

# ارائه یک روش جدید قیمت گذاری انتقال با رویکرد قیمت گذاری ترکیبی

حامد بیات<sup>۱</sup> سمیه حسن پور<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد- دانشگاه صنعتی سجاد مشهد- مشهد- ایران

[bayathamed67@yahoo.com](mailto:bayathamed67@yahoo.com)

۲- استادیار- دانشگاه صنعتی سجاد- مشهد- ایران

[s\\_hassanpour@sadjad.ac.ir](mailto:s_hassanpour@sadjad.ac.ir)

چکیده: امروزه قیمت گذاری انتقال یکی از چالش برانگیزترین مباحث در سیستم‌های قدرت می‌باشد. انتخاب قیمتی منصفانه که بازگرداننده هزینه‌های صاحبان شبکه‌های انتقال باشد و از طرفی برای کاربران سیستم عادلانه باشد نیاز به مطالعه و بررسی‌های زیادی دارد. در دیدگاه قیمت‌گذاری ترکیبی، جهت رفع معایب روش‌های قیمت گذاری و پوشش هزینه‌های شبکه انتقال، از ترکیب چند روش قیمت گذاری استفاده می‌شود. در روش پیشنهادی این مقاله شش فاکتور قیمت گذاری مورد نظر، از طرف شرکت کنندگان در بازار (بارها، ژنراتورها و مالک شبکه انتقال) وزن دهی شده و درجه اهمیت این فاکتورها از نظر شرکت کنندگان در بازار با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) سنجیده می‌شود. سپس با توجه به روش‌های قیمت گذاری مشخص شده اهمیت فاکتورها در این روش‌ها توسط نخبگان و خبرگان بخش صنعت و دانشگاه وزن دهی و سنجیده می‌شوند. در نهایت با توجه به وزن دهی صورت گرفته و اهمیت فاکتورها، قیمت گذاری با استفاده از ترکیبی از روش‌های پیشنهادی صورت می‌گیرد که در نهایت امر می‌تواند موجب رضایت شرکت کنندگان در بازار گردد. روش پیشنهادی ضمن تفکیک سهم هر یک از کاربران (بارها و ژنراتورها) از هزینه‌های انتقال، بر روی سیستم ۲۴ باسه IEEE پیاده سازی شده است.

**کلمات کلیدی:** قیمت گذاری انتقال، قیمت گذاری ترکیبی، سیگنال‌های قیمت گذاری و AHP

تاریخ ارسال مقاله: ۱۳۹۲/۰۹/۰۴

تاریخ پذیرش مشروط مقاله: ۱۳۹۲/۰۹/۰۵

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۰۱/۲۳

نام نویسنده‌ی مسئول: حامد بیات

نشانی نویسنده‌ی مسئول: ایران - مشهد - بلوار جلال آل احمد - جلال آل احمد ۶۴ - دانشگاه صنعتی سجاد - دانشکده‌ی برق

## ۱- مقدمه

قیمت گذاری انتقال در ارائه اطلاعات اقتصادی صحیح از بهره برداری، ظرفیت موجود شبکه و توسعه شبکه انتقال از دید سرمایه گذاری آینده نقش مهمی را ایفا می کند. قیمت گذاری صحیح شبکه انتقال یکی از مهمترین عوامل تضمین موفقیت آمیز بودن عملیات صنعت برق مبتنی بر بازار است. چگونگی قیمت گذاری و تخصیص هزینه های شبکه انتقال در سیستم های تجدید ساختار یافته یکی از مسایل مهم بهره برداری سیستم است و روش های مختلفی نیز برای این منظور معرفی و پیشنهاد شده است. قیمت گذاری انتقال باید علاوه بر افزایش راندمان اقتصادی، هزینه های سیستم را جبران نماید و هزینه های آن به صورت عادلانه بین همه مشترکین تقسیم شود [۱ و ۲]. روش های قیمت گذاری انتقال را می توان در چهار الگوی زیر دسته بندی کرد.

### ۱- الگوی قیمت گذاری Rolled-in: در این الگوی قیمت گذاری

همه هزینه ها در یک عدد خلاصه شده، هزینه های هم اجزاء پوشش داده شده است و جمع هزینه به کاربران مختلف شبکه ارائه می شود [۳]. از روش های این الگو می توان به موارد زیر اشاره کرد: روش تمبر پستی [۴-۷]، روش توان- فاصله<sup>۲</sup> [۸-۱۰]، روش MVA/mile [۹]، روش قیمت گذاری ردیابی [۱۱ و ۱۲]، روش فاکتورهای توزیع [۱۳-۱۶]، روش ماتریس امپدانس (Zbus) [۱۷]، روش مبادله دوطرفه معادل (EBE<sup>۲</sup>) [۱۸]، روش تجزیه زاویه ولتاژ [۱۹] و استفاده از نظریه بازی [۲۰].

### ۲- الگوی قیمت گذاری افزایشی: در این الگو، قیمت گذاری بر

اساس میزان هزینه های افزایشی سیستم در صورت اضافه شدن یک قرارداد یا توان صورت می گیرد. روش های این الگو شامل: قیمت گذاری حاشیه ای کوتاه مدت (SRMC<sup>۴</sup>) [۲۱ و ۲۲]، قیمت گذاری حاشیه ای بلند مدت (LRMC<sup>۵</sup>) [۲۳]، قیمت گذاری افزایشی کوتاه مدت (SRIC<sup>۶</sup>) [۲۴]، قیمت گذاری افزایشی بلند مدت (LRIC<sup>۷</sup>) [۲۴] و روش قیمت گذاری پویا و جامع [۲۵] می باشد.

### ۳- الگویی قیمت گذاری هزینه نهایی: این الگو بر اساس تفاوت

قیمت در باس های مختلف بیان می شود. در این روش به تولید کنندگان بر اساس قیمت باس خود پول پرداخت شده و از مصرف کنندگان نیز بر اساس قیمت باسی که در آن قرار دارند پول دریافت می گردد. در این حالت تفاوت پول دریافتی از مصرف کننده ها با پول پرداختی به تولید کنندگان به عنوان اجاره انتقال (MTR<sup>۸</sup>) یا هزینه خدمات شبکه انتقال مطرح می گردد. روش های این الگو شامل: روش گره [۲۶ و ۲۷]، روش ناحیه ای [۲۸] و روش قیمت گذاری تراکم [۲۹] می باشند.

### ۴- الگوی قیمت گذاری ترکیبی: روش های قیمت گذاری ذکر

شده هر یک دارای معایب و مزایایی می باشند. به عنوان مثال مدل قیمت گذاری تراکم نمی تواند ابزاری برای پوشش هزینه های صاحبان

انتقال فراهم کند. روش های تمپرستی و MW-mile هزینه های ثابت را پوشش می دهند، اما قادر به پوشش هزینه های تراکم نیستند. بنابراین در قیمت گذاری ترکیبی که از ترکیب روش های قیمت گذاری بهره می گیرد، می تواند معایب برخی از مدل ها را مرتفع کند.

در روش پیشنهادی هدف قیمت گذاری انتقال با دیدگاه قیمت گذاری ترکیبی است. با توجه به روش های قیمت گذاری معرفی شده، جهت پوشش معایب و بازگشت کل هزینه های سیستم انتقال روش قیمت گذاری ترکیبی ارائه شده است. در این روش سه بخش بارها، ژنراتورها و بهره بردار شبکه (یا مالک شبکه انتقال) در قیمت گذاری نقش دارند. در این حالت برای پوشش معایب روش ها و بازگشت هزینه و جلب رضایت شرکت کنندگان در بازار، چند روش قیمت گذاری در نظر گرفته می شود. در این روش ها فاکتورهای مورد نظر شرکت کنندگان در بازار مانند: سیگنال های بلند مدت و کوتاه مدت، بازگشت هزینه های سرمایه گذاری و ... توسط افراد نخبه وزن دهی می گردند و در نهایت با استفاده از روش AHP تاثیر هر روش قیمت گذاری در تخصیص هزینه انتقال بدست می آید.

در ادامه ابتدا روش ها و فاکتورهای مورد نظر معرفی و روش های قیمت گذاری بکار گرفته شده مختصراً بیان می شوند. در بخش بعد به معرفی AHP و نحوه استفاده از آن پرداخته می شود. سپس نتایج نظر سنجی و پیاده سازی روش پیشنهادی بر روی شبکه ۲۴ باس IEEE ارائه شده است. در بخش پایانی نیز نتیجه گیری ارائه شده است.

## ۲- روش های قیمت گذاری و فاکتورهای مورد نظر

در این مقاله قیمت گذاری سیستم انتقال از دیدگاه سه بخش مختلف زیر صورت می گیرد:

- ❖ مالک شبکه انتقال (در این مقاله ISO در نظر گرفته شده است).
- ❖ خریدار (بارها)
- ❖ فروشنده (ژنراتورها)

از طرفی هر یک از این بخش ها فاکتورهای مختلفی را برای انجام قیمت گذاری در نظر دارند. در این مقاله فاکتورهایی ذیل جهت انجام قیمت گذاری ترکیبی در نظر گرفته شده اند:

- ✓ عادلانه و شفاف بودن (FT<sup>۹</sup>)
- ✓ سیگنال های کوتاه مدت (SRS<sup>۱۰</sup>)
- ✓ سیگنال های بلند مدت (LRS<sup>۱۱</sup>)
- ✓ بازگشت هزینه های سرمایه گذاری و بهره برداری (تلفات، خدمات جانبی و ...) (RIC<sup>۱۲</sup>)
- ✓ مقاوم بودن قوانین در شرایط مختلف بهره برداری (BRR<sup>۱۳</sup>)
- ✓ سادگی پیاده سازی (S<sup>۱۴</sup>)

همچنین از روش‌های زیر برای انجام قیمت گذاری استفاده شده است. توضیحات مربوط به نحوه قیمت گذاری و فرمول بندی این روش‌ها در ادامه ارائه شده است.

✓ روش توان - فاصله (MW)

✓ روش فاکتورهای توزیع (DF<sup>15</sup>)

✓ روش ردیابی بیالک (BT<sup>16</sup>)

✓ روش گره (N<sup>17</sup>)

✓ روش تمبر پستی (PS<sup>18</sup>)

## ۲-۱ معرفی روش های قیمت گذاری استفاده شده

### ۲-۱-۱ روش توان - فاصله

این روش هزینه‌های انتقال را براساس میزان توان مورد قرارداد و فاصله جغرافیایی بین نقطه تحویل و تزریق توان محاسبه می‌کند و وابسته به زمان قرارداد و فاصله توان منتقل شده در شبکه است [۸]. هزینه انتقال قرارداد t از رابطه زیر بدست می‌آید [۹]:

$$TC_t = TC \frac{\sum_{k \in K} C_k L_k MW_{t,k}}{\sum_{t \in T} \sum_{k \in K} C_k L_k MW_{t,k}} \quad (1)$$

$TC_t$ : هزینه‌های قرارداد t

$TC$ : کل هزینه‌های همه خطوط

$L_K$ : طول خط k بر حسب مایل

$C_k$ : هزینه MW بر واحد طول در خط k

$MW_{t,k}$ : جریان خط k، ناشی از قرارداد t

T: مجموعه قراردادها

K: مجموعه خطوط

### ۲-۱-۲ روش فاکتورهای توزیع

فاکتورهای توزیع براساس پخش بار DC، محاسبه می‌شوند و در تعیین تقریبی تأثیر تولید و بار بر توان‌های انتقالی مورد استفاده قرار می‌گیرند [۱۳]. این ضرایب عبارتند از:

۱- ضرایب توزیع جابجایی تولید (GSDF<sup>19</sup>): این ضرایب، میزان تغییر توان گذرنده از خطوط در پی تغییر جزئی تولید را نشان می‌دهند. با استفاده از این ضرایب، تأثیر تولید شین‌های مختلف بر سیستم انتقال سنجیده و بر همین اساس هزینه‌ها تخصیص می‌یابد [۳۰].

۲- ضرایب تعمیم‌یافته توزیع تولید (GGDF<sup>20</sup>): (ضرایب D) این ضرایب برای ارزیابی تأثیر تولید بر توان‌های حقیقی انتقال‌یافته تعریف می‌شوند، بنابراین می‌توانند دارای مقادیر منفی نیز باشند. از آن‌جا که این ضرایب با استفاده از پخش بار DC محاسبه می‌شوند، تنها برای

توان‌های حقیقی انتقال‌یافته مورد استفاده قرار می‌گیرند. GGDF به صورت زیر تعریف می‌شوند [۳۰]:

$$F_{l-k} = \sum_{i=1}^N D_{l-k,i} G_i \quad (2)$$

$$D_{l-k,i} = D_{l-k,i} + A_{l-k,i} \quad (3)$$

$$D_{l-k,r} = \left\{ F_{l-k}^0 - \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq r}}^N A_{l-k,i} G_i \right\} / \sum_{i=1}^N G_i \quad (4)$$

$F_{l-k}$ : کل توان حقیقی انتقالی بین شین‌های l و k

$F_{l-k}^0$ : توان انتقالی بین شین‌های l و k از تکرار قبل

$D_{l-k,i}$ : ضریب D مربوط به خط واصل بین شین‌های l و k به علت تغییر در تولید شین i

$D_{l-k,r}$ : ضریب D مربوط به خط واصل بین شین‌های l و k به علت تغییر در تولید شین مرجع

$G_i$ : تولید کل در شین i

$A_{l-k,i}$ : ضریب GSDF مربوط به خط بین باس‌های l و k به دلیل تغییر در تولید باس i

### ۳- ضرایب تعمیم‌یافته توزیع بار (GLDF<sup>21</sup>):

تعریف این ضرایب شبیه به ضرایب D با جایگزینی بار به جای تولید است. این ضرایب، سهم هر بار را در توان‌های انتقالی خطوط مشخص می‌کنند. در مرجع [۳۰] این رابطه به صورت زیر بیان شده است:

$$F_{l-k} = \sum_{i=1}^N C_{l-k,j} L_j \quad (5)$$

$$C_{l-k,j} = C_{l-k,i} - A_{l-k,j} \quad (6)$$

$$C_{l-k,r} = \left\{ F_{l-k}^0 + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq r}}^N A_{l-k,j} L_j \right\} / \sum_{j=1}^N L_j \quad (7)$$

$F_{l-k}$ : کل توان حقیقی انتقالی بین شین‌های l و k

$F_{l-k}^0$ : توان انتقالی بین شین‌های l و k از تکرار قبل

$C_{l-k,j}$ : ضریب GLDF مربوط به خط واصل بین شین‌های l و k به علت تغییر تقاضا در شین j

$C_{l-k,r}$ : ضریب GLDF مربوط به خط واصل بین شین‌های l و k به علت تغییر در بار شین مرجع

L: بار کل در شین j

$A_{l-k,j}$ : ضریب GSDF مربوط به خط بین باس‌های l و k به دلیل تغییر در تولید باس i

## ۳-۱-۲ روش ردیابی بیالک

در روش ردیابی، سهم کاربران انتقال در استفاده از سیستم انتقال تعیین می‌شود. در این روش از دو الگوریتم بالارونده و پایین رونده استفاده می‌شود. در الگوریتم بالارونده با استفاده از توانهای تزریقی خروجی از باس، سهم تولید هر ژنراتور در توان انتقالی خطوط انتقال به دست می‌آید [۱۲].

$$D_{ij,k}^G = \frac{P_{i-j}}{P_i} [A_u^{-1}]_{jk} \quad (8)$$

$$[A_u]_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{if } i = j \\ -C_{ij} = -\frac{|P_{ij}|}{P_j} & \text{if } j \in \alpha_i^{(u)} \\ 0 & \text{other wise} \end{cases} \quad (9)$$

$P_{i-j}$ : توان جاری شده بین گره  $i$  و  $j$

$P_i$ : توان عبوری از باس  $i$

$A_u$ : ماتریس توزیع بالارونده

$D_{ij,k}^G$ : سهم ژنراتور  $k$  ام در توان جاری شده در خط  $j-i$

$\alpha_i^{(u)}$ : مجموعه ای از باس ها که مستقیماً از باس  $i$  تغذیه می‌شوند.

در الگوریتم پایین رونده با استفاده از توانهای تزریقی ورودی به باس، سهم بار مصرفی از توان انتقالی خطوط به دست می‌آید. سهم بار  $k$  ام در توان جاری شده در خط  $j-i$  برابر با ضریب  $D_{ij,k}^L$  است که از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$D_{ij,k}^L = \frac{P_{i-j}}{P_i} [A_d^{-1}]_{jk} \quad (10)$$

$$[A_d]_{il} = \begin{cases} 1 & \text{if } i = l \\ -C_{il} = -\frac{|P_{il}|}{P_l} & \text{if } l \in \alpha_i^{(d)} \\ 0 & \text{other wise} \end{cases} \quad (11)$$

$P_{i-j}$ : توان جاری شده بین گره  $i$  و  $j$

$P_i$ : توان عبوری از باس  $i$

$A_d$ : ماتریس توزیع پایین رونده

$\alpha_i^{(d)}$ : مجموعه ای از باس ها که مستقیماً از باس  $i$  تغذیه می‌شوند.

## ۳-۱-۲ روش گره

یکی از دقیق‌ترین روش‌های قیمت‌گذاری، روش گره است. این روش برپایه هزینه نهایی (افزایشی) کوتاه‌مدت یا هزینه نهایی (افزایشی) بلندمدت است [۲۷-۳۶]. در این روش از بارها بر اساس قیمت حاشیه ای محلی (LMP<sup>۲۲</sup>) باس خود پول دریافت می‌شود و به

تولید کننده‌ها نیز بر اساس قیمت حاشیه ای محلی باس خود پول پرداخت می‌گردد [۳۷].

## ۳-۱-۵ روش تمبر پستی

ساده‌ترین روش قیمت‌گذاری خدمات در سیستم انتقال روش تمبر پستی است، که تنها بستگی به مقدار توان جا به جا شده و مدت زمان مصرف، بدون در نظر گرفتن تولید، توزیع، فاصله جغرافیایی انتقال یا توزیع بار اعمالی به خطوط گوناگون سیستم انتقال در یک قرارداد خاص دارد [۴]. ضعف اصلی این روش عدم توجه به میزان استفاده واقعی کاربران از شبکه انتقال و همچنین عدم ایجاد سیگنال اقتصادی مناسب برای کاربران می‌باشد. در مرجع [۳] رابطه به صورت زیر بیان می‌شود.

$$R_t = TC \frac{P_t}{P_{peak}} \quad (12)$$

$R_t$ : قیمت انتقال برای قرارداد  $t$

$TC$ : کل هزینه‌های انتقال

$P_t$ : توان مورد قرارداد  $P_{peak}$ : حداکثر توان سیستم

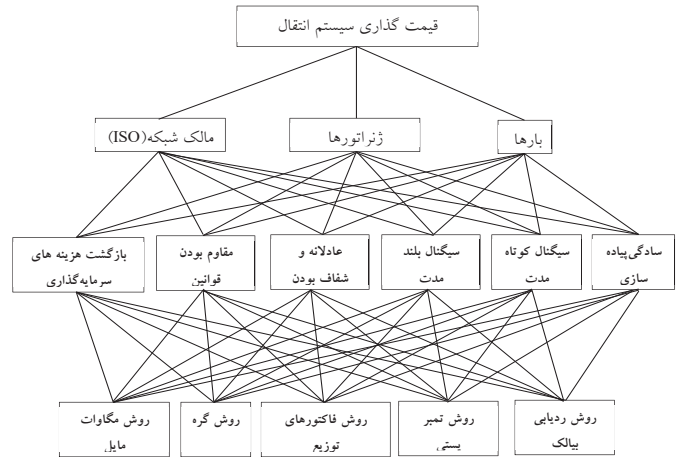
## ۳- فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

فرآیند تصمیم‌گیری چند معیاره همواره با پیچیدگی‌هایی از جمله فرموله کردن مساله، در نظر گرفتن معیارهای کمی و کیفی و لحاظ کردن نظرات افراد مختلف روبرو بوده است. از این رو اتخاذ روشی مناسب برای اینگونه مسائل که بر مبنای یک تئوری قوی استوار باشد، اجتناب ناپذیر است. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی که اولین بار توسط توماس ساعتی<sup>۲۳</sup> ارائه شد، یکی از جامع‌ترین سیستم‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است [۳۳]. این تکنیک از طریق مقایسه زوجی گزینه‌ها در مورد معیارهای مختلف، مسائل پیچیده تصمیم‌گیری را به شکل ساده و قابل حل تبدیل می‌کند. مشکل استفاده از روش سلسله مراتبی زیاد بودن مراحل محاسبات و پیچیدگی این روش می‌باشد و بشدت تحت تأثیر نظر خبرگان بوده و می‌تواند با تغییر نظر نخبگان نتایج متفاوتی بدست آید. سایر اطلاعات مورد نیاز در ضمیمه آورده شده است.

## ۳-۱-۱ سلسله مراتبی بودن قیمت گذاری انتقال

اولین قدم در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی ایجاد یک نمایش گرافیکی از مساله می‌باشد که در آن هدف، معیارها و گزینه‌ها به شکل سلسله مراتبی نشان داده می‌شود. در قیمت‌گذاری سیستم انتقال ساختار سلسله مراتبی نشان داده در شکل (۱) پیشنهاد شده است.

همانطور که مشاهده می‌شود بالاترین سطح و هدف اصلی قیمت گذاری سیستم انتقال می‌باشد. در سطح پایین تر شرکت کنندگان در بازار به عنوان رکن اصلی قرار دارند. در سطح سوم فاکتورهای مورد نظر و مهم جهت انجام قیمت گذاری وجود دارد و در سطح پایانی روش های مورد نظر برای پیاده سازی قرار گرفته اند.



شکل (۱) ساختار سلسله مراتبی روش پیشنهادی

#### ۴- نتایج نظر سنجی

نتایج نظر سنجی از نخبگان و خبرگان بخش صنعت و دانشگاه در ایران در مورد فاکتورها و روش های قیمت گذاری فوق، در جداول (۱) و (۲) ارائه شده است.

جدول (۱): نتایج نظر سنجی اهمیت فاکتورها از دیدگاه بارها و

ژنراتورها						
BRR	SRS	FT	LRS	S	RIC	L & G
1/8	1/5	1/9	1/7	1/3	1	RIC
1/7	1/5	1/7	1/5	1	3	S
1/5	1/3	1/5	1	5	7	LRS
3	5	1	5	7	9	FT
1/3	1	1/5	2	5	5	SRS
1	3	1/3	5	7	8	BRR

جدول (۲): نتایج نظر سنجی اهمیت فاکتورها از دیدگاه مالک

شبکه انتقال (ISO)						
BRR	SRS	FT	LRS	S	RIC	ISO
6	8	4	9	3	1	RIC
5	7	3	8	1	1/3	S
1/4	1/3	1/6	1	1/8	1/9	LRS
3	5	1	6	1/3	1/4	FT
1/3	1	1/5	3	1/7	1/8	SRS
1	3	1/3	4	1/5	1/6	BRR

نتایج نظر سنجی از دید بارها و ژنراتورها نشان می‌دهد که مهمترین فاکتور برای آنها عادلانه و شفاف بودن روش قیمت گذاری می‌باشد و فاکتورهای مقاوم بودن روش قیمت گذاری در برابر شرایط مختلف بهره برداری و سیگنال های کوتاه مدت و بلند مدت از اهمیت پایین تری برخوردار بوده و در رتبه های بعدی قرار دارند. اما از دیدگاه مالک شبکه انتقال مهمترین فاکتور بازگشت کامل هزینه های سیستم انتقال بوده و فاکتورهای سیگنال های کوتاه مدت و مقاوم بودن روش قیمت گذاری در برابر شرایط مختلف بهره برداری از درجه اهمیت پایین تری برخوردار می باشند.

بعد از نظر سنجی در مورد اهمیت فاکتورهای قیمت گذاری از دید شرکت کنندگان در بازار، حال باید اهمیت این فاکتورها را در روش های قیمت گذاری پیشنهادی بررسی کرد. برای محقق شدن این امر نیز از نظر نخبگان و خبرگان بخش صنعت و دانشگاه در ایران استفاده کردیم که نتایج حاصله در جداول (۳) تا (۸) ارائه شده است.

جدول (۳): نتایج نظر سنجی فاکتور مقاوم بودن قوانین در شرایط

مختلف بهره برداری					
PS	N	DF	BT	MW	SRS
1/2	8	4	5	1	MW
1/7	3	1	1	1/5	BT
1/5	5	1	1	1/4	DF
1/9	1	1/5	1/3	1/8	N
1	9	5	7	2	PS

جدول (۴): نتایج نظر سنجی فاکتور بازگشت هزینه های سرمایه

گذاری					
PS	N	DF	BT	MW	RIC
1	1	1	1	1	MW
1	1	1	1	1	BT
1	1	1	1	1	DF
1	1	1	1	1	N
1	1	1	1	1	PS

جدول (۵): نتایج نظر سنجی فاکتور سیگنال های بلند مدت

PS	N	DF	BT	MW	LRS
2	1/7	1/5	1/4	1	MW
7	1/3	1	1	4	BT
5	1/5	1	1	5	DF
9	1	5	3	7	N
1	1/9	1/5	1/7	1/2	PS

جدول(۹): اهمیت فاکتورها در روش های قیمت گذاری

PS	N	DF	BT	MW	
0/2	0/2	0/2	0/2	0/2	RIC
0/508099	0/058781	0/09407	0/03823	0/3008	S
0/036026	0/528312	0/18165	0/19837	0/05563	LRS
0/032219	0/55075	0/11907	0/23717	0/06077	FT
0/028860	0/545466	0/12195	0/23960	0/06411	SRS
0/47505	0/033187	0/10036	0/07924	0/31214	BRR

گذاری، با استفاده از AHP وزن موثر روش های قیمت گذاری برای هر فاکتور بدست می آید. نتایج در جدول(۹) ارائه شده است.

جدول (۱۰) وزن فاکتورها از دیدگاه شرکت کنندگان بازار را نشان می دهد.

جدول(۱۰) اهمیت فاکتورها از دیدگاه شرکت کنندگان در بازار

اهمیت فاکتورها	بارها و ژنراتورها	مالک شبکه (ISO)	وزن نهایی موثر
RCI	0/024269234	0/443622566	0/164053678
S	0/039380863	0/268836065	0/11586593
LRS	0/102442707	0/025802423	0/076895945
FT	0/43833296	0/145456092	0/340707338
SRS	0/1256655	0/04160985	0/097647004
BRR	0/26990865	0/074673004	0/204830105

با توجه به مشابه بودن نظر بارها و ژنراتورها وزن موثر نظر آنها دو برابر نظر صاحب شبکه انتقال می باشد.

با بدست آمدن وزن نهایی فاکتورها و روش های قیمت گذاری، وزن موثر هر روش در روش پیشنهادی با توجه به وزن نهایی فاکتورها محاسبه می شود. وزن نهایی روش ها در جدول (۱۱) ارائه شده است.

جدول(۱۱): وزن نهایی روش های قیمت گذاری

روش قیمت گذاری	وزن موثر
مگاوات مایل	0/162846
ردیابی بیالک	0/172933
فاکتورهای توزیع	0/130716
گره	0/327952
تمبر پستی	0/205553
جمع کل	1

## ۵- نتایج پیاده سازی روش پیشنهادی

در این بخش نتایج حاصل از پیاده سازی روش پیشنهادی بر روی شبکه ۲۴ باسه IEEE ارائه می گردد. در این شبکه دو سطح ولتاژ ۲۳۰ و ۱۳۸ کیلوولت وجود دارد که توسط ۵ ترانس که ظرفیت هر یک ۴۰۰ مگاوات است به هم متصل شده اند. پیک بار سالانه ۲۸۵۰ مگاوات مصرف توان اکتیو و ۵۸۰ مگاوات مصرف توان راکتیو وجود دارد

جدول(۶): نتایج نظرسنجی فاکتور سیگنال های کوتاه مدت

PS	N	DF	BT	MW	BRR
۴	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{5}$	1	MW
۸	$\frac{1}{4}$	3	1	5	BT
۶	$\frac{1}{6}$	1	$\frac{1}{3}$	3	DF
9	1	6	4	7	N
1	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{4}$	PS

جدول(۷): نتایج نظرسنجی فاکتور عادلانه و شفاف بودن

PS	N	DF	BT	MW	FT
3	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{5}$	1	MW
7	$\frac{1}{4}$	3	1	5	BT
5	$\frac{1}{6}$	1	$\frac{1}{3}$	3	DF
9	1	6	4	7	N
1	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{3}$	PS

جدول(۸): نتایج نظرسنجی فاکتور سادگی

PS	N	DF	BT	MW	S
$\frac{1}{3}$	۶	۵	۷	1	MW
$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	1	$\frac{1}{7}$	BT
$\frac{1}{5}$	۲	1	۳	$\frac{1}{5}$	DF
$\frac{1}{7}$	1	$\frac{1}{3}$	۲	$\frac{1}{6}$	N
1	۷	۵	۹	۳	PS

نتایج نظر سنجی نشان می دهد در فاکتور مقاوم بودن روش قیمت گذاری در برابر شرایط مختلف بهره برداری، روش تمبر پستی بیشترین وزن را به خود اختصاص داده است ولی روش گره دارای کمترین وزن می باشد. این امر نشان می دهد روش گره کاملاً وابسته به شرایط بهره برداری سیستم می باشد و در مقابل روش تمبر پستی هیچ ارتباطی با شرایط بهره برداری سیستم ندارد. در فاکتور بازگشت هزینه ها همه روشها به صورت یکسان عمل کردند. شایان ذکر است در روش پیشنهادی از روش گره اصلاح شده استفاده شده است که قابلیت پوشش هزینه های کامل شبکه را دارد و بدین دلیل همه روش ها وزن یکسانی گرفتند. در مورد فاکتورهای سیگنال های کوتاه مدت و بلند مدت روش گره بیشترین وزن و روش تمبر پستی کمترین وزن را به خود اختصاص داده اند. همچنین در مورد فاکتور عادلانه و شفاف بودن روش قیمت گذاری، روش گره به عنوان عادلانه ترین و روش تمبر پستی به عنوان ناعادلانه ترین روش ها شناخته شده اند. و در نهایت در فاکتور سادگی، روش تمبر پستی به عنوان ساده ترین و روش گره به عنوان پیچیده ترین روش ها در پیاده سازی معرفی شده اند. بعد از بدست آمدن نتایج نظر سنجی در مورد فاکتورها و روش های قیمت

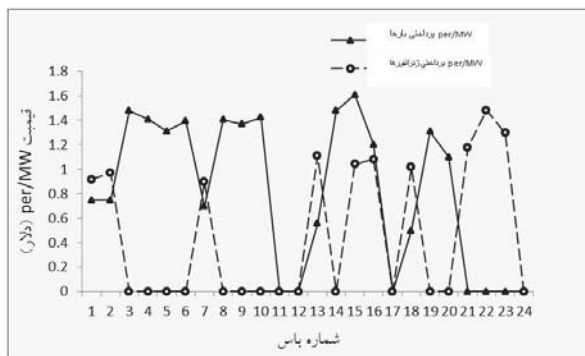


جدول (۱۲): مبلغ پرداختی بارها در روش های قیمت گذاری با  $\alpha = 0.5$

گره (\$)		مگاوات مایل (\$)		تمبر پستی (\$)		ردیابی بیالک (\$)		فاکتورهای توزیع (\$)		
Per/MW	کل	Per/MW	کل	Per/MW	کل	Per/MW	کل	Per/MW	کل	باس
0	0	1/773693	191/558	1/142719	123/4137	0/209046	22/57702	1/427342	154/153	1
0	0	1/974833	191/558	1/142719	110/8438	0/014927	1/447884	1/439559	139/6372	2
1/644444	296	1/064216	191/558	1/142719	205/6895	2/244885	404/0793	1/097503	197/5506	3
0/675676	50	2/588633	191/558	1/142719	84/56123	1/997212	147/7937	1/418737	104/9866	4
0/647887	46	2/698012	191/558	1/142719	81/13307	1/429924	101/5246	1/368411	97/15719	5
1/242647	169	1/408521	191/558	1/142719	155/4098	1/99475	271/286	1/354919	184/269	6
0	0	1/532471	191/558	1/142719	142/8399	0	0	1/61511	201/8887	7
1/561404	267	1/120227	191/558	1/142719	195/405	1/664703	284/6643	1/452019	248/2953	8
1/6	280	1/094622	191/558	1/142719	199/9759	1/714592	300/0536	1/030602	180/3553	9
1/779487	347	0/982353	191/558	1/142719	222/8303	1/713354	334/1041	1/143278	222/9391	10
.	0	0/722863	191/558	1/142719	302/8206	0/28822	76/3784	1/167532	309/396	13
1/778351	345	0/987417	191/558	1/142719	221/6875	2/195085	425/8465	0/93089	180/5927	14
2/895899	918	0/604287	191/558	1/142719	362/242	1/178557	373/6025	0/929595	294/6817	15
0/91	91	1/915588	191/558	1/142719	114/2719	1/395339	139/5339	0/877388	87/73884	16
0	0	0/575252	191/558	1/142719	380/5255	0/19221	64/00594	1/037921	345/6278	18
1/649171	298/5	1/058336	191/558	1/142719	206/8322	1/344278	243/3143	0/979479	177/2857	19
1/171875	150	1/496553	191/558	1/142719	146/2681	0/590142	75/53821	1/01715	130/1952	20
----	۳۲۶۵/۵	----	۳۲۶۵/۷۵	----	۳۲۶۵/۷۵	----	۳۲۶۵/۷۵	----	۳۲۶۵/۷۵	جمع

$TC_G$ : سهم ژنراتورها از هزینه کل سیستم انتقال  
 $\alpha$ : نسبت تفکیک هزینه های انتقال بین بارها و ژنراتورها  
 $TC$ : کل هزینه های سیستم انتقال

نتایج شبیه سازی روش های قیمت گذاری تمبر پستی، فاکتورهای توزیع، ردیابی بیالک، توان - فاصله و گره بر روی شبکه مورد آزمایش در جداول (۱۲) و (۱۳) ارائه شده است. نتایج ارائه شده برای قیمت گذاری گره برگرفته از مرجع [۳۵] می باشد. حال با توجه به نتایج بدست آمده از روش های قیمت گذاری پیاده سازی شده و نتایج نظرسنجی که در جدول (۱۱) آمده است، نتایج شبیه سازی روش پیشنهادی در جدول (۱۴) و شکل (۲) ارائه می گردد.



شکل (۲): نمودار قیمت باس ها در روش پیشنهادی با  $\alpha = 0.5$

که در ۱۸ باس شبکه پخش شده اند. این شبکه دارای ۳۸ خط انتقال بوده و ۳۲ واحد تولیدی در ۱۱ باس قرار دارد که جمعا ۳۴۰۵ مگاوات ظرفیت نسب شده می باشد [۳۱]. طبق اطلاعات مرجع [۳۲] کل هزینه های انتقال این شبکه شامل هزینه های سرمایه گذاری و بهره برداری خطوط و ترانسها، ۶۵۳۱/۵ دلار در ساعت در نظر گرفته شده است. همچنین در روش پیشنهادی تفکیک هزینه های انتقال بین بارها و ژنراتورها صورت گرفته است. در بازارهای مختلف سهم بارها و ژنراتورها از هزینه های کل سیستم انتقال متفاوت است و از صفر تا صد تغییر می کند [۳۴]. در روش پیشنهادی نسبت تفکیک هزینه ها با هر نسبتی قابل اعمال بوده و روش پیشنهادی انعطاف پذیری کامل جهت اعمال صفر تا صد نسبت تفکیک را دارا می باشد. در این مقاله سهم پرداختی بارها و ژنراتورها را از هزینه های کل انتقال یکسان در نظر گرفته و هر یک باید ۵۰ درصد از هزینه های کل را پرداخت نمایند. سهم بارها و ژنراتورها از هزینه کل سیستم انتقال با استفاده از روابط (۱۳) و (۱۴) بدست می آیند.

$$TC_G = TC \times \frac{\alpha}{100} \quad (13)$$

$$TC_L = TC \times \frac{1-\alpha}{100} \quad (14)$$

$TC_L$ : سهم بارها از هزینه کل سیستم انتقال

جدول (۱۳): مبلغ پرداختی ژنراتورها در روش های قیمت گذاری با  $\alpha = 0.5$ 

گره (\$) )		مگاوات مایل (\$) )		تمبر پستی (\$) )		ردیابی بیالک (\$) )		فاکتورهای توزیع (\$) )		
Per/MW	کل	Per/MW	کل	Per/MW	کل	Per/MW	کل	Per/MW	کل	باس
0/473684	۷۲	2/142599	325/675	1/14312	173/7543	0/210692	32/02513	1/087201	165/2545	1
0/467105	۷۱	2/142599	325/675	1/14312	173/7543	0/504125	76/62702	1/099272	167/0893	2
0/655814	۱۴۱	1/514767	325/675	1/14312	245/7709	0/198387	42/65313	1/254868	269/7966	7
1/616698	۸۵۲	0/617979	325/675	1/14312	602/4244	0/711498	374/9595	0/934142	492/2929	13
0	۰	3/700852	325/675	1/14312	100/5946	0/48268	42/47584	0/928053	81/66865	15
0	۰	3/700852	325/675	1/14312	100/5946	0/804782	70/82082	0/804651	70/80931	16
1/2325	۴۹۳	0/814188	325/675	1/14312	457/2482	0/554346	221/7382	1/151647	460/6587	18
1/2325	۴۹۳	0/814188	325/675	1/14312	457/2482	1/415162	566/0647	1/231094	492/4377	21
0/923333	۲۷۷	1/085583	325/675	1/14312	342/9361	3/129523	938/8568	1/723198	516/9594	22
1/626186	۸۵۷	0/617979	325/675	1/14312	602/4244	1/706886	899/5288	1/024256	539/783	23
----	۳۲۶۵/۷۵	----	۳۲۶۵/۷۵	----	۳۲۶۵/۷۵	----	۳۲۶۵/۷۵	----	۳۲۶۵/۷۵	جمع

جدول (۱۴): سهم بارها و ژنراتورها از هزینه های انتقال در روش پیشنهادی با  $\alpha = 0.5$ 

میزان تولید (MW)	میزان بار (MW)	سهم ژنراتورها (\$) )		سهم بارها (\$) )		باس
		Per/MW	کل	Per/MW	کل	
152	108	0/91779481	139/504811	0/74648661	80/6205539	1
152	97	0/96795864	147/129714	0/7472726	72/4854423	2
0	180	0	0	1/47917595	266/251672	3
0	74	0	0	۱/40890015	104/258611	4
0	71	0	0	1/31292092	93/217385	5
0	136	0	0	1/3938744	189/566918	6
215	125	0/89507153	192/440378	0/69559507	86/9493832	7
0	171	0	0	1/40707631	240/610049	8
0	175	0	0	1/36910348	239/59311	9
0	195	0	0	1/4241968	277/718376	10
0	0	0	0	0	0	11
0	0	0	0	0	0	12
527	265	1/11095866	585/475211	0/55507505	147/094889	13
0	194	0	0	1/48019116	287/157085	14
88	317	1/04244283	91/734969	1/60833618	509/842569	15
88	100	1/08201289	95/2171339	1/20128606	120/128606	16
0	0	0	0	0	0	17
400	333	1/01816917	407/267667	0/49748885	165/663786	18
0	181	0	0	1/30859835	236/856302	19
0	128	0	0	1/09794996	140/537595	20
400	0	1/17741548	470/966191	0	0	21
300	0	1/48101331	444/303993	0	0	22
527	0	1/29798221	684/036623	0	0	23
0	0	0	0	0	0	24
2850	2850	----	۳۲۶۵/۷۵	----	۳۲۶۵/۷۵	جمع



می‌شود. روش پیشنهادی باعث می‌شود فاکتورهای مورد نظر با توجه به درجه اهمیتی که دارند مدنظر قرار گیرند که در مقایسه با سایر روش‌های معمول قیمت‌گذاری که عمدتاً هر روش دارای یک فاکتور برجسته می‌باشند و سایر فاکتورها را پوشش نمی‌دهند، این ویژگی قابلیت مهم و ویژه‌ای به شمار می‌آید. همچنین نزدیک بودن قیمت باس‌ها باعث شده پراکندگی قیمت در روش پیشنهادی نسبت به سایر روش‌های قیمت‌گذاری کمتر باشد.

## سپاسگزاری

در اینجا بر خود لازم می‌دانیم که از اساتید بزرگوار جناب آقای دکتر جاویدی، دکتر مصطفی رجبی مشهدی و دکتر قاینی و دفتر بازار برق استان خراسان، جناب آقای مهندس علمی و همکارانشان که ما را در بخش نظر سنجی یاری دادند، تشکر و قدردانی کنیم.

## ضمیمه الف - روابط AHP

در هر سلسله مراتبی هدف در بالاترین مرتبه و گزینه‌های انتخاب در پایین‌ترین مرتبه قرار می‌گیرند. در ادامه عناصر هر سطح نسبت به عنصر واقع در سطح بالاتر به صورت زوجی مقایسه و وزن آنها محاسبه می‌گردد که این وزن‌ها را وزن نسبی می‌نامیم. در این مقایسه‌ها تصمیم‌گیرندگان از قضاوت‌های شفاهی استفاده خواهند کرد، به گونه‌ای که اگر عنصر ۱ بر ۲ مقایسه شود تصمیم‌گیرنده خواهد گفت که اهمیت ۱ بر ۲ یکی از حالات جدول (الف-۱) است که توسط ساعتی به مقادیر کمی بین ۱ تا ۹ تبدیل شده‌اند.

### جدول (الف-۱): مقادیر ترجیحات برای مقایسه‌های زوجی

مقدار عددی	ترجیحات (قضاوت شفاهی)	
	9	Absolutely more important
7	Very much more important	ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت خیلی قوی
5	Much more important	ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت قوی
3	Somewhat more important	کمی مرجح یا کمی مهمتر یا کمی مطلوبتر
1	Equal importance	ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت یکسان
2,4,6,8	Intermediate values	ترجیحات بین فواصل فوق

در صورتی که مقادیر کمی ۱ تا ۹ به ارجحیت گزینه‌ها در این مقایسه‌های زوجی نسبت داده شود ماتریس مثبت و معکوسی خواهیم داشت که ما را در محاسبه وزن نسبی گزینه‌ها قادر خواهد ساخت. روش‌های گوناگونی برای محاسبه وزن نسبی پیشنهاد گردیده است، با توجه به اینکه قیمت‌گذاری انتقال از مسایل تصمیم‌گیری کلان و بسیار

شکل (۲) قیمت یک مگاوات توان را در باس‌های مختلف نشان می‌دهد. با توجه به شکل (۲) و نتایج نشان داده شده در جدول (۱۲) تا (۱۴) مشاهده می‌شود در روش پیشنهادی بیشترین قیمت به ازای هر مگاوات ساعت در بین بارها ۱/۶۱ دلار مربوط به باس ۱۵ و کمترین قیمت ۰/۵ دلار مربوط به باس ۱۸ می‌باشد و تفاوت بین بیشترین قیمت با کمترین قیمت ۱/۱۱ دلار است. اما در روش ردیابی بیالک این اختلاف ۲/۲۵ دلار و در روش توان فاصله ۲/۱۲ دلار می‌باشد. همچنین در بین ژنراتورها بیشترین قیمت ۱/۴۸ دلار در باس ۱۸ و کمترین قیمت ۰/۸۹۵ دلار در باس ۷ می‌باشد و اختلاف بین بالاترین و پایین‌ترین قیمت ۰/۵۸۶ دلار است که در مقایسه با روش ردیابی بیالک ۲/۹۳ دلار و روش توان فاصله ۳/۰۸ دلار، تفاوت کمی است. در جدول (۱۴) مبالغ پرداختی بارها و ژنراتورها نشان داده شده است. مشاهده می‌شود با اعمال نسبت تفکیک هزینه‌های انتقال در روش پیشنهادی، بارها و ژنراتورها با توجه به سهم متناسب، هزینه‌های انتقال را پرداخت می‌کنند. که با توجه به نسبت تفکیک ۵۰ درصد، مجموع بارها و ژنراتورها هر کدام نیمی از هزینه‌های کل معادل ۳۲۶۵/۷۵ دلار را پرداخت می‌کنند. با مقایسه میانگین قیمت پرداختی بارها و ژنراتورها در روش پیشنهادی با سایر روش‌های قیمت‌گذاری، مشاهده می‌شود روش پیشنهادی دارای میانگین کمتری نسبت به سایر روش‌ها می‌باشد. این امر نشان دهنده پراکندگی کمتر قیمت باس‌ها در مقایسه با سایر روش‌های قیمت‌گذاری می‌باشد. نتایج حاصل از این مقایسه در جدول (۱۵) ارائه شده است.

### جدول (۱۵): مقایسه میانگین قیمت باس‌ها در روش

میانگین قیمت	میانگین بارها (\$/MWh)	میانگین ژنراتورها (\$/MWh)
ردیابی بیالک	1/186307266	0/971807945
فاکتورهای توزیع	1/193378643	1/123838154
تمبر پستی	1/142719298	1/143120393
مگاوات مایل	1/388110304	1/715158594
روش پیشنهادی	1/160795759	1/099081951

## ۶- نتیجه گیری

در این مقاله روشی جدید برای قیمت‌گذاری سیستم انتقال ارائه شده است. در روش پیشنهادی، با استفاده از ترکیب روش‌های قیمت‌گذاری معمول و در نظر گرفتن فاکتورهای قیمت‌گذاری و نظر سنجی از خبرگان بخش صنعت و دانشگاه در ایران سعی شده علاوه بر پوشش هزینه‌های کل سیستم انتقال، رضایت شرکت‌کنندگان در بازار را نیز جلب کنیم. به دلیل چند معیاره بودن روش پیشنهادی از روش فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی، جهت وزن دهی روش‌ها و فاکتورها استفاده شده است. استفاده از این روش سبب انعطاف و قابل کنترل بودن روش قیمت‌گذاری مطابق با فاکتورهای مورد نظر شرکت‌کنندگان در بازار

حائز اهمیت می باشد لذا در اینجا از روش بردار ویژه استفاده گردیده است.

برای یک ماتریس مثبت و معکوس- همچون ماتریس مقایسه زوجی- بردار ویژه را می توان از رابطه زیر به دست آورد :

$$W = \lim_{k \rightarrow \infty} \frac{A^k \cdot e}{e^T \cdot A^k \cdot e} \quad (\text{الف-1})$$

A: ماتریس مقایسه زوجی  $e^T$ : ماتریس با مقدار (1, 1, ..., 1)  
W: بردار ویژه

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی معمولا با مسائلی مواجه است که شامل قضاوت های انسانی در مورد معیارهای کیفی است. در عمل اینگونه تصمیمات همواره سازگار نیست. مثلا اگر گزینه B دو برابر گزینه A مهم باشد و اهمیت C سه برابر B باشد، در یک قضاوت سازگار گزینه C شش برابر A مهم خواهد بود. برای اندازه گیری نرخ ناسازگاری یک ماتریس ناسازگار ابتدا شاخص ناسازگاری را محاسبه می کنیم.

$$I.I. = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (\text{الف-2})$$

$\lambda_{\max}$ : ماکزیمم مقدار ویژه ماتریس مقایسه زوجی

I.I.: شاخص ناسازگاری ماتریس مقایسه زوجی

n: تعداد متغیرها در ماتریس مقایسه زوجی

نرخ ناسازگاری I.R. هر ماتریس از تقسیم شاخص ناسازگاری I.I. آن ماتریس بر شاخص ناسازگاری ماتریس تصادفی I.I.R. به دست می آید که معیار مناسبی برای قضاوت در مورد ناسازگاری می باشد. گرچه محدوده قابل قبول برای میزان نرخ ناسازگاری را تصمیم گیرنده تعیین می کند اما در مرجع [۳۳] میزان حداکثر ۰/۱ پیشنهاد شده است.

جدول (الف-۲): شاخص ناسازگاری ماتریس های تصادفی

n	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
I.I.R.	۰	۰	۰/۵۸	۰/۹	۱/۱۲	۱/۲۴	۱/۳۲	۱/۴۱

## ضمیمه ب - فرضیات و چارچوب مقاله

در انجام این مقاله فرضیات زیر در نظر گرفته شده است:

۱. بازار از نوع حوضچه توان می باشد. در این مقاله قراردادهای دوجانبه در نظر گرفته نشده است.
۲. استفاده کنندگان از شبکه بارها و ژنراتورها در نظر گرفته شده اند.
۳. نسبت تفکیک هزینه انتقال بین بارها و ژنراتورها جزء داده های ورودی است.
۴. هزینه انرژی در تمام باس ها یکسان است.

۵. بین بارها و ژنراتورها تمایزی وجود ندارد و رفتار همه یکسان در نظر گرفته شده است.

## منابع

- [1] R. Coxe, M. Ilic, "System Planning under Competition", Power System Restructuring -Economics and Engineering, Kluwer Academic Publishers, 1998.
- [2] R. J. Camfield, "Pricing Transmission Services Efficiently", Elsevier Science, pp. 13-32, November 2000.
- [3] T. Krause, "Evaluation of Transmission Pricing Methods for Liberalized Markets a Literature Survey," power system laboratory Report, July 2003.
- [4] T. W. Gedra, "On Transmission congestion and pricing," IEEE Transactions on Power System, Vol. 14, pp. 241-248, Feb 1999.
- [5] R.W. Hughes, R. Felak, "Bridging Gap between Theory and Practice of Transmission Pricing", Electricity Transmission Pricing and Technology, Boston: Kluwer Academics Publisher Group, 1996.
- [6] S. Hempling, "Postage Stamp Transmission Pricing: The Seventh Circuit Reverses FERC", National Regulatory Research Institute, report, October 2009.
- [7] S. Mehar, R. Patni, "Analysis of POC charging method and Regional Postage Stamp method for cost allocation for transmission line usage", International Journal of Engineering Science and Technology (IJEST), Vol. 3 No. 6, June 2011.
- [8] H. Kim, "Evaluation of power system security and development of transmission pricing method", PHD Thesis, Texas A&M University in partial fulfillment, August 2003.
- [9] M. Murali, M.S. Kumari, M. Sydulu, "A comparison of Fixed Cost Based Transmission Pricing Methods ", Electrical and Electronic Engineering, 1(1), pp. 33-41, 2011.
- [10] J. Ferreira, Z. Vale, A. A. Vale, R. Puga, "Cost of Transmission Transactions: Comparison and Discussion of Used Methods", International conference on renewable and energy quality, (ICREPQ'03), 2003.
- [11] A. N. Al-Rajhi, J.W. Bialek, "Marginal and Tracing Pricing of Transmission: An Empirical Comparison", 14<sup>th</sup> PSCC conference, Sevilla, pp. 24-28, June 2002.
- [12] J. Bialek, "Tracing the flow of electricity", IEE Proc. Transm. Distrib. Vol. 143, pp. 313-320, July. 1996.
- [13] M. O. Buygi, M.R Salehizadeh, "Considering system non-linearity in transmission pricing", Electrical Power and Energy Systems 30, pp. 455-461, April 2008.
- [14] C. O. Ahiakwor, U.C. Chukwu, D.O. Dike, "Optimal transmission Line Pricing Algorithm for a Restructured Power System", IEEE, 2008.
- [15] J. Park, J. Lim and J. Won, "An analytical approach for transmission costs allocation in transmission system", IEEE Transaction on Power Systems, vol. 13, no. 4, pp. 1407-1412, November 1998.
- [16] C. O. Ahiakwor, U.C. Chukwu, D.O. Dike, "Optimal transmission Line Pricing Algorithm for a Restructured Power System", IEEE, 2008.
- [17] A. J. Conejo, j. Contreas, D. A. Lim, and A. P. Feltrin, "Zbus transmission network cost allocation," IEEE Trans. Power Syse, Vol. 22, No. 1, pp. 342-349, Feb. 2007.
- [18] F. D. Galiana, A. J. Coejo, H. A. Gil, "Transmission network cost allocation based on equivalent bilateral exchange," IEEE Trans. Power Syst, Vol. 18, No. 4, pp. 1425-1431, Nov. 2003.

- Journal of Electrical & Electronic Engineering, Vol. 6, No. 2, June 2010.
- [37] M. Ghayeni and R. Ghazi, "Multiarea Transmission Cost Allocation in Large Power Systems Using the Nodal Pricing Control Approach", Iranian Journal of Electrical & Electronic Engineering, Vol. 6, No. 4, June 2010.

### زیر نویس ها

- <sup>1</sup> Analytical Hierarchical Process
- <sup>2</sup> Mw-mile method
- <sup>3</sup> Equivalent bilateral exchanges
- <sup>4</sup> Short-run Marginal Cost Pricing
- <sup>5</sup> Long-run Marginal Cost Pricing
- <sup>6</sup> Short-run Incremental Cost Pricing
- <sup>7</sup> Long-run Incremental Cost Pricing
- <sup>8</sup> Marginal Transmission Rent
- <sup>9</sup> Fair and Transparent
- <sup>10</sup> Short-Run Signals
- <sup>11</sup> Long-Run Signals
- <sup>12</sup> Return Investment Costs
- <sup>13</sup> Being refractory rules in different operational conditions
- <sup>14</sup> Simplicity
- <sup>15</sup> Distribution Factors
- <sup>16</sup> Bialek Tracing
- <sup>17</sup> Nodal Pricing
- <sup>18</sup> Postage Stamp method
- <sup>19</sup> Generation Shift Distribution Factors
- <sup>20</sup> Generalized Generation Distribution Factors
- <sup>21</sup> Generalized Load Distribution Factors
- <sup>22</sup> Local Marginal Pricing
- <sup>23</sup> Saaty (1980)

- [19] M. Oloomi-Buygi, M. R. Salehizadeh, "Considering system non-linearity in transmission pricing," Elsevier, Electrical Power and Energy Systems, Vol. 30, pp. 455-461, 2008.
- [20] M. Junqueira, L. A. Barroso, G. C. Oliveira, L. M. Thome, "An aumann-shapley approach to allocation transmission service cost among network users in electricity market," IEEE Trans. Power Syst, Vol. 22, No. 4, pp. 1532-1546, Nov. 2007.
- [21] R. E. Rotoras, T. Lefevre, R.B. Pacudan, "Marginal transmission pricing and supplemental cost allocation method: A case of Philippines ", Elsevier Science, Electric Power Systems Research 63, pp. 213-227, 2002.
- [22] Y. Z. Li, A. K. David, "Wheeling rates of reactive power flow under marginal cost pricing", IEEE Transactions on Power Systems, pp.1263-1269, Aug 1994.
- [23] R. D. Tabors, "Transmission System Management and Pricing: New Paradigms and International Comparisons," IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 9, No.1, February 1994.
- [24] D. Gang, Z.Y Dong, W. Bai, X.F Wang, "Power flow based monetary flow method for electricity transmission and wheeling pricing," Electric Power Systems Research 74, pp. 293-305, 28 November 2004.
- [25] D. Shirmohammadi, P. R. Gribik, E.T. K.Law, J.H. Malinowski, R.E.O Donnel, "Evaluation of transmission network capacity use for wheeling transactions", IEEE transactions on Power Systems, pp.1405-1413, Oct 1989.
- [26] G. Hamoud and I. Bradley, "Assessment of transmission congestion cost and locational marginal pricing in a competitive electricity market," IEEE Trans. Power Syst, Vol. 19, No. 2, pp. 769-775, May. 2004.
- [27] I. J. P. Arriaga, F. J. Rubio, J. F. Puerta, J. Arceluz, and J. Martin, "Marginal pricing of transmission service: An analysis of cost recovery," IEEE Trans. Power Syst, Vol. 10, No. 1, pp. 546-553, Feb. 1995.
- [28] S. Stof, "Transmissions Pricing Zones: Simple or Complex?," The Electricity journal, January/ February 1997.
- [29] S. Stoft, C. Webber, R. Wiser, "Transmission Pricing and Renewables: Issues, Options, and Recommendations", Environmental Energy Technologies Division Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, University of California Berkeley, California 94720, May 1997.
- [30] M. Shahidehpour, H. Yamin and Z. Li, Market Operations in Electric Power Systems, John Wiley and Sons, March 2002.
- [31] IEEE PES Task force, "The IEEE Reliability Test System-1996", IEEE Transmission on Power Sys, Vol. 14, No. 3, August. 1999.
- [32] H. A. Gil, F. D. Galiana, E. L. da Silva, "Nodal Pricing control: A mechanism for transmission network cost allocation," IEEE Transmission on Power Sys, Vol. 21, No.1, pp. 3-10, Feb. 2006.
- [33] T. L. Saaty, "The analytic hierarchy process," Pittsburgh: RWS Publications, 1996.
- [34] ETSO Tariffs Task Force, "Comparison on transmission pricing in Europe: Synthesis 2۰۱۳", Jul.۲۰۱۳.

[۳۵] قاینی، محسن، تخصیص هزینه های انتقال با دیدگاه قیمت گذاری گرهی، رساله دکتری، دانشگاه فردوسی مشهد، ۲۰-۴۰، ۱۳۹۰.

- [36] M. Ghayeni and R. Ghazi, "Transmission Cost Allocation in Restructured Power Systems Based on Nodal Pricing Approach by Controlling the Marginal Prices", Iranian