

## مهندسی ارزش در تعیین روش بهینه کاهش تلفات شبکه های توزیع نیروی برق

فرزان آزاد

شرکت مهندسی مشاور نورگستر: تهران خیابان شیراز جنوبی جنوب بزرگراه همت خیابان ۶۸ پلاک ۹

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

[farzanazad@gmail.com](mailto:farzanazad@gmail.com)

### چکیده

در مورد تلفات شبکه های توزیع برق زیاد صحبت و بسیار نوشته شده است و حتی تحقیقات متعددی انجام گردیده اما جهت دستیابی به بهترین روش کاهش تلفات موارد کمی مورد بررسی قرار گرفته است. در اکثر موارد هزینه های تصویب شده جهت انجام کاهش تلفات بیشتر به پروژه های خرید محور معطوف گشته و ازانجام مراحل مهندسی ارزش اجتناب شده است. در این مقاله به مقایسه انواع روشهای کاهش تلفات در شبکه توزیع و اولویت بندی آنها براساس مهندسی ارزش پرداخته شده است به این معنی که انجام کدام مراحل از نظر منفعت و برگشت سرمایه ارزش بیشتری دارد.

**کلمات کلیدی: بازگشت سرمایه، نسبت منفعت به هزینه، کاهش تلفات**

### ۱- مقدمه

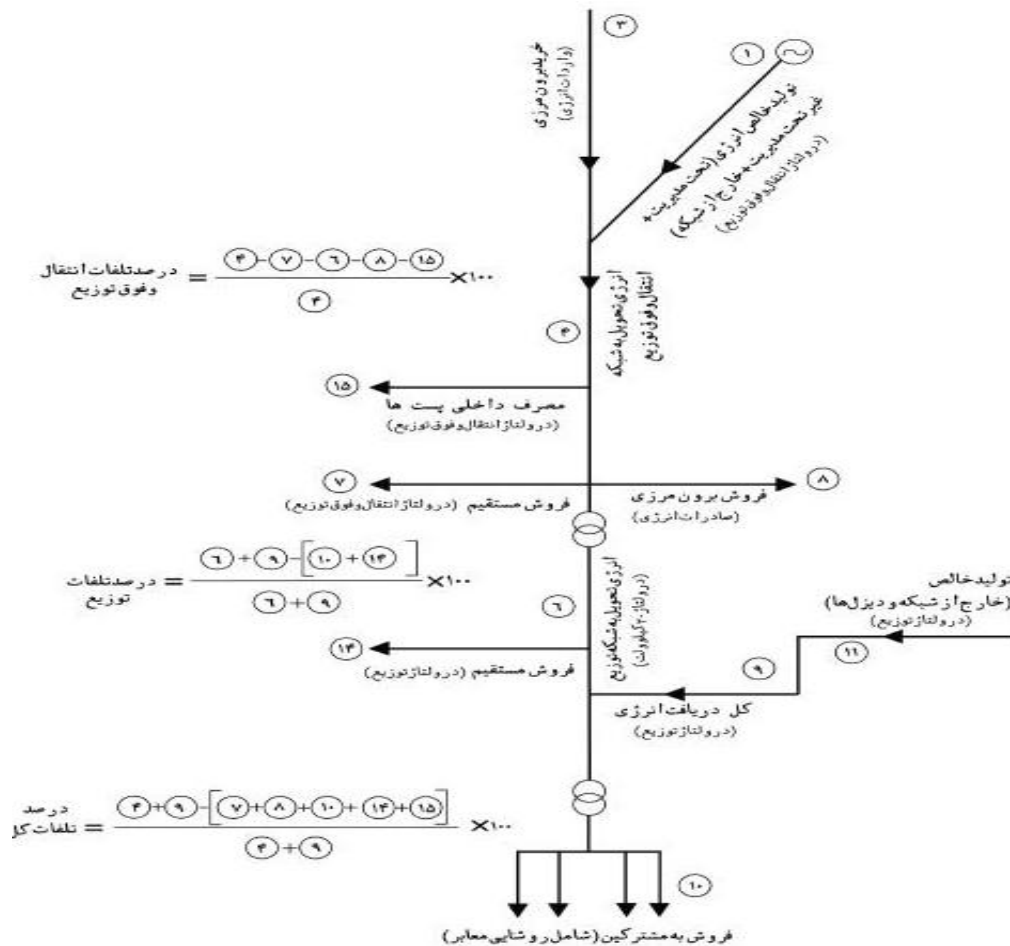
مهندسی ارزش متدولوژی است کارکردگرا و قدرتمند برای بازنگری طرح ها و پروژههای عظیم عمرانی و صنعتی با هدف ایجاد صرفه جویی مالی همزمان با حفظ یا ارتقای کیفیت طرح ها، افزایش رضایت مشتری و افزایش ارزش سرمایه گذاری است. مهندسی ارزش، مجموعه ای متشکل از چندین روش فنی است که با بازنگری و تحلیل اجزای کار، قادر خواهد بود، اجرای کامل طرح را با کمترین هزینه و زمان تحقق بخشد. هزینه طرح در این مقوله نه فقط هزینه های طراحی و اجرا بلکه هزینه های تلفات در بخش توان و انرژی و هزینه های مصرف در سراسر دوره عمر مفید طرح را نیز شامل می شود. روشهای مهندسی ارزش می تواند موجب اصلاح و ارتقای کیفیت توزیع نیروی برق و انجام طراحی های جدید در هر مرحله از یک پروژه اجرایی گردد. با آنکه روش مهندسی ارزش را می توان در تمام مراحل یک پروژه اجرایی به کار گرفت، بیشترین مزایای آن زمانی حاصل می شود که در نخستین مراحل برنامه ریزی و طراحی به کار گرفته شود. نوآوری و جنبه های کاربردی مهندسی ارزش در تعیین روش بهینه کاهش تلفات شبکه های توزیع، این روش را از روشهای غیر مهندسی و متعارف کاهش هزینه ها و تلفات شبکه های توزیع برق، متمایز می گرداند. روشهای غیر مهندسی کاهش تلفات، عموماً بصورت خرید محور و جنبه تکرار به خود گرفته است و اثری از طراحی مهندسی در آنها دیده نمی شود. مهندسی ارزش اطلاعات، شناسایی عرصه های مشکل دار، پیشنهاد و تدوین روشها و طرحهای مهندسی، پرورش اندیشه های نو و تلفیق همه جانبه دیدگاههایی را که قرار است توصیه شود، مطرح می سازد. چرا باید در بخش انرژی مهندسی ارزش کنیم؟ به طور کلی می توان اهدافی این چنین را برای انجام یک مطالعه ی مهندسی ارزش، در نظر گرفت:

- کاهش هزینه های اجرایی، بهره برداری و نگهداری
- افزایش ارزش یا منافع
- بهبود کیفیت

- کاهش زمان اجرا
- حل مساله یا مشکل پروژه
- استفاده بهتر از منابع
- افزایش توان رقابت در بازار

## ۲- تعریف تلفات و انواع آن در شبکه برق

اگر هدف اصلی شبکه های برقرسانی را از انتقال انرژی تولیدی از مراکز تولید تا محل مصرف بدانیم مسلماً آن بخش از انرژی که به مصرف نرسد به نوعی در طول مسیر تلف شده است یا به عبارت دیگر در تعریف کلی تلفات جای می گیرد. در شبکه های برقرسانی وقتی بحث تلفات پیش می آید یکی از معیارهای مهم که در اکثر گزارشهای آماری از آن نام برده می شود، تلفات انرژی است، حال آنکه مهمتر از تلفات انرژی، تلفات توان می باشد که در بررسی های سیستم کمتر از آن نام برده می شود و اگر در بعضی موارد بحثی از آن به میان می آید اهمیت لازم به آن داده نمی شود. گرچه کاهش تلفات انرژی در برخی موارد ممکن است تقلیل دیماند مصرف را به همراه داشته باشد، اما این عمل موقعی موثر است که دیماند مصرف در ساعات پیک کاهش یابد، چون در چنین حالاتی افزایش ظرفیت مفید نیروگاه ها را به همراه دارد. انواع تلفات در مرحله اول به تلفات توان ، تلفات انرژی و تلفات راکتیو دسته بندی می گردد. شکل شماره ۱ تبادل و توزیع انرژی و محاسبه تلفات شبکه سراسری را نشان می دهد.



شکل شماره ۱: نمودار تبادل و توزیع انرژی و محاسبه تلفات در شبکه سراسری

### ۳- علل عمده بروز تلفات و ازدیاد آن در شبکه برق

تلفات در سیستم تولید: عوامل متعددی در ازدیاد تلفات سیستم تولید نیروی برق کشور موثر هستند که برخی از آنها عبارتند از

- مصرف داخلی بالای نیروگاهها
- عدم ظرفیت ذخیره کافی در تولید
- ضریب قدرت نامناسب
- ضریب بار نامناسب

تلفات در شبکه انتقال: عمده ترین دلایل ازدیاد تلفات در شبکه انتقال به شرح زیر است.

- وسعت زیاد کشور
- تعداد کم مدارهای انتقال و پایین بودن سطح ولتاژ انتقال
- وجود تلفات کرونا در مناطق بارانی و مرطوب
- وجود تجهیزات با تلفات بالا در شبکه انتقال
- پخش با نامناسب
- تلفات اهمی خطوط انتقال و فوق توزیع
- تلفات ناشی از نشتی جریان
- تلفات ناشی از فرسودگی تجهیزات خطوط و پستها

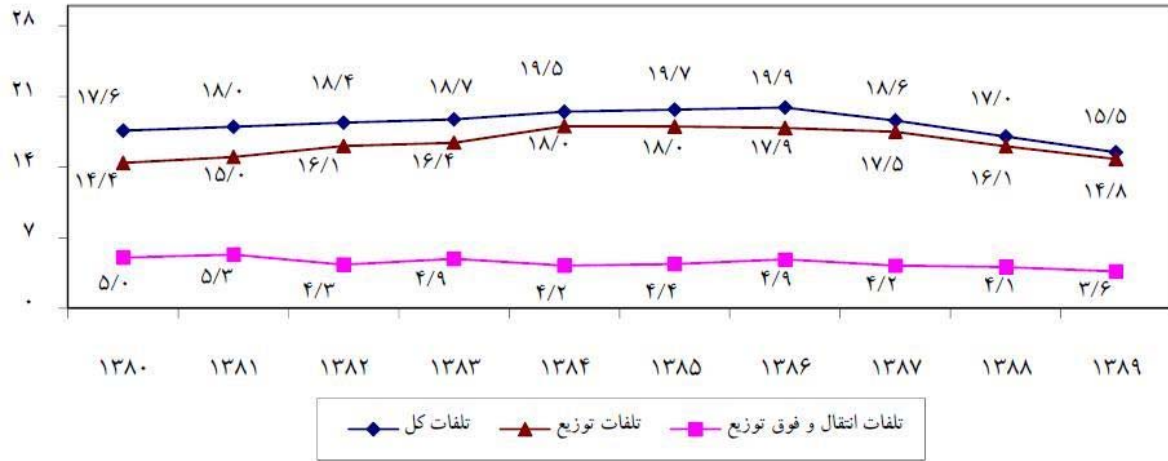
تلفات در شبکه توزیع:

- عدم تقارن بار فازها در شبکه فشار ضعیف
- نامتعادل بودن بار فیدرهای فشار ضعیف
- نامتعادل بودن بار فیدرهای فشار متوسط خروجی از پستها
- پایین بودن ظرفیت قدرت و گردش بیمورد توان راکتیو
- عدم استفاده مناسب از ترانسفورماتورها
- عدم توجه کافی به اصلاح و بهبود و توسعه شبکه
- بالا بودن ظرفیت خازنها
- پایین بودن ولتاژ شبکه
- نداشتن طرح جامع طولانی مدت
- عدم پیش بینی فلسفه و معیار برای سیستم
- پیش بینی پستها با ظرفیت بالا
- انتخاب غیر بهینه محل پستها
- کاربرد مقاطع پایین سیم در شبکه فشار ضعیف
- عدم تناسب سرمایه گذاری در بخش تولید، انتقال و توزیع
- عدم سرویس به موقع خطوط و ترانسفورماتورها و سایر تجهیزات

#### ۴- روشهای مختلف جهت انجام کاهش تلفات در شبکه توزیع نیروی برق

با توجه به شکل شماره ۲ درصد تلفات در شبکه های توزیع نسبت به انتقال و تولید از درصد بیشتری برخوردار است لذا بررسی روشهای کاهش تلفات در شبکه های توزیع به دلیل هزینه کم اجرا از اولویت بالایی برخوردار است.

(درصد)



شکل شماره ۲: روند تلفات شبکه برق کشور در طی سال های ۱۳۸۰-۱۳۸۹

برای امر کاهش تلفات در سیستم توزیع نیرو و اقدامات مختلفی امکان پذیر است [۶] که اهم آنها به شرح زیر می باشد:

- الف - ایجاد تقارن نسبی در باره فازهای شبکه فشار ضعیف .
- ب - ایجاد تعادل نسبی در طول فیدرهای فشار ضعیف با جابجائی نقاط باز .
- ج - بازآرائی شبکه فشار ضعیف و انجام کابل کشی ها (یا احداث خطوط هوائی کوتاه جدید) بخاطر آن .
- د - اصلاح ضریب قدرت با نصب خازن ثابت در شبکه فشار ضعیف .
- هـ - علاوه بر بند (د) اما با نصب خازن کنترل شونده .
- و - اصلاح مقاطع هادی های فاز و نول خطوط هوائی فشار ضعیف .
- ز - جابجائی ترانسفورماتورهای هوائی و انتقال آنها به مرکز ثقل بار در صورت امکان .
- ح - اصلاح کابل های انشعابات (سرویس) مشترکین در جهت کاهش طول و افزایش مقطع .
- ط - اصلاح نقاط داغ (اتصالات سست و یا نامناسب) .
- ی - احداث پست ۲۰ کیلوولت هوائی یا زمینی جدید و بازآرائی شبکه فشار ضعیف با توجه به آن .
- ک - استفاده از ترانسفورماتورهای کوچک و تکفاز و حذف نسبی شبکه فشار ضعیف .
- ل - بازآرائی شبکه فشار متوسط در جهت یکسان نمودن طول و یا بار فیدرهای فشار متوسط .
- م - خازن گذاری (اعم از ثابت یا متغیر کنترل شونده) بر روی شبکه فشار متوسط .
- ن - استفاده از ترانسفورماتورهای کم تلفات .
- ق - ایجاد فیدر فشار متوسط جدید .
- ر - احداث پست فوق توزیع ۶۳/۲۰ کیلوولت جدید .

ش - و غیره .

روشهای مذکور واجد خصوصیات ویژه‌ای به شرح زیر می‌باشند:

یک - هزینه (Cost) انجام آنها بسیار متفاوت از همدیگر می‌باشد .

دو - منافع (Benefit) حاصل از آنها در جهت کاهش تلفات نیز از همدیگر بسیار متفاوت هستند .

سه - ارجحیت و اولویت انجام آنها برای امر کاهش تلفات یکسان نیست .

در بخش بعدی به اولویت بندی این روشها بر اساس نسبت سود (Benefit) به هزینه (Cost) یا به اختصار نسبت  $(\frac{B}{C})$  می‌پردازیم

### ۵- مهندسی ارزش و اولویت بندی روشهای کاهش تلفات

با انجام مهندسی ارزش در بخش کاهش تلفات قادر خواهیم بود به سؤالات مهم و کلیدی مشروح زیر پاسخ علمی بدهیم:

الف - حد بهینه اقدامات امکان‌پذیر برای کاهش تلفات در کجا یا چیست؟

ب - آیا با هزینه نمودن اعتبارات تخصیصی حداکثر ممکن کاهش تلفات حاصل شده است؟

ج - چنانچه محدودیت بودجه‌ای داشته باشیم، کدام اقدامات را باید انجام دهیم تا میزان کاهش تلفات بازاء هزینه در حداکثر میزان ممکن باشد؟

د - چنانچه مدت زمان بازگشت سرمایه معین مورد نظر باشد (مثلاً مدت ۲ یا ۳ سال برای بازگشت سرمایه) چه اقداماتی را باید انجام دهیم و از کدام اقدامات باید صرف‌نظر نماییم؟

جهت پاسخ به سؤالات فوق نیازمند انجام محاسبات به شرح زیر می‌باشیم:

الف - برای تعیین تلفات انرژی کاهش یافته سالانه، ابتدا حداکثر تلفات توان کاهش یافته بازای هر فعالیت یافته شده و با فرض ضریب بار سالانه (LDF) پنجاه (۵۰) درصد توزیع منطقه از رابطه زیر (۱) برای تعیین ضریب تلفات (LSF) بهره گرفته شده است:

$$(LSF) = (0.2)(LDF) + (0.8)(LDF)^2$$

ب - بطور خاص برای تعیین ضریب تلفات (LSF) فعالیت اصلاح کابل‌های انشعابات مشترکین، ضریب بار سالانه (LDF) معادل سی (۳۰) درصد فرض شده است .

ج - مدت عمر مفید سیستم ۲۵ سال فرض شده است .

د - قیمت‌های ثابت سال ۱۳۸۸ در نظر گرفته شده و فرض شده نرخ تورم و نرخ تنزیل با یکدیگر مساوی باشند و لذا ارزش فعلی هزینه‌ها و درآمدهای آتی همان مبالغ اسمی آنها می‌باشد .

هـ - ارزش هر کیلووات ساعت تلفات انرژی ۷۷۳ ریال منظور شده و برای تلفات توان قیمت جداگانه‌ای در نظر گرفته نشده است .

بر اساس مطالعات و محاسبات انجام شده برای یک مثال واقعی [۱] نتایج در ۲ جدول زیر ارائه شده است .

جدول شماره (۱) با عنوان «شرح فعالیت‌های امکان‌پذیر برای کاهش تلفات بمنظور تعیین نسبت کل منافع به کل هزینه یعنی  $\frac{B}{C}$  هر فعالیت» می‌باشد که دارای سطرها و ستونهایی به شرح زیر خواهد بود:

الف - در ستون دوم شرح مختصر کلیه فعالیت‌های امکان‌پذیر برای کاهش تلفات بدون توجه به ارجحیت و مطلوبیت هر فعالیت در زیر همدیگر ذکر می‌گردند .

ب - در ستون جمع کل مقدار تلفات انرژی کاهش یابنده در اثر انجام هر فعالیت مورد نظر پس از انجام طراحی و محاسبات لازم درج می‌شود .

ج - در ستون چهارم جمع کل منافع حاصل در اثر کاهش تلفات در مدت عمر مفید شبکه (ارزش فعلی منافع حاصله) نوشته می‌گردد (B) .

د - در ستون پنجم هزینه (C) انجام هر فعالیت ذکر می‌شود .

هـ - در ستون ششم خارج قسمت منافع (B) و هزینه (C) بصورت عددی حداکثر با دو (۲) رقم اعشار نوشته می‌شود .

و - در ستون آخر (هفتم) با توجه به اعداد حاصل از نسبت  $\frac{B}{C}$  ستون ششم، درجه اولیتهی نزولی برای هر فعالیت تعیین می شود، بدین معنی که بزرگترین و بالاترین  $\frac{B}{C}$  درجه اولویت یک (۱) را بخود اختصاص داده و  $\frac{B}{C}$  بالاتر بعدی درجه اولویت دو (۲) را کسب کرده و الی آخر .

جدول شماره (۱) - شرح فعالیت های امکان پذیر برای کاهش تلفات بمنظور تعیین نسبت  $\frac{B}{C}$  هر فعالیت - مبالغ بر حسب ۱۰۰۰ ریال

ردیف	شرح فعالیت امکان پذیر برای کاهش تلفات	جمع مقدار تلفات انرژی کاهش یافته در اثر هر فعالیت (kwh)	ارزش فعلی منفعت حاصل در اثر کاهش تلفات در طول عمر سیستم	هزینه لازم به انجام (C) برای هر فعالیت در ماه	میزان اثربخشی (نسبت $\frac{B}{C}$ ) حاصل از هر فعالیت	درصد اولویت نسبی هر فعالیت با توجه به نسبت $\frac{B}{C}$ مهم
۱	ایجاد تقارن نسبی بار فازهای شبکه فشار ضعیف	۱۳۸۲۱۹۶	۱۰۶۸۴۳۸	۷۵۰۰۰	۱۴/۲۵	۱
۲	ایجاد تعادل نسبی در طول فیدرهای فشار ضعیف با جابجائی نقاط باز	۶۲۱۰۴۷	۴۸۰۰۶۹	۶۰۰۰۰	۸/۰۰	۳
۳	بازآرایی شبکه فشار ضعیف و انجام کابل کشی های لازم بخاطر آن	۳۴۵۵۸۲	۲۶۷۱۳۵	۳۲۰۰۰۰	۰/۸۴	۶
۴	اصلاح ضریب قدرت با نصب خازن ثابت در شبکه فشار ضعیف	۱۸۰۶۹۸۷	۱۳۹۶۸۰۱	۱۰۰۰۰۰	۱۳/۹۷	۲
۵	تغییر مقطع هادی فاز و نول خطوط هوایی فشار ضعیف و تبدیل به کابل خودنگهدار	۵۸۵۲۸۴	۴۵۲۴۲۵	۴۲۰۰۰۰	۱/۰۸	۴
۶	احداث یک دستگاه پست هوایی ۳۱۵ kVA در موقعیت امکان پذیر	۸۰۱۵۴	۶۱۹۵۹	۲۵۰۰۰۰	۰/۲۵	۸
۷	احداث یک دستگاه پست زمینی ۸۰۰ KVA در موقعیت امکان پذیر	۵۸۰۷۸۸	۴۴۸۹۴۹	۱۱۰۰۰۰۰	۰/۴۱	۷
۸	احداث کابل های انشعابات مشترکین و تبدیل از ۲.۵×۲ به ۲×۶ mm <sup>2</sup>	۳۲۴۳۴۸	۲۵۰۷۲۱	۲۴۰۰۰۰	۱/۰۴۵	۵

جدول شماره (۲) را که در آن فعالیت های امکان پذیر مذکور در جدول قبلی (شماره ۱) بر حسب درجه اولویت  $\frac{B}{C}$  مرتب شده باشد، تشکیل داده ایم . در جدول شماره (۲) ستون یک درجه اولویت و ستون دو مقدار  $\frac{B}{C}$  و ستون سه شرح فعالیت ها مستخرج از جدول شماره (۱) بوده و سایر ستونها به شرح زیر می باشند:

- الف - ستون چهارم مبلغ هزینه انجام هر فعالیت مستخرج از ستون پنجم جدول شماره (۱) است .  
 ب - ستون پنجم مبلغ درآمد سالانه حاصل از هر فعالیت کاهش تلفات می باشد که خود ارزش کیلووات ساعت های کاهش یافته با نرخ ۷۷۳ ریال بر هر kwh است . (حاصل از ستون ۴ جدول شماره ۱ بازای یک سال)  
 ج - ستون ششم مدت زمان بازگشت سرمایه مصرف شده در هر فعالیت (بر حسب ماه) است که از تقسیم مبلغ ستون چهارم به مبلغ ستون پنجم می باشد .

ح - ستون هفتم به توضیحات ضروری اختصاص داد که زیر جدول در مورد آن توضیح داده شده است .

جدول شماره (۲) - شرح فعالیت‌های امکان‌پذیر برای کاهش تلفات (مرتب شده بر حسب  $\frac{B}{C}$ ) بمنظور تعیین اولویت اقدامات لازم به انجام - مبالغ

بر حسب ۱۰۰۰ ریال

ملاحظات	مدت زمان بازگشت سرمایه هر فعالیت (ماه)	مبلغ درآمد سالانه هر فعالیت بازای ۷۷۳ ریال	مبلغ هزینه انجام هر فعالیت (ماه)	شرح فعالیت امکان‌پذیر برای کاهش تلفات	مقدار $\frac{B}{C}$ هر فعالیت	درجه اولویت
	۲/۱۱	۴۲۷۳۵۷/۵	۷۵۰۰۰	ایجاد تقارن نسبی بار فازهای شبکه فشار ضعیف	۱۴/۲۵	۱
	۲۱/۵	۵۵۸۷۲/۰	۱۰۰۰۰۰	اصلاح ضریب قدرت با نصب خازن ثابت در شبکه فشار ضعیف	۱۳/۹۷	۲
***	۳۷/۵	۱۹۲۰۲/۸	۶۰۰۰۰	ایجاد تعادل نسبی در طول فیدرهای فشار ضعیف با جابجایی نقاط باز	۸/۰۰	۳
**	۲۷۸/۵	۱۸۰۹۷/۰	۴۲۰۰۰۰	تغییر مقطع هادی‌های فاز و نول خطوط هوایی فشار ضعیف و تبدیل به کابل خودنگهدار	۱/۰۸	۴
*	۲۸۷/۲	۱۰۰۲۸/۸	۲۴۰۰۰۰	اصلاح کابل‌های انشعابات مشترکین و تبدیل از ۲.۵×۲ به ۲×۲ mm <sup>2</sup> ×۶	۱/۰۴۵	۵
****	۳۹۵/۴	۱۰۶۸۵/۴	۳۲۰۰۰۰	بازآرایی شبکه فشار ضعیف و انجام کابل‌کشی‌های لازم بخاطر آن	۰/۸۴	۶
	۷۳۵/۰	۱۷۹۵۸/۰	۱۱۰۰۰۰۰	احداث یک دستگاه پست زمینی ۸۰۰KVA در موقعیت امکان‌پذیر	۰/۴۱	۷
	۱۲۱۰/۵	۲۴۷۸/۴	۲۵۰۰۰۰	احداث یک دستگاه پست هوایی ۳۱۵ kVA در موقعیت امکان‌پذیر	۰/۲۵	۸

توضیحات لازم برای ستون ملاحظات جدول:

\* فعالیت ردیف (۵) که مقدار  $\frac{B}{C}$  آن نزدیک به واحد (۱) است، حد بهینه می‌باشد. در فعالیت‌های ردیف‌های بعدی هزینه‌های هر فعالیت بیشتر از درآمد آن می‌باشد .

\*\* چنانچه بودجه و اعتبار تخصیصی برای کاهش تلفات منطقه نمونه حداکثر بیست و پنج میلیون تومان باشد، فعالیت شماره سه آخرین فعالیت مقدور و ممکن می‌باشد (بر اساس ستون ۴ جدول، مبلغ انباشته هزینه‌های سه ردیف اول برابر با ۲۳۵۰۰۰۰۰۰ ریال می‌باشد) و لذا نباید فعالیت‌های ردیف‌های بعدی را که برایش بودجه‌ای موجود نیست انجام داد .

\*\*\* چنانچه مثلاً لازم باشد زمان بازگشت سرمایه حداکثر دو (۲) سال یعنی ۲۴ ماه باشد، در این صورت لازم است که فقط فعالیت‌های شماره (۱) و (۲) انجام پذیرد و از انجام فعالیت‌های ردیف‌های بعدی که بازگشت سرمایه‌ای طولانی‌تر از دو (۲) سال دارند اجتناب گردد .

\*\*\*\* فعالیت‌هایی نظیر فعالیت ردیف (۶ و ۷ و ۸) جدول با هدف فقط کاهش تلفات، توجه اقتصادی ندارد و بلکه برای توجیه انجام آن باید اهداف دیگری از قبیل کاهش خاموشی (افزایش شاخص‌های قابلیت اطمینان) و یا قبول مشترکین جدید و غیره در نظر باشد .

## ۶- نتیجه گیری:

برای حصول اطمینان از اینکه از صرف اعتبارات سخت یاب و ارزشمندی که برای پروژه‌های کاهش تلفات هزینه می‌گردد، بهترین نتیجه حاصل شود یعنی بازای صرف مثلاً هر یک میلیون ریال بیشترین میزان کاهش تلفات بدست آید، قطعاً استفاده از مهندسی ارزش در تعیین بهترین روش کاهش تلفات و اولویت بندی این روشها لازم است که در این نوشتار به آن اشاره شده است. مقاله حاضر تلاش می‌کند که یک روش عملی و بسیار مناسب را پیشنهاد نماید که طی آن بر اساس الگوهای مهندسی ارزش نحوه تشکیل جداول فعالیت‌های امکان‌پذیر برای کاهش تلفات را نشان داده و جداول پیشنهادی را تکمیل کرده که پس از آن قادر بوده به سؤالات مهمی از قبیل چگونگی طراحی پروژه با محدودیت‌های بودجه‌ای، و زمان بازگشت سرمایه و حد بهینه (با این اطمینان کامل که بهر حال روش منجر به نتایجی ایتیمم می‌گردد) پاسخ علمی و متقاعدکننده بدهد و به زبان ساده بیان کننده این موضوع باشد که ارزش انجام کدام فعالیت بالاتر است. و لذا جای آن دارد که روش پیشنهادی در حد مقاله باقی نمانده و بعنوان روش یا دستورالعمل یا شرح خدمات انجام کار مورد توجه واقع شود، مضافاً به اینکه جای یک روش و یا دستورالعمل مصوب خالی بوده و نیاز به آن کاملاً محسوس است.

## ۷- فهرست مراجع:

- [۱] - فرزاد آزاد و احمدعلی بهمن پور « متدولوژی پیشنهادی بمنظور کاهش تلفات فنی با رعایت محدودیت‌های عملی » مجموعه مقالات هشتمین کنفرانس بین المللی انرژی، تهران، خرداد ماه ۱۳۹۰
- [۲] - کوروش رحیمی، « مهندسی ارزش»، گرد آوری شده ۱۳۸۹
- [۳] - احمدعلی بهمن پور، « تلفات توان در سیستم توزیع نیرو، نگرانی‌ها و افسوس‌ها»، مجموعه مقالات هفتمین کنفرانس سراسری شبکه‌های توزیع نیرو، تهران، اردیبهشت ماه ۱۳۸۰
- [۴] - احمدعلی بهمن پور، « بررسی قابلیت اطمینان و تلفات در بهم پیوستن شبکه توزیع»، دوازدهمین کنفرانس توزیع مازندران اردیبهشت ماه ۱۳۸۰
- [۵] - احمدعلی بهمن پور، « تلفات بالای توان و انرژی در سیستم توزیع نیرو، زخمی کهنه بر پیکر صنعت برق»، مجموعه مقالات بیست و یکمین کنفرانس بین‌المللی برق، آبان ماه ۱۳۸۵
- [۶] - قدرت الله حیدری، « بررسی تلفات الکتریکی در شبکه برق‌رسانی»، ناشر تابش برق، ۱۳۷۸
- [۷] - آمار تفصیلی صنعت برق ایران ویژه مدیران سال ۱۳۸۹