

Estimation of Outage Losses Due to Dust Phenomenon

Ashraf Sadat Pasandideh*



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

Maryam Keyghobadi



Ph.D. 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 significantly in recent decades across the country, leading to the proliferation of dust storms in various regions, 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. This article proposes a model to estimate the costs associated with power outages. The proxy method is employed to quantify these costs, encompassing lost production for various industrial, agricultural, and public sectors, as well as lost utility for residential customers and revenue losses for electricity companies in Khuzestan province. The results indicate that the damages and costs to the society due to the lost production in medium load are equal to 2597 billion Rials and the damage caused by unsold electricity, which is a kind of damage to the electric companies of Khuzestan province, in medium load. It was equal to 32.4 billion rials. Considering the amount of damage, it is concluded that planning the stability of the country's electricity network, especially in areas prone to dust phenomenon, should be given serious attention.

Introduction

Among energy carriers, electricity has a special place as secondary energy. Electricity supply is the economic foundation of an industrial country, so that without electricity, industries will not be able to produce, and citizens will not have tools for comfort (Kenward & Raja, 2014). Khuzestan province is

* Corresponding Author: apasandideh@nri.ac.ir

How to Cite: Pasandideh, A., Keyghobadi, M., & Pourkeivani, I. (2024). Estimation of Outage Losses Due to Dust Phenomenon. *Economics Research*, 23(89), 131-167.

considered as the economic and industrial hub of Iran, so after Tehran, it has the largest share in the country's gross domestic product. The existence of major and vital industries such as oil, gas, petrochemicals, and steel are examples of economic and industrial activities in this province. According to the explanations mentioned at the beginning about the importance of electricity in economic and industrial life, the stability of the electricity network in Khuzestan province is very important. Khuzestan electricity network with more than 12,000 Megawatts of power generation capacity and more than 8,000 Kilometers of transmission and distribution network circuits and 200 substations has a high rank in terms of importance in the country's electricity network. But what has affected the stability of this network in the past years is the destructive phenomenon of dust storms. One of the cases that caused widespread disruption in the electricity network of Khuzestan was a heavy dust storm that happened in February 2017, the concentration of dust on this day was 9985 micrograms per cubic meter and 66 times the permissible limit, and due to the high humidity of 90 % caused the electricity of Ahvaz city and parts of Khuzestan province to be cut off. As a result of these blackouts, the drinking water supply system, telecommunication system, mobile phone, internet, etc. were disrupted and administrative and educational centers were closed, crude oil production stopped at some point. Due to the large scale of the disaster, it was necessary to calculate its damages in a study, and this article is organized accordingly. This research aims to determine the importance of electricity supply stability in the country, especially in Khuzestan province.

Methods and Material

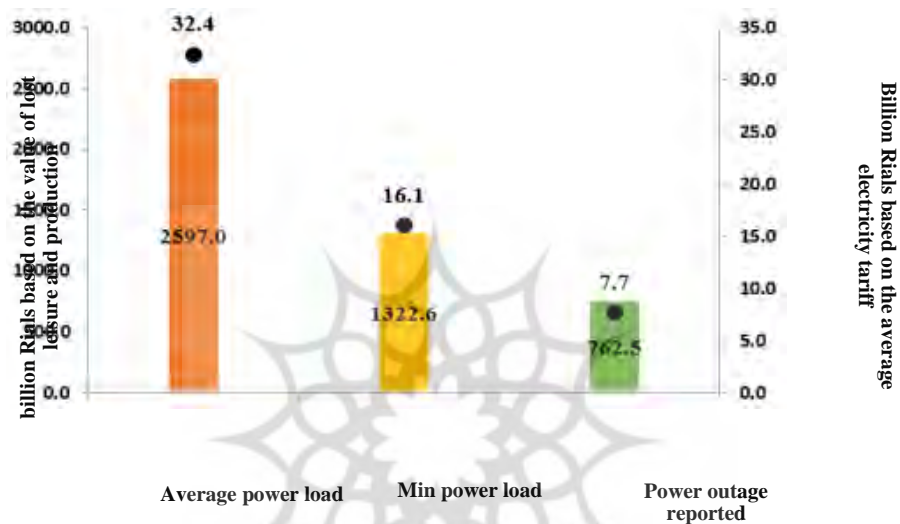
The purpose of this study is to calculate the costs of power outages in February 2017 in Khuzestan province. These costs are divided into two parts, the first part is related to the costs of unsupplied electricity due to blackouts, which are actually incurred by the electricity supply companies in Khuzestan. The second part is also related to the calculation of the costs that society suffered due to blackouts. The sum of these two parts results in the total cost of damages caused by blackouts in February 2017 in Khuzestan province. In this research, in order to calculate the costs of the disaster, the proxy method was chosen. With the help of representative variables, that is, the average electricity tariff, lost production, and lost leisure, and depending on the duration of the blackout, blackout costs are obtained.

Results and Discussion

The main goal of this research was to introduce a framework for calculating damages caused by power outages. In this research, with the help of the representative method and the value of unsupplied electricity, a comprehensive model was used to calculate the blackout costs in Khuzestan province in February 2017. The sum of the costs calculated in two parts, i.e. damage caused by unsupplied electricity and damage caused by lost

production, shows the total costs of electricity outages in Khuzestan province. At the same time, it should be noted that the damage caused to the society (industries, businesses, and households) is much more than the damage to the electricity supply, so it is necessary to invest in the maintenance and promotion of sustainable electricity supply in Khuzestan province. By strengthening the power grid in the event of repeated dust storms, the grid will not collapse and extensive damage will be prevented (Figure 1).

Figure 1: Comparison of costs of unsupplied electricity and lost production due to outages (in billions of Rials)



Conclusion

The findings of this research and similar cases can inform policy-making and decisions within the electricity industry in several key areas:

- Ensuring the security of electricity supply in Khuzestan province,
- Managing potential outages effectively,
- Exploring energy pricing options,
- Developing standards and guidelines within the Ministry of Energy and its subsidiaries for calculating the damages from power outages during crises,
- Assessing the long-term costs associated with power outages.

Keywords: Dust, power outage, Proxy, Khuzestan

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




برآورد خسارات قطعی برق بر اثر پدیده ریزگرد

استادیار، گروه مدیریت و علوم اجتماعی، پژوهشگاه نیرو، تهران،
ایران


اشرف السادات

پسندیده* 

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

مریم کیقبادی 

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

ایرج پورکیوانی 

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 هزینه های 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 (کنوارد و رجا، ۲۰۱۴).

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 از دست‌رفته، 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 درصد 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 تحت‌الشعاع این وضعیت قرار گرفت (کیقبادی و همکاران ۱۳۹۶). با توجه به حجم گسترده حادثه به وجود آمده، لازم بوده است در تحقیق‌های خسارات آن محاسبه شود و بر این اساس این مقاله سازماندهی شده است. در این تحقیق هدف آن است با ارزش‌گذاری خاموشی برق، اهمیت پایداری عرضه برق در کشور به خصوص در استان خوزستان معین شود. در این خصوص در بخش ادبیات و پیشینه تحقیق، مهمترین روشهای محاسبه هزینه خاموشی برق مرور می‌شود و به برخی تجارب داخلی و خارجی اشاره می‌شود که در آنها محاسبه هزینه‌های خاموشی برق انجام گرفته است. در بخش روش تحقیق توضیح داده می‌شود در محاسبه هزینه‌های خاموشی بهمن ۱۳۹۵ استان خوزستان از روش نماینده یا پروکسی^۱ استفاده می‌شود. با توجه به این روش و انواع مصرف‌کنندگان برق که تحت تعرفه‌های مختلف برق شناسایی می‌شوند، محاسبات هزینه‌های خاموشی برای هر یک به تفکیک انجام می‌گیرد.

۲. ادبیات و پیشینه تحقیق

امروزه منشا بسیاری از حوادث در شبکه برق، تغییرات آب و هوایی است. بطوریکه بسیاری از خاموشی‌های برنامه‌ریزی نشده ناشی از طوفانهای است که شبکه برق کشورها را تحت تاثیر خود قرار داده است. در ادامه ضمن مرور تاثیرات تغییرات آب و هوایی بر شبکه برق به مرور روشهای هزینه‌های انواع خاموشی از نوع برنامه‌ریزی شده و برنامه‌ریزی نشده پرداخته می‌شود.

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 زیرساخت‌های سیستم قدرت فعلی و آینده برق داشته باشد. شرایط آب و هوایی ممکن است بر تمام جنبه‌های اصلی بخش برق، از جمله تولید برق، سیستم‌های

انتقال و توزیع، و تقاضای مصرف کننده نهایی برای برق تأثیر بگذارد (سی سا، ۲۰۲۲). 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 (چاندرمولی و فلدر^۲، ۲۰۱۴). یکی از پدیده‌های زیست محیطی که طی دو دهه گذشته بر اثر خشکسالی و تغییرات آب و هوایی شدت گرفته است طوفان‌های گرد و غبار است. طوفان‌های گرد و غبار می‌توانند زیرساخت‌های انتقال برق موجود را تحت تأثیر 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 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 (پوران^۳، ۲۰۲۲).

۲-۲. محاسبه هزینه‌های خاموشی برق

خاموشی‌ها به دو نوع برنامه‌ریزی شده و برنامه‌ریزی نشده تقسیم می‌شوند. در خاموشی برنامه‌ریزی شده ممکن است به دلیل کمبود تولید و یا مشکلات فنی، شرکت تأمین کننده 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 (اسمیتلر و ریچل^۴، ۲۰۱۶).

-
1. CEEESA
 2. Chandramowli & Felder
 3. Pouran
 4. Schmidthaler & Reichl

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 (ریچل^۱ و همکاران، ۲۰۱۳). 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 تحقیق، روش مناسب را انتخاب نمود (هسو و چانگ^۲، ۱۹۹۴). در جدول ۲ مهمترین این روش‌ها توضیح داده شده است.

جدول ۱. دسته‌بندی هزینه‌های قطعی برق از منظر اقتصادی (ریچل و همکاران، ۲۰۱۳)

انواع هزینه‌ها	توضیح
هزینه‌های مستقیم ^۳	از دیدگاه عمومی، زیان‌های اقتصادی مستقیم معمولاً در بالای فهرست هزینه‌های خاموشی قرار دارند. این بخش از زیان‌های اقتصادی نتیجه مستقیم خاموشی است، به‌عنوان مثال هزینه‌های تعمیر و یا تعویض امکانات زیربنایی برق شامل ترانسفورماتورها، خطوط انتقال، مقرها و... و نیز هزینه‌های نیروی انسانی جهت برق‌دار کردن مجدد شبکه و درآمد ازدست‌رفته فروش برق در این بخش جای می‌گیرد.
هزینه‌های غیرمستقیم ^۴	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 تحقیق،...) و به‌طور کلی کاهش رفاه مصرف‌کنندگان را شامل می‌شود. بخش اعظم هزینه‌های قطعی برق در این بخش است.
هزینه‌های بلندمدت (مرتبط با اقتصاد کلان) ^۵	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.

منبع: یافته‌های تحقیق

1. Reichl et al.
2. Hsu & Chang
3. Direct costs
4. Indirect costs
5. Resulting long-term costs of macroeconomic relevance

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

روش	توضیح
روش نماینده ^۱	روش نماینده از داده‌های ثانویه برای اندازه‌گیری تمایل به پرداخت 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: 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 از دست‌رفته / نرخ دست‌مزد: این روش هزینه اصلی قطع برق را فراغت از دست‌رفته مشتریان می‌داند و با ارزش‌گذاری پولی فراغت از دست‌رفته، سعی در تعیین هزینه برای قطعی برق دارد. ۴- ارزش تولید از دست‌رفته به ازای هر کیلووات 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 به عنوان تقریبی از تأثیر کل خاموشی در یک اقتصاد مورد استفاده قرار گیرد.
روش‌های مبتنی بر بازار ^۲	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.
روش سی‌وی‌ام ^۴	در روش سی‌وی‌ام، 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 زبان‌های ناشی از دیدگاه مشتریان (تا حدی ذهنی) کمک می‌کند. با استفاده از این گروه از روش‌ها، مشتریان خودشان ارزش از دست دادن را با بیان تمایل خود برای پرداخت به‌منظور جلوگیری از قطع دقیق برق (به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم) تعیین می‌کنند.

منبع: یافته‌های تحقیق

1. Proxy
2. Willingness to pay: WTP
3. Market - based
4. CVM Methode

تعداد مطالعاتی که در داخل کشور در خصوص محاسبه هزینه خاموشی برق انجام گرفته محدود می‌باشد 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 تحقیق 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 شرکتهای 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 شرکتهای 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	توضیح
(شیخی و همکاران، 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 گروههای صنعتی نساجی، مواد شیمیایی، محصولات بهداشتی و مواد غذایی بوده است.
(مروت و همکاران، ۱۴۰۰)	در این تحقیق، هزینه های رفاهی ناشی از قطعی احتمالی برق در بخش های تولیدی اقتصادی ایران محاسبه شده است. این تحقیق 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 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.

ادامه جدول ۳. مطالعات داخلی انجام گرفته در خصوص تخمین هزینه خاموشی

نام محقق	توضیح
(غفرانی، ۱۳۹۳)	در این تحقیق 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 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 ارزش اقتصادی کاهش خاموشی برق بخش صنعتی سبزوار در هر ماه حدود ۲۶۹ میلیون تومان محاسبه شد.
(احمدیان و عباس زاده، ۱۳۹۲)	در این پژوهش ارزش برق عرضه نشده یا ارزش کاهش خاموشی، هزینه بار از دست رفته ^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 تحقیق 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.
(عباس زاده و همکاران، ۱۳۹۲)	در این تحقیق از روش تجربه انتخاب ^۲ تمایل به پرداخت نهایی خانوارهای ایرانی برای اجتناب از خاموشی برق تخمین زده شد. نتایج تحقیق 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 تاثیرات 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.
(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.

1. Value of Lost Load: VoLL
2. Choice Experiment: CE

ادامه جدول ۳. مطالعات داخلی انجام گرفته در خصوص تخمین هزینه خاموشی

نام محقق	توضیح
(خطابی رودی و همکاران، ۱۳۸۸)	این تحقیق به منظور برآورد قیمت قطعی برق مشترکین خانگی در تربت‌حیدریه در شرایط وجود حالات مختلف خاموشی از روش تخمین تمایل به پرداخت مشترکین بخش خانگی برای قیمت برق از رویکرد سی وی ام کمک گرفته است.
(امینی و خسروی، ۱۳۸۲)	در این تحقیق به کمک تکنیک بررسی جامع مصرف‌کننده، هزینه خاموشی در واحدهای صنعتی محاسبه شده است.
(صادقی صدقل، ۱۳۷۴)	در این تحقیق با روش سی وی ام هزینه خاموشی در بخش‌های 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 دست‌رفته محاسبه کند.
(فریدزاده ^۱ و همکاران، ۲۰۲۲)	در این تحقیق با استفاده از ترکیبی از تحلیل ورودی- خروجی و روش برنامه‌ریزی خطی، شاخص قیمت تولیدکننده را به عنوان میانگین هزینه‌های بخش‌های اقتصادی ایران پس از تحمیل سناریوی منحصربه‌فرد ۳۰ درصد کمبود بالقوه برق اندازه‌گیری می‌کند. در این راستا، جدول ورودی- خروجی متقارن به تفکیک صنایع ایران برای سال ۲۰۱۱ به کار گرفته شد. نتایج این تحقیق 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 هزینه‌های بخش‌های غیربرق در اقتصاد ایران پس از شوک تامین برق به‌طور میانگین ۱۷۵.۶۳ درصد است.

منبع: یافته‌های تحقیق

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول ۴. برخی مطالعات خارجی انجام گرفته در خصوص تخمین هزینه خاموشی

نام محقق	توضیح
(چن و جین، ۲۰۲۳)	در این تحقیق اشاره شده است که اگر چه اثرات اقتصاد خرد قطع برق بر بازده اقتصادی به خوبی مورد تحقیق 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 تحقیق 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 ادرصد کاهش در شاخص میانگین مدت خاموشی در سیستم منجر به افزایش رشد اقتصادی جهانی به میزان ۲.۱۶ درصد می شود. همچنین اگر این شاخص در کشورهای کم درآمد به ۱۰ درصد نسبت به کشورهای پردرآمد کاهش یابد، شاخص جهانی ۹.۵۵ درصد کاهش می یابد.
(احمد و پاریک، ۲۰۲۳)	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 تحقیق از کشور زامبیا به عنوان تحقیق 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
(چن و یان، ۲۰۲۳)	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.
(کاترگا، ۲۰۲۰)	در این تحقیق به بررسی هزینه های رفاهی ناشی از خاموشی برق در بخش های خانگی سه شهر بزرگ کشور اوگاندا با بهره گیری از روش ارزش گذاری مشروط و تخمین تمایل به پرداخت خانوار پرداخته شده است.

1. Chen & Jin
2. Ahmed & Parikh
3. Chen & Yan
4. Kateregga

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

نام محقق	توضیح
(هی کیم و کیو لیم، ^۱ ۲۰۱۹)	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 ^۲ برای جلوگیری از قطع برق بررسی شده است. برای این منظور پیمایشی با مشارکت ۱۰۰۰ خانوار با استفاده از روش ارزش گذاری مشروط ^۳ در سال ۲۰۱۸ انجام گرفت. نتایج نشان داد که میانگین تمایل به پرداخت ماهانه خانوارها برابر با ۱۵۲۲ یوان ^۴ 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.
(اسمیتلر و ریچل، ^۵ ۲۰۱۶)	این تحقیق هزینه خاموشی برق را برای اروپا با استفاده از شاخص تمایل به پرداخت تخمین زده است.
(واسکانسلز، ^۶ ۲۰۱۵)	در این مقاله روشی برای تخمین هزینه نهایی کمبود انرژی الکتریکی در بلندمدت با استفاده از تحلیل ورودی-خروجی 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 تحقیق 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.
(نویج و همکاران، ^۷ ۲۰۰۷)	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.

1. Hee Kim & Kyu lim
2. willingness to pay: WTP
3. Contingent Valuation: CV
4. KRW
5. Schmidthaler & Reichl
6. Vasconcelos
7. Nooij et al.

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

نام محقق	توضیح
(کارلسون و مارتینسون، ۲۰۰۷)	در این تحقیق تمایل به پرداخت خانوارهای سوئدی را جهت اجتناب از خاموشی برق بررسی شده است و با بهره‌گیری از روش ارزش‌گذاری مشروط پرسش‌شوندگان با ۹ نوع خاموشی مواجه شده و از آنها تمایل به پرداخت مربوط به این خاموشی‌ها پرسیده شده است. بر اساس یافته‌ها، تمایل به پرداخت خانوارها به‌طور مستقیم با طول مدت خاموشی رابطه دارد و همچنین این مقدار برای خاموشی‌های بدون برنامه‌ریزی بالا می‌باشد.
(هانپال و همکاران، ۲۰۰۶)	در این پژوهش که با همکاری اتحادیه اروپا انجام شده است، میزان ضررهای اقتصادی عدم تأمین انرژی ناشی از طوفان که از ۷ تا ۹ ژوئن سال ۲۰۰۵ رخ داد، به کمک روش نماینده در بخش‌های کشاورزی، صنعت، حمل‌ونقل و ... محاسبه شده است.
(چن و ولا، ۱۹۹۴)	این تحقیق هزینه‌های اقتصادی ناشی از کمبود برق را از طریق ارزش‌گذاری تولیدات ازدست‌رفته ارزش امنیت عرضه برق در بخش‌های صنعتی تایوان بررسی کرده است.

منبع: یافته‌های تحقیق

۳. روش تحقیق

هدف از انجام این تحقیق محاسبه هزینه‌های خاموشی برق بهمن ۱۳۹۵ در استان خوزستان است. این هزینه‌ها به دو بخش تقسیم می‌شود، بخش اول مرتبط با هزینه‌های برق عرضه نشده بر اثر خاموشی‌ها است که در واقع شرکتهای عرضه‌کننده برق در خوزستان متحمل این هزینه شده‌اند. بخش دوم نیز مرتبط با محاسبه هزینه‌هایی است که جامعه بر اثر خاموشی دچار آنها شده است. جمع این دو بخش، هزینه کل خسارات ناشی از خاموشی‌های بهمن ۱۳۹۵ در استان خوزستان را نتیجه می‌دهد. در این تحقیق به منظور محاسبه هزینه‌های حادثه، روش پروکسی یا نماینده انتخاب شد.

با کمک متغیرهای نماینده، یعنی تعرفه متوسط برق، تولید از دست رفته و فراغت از دست‌رفته و لحاظ مدت خاموشی، هزینه‌های خاموشی به دست می‌آید. چارچوب انجام کار شامل دو بخش می‌باشد: بخش اول شامل محاسبه هزینه‌های ناشی از برق فروش نرفته با توجه به انواع مشترکین برق شرکتهای توزیع اهواز و شرکت توزیع برق خوزستان در

1. Carlsson & Martinsson
2. Haanpää et al.
3. Chen & Vella

تعرفه‌های ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ و همچنین مشترکین شرکت برق منطقه ای خوزستان می باشد. در این بخش در گام 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^۱ 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

1. Value of Lost Load: VoLL

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 کیلووات 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 شرکتها 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.

جدول ۵. سهم فروش برق شرکتهای توزیع برق اهواز و شرکت توزیع برق خوزستان به مشترکین مختلف (درصد)

نام شرکت توزیع	فروش (تعرفه ۱)	فروش عمومی (تعرفه ۲)	فروش کشاورزی (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

منبع: (پسندیده و پورکیوانی، ۱۳۹۷)

- تحقیق بار و میزان خاموشی در ارتباط با هر یک از شرکتها بر 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 شرکت های برقی استان خوزستان منتشر شدند و اعداد اعلامی (کیلووات ساعت) در این گزارشات به صورت مستقیم مبنای محاسبات قرار گرفتند. مرجع دوم شامل داده هایی است که به کمک مطالعات آماری درخصوص بار شبکه در استان خوزستان در سال ۱۳۹۵ مبنای قرار گرفته اند (خاموشی های آماری). در دسته اخیر، دو نوع داده حداقل و متوسط، مبنای محاسبات قرار گرفته اند.

با توجه به اینکه حادثه رخ داده شده در فصل زمستان بوده است، مصرف ۹۰ روز توان اکتیو هر یک از شرکتها 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 μ	انحراف معیار σ	سه انحراف از میانگین $\mu - 3\sigma$	ساعت	میانگین μ	انحراف معیار σ	سه انحراف از میانگین $\mu - 3\sigma$
۱	۵۱۱/۷۷	۳۶/۰۳	۴۰۳/۶۹	۱۳	۵۶۵/۰۸	۳۶/۲۵	۴۵۶/۳۲
۲	۴۷۶/۱۸	۳۸/۴۶	۳۶۰/۸۰	۱۴	۵۵۴/۱۷	۴۲/۹۶	۴۲۵/۲۹
۳	۴۴۹/۲۴	۳۶/۰۵	۳۴۱/۱۰	۱۵	۵۳۸/۱۰	۴۰/۰۴	۴۱۷/۹۹
۴	۴۳۴/۹۱	۳۵/۵۲	۳۲۸/۳۴	۱۶	۵۲۰/۸۰	۳۴/۵۵	۴۱۷/۱۵
۵	۴۳۴/۹۲	۳۷/۵۱	۳۲۲/۳۸	۱۷	۵۲۳/۶۲	۳۷/۱۶	۴۲۲/۱۴
۶	۴۴۰/۲۲	۳۷/۵۱	۳۲۷/۶۸	۱۸	۵۷۶/۷۴	۴۸/۶۲	۴۳۰/۸۹
۷	۴۶۵/۴۰	۴۱/۲۲	۳۴۱/۷۵	۱۹	۶۴۶/۷۴	۴۳/۰۱	۵۱۷/۷۱
۸	۴۸۱/۰۹	۴۱/۹۰	۳۵۵/۴۰	۲۰	۶۵۱/۵۴	۳۷/۴۲	۵۳۹/۲۷
۹	۵۰۳/۹۰	۴۷/۳۸	۳۶۱/۷۵	۲۱	۶۳۸/۴۶	۳۷/۸۵	۵۲۴/۹۰
۱۰	۵۲۷/۱۴	۴۸/۸۰	۳۸۰/۷۵	۲۲	۶۲۳/۱۵	۳۶/۹۰	۵۱۲/۴۳
۱۱	۵۳۹/۷۹	۳۹/۳۳	۴۲۱/۷۹	۲۳	۵۹۳/۳۲	۳۹/۵۶	۴۷۴/۶۴
۱۲	۵۵۲/۹۷	۴۲/۵۷	۴۲۵/۲۷	۲۴	۵۵۵/۹۹	۳۹/۱۶	۴۳۸/۵۲

منبع: (پسندیده، پورکیوانی، ۱۳۹۷)

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. با توجه 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 می شود.

۴. یافته های تحقیق

در این بخش با توجه به انواع مصرف کنندگان برق، که در قالب تعرفه های مختلف مشخص می شوند، هزینه های خاموشی رخ داده شده برای هر یک محاسبه شده است.

۴-۱. محاسبه هزینه های برق عرضه نشده

در این بخش به تفکیک هر گروه از مشترکین هزینه های برق عرضه نشده برای هر یک از شرکتها محاسبه می شود.

- محاسبه هزینه خاموشی مشترکین خانگی (تعرفه ۱): با توجه به داده های 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 است). حال می توان متوسط بار ۹۰ روز یک مشترک خانگی شهرستان اهواز را با در نظر گیری تعداد ۳۷۹۲۸۱ مشترک به صورت زیر محاسبه نمود:

$$\frac{90 \times 100 \times 12815 / 24 \times 0 / 7114 \times 0 / 5131}{379281} = 1109 / 9206 \text{ kWh}$$

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 ۱۱۰۹/۳ 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 (کیلووات ساعت)	مبلغ به ریال
۰ تا ۱۰۰ کیلو وات ساعت	۴۵۰	۱۰۰	۴۵۰۰۰
۱۰۱ تا ۲۰۰ کیلو وات ساعت	۵۲۵	۱۰۰	۵۲۵۰۰
۲۰۱ تا ۳۰۰ کیلو وات ساعت	۱۱۲۵	۱۰۰	۱۱۲۵۰۰
۳۰۱ تا ۴۰۰ کیلو وات ساعت	۲۰۲۵	۶۹/۹۷	۱۴۱۶۹۶/۳۷

ادامه جدول ۷. محاسبه نرخ متوسط بهای برق یک مشترک خانگی اهوازی به ازای هر کیلووات ساعت

مبلغ به ریال	مصرف ۳۰ روزه (کیبوات ساعت)	نرخ به ریال	پله‌های مصرف
۳۵۱۶۹۶/۳۷	۳۶۹/۹۷		جمع ۳۰ روزه
۱۰۵۵۰۸۹/۱۲	۱۱۰۹/۹۲		جمع دوره ۹۰ روزه
$\frac{۱۰۵۵۰۸۹/۱۲}{۱۱۰۹/۹۲} = ۹۵۱$		نرخ متوسط محاسبه شده به ریال	

منبع: یافته های تحقیق

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 مگاوات ساعت)

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

منبع: یافته های تحقیق

- 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 ۳۰ کیلووات و کمتر در کم‌باری ۵۴۰/۳ ریال بر کیلووات ساعت، در میان‌باری ۱۰۸۰/۷ ریال بر کیلووات ساعت و در پرباری ۲۱۶۱/۳ 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.

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 قطعی‌ها بر حسب مگاوات ساعت)

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	۳۹	۰/۰۸	۱۰۹	۰/۱۹
۱۳۹۵/۱۱/۰۹	۱۵۳	۰/۱۹	۱۵۱	۰/۱۹	۲۵۵	۰/۳۱
۱۳۹۵/۱۱/۲۳	۱۶۶	۰/۲	۲۳۰	۰/۲۸	۳۴۷	۰/۴۱
۱۳۹۵/۱۱/۲۶	۰	۰	۵	۰	۸۷	۰/۰۹
مجموع	۳۱۹	۰/۳۹	۴۲۵	۰/۵۵	۷۹۸	۱
۱۳۹۵/۱۱/۰۸	۰	۰	۳	۰/۰۱	۸	۰/۰۲
۱۳۹۵/۱۱/۰۹	۱۳	۰/۰۱	۱۳	۰/۰۲	۲۱	۰/۰۳
۱۳۹۵/۱۱/۲۳	۱۴	۰/۰۲	۱۹	۰/۰۲	۲۹	۰/۰۲
۱۳۹۵/۱۱/۲۶	۰	۰	۰	۰	۷	۰/۰۱
مجموع	۲۷	۰/۰۳	۳۵	۰/۰۵	۶۵	۰/۰۸

منبع: یافته‌های تحقیق

- محاسبه هزینه خاموشی مشترکین بخش کشاورزی (تعرفه ۳): با اعمال متوسط گیری بر روی مقادیر تعرفه برای مصرف کنندگان با قدرت ۳۰ کیلووات 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 مگاوات ساعت)

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	۹	۰	۲۴	۰/۰۱
	۱۳۹۵/۱۱/۰۹	۳۷	۳۷	۰/۰۱	۶۲	۰/۰۲
	۱۳۹۵/۱۱/۲۳	۴۰	۵۶	۰/۰۱	۸۴	۰/۰۳
	۱۳۹۵/۱۱/۲۶	۰	۱	۰	۲۱	۰/۰۱
	مجموع	۷۷	۱۰۳	۰/۰۲	۱۹۱	۰/۰۷
شرکت توزیع برق خوزستان	۱۳۹۵/۱۱/۰۸	۰	۴	۰	۱۰	۰/۰۱
	۱۳۹۵/۱۱/۰۹	۱۶	۱۶	۰/۰۱	۲۷	۰/۰۱
	۱۳۹۵/۱۱/۲۳	۱۷	۲۴	۰/۰۱	۳۶	۰/۰۱
	۱۳۹۵/۱۱/۲۶	۰	۰	۰	۹	۰
	مجموع	۳۳	۴۴	۰/۰۲	۸۲	۰/۰۳

منبع: یافته های تحقیق

- محاسبه هزینه خاموشی مشترکین صنعتی (تعرفه ۴): با اعمال متوسط گیری بر روی مقادیر تعرفه برای مصرف کنندگان صنعتی با قدرت ۳۰ کیلووات 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 مگاوات ساعت)

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	۰/۰۱	۲۵	۰/۰۲
۱۳۹۵/۱۱/۰۹	۳۸	۰/۰۳	۳۸	۰/۰۲	۶۳	۰/۰۴
۱۳۹۵/۱۱/۲۳	۴۱	۰/۰۲	۵۶	۰/۰۴	۸۷	۰/۰۶
۱۳۹۵/۱۱/۲۶	۰	۰	۱	۰	۲۱	۰/۰۱
مجموع	۷۹	۰/۰۵	۱۰۵	۰/۰۷	۱۹۶	۰/۱۳
۱۳۹۵/۱۱/۰۸	۰	۰	۲	۰/۰۱	۴	۰
۱۳۹۵/۱۱/۰۹	۷	۰/۰۱	۷	۰	۱۱	۰/۰۱
۱۳۹۵/۱۱/۲۳	۷	۰	۱۰	۰	۱۵	۰/۰۱
۱۳۹۵/۱۱/۲۶	۰	۰	۰	۰	۴	۰
مجموع	۱۴	۰/۰۱	۱۹	۰/۰۱	۳۴	۰/۰۲

منبع: یافته های تحقیق

- 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 گرفته اند، می توان متوسط بار ۹۰ روز یک مشترک تعرفه ۵ اهواز با قدرت ۳۰ کیلووات را با در نظرگیری تعداد ۶۶۸۰۹ مشترک به صورت زیر محاسبه نمود:

$$\frac{90 \times 100 \times 12815.24 \times 0.7114 \times 0.0691}{66809} = 849/5244 \text{ kWh}$$

با در نظرگیری کل این بار برای مشترکین اهوازی به صورت میان باری 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 می باشد. در این مرحله می توان 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 (کیلووات ساعت)	مبلغ به ریال
۰ تا ۱۰۰ کیلووات ساعت	۱۸۰۱	۱۰۰	۱۸۰۱۰۰
۱۰۱ تا ۲۰۰ کیلووات ساعت	۱۸۸۲	۱۰۰	۱۸۸۲۰۰
۲۰۱ تا ۳۰۰ کیلووات ساعت	۱۹۶۵	۸۳/۱۷	۴۳۸۱۶۳/۵۱
جمع ۳۰ روزه		۲۸۳/۱۷	۵۳۱۷۳۸/۵۱
جمع دوره ۹۰ روزه		۸۴۹/۵۲	۱۵۹۵۲۱۵/۵۲
نرخ متوسط محاسبه شده به ریال			$\frac{۱۵۹۵۲۱۵,۵۲}{۸۴۹,۵۲} = ۱۸۷۸$

منبع: یافته های تحقیق

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 مگاوات ساعت)

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

شرکت توزیع برق اهواز

ادامه 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 مگاوات ساعت)

تاریخ	قطعی گزارش شده	هزینه خاموشی	قطعی بر اساس بار حداقل	هزینه خاموشی بر اساس بار متوسط	هزینه خاموشی
۱۳۹۵/۱۱/۰۸	۰	۰	۲	۴	۰
۱۳۹۵/۱۱/۰۹	۷	۰/۰۱	۷	۱۰	۰/۰۲
۱۳۹۵/۱۱/۲۳	۷	۰/۰۲	۱۰	۱۶	۰/۰۴
۱۳۹۵/۱۱/۲۶	۰	۰	۰	۴	۰
مجموع	۱۴	۰/۰۳	۱۹	۳۶	۰/۰۶

منبع: یافته های تحقیق

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 ۳۰ کیلووات بوده و از تعرفه های ۲، ۳، ۴ و ۵ می باشند. با توجه به اینکه تعرفه هر یک از مشترکین به صورت دقیق مشخص است می توان با اعمال متوسط گیری 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 ۳۰ کیلووات

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

منبع: (پسندیده، پورکیوانی، ۱۳۹۷)

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	
	۱۳۹/۱۱/۲۶	۱۳۹/۱۱/۲۳	۱۳۹/۱۱/۰۹	۱۳۹/۱۱/۰۸		
۶/۰۴	۰/۴	۱/۸۲	۳	۰/۸۲	مجموع هزینه‌ها بر اساس بار متوسط	شرکت توزیع برق اهواز
۳/۱۱	۰/۰۲	۱/۲	۱/۵۳	۰/۳۶	مجموع هزینه‌ها بر اساس بار حداقل	
۱/۷۲	۰	۰/۸۹	۰/۸۳	۰	مجموع هزینه‌ها بر اساس قطعی گزارش شده	
۷/۱۷	۰/۶۱	۳	۲/۲۲	۱/۳۴	مجموع هزینه‌ها بر اساس بار متوسط	شرکت توزیع خوزستان
۳/۹۱	۰/۰۴	۱/۹۷	۱/۳۲	۰/۵۸	مجموع هزینه‌ها بر اساس بار حداقل	
۲/۸	۰	۱/۴۵	۱/۳۵	۰	مجموع هزینه‌ها بر اساس قطعی گزارش شده	

منبع: یافته‌های تحقیق

- 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 ۳۰ کیلووات 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 متوسط گیری بر روی مقادیر بهای انرژی در هر تعرفه به جدول ۱۶ رسید.

جدول ۱۶. تعرفه متوسط برای مشترکین صنعتی با قدرت بیشتر از ۳۰ کیلووات

ساعت	تعرفه ۳ بیشتر از ۳۰	تعرفه ۴ بیشتر از ۳۰
کم باری	۱۴۰	۲۵۵.۵
اوج بار	۵۶۰	۱۰۲۲
میان باری	۲۸۰	۵۱۱

منبع: (پسندیده، پورکیوانی، ۱۳۹۷)

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 منطقه‌ای خوزستان (بر حسب میلیارد ریال)

مجموع هزینه‌ها	هزینه‌ها به ریال				مجموع هزینه‌ها	مشترکین
	۹۵/۱۱/۲۶	۹۵/۱۱/۲۳	۹۵/۱۱/۰۹	۹۵/۱۱/۰۸		
۳/۷۷	۰/۲۷	۲/۰۸	۰/۹۳	۰/۴۹	مجموع هزینه‌ها بر اساس بار متوسط	مشترکین
۱/۶	۰	۱/۲۱	۰/۲۱	۰/۱۷	مجموع هزینه‌ها بر اساس بار حداقل	

ادامه 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	
	۹۵/۱۱/۲۶	۹۵/۱۱/۲۳	۹۵/۱۱/۰۹	۹۵/۱۱/۰۸	مجموع هزینه‌ها بر اساس بار حداقل	مجموع هزینه‌ها بر اساس بار متوسط
۳/۲۲	۰	۲/۴۴	۰/۴۳	۰/۳۵		
۷/۶	۰/۵	۴/۲۱	۱/۹	۰/۹۹		

منبع: یافته‌های تحقیق

جمع بندی هزینه‌های برق عرضه نشده در انواع تعرفه‌ها 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

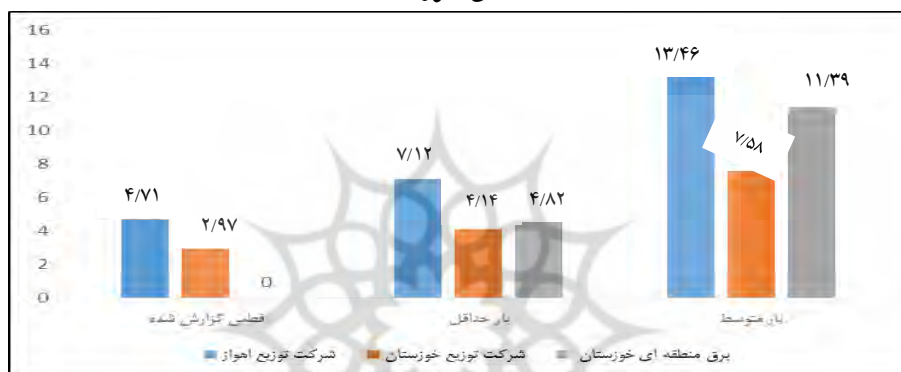
مشتربین	هزینه خاموشی بر اساس قطعی گزارش شده	هزینه خاموشی بر اساس بار حداقل	هزینه خاموشی بر اساس بار متوسط
تعرفه ۱	۲/۰۷	۲/۷۶	۵/۱۲
تعرفه ۲	۰/۴۳	۰/۵۹	۱/۰۹
تعرفه ۳	۰/۰۴	۰/۵۱	۰/۰۹
تعرفه ۴	۰/۰۶	۰/۰۹	۰/۱۶
تعرفه ۵	۰/۵۵	۰/۷۴	۱/۳۷
مستقیم توزیع	۴/۵۳	۷/۰۳	۱۳/۲۱
مستقیم فوق توزیع	۰	۱/۰۵	۳/۷۷
مستقیم انتقال	۰	۳/۲۷	۷/۶۲
مجموع	۷/۶۸	۱۶/۰۴	۳۲/۴۳

منبع: یافته‌های تحقیق

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



منبع: یافته های تحقیق

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

ارزش بار از دست رفته 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	۳۴درصد	۱۷درصد	۱۶درصد	۳۳درصد	۱۰۰درصد
ارزش محصولات (میلیارد ریال)	۱۲۹۳۲۱۹۸	۷۲۶۶۶۹۹	۱۲۶۷۴۳۵	۲۸۸۸۹۰۵	۲۴۳۵۳۲۳۷
ارزش بار (ریال بر کیلووات ساعت)	۱۶۴۹۹۸	۱۷۹۲۲۴	۳۴۹۹۱	۳۷۲۲۷	۱۰۴۶۳۹

منبع: یافته‌های تحقیق

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

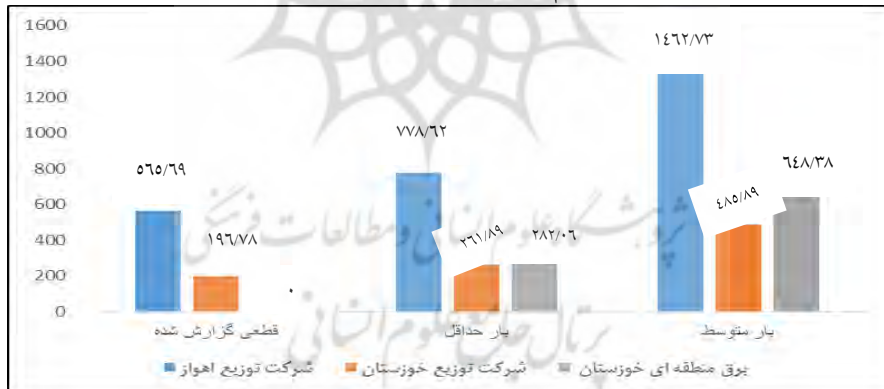
برق بابت تولید از دست رفته در سه حالت مختلف در شرکت‌های مختلف برقی استان خوزستان محاسبه شده است.

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

منبع: یافته های تحقیق

شکل ۳. هزینه های غیر مستقیم حادثه به تفکیک شرکت‌ها (بر حسب میلیارد ریال)،

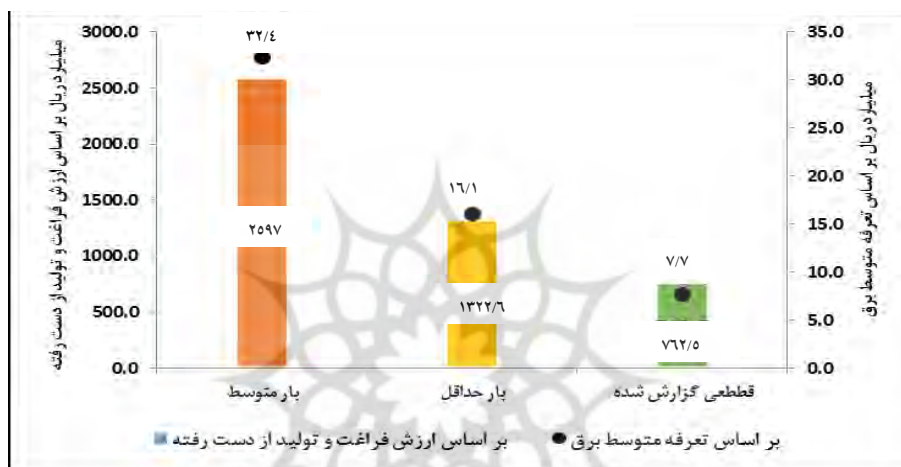


منبع: یافته های تحقیق

با توجه به نتایج به دست آمده در بخش هزینه های برق عرضه نشده و تولید از دست رفته مطابق شکل ۴ مقایسه ارقام محاسبات نشان می دهد که خسارت وارده به جامعه (هزینه های تولید از دست رفته) بسیار بیشتر از خسارت برق عرضه نشده در اثر خاموشی است.

به عنوان نمونه در حالت بار متوسط هزینه های 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 سرمایه گذاری برای تجهیز و مقاوم سازی شبکه برق می تواند از ایجاد خسارتهای زیاد در اثر حوادث آتی جلوگیری نماید.

شکل ۴. مقایسه هزینه های برق عرضه نشده و تولید از دست رفته پیرو خاموشی (برحسب میلیارد ریال)



منبع: یافته های تحقیق

۵. بحث و نتیجه گیری

هدف اصلی تحقیق حاضر معرفی چارچوبی جهت محاسبه خسارت های ناشی از خاموشی برق بوده است. در این تحقیق به کمک روش نماینده و ارزش برق عرضه نشده، الگوی جامعی جهت محاسبه هزینه های خاموشی پایه ریزی و از آن جهت بررسی خسارات خاموشی استان خوزستان در بهمن ۱۳۹۵ استفاده شد.

مجموع هزینه های محاسبه شده در دو بخش، یعنی خسارت ناشی از برق عرضه نشده و خسارت ناشی از تولید از دست رفته، 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 می‌توانند در سیاستگذاری و تصمیم‌گیری‌های صنعت برق در موارد ذیل مورد استفاده واقع شود.

- تأمین امنیت عرضه برق در استان خوزستان: با توجه به تبعات گسترده خاموشی در بخش‌های مختلف اجتماعی در استان خوزستان مناسب است از اطلاعات هزینه-های خاموشی در برنامه ریزی‌های توسعه و بهبود شبکه برق استان و به طور کلی تأمین امنیت عرضه برق این استان استفاده شود.
- مدیریت خاموشی‌های ممکن: اطلاعات هزینه خاموشی، به بهره‌برداران شبکه کمک می‌کند تا در زمان کمبود تولید برق، اولویت‌های نواحی خاموشی را تعیین کنند. به عبارت دیگر در زمان‌هایی که شبکه با کمبود تولید روبرو است و یا دچار اختلال می‌شود، شیوه مناسب مدیریت خاموشی‌ها را تعیین نمایند که این نکته در مدیریت خاموشی‌ها در استان خوزستان نیز بایستی مد نظر قرار بگیرد.
- گزینه‌های قیمت‌گذاری انرژی: معمولاً در کشورهای توسعه‌یافته قراردادهای مشترکان با شرکت‌های عرضه‌کننده برق در قالب شرایط قیمتی مبتنی بر قابلیت اطمینان و میزان خاموشی‌های معین منعقد می‌شود و چنانچه به هر دلیلی خاموشی بیشتری بر مشترکان تحمیل شود شرکت عرضه‌کننده ملزم به پرداخت خسارت می‌شود که این امر عرصه رقابت را برای شرکت‌های تأمین‌کننده باز می‌گذارد. پیش‌نیاز این بحث دانستن هزینه خاموشی مشترکان است. در کشور ما چنین قراردادهایی صرفاً برای مشترکان صنعتی تعریف می‌شود اما بی‌شک بایستی در مورد سایر مشترکین نیز پیش‌بینی تنظیم چنین مواردی لحاظ شود.
- تدوین استانداردها و دستورالعمل‌هایی در وزارت نیرو و شرکتهای تابعه درخصوص 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 هزینه‌های 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 منافی نداریم

سپاسگزاری

از سردبیر، هیئت تحریریه و داوران محترم بابت نقطه نظرات و پیشنهادات ارزشمندشان که موجب غنای این مقاله شده است، تشکر و قدردانی می‌نمایم.

ORCID

Ashraf sadat pasandideh:

 <https://orcid.org/000-0002-3164-5683>

Maryam keyghobadi:

 <https://orcid.org/0000-0002-8723-3098>

Iraj Pourkeivani:

 <https://orcid.org/0000-0001-7765-2945>

منابع

- احمدیان، مجید. و عباس زاده، نصرت‌الله. (۱۳۹۲). برآورد ارزش برق عرضه نشده (VoLL) در اثر خاموشی در ایران: رویکرد تولید و فراغت از دست رفته، *سیاست‌گذاری اقتصادی*، (۹)، ۵۷-۷۹.
- امینی، فرخ. و خسروی، نازنین. (۱۳۸۲). نتایج محاسبه هزینه خاموشی در گروه‌های منتخب صنعتی و معدنی، هجدهمین کنفرانس بین‌المللی برق.
- پسندیده، اشرف السادات.، کیقبادی، مریم. و حیدری، غلامرضا. (۱۳۹۷). ارزیابی جامع تأثیرات حوادث اقلیمی بر زیرساخت‌های حیاتی با هدف بهبود تاب‌آوری جامعه، سی و سومین کنفرانس بین‌المللی برق.
- پسندیده، اشرف السادات. و پورکیوانی، ایرج. (۱۳۹۷). تحلیل بعد اقتصادی حادثه قطعی برق در استان خوزستان: تخمین هزینه‌های قطعی برق در حادثه بهمن ماه ۱۳۹۵، با استفاده از روش PROXY برای وزارت نیرو، خانوارها و صنایع مختلف، پژوهشگاه نیرو.

خطابی رودی، نویده، صادقی، حسین. و حقانی، محمود. (۱۳۸۸). برآورد قیمت برق مشترکین خانگی (تحقیق موردی شهرستان تربت حیدریه)، بیست و چهارمین کنفرانس بین المللی برق . شرکت توزیع نیروی برق اهواز. (۱۳۹۵). بررسی اثرات پدیده ریزگردها بر شبکه توزیع برق و ارائه راهکارهای مقابله یا آن.

شیخی، علی اصغر، نوری، سمانه. و سلیمانان، داود. (۱۴۰۱). محاسبه هزینه خاموشی برق در بخش صنعت، هشتمین کنفرانس بین المللی فناوری و مدیریت انرژی، با بلسر.

صادقی صقدل، حسین. (۱۳۷۴). هزینه خاموشی مترتب بر اقتصاد ملی، مصرف کننده و صنعت برق، پژوهشکده اقتصاد دانشگاه تربیت مدرس.

عباس زاده، نصرت الله. (۱۳۹۱). ارزش اقتصادی امنیت عرضه برق در ایران، تحقیق موردی بخش خانگی، رساله دکتری، دانشکده اقتصاد، دانشگاه تهران.

عباس زاده، نصرت الله، احمدیان، مجید، رهبر، فرهاد، و ابریشمی، حمید. (۱۳۹۲). کاربرد روش تجربه انتخاب در تخمین تمایل به پرداخت خانوارهای ایرانی برای اجتناب از خاموشی برق، تحقیقات اقتصادی، ۴۸(۴)، ۱۴۳-۱۱۹.

غفرانی، پروین. (۱۳۹۳). ارزیابی اقتصادی هزینه های خاموشی ناشی از قطع برق در بخش صنعتی: تحقیق موردی شهرستان سبزوار، اولین کنفرانس سراسری توسعه محوری مهندسی عمران، معماری، برق و مکانیک ایران.

کیقبادی، مریم، پسندیده، اشرف السادات، و پور کیوانی، ایرج. (۱۳۹۶). چرایی شکل گیری ریزگردها در استان خوزستان و تاثیر گذاری آن بر شبکه برق استان، دوازدهمین همایش بین المللی انرژی . مروت، حبیب. ، فریدزاد، علی. و شاه محمدی، مهدیه. (۱۴۰۰). برآورد هزینه های رفاهی ناشی از قطعی احتمالی برق در بخش های اقتصادی ایران، فصلنامه مطالعات اقتصاد و انرژی، ۱۷(۷۱)، ۳۶-۱.

References

- Abbaszadeh, N. (2013). The economic value of electricity supply security in Iran, a case study of the household sector. Faculty of Economics, University of Tehran. [In Persian].
- Abbaszadeh, N., Ahmadian, M., Rahbar, F. and Abrishami, H. (2014). Using a Choice Experiment Survey to Estimate Iranian Households' Willingness to Pay to Avoid Power Outages, Economic Research, 48(4), 119-143. [In Persian].
- Ahmadian, M. and Abbaszadeh, N. (2013). The Value of Lost Load (VoLL) in Iran: Lost Production & Lost Leisure. The Journal of Economic policy, 5(9), 57-79. [In Persian].

- Ahmed, I., & Parikh, P. (2023). The impact of power outages on households in Zambia. *Economia Politica*, 40, 835-867.
- Ahvaz Electricity Distribution Company. (2017). Investigating the effects of fine dust phenomenon on the electricity distribution network and providing solutions to deal with it. [In Persian].
- Amini, F. and Khosravi, N. (2003). The results of the outage cost calculation in selected industrial and mining groups. 18th International Electricity Conference. [In Persian].
- 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.
- Ghofrani, P. (2015). Economic evaluation of blackout costs caused by power outages in the industrial sector: a case study of Sabzevar city. The first conference focusing on the development of civil engineering, architecture, electricity and mechanics in Iran. [In Persian].
- 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.
- Kayghobadi, M., Pasandideh, A. and Pourkayvani, I. (2018). The reason for the formation of dust in Khuzestan province and its impact on the province's

- electricity network. The 12th International Energy Conference. [In Persian].
- Kenward, A., & Raja, U. (2014). BLACKOUT: EXTREME WEATHER, CLIMATE CHANGE AND POWER OUTAGES. CLIMATE CENTRAL.
- Khetabi roodi, N. and Sadeghi, H. and Haghani, M. (2010). Estimating the price of electricity for household customers (case study of Torbat Heydarieh city), The 24th International Electricity Conference. [In Persian].
- Morovat, H., Faridzad, A. and Shahmohammadi, M. (2022). Estimation of Welfare Costs of Power Outages in Iran's Economic Sectors, *Energy Economic Review*.17(71).1-36. [In Persian].
- 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.
- Pasandideh, A. and Kayghobadi, M. and Heidari, G. (2019). A comprehensive assessment of the effects of climatic events on critical infrastructures with the aim of improving the resilience of society. The 33rd International Electricity Conference. [In Persian].
- Pasandideh, A., Kayghobadi, M. and Pourkayvani, I. (2018). Estimation of electricity outage costs in 2017 Ddisaster, using the PROXY method for the Ministry of Energy, households and various industries. niroo research institute. [In Persian].
- 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.
- Sadeghi seghdel, H. (1996). The cost of outages on the national economy, consumers and the electricity industry. Research Institute of Economics, Tarbiat Modares University. [In Persian].
- Schmidthaler, M., & Reichl, J. (2016). Assessing the socio-economic effects of power outages ad hoc. *Computer Science - Research and Development*, 31, 157-161.
- Shaikhi, A. and Noori, S. and Solaymanian, D. (2023). Calculation of the cost of power outages in the industry sector. The 8th International Conference on Technology and Energy Management, Babolsar. [In Persian].
- Vasconcelos, P. (2015). Estimating the economic costs of electricity deficit using input-output analysis: the case of Brazil. *Applied Economics*, 47(9), 916-927 .

استناد به این مقاله: پسندیده، اشرف السادات، کیقبادی، مریم و پورکیوانی و ایرج. (۱۴۰۲). برآورد خسارات قطعی برق بر اثر پدیده ریزگرد. *پژوهشنامه اقتصادی*، ۲۳(۸۹)، ۱۳۱-۱۶۷.



Journal of Economic Research is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.