

روش سلسله مراتبی در رتبه بندی مطلوبیت عملکرد رله های حفاظتی

سید محمد شهرتاش

قطب علمی اتوماسیون و بهره برداری سیستم های قدرت

دانشگاه علم و صنعت ایران

shahrtash@iust.ac.ir

حمید رضا ناهیدی نژاد

شرکت برق منطقه ای باختر

gnaheidinezhad@gmail.com

چکیده- در این مقاله روش رتبه بندی رله های حفاظتی با استفاده از شاخصهای عملکردی و عوامل مؤثر بر آنها ارائه گردیده و ارزیابی رله ها به روش تحلیل سلسله مراتبی انجام شده است. با استفاده از این روش می توان رله های موجود در شبکه را براساس عملکرد آنها درجه بندی نموده و نسبت به تعویض یا بهینه سازی آنها تصمیم گیری کرد.
کلمات کلیدی: شاخصهای عملکردی _ روش تحلیل سلسله مراتبی _ رله های حفاظتی

۱. مقدمه

امروزه با توجه به گسترش ارتباطات و افزایش نیازهای جوامع در هر یک از حوزه های زندگی بشری همواره گزینه های مختلفی وجود دارد که انسان بایستی از بین آنها بهترین گزینه ای را که انتظارات او را برآورده ساخته و از طرفی در محدوده توانایی های مختلف او باشد، انتخاب کند. فرآیند تصمیم گیری تحلیلی سلسله مراتبی روشی است که تقریباً در تمام حوزه های کاری بشر، استفاده شده، لیکن در زمینه انتخاب و رتبه بندی رله های حفاظتی در شبکه های انتقال و فوق توزیع برق بر مبنای اطلاعات نویسندگان تاکنون به کار گرفته نشده است. در این مقاله نخست روش رتبه بندی سلسله مراتبی بطور مختصر توضیح داده شده و سپس با استفاده از این مدل، روش رتبه بندی رله های حفاظتی بطور عام بر اساس شاخصهای عملکردی [۱] آنها ارائه شده است.

۲. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی

در این روش سه بخش عمده "هدف"، "معیارها" و "گزینه های انتخابی" وجود دارند. با توجه به نمودار شکل ۱ برای اتخاذ بهترین تصمیم در ارتباط با هدف مراحل زیر انجام می شود:

۲-۱. نخست معیارهای انتخاب تعیین می شوند که از

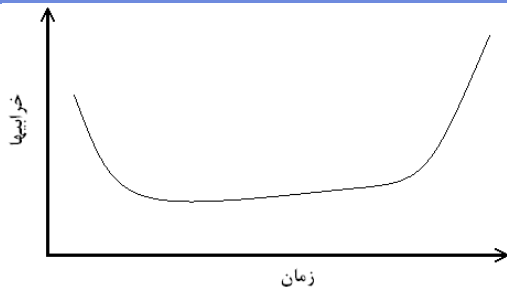
دیدگاههای مختلف با توجه به قیود مسئله یا براساس نظر تصمیم گیرندگان صورت می پذیرد.

۲-۲. معیارها دو به دو مقایسه شده و میزان برتری هر یک نسبت به دیگری در ارتباط با هدف تعیین می شود.

۲-۳. معیارها با استفاده از نرم افزار تحلیل سلسله مراتبی^۱ (AHP) [۲] وزن دهی می شوند. به ترتیبی که جمع وزنها بدست آمده برای معیارها برابر ۱ گردد.

تعیین معیارها ممکن است تا چندین مرحله انجام شود به گونه ای که هر معیار دارای زیر معیارهایی باشد که فرزندان آن نامیده می شوند و هر زیر معیار خود دارای فرزندان دیگری باشد. مراحل ۳ گانه فوق برای هر زیر معیار انجام شده و وزن هر یک از زیر معیارها نسبت به والدین آنها تعیین می شوند در این حالت نیز جمع وزنها بدست آمده بایستی برابر ۱ باشد. برای اینکه وزن هر یک از زیر معیارها نسبت به هدف بدست آید وزن آنها در وزن والدینشان تا رسیدن به هدف ضرب می گردد.

بعد از تعیین اوزان معیارها، وزن دهی هر یک از گزینه های انتخابی با توجه به وزن بدست آمده برای آنها نسبت به



شکل ۲. منحنی خرابیهای رله بر حسب زمان

عوامل مؤثر بر در مدار بودن رله بشرح زیر است:

۱-۱-۳- متوسط زمان بین تعمیر که عبارت از مدت زمان ارزیابی منهای کل زمان تعمیر تقسیم بر تعداد دفعات تعمیر در زمان ارزیابی است.

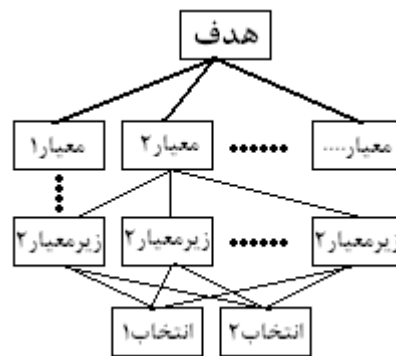
۲-۱-۳- متوسط زمان تعمیر که برابر کل زمان تعمیر تقسیم بر تعداد دفعات تعمیر در دوره مورد ارزیابی می باشد.

۳-۱-۳- متوسط زمان آزمایشات دوره ای که برابر کل زمان آزمایشات تقسیم بر تعداد آنها در دوره مورد ارزیابی می باشد.

۳-۱-۴- قابلیت تشخیص خرابی درونی، این قابلیت در رله های میکروپرسسوری وجود دارد که رله با آزمایش مداوم خود خرابی ها را مشخص و در صورت امکان رفع یا خود را از مدار خارج می نماید.

هر یک از معیارها انجام می شود در مرحله پایانی ، وزنها بدست آمده از هر معیار برای هر گزینه انتخابی ، با یکدیگر جمع می شوند تا وزن آن گزینه انتخابی نسبت به هدف بدست آید و وزنها گزینه های انتخابی به ترتیب نزولی مرتب می شوند. بدین ترتیب گزینه ای که بیشترین وزن را در ارتباط با هدف کلی بدست آورد انتخاب می گردد.

چنانچه نتایج بدست آمده ، رضایتبخش نباشند می توان برتری های داده شده در هر مرحله را تغییر داده و فرآیند را مجدداً اجرا نمود، با توجه به اینکه برتریها توسط گروههای مختلف تعیین می شود و اساساً دیدگاههای آنها نسبت به مسئله فرق می کند بنابراین تصمیمات اتخاذ شده توسط گروههای مختلف ممکن است با یکدیگر تفاوت داشته باشد.



شکل ۱. ساختار درختی فرآیند تحلیل سلسله مراتبی

۳. شاخصهای عملکرد رله های حفاظتی

شاخصهای عملکرد رله ها [۱] و [۳] بطور عام عبارتند

از :

۳-۱. **فعال بودن (در دسترس بودن)**^۱ که عبارت است از مدت زمانی که رله در مدار بوده است به کل زمان مورد ارزیابی [۱]

دوره ارزیابی از زمانی که رله خطاهای نصب و راه اندازی را سپری نموده است تا زمانی که به پایان عمر آن نرسیده است انتخاب می شود که می تواند بازه های زمانی ۱ ، ۲ ، ۳ ، ... و ۱۰ ساله انتخاب شود. (شکل ۲)

۳-۲. **قابلیت اعتماد**^۲ عبارت است از اطمینان از اینکه رله به هنگام وقوع خطا در ناحیه حفاظتی خود فرمان قطع صادر نماید و از تقسیم تعداد عملکردهای صحیح بر تعداد اتصالیهای بوجود آمده در ناحیه حفاظتی رله بدست می آید. اهمیت این شاخص بسته به محل خطا فرق می کند و بشرح زیر دسته بندی می شود:

۳-۲-۱- تعداد عملکردها در ناحیه حفاظت اصلی (PZ)

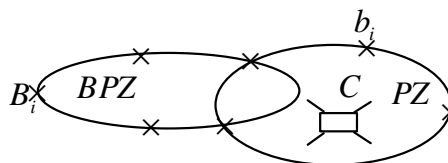
۳-۲-۲- تعداد عملکردها در ناحیه حفاظت

پشتیبان (BPZ)

نواحی حفاظتی در شکل ۳ نشان داده شده است. که در

آن b_i بیانگر بریکرهای موجود در ناحیه حفاظتی اصلی و B_i بریکرهای ناحیه حفاظت پشتیبان را نشان می دهد.

- ۳-۵-۱- نحوه تنظیم
- ۳-۵-۲- نحوه آزمایش
- ۳-۵-۳- نحوه تعمیر
- ۳-۵-۴- نحوه دریافت اطلاعات خروجی



شکل ۳. نواحی حفاظت اصلی و پشتیبان رله

عملکرد رله ها در ارتباط با هر یک از شاخصهای ذکر شده مورد توجه و مهم است. هدف این مقاله رتبه بندی رله های حفاظتی بر اساس شاخصهای عملکرد آنها می باشد.

۴. روش رتبه بندی رله های حفاظتی

همانطوریکه اشاره شد از روش تحلیل سلسله مراتبی برای درجه بندی عملکرد رله ها استفاده شده است که مراحل آن به شرح زیر است :

الف- مشخص کردن هدف ، معیارها ، زیر معیارها و گزینه های انتخابی

هدف ، معیارها ، زیرمعیارها و گزینه های انتخابی در جدول ۱ آورده شده است.

ب- مشخص کردن معیار پایه اهمیت برای مقایسه های دو به دو

میزان اهمیت نسبی هر یک از عوامل نسبت به دیگری در جدول شماره ۲ تعریف گردیده است.

ج- تعیین اهمیت معیارها و زیر معیارها

در مقایسه ۲ به ۲ بر اساس اصل ترکیب ریاضی اگر

تعداد معیارها n باشد تعداد مقایسه ها $\frac{n!}{2!(n-2)!}$ خواهد بود.

۳-۳-۳- عدم عملکرد غلط^۱ یا امنیت رله عبارت است

است از اطمینان از اینکه رله جایی که نباید عمل نماید عملکردی نداشته باشد یعنی اینکه در زمانیکه هیچ خطایی در سیستم قدرت وجود ندارد رله فرمان قطع ارسال نکند. و یا اینکه اگر خطایی خارج از ناحیه حفاظتی آن به وقوع پیوسته هیچگونه عملکردی نداشته باشد. و از تفریق حاصل تقسیم تعداد عملکردهای غلط بر تعداد اتصالیهای نواحی حفاظت اولیه و پشتیبان از عدد ۱ بدست می آید. اهمیت این شاخص بسته به اینکه خطا در هر یک از نواحی زیر باشد فرق می کند:

۳-۳-۱- ناحیه حفاظت اصلی

۳-۳-۲- ناحیه حفاظت پشتیبان

۳-۳-۳- خارج از ناحیه حفاظت اصلی و پشتیبان که عبارت از ناحیه خارج از ناحیه نشان داده شده در شکل ۳ می باشد.

۳-۴-۳- تعداد عملکردهای غلط در دوره مورد ارزیابی

شاخصی است که یک ارزیابی سریع از رله را نشان می دهد که شناسایی و نوع علت در پیشگیری از وقوع آن اهمیت دارد:

۳-۴-۱- اشکال ناشی از تنظیم اشتباه که به دانش

کاربر از رله و شبکه بستگی دارد.

۳-۴-۲- اشکالات ناشی از مدارات خارجی که اشکالات

مدارات و تجهیزات خارج از رله هستند.

۳-۴-۳- اشکال ناشی از قطعات داخلی که به رله و

تکنولوژی ساخت آن ارتباط دارد.

۳-۵-۳- قابلیت کاربری شاخصی کیفی است که

معیارهای زیر در تعیین میزان اهمیت آن دخالت دارد:

جدول ۱- هدف ، معیارها و زیر معیارها

معیارها	زیرمعیارها
فعال بودن	متوسط زمان بین تعمیرات
	متوسط زمان تعمیر
	متوسط زمان آزمایشات دوره ای
قابلیت تشخیص خرابی درونی	قابلیت تشخیص خرابی درونی
	ناحیه حفاظت اصلی
	ناحیه حفاظت پشتیبان
	ناحیه حفاظت اصلی
عملکرد	ناحیه حفاظت پشتیبان

۷	B	۱۴ تا ۲۰ سال	زیر ۳ سال	۳
۹	B	بیش از ۲۱ سال	زیر ۳ سال	۴
۳	B	۱۳ تا ۸ سال	۷ تا ۴ سال	۵
۵	B	۱۴ تا ۲۰ سال	۷ تا ۴ سال	۶
۷	B	بیش از ۲۱ سال	۷ تا ۴ سال	۷
۳	B	۱۴ تا ۲۰ سال	۱۳ تا ۸ سال	۸
۵	B	بیش از ۲۱ سال	۱۳ تا ۸ سال	۹
۳	B	بیش از ۲۱ سال	۱۴ تا ۲۰ سال	۱۰

غلط	خارج از ناحیه حفاظت اصلی و پشتیبان
تعداد عملکردها ی غلط در سال	تنظیم اشتباه
	اشکال مدارات خارجی
قابلیت کاربری	اشکال قطعات داخلی
	نحوه تنظیم
	نحوه آزمایش
	نحوه تعمیر
	نحوه دریافت اطلاعات خروجی

AHP بر اساس سابقه کار رتبه بندی شده و بصورت ضریب در محاسبات تعیین اهمیت نسبی معیارها و زیرمعیارها تأثیر داده شده است. جدولهای ۳، ۴، ۵، ... و ۱۱ بترتیب نتایج این مقایسه را در حالت ۲ برای معیارها و زیر معیارها نشان می دهند. (نتایج حالت ۱ به منظور جلوگیری از اطاله مقاله ارائه نشده اند.)

هر یک از معیارها و زیر معیارها بصورت ۲ به ۲ با یکدیگر مقایسه شده و درجه اهمیت آنها بر اساس جدول شماره ۲ و نظرخواهی از متخصصین تجربی و دانشگاهی مشخص شده است. در این نظرخواهی نظرات داده شده در حالت ۱ بدون در نظر گرفتن اهمیت سابقه کار و در حالت ۲ با استفاده از نرم افزار

جدول ۲- مقادیر پایه برای مقایسه های ۲ به ۲

میزان اهمیت نسبی	تعریف اهمیت نسبی	توضیح
۱	برابر	میزان برتری نسبت به یکدیگر برابر است.
۳	کم	یکی نسبت به دیگری مقدار کمی برتری دارد.
۵	متوسط	برتری یکی نسبت به دیگری شدید است.
۷	زیاد	برتری یکی نسبت به دیگری خیلی شدید است.
۹	نهایت	یکی نسبت به دیگری کاملاً برتری دارد.
۴، ۲، ۶، ۸	بینابین	مقدار برتری نسبت به دیگری حالت وسط دو مقدار تعریف شده است.

جدول ۵- ضریب اهمیت سابقه کار محاسبه شده توسط نرم افزار AHP

۳.۴۸	زیر ۳ سال	۱
۶.۷۸	۷ تا ۴ سال	۲
۱۳.۴۴	۱۳ تا ۸ سال	۳
۲۶.۰۲	۱۴ تا ۲۰ سال	۴
۵۰.۲۸	بیش از ۲۱ سال	۵

جدول ۶- مقایسه ۲ به ۲ معیارها

ردیف	معیارها		اهمیت نسبی	
	A	B	معیار مهمتر	درجه اهمیت
۱	فعال بودن	قابلیت اعتماد	-	۱
۲	فعال بودن	عدم عملکرد غلط	A	۲
۳	فعال بودن	تعداد عملکردهای غلط در سال	A	۴
۴	فعال بودن	قابلیت کاربری	A	۷
۵	قابلیت اعتماد	عدم عملکرد غلط	-	۳

جدول ۳- تقسیم بندی سوابق کاری برای تعیین ضریب اهمیت آنها

۱	زیر ۳ سال	۴	۱۴ تا ۲۰ سال
۲	۷ تا ۴ سال	۵	بیش از ۲۱ سال
۳	۱۳ تا ۸ سال		

جدول ۴- تعیین اهمیت سوابق کاری

ردیف	گروه سابقه کار		اهمیت نسبی	
	A	B	معیار مهمتر	درجه اهمیت
۱	زیر ۳ سال	۷ تا ۴ سال	B	۳
۲	زیر ۳ سال	۱۳ تا ۸ سال	B	۵

۲	ناحیه حفاظت اصلی	تعداد عملکردهای غلط در سال	A	۳
۳	ناحیه حفاظت پشتیبان	قابلیت کاربری	-	۱

جدول ۱۰- مقایسه دو به دوی زیر معیارهای تعداد عملکردهای غلط در سال

ردیف	زیرمعیارها		اهمیت نسبی	
	A	B	زیر معیار مهمتر	درجه اهمیت
۱	تنظیم اشتباه	اشکال مدارات خارجی	A	۴
۲	تنظیم اشتباه	اشکال قطعات داخلی	A	۳
۳	اشکال مدارات خارجی	اشکال قطعات داخلی	A	۱

جدول ۱۱- مقایسه دو به دوی زیر معیارهای قابلیت کاربری

ردیف	زیرمعیارها		اهمیت نسبی	
	A	B	زیر معیار مهمتر	درجه اهمیت
۱	نحوه تنظیم	نحوه تست	A	۷
۲	نحوه تنظیم	نحوه تعمیر	A	۵
۳	نحوه تنظیم	نحوه دریافت اطلاعات خروجی	A	۷
۴	نحوه تست	نحوه تعمیر	A	۳
۵	نحوه تست	نحوه دریافت اطلاعات خروجی	A	۴
۶	نحوه تعمیر	نحوه دریافت اطلاعات خروجی	-	۱

د- محاسبه وزن معیارها و زیر معیارها نسبت به هدف در این مرحله درجه اهمیت بدست آمده از مقایسه های ۲ به ۲ معیارها و زیر معیارها به نرم افزار AHP داده شده و ضرایب اهمیت هر معیار و زیرمعیار به عنوان نتایج خروجی بدون در نظر گرفتن اهمیت سابقه کار (حالت ۱) و با در نظر گرفتن اهمیت سابقه کار (حالت ۲) محاسبه گردیده اند. این ضرایب در شکل ۴ و روابط ۱ تا ۵ (برای ضرایب زیر معیارها در حالت ۲) و رابطه ۶ (برای ضرایب معیارها در حالت ۲) نشان داده شده اند.

۶	قابلیت اعتماد	تعداد عملکردهای غلط در سال	A	۴
۷	قابلیت اعتماد	قابلیت کاربری	A	۹
۸	عدم عملکرد غلط	تعداد عملکردهای غلط در سال	A	۳
۹	عدم عملکرد غلط	قابلیت کاربری	A	۸
۱۰	تعداد عملکردهای غلط در سال	قابلیت کاربری	A	۶

جدول ۷- مقایسه دو به دوی زیر معیارهای فعال بودن

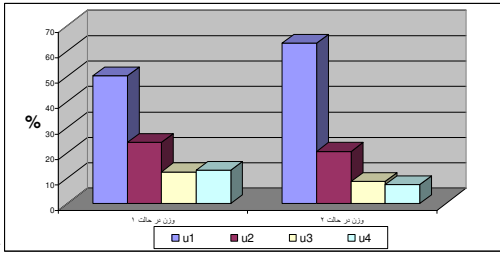
ردیف	زیرمعیارها		اهمیت نسبی	
	A	B	زیر معیار مهمتر	درجه اهمیت
۱	متوسط زمان بین تعمیرات	متوسط زمان تعمیر	A	۳
۲	متوسط زمان تعمیر	متوسط زمان آزمایشات دوره ای	A	۷
۳	متوسط زمان آزمایشات دوره ای	قابلیت تشخیص خرابی درونی	B	۲
۴	متوسط زمان تعمیر	متوسط زمان آزمایشات دوره ای	-	۱
۵	متوسط زمان تعمیر	قابلیت تشخیص خرابی درونی	B	۴
۶	متوسط زمان آزمایشات دوره ای	قابلیت تشخیص خرابی درونی	B	۴

جدول ۸- مقایسه دو به دوی زیر معیارهای قابلیت اعتماد

ردیف	زیرمعیارها		اهمیت نسبی	
	A	B	زیر معیار مهمتر	درجه اهمیت
۱	ناحیه حفاظت اصلی	ناحیه حفاظت پشتیبان	A	۸

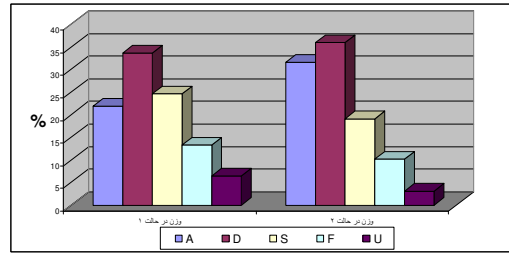
جدول ۹- مقایسه دو به دوی زیر معیارهای عدم عملکرد غلط

ردیف	زیرمعیارها		اهمیت نسبی	
	A	B	زیر معیار مهمتر	درجه اهمیت
۱	ناحیه حفاظت اصلی	ناحیه حفاظت پشتیبان	A	۳

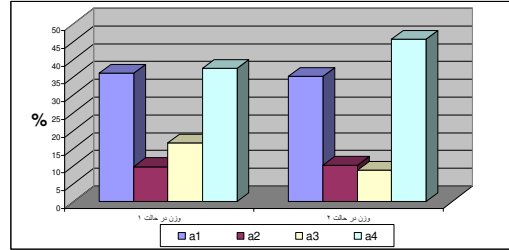


۴-ر)

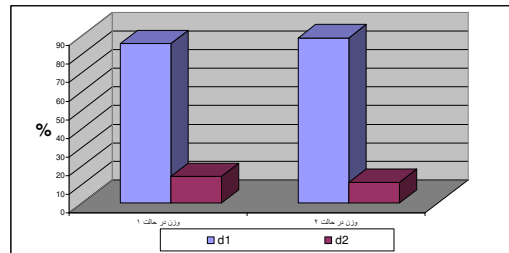
اهمیت معیار قابلیت کاربری



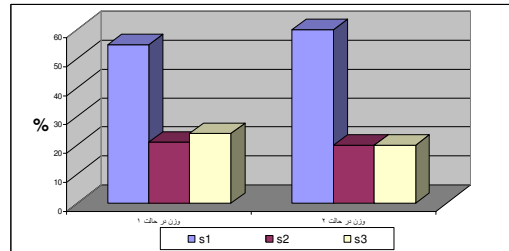
۴-الف) اهمیت معیارها



۴-ب) اهمیت معیار فعال بودن



۴-ج) اهمیت معیار قابلیت اعتماد



۴-د) اهمیت معیار امنیت

۵. روابط رتبه بندی
 بر اساس تعیین میزان اهمیت معیارها و زیر معیارها با استفاده از نرم افزار AHP معادلات رتبه بندی در حالت ۲ به شرح زیر بدست می آید:

$$A = (35.24a_1 + 10.22a_2 + 8.85a_3 + 45.69a_4) / 100 \quad (۱)$$

$$D = (88.89d_1 + 11.11d_2) / 100 \quad (۲)$$

$$S = (60s_1 + 20s_2 + 20s_3) / 100 \quad (۳)$$

$$F = (63.27f_1 + 17.49f_2 + 19.24f_3) / 100 \quad (۴)$$

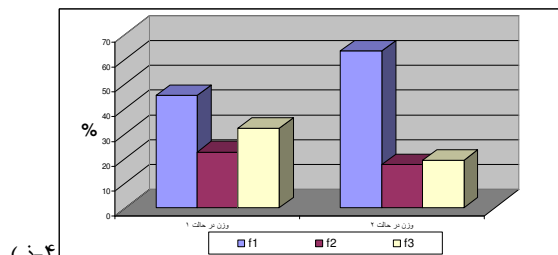
$$U = (63.18u_1 + 20.51u_2 + 8.76u_3 + 7.56u_4) / 100 \quad (۵)$$

ضرایب روابط (۱) الی (۵) از AHP بدست آمده و پارامترهای آنها در جدول ۱۲ تعریف شده است.

۶. مطالعه موردی

دو رله A و B را که اطلاعات عملکردی آنها مطابق جدول ۱۲ است، در نظر گرفته شده اند. برای پارامتر قابلیت کاربری (بطور مستقیم بدون محاسبه از طریق زیر معیارها) از کارشناسان خواسته شده است نظر کیفی خود را در قالب عددی بین صفر و یک بیان کنند.

ابتدا نسبت به نرمال نمودن شاخصهای معرفی شده اقدام (جدول ۱۳) و سپس روابط اولویت بندی (۱) الی (۵) بر



۴-ز)

اهمیت معیار تعداد عملکردهای غلط

a_2^{-1}	۲.۵	۲	متوسط زمان تعمیر	۷
a_3^{-1}	۲	۶	متوسط زمان آزمایشات دوره ای	۸
a_f	۰.۹۹	۰.۹۹	قابلیت تشخیص خرابی درونی	۹
d_1	۰.۹۸	۰.۹۵	عملکرد در ناحیه حفاظت اصلی	۱۰
d_2	۰.۰۲	۰.۰۵	عملکرد در ناحیه حفاظت پشتیبان	۱۱
s_1	۰.۹۰	۰.۹۲	عدم عملکرد در ناحیه حفاظت اصلی	۱۲
s_2	۰.۰۷	۰.۰۵	عدم عملکرد در ناحیه حفاظت پشتیبان	۱۳
s_3	۰.۰۳	۰.۰۲	عدم عملکرد در خارج از ناحیه حفاظت اصلی و پشتیبان	۱۴
f_1^{-1}	۳	۵	تنظیم اشتباه	۱۵
f_2^{-1}	۲	۲	اشکال مدارات خارجی	۱۶
f_3^{-1}	۳	۱	اشکال قطعات داخلی	۱۷
u_1	۰.۹۲	۰.۹	نحوه تنظیم	۱۸
u_2	۰.۹۵	۰.۸۵	نحوه آزمایش	۱۹
u_3	۰.۹	۰.۸۷	نحوه تعمیر	۲۰
u_4	۰.۹۸	۰.۹۸	نحوه دریافت اطلاعات خروجی	۲۱

اساس روش AHP و اطلاعات عملکردی رله ها (جدول ۱۲) اعمال گردیده و نتایج در جدول ۱۴ برای حالت‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است. ضرایب بدست آمده از این جدول برای محاسبات رتبه بندی نهایی مورد استفاده قرار گرفته اند. برای رتبه بندی نهایی ۴ روش ارزیابی در نظر گرفته شده است:

الف- در روش اول که با رابطه (۶) نشان داده شده است رتبه بندی نهایی فقط بر اساس مقادیر حاصل از AHP انجام شده است.

ب- در روش دوم اثر رتبه بندی زیرمعیارها در نظر گرفته نشده است، رابطه (۷).

ج- در روش سوم، رابطه (۸)، اثر رتبه بندی حاصل از AHP و مقادیر معیارها که از نتیجه عملکرد رله ها بدست آمده، تأثیر داده شده است.

د- نهایتاً در روش چهارم صرفاً از مقادیر معیارها ناشی از عملکرد رله ها و نتایج حاصل از رتبه بندی زیرمعیارها بدست آمده که در رابطه (۹) نشان داده شده است.

به این ترتیب روابط رتبه بندی نهایی بر مبنای روشهای فوق به صورت زیر خواهند بود:

رتبه بندی رله های A و B با استفاده از روابط (۶)، (۷)، (۸) و (۹) در جدول ۱۵ نشان داده شده است.

با مراجعه به جدول مذکور مشخص می شود که رله B از نظر عملکرد نسبت به رله A دارای برتری نسبی است و این برتری در حالت دوم که ضرایب سابقه کار اعمال شده بااستثنای روش دوم که فقط اهمیت معیارها در نظر گرفته شده، محسوس تر است.

جدول ۱۳ - اطلاعات عملکردی نرمال شده رله های A و B بمنظور حل

معادلات ۱ تا ۱۸

ردیف	عوامل	رله A	رله B	نماد
۱	فعال بودن	۰.۹۹۵	۱.۰۰۰	A_i
۲	قابلیت اعتماد	۱.۰۰۰	۰.۹۷۹	D_i
۳	عدم عملکرد غلط	۰.۹۳۸	۱.۰۰۰	S_i
۴	تعداد عملکردهای غلط	۰.۶۵۰	۱.۰۰۰	F_i
۵	قابلیت کاربری	۰.۹۸۹	۱.۰۰۰	U_i
۶	متوسط زمان بین تعمیرات	۰.۸۵۷	۱.۰۰۰	a_1
۷	متوسط زمان تعمیر	۱.۰۰۰	۰.۸۰۰	a_2
۸	متوسط زمان آزمایشات دوره ای	۰.۳۳۳	۱.۰۰۰	a_3
۹	قابلیت تشخیص خرابی درونی	۱.۰۰۰	۱.۰۰۰	a_4

$$R = \frac{(31.62A + 36.01D + 19.12S + 10.13F + 3.12U)}{100} \quad (6)$$

$$R = \frac{(31.62A_i + 36.01D_i + 19.12S_i + 10.13F_i + 3.12U_i)}{100} \quad (7)$$

$$R = \frac{(31.62AA_i + 36.01DD_i + 19.12SS_i + 10.13FF_i + 3.12UU_i)}{100} \quad (8)$$

$$R = \frac{(AA_i + DD_i + SS_i + FF_i + UU_i)}{5} \quad (9)$$

جدول ۱۲ - اطلاعات عملکردی رله های A و B

ردیف	عوامل	رله A	رله B	نماد
۱	فعال بودن	۰.۹۹۲	۰.۹۹۷	A_i
۲	قابلیت اعتماد	۰.۹۶	۰.۹۴	D_i
۳	عدم عملکرد غلط	۰.۹۱	۰.۹۷	S_i
۴	تعداد عملکردهای غلط	۲۰	۱۳	F_i^{-1}
۵	قابلیت کاربری	۰.۹	۰.۹۱	U_i
۶	متوسط زمان بین تعمیرات	۳۰	۳۵	a_1

مراجع

- [1] Working Group D5, IEEE Power System Relaying Committee; "Proposed Statistical Performance Measures for Microprocessor-Based Transmission-Line Protective Relays, Part1: Explanation of the Statistics", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 12, No 1, pp. 134-143, January 1997.
- [2] Canadian Conservation Institute, at http://www.cci-icc.gc.ca/tools/ahp/index_e.asp
- [3] Working Group D5, IEEE Power System Relaying Committee, "Proposed Statistical Performance Measures for Microprocessor-Based Transmission Line Protective Relays, Part 2: Collection and Uses of Data ", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 12, No. 1, pp. 144-156, January 1997.

d ₁	۱.۰۰۰	۰.۹۶۹	عملکرد در ناحیه حفاظت اصلی	۱۰
d ₂	۰.۴۰۰	۱.۰۰۰	عملکرد در ناحیه حفاظت پشتیبان	۱۱
s ₁	۰.۹۷۸	۱.۰۰۰	عدم عملکرد در ناحیه حفاظت اصلی	۱۲
s ₂	۱.۰۰۰	۰.۷۱۴	عدم عملکرد در ناحیه حفاظت پشتیبان	۱۳
s ₃	۱.۰۰۰	۰.۶۶۷	عدم عملکرد در خارج از ناحیه حفاظت اصلی و پشتیبان	۱۴
f ₁	۱.۰۰۰	۰.۶۰۰	تنظیم اشتباه	۱۵
f ₂	۱.۰۰۰	۱.۰۰۰	اشکال مدارات خارجی	۱۶
f ₃	۰.۳۳۳	۱.۰۰۰	اشکال قطعات داخلی	۱۷
u ₁	۱.۰۰۰	۰.۹۷۸	نحوه تنظیم	۱۸
u ₂	۱.۰۰۰	۰.۸۹۵	نحوه آزمایش	۱۹
u ₃	۱.۰۰۰	۰.۹۶۷	نحوه تعمیر	۲۰
u ₄	۱.۰۰۰	۱.۰۰۰	نحوه دریافت اطلاعات خروجی	۲۱

۷. نتیجه گیری

با محاسبه شاخصهای عملکردی منفرد رتبه هر رله را می توان برای هر یک از شاخصها بصورت جداگانه محاسبه نمود. اما در خصوص رتبه بندی جدول ۱۴ - نتایج اولویت بندی رله های A و B با توجه به زیرمعیارها

نماد	حالت دوم		حالت اول		روابط	ردیف
	رله B	رله A	رله B	رله A		
A	۰.۹۵۲	۰.۸۶۷	۰.۹۸۰	۰.۸۳۸	۱ و ۱۰	۱
D	۰.۹۳۳	۰.۹۷۳	۰.۹۱۴	۰.۹۷۴	۱۱ و ۲	۲
S	۰.۹۸۷	۰.۸۷۶	۰.۹۸۸	۰.۸۶۰	۱۲ و ۳	۳
F	۰.۸۷۲	۰.۷۴۷	۰.۷۸۶	۰.۸۱۸	۱۳ و ۴	۴
U	۱.۰۰۰	۰.۹۶۲	۰.۹۹۹	۰.۹۵۹	۱۴ و ۵	۵

جدول ۱۵ - رتبه بندی رله های A و B به روش مختلف

رتبه	R	حالت اول		حالت دوم	
		رله A	رله B	رله A	رله B
۱	روش ۱	۰.۸۹۴	۰.۹۳۵	۰.۸۹۸	۰.۹۴۵
۲	روش ۲	۰.۹۳۷	۰.۹۹۳	۰.۹۵۱	۰.۹۹۲
۳	روش ۳	۰.۸۴۲	۰.۹۲۹	۰.۸۵۹	۰.۹۳۸
۴	روش ۴	۰.۸۱۹	۰.۹۳۰	۰.۸۱۹	۰.۹۴۵

رله ها نسبت به کل یا تعدادی از شاخصها نمی توان نظر داد. با استفاده از روش ارائه شده، با در نظر گرفتن اولویتهای مصرف کننده، رتبه هر رله در مجموع شاخصها تعیین گردیده و ملاک استفاده های بعدی قرار می گیرد.