاریخ	مجموع	۰	۱	۰	۰
۱۳۹۵/۱۱/۲۶	۷۷	۰	۱۰۳	۰	۰
مجموع	۱۹۱	۰	۱۰۳	۰	۰
۱۳۹۵/۱۱/۰۸	۰	۰	۴	۰	۰
۱۳۹۵/۱۱/۰۹	۱۶	۰	۱۶	۰	۰
۱۳۹۵/۱۱/۲۳	۱۷	۰	۲۴	۰	۰
۱۳۹۵/۱۱/۲۶	۰	۰	۰	۰	۰
مجموع	۳۳	۰	۴۴	۰	۰

۴. - محاسبه هزینه خاموشی مشترکین صنعتی (تعرفه ۴): با اعمال متوسط گیری بر روی مقادیر تعرفه برای مصرف کنندگان صنعتی با قدرت ۳۰kW و کمتر، مقادیر متوسط تعرفه در کم باری ۲۹۱ ریال بر کیلووات ساعت، در میان باری ۵۸۲ ریال بر کیلووات ساعت و در پر باری ۱۱۶۴ ریال بر کیلووات ساعت خواهد بود. با اعمال مقادیر تعرفه و مشخص بودن سهم مصرف کنندگان صنعتی از بار مصرفی هزینه خاموشی مصرف کنندگان تعرفه ۴ به صورت جدول ۱۱ خواهد بود.

جدول (۱۱): هزینه برق عرضه نشده روزهای حادثه برای مشترکین تعرفه ۴ در شرکت های توزیع اهواز و

خوزستان (هزینه خاموشی بر حسب میلیارد ریال و قطعی ها بر حسب MWh)

تاریخ	قطعی گزارش شده	هزینه خاموشی	قطعی بر اساس بار حداقل	هزینه خاموشی	قطعی بر اساس بار متوسط	هزینه خاموشی
۱۳۹۵/۱۱/۰۸	۰	۰	۱۰	۰	۲۵	۰
۱۳۹۵/۱۱/۰۹	۳۸	۰	۳۸	۰	۶۳	۰
۱۳۹۵/۱۱/۲۳	۴۱	۰	۵۶	۰	۸۷	۰
۱۳۹۵/۱۱/۲۶	۰	۰	۱	۰	۲۱	۰
مجموع	۷۹	۰	۱۰۵	۰	۱۹۶	۰
۱۳۹۵/۱۱/۰۸	۰	۰	۲	۰	۴	۰
۱۳۹۵/۱۱/۰۹	۷	۰	۷	۰	۱۱	۰
۱۳۹۵/۱۱/۲۳	۷	۰	۱۰	۰	۱۵	۰
۱۳۹۵/۱۱/۲۶	۰	۰	۰	۰	۴	۰
مجموع	۱۴	۰	۱۹	۰	۳۴	۰

پسندیده و همکاران

-محاسبه هزینه خاموشی مشترکین سایر مصارف (تعرفه ۵): همانطور که ذکر شد متوسط بار یک روز اهواز عبارت است از ۱۲۸۴۵/۲۴ مگاوات ساعت، با این ملاحظه و با توجه به اینکه برای دقت محاسبات ۳ ماه یا ۹۰ روز مبنای محاسبات قرار گرفته‌اند، می‌توان متوسط بار ۹۰ روز یک مشترک تعرفه ۵ اهواز با قدرت ۳۰kW را با در نظرگیری تعداد ۶۶۸۰۹ مشترک به صورت زیر محاسبه نمود:

$$\frac{90 \times 100 \times 12845.24 \times 0.7114 \times 0.691}{66809} = 849 / 5244 \text{ kWh } 0$$

با در نظرگیری کل این بار برای مشترکین اهوازی به صورت میان‌باری به جدول ۱۲ توجه شود. مطابق با این جدول نرخ متوسط محاسبه شده برای هر مشترک تعرفه ۵ اهواز ۱۸۷۸ ریال به ازای هر کیلووات ساعت می‌باشد. در این مرحله می‌توان هزینه خاموشی مشترکین تعرفه ۵ شبکه توزیع اهواز را در حالات مختلف به صورت جدول ۱۳ محاسبه نمود.

جدول (۱۲): محاسبه نرخ متوسط بهای برق یک مشترک تعرفه ۵ اهوازی به ازای هر کیلووات ساعت

پله‌های مصرف	نرخ به ریال	مصرف ۳۰ روزه	مبلغ به ریال
۱۰۰ kWh تا ۱۰۰	۱۸۰۱	۱۰۰ kWh	۱۸۰۱۰۰
۲۰۰ kWh تا ۱۰۱	۱۸۸۲	۱۰۰ kWh	۱۸۸۲۰۰
۳۰۰ kWh تا ۲۰۱	۱۹۶۵	۸۳/۱۷ kWh	۴۳۸۱۶۳/۵۱
جمع ۳۰ روزه		۲۸۳/۱۷ kWh	۵۳۱۷۳۸/۵۱
جمع دوره ۹۰ روزه		۸۴۹/۵۲ kWh	۱۵۹۵۲۱۵/۵۲
نرخ متوسط محاسبه شده به ریال			$\frac{1595215.52}{849.52} = 1878$

جدول (۱۳): هزینه برق عرضه نشده روزهای حادثه برای تعرفه ۵ در شرکت های توزیع اهواز و خوزستان

(هزینه خاموشی بر حسب میلیارد ریال و قطعی ها بر حسب MWh)

تاریخ	قطعی گزارش شده	هزینه خاموشی	قطعی بر اساس بار حداقل	هزینه خاموشی	قطعی بر اساس بار متوسط	هزینه خاموشی
۱۳۹۵/۱۱/۰۸	۰	۰	۳۴	۰.۰۶	۸۸	۰.۱۶
۱۳۹۵/۱۱/۰۹	۱۳۵	۰.۲۶	۱۳۴	۰.۲۵	۲۲۵	۰.۴۲
۱۳۹۵/۱۱/۲۳	۱۴۶	۰.۲۷	۲۰۳	۰.۳۸	۳۰۶	۰.۵۷
۱۳۹۵/۱۱/۲۶	۰	۰	۴	۰.۰۱	۷۶	۰.۱۵
مجموع	۲۸۱	۰.۵۳	۳۷۵	۰.۷	۶۹۵	۱.۳
۱۳۹۵/۱۱/۰۸	۰	۰	۲	۰	۴	۰

۰,۰۲	۱۰	۰,۰۱	۷	۰,۰۱	۷	۱۳۹۵/۱۱/۰۹
۰,۰۴	۱۶	۰,۰۲	۱۰	۰,۰۲	۷	۱۳۹۵/۱۱/۲۳
۰	۴	۰	۰	۰	۰	۱۳۹۵/۱۱/۲۶
۰,۰۶	۳۶	۰,۰۳	۱۹	۰,۰۳	۱۴	مجموع

محاسبه هزینه خاموشی مشترکین مستقیم شرکت توزیع اهواز بر اساس تعرفه متوسط برق: همان طور که قبلاً نیز گفته شد تعدادی از مشترکین صنعتی به صورت مستقیم به شبکه توزیع برق اهواز و توزیع برق خوزستان متصل هستند. تمامی این مشترکین با قدرت بیش از ۳۰kW بوده و از تعرفه‌های ۲، ۳، ۴ و ۵ می‌باشند. با توجه به اینکه تعرفه هریک از مشترکین به صورت دقیق مشخص است می‌توان با اعمال متوسط‌گیری بر روی مقادیر بهای انرژی در هر تعرفه به جدول ۱۴ رسید.

جدول (۱۴) تعرفه متوسط برای مشترکین مستقیم شبکه توزیع اهواز با قدرت بیشتر از 30KW

(پژوهشگاه نیرو، ۱۳۹۷)

ساعت	تعرفه ۲ بیشتر از ۳۰	تعرفه ۳ بیشتر از ۳۰	تعرفه ۴ بیشتر از ۳۰	تعرفه ۵ بیشتر از ۳۰
کم باری	۴۴۴,۸۳	۱۴۰	۲۵۵,۵	۹۰۰,۵
اوج بار	۱۷۷۹,۳۳	۵۶۰	۱۰۲۲	۳۶۰۲
میان باری	۸۸۹,۶۶	۲۸۰	۵۱۱	۱۸۰۱

به این ترتیب می‌توان هزینه خاموشی مشترکین مستقیم توزیع را بر اساس قطعی گزارش شده، قطعی بر اساس بار حداقل و قطعی بر اساس بار متوسط به ترتیب مطابق با جدول ۱۵ محاسبه نمود.

جدول (۱۵): هزینه برق عرضه نشده مشترکین مستقیم شرکت توزیع برق اهواز و خوزستان

(بر حسب میلیارد ریال)

مجموع هزینه‌ها	هزینه‌ها به ریال				مجموع هزینه‌ها	مجموع هزینه‌ها بر اساس بار متوسط
	۱۳۹۵/۱۱/۲۶	۱۳۹۵/۱۱/۲۳	۱۳۹۵/۱۱/۰۹	۱۳۹۵/۱۱/۰۸		
۶,۰۴	۰,۴	۱,۸۲	۳	۰,۸۲		

پسندیده و همکاران

۳,۱۱	۰,۰۲	۱,۲	۱,۵۳	۰,۳۶	مجموع هزینه ها بر اساس بار حداقل	شرکت توزیع خوزستان خوزستان
۱,۷۲	۰	۰,۸۹	۰,۸۳	۰	مجموع هزینه ها بر اساس قطعی گزارش شده	
۷,۱۷	۰,۶۱	۳	۲,۲۲	۱,۳۴	مجموع هزینه ها بر اساس بار متوسط	
۳,۹۱	۰,۰۴	۱,۹۷	۱,۳۲	۰,۵۸	مجموع هزینه ها بر اساس بار حداقل	
۲,۸	۰	۱,۴۵	۱,۳۵	۰	مجموع هزینه ها بر اساس قطعی گزارش شده	

- محاسبه هزینه خاموشی مشترکین مستقیم فوق توزیع و انتقال برق منطقه‌ای خوزستان بر اساس تعرفه متوسط برق: با توجه به اطلاعات مرتبط با مشترکین مستقیم برق منطقه‌ای خوزستان تمامی آنها با قدرت بیش از ۳۰kW بوده و به جز یک مورد که از تعرفه ۳ است (آبرسانی غدیر متصل به شبکه فوق توزیع) بقیه مشترکین از تعرفه ۴ می‌باشند. با توجه به اینکه تعرفه هر یک از این ۲۴ مشترک به صورت دقیق مشخص است می‌توان با اعمال متوسط‌گیری بر روی مقادیر بهای انرژی در هر تعرفه به جدول ۱۶ رسید.

جدول (۱۶): تعرفه متوسط برای مشترکین صنعتی با قدرت بیشتر از ۳۰Kw

(پژوهشگاه نیرو، ۱۳۹۷)

ساعت	تعرفه ۳ بیشتر از ۳۰	تعرفه ۴ بیشتر از ۳۰
کم باری	۱۴۰	۲۵۵,۵
اوج بار	۵۶۰	۱۰۲۲
میان باری	۲۸۰	۵۱۱

به کمک این جدول می‌توان هزینه خاموشی مشترکین مستقیم فوق توزیع و انتقال شرکت برق منطقه‌ای خوزستان را بر اساس قطعی بار حداقل و قطعی بار متوسط محاسبه

نمود(جدول ۱۷). توجه شود که در این قسمت هزینه خاموشی ناشی از قطعی گزارش شده صفر است؛ چراکه هیچ داده خاموشی از طرف شرکت مربوط همانند خاموشی شرکت‌های توزیع ارائه نشده است.

جدول(۱۷): محاسبه هزینه برق عرضه نشده مشترکین مستقیم شرکت برق منطقه ای خوزستان

(بر حسب میلیارد ریال)

مجموع هزینه‌ها	هزینه‌ها به ریال				مجموعه هزینه‌ها	
	۱۳۹۵/۱۱/۲۶	۱۳۹۵/۱۱/۲۳	۱۳۹۵/۱۱/۰۹	۱۳۹۵/۱۱/۰۸	مجموع هزینه‌ها بر اساس بار متوسط	مشترکین فوق توزیع
۳,۷۷	۰,۲۷	۲,۰۸	۰,۹۳	۰,۴۹		
۱,۶	۰	۱,۲۱	۰,۲۱	۰,۱۷	مجموع هزینه‌ها بر اساس بار حداقل	
۳,۲۲	۰	۲,۴۴	۰,۴۳	۰,۳۵	مجموع هزینه‌ها بر اساس بار حداقل	مشترکین انتقال
۷,۶	۰,۵	۴,۲۱	۱,۹	۰,۹۹	مجموع هزینه‌ها بر اساس بار متوسط	

جمع بندی هزینه های برق عرضه نشده در انواع تعرفه ها و برای شرکتهای مختلف در جدول ۱۹ خلاصه هزینه‌های مشترکین مختلف برای حوادث روزهای ۸، ۹، ۲۳ و ۲۶ بهمن‌ماه ۱۳۹۵ بر اساس تعرفه متوسط برق نشان داده شده است.

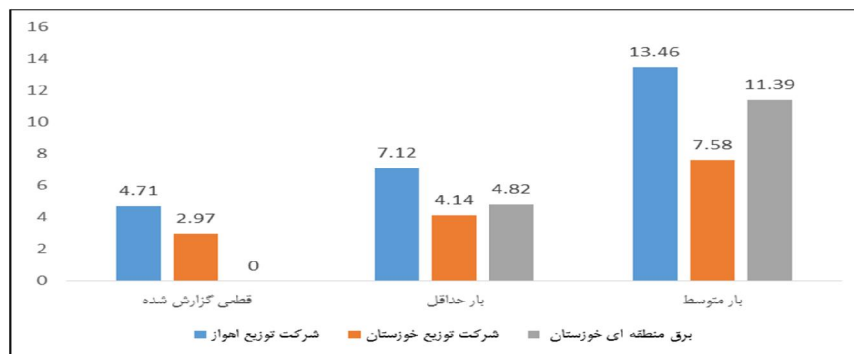
جدول(۱۹): خلاصه هزینه‌های خاموشی بر اساس تعرفه متوسط برق بر حسب میلیارد ریال

مشترکین	هزینه خاموشی بر اساس قطعی گزارش شده	هزینه خاموشی بر اساس بار حداقل	هزینه خاموشی بر اساس بار متوسط
تعرفه ۱	۲,۰۷	۲,۷۶	۵,۱۲
تعرفه ۲	۰,۴۳	۰,۵۹	۱,۰۹
تعرفه ۳	۰,۰۴	۰,۰۱	۰,۰۹
تعرفه ۴	۰,۰۶	۰,۰۹	۰,۱۶
تعرفه ۵	۰,۵۵	۰,۷۴	۱,۳۷
مستقیم توزیع	۴,۵۳	۷,۰۳	۱۳,۲۱
مستقیم فوق توزیع	۰	۱,۰۵	۳,۷۷

پسندیده و همکاران

۷,۶۲	۳,۲۷	۰	مستقیم انتقال
۳۲,۴۳	۱۶,۰۴	۷,۶۸	مجموع

محاسبه هزینه‌های مستقیم خسارت برای تمامی تعرفه‌ها در سه شرکت توزیع برق اهواز، توزیع برق خوزستان و برق منطقه ای خوزستان در شکل ۲ مشاهده می‌شود. چنانکه مشخص است میزان خسارت بر اساس داده‌های قطعی گزارش شده نسبت به دو حالت دیگر حتی نسبت به بار حداقل کمتر می‌باشد و شرکت توزیع اهواز در میان شرکت‌ها بیشترین خسارت را در هر سه حالت نسبت به سایرین داشته است.



شکل (۲): هزینه‌های ناشی از برق فروش نرفته در شرکت‌های توزیع اهواز، توزیع خوزستان و برق منطقه ای خوزستان

۲-۴- محاسبه هزینه‌های تولید از دست رفته در جامعه

ارزش بار از دست رفته یا (VoLL) روشی است که به منظور محاسبه هزینه‌های خاموشی ناشی از تولید از دست رفته استفاده می‌شود. اساس این روش محاسبه خسارت در جامعه به ازای یک واحد برق عرضه نشده است. در این رویکرد نیز از مبانی روش پروکسی یا نماینده استفاده می‌شود. در این بخش ارزش تولیدات از دست رفته در اثر خاموشی استفاده می‌شود و فرض بر این است که خسارت ناشی از خاموشی برای یک بنگاه برابر با ارزش افزوده‌ای است که در آن مدت بنگاه می‌توانست ارائه نماید. برای محاسبات این بخش ابتدا لازم است ارزش افزوده اقتصادی بخش‌های مختلف در تولید ناخالص داخلی متناسب با تعرفه‌های برق در نظر گرفته شود. در سال ۱۳۹۵ ارزش افزوده بخش کشاورزی

۱۲۶۷۴۳۵، صنایع و معادن ۲۸۸۸۹۰۵ و خدمات ۷۲۶۴۶۹۸ میلیارد ریال تخمین زده شده است. بخشی که نیاز به محاسبه دارد مرتبط با بخش خانگی و یا تعرفه ۱ است. در این خصوص از ارزش اقتصادی فراغت از دست رفته استفاده می‌شود. با فرض اینکه در اثر خاموشی برق، کل اوقات فراغت خانوارها از دست می‌رود و با توجه به محاسبات انجام شده با توجه به داده‌های سال ۱۳۹۵، ارزش زمان فراغت خانوارها، سالانه ۱۲۹۳۲۱۹۸ میلیارد ریال محاسبه شده است.

- ارزش بار از دست رفته در تعرفه‌های مختلف: در این قسمت ارزش بار از دست رفته با توجه به ارزش فراغت خانوارها و ارزش تولیدات سایر بخش‌ها و نیز با استفاده از میزان برق مصرفی آنها در سال ۱۳۹۵ محاسبه می‌شود (جدول ۲۰). سطر آخر این جدول نشان می‌دهد که هر بخش به طور متوسط به ازای یک کیلووات ساعت برق چه میزان ارزش ایجاد می‌کند که این ارزش در واقع بیانگر خسارت متوسط هر یک کیلووات ساعت برق عرضه نشده در آن بخش است. همچنین هر یک کیلووات ساعت برق عرضه نشده به طور متوسط ۱۰۴۶۳۹ ریال ارزش دارد.

جدول (۲۰): ارزش یک کیلووات ساعت برق عرضه نشده به تفکیک تعرفه‌های برق مصرفی

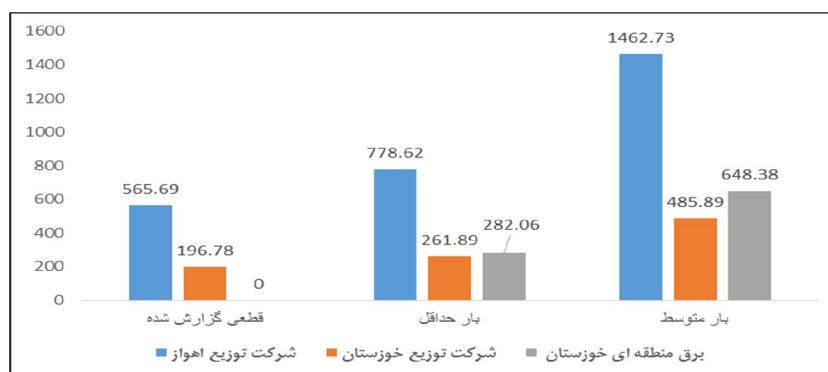
نام بخش	خانگی	عمومی و سایر مصارف	کشاورزی	صنعتی	جمع
میزان برق مصرفی گیگاوات ساعت	۷۸۳۷۸	۴۰۵۳۴	۳۶۲۲۲	۷۷۶۰۳	۲۳۲۷۳۶
سهم مصرف برق از کل	٪۳۴	٪۱۷	٪۱۶	٪۲۳	٪۱۰۰
ارزش محصولات (میلیارد ریال)	۱۲۹۳۲۱۹۸	۷۲۶۴۶۹۹	۱۲۶۷۴۳۵	۲۸۸۸۹۰۵	۲۴۳۵۳۲۳۷
ارزش بار (ریال بر کیلووات ساعت)	۱۶۴۹۹۸	۱۷۹۲۲۴	۳۴۹۹۱	۳۷۲۲۷	۱۰۴۶۳۹

پسندیده و همکاران

با در نظرگیری ارزش هر کیلووات ساعت خاموشی در هر تعرفه، هزینه خاموشی روزهای حادثه برای تعرفه‌های مختلف بر اساس قطعی گزارش شده، بر اساس بار حداقل و قطعی بر اساس بار متوسط، مطابق جدول ۲۱ به دست می‌آید. همچنین مطابق شکل ۳ خسارات قطعی برق بابت تولید از دست رفته در سه حالت مختلف در شرکت‌های مختلف برقی استان خوزستان محاسبه شده است.

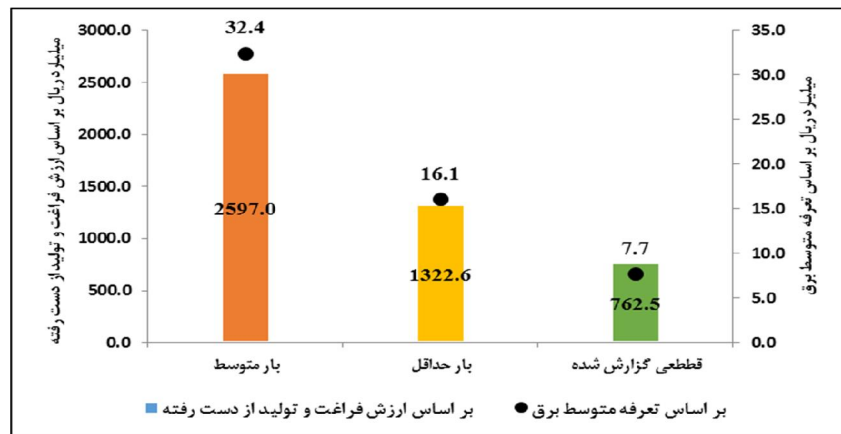
جدول (۲۱): هزینه های تولید از دست رفته برای انواع مشترکین (بر حسب میلیارد ریال)

مشترکین	هزینه خاموشی بر اساس قطعی گزارش شده	هزینه خاموشی بر اساس بار حداقل	هزینه خاموشی بر اساس بار متوسط
تعرفه ۱	۳۷۸,۱	۵۰۳,۳	۹۳۳,۸
تعرفه ۲	۶۱,۹	۸۲,۴	۱۵۲,۹
تعرفه ۳	۳,۹	۵,۱	۹,۵
تعرفه ۴	۳,۵	۴,۸	۸,۶
تعرفه ۵	۵۳	۷۰,۶	۱۳۱
مستقیم توزیع	۲۶۲,۲	۳۷۴,۳	۷۱۲,۸
مستقیم فوق توزیع	۰	۹۴,۵	۲۱۷,۲
مستقیم انتقال	۰	۱۸۷,۶	۴۳۱,۲
مجموع	۷۶۲,۶	۱۳۲۲,۶	۲۵۹۷



شکل (۳): هزینه‌های غیر مستقیم حادثه به تفکیک شرکت‌ها (بر حسب میلیارد ریال)

با توجه به نتایج به دست آمده در بخش هزینه‌های برق عرضه نشده و تولید از دست رفته، مطابق شکل ۴ مقایسه ارقام محاسبات نشان می‌دهد که خسارت وارده به جامعه (هزینه‌های تولید از دست رفته) بسیار بیشتر از خسارت برق عرضه نشده در اثر خاموشی است. به عنوان نمونه در حالت بار متوسط هزینه‌های ناشی از برق فروش نرفته ۳۲,۴ میلیارد ریال بوده اما در مقابل ۲۵۹۷ میلیارد ریال خسارت به جامعه بابت تولید از دست رفته وارد شده است. لذا سرمایه‌گذاری برای تجهیز و مقاوم سازی شبکه برق می‌تواند از ایجاد خسارتهای زیاد در اثر حوادث آتی جلوگیری نماید.



شکل (۴): مقایسه هزینه‌های برق عرضه نشده و تولید از دست رفته پیر و خاموشی

(برحسب میلیارد ریال)

۵- بحث و نتیجه‌گیری

هدف اصلی تحقیق حاضر معرفی چارچوبی جهت محاسبه خسارت‌های ناشی از خاموشی برق بوده است. در این تحقیق به کمک روش نماینده و ارزش برق عرضه نشده، الگوی جامعی جهت محاسبه هزینه‌های خاموشی پایه ریزی و از آن جهت بررسی خسارات خاموشی استان خوزستان در بهمن ۱۳۹۵ استفاده شد. مجموع هزینه‌های محاسبه شده در دو بخش، یعنی خسارت ناشی از برق عرضه نشده و خسارت ناشی از تولید از دست رفته،

پسندیده و همکاران

هزینه های کلی قطعی برق به وجود آمده در استان خوزستان را نشان می دهد. در عین حال باید توجه داشت خسارت وارد بر جامعه (صنایع، کسب و کارها و خانوارها) بسیار فراتر از خسارتهای برق عرضه نشده است، لذا سرمایه گذاری در جهت حفظ و ارتقای تامین برق پایدار در استان خوزستان ضروری است تا با مقاوم سازی صورت گرفته در صورت تکرار حوادثی نظیر گرد و غبار بهمن ۱۳۹۵، شبکه برق استان دچار فروپاشی نشده و از بروز خسارتهای گسترده جلوگیری شود. اطلاعات خروجی این پژوهش و موارد مشابه می توانند در سیاستگذاری و تصمیم گیری های صنعت برق در موارد ذیل مورد استفاده واقع شود:

- تأمین امنیت عرضه برق در استان خوزستان: با توجه به تبعات گسترده خاموشی در بخش های مختلف اجتماعی در استان خوزستان مناسب است از اطلاعات هزینه های خاموشی در برنامه ریزی های توسعه و بهبود شبکه برق استان و به طور کلی تامین امنیت عرضه برق این استان استفاده شود.

- مدیریت خاموشی های ممکن: اطلاعات هزینه خاموشی، به بهره برداران شبکه کمک می کند تا در زمان کمبود تولید برق، اولویت های نواحی خاموشی را تعیین کنند. به عبارت دیگر در زمان هایی که شبکه با کمبود تولید روبرو است و یا دچار اختلال می شود، شیوه مناسب مدیریت خاموشی ها را تعیین نمایند که این نکته در در مدیریت خاموشی ها در استان خوزستان نیز بایستی مد نظر قرار بگیرد.

- گزینه های قیمت گذاری انرژی: معمولاً در کشورهای توسعه یافته قراردادهای مشترکان با شرکت های عرضه کننده برق در قالب شرایط قیمتی مبتنی بر قابلیت اطمینان و میزان خاموشی های معین منعقد می شود و چنانچه به هر دلیلی خاموشی بیشتری بر مشترکان تحمیل شود شرکت عرضه کننده ملزم به پرداخت خسارت می شود که این امر عرصه رقابت را برای شرکت های تأمین کننده باز می گذارد. پیش نیاز این بحث دانستن هزینه خاموشی مشترکان است. در کشور ما چنین قراردادهایی صرفاً برای مشترکان صنعتی تعریف می شود اما بی شک بایستی در مورد سایر مشترکین نیز پیش بینی تنظیم چنین مواردی لحاظ شود.

- تدوین استانداردها و دستورالعمل‌هایی در وزارت نیرو و شرکتهای تابعه در خصوص شیوه محاسبه خسارات قطع برق در زمان بحران و الزام به اجرای آن در مستند سازی حوادث قطع برق مناسب است مد نظر قرار بگیرد.

- لزوم محاسبه هزینه های بلند مدت خاموشی برق: در این تحقیق هزینه‌های کوتاه مدت ناشی از حادثه مورد توجه قرار گرفتند. اما حوادث اینچنینی دارای اثرات و خسارات دیگری نیز می‌باشند که در بلند مدت ظهور می‌یابند نظیر تمایل به مهاجرت نخبگان و گروه‌های مختلف مردم و یا تمایل کاهش یافته به سرمایه گذاری در استان و... . لذا لازم است در مطالعات تکمیلی هزینه‌های بلند مدت حادثه نیز مورد توجه قرار گیرد.

تعارض منافع

تعارض منافع وجود ندارد.

منابع

- احمدیان، م & عباس زاده، ن. (1392). برآورد ارزش برق عرضه نشده (VoLL) در اثر خاموشی در ایران: رویکرد تولید و فراغت از دست رفته. *سیاستگذاری اقتصادی*. 79-57, (9), امینی، ف & خسروی، ن. (1382). نتایج محاسبه هزینه خاموشی در گروههای منتخب صنعتی و معدنی. *مجموعه‌مین کنفرانس بین المللی برق*.
- پژوهشگاه نیرو. (1397). *تحلیل بعد اقتصادی حادثه قطعی برق در استان خوزستان: تخمین هزینه های قطعی برق در حادثه بهمن ماه ۱۳۹۵، با استفاده از روش PROXY برای وزارت نیرو، خانوارها و صنایع مختلف*. پژوهشگاه نیرو.
- پسندیده، ا، کیقبادی، م & حیدری، غ. (1397). لزوم ارزیابی جامع تاثیرات حوادث اقلیمی بر زیرساختهای حیاتی با هدف بهبود تاب آوری جامعه. *سی و سومین کنفرانس بین المللی برق*.
- خطابی رودی، ن، صادقی، ح & حقانی، م. (1388). برآورد قیمت برق مشترکین خانگی (مطالعه موردی شهرستان تربت حیدریه) بیست و چهارمین کنفرانس بین المللی برق.
- شرکت توزیع نیروی برق اهواز. (1395). *بررسی اثرات پدیده ریزگردها بر شبکه توزیع برق و ارائه راهکارهای مقابله یا آن*. شرکت توزیع نیروی برق اهواز.

پسندیده و همکاران

- شیخی، ع.، نوری، س. & سلیمانان، د. (1401). محاسبه هزینه خاموشی برق در بخش صنعت. هشتمین کنفرانس بین‌المللی فناوری و مدیریت انرژی با بلسر.
- صادقی صدقل، ح. (1374). هزینه خاموشی مترتب بر اقتصاد ملی، مصرف‌کننده و صنعت برق. پژوهشکده اقتصاد دانشگاه تربیت مدرس.
- عباس زاده، ن. (1391). رساله دکتری با عنوان "ارزش اقتصادی امنیت عرضه برق در ایران، مطالعه موردی بخش خانگی". دانشکده اقتصاد، دانشگاه تهران.
- عباس زاده، ن.، احمدیان، م.، رهبر، ف. & بابیشیمی، ح. (1392). کاربرد روش تجربه انتخاب در تخمین تمایل به پرداخت خانوارهای ایرانی برای اجتناب از خاموشی برق. *تحقیقات اقتصادی*, 48(4), 119-143.
- غفرانی، پ. (1393). *ارزیابی اقتصادی هزینه های خاموشی ناشی از قطع برق در بخش صنعتی: مطالعه موردی شهرستان سنزوار*. دانشکده اقتصاد و علوم اداری دانشگاه فردوسی مشهد.
- کیقبادی، م.، پسندیده، ا. & پورکیوانی، ا. (1396). چرایی شکل‌گیری ریزگردها در استان خوزستان و تاثیرگذاری آن بر شبکه برق استان. *دوازدهمین همایش بین‌المللی انرژی*.
- مرکز آمار ایران. (1395). *نتایج کلی سرشماری عمومی نفوس و مسکن، مرکز آمار ایران*.
- مروت، ح.، فریدزاده، ع. & شاه محمدی، م. (1400). برآورد هزینه های رفاهی ناشی از قطعی احتمالی برق در بخش های اقتصادی ایران. *فصلنامه مطالعات اقتصاد و انرژی*, 71, 1-36.

Reference

- Ahmed, I., & Parikh, P. (2023). The impact of power outages on households in Zambia. *Economia Politica*, 40, 835-867.
- Carlsson, F., & Martinsson, P. (2007). Willingness to Pay among Swedish Households to Avoid Power Outages: A Random Parameter Tobit Model Approach. *The Energy Journal*, 28(1), 75-89.
- CEEESA. (2022). *Climate Change Impacts on the Electric Power System in the Western United States*. Center for Energy, Environmental, and Economic Systems Analysis (CEEESA).
- Chandramowli, S., & Felder, F. (2014). Impact of climate change on electricity systems and markets – A review of models and forecasts. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 5, 62-74.
- Chen, C.-Y., & Vella, A. (1994). Estimating the economic costs of electricity shortages using input-output analysis: the case of Taiwan. *Applied Economics*, 26(11), 1061-1069.
- Chen, H., & Jin, L. (2023). How will power outages affect the national economic growth: Evidence. *Energy Economics*, 126, 1-10.
- Chen, H., & Yan, H. (2022). Assessing the business interruption costs from power outages in China. *Energy Economics*, 105.

- faridzadeh, a., ghasemi, a., rajabi nejad, m., & mohammadian, m. (2022). The Electricity Shortage Cost in Iran: An Input-Output Analysis and Linear Programming. *Iranian Economic Review*, 791-807.
- Haanpää, S., Lehtonen, S., & Peltonen, L. (2006). *Impacts of winter storm Gudrun of 7th – 9th January 2005 and measures taken in Baltic Sea Region*. Centre for Urban and Regional Research (YTK).
- Hee Kim, J., & Kyu lim, K. (2019). Evaluating Residential Consumers' Willingness to Pay to Avoid Power Outages in South Korea. *Sustainability*, 11(5), 1-12.
- Hsu, G., & Chang, P.-I. (1994). Various methods for estimating power outage costs: Some implications and results in Taiwan. *Energy Policy*, 22(1), 69-74.
- Kateregga, E. (2020). The welfare costs of electricity outages: A contingent valuation analysis of households in the suburbs of Kampala, Jinja and Entebbe. *African Journal of Agricultural Economics and Rural Development*, 8(5), 001-011.
- Kenward, A., & Raja, U. (2014). *BLACKOUT: EXTREME WEATHER, CLIMATE CHANGE AND POWER OUTAGES*. CLIMATE CENTRAL.
- Nooij, M., Koopmans, C., & Bijvoet, C. (2007). The value of supply security: The costs of power interruptions: Economic input for damage reduction and investment in networks. *Energy Economics*, 29(2), 277-295.
- Pouran, H. (2022). *The Middle East's worsening dust storms are making it harder to deploy solar energy*. Middle East Institute.
- Reichl, J., Schmidthaler, M., & Schneider, F. (2013). The value of supply security: The costs of power outages to Austrian households, firms and the public sector. *Energy Economics*, 36, 256-261.
- Schmidthaler, M., & Reichl, J. (2016). Assessing the socio-economic effects of power outages ad hoc. *Computer Science - Research and Development*, 31, 157-161.
- Vasconcelos, P. (2015). Estimating the economic costs of electricity deficit using input-output analysis: the case of Brazil. *Applied Economics*, 47(9), 916-927.