روش جدید قیمت گذاری دسترسی به شبکه های توزیع و پیاده سازی آن بر روی شبکه واقعی

سینا کوثری موحد[i]، رضا قاضی[ii]

چکیده

در این مقاله، ابتدا روش های مرسوم قیمت گذاری دسترسی به شبکه توزیع بررسی شده است. با توجه به نقاط ضعف این روش ها بخصوص عدم کارایی آنها در قیمت گذاری به هنگام ورود واحدهای تولید پراکنده به عنوان تولید کنندهٔ مستقل در بازار آزاد برق، در مقاله حاضر، روش جدید قیمت گذاری ارائه شده است که ضمن دقت بیشتر، ضعف های فوق را نیز برطرف می کند. در این روش قیمت گذاری، هزینهٔ شبکه شامل منابع و خطوط، با توجه به اجزای هزینه دقیقا مدل سازی شده و مطابق آلگوریتم پیشنهادی به گره های دسترسی تخصیص داده شده و قیمت گذاری صورت می گیرد. برای محاسبات، برنامه های کامپیوتری متنوع شامل پیش بینی بار، برنامه ریزی توسعه واصلاح شبکه و قیمت گذاری نوشته شده است.

روش پیشنهادی بر روی شبکه واقعی در دو سطح فشار ضعیف و متوسط پیاده سازی و نتایج آن مورد تجزیه تحلیل قرار گرفته و با روش های قبلی مقایسه شده است.

کلمات کلیدی

قیمت گذاری شبکه توزیع، هزینه های شبکه توزیع، تنظیم اقتصادی بازار توزیع، اقتصاد توزیع

A New Method of Distribution Pricing and Its Implementation on a Real Network

S. Kowsari M.; R. Ghazi

ABSTRACT

The rapid increasing cost of electricity in recent years brought about awareness to the importance of pricing policies in maximizing the social welfare. In this paper a new method is developed to determine the price of electricity at different nodes in distribution systems. Although location based pricing is complicated but it is an accurate method. The cost function in the developed method consists of all cost components. These components are losses, investment for development and reinforcement of network, operation and maintenance costs. The proposed method has been applied on a real distribution network in both low and medium voltage level. To implement the proposed algorithm various software such as load forecasting, expansion and reinforcement planning are developed.

KEYWORDS

Distribution pricing, distribution costs, distribution regulation, distribution economics

[i] دانشجوی دکتری دانشگاه فردوسی مشهد: s_kowsari_m@hotmail.com

[ii] دانشیار دانشگاه فردوسی مشهد: rghazi@um.ac.ir

۱- مقدمه

پیرو سیاست خصوصی سازی صنعت برق، مقوله قیمت گذاری دسترسی به شبکه انتقال بیش از پیش مورد توجه محققان قرار گرفت و روش های زیادی برای محاسبه آن پیشنهاد شد [۱]-[۵] . در بسیاری از کشورها، تنها با دسترسی آزاد به شبکه انتقال، مشترکین بزرگ و شرکت های توزیع در یک بازار عمده فروشی، برق را از تولیدکنندگان انتخابی خریداری می کنند. حال اگر این دسترسی آزاد، به شبکه توزیع نیز تعمیم داده شود [۶]، بازار خرده فروشی ایجاد و این حق انتخاب به مشترکین کوچک تر نیز داده خواهد شد. یکی از کاستی های موجود در رسیدن به چنین بازاری، نبود روش قیمت گذاری مناسب و کارآمد بوده است. در صورتی که تنظیم کننده[۱] بازار برق نتواند قیمت دسترسی مناسبی برای شبکهٔ توزیع ارائه دهد، باعث به هم ریختگی جدی در کل بازار خواهد شد و به خاطر همین دولت مجبور به دخالت می شود که نتیجهٔ آن، افزایش قیمت برق خواهد بود .

در زمینهٔ قیمت گذاری در توزیع، تحقیقات زیادی صورت نگرفته است. از مجموع مقالاتی که در این موضوع انتشار یافته است، می توان به اجمال گفت که یکی از روش ها، تعیین هزینه نموی نسبت به زمان و میزان تقاضا، بر اساس تنظیم پیمانه ای[۲] است [۷]-[۹] . در این روش، از هزینه های نموی بلند مدت LTMC[۳] استفاده شده است، به طوری که رگرسیون بین رشد بار در یک منطقه و نمو سرمایه گذاری در گذشته، بر اساس داده های تاریخی و نتایج برنامه ریزی بهینه و فشرده شده به دست می آید و با استفاده از آن، سرمایه گذاری سالیانه، در آینده پیش بینی می شود. برنامه ریزی بهینه و فشرده شده، با حذف جزئیات جغرافیایی، به دست می آید که در آن، مدل شبکه مجموعه ای از عناصر اصلی سیستم توزیع اولیه PEDS[۴] شامل پست های فوق توزیع و فیدرهای فشار متوسط است. در هر ناحیه، یک PEDS ساختگی، به کمک اطلاعات شبکه موجود و با آنالیز خوشه سازی[۵]، جایگزین PEDS های موجود می شود. با حذف مرزهای عملکرد شرکت های توزیع، متناسب با رشد بار مصرفی، تغییرات لازم در PEDS ها براساس توجیه اقتصادی و محدودیت های فنی تعیین شده و نمو هزینه های سالیانه مرتبط با آنها نیز محاسبه می شود. تعرفهٔ دسترسی به شبکه از نسبت نمو هزینه سالیانه PEDS ، به نمو بار مصرفی و میزان مشارکت مشترکین در این نمو بار مشخص می شود.

روش دیگر [۱۰] ، کاربرد قاعده OFTEL[۶] به منظور قیمت گذاری دسترسی به شبکه توزیع در طرح رقابتی پیمانه ای، برای تعیین تعرفهٔ برق انواع مشتریان است. ساختار کلی این روش، مشابه روش قبلی است، تنها با این تفاوت که مدل هزینه کامل تر شده و به دو بخش ثابت و متغیر تقسیم بندی و برای بخش متغیر آن هزینه نموی محاسبه و برای بخش ثابت، طبق قاعده OFTEL سهم مشتریان مختلف را به نسبت استفاده از شبکه در طول سال، تقسیم می کنند.

از محدودیت ها و نواقص روش ها [۱۱]- [۱۴] این است که نمو هزینه، نسبت به سرمایه گذاری های در نظر گرفته شده حساس است، ولی نسبت به تغییرات هزینه و بار، در طول نمو زمان ثابت است. روش فشرده سازی در برنامه ریزی توسعه شبکه موجب می شود، به محدودیت های فیزیکی و تکنیکی در محاسبات توجه نشود و همچنین توپولوژی ثابتی برای شبکه در نظر گرفته و میزان مشارکت هر مشترک در هزینه های اجزای اولیهٔ شبکه توزیعPEDS یا فیدر فشار متوسط مشخص می گردد، ولی ضرایب همزمانی بین بارهای مشترکین در نظر گرفته نمی شود.

به نظر نویسندگان این مقاله، علاوه بر موارد فوق، در صورتی که واحدهای تولید پراکنده DG[۷] به عنوان تولید کنندهٔ مستقل بخواهند در بازاررقابتی وارد شوند، با توجه به اینکه این واحدها در نقطه ای از فیدر اتصال می یابند و قسمتی از فیدر را تغذیه می کنند، روش های قیمت گذاری قبلی در این خصوص کارآیی لازم را ندارند. زیرا در روش های قبلی حق دسترسی برای کل فیدر، ثابت در نظر گرفته می شود و این یک ضعف عمده محسوب می شود.

روش پیشنهادی مقالهٔ حاضر، قیمت گذاری مکانی توزیع را مطرح می کند که در آن، هزینهٔ عبور توان به مسافت های متفاوت در گره های مختلف یکسان نیست و به این ترتیب، ضعف عمدهٔ روش های قبلی برطرف می شود. همچنین ضرایب همزمانی بین مصرف مشترکین در نظر گرفته شده و توپولوژی شبکهٔ توزیع نیز می تواند ثابت نباشد. مدل هزینه نسبت به کارهای قبلی کامل تر و روش برنامه ریزی، با جزئیات جغرافیایی توأم شده و از دقت زیادی برخوردار است. فرمول بندی روش و آلگوریتم پیاده سازی به تفصیل در مرجع [۱۵] ذکر شده است، لیکن برای کامل بودن مطلب، این آلگوریتم در بخش های بعدی این مقاله نیز آورده شده و در ادامه، بر روی شبکه واقعی با حجم نسبتاً بزرگ، متشکل از شبکهٔ فشار ضعیف و متوسط در محدودهٔ شهر تربت حیدریه، پیاده سازی و نتایج آن با روش های قبلی مقایسه شده است. این شبکه، شامل محدودهٔ تغذیهٔ سه پست فوق توزیع ۱۳۲kV/۲۰kV که به وسیله ۱۰ فیدر با خطوط فشار متوسط به طول ۱۵۱.۷km،

تعداد ۱۹۹ پست توزیع را تغذیه می کنند. کل شبکهٔ فشارضعیف مورد مطالعه به طول ۴۲۱،۲km به وسیلهٔ ۴۸۶ فیدرخروجی تغذیه می شوند.

۲- تنظیم اقتصادی بازار برق در توزیع

در سیستم بازار آزاد برق، شرکت های توزیع DISCO[۸] همچنان وظیفهٔ برق رسانی را بر عهده دارند، امّا بخش خرید و فروش برق به تاجران عمده و خرده فروش واگذار شده است. انرژی تولید شده، برای تحویل به مشترکین بایستی از شبکه انتقال و توزیع عبور داده شود و درصدی از ظرفیت آنها را اشغال کند. برای تاجران برق، تنها یک انتخاب بیشتر وجود ندارد، بایستی کالای خود را از شبکهٔ واحدی عبور دهند. شرکت های Disco به عنوان دارندهٔ انحصاری شبکه های توزیع، باید هزینه های ثابت و متغیر آن را از محل درآمدهای ناشی از حق ترانزیت برق تامین کنند، بنابراین از تنظیم اقتصادی دوره ای که به وسیلهٔ تنظیم کنندهٔ بازار برق ارائه می شود، مستثنی نیستند [۶].

در این تنظیم اقتصادی لازم است قواعدی برای محدود کردن درآمدهای شرکت توزیع و همچنین تاجران خرده فروش[۹] تدوین و اجرا شود. از بین انواع روش های تنظیم بازار، روش بازگشت سرمایه[۱۰] به دلیل فقدان انگیزه برای کاهش سرمایه گذاری و هزینه ها به کار گرفته نمی شود. سایر روش ها بنحوی تنظیم شده است که شرکت های توزیع را تشویق می کند، بهره وری خود را افزایش دهند. دو روش برجستهٔ در این زمینه [۱۲] و[۱۳]، در ادامه توضیح داده شده اند.

۲-۱- تنظیم قیمت های توافقی[۱۱]

بین تنظیم کنندهٔ بازار برق و شرکت های توزیع، بر انواع هزینه های سرویس دهی مجاز، توافق به عمل می آید و در بازه های زمانی مشخص، متناسب با تغییر عواملی از قبیل نرخ تورم، پیشرفت تکنولوژی و سایر موارد، تجدید نظر می شود. از آنجا که در کوتاه مدت قیمت ها ثابت است، هر گونه کاهش هزینه ها موجب افزایش سود می شود، بنابراین علاوه بر اینکه اهرم تشویقی برای توسعه و تحقیق وجود ندارد، امکان دارد این امر باعث ایجاد تبعیض در دسترسی به شبکه شود.

۲-۲- تنظیم پیمانه ای

از سوی تنظیم کنندهٔ بازار برق، برنامه ریزی توسعه و اصلاح شبکه توزیع با حذف مرزهای حوزهٔ عملکرد شرکت های توزیع به طور جامع محاسبه و متناسب با شاخص های کیفی سرویس دهی تعریف شده، مدل شرکت توزیع مرجع به دست می آید و هزینه های سالیانهٔ شرکت توزیع با آن مقایسه و بر اساس آن تعیین می شود.

روش تنظیم به کار گرفته شده در این مقاله، تنظیم پیمانه ای است، اما سیاست های تعرفه ای برای مشترکین می تواند از قاعدهٔ قیمت گذاری مکانی تبعیت نکند و تابع ضوابط و آیین نامه های تنظیم شده به وسیلهٔ تنظیم کنندهٔ بازار برق باشد، با این حال می تواند برای تاجران عمده و خرده فروش بخوبی به کار گرفته شود.

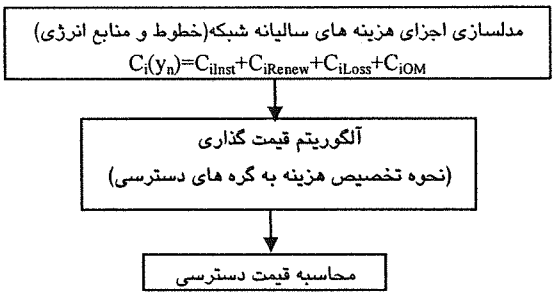
۳- روش پیشنهادی قیمت گذاری

همان طور که در مقدمه بیان شد، روش های قیمت گذاری که تاکنون محققان ارائه کرده اند، علی رغم ضعف های اشاره شده، براین مبنا بوده است که برای دسترسی به هرطولی از فیدر، قیمت ثابتی در نظر گرفته می شد، ولی در روش پیشنهادی، مبنای قیمت گذاری در هر فیدر، تابعی از موقعیت مکانی، حداکثر توان و انرژی مورد تقاضا در نقاط تغذیه شونده است، به طوری که متناسب با طول مسیر ترانزیت و حجم توان عبوری نسبت به نقطه کار سیستم، حق ترانزیت متفاوت خواهد بود. هر قدر طول مسیر و توان عبوری بیشتر باشد، هزینه های ثابت و متغیر شبکه افزایش می یابد و به دنبال آن، حق ترانزیت برق نیز زیاد می شود.

برای قیمت گذاری دسترسی به شبکه توزیع، لازم است، کلیه هزینه های مرتبط با شبکه محاسبه شود. با توجه به اینکه در این تحقیق، قیمت دسترسی به نقاط مختلف یک فیدر مدنظر است، ضمن اینکه شبکه به صورت شعاعی و یکسو تغذیه در نظر گرفته می شود، خطوط به صورت شاخه و گره مدل سازی می شوند و پست های توزیع و فوق توزیع به عنوان مبادی ورودی منظور می شوند. بنابر این، هزینه های هر شاخه به خود شاخه و گره انتهایی آن نسبت داده می شود.

هزینه های هر شاخه، مستقل از سایر شاخه ها محاسبه می شود، ولی از آنجا که بار عبوری از شاخه، منحصر به خود آن شاخه نیست و شاخه های پیش روی آن نیز سهم دارند، میزان مشارکت شاخه های پیش رویِ هر شاخه در هزینه های شاخه، بر اساس آلگوریتم پیشنهادی محاسبه و به شاخه ها تخصیص داده می شود. از تقسیم هزینه های تخصیص داده شده به هُر گره در هر سال به انرژی مورد تقاضای پیش بینی شده برای آن گره در همان سال، قیمت دسترسی به گره و یا هزینه ترانزیت ۱kWh به گره مورد نظر به دست می آید.

نمودار شکل (۱) مراحل پیاده سازی روش را نشان می دهد که توصیف دقیق تر آن در بخش های بعدی آمده است.



شکل (۱): نمودار روش قیمت گذاری پیشنهادی

۳-۱- مدل سازی هزینه های شبکه توزیع به تفکیک هر شاخه

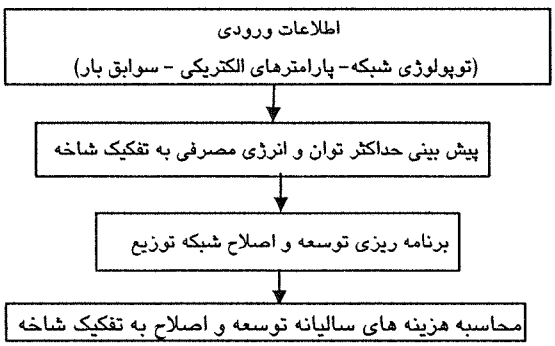
برای محاسبه هزینه های مرتبط با شبکهٔ توزیع از کامل ترین مدل [۱۴] استفاده شده است. هزینه برای هر شاخه اجزای زیر را در بر می گیرد :

- هزینهٔ سرمایه گذاری توسعه و اصلاح شبکه (C_{Inst})
- هزینهٔ تجدید حیات شبکه های فرسوده (C_{Renew})
- هزینهٔ تلفات انرژی (C_{Loss})
- هزینهٔ سرویس و نگهداری (C_{OM})

۳-۱-۱- هزینه سرمایه گذاری توسعه و اصلاح شبکه (C_{Inst})

هزینهٔ سرمایه گذاری اولیهٔ شبکه موجود در سال صفر قیمت گذاری $C_{Inst}(y_0)$ و هزینهٔ سالیانه سرمایه گذاری برای توسعه و اصلاح شبکه، طی سال های دوره قیمت گذاری که به صورت یک هزینه در نظر گرفته شده است. به شرح زیر تعیین می شود:

بر اساس نتایج پیش بینی بار و برنامه ریزی توسعه و اصلاح، پست ها و شاخه هایی که باید طی دورهٔ قیمت گذاری تغییر یابند و یا به شبکه اضافه شوند، مشخص و هزینه های سالیانه آن C_{iInst} ، محاسبه و به شاخه موردنظر نسبت داده می شود. شکل (۲)نمودار نحوهٔ تعیین این هزینه را نشان می دهد.



شکل (۲): نمودار روش محاسبه هزینه های سالیانه توسعه و اصلاح شبکه

برای مقایسه با قیمت گذاری سایر روش ها لازم است، هزینه کل فیدر را نیز در اختیار داشته باشیم که از فرمول زیر به دست می آید:

$$C_{Inst}(y_n) = \sum_{k=1}^{N_b} c_{Inst}(y_n, k) \qquad (۱)$$

$$y_1 \le y_n \le y_{last}$$

k=شماره شاخه و گره

N_b=تعداد شاخه ها و گره های یک فیدر

y_0= سال صفر قیمت گذاری

y_{last}= آخرین سال قیمت گذاری

۳-۱-۲- هزینه های تجدید حیات شبکه های فرسوده طی سال های قیمت گذاری (C_{Renew})

بر اساس عمر مفید تجهیزات، سال نصب، نرخ خرابی و انجام تست های استاندارد بر تجهیزات نمونه، سال جایگزینی تجهیزات جدید به جای تجهیزات فرسوده به تفکیک هر شاخه مشخص و متناسب با آن، هزینه تجدید حیات(C_{Renew})، شاخه محاسبه می شود و برای فیدر نیز از رابطه زیر به دست می آید.

$$C_{Renew}(y_n) = \sum_{i=1}^{N_b} c_{Renew}(y_n, i) \qquad (۲)$$

۳-۱-۳- هزینه های تلفات انرژی (C_{Loss})

با انجام مدل سازی بار از روی اطلاعات استخراج شده از ثبات های نصب شده برای انواع بار، منحنی بار سالیانه در گره ها به تفکیک سال تعیین می شود و با انجام محاسبات پخش بار فیدر در کلیهٔ سطوح منحنی بار سالیانه، تلفات توان به تفکیک هر شاخه در سطوح مختلف محاسبه و در نتیجه، تلفات انرژی سالیانه مشخص می شود و براساس آن، هزینهٔ تلفات هر شاخه C_{iLoss} محاسبه می شود. هزینهٔ تلفات سالیانه فیدر از مجموع هزینهٔ تلفات شاخه های آن به صورت زیر به دست می آید.

$$C_{Loss}(y_n) = \sum_{i=1}^{N_b} c_{loss}(y_n, i) \qquad (۳)$$

۳-۱-٤- هزینه سرویس و نگهداری (C_{OM})

بر اساس برنامهٔ مدون سرویس و نگهداری خطوط، هزینه سرویس و نگهداری واحد طول شبکه مشخص شده و متناسب با طول هر شاخه، هزینه های مربوط به هر شاخه C_{iOM} محاسبه می شود که برای کل فیدر به صورت زیر است.

$$C_{OM}(y_n) = \sum_{i=1}^{N_b} c_{om}(y_n, i) \qquad (۴)$$

۳-۲- مدل سازی هزینه های منابع انرژی

در سطح فشار متوسط، پست های فوق توزیع و در سطح فشار ضعیف، پست های توزیع، منابع انرژی می باشند. محاسبه هزینه های مربوط به منابع انرژی که از اجزای زیر تشکیل شده است، مشابه بند(۳-۱) انجام می شود:

- هزینهٔ سرمایه گذاری توسعه و اصلاح پست ها (C_{Inst})
- هزینهٔ تجدید حیات پست های فرسوده (C_{Renew})
- هزینهٔ تلفات انرژی پست ها (C_{Loss})
- هزینهٔ سرویس و نگهداری پست ها (C_{OM})

مدل هزینهٔ فوق، در آلگوریتم پیشنهادی قیمت گذاری مکانی دسترسی به شبکه توزیع به شرح زیر مورد استفاده قرار می گیرد.

۳-۳- آلگوریتم پیشنهادی قیمت گذاری

بازه زمانی قیمت گذاری مکانی متناسب با محدودهٔ زمانی پیش بینی بار است. هر قدر طول این دوره کوتاه تر باشد، خطای عدم تحقق بار پیش بینی شده کمتر می شود. بنابراین حداکثر طول دوره قیمت گذاری ۵ سال تعیین شده است. همچنین توپولوژی و مشخصات شبکه و بدنبال آن، هزینه های مربوطه در هریک از سال های قیمت گذاری بایستی مشخص باشد.

همان طور که اشاره شد، روش قیمت گذاری، که در این مقاله مطرح شده است، تابعی از طول مسیر ترانزیت برق و متناسب با مکان تحویل انرژی به مشتری است. در این روش، هزینه های سالیانهٔ شرکت توزیع در گره های سرویس دهنده به طور مناسب توزیع می شود. از آنجا که کل بار عبوری از هر شاخه تنها برای تحویل به گره انتهای خود نیست، بلکه شامل بار همهٔ گره های پیش روی خود است، بنابر این هزینه های خطوط و پست ها، که در بخش های قبل محاسبه شدند، بین گره های دسترسی که هدف تعیین قیمت در آن گره هاست، مطابق آلگوریتم زیر تخصیص داده می شود.

۳-۳-۱- تخصیص هزینه های منابع انرژی به گره های دسترسی

در سطح فشار متوسط، هزینه های سالیانه پست های فوق توزیع در گره های دسترسی فشار متوسط (پست های توزیع) و در سطح فشار ضعیف هزینه های سالیانهٔ پست های توزیع در گره های دسترسی فشار ضعیف به نسبت بار گره ها تقسیم می شوند.

در شبکه هایی که واحدهای تولید پراکنده DG نصب شده است نیز، هزینه های سالیانهٔ آنها در محدودهٔ تغذیه خود، بین گره های دسترسی به نسبت بار گره ها تقسیم می شوند.

۳-۳-۲ - تخصیص هزینه های خطوط توزیع (فشار متوسط و ضعیف) به گره های دسترسی در سطوح مربوطه

نحوهٔ تخصیص هزینه های خطوط توزیع در گره های دسترسی به شرح زیر مشخص می شود. فرآیند کار بدین ترتیب است که از مبدأ منبع انرژی به تفکیک برای گره های هر فیدر جداگانه میزان مشارکت به روش بازگشتی[۱۲] محاسبه می شود.

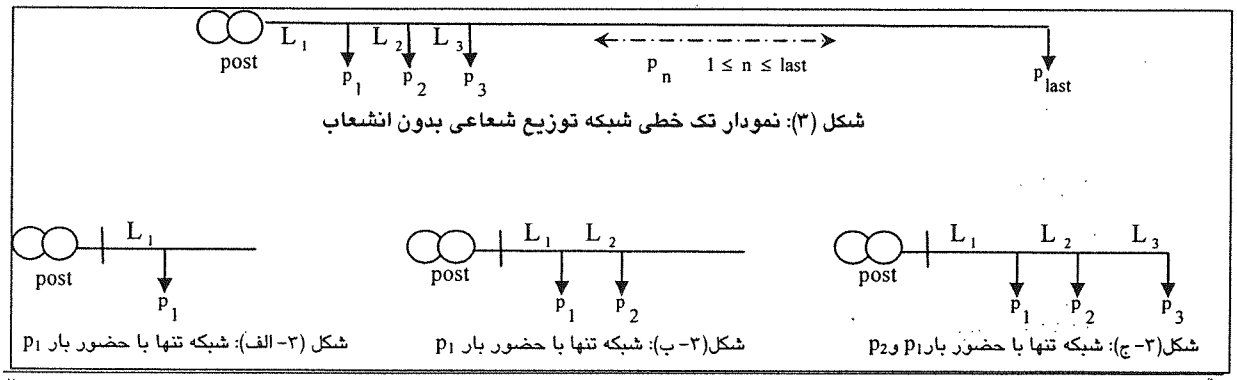
حالت اول:

فیدر شعاعی بدون انشعاب: در ابتدا، همان طور که در شکل (۳_الف) نشان داده شده است، از کل بارهای فیدر، تنها بار P_1 با خط تغذیه L_1 در نظر گرفته می شود. در این شرایط، سطح مقطع خط L_1 تعیین و بر اساس آن c_{i1} هزینه های شاخه، به گره ۱ نسبت داده می شود.

در مرحله دوم، مطابق شکل (۳_ب)، تنها گره های ۱و۲ با بارهای P_1 و P_2 حضور دارند تحت این شرایط سطح مقطع های L_1 و L_2 محاسبه و هزینه های آنها c'_{j2} به دست می آید.

سهم گره ۲ از کل هزینه های c'_{j2} در حضور بارهای ۱و۲ عبارت است از :

$$C_{i2} = C'_{j2} - C_{i1} \qquad (۵)$$



شکل (۳): نمودار تک خطی شبکه توزیع شعاعی بدون انشعاب

شکل (۳- الف): شبکه تنها با حضور بار p_1 — شکل(۳- ب): شبکه تنها با حضور بار p_1 — شکل(۳- ج): شبکه تنها با حضور بار p_1 و p_2

در مرحله سوم، مطابق شکل (۳ـج)، سطح مقطع شاخه های L_1 و L_2 و L_3 در حضور بارهای هر ۳ گره تعیین و هزینه های آن C'_{j3} محاسبه می شود. سهم گرهٔ ۳ از کل هزینه C'_{j3} عبارت است از :

$$C_{i3}=C'_{j3}-C_{i1}-C_{i2} \qquad (۶)$$

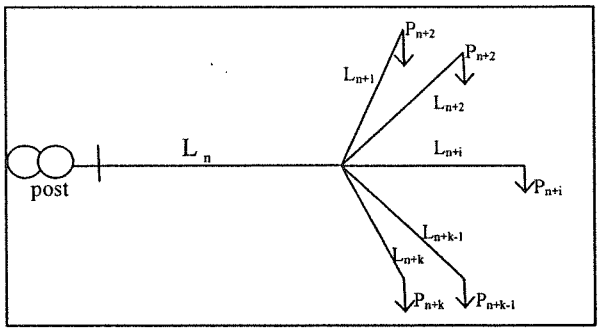
به همین ترتیب برای گره nام فرمول بازگشتی زیر به دست می آید :

$$C_{in}=C'_{jn}-\sum_{m=1}^{n-1} C_{im} \qquad (۷)$$

حالت دوم:

فیدر شعاعی با انشعابات متعدد دارای شاخه تغذیه مشترک :

در این حالت، همان طور که در شکل (۴) نشان داده شده است، بارهای انشعابات دارای شاخهٔ تغذیهٔ مشترک، از بزرگ به کوچک مرتب می شود. سپس زیر مجموعه ای از بارها از بالای لیست انتخاب می شود، به طوری که سطح مقطع خط تغذیه افزایش نیابد. زیر مجموعهٔ بعدی از بارهای باقیمانده، از بالای لیست به نحوی انتخاب می شوند که باعث افزایش سطح مقطع شاخهٔ تغذیه به سطح بالاتر شود. بدین ترتیب، مجموعهٔ بارها به تعدادی زیر مجموعه افراز می شوند. سهم هر کدام از زیر مجموعه ها، از هزینه های خط تغذیه، مطابق قاعده ارائه شده در حالت قبلی قابل محاسبه می باشد $\{C_{i,subset1}, C_{i,subset2},...\}$. سهم گره های زیر مجموعه kام از هزینه های نسبت داده شده به آنها $C_{i,subset\,k}$ مساوی است.



شکل (۴): فیدر شعاعی باانشعابات متعدد دارای شاخه تغذیه

با استفاده از قاعدهٔ قیمت گذاری مکانی، برای کلیهٔ بخش های مدل هزینه های شرکت توزیع، هزینه های سالیانه نسبت داده شده به هر گره $C_{ik}(y_n)$ تعیین می شود.

$$C_{ik}(y_n)=c_{ik,Inst}(y_n)+c_{ik,Renew}(y_n)+c_{ik,loss}(y_n) \qquad (۸)$$

۳-٤- قیمت دسترسی به گره های شبکه

پس از مشخص شدن هزینه های تخصیص یافته به گره های مختلف بر اساس آلگوریتم پیشنهادی $c_i(y_n)$، از آنجا که براساس نتایج پیش بینی بار، منحنی بار سالیانه مصرفی در گره طی سال های دوره قیمت گذاری مشخص شده است، کل انرژی سالیانهٔ مورد تقاضا به تفکیک هر گره برآورد می شود.

بدین ترتیب، قیمت ترانزیت برق به گره iام در سال y_n عبارت است از:

$$LTC(i,y_n)=\frac{c_i(y_n)}{\sum_k p_k \times T_k} \qquad (۹)$$

$$\sum_i T_i=8760 \qquad (۱۰)$$

بنابراین، نحوهٔ قیمت گذاری دسترسی به شبکه توزیع با توجه به آلگوریتم و فرمول بندی فوق، بر روی شبکه توزیع قابل پیاده سازی است .

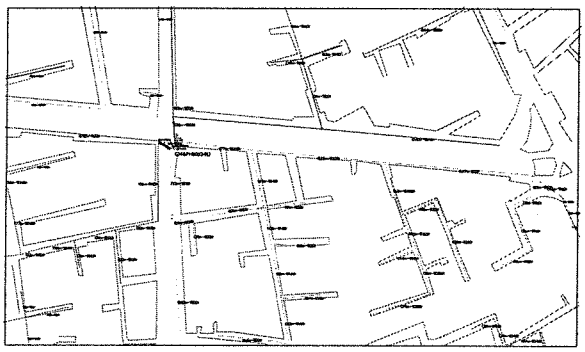
٤ -پیاده سازی روش پیشنهادی بر روی شبکه نمونه

این آلگوریتم بر روی شبکه واقعی ایران در محدودهٔ شهر تربت حیدریه در استان خراسان پیاده سازی شده است. این شبکه، شامل محدوده تغذیه سه پست فوق توزیع ۱۳۲kV/۲۰kV است که به وسیلهٔ ۱۰فیدر با خطوط فشار متوسط به طول ۱۵۱.۷ km، تعداد ۱۹۹ پست توزیع را تغذیه می کنند. این پست ها به وسیلهٔ ۴۸۶ فیدرهای خروجی، کل شبکهٔ فشار ضعیف مورد مطالعه به طول ۴۲۱.۲km را تغذیه می کند. دورهٔ قیمت گذاری ۵ ساله طی سال های ۱۳۸۲ لغایت ۱۳۸۶ است.

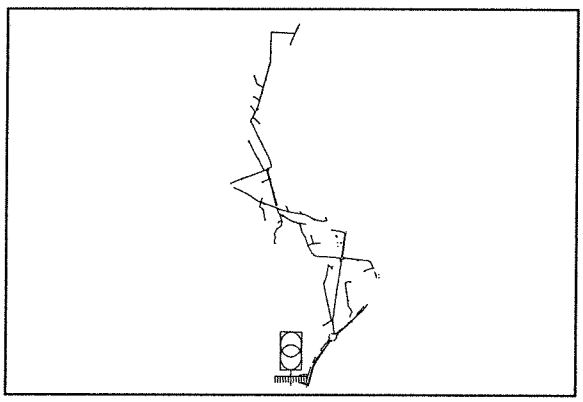
٤-۱- شبکه نمونه - داده های ورودی

از آنجا که حجم شبکه توزیع مورد مطالعه، زیاد واطلاعات بار مصرفی در بلوک های جغرافیایی گسترده است، لازم شد اطلاعات ورودی شامل توپولوژی شبکه، مدل سازی عناصر الکتریکی، بار مصرفی و سایر اطلاعات در محیط گرافیکی جغرافیایی – الکتریکی نرم افزار تهیه شده (LAP_Input)، ثبت و مدیریت شود که نمودار آن در ضمیمه ج، شکل (ج-۱) آمده است. در این محیط خطوط شبکه توزیع به صورت شاخه و گره، تعریف و از شمارهٔ ۱ تا شماره ۵۹۱۲ کد گذاری شده است. عناصری از قبیل خطوط، پست های توزیع، خازن ها و کلیدها بر حسب مدل های آنها تعریف شده است و بانک های اطلاعاتی مورد نیاز نیز طراحی و درون این محیط مدیریت می شوند. گرچه تمام مراحل کار و در نهایت قیمت گذاری برای کل شبکه انجام گرفته، لیکن در مقاله به واسطه محدودیت، نتایج مربوط به بخشی از شبکه مورد مطالعه تحت عنوان منطقه A، (برای قیمت گذاری دسترسی به شبکه فشار ضعیف) و یک

فیدر فشار متوسط، به عنوان نمونهB (برای تعیین هزینه دسترسی به شبکه فشار متوسط) انتخاب شده اند. دیاگرام تک خطی شبکه A در شکل (۵) و شبکه B در شکل (۶) نشان داده شده است. مشخصات هادی ها و پارامترهای شبکه های مناطق نمونه A و B به تفکیک شاخه ها، در ضمیمه قسمت (الف) و (ب) ارائه شده است. از آنجا که اطلاعات کامل این شبکه ها فراهم شده است، سایر محققان می توانند از آن به عنوان شبکه تست، استفاده کنند.



شکل (۵): شمای تک خطی شبکه فشار ضعیف محدوده تغذیه پست توزیع در منطقه A



شکل (۶): شمای تک خطی شبکه فشار متوسط نمونه B

٤-۲- برنامه ریزی توسعه و اصلاح شبکه نمونه

همان طور که قبلاً عنوان شد، یکی از اجزای مدل هزینه، هزینهٔ سالیانهٔ سرمایه گذاری است که بر اساس برنامه ریزی توسعه و اصلاح شبکه مشخص می شود. اولین مرحله برنامه ریزی، پیش بینی بار بلند مدت است که بر اساس نرم افزار تهیه شده LAP_lfc برای کل منطقه مورد مطالعه انجام و نتایج در جدول (۱) ارائه شده است، لیکن برای مناطق نمونه A و B نتایج با جزئیات در جداول (۲) و (۳) آمده است.

٤-۳- تخصیص هزینه های خطوط و منابع به گره های دسترسی

هزینه های خطوط و منابع در دو سطح فشار ضعیف و متوسط برای شبکه های نمونه A و B ، مطابق آلگوریتم پیشنهادی و با استفاده از زیربرنامه LAP_R محاسبه و به گره های دسترسی تخصیص داده شده است که نتایج به ترتیب در جداول (۴)و(۵) ارائه شده است. کدهای مندرج در ستون اول سمت چپ جداول، به گره های دسترسی مربوط است.

٤-٤- محاسبه قیمت دسترسی به هر گره

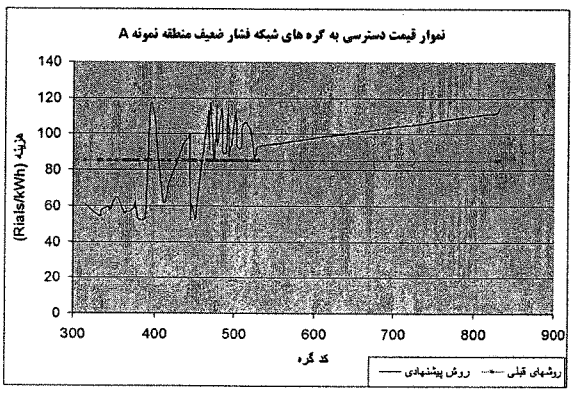
با توجه به نتایج مراحل قبل و استفاده از زیربرنامه LAP_MAIN براساس معادله (۸) و (۹) هزینه دسترسی برای شبکه های A و B محاسبه و در جداول (۶) و (۷) ارائه شده است.

٤-۵- مقایسه نتایج روش پیشنهادی با روش های قبلی

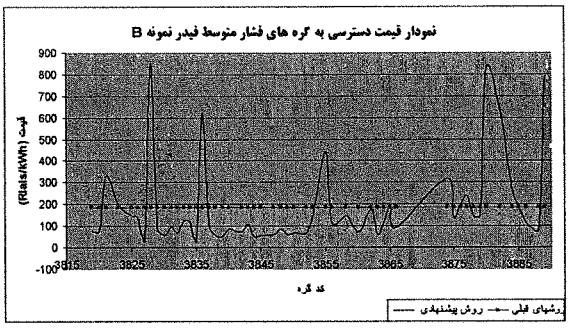
در روش های قبلی [۷]-[۹] هزینه دسترسی به شبکهٔ توزیع مستقل از موقعیت گره ها، یکسان فرض شده و براساس مدل هزینه های تعریف شده، محاسبه می شود. این هزینه برای شبکه های نمونه A وB در سطح فشار ضعیف و متوسط محاسبه و نتیجه در جدول (۸) ارائه شده است.

در روش پیشنهادی جدید، این هزینه نسبت به موقعیت مکانی گره، فاصله گره از مبدا و توان عبوری از شاخه مقادیر متفاوتی به دست می آید. برای مناطق نمونه، محاسبات براساس آلگوریتم پیشنهادی، انجام و نتایج به دست آمده از روش های قبلی و پیشنهادی با هم در شکل های (۷) و (۸) ارائه شده است.

از روی منحنی می توان گره هایی را مشخص کرد که در آنها هزینه ترانزیت برق از مبدا تا آن نقاط، از سایر نقاط بیشتر است. بدیهی است که مناسب ترین مکان ها برای نصب واحدهای تولید پراکنده DG به وسیلهٔ تولیدکنندگان مستقل IPP است.



شکل (۷): نمودار قیمت دسترسی به گره های فشار ضعیف در محدوده تغذیه پست توزیع نمونه A



شکل (۸): نمودار قیمت دسترسی به گره های فشار متوسط در محدوده فیدر نمونه B

نمودارها نحوه تغییرات قیمت دسترسی به گره های مختلف شبکه فشار ضعیف و متوسط را، که در فواصل مختلف از مبدا قرار دارند، نشان می دهند. رفتار این تغییرات در فشار متوسط و ضعیف متفاوت است.

۵- نتیجه گیری

در این مقاله، ضمن توصیف مبانی روش های قیمت گذاری دسترسی به شبکه توزیع که توسط سایر محققین انجام گرفته، نواقص این روش ها، بخصوص عدم کارایی آنها در شرایط وارد شدن DG در بازار رقابتی، برشمرده شده و روش جدیدی برای قیمت گذاری ارائه شده است که در آن، نواقص قبلی برطرف شده و به سهولت قابل پیاده سازی است. مبنای روش پیشنهادی، قیمت گذاری مکانی دسترسی به شبکه است که در این مقاله، نحوهٔ مدل سازی هزینه ها و آلگوریتم قیمت گذاری مکانی تشریح شده است. از پیاده سازی روش پیشنهادی در مناطق نمونه، مشخص شد که هزینه دسترسی به گره های مختلف از یک فیدر یکسان نیست. بنابراین در یک سیستم تجدید ساختار یافته، تاجران خرده فروش برق، می توانند علاوه بر خرید برق از تاجران عمده فروش، که برق را در مبادی ورودی به شبکهٔ توزیع تحویل می دهند، قیمت تمام شدهٔ برق خریداری شده از تولیدکنندگان مستقل را در گره های مختلف شبکه توزیع در سطح فشار ضعیف و متوسط به طور دقیق ارزیابی کنند.

جدول (۱): پیش بینی حداکثر توان و کل انرژی مورد نیاز طی دوره قیمت گذاری در تمامی مناطق شهر تربت حیدریه

	سال مبنا ۱۳۸۱	آخرین سال ۱۳۸۶
حداکثر توان MVA	42.2	50.4
کل انرژیMWH	141176	168675

جدول (۲): پیش بینی حداکثر توان و کل انرژی مورد نیاز گره های فشار ضعیف در محدوده تغذیه پست توزیع نمونه A طی دوره قیمت گذاری

کد گره فشار ضعیف	انرژی مصرفی(MWH)		حداکثر توان مصرفی(KW)	
	سال انتها	سال مبنا	سال انتها	سال مبنا
177	8.666	7.766	2.283	2.046
178	17.539	15.72	4.62	4.141
179	8.262	7.368	2.176	1.941
180	71.274	51.85	18.776	13.66
181	22.322	19.57	5.881	5.156
182	13.174	11.59	3.471	3.052
3819	9.59	8.396	2.526	2.212
3820	20.393	17.88	5.372	4.71
3821	6.819	3.851	1.796	1.014
3823	1.12	1.004	0.295	0.264
3825	8.311	5.576	2.189	1.469
3826	8.68	7.78	2.287	2.049
3827	27.37	21.79	7.21	5.74
3828	0.387	0.347	0.102	0.091
3829	12.581	11.28	3.314	2.971
3830	9.906	8.878	2.61	2.339
3831	5.686	5.096	1.498	1.343
3832	17.47	15.66	4.602	4.125
3833	3.33	2.985	0.877	0.786
3834	5.032	4.387	1.326	1.156
3835	22.028	19.53	5.803	5.145
3836	1.006	0.902	0.265	0.238
3837	2.028	1.818	0.534	0.479
3838	7.796	6.988	2.054	1.841
3839	14.061	12.6	3.704	3.32
3840	5.849	5.242	1.541	1.381
3842	14.512	13.01	3.823	3.426
3843	3.723	2.721	0.981	0.717
3844	13.763	12.34	3.626	3.25
3845	12.287	11.01	3.237	2.901
3847	10.355	9.282	2.728	2.445
3848	4.662	4.178	1.228	1.101
3849	18.703	15.96	4.927	4.204
3850	42.762	27.9	11.265	7.349
3852	3.553	3.184	0.936	0.839
3853	6.207	3.997	1.635	1.053
3855	2.094	1.877	0.552	0.494
3882	1.194	1.07	0.315	0.282
3884	6.808	5.929	1.793	1.562
3885	5.094	4.452	1.342	1.173
3886	5.977	5.357	1.575	1.411
3888	19.397	17.39	5.11	4.58
3889	1.148	1.029	0.303	0.271

جدول (۳): پیش بینی حداکثر توان و کل انرژی مورد نیاز گره های فشار متوسط در محدوده تغذیه فیدر نمونه B طی دوره قیمت گذاری

کد گره فشار متوسط	انرژی مصرفی (MWH)		حداکثر توان مصرفی(KW)	
	سال مبنا	سال انتها	سال مبنا	سال انتها
315	100974	173098	27	46
332	624774	761089	165	200
335	488460	556617	129	147
343	108186	274071	29	72
346	631085	604039	166	159
353	369275	450054	97	119
363	562567	681572	148	180
365	439956	403894	116	106
370	459791	504868	121	133
375	806527	704291	212	186
376	274261	277165	72	73
380	1081860	447169	285	118
389	490443	397517	129	105
396	1182834	1442480	312	380
411	1875224	2423366	494	638
418	980886	1096285	258	289
427	1454020	1522177	383	401
437	495853	640101	131	169
442	533718	324558	141	86
443	375045	461594	99	122
445	548522	554330	145	146
446	137131	138582	36	37
450	2194088	2217320	578	584
451	274071	447169	72	118
459	426974	602055	112	159
466	126217	173098	33	46
467	137131	138582	36	37
469	274261	671133	72	177
470	48399	83892	13	22
474	649116	252434	171	67
475	548522	554330	145	146
478	137131	138582	36	37
479	140642	187522	37	49
484	45172	93571	12	25
486	548522	554330	145	146
487	952037	894338	251	236
490	602055	692931	159	183
492	151460	374864	40	99
493	634691	504868	167	133
495	238550	272629	63	72
497	549946	513884	145	135
502	87118	100025	23	26
503	137131	138582	36	37
504	548522	554330	145	146
508	863922	113870	228	30
509	274261	277165	72	73
511	274261	277165	72	73
516	685653	692912	181	183
522	749729	783808	198	206
525	1413630	966462	372	255
528	504868	468806	133	124
531	738369	727010	195	192
828	274261	301478	72	79
829	274261	301478	72	79
832	274261	301478	72	79

جدول(۴): هزینه های تخصیصی به گره های دسترسی در محدوده تغذیه پست توزیع نمونه A طی دوره قیمت گذاری

کد گره فشار ضعیف	هزینه های سالیانه تخصیصی (Rials)		
	پست توزیع	شاخه	جمع
3874	23589	483931.48	507520.48
3875	184115	1532284.73	1716399.73
3876	116086	1439790.42	1555876.42
3877	111436	1679305.6	1790741.6
3878	171649	1473336.17	1644985.17
3879	180475	1583599.07	1764074.07
3880	21297	1156528.5	1177825.5
3882	15908	677554.64	693462.64
3884	88147	1467679.46	1555826.46
3885	66178	750995.87	817173.87
3886	79642	531126.93	610768.93
3888	258453	1161931.9	1420384.9
3889	15299	793627.14	808926.14
3860	145803	539364.39	685167.39
3862	9751	105982.13	115733.13

جدول (۵): هزینه های تخصیصی به گره های دسترسی فیدر نمونه B طی دوره قیمت گذاری

کد گره فشار متوسط	هزینه های سالیانه تخصیصی (Rials)		
	پست فوق توزیع	شاخه	جمع
315	5143458	985529.3	6128987.3
332	31825149	2171624	33996773
335	24881480	3339718	28221198
343	5510848	903772.4	6414620.4
346	32146615	4343603	36490218
353	18810362	5107918	23918280
363	28656411	2919347	31575758
365	22410783	2585604	24996387
370	23421105	2706728	26127833
375	41083374	6676688	47760062
376	13970484	3171927	17142411
380	55108483	1825332.6	56933815.6
389	24982512	1137168.4	26119680.4
396	60251942	78789279	139041221
411	95521371	22391598	117912969
418	49965025	22677607	72642632
427	74065801	48446289	122512090
437	25258055	22030554	47288609
442	27186852	25244102	52430954
443	19104274	18495584	37599858
445	27940968	1088316.4	29029284.4
446	6985242	1358145.1	8343387.1
450	1.12E+08	5532032	117532032
451	13960816	594580.1	14555396.1
459	21749481	14825910	36575391
466	6429323	7133077	13562400
467	6985242	8445194	15430436
469	13970484	11014644	24985128
470	2465380	3211272	5676652
474	33065090	22336275	55401365
475	27940968	19588611	47529579
478	6985242	8914511	15899753
479	7164103	6031654	13195757
484	2301021	2853203	5154224
3863	123338	368649.33	491987.33
3864	176773	1196006.15	1372779.15
3865	50236	569972.89	620208.89
3866	141052	738430.67	879482.67
3855	27900	804495.92	832395.92
3819	124811	520895.63	645706.63
3820	265806	1107175.41	1372981.41
3821	57245	1216517.18	1273762.18
3823	14921	184320.01	199241.01
3825	82899	738051.43	820950.43
3826	115652	960639.93	1076291.93
3827	323891	550191.16	874082.16
3828	5152	290465.44	295617.44
3829	167637	862075.08	1029712.08
3830	131989	358529.92	490518.92
3831	75760	424537.41	500297.41
3832	232771	832945.46	1065716.46
3833	44372	323769.21	368141.21
3834	65218	444076.27	509294.27
3835	290359	356181.34	646540.34
3836	13403	549720.62	563123.62
3837	27020	164188.69	191208.69
3838	103880	278451.75	382331.75
3839	187343	449527.08	636870.08
3840	77927	366373.13	444300.13
3842	193347	738743.59	932090.59
3843	40445	255854.41	296299.41
3844	183376	435920.05	619296.05
3845	163709	423550.47	587259.47
3847	137982	405965.45	543947.45
3848	62115	297333.65	359448.65
3849	237251	691890.26	929141.26
3850	414707	1408293.1	1823000.1
3852	47335	164818.41	212153.41
3853	59417	512502.14	571919.14
3856	95325	631666.34	726991.34
3858	53390	472199.6	525589.6

486	27940968	21861061	49802029
487	48495465	36297027	84792492
490	30667871	23273521	53941392
492	7715188	9683406	17398594
493	32330310	23492725	55823035
495	12151421	9977237	22128658
497	28013479	23575931	51589410
502	4437683	5324841	9762524
503	6985242	6134672	13119914
504	27940968	22969318	50910286
508	44007024	35741293	79748317
509	13970484	12944295	26914779
511	13970484	14707121	28677605
516	34926210	37522149	72448359
522	38190179	36060948	74251127
525	72008418	51098361	123106779
528	25717292	19610472	45327764
531	37611540	31165040	68776580
828	13970484	16669316	30639800
829	13970484	16824293	30794777
832	13970484	17525056	31495540

جدول (۶): هزینه دسترسی به گره های فشار ضعیف در محدوده تغذیه پست توزیع نمونه A

کد گره فشار ضعیف	قیمت دسترسی به گره (Rials/kWH)	کد گره فشار ضعیف	قیمت دسترسی به گره (Rials/kWH)
3874	320	3827	40
3875	139	3828	853
3876	199	3829	91
3877	239	3830	55
3878	142	3831	98
3879	145	3832	68
3880	822	3833	123
3882	648	3834	116
3884	262	3835	33
3885	184	3836	625
3886	114	3837	105
3888	82	3838	55
3889	786	3839	51
3860	70	3840	85
3862	176	3842	72
3863	59	3843	109
3864	115	3844	50
3865	184	3845	53
3866	93	3847	59
3855	444	3848	86
3819	77	3849	58
3820	77	3850	65
3821	331	3852	67
3823	199	3853	143
3825	147	3856	113
3826	138	3858	146

جدول(۷): هزینه دسترسی به گره های فشار متوسط در محدوده فیدر نمونه B

کد گره فشار متوسط	قیمت دسترسی به گره (Rials/kWH)	کد گره فشار متوسط	قیمت دسترسی به گره (Rials/kWH)
315	61	470	117
332	54	474	85
335	58	475	87
343	59	478	116
346	58	479	94
353	65	484	114
363	56	486	91
365	57	487	89
370	57	490	90
375	59	492	115
376	63	493	88
380	53	495	93
389	53	497	94
396	118	502	112
411	63	503	96
418	74	504	93
427	84	508	92
437	95	509	98

442	98	511	105
443	100	516	106
445	53	522	99
446	61	525	87
450	53	528	90
451	53	531	93
459	86	828	112
466	107	829	112
467	113	832	115
469	91		

جدول (۸): متوسط قیمت دسترسی به شبکه های فشار متوسط و ضعیف

متوسط قیمت دسترسی (Rials/kWH)	
شبکه نمونه فشار ضعیف A	185
شبکه نمونه فشار متوسط B	85

۶- ضمائم

۶-۱- ضمیمه (الف):

جدول (الف-۱): مشخصات هادی ها و توپولوژی شبکه فشار ضعیف منطقه نمونه A به تفکیک شاخه ها

کد شاخه	کد گره ابتدا	کد گره انتها	طول (m)	کد سطح مقطع	سال نصب
3818	10000	10001	18	4550	1983
3819	10001	10002	77	5320	1983
3820	10002	10003	162	5320	1983
3821	10003	12910	177	5110	1983
3822	12910	12911	46	5110	1983
3823	12910	12914	22	5110	1983
3824	12914	12915	31	5110	1983
3825	12915	12916	56	5110	1983
3826	12916	12917	46	5110	1983
3827	10003	12918	63	5320	1983
3828	12918	12919	45	5110	1983
3829	12919	12920	100	5110	1983
3830	12918	12921	42	5320	1983
3831	12921	12922	55	5320	1983
3832	12922	12923	74	5320	1983
3833	12921	12924	44	5110	1983
3834	10002	12925	69	5140	1983
3835	12925	12929	51	5110	1983
3838	12925	12932	42	5140	1983
3839	12932	12933	65	5140	1983
3840	12933	12934	53	5140	1983
3841	12934	12935	25	5110	1983
3842	12935	12936	64	5110	1983
3844	12932	12938	63	5110	1983
3845	12933	12939	57	5110	1983
3846	12934	12940	26	5140	1983
3847	12940	12941	40	5110	1983
3848	12940	12942	36	5140	1983
3849	12942	12943	54	5140	1983
6034	20000	20045	21	4550	2008
3884	20045	20047	192	5110	1983
3885	20045	20048	96	5110	1983
3886	20048	20049	50	5110	1983
3887	20049	20050	50	5110	1983
3888	20049	20051	62	5110	1983
3889	20050	20052	31	5110	1983
3890	20050	20053	53	5110	1983
3891	20053	20054	13	5110	1983
6035	30000	30001	12	4550	2008
3883	30001	30002	14	5110	1983
3882	30001	30003	93	5110	1983
3837	30003	30004	25	5110	1983
3836	30004	30005	86	5110	1983
3843	30004	30006	39	5110	1983
3850	30003	30007	182	5110	1983
3851	30007	30008	54	5110	1983
3852	30007	30009	21	5110	1983
3853	30009	30010	74	5110	1983
3854	30009	30011	50	5110	1983
3855	30011	30012	122	5110	1983
6053	40000	40001	38	4550	2008
181	40001	40002	180	5240	1987
182	40001	40003	172	5110	1987
179	40002	40004	84	5110	1987
180	40002	40005	143	5240	1987
177	40004	40006	39	5110	1987
178	40004	40007	52	5110	1987

جدول (الف-۲): مشخصات و پارامترهای انواع آرایش هادی های شبکه فشار ضعیف موجود در منطقه نمونه A

نوع آرایش شبکه و هادی ها	کد سطح مقطع	$R(\frac{\Omega}{km})$	هزینه احداث(Rials)
کابل مسی ۳×۳۵+۱۶	4550	0.529	8800000
سیم مسی ۵×۱۶	5110	1.139	3400000
سیم مسی ۵×۲۵	5140	0.746	3640000
سیم مسی ۳×۳۵+۲۵+۲۵	5240	0.526	6000000
سیم مسی ۳×۵۰+۳۵+۲۵	5320	0.366	7400000

۶-۲- ضمیمه (ب)

جدول (ب-۱): مشخصات هادی ها و توپولوژی شبکه فشار متوسط منطقه نمونه B به تفکیک شاخه ها

کد شاخه	کد گره ابتدا	کد گره انتها	طول (m)	کدسطح مقطع	سال نصب
310	138	3	57.7	120	1977
311	3	4	289.4	120	1977
312	206	5	30.3	120	1977
313	5	6	117.9	120	1977
314	6	7	41.8	120	1977
315	7	8	128.7	120	1977
316	8	9	110	120	1977
317	9	10	83.6	120	1977
318	10	11	52.7	120	1977
319	11	12	33	120	1977
320	12	13	121.7	120	1977
321	13	14	117.1	120	1977
322	14	15	325.5	120	1977
323	86	16	230	120	1982
324	16	17	71.5	120	1982
325	17	18	56.2	120	1982
326	18	19	104.3	120	1982
327	19	20	311.2	120	1982
328	20	21	680.1	120	1982
329	142	22	76.7	35	1982
330	22	23	42.9	35	1982
331	23	24	18.6	35	1982
332	24	25	190	35	1982
333	25	81	11.5	35	1982
334	81	82	84.7	35	1982
335	82	83	402.1	35	1982
336	213	85	3.2	120	1982
337	85	86	192.1	120	1982
338	86	87	3.2	120	1982
339	85	88	128.7	35	1982
340	88	89	152.3	35	1982
341	89	90	230.9	35	1982
342	90	91	147.5	35	1982
343	91	92	63	35	1982
344	92	93	72.3	35	1982
345	92	94	131.7	35	1982
346	94	95	139.1	35	1982
347	95	96	191.8	35	1982
348	96	97	53.7	35	1982
349	97	98	16.9	35	1982
350	98	99	1.3	35	1982
351	99	100	71.2	35	1982
352	100	101	60.3	35	1982
353	101	102	86.4	35	1982
354	13	103	17.7	35	1977
355	103	104	77.8	35	1977
356	104	105	231	35	1977
357	105	106	0.9	35	1977
358	106	107	48.9	35	1977
359	107	108	53.1	35	1977
360	108	109	53.1	35	1977
361	109	110	124.9	35	1977
362	110	111	104.7	35	1977
363	111	112	120	35	1977
364	109	113	263.8	35	1977
365	113	114	261.7	35	1977
366	114	115	249.2	35	1977
367	115	116	185.3	35	1977
368	116	117	169.9	35	1977
369	117	118	60.9	35	1977
370	118	119	75.6	35	1977
371	119	120	98.6	35	1977
372	120	121	159.1	35	1977
373	121	122	105.4	35	1977
374	122	123	120.1	35	1977
375	123	124	70.1	35	1977
376	124	125	163.6	35	1977
377	108	126	91	35	1977
378	126	127	83.6	35	1977
379	127	128	95	35	1977
380	128	129	9	35	1977
381	129	130	251.8	35	1977
382	130	131	653	35	1977
383	131	132	581.9	35	1977

384	132	133	163.4	35	1977
385	0	136	222.7	120	1977
386	136	137	283.4	120	1977
387	137	138	339.3	120	1977
388	136	139	131	35	1977
389	21	141	68.7	35	1982
390	141	142	209.5	35	1982
391	83	147	533.7	240	1997
392	147	148	31.2	240	1992
393	148	149	33.2	240	1992
394	149	150	28.3	240	1992
395	150	151	207.8	240	1992
396	151	152	189.4	240	1992
397	147	153	8.5	240	1992
398	153	154	16.2	240	1992
399	154	155	25.6	240	1992
400	155	156	34.8	240	1992
401	156	157	29.2	240	1992
402	157	158	53.3	240	1992
403	158	159	49.5	240	1992
404	159	160	39.8	240	1992
405	160	161	45.6	240	1992
406	161	162	39.8	240	1992
407	162	163	135.3	240	1992
408	163	164	254.3	240	1992
409	133	165	11.7	240	1977
410	165	166	10.7	240	1977
411	166	167	52.2	240	1977
412	152	168	331.8	240	1992
413	168	169	41.5	240	1992
414	164	170	290.1	240	1992
415	170	171	31.3	240	1992
416	171	172	56.9	240	1992
417	172	173	400	240	1992
418	173	175	66	35	1992
419	175	176	478.5	35	1992
420	176	177	548.3	240	1992
421	177	178	248.7	240	1992
422	178	179	28.3	240	1992
423	179	180	35.5	240	1992
424	180	181	12.7	240	1992
425	181	182	38.8	240	1992
426	182	183	27.5	240	1992
427	178	184	25.5	240	1992
428	184	185	13.1	240	1992
429	185	186	41.7	240	1992
430	186	187	5.3	35	1992
431	187	188	55.5	35	1992

432	186	189	172.5	35	1992
433	189	190	114.8	35	1992
434	190	191	94	35	1992
435	191	192	109.5	35	1992
436	192	193	85.4	35	1992
437	193	194	104.1	35	1992
438	194	195	285.4	35	1992
439	195	196	153.2	35	1992
440	194	198	124.5	35	1992
441	198	199	99.7	35	1992
442	199	200	220.1	35	1992
443	199	201	273.5	35	1992
444	301	202	88.4	35	1992
445	139	203	58.3	35	1977
446	203	204	182.7	35	1977
447	4	205	28.9	120	1977
448	205	206	22.3	120	1977
449	24	208	3.7	35	1982
450	208	209	324.2	35	1982
451	209	210	27.4	35	1982
452	15	212	192	120	1977
453	212	213	125.3	120	1997
454	124	214	31	35	1977
455	183	215	153.6	35	1992
456	215	216	417.5	35	1992
457	216	217	151.5	35	1992
458	217	218	214.7	35	1992
459	217	219	46.2	35	1992
460	219	220	219	35	1992
461	220	221	112.1	35	1992
462	221	222	66.4	35	1992
463	220	223	160.3	35	1992
464	223	224	178	35	1992
465	224	225	187	35	1992
466	225	226	88	35	1992
467	226	227	204.5	35	1992
468	218	228	100	35	1992
469	218	229	258.8	35	1992
470	229	230	244.3	35	1992
471	230	231	109.3	35	1992
472	231	232	16	70	1992
473	232	233	113.6	35	1992
474	233	234	7.8	35	1992
475	232	235	126.1	35	1992
476	232	236	157.5	35	1992
477	236	237	159.6	35	1992
478	237	238	324.6	70	1992
479	234	239	178.2	70	1992

480	239	240	325.7	70	1992
481	240	241	270	70	1992
482	241	242	267.5	70	1992
483	242	243	26.6	120	1992
484	243	244	174.1	120	1992
485	244	245	72.4	120	1992
486	245	246	342.7	120	1992
487	246	247	359.3	120	1992
488	247	248	535.2	120	1997
489	248	249	77.3	120	1987
490	248	250	232.9	35	1987
491	250	251	12.7	35	1987
492	251	252	645.2	35	1987
493	249	253	61.5	120	1987
494	253	254	168.2	120	1987
495	254	255	194.4	35	1987
496	255	256	109.6	35	1987
497	256	257	522.4	35	1987
498	257	258	69.7	35	1987
499	258	259	776	35	1987
500	259	260	145	35	1987
501	260	261	193.1	35	1987
502	260	262	308.4	35	1987
503	261	263	126.6	35	1987
504	261	264	258.6	35	1987
505	263	265	78.7	35	1987
506	265	266	191.6	35	1987
507	266	267	440	35	1987
508	266	268	256.3	35	1987
509	267	269	274.3	35	1987
510	267	270	248.5	35	1987
511	270	271	301.5	35	1987
512	269	272	565.8	35	1987
513	272	273	959.7	35	1987
514	273	274	922.3	35	1987
515	274	275	350.3	35	1987
516	274	276	377	35	1987
517	228	277	369.3	35	1992
518	228	278	152.5	120	1992
519	278	279	779.2	120	1992
520	279	280	106.8	120	1992
521	280	281	254	120	1992
522	280	282	271.5	35	1992
523	281	283	66.1	120	1992
524	277	284	486.8	35	1992
525	277	285	196.6	35	1992
526	284	286	116.9	35	1992
527	284	287	37.3	35	1992
528	287	288	51.5	35	1992
529	288	289	20	35	1992
530	286	290	106.7	35	1992
531	290	291	294.3	35	1992
532	291	292	13.4	35	1992
533	292	293	37	35	1992
534	293	294	162.2	35	1992
535	294	295	173.7	35	1992
536	295	296	130.6	35	1992
537	196	297	233.7	35	1992
538	297	298	140.6	35	1992
539	298	299	84	35	1992
540	299	300	285	35	1992
541	300	301	110.2	35	1992
831	275	302	648.6	35	1990
830	302	303	37.8	35	1990
829	303	304	150.6	120	1990
828	303	305	58.5	120	1990
827	305	306	95.3	120	1990
809	306	307	90.8	180	1990
808	307	308	67.2	180	1990
832	305	309	191.3	35	1990

جدول (ب-۲): مشخصات و پارامترهای انواع آرایش هادی های شبکه فشار ضعیف موجود در منطقه نمونه B

نام هادی	کد هادی	$R(\frac{\Omega}{km})$	هزینه احداث(Rials)
سیم FOX – 35	4550	0.7827	42500000
سیم MINK- 70	5110	0.4541	48000000
سیمDOG -120	5140	0.2733	55000000
سیمWOLF-185	5240	0.2	64000000
کابل ۲۴۰	5320	0.15	1200000000

۶-۳- ضمیمه (ج)

شکل (ج- ۱): شمای تک خطی شبکه توزیع در محیط جغرافیایی- الکتریکی نرم افزار LAP_Input.

۷- مراجع

[۱] Farmer, E.D.; Perera, B.L.P.P.; Cory, B.J.; " Optimal pricing of transmission and distribution services in electricity supply" , Generation, Transmission and Distribution, IEE Proceedings- , Volume: 142 Issue: 1 , January 1995 ,Page(s): 1-8

[۲] Farmer, E.D.; Perera, B.L.P.P.; Cory, B.J.; "Optimal pricing of transmission services: application to large power systems" ,Generation, Transmission and Distribution, IEE Proceedings- , Volume: 142 Issue: 3 , May 1995 ,Page(s): 263 - 268

[۳] Shirmohammadi, D.; Filho, X.V.; Gorenstin, B.; Pereira, M.V.P.; Some fundamental, technical concepts about cost based transmission pricing Power Systems, IEEE Transactions on , Volume: 11 Issue: 2 , May 1996 , Page(s): 1002 -1008

[٤] Ilic, M.; On the objectives of transmission pricing under open access Power Engineering Society 1999 Winter Meeting, IEEE , Volume: 1 , 31 Jan.- 4 Feb. 1999 Page(s): 392 -393 vol.1

[٥] Phichaisawat, S.; Song, Y.H.; Transmission pricing using improved sensitivity indices Power Engineering Society Winter Meeting, 2001. IEEE , Volume: 3 , 28 Jan.-1 Feb. 2001,Page(s): 1250 - 1255 vol.3

[٦] Roman, J.; Gomez, T.; Munoz, A.; Peco, J.; Regulation of distribution network business Power Delivery, IEEE Transactions on , Volume: 14 Issue: 2 , April 1999 Page(s): 662 -669

[۷] Arango, H.; Marangon Lima, J.W.; Noronha, J.C.C.; Steele dos Santos, P.E.; Distribution pricing based on yardstick regulation ,Power Engineering Society Winter Meeting, 2002. IEEE , Volume: 1 , 2002 , Page(s): 25 -25

[۸] Lima, J.W.M.; Noronha, J.C.C.; Arango, H.; dos Santos, P.E.S.; Distribution pricing based on yardstick regulation , Power Systems, IEEE Transactions on , Volume: 17 Issue: 1 , Feb 2002 , Page(s): 198 -204

[۹] J. W.Marangon Lima,; J C.C. Noronha,; H. Arango, and P. E. Steele dos Santos ," Closure on Distribution Pricing Based on Yardstick Regulation" ,IEEE Transactions on Power Systems, VOL. 18, NO. 2, MAY 2003

[۱۰] Recordon, E. , ; Rudnick , H.; Distribution Access Pricing-Application of the OFTEL Rule to a Yardstick Competition Scheme,IEEE Transaction On Power Systems, Volume:17, NO. 4, NOVEMBER 2002 , Page(s): 1001 -1007

[۱۱] Rudnick, H. Sanhueza, and D. Watts ,Discussion of Distribution Pricing Based on Yardstick Regulation IEEE Transactions on Power Systems, VOL. 18, NO. 2, MAY 2003

[۱۲] Rudnick and J. Donoso, Closure to Discussion of Integration of Price Cap and Yardstick Competition Schemes in Electrical Distribution Regulation IEEE Transactions on Power Systems, VOL. 16, NO. 4, NOVEMBER 2001, Page:954

[۱۳] G. O. Parada ,Discussion of Integration of Price Cap and Yardstick Competition Schemes in Electrical Distribution Regulation ,IEEE Transactions on Power Systems VOL. 16, NO. 4, NOVEMBER 2001

[۱٤] Strbac, G.; Williams, P.; Costing and pricing of electricity distribution services Power Engineering Journal, Volume: 15 Issue: 3 , Jun 2001 , Page(s): 125 –136

[۱۵] کوثری موحد، سینا; قاضی، رضا; "روش پیشنهادی جدید قیمت گذاری مکانی سرویس دهی شبکه های توزیع مبتنی بر محاسبات بازگشتی"، (پذیرفته شده جهت ارائه در دوازدهمین کنفرانس مهندسی برق ایران)، دانشگاه فردوسی مشهد، ۲۲-۲۴ اردیبهشت ۱۳۸۳

زیرنویس ها

[۱] *Regulator*

[۲] *Yardstick*

[۳] *Long Term Marginal Cost*

[٤] *Primary Elementary Distribution Systems*

[٥] *Clustering*

[٦] *Office of Telecommunication*

[۷] *Distributed Generation*

[۸] *Distribution Company*

[۹] *Retailer*

[۱۰] *Rate-of-Return*

[۱۱] *Price-Cap Regulation*

[۱۲] *Recursive*