

## بررسی اثرات بازار اشتراک ظرفیت از طریق روش خود جیره‌بندی بر هزینه‌ی برق صنایع سیمان ایران

علی‌میراد شریفی

استادیار گروه اقتصاد دانشگاه اصفهان asharifi@istt.org

زین العابدین صادقی

استادیار بخش اقتصاد دانشگاه شهید باهنر کرمان abed\_sadeghi@yahoo.com

رحمان خوش اخلاق

استاد گروه اقتصاد دانشگاه اصفهان rahmankh44@yahoo.com

محمد اسماعیل همدانی گلشن

دانشیار گروه برق دانشگاه صنعتی اصفهان hgolshan@cc.iut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۸۷/۶/۱۲ تاریخ پذیرش: ۸۸/۱۱/۶

### چکیده

سیاست‌گذاری انرژی در هزاره‌ی سوم در سه محور خلاصه می‌شود. محور اول، حرکت بسمت استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر، پاک و سازگار با محیط زیست، محور دوم، تجدید ساختار در بخش انرژی و رقابتی کردن آن و سرانجام محور سوم، افزایش کارایی در مصرف انرژی می‌باشد. صنعت برق به عنوان یک زیر بخش رو به رشد بخش انرژی، به‌ویژه در چند دهه‌ی اخیر، حدود یک سوم اقتصاد و انرژی جهان را تشکیل می‌دهد. صنعت برق در کشور ما نیز از تحول در سیاست‌گذاری بی‌نیاز نیست و باید در سیاست‌گذاری خویش حداقل به دو محور از سه محور مذکور التفات ویژه داشته باشد، این مطالعه نیز در راستای دو محور تجدید ساختار و افزایش کارایی در صنعت برق انجام گرفته است. اما تأکید اساسی این مطالعه بر مدیریت سمت تقاضا از طریق روش‌های اقتصادی مدیریت بار می‌باشد. به این منظور، با استفاده از روش خود جیره‌بندی امکان سنجی ایجاد بازار اشتراک ظرفیت بین کارخانه‌ای مورد مطالعه قرار می‌گیرد.

روش تحقیق این مطالعه از نوع توصیفی مبتنی بر روش علی و معلولی است، این مطالعه به‌صورت مقطعی در سال ۱۳۸۵ انجام گرفته است. برای گردآوری اطلاعات پرسش‌نامه‌ای تهیه و به کارخانه‌های سیمان ارسال شده است. بر اساس نتایج این تحقیق هرچه هزینه‌ی فرصت از دست رفته کارخانه‌های سیمان بیشتر باشد تمایل به پرداخت آن‌ها برای اشتراک ظرفیت بیشتر می‌شود. روش خود جیره‌بندی از طریق بازار اشتراک ظرفیت می‌تواند ضمن کاهش هزینه‌های ظرفیت کارخانه‌های سیمان، با تأمین بخشی از بار مورد نیاز سایر مصرف کنندگان و یا حتی سایر کارخانه‌های سیمان از راه ظرفیت بلااستفاده، نوعی مدیریت بار را اعمال کند و سبب کاهش هزینه‌های سرمایه‌گذاری در ایجاد ظرفیت جدید در حالت پیک شود، این روش کارایی را افزایش می‌دهد که یکی از اهداف برنامه‌های مدیریت بار می‌باشد. وجود این بازار باعث از بین رفتن ناکارایی جبران بار بیش از اندازه‌ی مدل وو می‌شود.

طبقه‌بندی JEL : Q43, Q41, D61, L94

کلید واژه‌ها: خود جیره‌بندی، قیمت‌گذاری، مدیریت بار، ضریب بار، زیان قطع بار، صنعت سیمان و تابع رفاه اجتماعی

1- Demand Site Management (D.S.M).

2- Woo.

## ۱- مقدمه

سیاست‌گذاری انرژی در هزاره‌ی سوم، در سه محور خلاصه می‌شود، محور اول، حرکت به سمت استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر، پاک و سازگار با محیط زیست، محور دوم، تجدید ساختار در بخش انرژی و رقابتی کردن آن و محور سوم افزایش کارایی در مصرف انرژی است.

صنعت برق به عنوان یک زیر بخش رو به رشد بخش انرژی، به‌ویژه در چند دهه‌ی اخیر، حدود یک سوم اقتصاد و انرژی جهان را تشکیل می‌دهد. صنعت برق یکی از عظیم‌ترین صنایع جهان است که عایدات سالانه‌ی آن بیش از ۸۰۰ میلیارد دلار برآورد می‌شود و این تقریباً دو برابر صنعت خودرو است. این صنعت نیز نیازمند سیاست‌گذاری در این سه محور می‌باشد و شاید بتوان با اندکی تخفیف اجرای دو محور، تجدید ساختار و رقابتی کردن و افزایش کارایی، استفاده از سه محور مذکور را در صنعت برق ضروری دانست (فلاوین و لنسن، ۱۳۸۱).

تجدید ساختار، مستلزم درگیری با ساختار درونی آن خواهد بود، درگیری با امتیازهای انحصاری انسجام یافته‌ی عمودی که هنوز گریبان‌گیر صنعت برق بیش‌تر کشورهای جهان می‌باشد. این شرکت‌های انحصاری اکثراً<sup>۱</sup> دچار مرگ کاذب شده و از نظر فن‌آوری، عقب افتاده و سیستم‌های تنظیم و کنترل عمومی نیز بی‌کفایت و نامطلوب شده‌اند.

اگر چه تجدید ساختار و افزایش رقابت در صنعت برق از اهمیت بالایی برخوردار است، اما افزایش کارایی نیز جزء اهداف اصلی علم اقتصاد است، امروزه شرکت‌های برق در هر سال چندین میلیارد دلار برای افزایش کارایی برق مصرفی هزینه می‌کنند و روش جدیدی نیز برای فراهم کردن خدمات برق وجود دارد، که به عنوان مدیریت سمت تقاضا<sup>۱</sup> DSM، یا به‌طور ساده نگاهات شناخته می‌شود<sup>۲</sup>. این روند پس از مطالعات انجام شده در آمریکا مبنی بر این که چنانچه شرکت‌های برق و مشتریان، هر دو در راه‌های کاهش مصرف نیرو سرمایه‌گذاری کنند، احتمالاً بیش‌تر منتفع می‌شوند، شروع شد. افزایش کارایی مصرف برق ارزان‌تر از تأسیس و راه‌اندازی نیروگاه‌های جدید می‌باشد. به‌طوری بیش‌تر شرکت‌های برق دنیا بخش فعالی از برنامه‌های‌شان را به اصلاح کارایی انرژی اختصاص داده‌اند (فلاوین و لنسن، ۱۳۸۱).

1- Demand-Side Management.

2- Negawatts.

صنعت برق در کشور ما نیز از تحول در سیاست‌گذاری بی‌نیاز نیست و باید در سیاست‌گذاری خویش حداقل به دو محور از سه محور مذکور التفات ویژه داشته باشد. به این دلیل این مطالعه نیز در راستای دو محور تجدید ساختار و افزایش کارایی در صنعت برق می‌باشد. اما تأکید اساسی این مطالعه بر مدیریت سمت تقاضا از طریق روش‌های اقتصادی مدیریت بار است. برای این منظور با استفاده از روش خود جیره‌بندی، امکان‌سنجی ایجاد بازار اشتراک ظرفیت بین کارخانه‌های مورد مطالعه قرار می‌گیرد و در پایان اثرات بازار اشتراک ظرفیت در کاهش هزینه‌ی انرژی الکتریکی صنایع سیمان ایران ارزیابی می‌شود.

سنگ بنای اولیه‌ی روش خود جیره‌بندی در سال ۱۹۷۸ توسط دو اقتصاددان به نام‌های پنزار و سیبلی<sup>۱</sup> گذاشته شده است. این روش، ترکیبی از تصمیم‌گیری قیمت بر اساس هزینه‌ی نهایی با یک روش مقدماتی از مدیریت بار (مشابه روشی که سال‌ها در اروپا به کار می‌رفت)، می‌باشد. در این روش هر مصرف‌کننده در سطح مشخصی از ظرفیت تولید مشترک می‌شود (قبل از آن که تقاضای واقعی مصرف‌کننده مشخص شود)؛ مصرف‌کننده یک بهای ظرفیت برای ظرفیتی که مشترک می‌شود و علاوه بر آن برای هر واحد برق مصرفی (انرژی) نیز بهایی پرداخت می‌کند. اگر به دلیل تقاضا شده‌ی مصرف‌کننده بیش از حد اشتراک ظرفیت مصرف‌کننده باشد، تولیدکننده با فعال کردن یک ابزار فیزیکی (مانند فیوز و یا کلید قطع و وصل<sup>۲</sup>) مانع از مصرف بیش‌تر می‌شود و بنابراین مصرف‌کننده توانایی مصرف بیش‌تر از ظرفیت اش را نخواهد داشت. اگر تولیدکننده نتواند به دلایلی ظرفیت خریداری شده را تأمین کند، باید به اندازه‌ی ارزش مورد انتظار قطع بار<sup>۳</sup> به مصرف‌کننده جریمه بپردازد. مدیریت بار سبب کاهش هزینه‌های سرمایه‌گذاری در ایجاد ظرفیت جدید در تولید برق می‌شود.

روش خودجیره‌بندی از طریق اشتراک ظرفیت، تقاضای مستقیم ظرفیت را از طریق مصرف‌کننده‌ی نهایی، و عرضه‌ی ظرفیت را از طریق تولیدکنندگان معرفی می‌کند. برای تطبیق عرضه و تقاضا، به شکلی از بازار نیاز است. البته این بدین معنی نیست که باید برای اشتراک ظرفیت یک بازار جدید تأسیس کرد که به وسیله‌ی یک سیستم یا بهره‌بردار بازار سازمان‌دهی شود، بلکه این بازار می‌تواند جزئی از بازارهای موجود انرژی

1- Panzar and Sibley (1978).

2- Circuit Breaker.

3- Value of Expected Lost of Load.

باشد برای مثال ترتیبات جدید بازار برق<sup>۱</sup> NETA انگلستان در آغاز فقط با هدف انتقال دو جانبه راه‌اندازی شد، ولی اکنون در حال توسعه و سامان‌دهی یک بازار لحظه‌ای است. به هر حال ویژگی‌های اشتراک ظرفیت، نیازمند راه‌حل بازار است و تأسیس بازار ظرفیت، بخش اصلی این راه‌حل می‌باشد. امروزه تعداد بسیار کمی بازار ظرفیت وجود دارد؛ بازار PJM<sup>۲</sup> (شبکه پنسیلوانیا-جرسی - مریلند) آمریکا، یک مثال خوب از بازار ظرفیت در دنیا است.

## ۲- ادبیات موضوع

مطالعاتی که در زمینه‌ی خودجیره‌بندی انجام گرفته است، بیش‌تر به بسط نظری مدل پرداخته‌اند. تروی<sup>۳</sup>، در سال ۱۹۷۰، نظریه‌ی قیمت‌گذاری کالای عمومی تحت شرایط ریسک که توسط براون و جانسون مطرح شد را مورد ارزیابی قرار داد. وی برای اولین بار مفهوم جیره‌بندی برق را ارائه داد. از این منظر جیره‌بندی در مورد برق به معنی قطع برق است.

در سال ۱۹۷۸ پنزار و سیبلی<sup>۴</sup>، در مقاله‌ای با عنوان "قیمت‌گذاری کالای عمومی در حالت ریسک: مورد خود جیره‌بندی"، مدلی ارائه دادند که در آن مدل ترکیبی از تصمیم‌گیری قیمت براساس هزینه‌ی نهایی با یک روش مقدماتی از مدیریت بار بود، آن‌ها در این مقاله با استفاده از حداکثر کردن یک تابع رفاه اجتماعی در دو حالت بدون ریسک و توام با ریسک، برای اولین بار مفهوم خودجیره‌بندی را مطرح کردند.

در سال ۱۹۸۷ شوارتز و تیلور<sup>۵</sup>، در پژوهش خویش به گسترش ابعاد مدل خود جیره‌بندی پرداختند. براساس این پژوهش، تقاضای شخص مصرف‌کننده می‌تواند در دوره‌ی پرداخت نوسان کند؛ در حالی که در مدل پنزار و سیبلی (P-S)<sup>۶</sup>، تقاضای برق در دوره‌ی پرداخت به‌صورت یکنواخت در نظر گرفته شده بود، بنابراین در این مدل تنوع در تقاضا را نیز در نظر می‌گیرند. تصمیم مصرف‌کننده در دو مرحله انجام می‌گیرد: در مرحله‌ی اول تعیین انرژی مصرفی و در مرحله‌ی دوم تصمیم به استفاده از فیوز (ظرفیت) به عنوان یک کالای عمومی.

1- New Electricity Trading Arrangements (the market design in the UK after the pool).

2- Pennsylvania-Maryland-Jersey (PJM).

3- Turrey (1970).

4- Panzar and Sibley (1978).

5- Schwarz and Taylor (1987).

6- Panzar and Sibley (P-S).

در سال ۱۹۹۰ وو<sup>۱</sup>، در مقاله‌ای با عنوان کارآئی قیمت‌گذاری برق در حالت خودجیره‌بندی، ضمن بررسی روش‌های مختلف اقتصادی مدیریت بار، مزایای روش خود جیره‌بندی را نسبت به سایر روش‌ها برشمرد و سعی کرد که به نظریه‌های مطرح شده در زمینه‌ی خود جیره‌بندی جامه‌ی عمل بپوشاند. در این مقاله روش کنترل بار و معیار دوره‌ی مورد انتظار قطع برق معرفی می‌شود و مقاله در پایان به این نتیجه می‌رسد که روش خودجیره‌بندی نسبت به قیمت‌گذاری لحظه‌ای و اولویت خدمات<sup>۲</sup> کارآتر است. در سال ۱۹۹۳ دوست و رولند<sup>۳</sup>، در پژوهش خویش با برشمردن دو نوع ناکارائی در خودجیره‌بندی، سعی در اصلاح این مدل کردند. در این مقاله سعی شده است که ناکارائی مدل وو، با حذف "جیران بار بیش از اندازه"<sup>۴</sup> در سیستم برطرف شود. لی<sup>۵</sup>، در سال ۱۹۹۳، در مقاله‌ای با عنوان رفاه - قیمت‌گذاری بهینه و انتخاب ظرفیت تحت حداکثر تقاضای از قبل تعیین شده<sup>۶</sup>، مدل خود جیره‌بندی را با معرفی تکنولوژی جریمه‌ای<sup>۷</sup> و تعیین قوانین سرمایه‌گذاری بسط داد. در این مقاله معیار بهینه‌ی سرمایه‌گذاری، براساس رابطه‌ی (۱) خواهد بود:

$$SRMC^S = LRMC^C \quad (1)$$

که در این رابطه  $SRMC^S$  هزینه‌ی مورد انتظار قطع برق (خاموشی) و  $LRMC^C$  هزینه‌ی نهایی بلندمدت توسعه‌ی ظرفیت است. برنارد و رولند<sup>۸</sup> در سال ۲۰۰۰، در مقاله‌ای با عنوان مدیریت بار، سوبسیدهای متقاطع و هزینه‌ی مبادله‌ی مورد خود جیره‌بندی، بعد از بررسی تغییرات به‌وجود آمده در ساختار برق، خصوصی‌سازی ایجاد شده در این صنعت و ایجاد بازارهای لحظه‌ای برق، به معرفی روش‌های مدیریت بار می‌پردازند. در این مقاله سعی می‌شود که برنامه‌ی خودجیره‌بندی در کنار خدمات دولتی برای مصرف‌کننده قرار گرفته و مصرف‌کننده از بین این دو، یکی را انتخاب کند. آن‌ها در بحث خودجیره‌بندی، با معرفی ضریب بار و هزینه‌ی مبادله، این مدل را از بعد کاربرد گسترش می‌دهند.

1- Woo (1990).

2- Priority service & Spot pricing.

3- Doucet and Roland (1993).

4- Too Much Load Relief.

5- Lee (1993).

6-Ex Ante.

۷- در حالتی که مصرف‌کننده تقاضای مصرف بیش‌تر از ظرفیت خریداری شده‌اش را داشته باشد، می‌تواند تقاضای اضافی را از تولیدکننده‌ی سوم با هزینه‌ی  $V_d$  (هزینه‌ی نهایی تکنولوژی جریمه‌ای) برای هر KWH، خریداری کند.

8- Bernard and Roland.

مطالعات کاربردی در این زمینه بسیار کم انجام گرفته است و در این میان تنها می‌توان به کار دورمن<sup>۱</sup> اشاره کرد. دورمن، در سال ۲۰۰۵، در مقاله‌ای با عنوان "اشتراک ظرفیت: راه حلی برای چالش تقاضای پیک در بازار رقابتی"، تلاش می‌کند با استفاده از تابع رفاه اجتماعی این روش را در یک بازار برق رقابتی (همانند بازار برق اسکانیدیناوی) اجرا کند. این روش شکل تکامل یافته روش اجرایی بازار برق PJM<sup>۲</sup> آمریکا است، در بخشی از این بازار با عنوان بازار اعتباری ظرفیت<sup>۳</sup>، ظرفیت هم به صورت کوتاه‌مدت (روزانه) و هم به صورت بلندمدت بین مصرف کننده و تولید کننده معامله می‌شود. شایان ذکر است تاکنون هیچ مطالعه‌ای در این زمینه در داخل کشور انجام نگرفته است.

در سال‌های اخیر روش ارزش‌گذاری مشروط (اقتضایی) CVM<sup>۴</sup>، در مطالعات اقتصاد انرژی به ویژه برق و شاخه‌های مربوط به آن کاربرد وسیعی پیدا کرده است. در سال ۲۰۰۲ موئلتر و لایتون<sup>۵</sup>، با استفاده از روش ارزش‌گذاری مشروط، هزینه‌های خاموشی<sup>۶</sup> برق را در بین بنگاه‌های اقتصادی آمریکا در ۶ سناریو با مدت زمان متفاوت در روزهای کاری و تعطیل، در ساعت ۱۰ صبح و نیمه شب برآورد کردند. بر اساس نتایج مطالعه، زمان خاموشی و دوره‌ی آن با هزینه‌های خاموشی رابطه‌ی مستقیم دارد. متوسط هزینه‌ی خاموشی در شب برای هر ساعت حدود ۱۳۴۰ دلار و برای خاموشی در روز برای هر ساعت حدود ۱۹۰۵ دلار می‌باشد.<sup>۷</sup>

در سال ۲۰۰۳ لاوتون و همکاران<sup>۸</sup>، در مؤسسه‌ی تحقیقات اقتصاد انرژی دانشگاه برکلی آمریکا، در مطالعه‌ی جامع ارزش اقتصادی، قابلیت اطمینان برق را با استفاده از روش تخمین تابع هزینه‌ی خسارت مصرف کنندگان به روش پرسش‌نامه‌ای، برآورد کردند. در این مطالعه مصرف کنندگان به ۳ دسته‌ی مصرف کننده‌ی صنعتی، تجاری و خانگی تقسیم شده‌اند. تابع خسارت مصرف کننده در سناریوهای خاموشی متفاوت براساس مکان، طبقه‌ی مصرف کننده، زمان مصرف و نوع کسب و کار برآورد شده است. بر اساس نتایج مطالعه، به‌طور متوسط هزینه‌ی خاموشی برای یک ساعت از عصر یک

1-Doorman(2005).

2-Pennsylvania –New Jersey –Maryland(PJM).

3-Capacity Credit Market.

4 Contingent Valuation Method (CVM).

5- Moeltner and Layton (2002).

۶- هزینه‌های خاموشی یا ارزش خدمات قابلیت اطمینان، در حقیقت همان هزینه‌ی فرصت از دست رفته‌ی نبود ظرفیت لازم برای تولید برق است.

7- Moeltner and Layton, 2002.

8- Lawton, Sullivan, Liere and Katz (2003).

روز تابستانی از ۳ دلار برای یک مصرف‌کننده‌ی مسکونی تا ۱۲۰۰ دلار برای مصرف‌کننده‌ی تجاری و صنعتی متغیر بوده است (لاوتن و همکاران ۲۰۰۳).<sup>۱</sup> در سال ۲۰۰۷ کارلسون و مارتینسون<sup>۲</sup>، در مطالعه‌ای، با استفاده از روش ارزش‌گذاری مشروط، تمایل به پرداخت خانوارهای سوئدی را برای اجتناب از خاموشی، به‌وسیله پرسش‌نامه برآورد کردند. این مطالعه در چهار سناریو، براساس مدت زمان خاموشی، ۱ ساعت، ۴ ساعت، ۸ ساعت، و ۲۴ ساعت خاموشی، در دو حالت خاموشی برنامه‌ریزی شده و خاموشی غیره برنامه‌ریزی شده<sup>۳</sup>، طراحی شده است. بر اساس یافته‌های این مطالعه‌ی تمایل به پرداخت خانوارهای سوئدی برای اجتناب از خاموشی تابع مستقیمی از مدت زمان خاموشی است و مقدار آن برای خاموشی‌های برنامه‌ریزی شده به‌صورت قابل توجه‌ای بالاست (کالسن ۲۰۰۷).<sup>۴</sup>

### ۳- مبانی نظری مدل

فرض کنید که مصرف‌کنندگان به‌دنبال حداکثر کردن مطلوبیت مورد انتظار خویش باشند<sup>۵</sup>، پس یک زنجیره<sup>۶</sup> از انواع مصرف‌کنندگان وجود دارد که هر کدام از آنان دارای تابع مطلوبیت مورد انتظار از نوع فون نیومن - مورگنسترن<sup>۷</sup> به‌صورت زیر هستند:

$$U = (q, y, t, \theta) \quad (۲)$$

که در آن

q: مقدار مصرف برق

y: درآمد خرج شده بر روی سایر کالاها

t: متغیر تصادفی مثل دما

$\theta$ : شاخص نوع مصرف‌کننده (از لحاظ پر مصرف و کم مصرف)

1- Lawton, Sullivan, Liere, and Katz 2003.

2- Carlsson and Martinsson (2007).

۳- منظور از خاموشی برنامه‌ریزی شده، آن نوع خاموشی است که شرکت توزیع، قبل از قطع برق به مصرف‌کننده قطع برق را اطلاع می‌دهد و برعکس در خاموشی برنامه‌ریزی نشده، برق بدون اطلاع قبلی قطع می‌شود.

4- Carlsson, Martinsson, 2007.

۵- منظور از زنجیره یک سلسله پیوسته از انواع مصرف‌کنندگان است، که همگی از یک نوع هستند و فقط از منظر مصرف متفاوت می‌باشند.

6- Von Neumann – Morgenstern (VNM) .

دما  $t \in [t_C, t_H]$  دارای توزیع پیوسته  $f(t)$  و  $\theta$  دارای توزیع مثبت  $g(\theta)$  برای  $\theta \in [\theta_L, \theta_H]$  در نظر گرفته می‌شود.

برای قابل قیاس کردن تجزیه و تحلیل، فرم خاصی از  $U(\cdot)$  را برای تابع در نظر گرفته می‌شود که در آن مطلوبیت مورد انتظار دقیقاً برابر با مازاد مورد انتظار مصرف‌کننده می‌باشد، بنابراین تمرکز مطالعه بر روی حداکثر مازاد مورد انتظار است؛ فرض می‌شود تابع مطلوبیت به صورت زیر باشد (Panzar and Sibley, 1978).

$$U(q, y, t, \theta) = u(q, t, \theta) + y \quad (۳)$$

می‌توان  $u(\cdot)$  را به صورت  $u(q, t, \theta) = \int_0^q P(q', t, \theta) dq'$  نوشت، که  $P(q, t, \theta)$  تابع تمایل نهایی به پرداخت (یا معکوس تابع تقاضا) مصرف‌کننده از نوع  $\theta$  است، در نتیجه مساله‌ی مصرف‌کننده مقدار تمایل به پرداخت برای یک واحد اضافی کالا است.

$$P_q = \frac{\partial p}{\partial q} < 0, \quad P_t = \frac{\partial p}{\partial t} > 0, \quad P_\theta = \frac{\partial p}{\partial \theta} > 0$$

فرض می‌شود که  $P$  دوبار قابل مشتق‌گیری باشد، رابطه‌ی بالا ارتباط بین تمایل نهایی به پرداخت و عوامل مؤثر بر آن را نشان می‌دهد. مصرف‌کننده‌ی نوع  $\theta$  دارای یک تقاضای از قبل تعیین شده (به اعتبار گذشته)<sup>۲</sup> است که مقدار مصرف، او را در دمای طبیعی  $t$  و قیمت  $p$  در حالت عدم وجود خود جیره‌بندی تعیین می‌کند، مقدار بهینه‌ی این نوع تقاضا برابر با  $q^*$  است. مصرف‌کننده تا جایی تقاضا می‌کند که تمایل به پرداخت برای آخرین واحد ظرفیت برق برابر با قیمت آن باشد.  $q^*$  به‌عنوان تابع تقاضای دلخواه تلقی می‌شود که برابر با  $q^* = (p, t, \theta)$  است. در دمای  $\hat{t}$  و قیمت  $p$ ، مصرف‌کننده‌ی نوع  $\theta$  بر اساس تمایل به پرداخت خویش  $A$  واحد اشتراک ظرفیت را به صورت پیشاپیش خریداری می‌کند، به طوری که تقاضای دلخواه مصرف‌کننده برابر با سطح اشتراک ظرفیت مصرف‌کننده باشد.

$$q^*(p, \hat{t}, \theta) = A \quad (۴)$$

۱- منظور از مصرف‌کننده همان استفاده‌کننده از برق می‌باشد که این استفاده‌کنندگان می‌توانند در طبقات مختلفی مثل استفاده‌کننده‌ی صنعتی، استفاده‌کننده‌ی کشاورزی، استفاده‌کننده‌ی مسکونی و غیره جای‌گیرند، در این مطالعه استفاده‌کننده از نوع صنعتی است.

2- Ex post.



بنابراین برای  $t \leq \hat{t}$  (دمای کم‌تر از  $\hat{t}$ )، مصرف به‌وسیله‌ی تقاضای دلخواه  $q^*(p, \hat{t}, \theta)$  تعیین می‌شود و برای  $t > \hat{t}$  (دمای بیش‌تر از  $\hat{t}$ ) مصرف برابر با  $A$  (ظرفیت خریداری شده) است. مازاد مورد انتظار مصرف کننده (تمرکز این مطالعه بر روی مازاد مورد انتظار است) به‌وسیله‌ی رابطه‌ی زیر معین می‌شود.

$$ES = \int_{t_L}^{\hat{t}} \left[ \int_0^{q^*} P(q, t, \theta) dq - pq^*(p, \hat{t}, \theta) \right] f(t) dt + \int_{\hat{t}}^{t_H} \left[ \int_0^A P(q, t, \theta) dq - pA \right] f(t) dt - KA \quad (5)$$

در رابطه‌ی بالا  $P$  تمایل به پرداخت مصرف کننده،  $p$  قیمت هر واحد برق،  $q^*$  تقاضای دلخواه مصرف کننده،  $f(t)$  تابع توزیع دما،  $A$  میزان اشتراک ظرفیت و  $K$  قیمت هر واحد اشتراک ظرفیت است. در رابطه‌ی (۵)، انتگرال اول متوسط مازاد در دمایی که جیره‌بندی مؤثر نیست ( $q^* \leq A$ ) را نشان می‌دهد، در حالی که انتگرال دوم، متوسط مازاد را در حالتی که  $\theta$  امین مصرف کننده دارای محدودیت مقدار ظرفیت خریداری شده برای آینده (به اعتبار آینده) است، را نشان می‌دهد.<sup>۲</sup>

#### ۱- Ex ante.

۲- در ادبیات اقتصادی هنگامی که بنگاه، گیرنده‌ی قیمت است و دچار عدم اطمینان در قیمت بازار می‌باشد این گونه تصور می‌شود که بنگاه قربانی درمانده‌ی عدم اطمینان در بازار است. در این حالت بنگاه به جای برخورد با یک قیمت معلوم در بازار، در مقابل تعدادی قیمت‌های محتمل که بر اساس یک تابع چگالی شناخته شده  $[f(p)]$  توزیع می‌شوند، قرار دارد. این حالت بنگاه قبل از آن که قیمت بازار مشخص شود، تصمیم‌گیری می‌کند. از سوی دیگر در مدل حاضر بنگاه قادر به انتخاب ستانده خود، یعنی  $(x)$ ، می‌باشد. بنگاه مطلوبیت مورد انتظار خود را که طبق رابطه زیر بیان می‌شود، حداکثر می‌کند (مک‌کنا، ۱۳۷۲):

$$u(\pi) = \int u(px - c(x) - a)f(p)dp$$

که در رابطه‌ی بالا  $c(x)$  هزینه متغیر،  $a$  هزینه ثابت و  $f(p)$  تابع چگالی احتمال قیمت است. در مدل خودجیره بندی نیز چون هر مصرف کننده در سطح مشخصی از ظرفیت تولید مشترک می‌شود (قبل از آن که تقاضای واقعی مصرف کننده مشخص شود) و تقاضا نیز به دلیل وجود عبارت تصادفی تقاضا در حالت ریسکی و عدم اطمینان است (به دلیل عنصر تصادفی مقدار تقاضا در آینده می‌تواند بیش‌تر یا کم‌تر از میزان اشتراک ظرفیت خریداری شده باشد)، بنابراین باید مصرف کننده تقاضا برای آینده‌ی خویش را معلوم کند، یعنی مصرف کننده در بازارهای آتی به خرید اشتراک ظرفیت می‌پردازد. در حقیقت این تقاضای مورد انتظار است. بازارهای اشتراک ظرفیت از بازارهای مالی انرژی نیز پیروی می‌کنند (Doorman, 2005). مصرف کننده یا استفاده کننده (کارخانه‌های سیمان) از این طریق ریسک خود را مدیریت می‌کنند بدین دلیل از تابع مطلوبیت مورد انتظار برای مدل بندی استفاده شده است. مازاد مصرف کننده در مدل خودجیره‌بندی تفاوت بین منافع و هزینه‌ی پرداختی مصرف کننده است و شاید بتوان مازاد را با اندکی اغماض به عنوان سود تعبیر کرد.

فرض می‌شود که تولیدکننده‌ی برق دارای یک نوع نیروگاه می‌باشد که برای هر واحد محصول، هزینه‌ی عملیات  $b$  و هزینه‌ی سرمایه  $B$  است. اگر محصول با  $Y$  و ظرفیت با  $K$  نشان داده شود، تابع هزینه در دامنه  $\{(y, K) \mid y \leq K\}$  به صورت  $C(y, K) = by + BK$  معین می‌شود.

تولید کننده به دلیل نوسانات بار اطلاع دقیقی از بار تقاضا شده‌ی خود ندارد، بنابراین بار می‌تواند در دامنه‌ی  $[Q_L, Q_H]$  نوسان کند. با یک بار مورد انتظار  $\bar{Q}$  مقدار هزینه‌ی مورد انتظار به وسیله رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$EC(Q, QH) = E(bQ + BQH) = b\bar{Q} + BQH = C(\bar{Q}, QH) \quad (۶)$$

هزینه‌ی متوسط (بلندمدت) به وسیله رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$\frac{C(\bar{Q}, QH)}{\bar{Q}} = b + B \frac{QH}{\bar{Q}} \quad (۷)$$

با در نظر گرفتن تغییرات در توزیع سطوح بار، هزینه‌ی نهایی بلندمدت به وسیله رابطه‌ی زیر تعریف می‌شود:

$$\frac{dC}{dQ} = b + B \frac{dQH}{dQ} \quad (۸)$$

تابع هزینه‌ی متوسط، تابعی معکوس از ضریب بار است و بنابراین با افزایش ضریب بار هزینه‌ی متوسط کاهش می‌یابد، افزایش ضریب بار مصرف کننده هدف اصلی برنامه‌های مدیریت بار است.

تابع رفاه اجتماعی<sup>۱</sup> که در این مطالعه به کار گرفته شده است، از نوع تابع رفاه اجتماعی مطلوبیت گرایان می‌باشد که به صورت مجموع مطلوبیت افراد است. در این تابع افراد  $i$  و  $j$  به صورت متقارن رفتار می‌کنند و وزن مطلوبیت افراد برابر است. بنابراین در این تابع رفاه، اندازه‌ی سهم رفاه افراد مهم است. می‌توان این تابع رفاه را به صورت مجموع مازاد مصرف کننده و تولید کننده نوشت.<sup>۲</sup>

فرض می‌شود، که یک برنامه‌ریزی متمرکز وجود دارد که هدفش حداکثر کردن مجموع (کل) مازاد مورد انتظار مصرف کننده و تولید کننده است. بهای هر کیلووات

۱- منظور از تابع رفاه اجتماعی همان تابع رفاه جمعی صنعت سیمان است، بنابراین از این به بعد منظور از تابع رفاه اجتماعی همان تابع رفاه جمعی صنعت سیمان است.

۲- برای مطالعه‌ی بیشتر رجوع شود به:

Jehle, G.A.(1991). Advanced Microeconomic Theory. Publisher: Prentice Hall.

ساعت انرژی تولیدی برابر با  $b$  و برای مصرف هر واحد ظرفیت نیاز به هزینه‌ی  $B$  می‌باشد. در این حالت تصمیم برنامه‌ریز را می‌توان به صورت ذیل خلاصه کرد:

$$\text{MaxEW} = \int_{\hat{\theta}}^{\theta_H} [ES^*(P, k, \theta) + E\pi(P, k, \theta)] g(\theta) d\theta \quad (9)$$

$$p \geq 0, k \geq 0$$

که در این معادله،  $EW$  رفاه مورد انتظار،  $ES$  مازاد مورد انتظار مصرف کننده،  $E\pi$  سود مورد انتظار تولید کننده (به عنوان مازاد مورد انتظار تولید کننده)،  $\hat{\theta}$  مصرف کننده‌ای است که تقاضایش برای اشتراک ظرفیت برابر با صفر است (حد پایین مشارکت مصرف کننده) و  $\theta_H$  مصرف کننده‌ی پر مصرف می‌باشد. با مشتق‌گیری از تابع رفاه نسبت به  $P$  و  $K$  و اعمال شرایط کان تاکر، قیمت بهینه‌ی برق مورد استفاده (انرژی) و قیمت اشتراک در حالت خود جیره‌بندی  $P = b$ ,  $K = B$  به دست می‌آید (برنارد و همکاران).<sup>۲</sup>

یک مصرف کننده، سطحی از ظرفیت را انتخاب می‌کند که تمایل به پرداخت مورد انتظار (خالص از هزینه‌ی استفاده) که منافع مورد انتظار یک واحد اضافی از اشتراک ظرفیت برق را نشان می‌دهد، برابر با هزینه‌ی این واحد باشد. اگر خودجیره‌بندی بر اساس حداکثر تمایل به پرداخت مصرف کننده انجام گیرد، ضمن این که کم هزینه‌ترین روش اجراست، بهینه‌ترین انتخاب ظرفیت انجام می‌گیرد. بنابراین با حداکثر کردن مازاد مورد انتظار مصرف کننده به علاوه مازاد مورد انتظار تولید کننده تحت شرایط خود جیره‌بندی قیمت‌ها و مقادیر بهینه  $(K_Z = B, K = K_Z, P = b)$  به دست می‌آید که دقیقاً برابر با شرایط براون و جانسون  $(B-J)$ <sup>۳</sup> است. این شرایط همان شرایط قیمت‌گذاری بر مبنای هزینه‌ی نهایی و حداکثر کننده‌ی کارایی و رفاه اجتماعی می‌باشد. طبقات وسیعی از ترجیحات مصرف کننده وجود دارد که تحت این ترجیحات شرایط رفاه بهینه‌ی کلی حاصل می‌شود؛ اما این شرایط هنگامی به وجود می‌آید که تابع تمایل نهایی به پرداخت، نسبت به  $q$  و  $\theta$  جدایی پذیر ضعیف باشد.

$$P(q, \theta, t) = T[h(q, \theta), t] \quad (10)$$

۱- یکی از ضروریات اجرای قیمت گذاری غیرخطی، متفاوت بودن مصرف کنندگان از منظر مقدار مصرف می‌باشد در روش خودجیره بندی نیز که نوع ساده‌ی قیمت گذاری غیرخطی است، به نوعی این مهم از طریق شاخص  $\theta$  دیده شده است.

2- Bernard and Roland, 2000.

3- Brown and Johnson (B-J).

مهم‌ترین نتیجه‌ی رابطه‌ی (۱۰) این است که مصرف‌کنندگان باید شبیه به هم باشند به طوری که اگر دما تغییر کند، ترجیحاتشان تحت تأثیر قرارگیرد. از سویی بیش‌تر روش‌های جیره‌بندی (به‌ویژه جیره‌بندی تصادفی)، نیازمند اطلاعات کاملی از ترجیحات مصرف‌کننده در مورد روش اجرا شده می‌باشد. یکی از راه‌هایی که می‌توان اطلاعاتی در مورد ترجیحات مصرف‌کننده کسب کرد، از طریق تمایل به پرداخت می‌باشد که در آن هر مصرف‌کننده خودش تمایل به پرداختش را ارائه می‌دهد (لی ۱۹۹۳).<sup>۱</sup>

با توجه به سهم نسبتاً قابل توجه مصرف برق صنایع سیمان نسبت به کل مصرف برق کشور و روند روبه رشد این صنعت و پتانسیل قابل توجه مدیریت بار در این صنایع از یک‌سو بنا به این اصل که اگر مصرف‌کنندگان شبیه به هم باشند، روش خود جیره‌بندی تمام شرایط لازم تخصیص بهینه‌ی ظرفیت در دسترس را دارد (پانز و همکاران)<sup>۲</sup> و بنا به این قاعده که می‌توان تابع رفاه اجتماعی را برای جوامعی بزرگ‌تر از یک کشور (چند کشور یا حتی چند منطقه)، یا برای بخشی از یک کشور و یا یک صنعت تعریف کرد.<sup>۳</sup>

1- Lee, 1993.

2- Panzar and Sibley, 1978.

۳- در این مدل رفاه یک موسسه‌ی عام المنفعه حداکثر می‌شود، یک نیروگاه برق با فناوری ثابت به تولید برق مشغول است؛ هزینه‌ی ظرفیت سالانه‌ی فناوری برای هر واحد ظرفیت برابر با  $k$  بر حسب  $(\$/KW)$  و هزینه‌ی عملیات برای هر واحد تولید برابر با  $c$  بر حسب  $(\$/KWh)$  می‌باشد. تقاضای برق  $D(p, \omega)$  تابعی از شرایط محیطی  $\omega \in \Omega$  می‌باشد به طوری که

قابل مشاهده نیست. تمام توابع  $\Omega$  قابل اندازه‌گیری و همراه با متغیرهای تصادفی هستند، برای مثال  $\tilde{D} = \tilde{D}(p)$  می‌باشد. کل ظرفیت نصب شده با  $Y$  نشان داده می‌شود. ظرفیت در دسترس برابر با  $Z = (y, \tilde{D})$  می‌باشد که به صورت تصادفی است، به طوری که:

$$Z = (y, \omega) = \int_0^y z = (u, \omega) du$$

عرضه‌ی محصول تصادفی است طوری که محصول در سطح  $\omega \in \Omega$  به صورت زیر تعیین می‌شود:

$$Q = (p, y, \omega) = \min[D(P, \omega), Z(y, \omega)]$$

هزینه‌های قطع و جیره بندی برق برای هر واحد تقاضای اضافه در هر واحد زمان به ترتیب با پارامترهای  $r, b$  نشان داده می‌شود. این پارامترها در بین جمعیت مصرف‌کنندگان همگن بوده و از طریق فرمول بندی ما قابل تشخیص است. که تمایل به پرداخت در بین واحدهای مصرفی متفاوت می‌باشد. فرض می‌شود در حالت وجود تقاضای اضافی مصرف‌کننده، بر اساس کل هزینه‌های قطع برق، جیره بندی را اعمال می‌کنند، در نتیجه تابع رفاه به صورت زیر است:

$$\bar{W} = (p, y) = E \left\{ \tilde{U}(\tilde{Q}(p, y) - kY - c(\tilde{Q}(p, y) - (b+r)\tilde{D}(p)) - (\tilde{Q}(p, y)) \right\}$$

که در رابطه بالا  $\tilde{U}(\tilde{Q}(p, y))$  مجموع تمایل به پرداخت مصرف‌کننده در  $\omega$  است که به وسیله رابطه‌ی زیر معین می‌شود:

$$U(Q, \omega) = \int_0^Q P(x, \omega) dx$$

که  $P(x, \omega)$  معکوس  $D=(p, \tilde{D})$  است. با اعمال شرایط مرتبه‌ی اول قیمت بهینه به دست می‌آید (Kleindorfer & Fernando, 1993).

برای مطالعه‌ی بیش‌تر رجوع شود به:

-Kleindorfer, R.P., Fernando, C. (1993). Peak-Load Pricing and Reliability Under Uncertainty. Journal of Regulatory Economics, vol.5, pp.5-23.

روش خود جیره‌بندی در صنعت سیمان کشور اجرا شده است. برای این مهم در گام اول با طراحی یک بازار، با استفاده از پرسش‌نامه، تمایل به پرداخت مصرف‌کنندگان به صورت مشروط با به‌کارگیری روش ارزش‌گذاری مشروط برای اجرای خود جیره‌بندی (از طریق اشتراک ظرفیت) برآورد می‌شود.

در گام بعدی براساس میزان ظرفیتی که تولیدکنندگان سیمان حاضرند مشترک شوند (با استفاده از داده‌های پرسش‌نامه) تقاضای تولیدکننده‌ی سیمان برای ظرفیت استخراج و از مجموع تقاضای تمام تولیدکنندگان سیمان، تقاضا برای اشتراک ظرفیت برحسب مگاوات برآورد می‌شود.

در طرف تولید نیز براساس مجموع تقاضای تولیدکنندگان سیمان برای ظرفیت در دو سناریو، سناریوی اول یک نیروگاه ۱۰۰۰ مگاواتی (MW) گازی و در سناریوی دوم، دو نیروگاه ۵۰۰ مگاواتی (MW) گازی طراحی شده است. تا از طریق این نیروگاه‌ها بتوان در یک بازار شبیه‌سازی شده‌ی اشتراک ظرفیت، امکان‌سنجی اجرای خود جیره‌بندی (از طریق روش اشتراک ظرفیت) به عنوان یک روش اقتصادی مدیریت بار، مورد بررسی قرار گیرد.<sup>۱</sup>

برای ایجاد ظرفیت جدید از طریق احداث نیروگاه و تولید برق، حداقل دو سرفصل هزینه‌های سرمایه و هزینه‌های سالیانه وجود دارد. سرفصل هزینه‌های سرمایه شامل هزینه‌های زیر می‌شود:

- تجهیزات الکتریکی و مکانیکی تولید در نیروگاه؛
- ساختمان‌ها و زیربنایها؛
- کارهای مهندسی و شهرسازی (راه‌سازی، کانال‌کشی و نظایر آن)؛

۱- در این جا سعی می‌شود دلایل انتخاب نیروگاه گاز به صورت خلاصه مطرح شود:

الف) نیروگاه گازی به دلیل راندمان حرارتی پایین دارای مصرف انرژی بالایی است، مثلاً برای تولید ۱۰۰ MW قدرت الکتریکی در نیروگاه بخاری، قدرتی در حدود ۱۰۵ MW کافی است. در صورتی که برای تولید همین قدرت توسط نیروگاه گازی، قدرتی در حدود ۲۵۰ MW لازم است تقریباً حدود ۱۵۰ میلیون وات (۱۵۰ MW) برای کمپرسور مصرف می‌شود. متوسط راندمان نیروگاه حرارتی و گازی کشور در سال ۱۳۸۵ به ترتیب حدود ۳۷ و ۲۸٫۵ درصد بوده است. بدین دلیل این نیروگاه‌ها برای اغلب کشورها این توجیه اقتصادی را دارد، که دارای مزیت نسبی در تولید گاز باشند که ایران دارای این خصوصیت است.

ب) نیروگاه گازی تقریباً احتیاج به آب سرد ندارد و همین موضوع سبب می‌شود که نیروگاه گازی برای بسیاری از کشورها از جمله ایران که با کمبود آب مواجه‌اند بسیار پرارزش شود.

ج) احتیاج به روغن‌کاری زیادی ندارد و از این بابت مخارج زیادی متحمل نمی‌شود.

د) قیمت و هزینه‌ی نصب و راه‌اندازی آن در مقایسه با سایر نیروگاه‌ها پایین است.

هـ) مراحل نصب و راه‌اندازی این نیروگاه‌ها بسیار تند و سریع است (آخوندی، ۱۳۸۵).

- ماشین افزار (توربین، بویلر، تأسیسات خنک‌کننده‌ی ماشین‌آلات و مانند آن)؛  
 - وسایل و ابزار داخلی (دفتر فروش)؛  
 - متفرقه.

سرفصل هزینه‌ی سالیانه شامل موارد ذیل است:

حداقل زیر بخش هزینه‌های سالیانه باید طوری باشد که بتوان سهم هر یک را در کل هزینه‌های عرضه محاسبه کرد. خلاصه‌ی زیر می‌تواند در این مورد مفید باشد:

- سوخت، روغن، آب و انبارهای ذخیره‌ی موتور  
 - حقوق و دستمزد که به موارد زیر تقسیم می‌شود:  
 عملیات: شامل R and M (تعمیرات و نگهداری)<sup>۱</sup>. مولدهای اولیه، R and M برای تمام تجهیزات مکانیکی و برقی دیگر نیروگاه و R and M برای تمام ساختمان‌ها و امور مهندسی عمران

- اجاره بهای نیروگاه‌ها، مالیات، نرخ بهره و بیمه (هزینه‌های استهلاک)

- جایگزینی ابزار و تعمیرات

- متفرقه (سازمان ملل، ۱۳۷۷)

بنابراین هزینه‌ی سرمایه را می‌توان به عنوان هزینه‌های ثابت و هزینه‌های سالیانه را به عنوان هزینه‌های متغیر در نظر گرفت.

در نهایت هزینه‌های توسعه‌ی ظرفیت به ترتیب زیر برآورد می‌شود:

در گام اول براساس ظرفیت مورد نیاز ارزش فعلی سرمایه‌گذاری ثابت برای ایجاد این ظرفیت تعیین می‌گردد که به اختصار با  $OC^2$  نشان داده می‌شود؛  
 با تقسیم کردن مجموع هزینه‌های ثابت بر میزان ظرفیت نیروگاه، متوسط هزینه‌ی یک واحد ظرفیت به دست می‌آید. در گام دوم با در نظر گرفتن هزینه‌های متغیر نیروگاه که به صورت کامل در بالا ذکر شد و جمع کردن این هزینه‌ها و تقسیم کردن بر میزان انرژی تولید شده، متوسط هزینه‌های انرژی به دست می‌آید. شایان ذکر است که در این مطالعه ضریب ظرفیت<sup>۳</sup> نیروگاه نیز در تعدیل هزینه‌ها لحاظ شده است.

1- Repairs And Maintenance (R and M).

2- Overnight Cost (OC).

3- Capacity Factor (CF).

هزینه‌ی نهایی تولید ظرفیت باید برای حاشیه‌ی ذخیره<sup>۱</sup> و تلفات استفاده در پست انتقال تعدیل شود. این فرایند از طریق فرمول (۱۱) انجام می‌گیرد<sup>۲</sup> (زییدی و همکاران).

$$LRMC_{BUSBAR} = \frac{LRMC_{Gen.Cap.}(1 + Rm\%)}{(1 - L_{station}\%)} \quad (11)$$

که در این فرمول  $LRMC_{BUSBAR}$  هزینه‌ی نهایی بلندمدت توسعه‌ی ظرفیت در باس بار<sup>۳</sup>  $Rm$  درصد ذخیره‌ی نهایی (حاشیه ذخیره) در سیستم و  $L_{station}$  متوسط درصد تلفات در پست انتقال می‌باشد.

برای محاسبه‌ی درصد ذخیره‌ی نهایی از فرمول زیر استفاده می‌شود. (مونت و همکاران<sup>۴</sup>)

$$Rm = \left( \frac{TOC}{Load} - 1 \right) \times 100 \quad (12)$$

که در فرمول بالا  $Rm$  درصد ذخیره‌ی نهایی،  $TOC$  کل ظرفیت ارائه شده و  $Load$  کل بار مورد تقاضای مصرف‌کنندگان می‌باشد. همان‌طور که قبلاً در بحث تجدید ساختار صنعت برق ذکر شد، تجدید ساختار در صنعت برق در طی سال‌های اخیر در بسیاری از کشورها باعث جداسازی سه بخش تولید، انتقال، و توزیع از یکدیگر شده است و در بیش‌تر موارد شرکت‌های انتقال دارای شخصیت حقوقی جداگانه از شرکت‌های تولید هستند، بنابراین در این مطالعه نیز این فرض لحاظ شده است که این بخش‌ها در بازار اشتراک ظرفیت هم به‌صورت مجزا هستند، لذا هزینه‌های تولید تا محل شبکه‌های انتقال در نظر گرفته شدند.

#### ۴- روش تحقیق

روش این مطالعه از نوع توصیفی مبتنی بر روش علی و معلولی است برای پاسخ‌گویی به سئوالات از آمار توصیفی و آزمون‌های آمار استنباطی و آزمون‌های اقتصادسنجی استفاده می‌شود. جامعه‌ی آماری این مطالعه صنایع سیمان ایران است. این مطالعه به‌صورت مقطعی در سال ۱۳۸۵ انجام گرفته است. در این مطالعه به ۴۰

1- Reserve Margin .

2- Malik and Al-Zubeidi, 2006.

۱- به محل انشعاب مدارها در سیستم قدرت باس بار گفته می‌شود.

4- Mount, Ning and Cai, 2005.

کارخانه‌ی سیمان فعال در سال ۱۳۸۵، پرسش‌نامه ارسال شد، ولی از ۴۰ کارخانه، در نهایت ۳۷ پرسش‌نامه تکمیل و ارسال شد، در نهایت از ۳۷ کارخانه‌ی سیمان از ۴۰ کارخانه سیمان تحت پوشش قرار گرفته، آمار آب و هوا در ایستگاه‌های سینوپتیک سراسر ایران از سازمان هواشناسی ایران اخذ شده است.

### ۵- برآورد مدل

آزمون کولموگوروف - اسمیرنوف، برای نرمال بودن متغیرهای تحقیق در مورد ۳ متغیر میزان ظرفیتی (MW) که کارخانه‌ها حاضرند به‌صورت ماهانه مشترک شوند Qcasm، تمایل به پرداخت کارخانه‌های سیمان برای اجتناب از هزینه‌های خاموشی برای هر کیلووات (KW) Wtougk و تمایل نهایی به پرداخت برای هر واحد اشتراک ظرفیت (MW) Wtcasp، انجام گرفته است. چون فرض صفر آزمون کولموگوروف - اسمیرنوف، پیروی داده‌ها از توزیع نرمال است و مقدار p برای این ۳ متغیر به ترتیب برابر ۰/۵۲۹، ۰/۶۴۷ و ۰/۲۶۶ می‌باشد، بنابراین فرض صفر آزمون کولموگوروف رد نمی‌شود و فرضیه‌ی مقابل رد می‌شود، بنابراین توزیع متغیرهای اشتراک ظرفیت کارخانه‌های سیمان (MW)، تمایل به پرداخت کارخانه‌های سیمان برای اجتناب از خاموشی برای هر کیلووات (KW) و تمایل نهایی به پرداخت برای هر واحد اشتراک ظرفیت، منطبق بر توزیع نرمال قلمداد می‌شود.

جدول ۱ - خروجی آزمون کولموگوروف - اسمیرنوف

#### Descriptive Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
Qcasm	37	18.3978	14.30963	1.50	67.00
Wtougk	37	2.8E+07	8212908.482	1.2E+07	5.5E+07
wtcasp	37	2.8E+07	9782093.673	1.2E+07	5.5E+07



## One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Qcasm	Wtougm	wtcasp
N		37	37	37
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	18.3978	2.8E+07	2.8E+07
	Std. Deviation	14.30963	8212908	9782094
Most Extreme Differences	Absolute	.133	.121	.165
	Positive	.133	.121	.165
	Negative	-.119	-.081	-.073
Kolmogorov-Smirnov Z		.809	.738	1.004
Asymp. Sig. (2-tailed)		.529	.647	.266

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

منبع: محاسبات تحقیق

برای این‌که بتوان درک بیش‌تری از عوامل تأثیرگذار بر تمایل به پرداخت مصرف‌کنندگان برای اشتراک ظرفیت پیدا کرد، روش پارامتری یا روش رگرسیون در تجربه و تحلیل داده‌ها به کار گرفته شده است.

چون این مطالعه به صورت مقطعی در سال ۱۳۸۵ انجام گرفته است، بنابراین باید آزمون همسانی واریانس در مورد داده‌های مطالعه انجام گیرد. نتایج استفاده از آزمون وایت<sup>۱</sup> برای کشف ناهمسانی واریانس نشان می‌دهد که داده‌ها دچار مشکل ناهمسانی واریانس هستند بنابراین با استفاده از روش حداقل مربعات تعمیم یافته<sup>۲</sup>، مشکل ناهمسانی واریانس داده‌ها حل و در نهایت مدل نهایی عوامل مؤثر بر تمایل به پرداخت مصرف‌کنندگان به صورت زیر برآورد شد.

جدول ۲- برآورد عوامل مؤثر بر تمایل به پرداخت اشتراک ظرفیت کارخانه‌های سیمان

متغیر وابسته	C	Log (Lofay)	Log (Wtougk)	Log (Tpcfa)	Log (Trh)	نام متغیر
Log (Wtcas)	-۹/۳۵	-۱/۹۵	۰/۸۴	۰/۵۲	۲/۱	ضریب متغیر
	-۱/۴۸	-۲/۰۵	۳/۰۳	۳/۸	۱/۷۱	آماره‌ی t
Prob	۰/۱۴۷	۰/۰۴۷	۰/۰۰۴۰	۰/۰۰۰۵	۰/۰۹۶	احتمال
R – Squared = ۰/۸۱ Adjusted R – Squared = ۰/۷۸ Durbin – Watson Stat = ۱/۶۱						

منبع: محاسبات تحقیق

1 - White.

2- Generalized Least Squares (GLS).

که در جدول بالا Wtcas، تمایل به پرداخت کارخانه‌های سیمان برای اشتراک ظرفیت برحسب ریال، C عرض از مبدأ، Lofay ضریب بار سالانه‌ی (نسبت بار متوسط سال به بار پیک سال) کارخانه‌های سیمان، Wtougk تمایل به پرداخت کارخانه‌های سیمان برای اجتناب از هزینه‌ی خاموشی برای هر (KW) برحسب ریال، Tpcfa کل هزینه‌های برق کارخانه در سال گذشته و Trh میانگین بلندمدت بالاترین دمای ثبت شده در ایستگاه‌های سینوپتیک کشور می‌باشد. ضریب بار سالانه الگوی مصرف برق کارخانه‌های سیمان را از بعد مدیریت بار اندازه‌گیری می‌کند. تمایل به پرداخت برای اجتناب از هزینه‌ی خاموشی Wtougk، شاخص هزینه‌ی فرصت از دست رفته عدم وجود برق است، به طوری که اگر به دلیل خاموشی در سیستم ایجاد شود، کارخانه حاضر است چه قدر پول پرداخت کند تا خاموشی از بین رود.

هر مصرف کننده‌ی برق معمولاً یک دیماندی از شبکه دریافت و در کنار این دیماندا یک انرژی نیز به صورت اکتیو مصرف می‌کنند. کارخانه‌های سیمان نیز از این قاعده مستثنی نیستند، این کارخانه‌ها نیز دارای وضعیت مشابه‌اند. اما آن چه مهم است این است که در بسیاری از موارد کارخانه‌ها، کم‌تر از دیمانداشان برق مصرف می‌کنند یا این که در بسیاری از کارخانه‌ها سیمان نیروگاه داخلی وجود دارد، بنابراین برای پی بردن به کم مصرف یا پر مصرف بودن کارخانه‌ها از حیث شبکه، بهترین شاخص، هزینه‌های برق کارخانه می‌باشد، زیرا هم دربرگیرنده‌ی هزینه‌های دیماندا و هزینه‌های انرژی است (دربرگیرنده دیماندا و انرژی) و هم در آن تخفیفات شرکت‌های برق منطقه‌ای وجود دارد. بنابراین کل هزینه‌های برق کارخانه (Tpcfa) بهترین نماد پرمصرف یا کم مصرف بودن کارخانه‌های سیمان است.

تمام متغیرهای مدل از لحاظ آماری معنی‌دار هستند، برخی در سطح اطمینان ۹۵ درصد و برخی در سطح اطمینان بیش‌تر و کم‌تر از ۹۵ درصد معنی‌دار هستند. هم‌چنین آزمون Jarque-Bera برای نرمال بودن جملات پسماند معادله تمایل نهایی به پرداخت برای اشتراک ظرفیت کارخانه‌های سیمان اجراء گردید که نتایج این آزمون حاکی از آن است که توزیع جملات پسماند معادله‌ی تمایل نهایی به پرداخت، نرمال می‌باشد. برای پاسخ‌گویی به اشتراک ظرفیت درخواستی کارخانه‌های سیمان که تقریباً حدود ۷۰۰ MW است. در دو سناریوی جداگانه سناریوی اول دو نیروگاه ۵۰۰ MW گازی و سناریوی دوم یک نیروگاه ۱۰۰۰ MW گازی طراحی شده است. برای تجزیه و تحلیل هزینه‌های تولید برق در نیروگاه از نرم‌افزار COMFAR سازمان توسعه‌ی صنعتی

سازمان ملل متحد UNIDO استفاده شده است. به‌طور کلی هدف، محاسبه‌ی استهلاک تقسیم هزینه‌های دارائی ثابت استهلاک‌پذیر بین سنوات عمر مفید آن و تأمین قیمت دارائی مستهلک شده به منظور جای‌گزینی آن با دارائی ثابت مشابه در پایان عمر مفید آن دارائی است، مبنای محاسبه‌ی استهلاک دارائی‌های ثابت نیروگاه‌ها تبصره‌ی ۱۵۱ قانون مالیات‌های مستقیم کشور می‌باشد. بنا به دلایل بالا و به دلیل این‌که در بیش‌تر متون قیمت‌گذاری ظرفیت از هزینه‌ی استهلاک سالانه‌ی دارائی ثابت به عنوان قیمت ظرفیت استفاده شده، در این مطالعه نیز از این روش پیروی شده است.<sup>۱</sup>

در این مطالعه، نرخ تنزیل ۱۵/۵ درصد در نظر گرفته شده که معادل نرخ سود اوراق مشارکت طرح‌های ملی که از طرف دولت ایران منتشر می‌شود. به منظور واقعی کردن تولید ظرفیت نیروگاه‌ها نیز مقدار ظرفیت تولید شده از طریق ضریب ظرفیت نیروگاه‌ها (ضریب ظرفیت ۸۵ درصد در نظر گرفته شد) تعدیل شده است. این مهم در جدول ۳ قابل ملاحظه است.

جدول ۳- هزینه‌ی نهایی بلندمدت توسعه‌ی ظرفیت در باس بار و انرژی برق نیروگاه (ریال)

دو نیروگاه	نیروگاه	سناریو	عامل
۵۰۰ MW	۱۰۰۰ MW		
۷۰۰	۷۰۰		مجموع تقاضای کارخانه‌ها برای اشتراک ظرفیت مگاوات (MW)
۸۵۰	۸۵۰		مقدار ظرفیت تولید شده با لحاظ کردن ضریب ظرفیت مگاوات (MW)
۲۱	۲۱		درصد ذخیره‌ی نهایی
۴/۵	۴/۵		متوسط درصد تلفات ظرفیت در پست انتقال
۱۴۹۸۳۱۲۵۰	۱۳۹۵۷۶۲۵۰		هزینه‌ی نهایی بلندمدت تولید ظرفیت در نیروگاه به‌صورت سالانه ریال برحسب مگاوات (R/MW)
۱۸۹۵۱۸۶۹۴	۱۷۶۵۴۷۳۴۰		هزینه‌ی نهایی بلندمدت توسعه ظرفیت در باس بار به‌صورت سالانه ریال برحسب مگاوات (R/MW)
۱۳۶/۴	۱۳۵/۲		هزینه‌ی انرژی ریال در هر کیلو وات ساعت (R/KWh)

برای این‌که بتوان درک بهتری از این موضوع داشت، در جدول زیر مقایسه‌ای از هزینه‌های انرژی الکتریکی کارخانه‌های سیمان در حالت اجرای اشتراک ظرفیت و حالت موجود کشور در سال ۱۳۸۴ انجام گرفته است.

۱- برای مطالعه‌ی بیشتر رجوع شود به:

- Oren, S., Smith, S. and Wilson, R. (1985) Capacity Pricing. *Econometrica*. Vol.53. No.3, pp.548-560.

مجموع اشتراک ظرفیت کارخانه‌های سیمان (MW) از طریق پرسش‌نامه‌ی ارسالی به کارخانه‌های سیمان استخراج و محاسبه شده است. به دلیل این‌که آمار دقیقی از مجموع برق مصرفی کارخانه‌ها براساس اشتراک ظرفیت کارخانه‌های سیمان در دست نبود، به عنوان پروکسی از متوسط مجموع برق مصرفی کارخانه‌های سیمان در سال ۱۳۸۴ که از طریق پرسش‌نامه‌ها محاسبه شده، انتخاب گردیده است. با ضرب کردن مجموع اشتراک ظرفیت کارخانه‌های سیمان در هزینه‌ی سالیانه‌ی یک مگاوات اشتراک ظرفیت در باس بار (میلیون ریال)؛ هزینه‌ی سالیانه‌ی اشتراک ظرفیت کارخانه‌های سیمان (میلیارد ریال) به دست می‌آید.

جدول ۴- مقایسه‌ی هزینه‌های انرژی الکتریکی کارخانه‌های سیمان در حالت اجرای اشتراک ظرفیت و حالت موجود کشور در سال ۱۳۸۴

مقدار	عامل
۶۸۰/۷۲	مجموع اشتراک ظرفیت کارخانه‌های سیمان (MW)
۳۳۲۱۶۳۸۲۸۰	مجموع متوسط برق مصرفی کارخانه‌های سیمان در سال (KWh)
۱۷۶/۵۴۷۳۴	هزینه‌ی سالیانه‌ی یک مگاوات اشتراک ظرفیت در باس بار (میلیون ریال)
۱۳۵/۱۷	هزینه‌ی یک KWh انرژی برق (ریال)
۱۲۰/۱۷۹	مجموع هزینه‌ی اشتراک ظرفیت سالیانه‌ی کارخانه‌های سیمان (میلیارد ریال)
۴۴۸/۹۸۷	مجموع هزینه‌ی سالیانه‌ی انرژی برق مصرفی کارخانه‌های سیمان (میلیارد ریال)
۵۶۹/۱۶۷	کل هزینه‌ی انرژی الکتریکی سالیانه‌ی کارخانه‌های سیمان در حالت اجرای روش خود جیره‌بندی از طریق اشتراک ظرفیت (میلیارد ریال)
۵۸۹/۹۵۵	کل هزینه‌ی انرژی الکتریکی کارخانه‌های سیمان از روش موجود کشور در سال ۱۳۸۴ (میلیارد ریال)
۲۰/۷۸۸	کسر هزینه‌ی انرژی الکتریکی در حالت اجرای روش خود جیره‌بندی از طریق اشتراک ظرفیت به صورت سالانه (میلیارد ریال)

منبع: محاسبات تحقیق

در جدول بالا مقایسه‌ای از هزینه‌های انرژی الکتریکی کارخانه‌های سیمان در حالت اجرای اشتراک ظرفیت و حالت موجود کشور در سال ۱۳۸۴ انجام گرفته است. مجموع اشتراک ظرفیت کارخانه‌های سیمان (MW) از طریق پرسش‌نامه‌ی ارسالی به کارخانه‌های سیمان استخراج و محاسبه گردیده است. به دلیل این‌که آمار دقیقی از مجموع برق مصرفی کارخانه‌ها براساس اشتراک ظرفیت کارخانه‌های سیمان در دست نبود به عنوان پروکسی از متوسط مجموع برق مصرفی کارخانه‌های سیمان در سال ۱۳۸۴ که از طریق پرسش‌نامه‌ها محاسبه شده انتخاب گردیده است.

با ضرب کردن متوسط مجموع برق مصرفی کارخانه‌های سیمان در سال (KWh) در هزینه‌ی یک KWh انرژی برق (ریال)، مجموع هزینه‌ی سالیانه‌ی انرژی برق مصرفی کارخانه‌های سیمان (میلیارد ریال) حاصل می‌شود. با جمع کردن مجموع هزینه‌ی اشتراک ظرفیت سالیانه‌ی کارخانه‌های سیمان (میلیارد ریال) با مجموع هزینه‌ی سالیانه‌ی انرژی برق مصرفی کارخانه‌های سیمان (میلیارد ریال)، کل هزینه‌ی انرژی الکتریکی سالانه‌ی کارخانه‌های سیمان در حالت اجرای روش خود جیره‌بندی از طریق اشتراک ظرفیت (میلیارد ریال) به دست می‌آید.<sup>۱</sup> یکی از سؤال‌های پرسش‌نامه‌ی ارسالی به کارخانه‌های سیمان، کل هزینه‌های برق کارخانه در سال گذشته (سال ۱۳۸۴) بوده است با جمع کردن این هزینه‌ها، کل هزینه‌ی انرژی الکتریکی کارخانه‌های سیمان از روش موجود کشور در سال ۱۳۸۴ (میلیارد ریال) حاصل می‌شود.<sup>۲</sup> با ملاحظه‌ی جدول ۴، مشخص می‌شود که کل هزینه‌ی انرژی الکتریکی سالیانه‌ی کارخانه‌های سیمان در حالت اجرای روش خود جیره‌بندی از طریق اشتراک ظرفیت کمتر از کل هزینه‌ی انرژی الکتریکی کارخانه‌های سیمان از روش موجود کشور در سال ۱۳۸۴ بوده است. کسر هزینه‌ی انرژی الکتریکی در حالت اجرای روش خود جیره‌بندی از طریق اشتراک ظرفیت به صورت سالیانه نسبت به کل هزینه‌ی انرژی الکتریکی کارخانه‌های سیمان با استفاده از روش موجود کشور در سال ۱۳۸۴ برابر با ۲۰/۷۸۸ میلیارد ریال می‌باشد.<sup>۳</sup> بنابراین روش خود جیره‌بندی از طریق اشتراک ظرفیت، سبب کاهش هزینه‌ی انرژی الکتریکی در صنایع سیمان ایران می‌شود.

۱- این هزینه‌ها بر مبنای متوسط قیمت اشتراک ظرفیت و انرژی برق در ۲۰ سال آینده به دست آمده، در حالی که هزینه‌ی انرژی الکتریکی کارخانه‌های سیمان در سال ۱۳۸۴ بر مبنای قیمت سال ۱۳۸۴ بوده است.

۲- لازم به ذکر است مجموع متوسط توان بار (ظرفیت) کارخانه‌های سیمان در سال (MW) برابر با ۶۱۷ مگاوات بود، در حالی که در روش اشتراک ظرفیت ۶۸۰/۷۲ MW است.

۳- چون درصد ذخیره‌ی نهایی در روش اجرا شدی خود جیره‌بندی از طریق اشتراک ظرفیت حدود ۲۱ درصد می‌باشد، این عامل سبب افزایش قابلیت اطمینان و کاهش هزینه‌های خاموشی می‌شود که در این محاسبه هزینه‌های خاموشی روش موجود کشور نیز لحاظ نشده است و از سویی در این مقایسه درآمدهای ناشی از فروش اشتراک ظرفیت بلااستفاده در بازار اشتراک ظرفیت توسط کارخانه‌های سیمان از هزینه‌های اشتراک ظرفیت کسر نشده است.

جدول ۵- درصد کاهش سالانه‌ی هزینه‌های انرژی الکتریکی کارخانه‌های سیمان در حالت اجرای اشتراک ظرفیت و حالت موجود کشور در سال ۱۳۸۴

متوسط درصد کاهش هزینه‌ی انرژی	نوع مقیاس کارخانه
۱۶	مقیاس کوچک (۵۰۰ تا ۲۰۰۰ تن)
۸	مقیاس متوسط (۲۳۰۰ تا ۴۰۰۰ تن)
۱۷	مقیاس بزرگ (۴۵۰۰ تا ۱۰۷۰۰ تن)

منبع: محاسبات تحقیق

برای این که درک بهتری از کاهش هزینه‌های انرژی الکتریکی کارخانه‌های سیمان بر اساس اندازه‌ی کارخانه‌ها پیدا کرد. کارخانه‌های سیمان به سه مقیاس طبقه‌بندی شده و بر اساس روش مذکور در جدول ۴ متوسط صرفه‌جویی‌های حاصل از روش جدید نسبت به روش موجود در هر مقیاس محاسبه شده‌است؛ متوسط درصد کاهش سالانه‌ی هزینه‌ها (بدون لحاظ کردن قابلیت اطمینان بیش‌تر و درآمدهای فروش اشتراک ظرفیت) نسبت به روش موجود کشور محاسبه شده‌است. متوسط درصد کاهش سالانه‌ی هزینه‌ها برای کارخانه‌های کوچک مقیاس برابر ۱۶ درصد، برای کارخانه‌های متوسط مقیاس، برابر با ۷ درصد و برای کارخانه‌های بزرگ مقیاس، ۱۷ درصد است.

اشتراک ظرفیت، نیازمند راه‌حل بازار است و تأسیس بازار ظرفیت بخش مرکزی این راه‌حل می‌باشد. برای رسیدن به این هدف یک شکل از بازار ظرفیت طراحی شده است. در این شکل کارخانه‌های سیمان می‌توانند با استفاده از قراردادهای دو جانبه با تولیدکننده‌ی ظرفیت (نیروگاه)، ظرفیتی که قبلاً براساس اشتراک ظرفیت اعلام کرده‌اند را در سناریوی نیروگاه ۱۰۰۰ مگاواتی خریداری کنند. در این حالت هر مگاوات اشتراک ظرفیت سالیانه در باس بار در سناریوی نیروگاه ۱۰۰۰ MW، به قیمت ۱۷۶۵۴۷۳۴۰ ریال خریداری می‌کنند، البته به دلیل بالا بودن درصد ذخیره‌ی نهایی حدود ۲۱ درصد ظرفیت خریداری شده از قابلیت اطمینان بالاتری نسبت به ظرفیت‌های شرایط فعلی (شرایط موجود) برخوردار است<sup>۱</sup>، اما کارخانه‌های سیمان در بیش‌تر موارد به‌طور متوسط

۱- بهای انرژی براساس مقدار انرژی برق مصرفی براساس KWh انرژی مصرفی کارخانه‌ها در سناریوی نیروگاه ۱۰۰۰ مگاواتی و به قیمت ۱۳۵/۱ ریال محاسبه می‌شود.

در سال حدود ۲ ماه تعمیرات دارند، یا این که براساس شرایط بازار کم‌تر از ۲۴ ساعت کار می‌کنند، یا این که در ۳ شیفت کاری در بعضی از شیفت‌ها یک واحد را در حالت خواب نگاه می‌دارند که همه‌ی این عوامل سبب وجود ظرفیت بلااستفاده در سیستم می‌شود. ظرفیت بلا استفاده می‌تواند به صورت ماهانه یا حتی هفتگی یا روزانه باشد. در این حالت کارخانه‌ها می‌توانند ظرفیت بلااستفاده‌ی خود را به سازمان بازار<sup>۱</sup> یا به خرده‌فروشان و حتی به مصرف‌کنندگان نهایی قبل از شروع تعمیرات یا خواب خط تولید بفروشند. این مهم می‌تواند از طریق تعیین حداقل قیمت قابل قبول از طرف فروشنده‌ی ظرفیت برای هر MW ظرفیت (به صورت ماهانه، هفتگی و یا حتی روزانه) و حداکثر قیمت پرداختی توسط خریدار برای هر MW ظرفیت انجام گیرد و سپس براساس توافق فروشنده و تقاضا کننده و شرایط بازار یک قیمت تعیین می‌شود، که این قیمت تعیین شده بازار ظرفیت را نیز تسویه می‌کند.<sup>۲</sup> این بازار می‌تواند ضمن کاهش هزینه‌های ظرفیت کارخانه‌های سیمان از یک سو از سوی دیگر با تأمین بخشی از بار مورد نیاز سایر مصرف‌کنندگان و یا حتی سایر کارخانه‌های سیمان از راه ظرفیت بلااستفاده، نوعی مدیریت بار را به شیوه‌ی خودجیره‌بندی از طریق اشتراک ظرفیت اعمال کند (با به‌کارگیری ظرفیت بلااستفاده) و سبب کاهش هزینه‌های سرمایه‌گذاری در ایجاد ظرفیت جدید در حالت پیک و یا غیرپیک شود، که این یکی از اهداف برنامه‌های مدیریت بار می‌باشد.

## ۶- نتیجه‌گیری

- یکی از اهداف روش خودجیره‌بندی، مدیریت بار از طریق بهبود ضریب بار است، از این رو روش خودجیره‌بندی از طریق بهبود ضریب بار موجب کاهش تمایل به پرداخت کارخانه‌های سیمان برای اشتراک ظرفیت می‌شود در حالت بهینه این تمایل نهایی به پرداخت، برابر با هزینه‌ی یک واحد اشتراک ظرفیت است، بنابراین خودجیره‌بندی از طریق مدیریت بار در نتیجه‌ی بهبود ضریب بار، سبب کاهش هزینه‌های انرژی الکتریکی

۲- منظور از سازمان بازار همان شرکت کنندگان منفرد بازار از جمله مالکان انتقال، تولید کنندگان و شرکت‌های توزیع به استثنای بهره‌بردار مستقل است. وظیفه‌ی بهره‌بردار مستقل نظارت بر رعایت قواعد بازی توسط طرفین بازار است و باید قواعد سالم را برای ایجاد بازار رقابتی وضع کند.

۱- خریدار باید علاوه بر بهای ظرفیت به اندازه‌ی انرژی مصرفی بهای انرژی را براساس قیمت ذکر شده برای هر KWh انرژی مصرفی پرداخت کنند.

در صنایع سیمان می‌شود، از سویی بزرگ بودن این ضریب ۱/۹۵- حاکی از اهمیت مدیریت بار در صنعت برق است.<sup>۱</sup>

- ضریب تمایل به پرداخت برای اجتناب از هزینه‌ی خاموشی Wtougk شاخص هزینه‌ی فرصت از دست رفته‌ی عدم وجود برق برابر با ۰/۸۴ است، بنابراین بنگاه‌هایی که هزینه‌ی فرصت از دست رفته‌ی برق برایشان بالاتر است، تمایل به پرداخت بالاتری نیز برای اشتراک ظرفیت دارند.

- کل هزینه‌های برق کارخانه (Tpcf) بهترین نماد پرمصرف یا کم مصرف بودن کارخانه‌های سیمان است. همان‌طور که از جدول ۲ ملاحظه می‌شود، ضریب این متغیر ۰/۵۲ است یعنی یک درصد افزایش در هزینه‌های برق کارخانه (به عنوان نماد پرمصرف یا کم مصرف بدون کارخانه‌های سیمان یعنی هر کارخانه‌ای که هزینه‌های برقی بالاتر باشد، این کارخانه نسبت به کارخانه‌های دیگر پرمصرف‌تر است)، تمایل به پرداخت کارخانه‌های سیمان به اندازه‌ی ۰/۵۲ افزایش می‌یابد. از سویی علامت ضریب نیز مثبت است، یعنی هرچه کارخانه‌های سیمان هزینه‌های برقی بالاتر باشد، این کارخانه‌ها از حیث انرژی الکتریکی پرمصرف‌تر هستند و در نتیجه تمایل به پرداختشان برای اشتراک ظرفیت نیز بیش‌تر و علامت ضرایب مطابق انتظار تئوریک می‌باشد.

- بر طبق جدول ۲، ضریب متغیر میانگین بلندمدت بالاترین دمای ثبت شده در ایستگاه‌های سینوپتیک کشور Trh برابر با ۲/۱ می‌باشد، یعنی یک درصد افزایش در میانگین بلندمدت بالاترین دمای ثبت شده در این ایستگاه‌ها، تمایل به پرداخت برای اشتراک ظرفیت توسط کارخانه‌های سیمان را به اندازه‌ی ۲/۱ درصد افزایش می‌دهد.<sup>۲</sup>

۱- تمایل نهایی به پرداخت منافع مورد انتظار یک واحد اضافی از اشتراک ظرفیت را نشان می‌دهد که در حالت بهینه این تمایل نهایی به پرداخت برابر با هزینه‌ی یک واحد اشتراک ظرفیت است. هدف برنامه‌های مدیریت بار افزایش ضریب بار است. در حالت خود جیره‌بندی برای هر ظرفیتی زیر حداکثر اشتراک ظرفیت، ضریب بار نسبت به حالت عدم جیره‌بندی بالاتر است و در هر ظرفیتی بالاتر از اشتراک ظرفیت که مصرف در حالت پیک است، دلالت بر ضریب بار پیک دارد (Bernord and Roland, 2000). بنابراین خود جیره‌بندی از طریق بهبود (افزایش) ضریب بار منجر به کاهش هزینه‌های الکتریسیته برای کارخانه‌های سیمان می‌شود.

۲- در حقیقت تقاضا برای برق به شدت تحت تأثیر دما است. براساس مبانی تئوریک مطرح شده در مورد اشتراک ظرفیت، تمایل به پرداخت برای اشتراک ظرفیت نیز از دما متأثر می‌باشد. اما نحوه‌ی تأثیرپذیری اشتراک ظرفیت بستگی به کاربرد برق در سرمایه‌ی و گرمایش دارد؛ برای مثال در کشورهایی که از برق برای گرمایش استفاده می‌کنند، مانند کانادا، کاهش دما بر روی تمایل به پرداخت تأثیر می‌گذارد (این کشورها دارای پیک فصلی زمستانی نیز هستند)، در حالی که در کشورهایی که برق در سرمایه‌ی کاربرد دارد، افزایش دما بر تمایل به پرداخت تأثیر می‌گذارد. در ایران چون از برق در بخش‌های خانگی و تجاری و حتی صنعت برای سرمایه‌ی استفاده می‌شود، بنابراین انتظار بر آن است که نوعی پیک در فصل گرم سال (ماه‌های تیر و مرداد) ایجاد شود که این پیک کاربردهای دیگر برق را نیز (مثلاً برای حرکت ماشین‌آلات و...) تحت تأثیر قرار می‌دهد.



علامت ضریب نیز مثبت است، یعنی هرچه دما بیش‌تر افزایش یابد تمایل به پرداخت کارخانه‌های سیمان نیز افزایش می‌یابد.

- بازار اشتراک ظرفیت می‌تواند ضمن کاهش هزینه‌های ظرفیت کارخانه‌های سیمان از یک طرف و از طرف دیگر با تأمین بخشی از بار مورد نیاز سایر مصرف‌کنندگان و یا حتی سایر کارخانه‌های سیمان از راه ظرفیت بلااستفاده نوعی مدیریت بار را به شیوه خود جیره‌بندی از طریق اشتراک اعمال نماید (با به‌کارگیری ظرفیت بلااستفاده) و باعث کاهش هزینه‌های سرمایه‌گذاری در ایجاد ظرفیت جدید در حالت پیک شود، که این یکی از اهداف برنامه‌های مدیریت بار می‌باشد.

- به دلیل وجود ظرفیت بلا استفاده در برخی اوقات، به‌صورت ماهانه یا حتی هفتگی یا روزانه در کارخانه‌های سیمان، کارخانه‌های سیمان می‌توانند این ظرفیت را در بازار اشتراک ظرفیت در قیمتی که براساس توافق فروشنده و تقاضا کننده و شرایط بازار تعیین می‌گردد، این قیمت تعیین شده بازار ظرفیت را نیز تسویه می‌کند) به فروش رسانند.

- بازار اشتراک می‌تواند ضمن کاهش هزینه‌های ظرفیت کارخانه‌های سیمان از یک سو و با تأمین بخشی از بار مورد نیاز سایر مصرف‌کنندگان و یا حتی سایر کارخانه‌های سیمان از راه ظرفیت بلااستفاده، نوعی مدیریت بار را به شیوه خود جیره‌بندی از طریق اشتراک اعمال کند (با به‌کارگیری ظرفیت بلااستفاده) و سبب کاهش هزینه‌های سرمایه‌گذاری در ایجاد ظرفیت جدید در حالت پیک شود که این یکی از اهداف برنامه‌های مدیریت بار می‌باشد.

- وجود این بازار سبب از بین رفتن ناکارایی جبران بار بیش از اندازه<sup>۱</sup> مطرح شده توسط وو<sup>۲</sup> می‌شود و این عامل کارآیی روش خود جیره‌بندی را افزایش می‌دهد.

## ۷- قدرانی

نگارندگان از سازمان بهره‌وری انرژی و کارخانه‌های سیمان ایران که در تکمیل پرسش‌نامه‌ها همکاری کردند، سپاس گزارند. و از راهنمایی‌های ارزنده‌ی دکتر گراد دورمن، عضو مؤسسه‌ی تحقیقات انرژی SINTEF نروژ و پرفسور توماس برنراد استاد دانشگاه لوال ایالت کبک کانادا کمال تشکر را دارند.

1 - Too Much load Relief.

2 -Woo.

## ۸- فهرست منابع

- ۱- آخوندی یزدی، ن. (۱۳۸۵). مدل توسعه‌ی ظرفیت نیروگاه‌های حرارتی: مطالعه‌ی موردی نیروگاه‌های حرارتی اصفهان. پایان نامه‌ی چاپ نشده کارشناسی ارشد علوم اقتصادی دانشگاه اصفهان، اصفهان.
- ۲- پژوهشکده‌ی حمل و نقل (۱۳۸۵). تخمین قیمت بهینه سوخت و ارائه مدل بهینه‌ی تخصیص یارانه‌ی سوخت در بخش حمل و نقل زمینی. (طرح پژوهشی وزارت راه و ترابری).
- ۳- شاهیده پور، م.، یمین، ح. و لی ز. (۱۳۸۴). عملیات بازار در سیستم‌های الکتریکی قدرت. (ح.سیفی، غ. یوسفی و م. پدرام، مترجمان). تهران: دانشگاه تربیت مدرس.
- ۴- فلاوین، ک. و لنسن، ن. (۱۳۸۱). غلیان قدرت راهنمایی بر انقلاب در حال وقوع انرژی: (ع. صدیقی، مترجم) تهران: انتشارت نی.
- 5- Bernard, J. & Roland, M. (2000). Load Management Programs, Cross-Subsidies and Transaction Costs: The Case of Self-Rationing. *Resource and Energy Economics*, Vol.22, pp. 170-185.
- 6- Brown, G. & Johnson, B. (1969). Public Utility Pricing and Output Under Risk. *The American Economic Review*, Vol.59, NO. 1, pp. 120-126.
- 7- Brown, S.J. & Sibley, D.S. (1986). *The Theory of Public Utility Pricing*. Cambridge University Press.
- 8- Carlsson, F. & Martinsson, P. (2007). Willingness to Pay among Swedish Households to Avoid Power Outages: A Random Parameter Tobit Model Approach. *The Energy Journal*, Vol.28, NO. 1, pp. 75-79.
- 9- Carson, R. and Haneman, M.W. (2005). *Handbook of Environmental Economics*, (Edited by Mäler, K. G. and Vincent, J.R.) by: Elsevier.
- 10- Carson, R.C., Flores, N.E. & Meade, N.F. (2001). *Contingent Valuation: Controversies and Evidence*. *Environmental and Resource Economics*, Vol.19, pp.173-180.
- 11- Chambers, R.G. (1988). *Applied Production Analysis a Dual Approach*. Cambridge University Press.
- 12- Doorman, G. & Solem, G. (2005). *Capacity Subscription and Its Market Design Impact*. By: SINTEF Energy Research of Norway.
- 13- Doorman, G. (2005). *Capacity Subscription: Solving The Peak Demand Challenge In Electricity Markets*. *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol. 20, NO. 1, pp.240-244.
- 14- Doucet, J. & Roland, M. (1993). *Efficient Self-Rationing of Electricity Revisited*. *Journal of Regulatory Economics*, Vol. 5, pp.92-99.
- 15- Lawton, L., Sullivan M., Liere, V. & Katz, A. (2003). *A Framework and Review of Customer Outage Costs: Integration and Analysis of Electric*

- Utility Outage Cost Surveys. By: Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory. University of California Berkeley.*
- 16- Lee, S. (1993). *Welfare-Optimal Pricing and Capacity Selection under an Ex Ante Maximum Demand Charge. Journal of Regulatory Economics, Vol. 5, pp. 317-329.*
  - 17- Malik, A.S. & Al-Zubeidi, S. (2006). *Electricity Tariffs Based on Long-Run Marginal Costs for Central Grid System of Oman. Energy, Vol. 31, pp. 1368-1377.*
  - 18- Moeltner, K. & Layton, D.F. (2002). *A Censored Random Coefficients Model for Pooled Survey Data with Application to the Estimation of Power Outage Costs. Review of Economics and Statistics Vol. 84, No. 3, pp. 552-559.*
  - 19- Mount, D.T., Ning, Y. & Cai, X. (2006). *Predicting Price Spikes in Electricity Markets Using a Regime-Switching Model with Time-Varying Parameters. Energy Economics, Vol. 28, No. 3, pp. 68-75.*
  - 20- Munasinghe, M. (1990). *Electric Power Economics Selected Works. Publication By: Butterworth London.*
  - 21- Oren, S., Smith, S. and Wilson, R. (1985) *Capacity Pricing. Econometrica, Vol. 53, No. 3, pp. 548-561.*
  - 22- Panzer, J. & Sibley, D. (1978). *Public Utility Pricing and Output under Risk the Case of Self-Rationing. The American Economic Review, Vol. 68, No. 5, pp. 889-893.*
  - 23- Schwarz, P. & Taylor, T. (1987). *Public Utility Pricing and Output under Risk the Case of Self-Rationing: Comment and Extension. The American Economic Review, Vol. 77, No. 4, pp. 734-735.*
  - 24- Stoft, S. (2002). *Power System Economic Designing Markets for Electricity. Publication By: IEEE.*
  - 25- Turvey, R. (1970). *Public Utility Pricing and Output under Risk: Comment. The American Economic Review Vol. 60, No. 3, pp. 487-488.*
  - 26- Woo C. (1990). *Efficient Electricity Pricing with Self-Rationing. Journal of Regulatory Economics, Vol. 2, pp. 69-78.*

جدول پیوست ۱ خروجی آزمون وایت

White Heteroskedasticity Test:				
F-statistic	8.71855	Probability	0.000053	
Obs*R-squared	47.858095	Probability	0.000018	
Test Equation:				
Dependent Variable: RESID^2				
Method: Least Squares				
Date: 11/02/07 Time: 15:14				
Sample:	1 37			
Included observations: 37				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-407.1754	213.1708	-1.91009	0.0664
LOG(LOFAY)	2.019542	3.961087	0.509845	0.6142
(LOG(LOFAY))^2	0.750565	8.184397	0.091707	0.9276
LOG(WTOUGK)	47.48056	22.1914	2.139593	0.0412
(LOG(WTOUGK))^2	-2.32975	1.087558	-2.142184	0.041
LOG(TPCFA)	4.606234	3.358458	1.371532	0.1811
(LOG(TPCFA))^2	-0.107741	0.075481	-1.427402	0.1645
LOG(TRH)	65.4805	75.68414	0.865181	0.3943
(LOG(TRH))^2	-9.102154	10.10632	-0.90064	0.3755
R-squared	0.3507593	Mean dependent var	0.519949	
Adjusted R-squared	0.3188119	S.D. dependent var	0.869756	
S.E. of regression	0.0005512	Akaike info criterion	-9.917431	
Sum squared resid	0.0003351	Schwarz criterion	-9.717431	
Log likelihood	668.4749	F-statistic	47.85809	
Durbin-Watson stat	1.660891	Prob(F-statistic)	0.000053	

جدول پیوست ۱ خروجی مدل تخمینی

Dependent Variable: LOG(WTCAS)				
Method: Least Squares				
Date: 11/03/07 Time: 22:30				
Sample: 1 37				
Included observations: 37				
Weighting series: LOG(WTOUGK)^2				
White Heteroskedasticity-Consistent Standard Errors & Covariance				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-9.350400	6.305836	-1.482817	0.1479
LOG(LOFAY)	-1.950838	0.948426	-2.056923	0.0479
LOG(WTOUGK)	0.846540	0.273110	3.099633	0.0040
LOG(TPCFA)	0.526554	0.137174	3.838597	0.0005
LOG(TRH)	2.102991	1.227574	1.713127	0.0964
Weighted Statistics				
R-squared	0.810469	Mean dependent var	19.66324	
Adjusted R-squared	0.786778	S.D. dependent var	1.679903	
S.E. of regression	0.775712	Akaike info criterion	2.455018	
Sum squared resid	19.25535	Schwarz criterion	2.672710	
Log likelihood	-40.41784	F-statistic	7.973492	
Durbin-Watson stat	1.610370	Prob(F-statistic)	0.000141	
Unweighted Statistics				
R-squared	0.509652	Mean dependent var	19.64796	
Adjusted R-squared	0.448359	S.D. dependent var	1.044388	
S.E. of regression	0.775694	Sum squared resid	19.25442	
Durbin-Watson stat	1.608819			