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

حامد بیات[1] سمیه حسن پور[2]

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

bayathamed67@yahoo.com

۲- استادیار- دانشگاه صنعتی سجاد- مشهد- ایران

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 هزینه های 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[1]) سنجیده می‌شود. سپس با توجه به روش های قیمت گذاری مشخص شده اهمیت فاکتورها در این روش ها 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 روش های پیشنهادی صورت می‌گیرد که در نهایت امر می‌تواند موجب رضایت شرکت کنندکان 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، سیگنال های 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

[Downloaded from jiaeee.com on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.26765810.1396.14.3.3.8]

Journal of Iranian Association of Electrical and Electronics Engineers Vol14 No.3 Fall2017

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 آمیزبودن عملیات صنعت برق مبتنی بر بازار است. چگونگی قیمت‌گذاری و تخصیص هزینه های شبکه انتقال در سیستم های تجدید ساختاریافته 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[۱و۲]. روش های قیمت گذاری انتقال را می‌توان در چهار الگوی زیر دسته بندی کرد.

۱- الگوی قیمت‌گذاری Rolled-in : در این الگوی قیمت‌گذاری همه هزینه‌ها در یک عدد خلاصه شده، هزینه‌ی همه اجزاء پوشش داده شده است و جمع هزینه به کاربران مختلف شبکه ارائه می‌شود [۳]. از روش های این الگو می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: روش تمبر پستی [۴-۷]، روش توان- فاصله[۲] [۸-۱۰]، روش MVA/mile [۹]، روش قیمت‌گذاری ردیابی [۱۱و۱۲]، روش فاکتورهای توزیع[۱۳-۱۶]، روش ماتریس امپدانس(Zbus) [۱۷]، روش مبادله دوطرفه معادل(EBE[۳])[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 می‌گیرد. روش های این الگو شامل: قیمت‌گذاری حاشیه‌ای کوتاه مدت(SRMC[۴])[۲۱و۲۲]، قیمت‌گذاری حاشیه‌ای بلند مدت(LRMC[۵])[۲۳]، قیمت‌گذاری افزایشی کوتاه مدت(SRIC[۶]) [۲۴]، قیمت‌گذاری افزایشی بلند مدت(LRIC[۷]) [۲۴] و روش قیمت‌گذاری پویا و جامع [۲۵] می‌باشد.

۳- الگویی قیمت‌گذاری هزینه نهایی: این الگو بر اساس تفاوت قیمت در باس های مختلف بیان می‌شود. 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 می‌گردد. در این حالت تفاوت پول دریافتی از مصرف کننده ها با پول پرداختی به تولید کنندگان به عنوان اجاره انتقال(MTR[۸]) یا هزینه خدمات شبکه انتقال مطرح می‌گردد. روش های این الگو شامل: روش گره[۲۶و۲۷]، روش ناحیه‌ای[۲۸] و روش قیمت گذاری تراکم[۲۹] می‌باشند.

۴- الگوی قیمت‌گذاری ترکیبی: روش های قیمت گذاری ذکر شده هر یک دارای معایب و مزایایی می‌باشند. به عنوان مثال مدل قیمت‌گذاری تراکم نمی‌تواند ابزاری برای پوشش هزینه‌های صاحبان انتقال فراهم کند. روش‌های تمبرپستی و MW-mile هزینه‌های ثابت را پوشش می‌دهند، اما قادر به پوشش هزینه‌های تراکم نیستند. بنابراین در قیمت گذاری ترکیبی که از ترکیب روش های قیمت گذاری بهره می‌گیرد، می‌تواند معایب برخی از مدل ها را مرتفع کند.

در روش پیشنهادی هدف قیمت گذاری انتقال با دیدگاه قیمت گذاری ترکیبی است. با توجه به روش‌های 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 می‌شود. 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 می‌گردند و در نهایت با استفاده از روشAHP تاثیر هر روش قیمت گذاری در تخصیص هزینه انتقال بدست می‌آید.

در ادامه ابتدا روش ها و فاکتورهای مورد نظر معرفی و روش های قیمت گذاری بکارگرفته شده مختصرا بیان می‌شوند. در بخش بعد به معرفی AHP و نحوه استفاده از آن پرداخته می‌شود. سپس نتایج نظر سنجی و پیاده سازی روش پیشنهادی بر روی شبکه ۲۴ باسه IEEE ارائه شده است. در بخش پایانی نیز نتیجه گیری ارائه شده است.

۲- روش‌های قیمت‌گذاری 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[۹])
- ✓ سیگنال های کوتاه مدت (SRS[۱۰])
- ✓ سیگنال های بلند مدت (LRS[۱۱])
- ✓ بازگشت هزینه های سرمایه گذاری و بهره برداری(تلفات، خدمات جانبی و...)(RIC[۱۲])
- ✓ مقاوم بودن قوانین در شرایط مختلف بهره برداری(BRR[۱۳])
- ✓ سادگی پیاده سازی(S[۱۴])

Journal of Iranian Association of Electrical and Electronics Engineers - Vol.14- No.3 Fall 2017

[Downloaded from jiaeee.com on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.26765810.1396.14.3.3.8]

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

- ✓ روش توان – فاصله (MW)
- ✓ روش فاکتورهای توزیع(DF[۱۵])
- ✓ روش ردیابی بیالک (BT[۱۶])
- ✓ روش گره (N[۱۷])
- ✓ روش تمبر پستی (PS[۱۸])

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]:

$$TC_t = TC \frac{\sum_{k\in K} C_k L_k MW_{t,k}}{\sum_{t\in T}\sum_{k\in K} C_k L_k MW_{t,k}} \qquad (۱)$$

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 بارDC، محاسبه می‌شوند و در تعیین تقریبی تأثیر تولید و بار بر توان‌های انتقالی مورد استفاده قرار می گیرند[۱۳]. این ضرایب عبارتند از:

۱- ضرایب توزیع جابجایی تولید(GSDF[۱۹]): 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 تعمیم‌یافتهٔ توزیع تولید(GGDF[۲۰]): (ضرایب D) این ضرایب برای ارزیابی تأثیر تولید بر توان‌های حقیقی انتقال‌یافته تعریف می‌شوند، بنابراین می‌توانند دارای مقادیر منفی نیز باشند. ازآن‌جاکه 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]:

$$F_{l-k} = \sum_{i=1}^{N} D_{l-k,i} G_i \qquad (۲)$$

$$D_{l-k,i} = D_{l-k,i} + A_{l-k,i} \qquad (۳)$$

$$D_{l-k,r} = \left\{ F^0_{l-k} - \sum_{\substack{i=1 \\ i*r}} A_{l-k,i} G_i \right\} / \sum_{i=1}^{N} G_i \qquad (۴)$$

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

F^0_{l-k}: 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 باس های l و k به دلیل تغییر در تولید باس i

۳- ضرایب تعمیم‌یافتهٔ توزیع بار(GLDF[۲۱]) :

تعریف این ضرایب شبیه به ضرایب D با جایگزینی بار به‌جای 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:

$$F_{l-k} = \sum_{i=1}^{N} C_{l-k,j} L_j \qquad (۵)$$

$$C_{l-k,j} = C_{l-k,i} - A_{l-k,j} \qquad (۶)$$

$$C_{l-k,r} = \left\{ F^0_{l-k} + \sum_{\substack{j=1 \\ j*r}} A_{l-k,j} L_j \right\} / \sum_{j=1}^{N} L_j \qquad (۷)$$

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

F^0_{l-k}: 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 درشینj

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

L_j : بار کل در شینj

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

[Downloaded from jiaeee.com on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.26765810.1396.14.3.3.8]

Journal of Iranian Association of Electrical and Electronics Engineers Vol14 No.3 Fall2017

۲-۱-۳ 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 می آید[۱۲].

$$D_{ij,k}^{G} = \frac{\left|P_{i-j}\right|}{P_i}\left[A_u^{-1}\right]_{jk} \qquad (۸)$$

$$\left[A_u\right]_{ij} = \begin{cases} 1 & if \quad i = j \\ -C_{ij} = -\dfrac{\left|P_{ij}\right|}{P_j} & if \quad j \in \alpha_i^{(u)} \\ 0 & other\ wise \end{cases} \qquad (۹)$$

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 ژنراتورk ام در توان جاری شده در خط i-j

$\alpha_i^{(u)}$: مجموعه ای ازباس ها که مستقیما 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 بارk ام در توان جاری شده در خط i-j برابر با ضریب $D_{ij,k}^{L}$ است که از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$D_{ij,k}^{L} = \frac{\left|P_{i-j}\right|}{P_i}\left[A_d^{-1}\right]_{jk} \qquad (۱۰)$$

$$\left[A_d\right]_{il} = \begin{cases} 1 & if \quad i = l \\ -C_{il} = -\dfrac{\left|P_{il}\right|}{P_l} & if \quad 1 \in \alpha_i^{(d)} \\ 0 & other\ wise \end{cases} \qquad (۱۱)$$

Pi-j: توان جاری شده بین گره i و j

Pi: توان عبوری از باس j

A_d : ماتریس توزیع پایین رونده

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

۲-۱-۴ 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[۲۲]) باس خود پول دریافت می‌شود و به تولید کننده‌ها نیز بر اساس قیمت حاشیه ای محلی باس خود پول پرداخت می‌گردد[۳۷].

۲-۱-۵ 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.

$$R_t = TC\,\frac{P_t}{P_{peak}} \qquad (۱۲)$$

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 تصمیم گیری چند معیاره همواره با پیچیدگی هایی 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 مسایل که بر مبنای یک تئوری قوی استوار باشد، اجتناب ناپذیر است. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی که اولین بار توسط توماس ساعتی[۲۳] ارائه شد، یکی از جامع ترین سیستم های طراحی شده برای تصمیم گیری با معیارهای چندگانه است[۳۳]. این تکنیک از طریق مقایسه زوجی گزینه‌ها در مورد معیارهای مختلف، مسایل پیچیده تصمیم گیری را به شکل ساده و قابل حل تبدیل می کند. مشکل استفاده از روش سلسله مراتبی زیاد بودن مراحل محاسبات و پیچیدگی این روش می باشد و بشدت تحت تأثیر نظر خبرگان بوده و می تواند با تغییر نظر نخبگان نتایج متفاوتی بدست آید. سایر اطلاعات مورد نیاز در ضمیمه آورده شده است.

۳-۱ سلسله مراتبی بودن قیمت گذاری انتقال

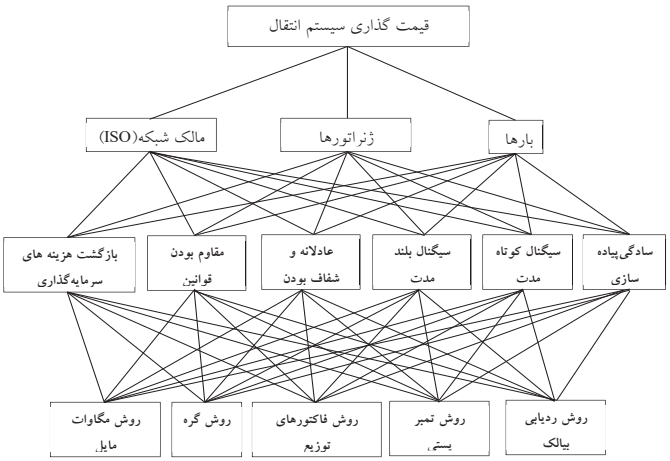
اولین قدم در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی ایجاد یک نمایش گرافیکی از مساله می باشد که در آن هدف، معیارها و گزینه ها به شکل سلسله مراتبی نشان داده می شود. در قیمت گذاری سیستم انتقال ساختار سلسه مراتبی نشان داده در شکل(۱) پیشنهاد شده است.

Journal of Iranian Association of Electrical and Electronics Engineers - Vol.14- No.3 Fall 2017

[Downloaded from jiaeee.com on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.26765810.1396.14.3.3.8]

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 نظرسنجی از نخبگان و خبرگان بخش صنعت و دانشگاه در ایران در مورد فاکتورها و روش‌های قیمت‌گذاری فوق، در جداول (۱) و (۲) ارائه شده است.

جدول(۱): نتایج نظرسنجی اهمیت فاکتورها از دیدگاه بارها و ژنراتورها

L & G	RIC	S	LRS	FT	SRS	BRR
RIC	1	۱/۳	۱/۷	۱/۹	۱/۵	۱/۸
S	3	1	۱/۵	۱/۷	۱/۵	۱/۷
LRS	7	5	1	۱/۵	۱/۲	۱/۵
FT	9	۷	5	1	5	3
SRS	5	5	2	۱/۵	1	۱/۳
BRR	8	7	5	۱/۳	3	1

جدول(۲): نتایج نظرسنجی اهمیت فاکتورها از دیدگاه مالک شبکه انتقال(ISO)

ISO	RIC	S	LRS	FT	SRS	BRR
RIC	1	۳	۹	۴	۸	۶
S	۱/۳	1	۸	۳	۷	۵
LRS	۱/۹	۱/۸	1	۱/۶	۱/۳	۱/۴
FT	۱/۴	۱/۳	۶	1	5	3
SRS	۱/۸	۱/۷	۳	۱/۵	1	۱/۳
BRR	۱/۶	۱/۵	۴	۱/۳	3	1

نتایج نظر سنجی از دید بارها و ژنراتورها نشان می‌دهد که مهترین 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 نظرسنجی فاکتور مقاوم بودن قوانین در شرایط مختلف بهره برداری

SRS	MW	BT	DF	N	PS
MW	1	۱/۵	۱/۴	۱/۸	2
BT	1	1	۱	۱/۳	۷
DF	۱/۴	۱	1	۱/۵	۵
N	۱/۸	۱/۳	۱/۵	1	۹
PS	2	۷	۵	۹	1

جدول(۴): نتایج نظرسنجی فاکتور بازگشت هزینه های سرمایه گذاری

RIC	MW	BT	DF	N	PS
MW	1	۱	۱	۱	۱
BT	۱	1	۱	۱	۱
DF	۱	۱	1	۱	۱
N	۱	۱	۱	1	۱
PS	۱	۱	۱	۱	1

جدول(۵): نتایج نظرسنجی فاکتور سیگنال های بلند مدت

LRS	MW	BT	DF	N	PS
MW	1	۱/۴	۱/۵	۱/۳	۲
BT	۴	1	۱	۱/۳	۷
DF	۵	۱	1	۱/۵	۵
N	7	۳	۵	1	9
PS	۱/۲	۱/۷	۱/۵	۱/۹	1

[Downloaded from jiaeee.com on 2026-06-10]
[DOR: 20.1001.1.26765810.1396.14.3.3.8]
Journal of Iranian Association of Electrical and Electronics Engineers Vol14 No.3 Fall2017

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

PS	N	DF	BT	MW	BRR
۴	۱/۷	۱/۳	۱/۵	1	MW
۸	۱/۴	3	1	5	BT
۶	۱/۶	1	۱/۳	3	DF
9	1	6	4	7	N
1	۱/۹	۱/۶	۱/۸	۱/۴	PS

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

PS	N	DF	BT	MW	FT
3	۱/۷	۱/۳	۱/۵	1	MW
7	۱/۴	3	1	5	BT
5	۱/۶	1	۱/۳	3	DF
9	1	6	4	7	N
1	۱/۹	۱/۵	۱/۷	۱/۳	PS

جدول(۸): نتایج نظرسنجی فاکتور سادگی

PS	N	DF	BT	MW	S
۱/۳	۶	۵	۷	1	MW
۱/۹	۱/۲	۱/۳	1	۱/۷	BT
۱/۵	۲	1	۳	۱/۵	DF
۱/۷	1	۱/۲	۲	۱/۶	N
1	۷	۵	۹	۳	PS

نتایج نظر سنجی نشان می‌دهد 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 می‌باشد. این امر نشان می‌دهد روش گره کاملا وابسته به شرایط بهره برداری سیستم می‌باشد 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 بیشترن 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(۹): اهمیت فاکتورها در روش‌های 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 می‌آید. نتایج در جدول(۹) ارائه شده است.

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

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 می‌باشد.

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 می‌شود. وزن نهایی روش ها در جدول (۱۱) ارائه شده است.

جدول(۱۱): وزن نهایی روش‌های 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 می‌گردد. 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 سالیانه ۲۸۵۰ مگاوات مصرف توان اکتیو و ۵۸۰ مگاوار مصرف توان راکتیو وجود دارد

[Downloaded from jiaeee.com on 2026-06-10]
[DOR: 20.1001.1.26765810.1396.14.3.3.8]

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

	فاکتورهای توزیع($)		ردیابی بیالک($)		تمبر پستی($)		مگاوات مایل($)		گره($)	
باس	کل	Per/MW	کل	Per/MW	کل	Per/MW	کل	Per/MW	کل	Per/MW
1	154/153	1/427342	22/57702	0/209046	123/4137	1/142719	191/558	1/773693	0	0
2	139/6372	1/439559	1/447884	0/014927	110/8438	1/142719	191/558	1/974833	0	0
3	197/5506	1/097503	404/0793	2/244885	205/6895	1/142719	191/558	1/064216	296	1/644444
4	104/9866	1/418737	147/7937	1/997212	84/56123	1/142719	191/558	2/588633	50	0/675676
5	97/15719	1/368411	101/5246	1/429924	81/13307	1/142719	191/558	2/698012	46	0/647887
6	184/269	1/354919	271/286	1/99475	155/4098	1/142719	191/558	1/408521	169	1/242647
7	201/8887	1/61511	0	0	142/8399	1/142719	191/558	1/532471	0	0
8	248/2953	1/452019	284/6643	۱/664703	195/405	1/142719	191/558	1/120227	267	1/561404
9	180/3553	1/030602	300/0536	1/714592	199/9759	1/142719	191/558	1/094622	280	1/6
10	222/9391	1/143278	334/1041	1/713354	222/8303	1/142719	191/558	0/982353	347	1/779487
13	309/396	1/167532	76/3784	0/28822	302/8206	1/142719	191/558	0/722863	0	۰
14	180/5927	0/93089	425/8465	2/195085	221/6875	1/142719	191/558	0/987417	345	1/778351
15	294/6817	0/929595	373/6025	1/178557	362/242	1/142719	191/558	0/604287	918	2/895899
16	87/73884	0/877388	139/5339	1/395339	114/2719	1/142719	191/558	1/915588	91	0/91
18	345/6278	1/037921	64/00594	0/19221	380/5255	1/142719	191/558	0/575252	0	0
19	177/2857	0/979479	243/3143	1/344278	206/8322	1/142719	191/558	1/058336	298/5	1/649171
20	130/1952	1/01715	75/53821	0/590142	146/2681	1/142719	191/558	1/496553	150	1/171875
جمع	۳۲۶۵/۷۵	----	۳۲۶۵/۷۵	----	۳۲۶۵/۷۵	----	۳۲۶۵/۷۵	----	۳۲۶۵/۵	----

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 می‌باشد[۳۱]. طبق اطلاعات مرجع [۳۲] کل هزینه های انتقال این شبکه شامل هزینه های سرمایه‌گذاری 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 می‌کند[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 می‌باشد. 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 می‌آیند.

$$TC_G = TC \times \frac{\alpha}{100} \qquad (۱۳)$$

$$TC_L = TC \times \frac{1-\alpha}{100} \qquad (۱۴)$$

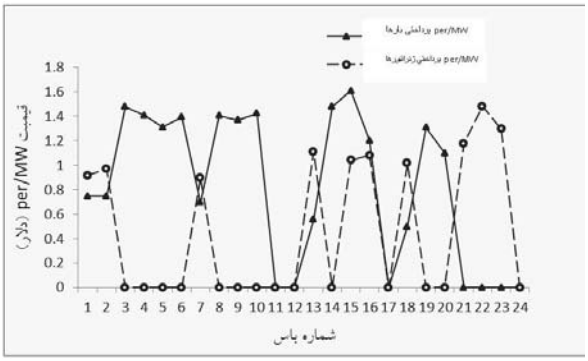
TC_L: سهم بارها از هزینه کل سیستم انتقال

TC_G: سهم ژنراتورها از هزینه کل سیستم انتقال

α: 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] می‌باشد. حال با توجه به نتایج بدست آمده از روش‌های 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 می‌گردد.



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

[Downloaded from jiaeee.com on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.26765810.1396.14.3.3.8]

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

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

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

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

[Downloaded from jiaeee.com on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.26765810.1396.14.3.3.8]

شکل(۲) قیمت یک مگاوات توان را در باس های مختلف نشان می-دهد. با توجه به شکل (۲) و نتایج نشان داده شده در جداول(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 قیمت۱/۱۱ 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 پایین ترین 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 هزینه های انتقال در روش پیشنهادی، بارها و ژنراتورها با توجه به سهم متناسب، هزینه های انتقال را پرداخت می‌کنند. که با توجه به نسبت تفکیک ۵۰ درصد، مجموع بارها و ژنراتورها هر کدام نیمی از هزینه های کل معادل ۳۲۶۵/۷۵ دلار را پرداخت می‌کنند. با مقایسه میانگین قیمت پرداختی بارها و ژنراتورها در روش پیشنهادی با سایر روش های قیمت گذاری، مشاهده می شود روش پیشنهادی دارای میانگین کمتری نسبت به سایر روش ها می‌باشد. این امر نشان دهنده پراکندگی کمتر قیمت باس ها در مقایسه با سایر روش های قیمت گذاری می‌باشد. نتایج حاصل از این مقایسه در جدول (۱۵) ارائه شده است.

جدول(۱۵): مقایسه میانگین قیمت باس ها در روش پیشنهادی با سایر روش ها

میانگین قیمت	میانگین ($/MWh) بارها	میانگین ($/MWh) ژنراتورها
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 قیمت گذاری سیستم انتقال ارائه شده است. در روش پیشنهادی، با استفاده از ترکیب روش های قیمت گذاری معمول و در نظر گرفتن فاکتورهای قیمت گذاری و نظر سنجی از خبرگان بخش صنعت و دانشگاه در ایران سعی شده علاوه بر پوشش هزینه های کل سیستم انتقال، رضایت شرکت کنندگان در بازار را نیز جلب کنیم. به دلیل چند معیاره بودن روش پیشنهادی از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، جهت وزن دهی روش ها و فاکتورها استفاده شده است. استفاده از این روش سبب انعطاف و قابل کنترل بودن روش قیمت گذاری مطابق با فاکتورهای مورد نظر شرکت کنندگان در بازار می‌شود. روش پیشنهادی باعث می‌شود فاکتورهای مورد نظر با توجه به درجه اهمیتی که دارند مدنظر قرار گیرند که در مقایسه با سایر روش های معمول قیمت گذاری که عمدتا هر روش دارای یک فاکتور برجسته می‌باشند و سایر فاکتورها را پوشش نمی‌دهند، این ویژگی قابلیت مهم و ویژه ای به شمار می‌آید. همچنین نزدیک بودن قیمت باس ها باعث شده پراکندگی قیمت در روش پیشنهادی نسبت به سایر روش های قیمت گذاری کمتر باشد.

سپاسگزاری

در اینجا بر خود لازم می دانیم که از اساتید بزرگوار جناب آقای دکتر جاویدی، دکتر مصطفی رجبی مشهدی و دکتر قاینی و دفتر بازار برق استان خراسان، جناب آقای مهندس علومی 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 گزینه های انتخاب در پایین ترین مرتبه قرار می گیرند. در ادامه عناصر هر سطح نسبت به عنصر واقع در سطح بالاتر به صورت زوجی مقایسه و وزن آنها محاسبه می گردد که این وزن ها را وزن نسبی می نامیم. در این مقایسه‌ها تصمیم گیرندگان از قضاوت های شفاهی استفاده خواهند کرد، به گونه ای که اگر عنصر i با عنصر j مقایسه شود تصمیم گیرنده خواهد گفت که اهمیت i بر j یکی از حالات جدول(الف-۱) است که توسط ساعتی به مقادیر کمی بین ۱ تا ۹ تبدیل شده اند.

جدول(الف-۱): مقادیر ترجیحات برای مقایسه های زوجی

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

در صورتی که مقادیر کمی ۱ تا ۹ به ارجحیت گزینه ها در این مقایسه های زوجی نسبت داده شود ماتریس مثبت و معکوسی خواهیم داشت که ما را در محاسبه وزن نسبی گزینه ها قادر خواهد ساخت. روش های گوناگونی برای محاسبه وزن نسبی پیشنهاد گردیده است، با توجه به اینکه قیمت گذاری انتقال از مسایل تصمیم گیری کلان و بسیار

[Downloaded from jiaeee.com on 2026-06-10]
[DOR: 20.1001.1.26765810.1396.14.3.3.8]
Journal of Iranian Association of Electrical and Electronics Engineers Vol14 No.3 Fall2017

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 :

$$W = \lim \frac{A^k.e}{e^T.A^k.e} \qquad \text{(الف-۱)}$$

A: ماتریس مقایسه زوجی e^T: ماتریس با مقدار (۱،۱، ..... ،۱)

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.

$$I.I. = \frac{\lambda_{\max} - n}{n-1} \qquad \text{(الف-۲)}$$

$\lambda_{\max}$: 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", 14th 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.

[Downloaded from jiaeee.com on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.26765810.1396.14.3.3.8]

[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. Bradly, “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 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.

زیرنویس‌ها

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

[Downloaded from jiaeee.com on 2026-06-10]
[DOR: 20.1001.1.26765810.1396.14.3.3.8]