





دانشکده مهندسی برق و رباتیک

رساله دکتری مهندسی کنترل

مدل مدیریت بار بلند مدت شرکت‌های توزیع با دیدگاه پاسخ تقاضا

نگارنده: رضا قطب‌الدینی ده ملایی

استاد راهنما

دکتر حیدر طوسی‌ان شاندیز

اسفند ۱۴۰۰

تقدیم اثر

از خالق هستی سپاسگزارم به واسطه همه نعمت هایی که به اینجانب ارزانی داشته است. تولد در جامعه دینی و خانواده ای مذهبی فرصتی برای خود سازی و آشنایی با روش های تزکیه نفس و حرکت در مسیر تعالی بوده است. در این بین و در پایان دوره تحصیلات کارشناسی ارشد و در کل دوره دکتری کسی که با چشم پوشی از آرزوهای و برنامه های شخصی خود مسیر را برای دنبال کردن علاقه های شخصی اینجانب هموار نموده و در این مسیر متحمل رنج و سختی و آسیب شده کسی جز همسرم نیست. بدینوسیله این اثر را به همسرم تقدیم می نمایم. از خداوند فرصت و توفیق فراهم نمودن شرایط برای جبران را خواستارم.

شکر و قدردانی

دوره دکتری برای اینجانب مسیری پرفراز نشیب بود. در این راه توانستم علاوه بر افزایش بنیه علمی در رشته تخصصی، درس های مهمی را در زندگی بگذرانم. مهمترین این درس ها از جانب افرادی بوده که بواسطه این دوره با ایشان آشنا شدم. در ابتدا از استاد راهنما آقای دکتر حیدر طوسی‌ان شاندیز صمیمانه تشکر و قدردانی می نمایم. اگر صبر و حوصله و راهنمایی‌ها و پیگیری‌های دلسوزانه ایشان مخصوصا در مقطعی که با مشکلات شخصی سنگینی مواجه شده بودم نبود، این راه هیچگاه برایم به پایان نمی رسید. در ادامه کمال تشکر را از اساتید مدعو و داور در جلسه دفاع از پیشنهاد را دارم. جناب آقای دکتر رنجبر، جناب آقای دکتر صدرنیا، جناب آقای دکتر حسن پور که با توصیه های خود دید واقع بینانه تری برای انجام کار تحقیقاتی در دوره دکتری به اینجانب دادند. جا دارد از جناب آقای دکتر دشتی که بواسطه انجام کارهای مرتبط در موضوع رساله بدون هیچ چشم داشتی راهنمایی‌های موثری به اینجانب انجام دادند و به نوعی نقش مشاور را در این زمینه برایم داشتند صمیمانه تشکر کنم. یقین دارم عوامل اداری و اجرایی دانشگاه نقش موثری در سرنوشت دانشجویان دارند، جا دارد از سرکار خانم نوری از عوامل اجرایی و اداری دانشگاه که بصورتی دلسوزانه در انجام امور آموزشی اینجانب را راهنمایی نموده و در مقطعی که با مشکلات عدیده شخصی مواجه بودم فراتر از وظایف اداری بخشی از مشکلاتم را مرتفع نمودند تشکر و قدردانی نمایم.

در پایان از مدیریت محترم عامل شرکت توزیع نیروی برق شمال استان کرمان و کلیه همکاران در حوزه برنامه ریزی، مهندسی، کنترل پروژه، GIS، فن آوری اطلاعات، تدارکات و انبار ها که در جمع آوری داده ها برای انجام تحقیق با اینجانب همکاری نموده اند کمال تشکر را دارم.

تعمدنامه

اینجانب رضا قطب الدینی ده ملایی دانشجوی دوره دکتری رشته مهندسی برق گرایش کنترل سیستم دانشکده مهندسی برق دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه . مدل مدیریت بار بلند مدت شرکت های توزیع با دیدگاه پاسخ تقاضا تحت راهنمایی آقای دکتر حیدر طوسیان شاندیز متعهد می شوم

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « **Shahrood University of Technology** » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .

چکیده:

مدیریت بلند مدت بار و دارایی‌ها مستلزم استفاده بهینه از منابع برای ایجاد، نگهداری، اسقاط و برکناری تاسیسات و ارزیابی کارایی و بهره‌وری در دوره عمر می‌باشد. با توجه به انحصار طبیعی در زیرساخت‌های توزیع برق و به منظور افزایش کارایی و کیفیت خدمات در این حوزه، کشورهای زیادی مالکیت و یا مدیریت زیر ساخت‌های توزیع انرژی الکتریکی را به بخش خصوصی واگذار نموده‌اند. با واگذاری فرآیند توزیع انرژی الکتریکی به بخش غیردولتی، ایجاد فضای رقابتی برای بهبود کیفیت و نرخ خدمات از اهمیت ویژه‌ای برخوردار شده است. انجام تنظیم و رگولاتوری مستلزم شناخت کافی از متغیرهای فرآیند توزیع انرژی الکتریکی است. علاوه بر نیاز به شناسایی عوامل و متغیرهای ذاتی یا به عبارتی داخلی سیستم، شناسایی عوامل و متغیرهای خارجی که منجر به تحمیل هزینه می‌شوند از اهمیت بالایی برخوردار است. برنامه‌ریزی شهری، رفتار اجتماعی و اعمال حاکمیت از جمله عوامل خارجی مهم و موثر بر روی مدیریت دارایی و بار در شرکت‌های توزیع هستند. در این رساله ارزیابی کارایی مناطق مختلف شرکت توزیع نیروی برق شمال استان کرمان در حوزه روشنایی معابر بعنوان نمونه مطالعاتی و شیوه‌های رگولاتوری برای بهبود کارایی آن مورد تحقیق قرار گرفته‌اند. برای دستیابی به متغیرهای ذاتی سیستم روشنایی معابر از مشخصه‌های فنی تاسیسات استفاده و با استفاده از آنها مدل پایه و مبنا برای ارزیابی مناطق احصاء شده است. در شبیه‌سازی انجام شده تفاوت آمار خروجی مدل و آمار واقعی به تاثیر عوامل خارجی نسبت داده شده‌اند. در ادامه با تعریف روش انگیزشی برای تشویق و تنبیه به پیمانکاران و مدیران برق در مناطق فرصت داده شده تا تاثیر عوامل خارجی را به حداقل ممکن برسانند. نتایج نشان می‌دهد این شیوه‌ها در نهایت منجر به ترغیب شرکت‌ها به ارایه گارانتی بدون قید و شرط برای میانگین عمر و انحراف از میانگین عمر و همچنین ترغیب عوامل اجرایی به شناسایی عیب و رفع آن در حداقل زمان ممکن می‌شود. در نهایت پیشنهاد شده با توجه به عمر تاسیسات روشنایی معابر، دوره زمانی قراردادهای افزایش یابد به نحوی که پیمانکاران بتواند با برنامه‌ریزی بلند مدت ضمن کسب سود بیشتر، با افزایش بهره‌وری شرکت‌های توزیع را منتفع نمایند.

کلمات کلیدی: سیستم های پویا، مدیریت دارایی، روشنایی معابر، ارزیابی کارایی، محک زنی، مدیریت بار

پیش‌گفتار

مدیریت بلند مدت بار و مدیریت دارایی فیزیکی یکی از مباحث مهم در حوزه شرکت های تولیدی و خدماتی است. روش های متنوعی برای مدیریت دارایی ها پیشنهاد و اجرا شده است. برای صاحبان سرمایه و سهام هزینه های نگهداری از اهمیت ویژه ای برخوردار است و می تواند در سود یا زیان سرمایه گذاری موثر باشد. هزینه های نگهداری ارتباط مستقیمی با انتخاب تکنولوژی و کیفیت تاسیسات ایجاد شده دارد و تکنولوژی های جدید سعی در کاهش هزینه های نگهداری دارند و در مواردی مدعی هستند که تکنولوژی آنها بگونه ای است که نیاز به تعمیر و نگهداری را در دوره عمر به حداقل ممکن رسانده است. در این رساله به منظور مدیریت دارایی و مدیریت بار، بعنوان نمونه هزینه های نگهداری در دوره عمر یک سیستم روشنایی معابر تخمین زده می شود و تاثیر عوامل خارجی و انتخاب نوع تکنولوژی و نوع کالا بر روی هزینه های نگهداری بررسی و تحقیق می شود.

لیست مقالات مستخرج از پایان نامه

عنوان مقاله اول به فارسی:

(۱) قطب الدینی رضا، طوسی‌ان شاندیز حیدر. ارزیابی کارایی و محک زنی مناطق در یکی از شرکت های توزیع برق با استفاده از مدل مدیریت دارایی های روشنایی معابر. نشریه کیفیت و بهره وری صنعت برق ایران. ۱۴۰۰؛ ۱۰ (۲): ۱-۱۳

عنوان مقاله دوم به فارسی:

(۲) رضا قطب الدینی^۱ دانشجوی دکتری، حیدر طوسی‌ان شاندیز^۲ دانشیار. مدل پاداش و جریمه در قراردادهای روشنایی عمومی معابر: مطالعه تجربی در یک شرکت توزیع نیروی برق، مجله هوش مصنوعی و داده کاوی، دوره دهم، شماره اول، زمستان ۱۴۰۰، صفحات ۱۲۸-۱۳۸

عنوان مقاله اول به انگلیسی:

1) Ghotboddini R, Toossian Shandiz H. **Evaluating the Efficiency and Benchmarking of Regions in an Electricity Distribution Company Using a Public Lighting Asset Management Model.** ieijqp. 2021; 10 (2) :1-13

عنوان مقاله دوم به انگلیسی:

2) R. Ghotboddini; H. Toossian Shandiz, **Reward and Penalty Model for Public Lighting Contracts: An Empirical Study in a Distribution Company**, Journal of Artificial Intelligence & Data Mining (JAIDM) Volume 10, Issue 1 , Winter 2022, Pages 127-138

فهرست مندرجات

۱ فصل اول	۱
۱-۱ مقدمه	۱
۲-۱ هدف تحقیق	۷
۳-۱ نوآوری های تحقیق	۸
۲ فصل دوم	۱۱
۱-۲ مدیریت دارایی ها و مدیریت بلند مدت مدیریت بار	۱۱
۳ فصل سوم	۲۳
۱-۳ دینامیک های سیستم	۲۳
۴ فصل	۲۷
۱-۴ روگولاتوری سیستم ها	۲۷
۲-۴ روشهای روگولاتوری	۲۸
۱-۲-۴ روش های سنتی	۲۹
۲-۲-۴ روش های انگیزشی	۲۹
۳-۲-۴ روش مهندسی	۳۱
۳-۴ روش های ارزیابی کارایی اقتصادی	۳۱
۱-۳-۴ روش های مبتنی بر میانگین	۳۳
۲-۳-۴ روش های غیر پارامتری مبتنی بر سرآمدی	۳۴
۳-۳-۴ روش های پارامتری مبتنی بر سرآمدی	۳۵
۴-۳-۴ روش های تحلیل مرزی تصادفی	۳۶
۵-۳-۴ روش های ترکیبی در ارزیابی کارایی	۳۷
۶-۳-۴ محک زنی کارایی شرکت ها:	۴۴
۴-۴ کیفیت خدمات:	۴۹
۱-۴-۴ تنظیم کیفیت خدمات	۵۲
۲-۴-۴ قراردادهای کیفیت خدمات	۵۵
۵-۴ روش های پاداش و جریمه	۵۶

۵۹.....	۶-۴	کیفیت خدمات در کشورهای مختلف
۶۱.....	۵	فصل
۶۱.....	۱-۵	مدل جامع روشنایی معابر
۷۷.....	۶	فصل
۷۷.....	۱-۶	تخمین عمر تاسیسات روشنایی معابر
۷۹.....	۱-۱-۶	پرسش اصلی:
۷۹.....	۲-۱-۶	ایده اصلی:
۸۰.....	۶-۲	ابزار و محدودیت ها
۸۶.....	۳-۶	تصدیق میدانی برآورد
۸۹.....	۴-۶	جمع بندی نتایج
۹۱.....	۷	فصل
۹۱.....	۱-۷	مدل مدیریت بار بلند مدت
۹۶.....	۷-۲	ایده و روش مدل سازی
۱۰۴.....	۳-۷	پیاده سازی با سیستم های پویا
۱۰۵.....	۴-۷	الحاق شیوه جریمه و پاداش
۱۰۶.....	۷-۴-۱	تشخیص و رفع عیب
۱۰۷.....	۷-۴-۲	دسته بندی عوامل تاثیرگذار
۱۰۹.....	۷-۴-۳	نمودار جریان برآورد قیمت
۱۱۱.....	۷-۵	مطالعه موردی
۱۲۶.....	۷-۵-۱	تاثیر انحراف معیار
۱۲۷.....	۲-۵-۷	تاثیر از دست دادن داده ها
۱۲۹.....	۶-۷	پاسخ تقاضا
۱۳۱.....	۸	نتیجه گیری و پیشنهادات
۱۳۷.....	۹	ضمائم

فهرست جداول

جدول ۱-۵	سهم هر یک از عوامل بر هزینه سرمایه‌گذاری و سرویس و نگهداری روشنایی معابر.....	۶۹
جدول ۱-۶	مقایسه نتایج این پژوهش با ببینگتون [60]، لف [61] با استفاده از نتایج آزمایش منون و اگروال [64].....	۸۴
جدول ۲-۶	تخمین ضرائی توابع توزیع نرمال، ویبول و نرمال لگاریتمی برای سازندگان مختلف.....	۸۵
جدول ۳-۶	مقادیر تخمینی و واقعی لامپ‌های ۵۰ وات بخار سدیم در چند واحد عملیاتی شرکت NK-PDC.....	۸۹
جدول ۱-۷	قیمت چراغ، اجزاء چراغ و هزینه نصب و تعویض.....	۱۲۰
جدول ۲-۷	پاداش و جریمه ناشی از تضمین عمر طبیعی.....	۱۲۴
جدول ۳-۷	پاداش و جریمه ناشی از مدت زمان شناسایی و رفع عیب.....	۱۲۵
جدول ۴-۷	خطای تخمین ناشی از داده‌های از دست رفته.....	۱۲۸
جدول ۱-۹	اطلاعات و داده‌های مورد استفاده در مورد مطالعه شرکت توزیع نیروی برق شمال استان کرمان.....	۱۳۷
جدول ۲-۹	آمار چراغ‌های منصوبه ۵۰ وات بخار سدیم در چند واحد عملیاتی شرکت NK-PDC.....	۱۳۷
جدول ۳-۹	ضریب بقاء و ضریب نگهداری لومن لامپ برای لامپ‌های ۵۰ وات بخار سدیم پرفشار.....	۱۳۸
جدول ۴-۹	راهنمای علائم اختصاری متغیر ها مورد استفاده در فصل هفتم.....	۱۳۸
جدول ۵-۹	شرح انگلیسی و علائم اختصاری برای نمایش مدل در فصل پنجم.....	۱۳۹

فهرست شکل‌ها

شکل ۱-۱ نمودار جریان هزینه‌های جاری در شرکت‌های توزیع نیروی برق.....	۵
شکل ۲-۱ مولفه‌های نرخ انرژی الکتریکی در صنعت برق.....	۶
شکل ۳-۱ نمودار جریان مولفه‌های نرخ خدمات توزیع انرژی الکتریکی.....	۷
شکل ۴-۱ نحوه مدیریت شرکت‌های توزیع برق از منظر کنترل سیستم.....	۹
شکل ۲-۲ فرآیند مدیریت دارایی در شرکت‌های توزیع برق.....	۱۳
شکل ۳-۲ برنامه‌ریزی مدیریت دارایی در شرکت‌های توزیع.....	۱۴
شکل ۴-۲ جریان داده‌ها، پول و انرژی و رابطه بین آنها.....	۱۵
شکل ۵-۲ تاثیر یارانه، رفتارهای اجتماعی و برنامه‌ریزی شهری بر اهداف اقتصادی و قابلیت اطمینان.....	۱۶
شکل ۶-۲ مصالحه بین منافع مشتریان و شرکت‌های توزیع نیروی برق.....	۱۷
شکل ۷-۲ تعیین نرخ خدمات توزیع مبتنی بر شاخص‌های حاکمیتی، شهری و برنامه‌ریزی شهری.....	۱۸
شکل ۸-۲ نمایش جریان انرژی و جریان نقدینگی در فرآیند توزیع انرژی الکتریکی.....	۱۹
شکل ۹-۲ پرتغوی منابع تحویلی و بازدهی آنها در سیستم توزیع انرژی الکتریکی.....	۲۰
شکل ۱۰-۲ تاثیر شاخص‌های فنی و اقتصادی در فرآیند تصمیم‌گیری رگولاتور شرکت‌های توزیع.....	۲۰
شکل ۱۱-۲ تاثیر پاسخ تقاضا بر سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های انرژی و توزیع.....	۲۱
شکل ۱۲-۲ نمودار گردش منابع و جریان سیستم‌ها.....	۲۱
شکل ۱۳-۲ تاثیر شاخص‌های داخلی و خارجی بر تحویل انرژی به مشترکین.....	۲۲
شکل ۱-۳ نمودار علت و معلولی در دینامیک‌های سیستم.....	۲۴
شکل ۲-۳ نمودار جریان و ذخیره در دینامیک‌های سیستم.....	۲۴
شکل ۳-۳ تنظیم بازار انرژی با استفاده از ابزار دینامیک‌های سیستم.....	۲۵
شکل ۴-۳ توسعه ظرفیت‌های تولید با ابزار دینامیک‌های سیستم.....	۲۵
شکل ۱-۴ ساختار بازار برق در توزیع انرژی الکتریکی.....	۲۹
شکل ۲-۴ مدل مهندسی برای رگولاتوری شرکت‌ها.....	۳۱
شکل ۳-۴ مبانی تحلیل کارایی فارل [16].....	۳۲
شکل ۴-۴ روشهای محک‌زنی سیستم‌های توزیع.....	۳۳
شکل ۵-۴ تحلیل پوششی داده‌ها با فرض بازدهی ثابت به مقیاس.....	۳۵
شکل ۶-۴ تحلیل پوششی داده‌ها با فرض بازدهی متغیر به مقیاس.....	۳۵
شکل ۷-۴ روش روبه آزاد.....	۳۶
شکل ۸-۴ کارکرد روش‌های تحلیل مرزی تصادفی.....	۳۷

شکل ۴-۹ الگوریتم استفاده ترکیبی از دو روش تحلیل داده‌ها.....	۳۸
شکل ۴-۱۰ الگوریتم استفاده ترکیبی از چهار روش تحلیل داده‌ها.....	۳۹
شکل ۴-۱۱ الگوریتم ارزیابی واحدهای توزیع انرژی الکتریکی.....	۴۰
شکل ۴-۱۲ الگوریتم ارزیابی کارایی شرکت‌ها	۴۷
شکل ۴-۱۳ الگوهای پاداش و جریمه برای کیفیت توان.....	۵۴
شکل ۴-۱۴ نقاط کلیدی در تنظیم جریمه و پاداش.....	۵۷
شکل ۵-۱ نمودار رابطه بین عوامل مختلف و بودجه‌بندی در روشنایی معابر.....	۷۵
شکل ۶-۱ منحنی ضریب بقاء و نگهداری لومن لامپ [75]-OSRAM.....	۸۶
شکل ۶-۲ تخمین ضریب بقاء لامپ با توابع نرمال، ویبول و نرمال لگاریتمی.....	۸۷
شکل ۷-۱ فرآیند تعویض لامپ در طول زمان. تضمین طول عمر طبیعی.....	۹۷
شکل ۷-۲ شمای کلی مدل مدیریت دارایی‌های روشنایی معابر	۱۰۵
شکل ۷-۳ رویه قیمت‌گذاری قرارداد و دسته‌های تاثیرگذار.....	۱۰۸
شکل ۷-۴ نمودار جریان روش بهبود یافته برای قیمت‌گذاری قرارداد.....	۱۱۰
شکل ۷-۵ آهنگ خرابی لامپ بر اساس مدل مرجع [92].....	۱۱۱
شکل ۷-۶ آهنگ خرابی بر اساس مدل پیشنهادی.....	۱۱۲
شکل ۷-۷ مقایسه آهنگ خرابی بر اساس تابع احتمال و اعلام سازنده [75].....	۱۱۳
شکل ۷-۸ روند تغییرات تعداد چراغ براساس آمار تفضیلی، برنامه ریزی، انبار و پروژه ها	۱۱۵
شکل ۷-۹ روند لامپ سوزی سالیانه.....	۱۱۶
شکل ۷-۱۰ روند لامپ سوزی در منطقه ۱	۱۱۷
شکل ۷-۱۱ روند لامپ سوزی در منطقه ۲	۱۱۷
شکل ۷-۱۲ روند لامپ سوزی در منطقه ۳.....	۱۱۷
شکل ۷-۱۳ روند لامپ سوزی در منطقه ۴	۱۱۸
شکل ۷-۱۴ روند لامپ سوزی در منطقه ۵.....	۱۱۸
شکل ۷-۱۵ محک‌زنی مناطق در سالهای ۸۸ تا ۹۶.....	۱۱۹
شکل ۷-۱۶ آهنگ خرابی مقایسه ای قطعات چراغ	۱۲۰
شکل ۷-۱۷ آهنگ خرابی برای ۱۰۰ قطعه در ۳۰ سال.....	۱۲۱
شکل ۷-۱۸ هزینه تجمعی بهره‌برداری با احتساب تعویض لامپ.....	۱۲۱
شکل ۷-۱۹ هزینه تجمعی بهره‌برداری با احتساب تعویض لامپ و سایر قطعات.....	۱۲۲
شکل ۷-۲۰ تغییرات هزینه بهره‌برداری سالانه در یک دوره ۳۰ ساله.....	۱۲۲
شکل ۷-۲۱ تأثیر STD بر میزان خرابی لامپ در ۳۰ سال.....	۱۲۷
شکل ۷-۲۲ میزان خرابی تجمعی لامپ در طول عمر	۱۲۷
شکل ۷-۲۳ روند تغییرات خطای تخمین را به دلیل در دسترس نبودن داده های تاریخی	۱۲۹

۱ فصل اول

۱-۱ مقدمه

در ایران هزینه‌های بخش تولید انرژی به مرور از طریق ساختار بازار، شکل رقابتی به خود می‌گیرد و هزینه بخش انتقال انرژی نیز به دلیل ماهیت دولتی، کماکان به روش‌های سنتی تعیین می‌شود. ولی به دلیل سیاست واگذاری توزیع انرژی الکتریکی به بخش خصوصی، تعیین مدل هزینه تمام شده در این حوزه از اهمیت زیادی برخوردار است. عناوین و موضوعات مورد توجه در حوزه مدیریت و برنامه‌ریزی بار در فرایند توزیع انرژی الکتریکی، عبارتند از مدیریت دارایی‌ها، مدیریت بار بلند مدت، رگولاتوری، دینامیک‌های سیستم، پاسخ تقاضا، که به صورت زیر قابل تعریف می‌باشند:

الف- مدیریت دارایی‌ها^۱ و مدیریت بار بلند مدت^۲: به نحوه و زمان ایجاد و سرویس و نگهداری تاسیسات به نحوی که با حداقل هزینه بهترین بازدهی حاصل شود می‌پردازد. این بخش مطالعات بیشتر از نگاه مالک شبکه توزیع و به منظور دستیابی به منفعت می‌باشد.

¹ Asset Management

² Long Term Load Management

ب-تنظیم^۱: به منظور حفظ کیفیت خدمات و بازدهی با حداقل هزینه و عموماً از نگاه حاکمیت، دولت و قانون گذار به تنظیم شرکت‌های توزیع می پردازد.

ج-دینامیک‌های سیستم^۲: این ابزار که مبتنی بر مفاهیم پایه کنترل سیستم است، برای حل مسایل پیچیده مدیریتی و تصمیم‌گیری برای نحوه تعریف سبد تولید در حوزه توزیع انرژی الکتریکی در افق بلند مدت و بمنظور مدیریت استفاده ترکیبی از منابع انرژی منجمله فسیلی، خورشیدی، باد و دیگر اشکال تجدید پذیر به صورت مجتمع یا پراکنده بکار گرفته شده است.

د- پاسخ تقاضا^۳: در حوزه مدیریت مصرف برق به نحوه مدیریت اجباری و اختیاری بار در شرایط اضطراری و عدم قطعیت‌های مربوطه به آن می پردازد. آنچه در این رساله مورد توجه قرار گرفته قراردادهای بین مصرف کننده و شرکت‌های توزیع و توافق برای کاهش مصرف در شرایط اضطراری است. در عمل این قرارداد بعنوان نیروگاه‌های مجازی برای شرکت‌های توزیع در شرایط اضطراری تلقی شده و پوشش دهنده تاخیر در سرمایه‌گذاری اولیه در زمان اوج بار هستند.

بخش عمده‌ای از مطالعات انجام شده به بخش تنظیم شرکت‌های توزیع برمی گردد. بدین منظور از روش‌های مختلفی برای محاسبه کارایی شرکت‌های توزیع استفاده شده است. دو روش معروف و پرکاربرد تحلیل پوششی داده‌ها^۴ و تحلیل مرزی تصادفی^۵ می باشند. در این مدل‌ها در واقع شرکت‌های توزیع مختلف براساس یکسری از معیارها با هم مقایسه می‌شوند. بسته به اینکه مبنای مقایسه بهترین شرکت‌ها باشند یا میانگین شرکت‌ها، مقالات متعددی ارایه شده است. مبنای روش میانگین استفاده از مبنای برنامه‌ریزی خطی از طریق بدست آوردن نسبت خروجی‌های وزن دار به ورودی‌های وزن دار می‌باشد و مبنای روش بهترین‌ها تابع هزینه می‌باشد که با استفاده از روش ماکزیمم شباهت لگاریتمی، تخمین پارامترهای مدل و مقایسه انجام می‌شود.

¹ Regulation

² System Dynamics

³ Demand Response

⁴ Data Enveloped Analyses

⁵ Stochastic frontier analyses

در فضای رقابتی، عموماً تخصیص بهینه منابع بهتر از فضای انحصاری انجام می‌شود. در صنایع زیر بنایی با انحصار طبیعی با واگذاری برخی زمینه‌ها و حوزه‌ها به بخش خصوصی می‌توان رقابت ایجاد نمود. البته به دلیل انحصار امکان افت کیفیت و افزایش قیمت علیرغم واگذاری به بخش خصوصی وجود دارد و وجود یک سیستم رگولاتوری برای نظارت و سیاست‌گذاری ضروری است. شایان ذکر است در چنین شرایطی برقراری شیوه‌های مقایسه‌ای، تشویق و تنبیه منجر به رقابت و افزایش کیفیت خدمات و همزمان کاهش هزینه‌ها می‌شود. در ادامه پیشینه تحقیقات و اقدام‌های تجربی مورد مطالعه قرار گرفته ارایه می‌شود.

شرکت‌های توزیع برق به دلیل ویژگی ذاتی در زمره صنایع انحصاری قرار می‌گیرند. در ایران و در پی قانون استقلال شرکت‌های توزیع از بدنه شرکت‌های برق منطقه‌ای، ماهیت این شرکت‌ها به غیر دولتی تغییر یافته است. در اساسنامه، ماموریت ذاتی این شرکت‌ها تامین برق مطمئن و پایدار و ارائه خدمات پس از فروش پیش بینی شده است. شرکت مدیریت تولید، انتقال و توزیع نیروی برق ایران بخش اول ماموریت را سیم‌داری و بخش دوم آن را خرده‌فروشی برق تعریف نموده است. شرکت توانیر به منظور حمایت از حقوق دولت و حقوق مصرف‌کنندگان وظیفه تنظیم مقررات، نظارت بر عملکرد و ایجاد رقابت به منظور افزایش کارایی و بهره‌وری در این شرکت‌ها را به عهده دارد.

براساس بیانات آقای مهندس مهری مدیرکل و آقای مهندس داودی معاون دفتر برنامه‌ریزی توزیع شرکت توانیر، در سال ۱۳۸۲ به منظور برنامه‌ریزی بلند مدت بار در حوزه توزیع انرژی الکتریکی، یک گروه مطالعاتی در شرکت توانیر با ایده گرفتن از دستورالعمل نگهداری پست فوق توزیع و فرمت حکم پرسنلی که شامل امتیاز شغل و شاغل و ضرایب مختلف می‌باشد، اقدام‌هایی را به منظور ایجاد مبانی اصلی برای مدیریت توزیع انرژی الکتریکی به شرح زیر آغاز نمود:

الف- اخذ اطلاعات شبکه و تاسیسات و شاخص‌ها در نقاط مختلف کشور

ب- تبدیل آمار و اطلاعات شبکه‌ها به یک امتیاز کلی به منظور خوشه‌بندی شهرها، بخش‌ها

ج- تعیین ضرائب برابری شبکه و تاسیسات برق با یکدیگر

د- دسته‌بندی شهر ها و بخشها با شرایط و ویژگی های آماری مشابه

ه- تعریف انواع گروه کاری و تعیین ملزومات مورد نیاز برای هرگروه

و- تخصیص گروه های کاری به شرکت‌ها براساس امتیاز

ز- تعیین ضرائب اصلاحی مختلف منجمله، شرایط آب و هوایی و محیطی

ح- جمع بندی نتایج در قالب حکم بهره برداری برای هر شرکت

این روش به دلیل تاثیر احجام و شاخص‌ها در فرآیند تصمیم سازی و تصمیم‌گیری در مدیریت توزیع انرژی الکتریکی پایه خوبی برای اقدامات بعدی بوده است. لازم به ذکر است برای بهبود این روش مواردی که در ادامه عنوان می‌شوند بایستی مد نظر قرار گیرند.

- ارزیابی و بازنگری ضرائب همانندی شبکه و تاسیسات و تعریف ضرائب اصلاحی

- بازنگری در روش و معیارهای دسته‌بندی شرکت‌های توزیع

- ارزیابی مجدد و بازنگری در نحوه تخصیص گروه‌های کاری نسبت به احجام و شاخص

- فراهم آوردن شرایط و روشی برای ارزیابی و تصدیق مدل

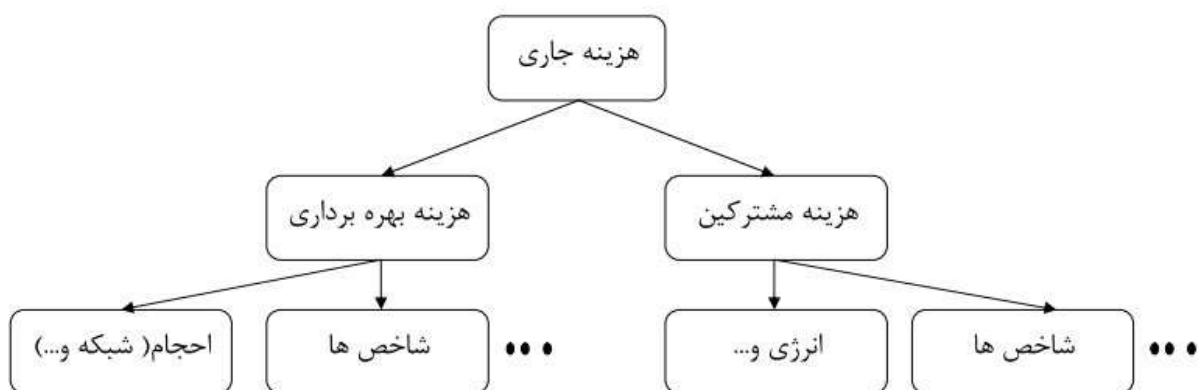
- فراهم آوردن شرایطی برای سنجش و شبیه‌سازی نتایج تصمیمات قبل از اقدام و عمل

- تاثیر دادن هزینه انرژی مستقل از سایر هزینه‌ها

بدیهی است که این ارزیابی بایستی منجر به تغییر در تعداد پارامترهای موثر بر نتیجه و تغییر در

ضرائب وزنی شود.

هزینه‌های جاری در روال فعلی اداره شرکت‌های توزیع در ایران مطابق شکل ۱-۱ به دو بخش اصلی هزینه‌های مشترکین و بهره‌برداری قابل جداسازی هستند. اهم مولفه‌های موثر بر هزینه‌های بهره‌برداری در حوزه اتفاقات و عملیات و سرویس و نگهداری، احجام شبکه و تاسیسات و شاخص‌های بهره‌برداری منجمله انرژی توزیع نشده می‌باشند. در بخش هزینه‌های مشترکین میزان انرژی، تعداد و تنوع مشترکین و شاخص‌های مشترکین مولفه‌های مهم در محاسبه و تعیین هزینه‌های خدمات می‌باشند.

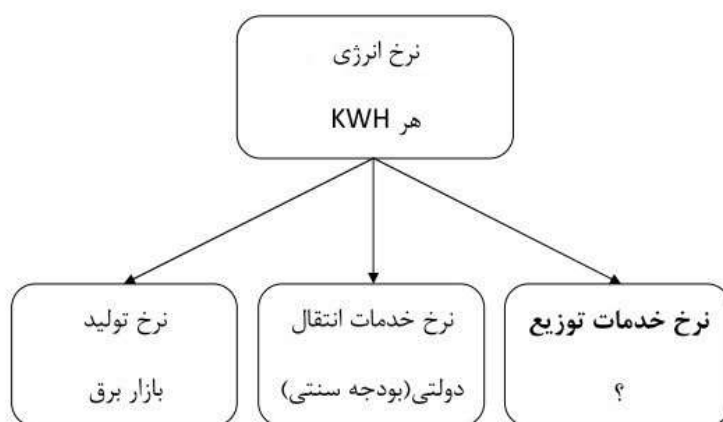


شکل ۱-۱ نمودار جریان هزینه‌های جاری در شرکت‌های توزیع نیروی برق

شرکت‌های توزیع برق به منظور برآورده کردن قواعد و شاخص‌های تعیین شده توسط رگولاتور (شرکت توانیر) به صورت طبیعی از معیارهای فنی و اقتصادی برای مدیریت بار و انرژی استفاده می‌کنند. از طرفی سود حداکثری و کاهش خطر بالاترین اولویت یک شرکت غیر دولتی است. لذا رگولاتور با تعیین استانداردها و تعرفه‌ها شرکت‌های توزیع را به رعایت ضوابط فنی و اداری ملزم می‌کند. اخیراً رگولاتوری شرکت‌ها با در نظر گرفتن پاداش برای کارایی بهتر و جریمه برای کارایی کمتر موضوع تحقیقات زیادی بوده است. با این پیش زمینه، نیاز است معیارهای و میزان پاداش و جریمه براساس شرایط محیطی شرکت‌ها به درستی شناسایی و محاسبه شوند. بخش عمده‌ای از معیارهای تشویق و تنبیه از شاخص‌های قابلیت اطمینان و کاهش خطر انتخاب و تنظیم می‌شوند. البته برای متغیرهای خارجی موثر بر کارایی شرکت‌های توزیع نیز باید برنامه‌ریزی مناسبی انجام شود.

از آنجاییکه اخیراً تمرکز اصلی شرکت توانیر بر نرخ خدمات توزیع انرژی الکتریکی است در ادامه

جزئیات بیشتری از نحوه عمل ارایه می‌شود. همانگونه که در شکل ۲-۱ ملاحظه می‌شود، نرخ کل انرژی، متشکل از نرخ تولید (شامل همه هزینه‌ها منجمله سوخت)، نرخ خدمات انتقال و نرخ خدمات توزیع است.



شکل ۲-۱ مولفه‌های نرخ انرژی الکتریکی در صنعت برق

محاسبه نرخ خدمات توزیع انرژی الکتریکی که به موضوع این تحقیق مرتبط است به چهار عامل به شرح زیر وابسته است:

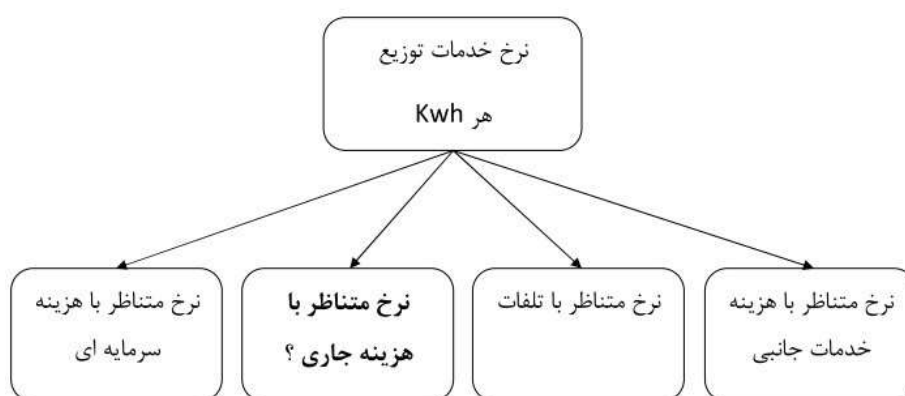
الف- نرخ متناظر با هزینه‌های سرمایه‌ای: با فرض اینکه شبکه توزیع متعلق به بخش غیردولتی باشد، با گذشت زمان و به دلیل فرسودگی شبکه و تاسیسات، مالک شرکت توزیع ناگزیر به سرمایه‌گذاری به منظور جایگزینی، تعمیرات اساسی و توسعه شبکه و تاسیسات می‌باشد. لذا نیاز است نرخ متناظر بمنظور این سرمایه‌گذاری استخراج شود.

ب- نرخ متناظر با تلفات: همانگونه که می‌دانیم به دلیل موارد فنی و غیر فنی بخشی از توان و انرژی در مسیر شبکه‌های توزیع تلف می‌شود و به مصرف کننده نمی‌رسد. لذا نیاز است برای بخش معقول و منطقی از این تلفات نرخ تعیین و برای شرکت توزیع در نظر گرفته شود.

ج- نرخ متناظر با خدمات جانبی: علاوه بر تامین برق مطمئن و پایدار که وظیفه اصلی شرکت توزیع می‌باشد خدمات دیگری نیز به مشترکین برق ارایه می‌شود که بخشی از آنها به خرده فروشان انرژی قابل انتقال هستند و نرخ بخش دیگر این خدمات بایستی تعیین شود.

د- نرخ متناظر با هزینه‌های جاری: مأموریت اصلی شرکت‌های توزیع، بهره‌برداری و حراست از

شبکه و تاسیسات به منظور انتقال توان و انرژی مداوم منطبق با استانداردها و قرارداد مشترکین می‌باشد. این بخش از نرخ در این تحقیق بیشتر مورد توجه است که در ادامه بیشتر تشریح خواهد شد. در شکل ۳-۱ بخش‌های اصلی نرخ خدمات توزیع نمایش داده شده‌اند. در سال‌های اخیر قانون‌گذاران به دلیل انحصار طبیعی در انتقال و توزیع انرژی الکتریکی سعی در ایجاد شرکت‌های برق استانی با ماهیت دولتی دارند. با چنین رویکردی روگولاتوری این شرکت‌ها به منظور افزایش بهره‌وری با ایجاد شیوه‌های مقایسه‌ای و تشویق و تنبیه اهمیت بیشتری خواهد داشت. لذا بایستی تنظیم شرکت‌های انتقال و توزیع از روش‌های سنتی مبتنی بر نرخ برگشت سرمایه و یا هزینه ارائه خدمات به سمت روش‌های تشویقی برای افزایش کارایی به نام تنظیم مبتنی بر عملکرد سوق پیدا کند. ارزیابی کارایی و کیفیت خدمات در روش‌های تنظیم مبتنی بر عملکرد از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است که در مرور مطالعات قبلی به آن بیشتر پرداخته خواهد شد.



شکل ۳-۱ نمودار جریان مولفه‌های نرخ خدمات توزیع انرژی الکتریکی

۲-۱ هدف تحقیق

عنوان این تحقیق، مدل مدیریت بلند مدت بار در شرکت‌های توزیع با دیدگاه پاسخ تقاضا می‌باشد. دستیابی به مدل مدیریت بلند مدت بار مستلزم وجود مدلی برای مدیریت دارایی‌ها می‌باشد. مدل مدیریت دارایی در شرکت‌های توزیع بعنوان یک فرآیند (Gp) و روگولاتوری^۱ شرکت‌های توزیع در قالب یک کنترل

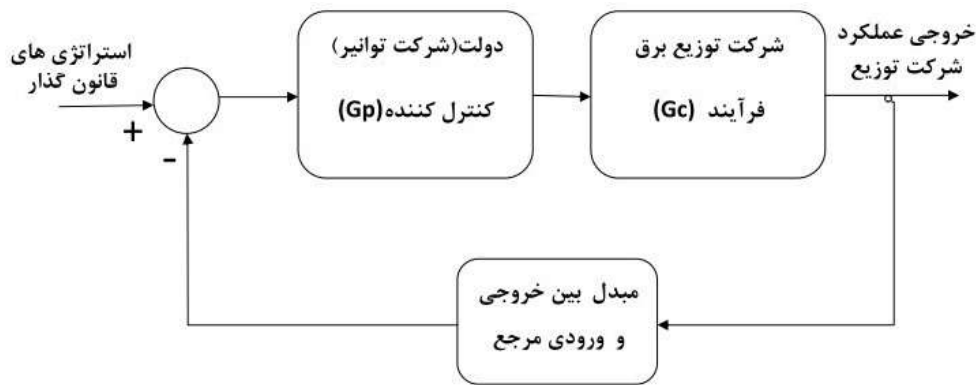
^۱Regulation

کننده (Gc) در یک حلقه کنترل به منظور ارزیابی و افزایش کارایی مد نظر می‌باشد. از آنجاییکه ابعاد مدیریت دارایی در بخش توزیع بسیار گسترده است در این تحقیق مدل مدیریت دارایی روشنایی معابر به منظور افزایش کارایی در حوزه روشنایی معابر و پیشنهاد شیوه‌ای برای جریمه و پاداش برای دستیابی به کارایی بالاتر مورد تحقیق قرار گرفت.

در این تحقیق از آمار و اطلاعات روشنایی معابر به منظور استخراج یک مدل برای هزینه جاری در حوزه روشنایی معابر عمومی استفاده خواهد شد و سعی در نشان دادن پیوند سیستماتیک بین این زیر مدل با سایر هزینه‌های جاری توزیع در قالب مدل کلی یک سیستم کنترل می‌باشد. جایگاه هم قانون گذار و هم دولت به دنبال رعایت حقوق تولید کننده و مصرف کننده و همچنین چابک نمودن بخش توزیع انرژی الکتریکی می‌باشند.

۱-۳ نوآوری‌های تحقیق

آنچه که در این تحقیق به آن پرداخته شده، استفاده از نتایج تحقیقات قبلی به منظور پیشنهاد مدل برای ارزیابی کارایی و محک‌زنی روشنایی معابر و در نهایت پیش بینی شیوه پاداش و جریمه در قراردادها روشنایی معابر با پیمانکاران توزیع است. شایان ذکر است جریمه و پاداش مشترکین بواسطه نحوه مصرف انرژی و یارانه انرژی براساس ضوابط ابلاغی دولت در قبوض برق مشترکین عمل می‌شوند و ارتباطی با پاداش و جریمه عنوان شده در این تحقیق ندارند و موضوع این تحقیق نمی‌باشند. این مدل در نهایت می‌تواند به مدلسازی فرآیند توزیع انرژی الکتریکی و قرارداد آن در یک حلقه کنترل مشابه شکل ۱-۴ می‌باشد. قاعده بر این است خروجی‌های مطلوب یا همان ورودی‌های سیستم کنترل براساس برنامه‌های بلند مدت، کمی‌سازی و تعریف شوند و نتیجه عملکرد شرکت توانیر بعنوان روگولاتور و شرکت‌های توزیع بعنوان فرآیند تحت کنترل از مسیر بازخورد از جامعه، مشترکین، سرمایه‌گذاران و جامعه با ورودی‌ها، مقایسه و اقدام اصلاحی و یا کنترلی توسط روگولاتور انجام شود.



شکل ۴-۱ نحوه مدیریت شرکت های توزیع برق از منظر کنترل سیستم

با عنایت به گستردگی موضوع تحقیق و به منظور محدود کردن ابعاد، به منظور پیشبرد هدف اصلی تحقیق و حصول نتیجه از فرض های ساده کننده زیر استفاده شده است:

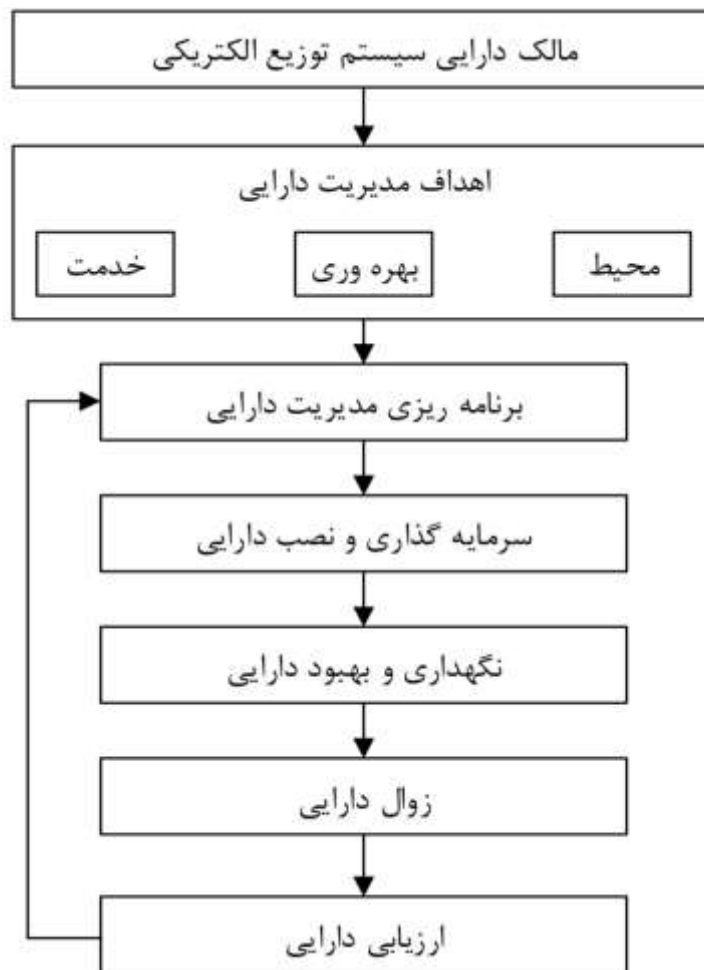
- ۱- کارایی گروه های کاری در مناطق مختلف یکسان است.
- ۲- تعداد و عناوین متغیرهای مدل برای همه شرکت های توزیع انرژی الکتریکی یکسان است.
- ۳- فلسفه طراحی برای ایجاد شبکه و تاسیسات برق برای کل کشور یکسان است.
- ۴- آمار و اطلاعات منتشر شده از دقت و کیفیت کافی برای استخراج مدل مدل برخوردار هستند.

مدیریت و نگهداری شبکه توزیع از جنبه های فنی، برنامه ریزی و صدور صورتحساب برعهده شرکت های توزیع است. تجدید ساختار در صنعت برق باعث ایجاد یک سری چالش برای روگولاتور برای جلب رضایت ذینفعان شامل سرمایه گذاران، شرکت های توزیع، مشتریان و جامعه شده است. از آنجاییکه انحصار طبیعی نباید منجر به افزایش هزینه و یا کاهش کیفیت خدمات شود، لذا روگولاتور موظف به تنظیم مقررات برای حفظ حقوق مشترکین می باشد. از طرفی شرکت های توزیع باید انگیزه کافی برای حفظ و ارتقاء کیفیت خدمات داشته باشند، لذا روگولاتور باید به هزینه های گسترش، بهره برداری و نگهداری توجه ویژه ای داشته باشد. جنبه دیگری که باید مد نظر روگولاتور باشد حفظ حقوق سرمایه گذاران و اطمینان از نرخ برگشت مناسب سرمایه برای ایشان است. آخرین و شاید عمومی ترین چالش برای روگولاتور انتظار عمومی جامعه برای صرفه جویی در هزینه ها است. لذا روگولاتور بایستی به نحوی عمل نماید که رضایت ذینفعان متنوع را جلب و در مواردی تضاد منافع ایشان را مدیریت نماید.

۲ فصل دوم

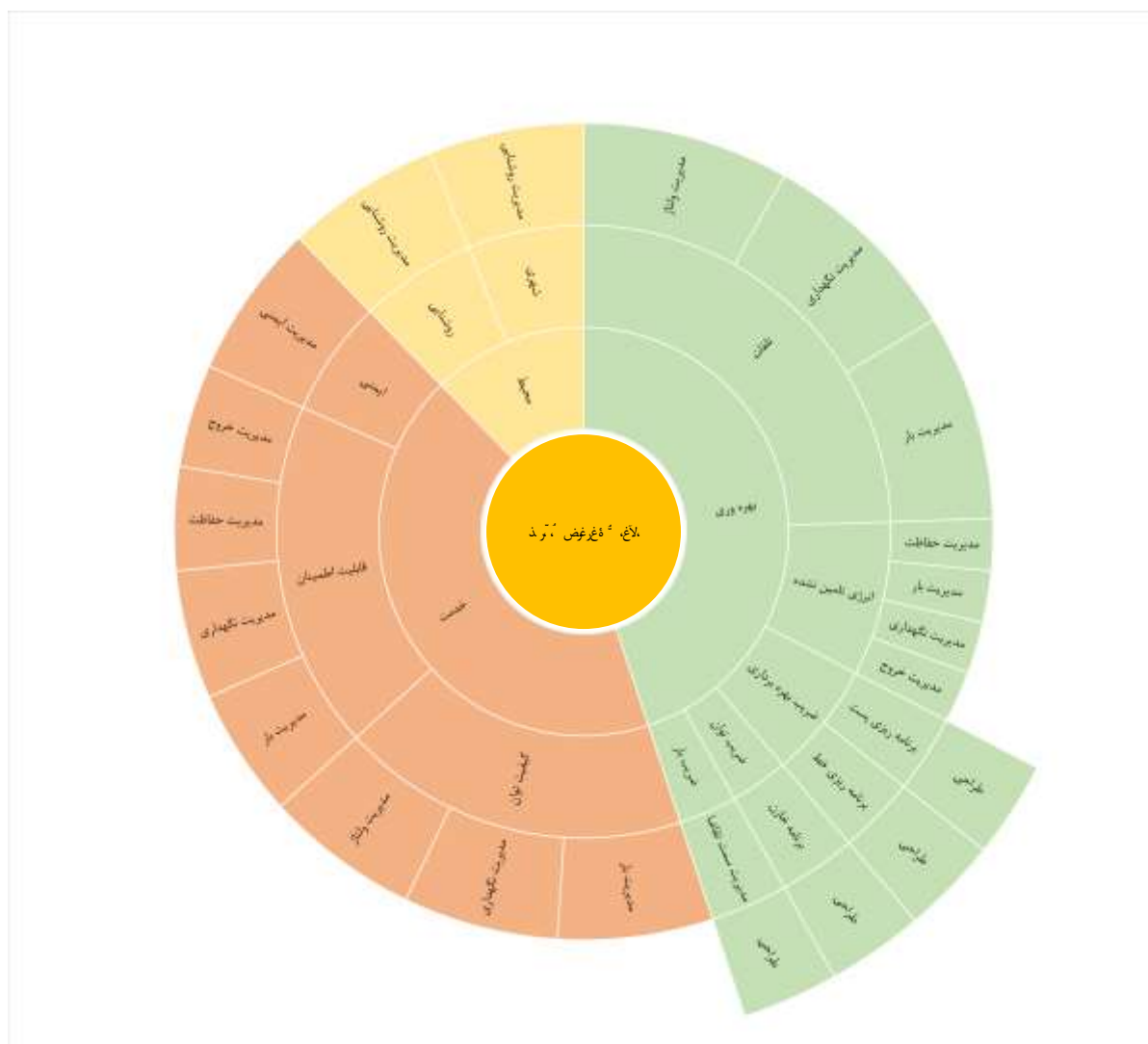
۱-۲ مدیریت دارایی‌ها و مدیریت بلند مدت مدیریت بار

بهبود مدیریت دارایی‌ها یک روش برای افزایش بازدهی و سود در یک سیستم توزیع است. به دلیل انحصار طبیعی شبکه‌های توزیع، برنامه‌ریزی دقیق و تعیین تنظیم‌ها از اهمیت ویژه‌ای برای دولت‌ها برخوردار است. در مرجع [1] زیرساخت‌های مورد نیاز برای بهینه نمودن مدیریت دارایی‌ها برای هر فرآیند توزیع برای نشان دادن اینکه چگونه شرکت‌های توزیع می‌توانند بازدهی انرژی‌شان را بهبود دهند ارائه شده است. با تعریف ملزومات مورد نیاز برای بهبود شاخص‌های توزیع، فرایندهای توزیع مورد نظر در بهبود دارایی‌ها مورد توجه قرار گرفته و زیر ساخت‌های مرتبط به هر فرآیند توزیع مشخص شده‌اند.



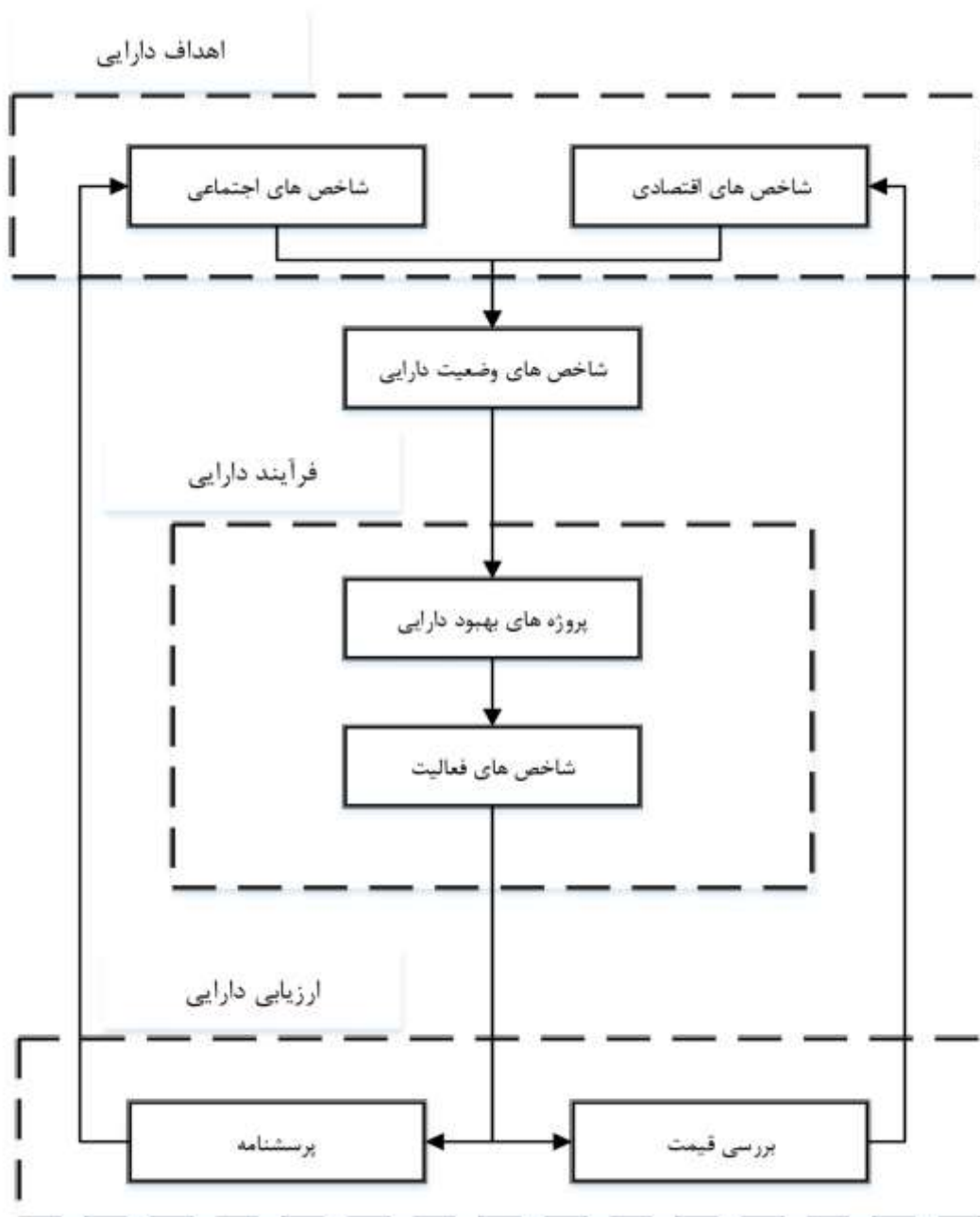
برای همه این جریان‌های توزیع و سیستم‌هایشان نحوه تعیین راهبردها ارایه شده‌اند. همچنین یک مدل جدید از شاخص‌های جامع مدیریت دارایی توزیع پیشنهاد شده است. در این رساله در ابتدا الگوریتم مدیریت دارایی و نحوه ارزیابی مطابق **Error! Reference source not found.** تشریح شده است.

در ادامه اهداف کلان، اهداف خرد و ارتباط این اهداف با زیر فرآیندهای مدیریت دارایی‌ها مطابق با شکل ۱-۲ تشریح شده است. قابلیت اطمینان، انرژی توزیع نشده، تلفات، ضریب توان، فاکتور بار، روشنایی، برنامه‌ریزی شهری، ایمنی، کیفیت توان مولفه‌هایی هستند که بر هدف‌گذاری مدیریت دارایی‌ها موثرند.



شکل ۱-۲ فرآیند مدیریت دارایی در شرکت‌های توزیع برق

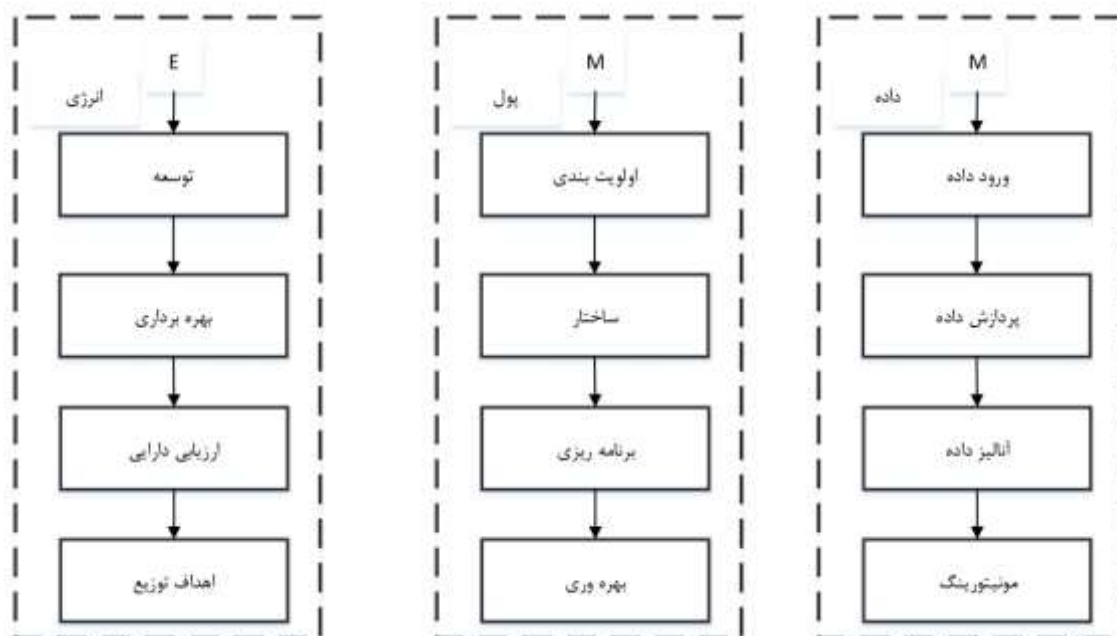
برنامه‌ریزی مدیریت دارایی‌ها مشتمل بر اهداف، فرآیند، ارزیابی و بازخورد در یک چرخه کنترلی مطابق شکل ۲-۲ پیشنهاد شده است. شاخص‌های اقتصادی و اجتماعی، اهداف دارایی را تشکیل می‌دهند و برنامه‌های بهبود دارایی و شاخص‌های فعالیت بخش فرآیند دارایی را به خود اختصاص می‌دهند.



شکل ۲-۲ برنامه ریزی مدیریت دارایی در شرکت های توزیع

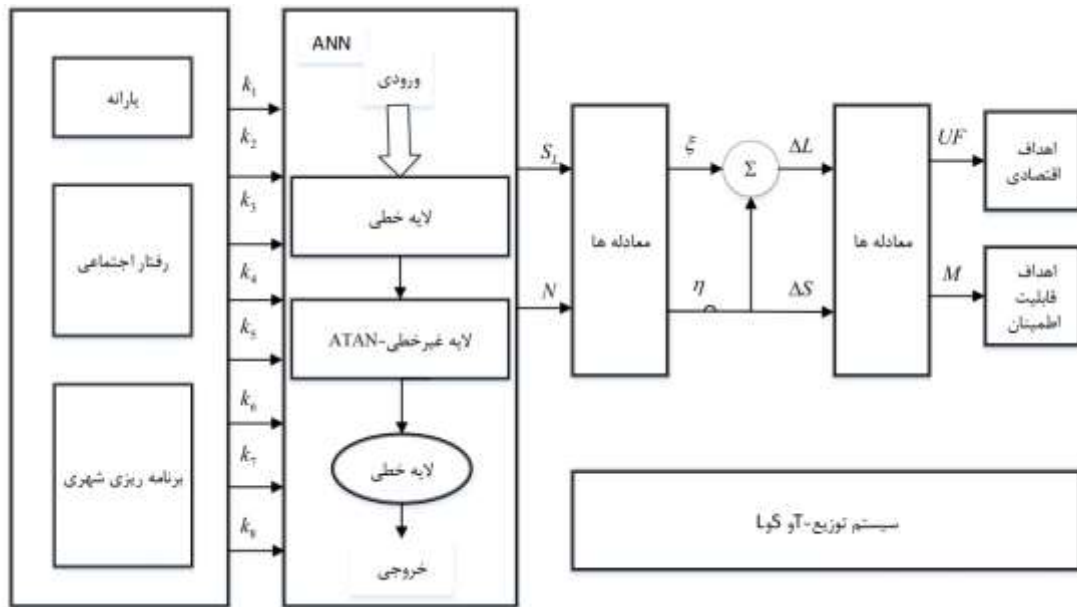
ارزیابی و بازنگری در اقدام ها منجر به بازخورد به شاخص های اقتصادی و اجتماعی می شود. در نهایت جریان بین داده ها، منابع مالی و انرژی به طرز جالبی در شکل ۲-۳ به نمایش در آمده است. همانگونه که ملاحظه می شود فرآیند جریان داده ها شامل ورود، پردازش، تحلیل و پایش داده ها، منجر به شناخت اولویت ها، ساختارها، برنامه ریزی و کارایی می شود. با مشخص شدن برنامه ها و اولویت توسعه، بهره برداری و ارزیابی دارایی ها منجر به دستیابی به اهداف توزیع می شوند. در [2] تاثیر عوامل خارجی منجمله

برنامه‌ریزی شهری، رفتار اجتماعی و اعمال حاکمیت روی مدیریت بار بلند مدت در شرکت‌های توزیع مورد بررسی قرار گرفته است و یک مدل جدید برای تعیین تاثیر عوامل خارجی روی مدیریت بار بلند مدت ارایه شده است.



شکل ۳-۲ جریان داده‌ها، پول و انرژی و رابطه بین آنها

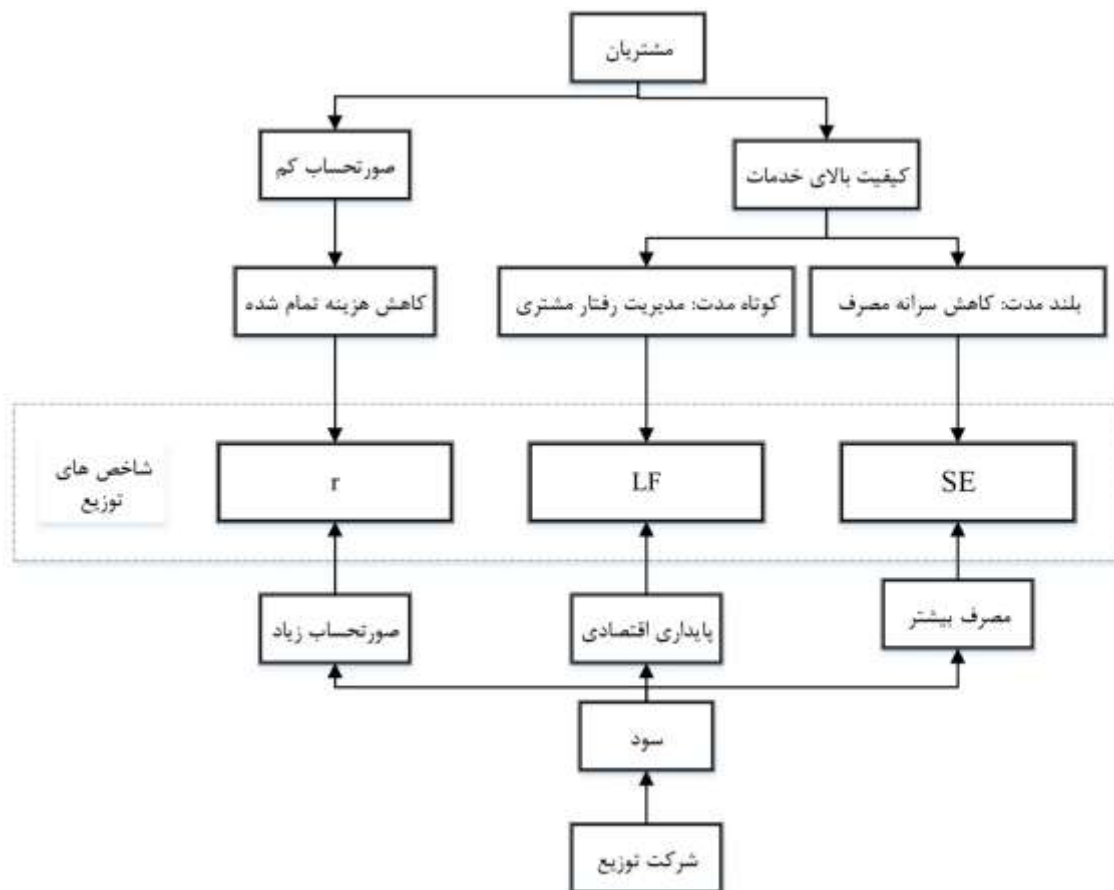
شاخص‌های توسعه سیستم توزیع برای بدست آوردن اهداف نظارت بر دارایی‌ها مورد استفاده قرار گرفته‌اند. این شاخص‌ها می‌توانند به شرکت‌های توزیع کمک کنند بین قابلیت اطمینان و کارکرد اقتصادی شرکت‌های توزیع مصالحه انجام دهند. ظرفیت‌های تحت بهره‌برداری و نقاط مانور و سطح بهره‌برداری از ظرفیت‌ها مرتبط با عوامل خارجی مورد مطالعه و تجزیه و تحلیل قرار گرفته‌اند. همانگونه که ملاحظه می‌شود تاثیر عوامل خارجی با استفاده از شبکه عصبی و معادلات سیستم بر اهداف اقتصادی و اهداف قابلیت اطمینان مطابق شکل ۴-۲ مدل شده است.



شکل ۲-۴ تاثیر پارانه، رفتارهای اجتماعی و برنامه‌ریزی شهری بر اهداف اقتصادی و قابلیت اطمینان

این مدل قادر است سیگنال های اقتصادی مناسبی به شرکت‌های توزیع به منظور برنامه‌ریزی و سرمایه‌گذاری بدهد. همچنین این مدل می‌تواند توسط دولت و تنظیم کننده برای تعیین نقشه راه که از نظر هزینه و سرویس به مشترکین بهینه باشد مورد استفاده قرار گیرد.

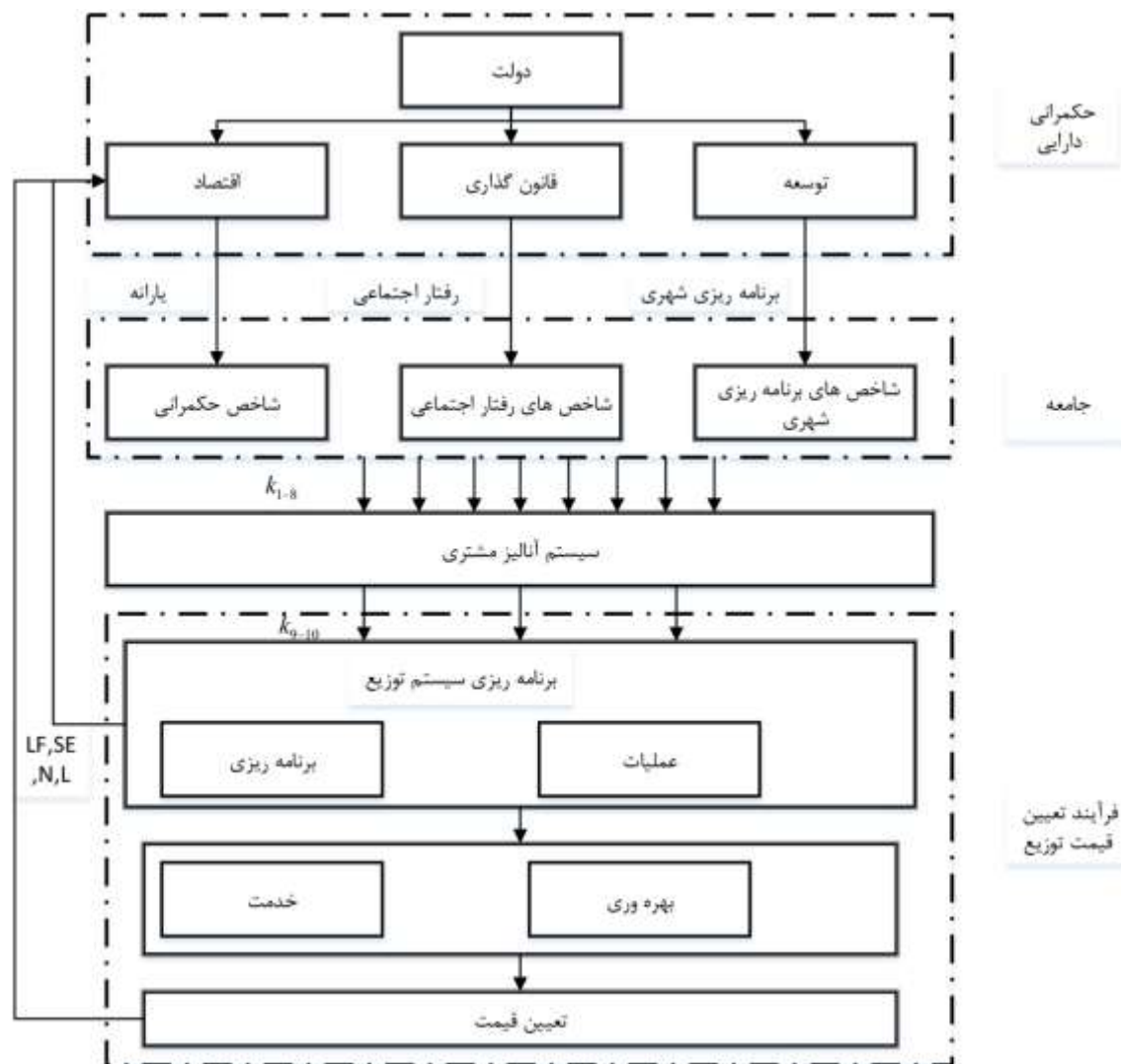
در [3] از ارزیابی نظارت دارایی‌ها برای تحلیل تاثیر پارانه بر هزینه‌های بخش توزیع انرژی الکتریکی استفاده شده است. نتیجه تحقیق نشان دهنده این است که پارانه بیشتر، افزایش هزینه توزیع را به دنبال دارد و ارزیابی نظارتی دارایی‌ها که پیشنهاد شده بعنوان یک نوع از تصمیم دولتی می‌تواند بازدهی کارایی را بهبود دهد و از دست رفتن فعالیت های انجام شده در بخش توزیع از طریق مدیریت کردن پارانه‌ها جلوگیری کند. خواسته مشتری هزینه کم و کیفیت بالای خدمات می‌باشد در حالیکه شرکت توزیع دنبال سود است. از متناظر ساختن این خواسته‌ها با در نظر گرفتن منفعت مشتری و شرکت توزیع، مطابق با شکل ۲-۵ شاخص‌های توزیع استخراج می‌شوند:



شکل ۵-۲ مصالحه بین منافع مشتریان و شرکت‌های توزیع نیروی برق

در چنین شرایطی دولت مصالحه ای بین خواسته‌های مشتری و شرکت توزیع با تنظیم نرخ خدمات انجام می‌دهد در شکل ۵-۲ نمونه کار نمایش داده شده است.

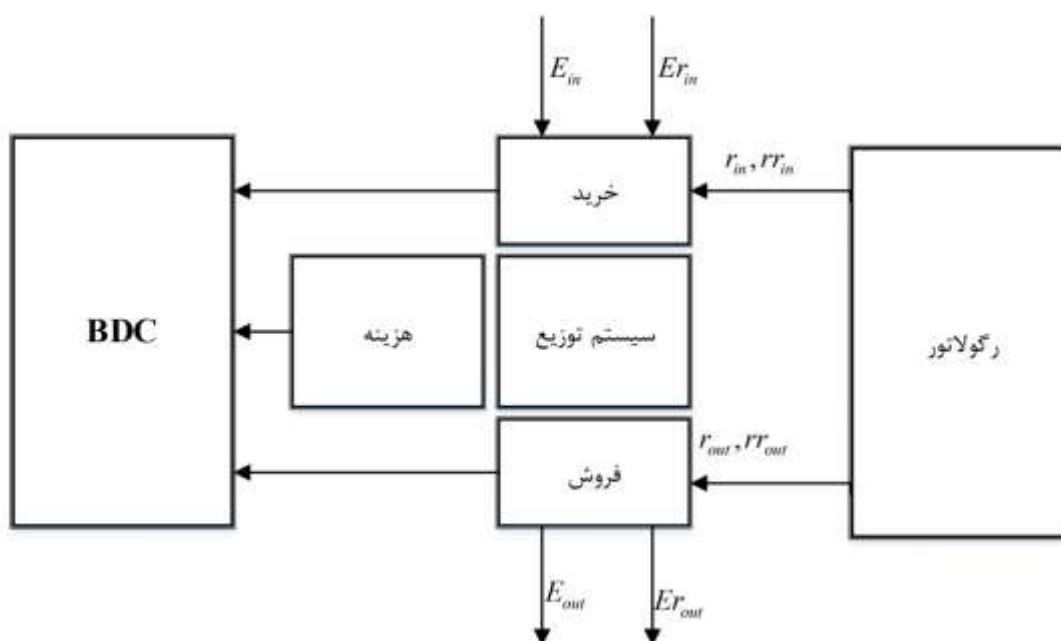
همانگونه که در شکل ۶-۲ ملاحظه می‌شود خروجی مدل راهبرد تعیین قیمت سیستم توزیع که تحت تاثیر دولت، جامعه، شرکت توزیع می‌باشد در قالب یک بردار خروجی بازخوردی برای تفسیر تنظیم‌های اقتصادی بوسیله دولت ارسال می‌کند که متشکل تعدادی شاخص موثر در هزینه‌های جاری و سرمایه‌ای توزیع منجمله نرخ خدمات توزیع به ازای هر کیلووات ساعت می‌باشد.



شکل ۶-۲ تعیین نرخ خدمات توزیع مبتنی بر شاخص‌های حاکمیتی، شهری و برنامه‌ریزی شهری

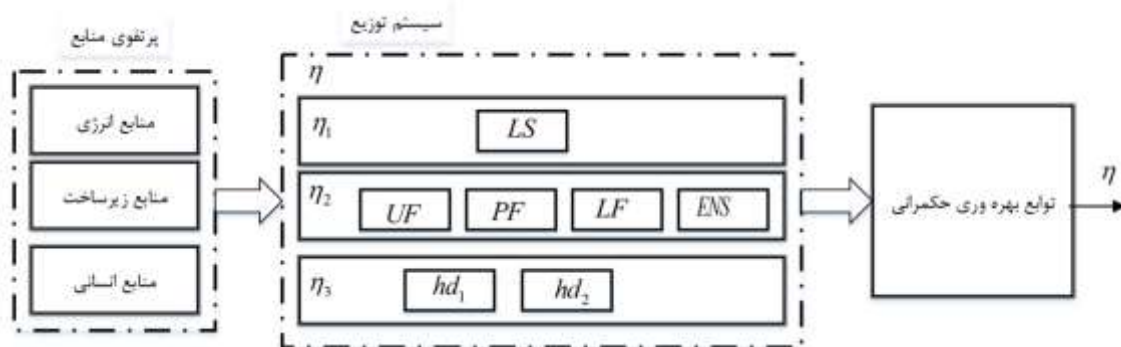
دولت متشکل از اقتصاد، توسعه و تنظیمات قانونی است. همه این پارامترها روی پارامترهای الکتریکی منجمله تقاضای برق تاثیر می‌گذارند. هزینه نهایی ناشی از این تاثیرات روی برنامه‌ریزی و عملکرد و در نهایت خدمات و بازدهی شرکت توزیع تاثیر گذار است. به عبارتی سیاست های دولت در بخش اقتصادی، توسعه و قوانین، مبنایی برای برنامه‌ریزی توزیع و استخراج نرخ خدمات میشود. این نرخ خدمات بعنوان بازخورد به دولت برمی‌شود و طبیعتاً دولت در سیاست های اقتصادی و توسعه‌ای خود تاثیر می‌دهد. در مرجع [4] مدلسازی تنظیم پاسخ تقاضا مبتنی بر بازدهی دارایی‌ها در سیستم توزیع انجام شده است. در این رساله سود شرکت توزیع حاصل تفاضل درآمد فروش انرژی از هزینه خرید انرژی و هزینه‌های توزیع

انرژی تعریف شده است در این رابطه ریاضی در قالب یک مدل ارایه شده است. همانگونه که ملاحظه می نماید. مقادیر تنظیم شده برای خرید و فروش بعنوان محدودیت به مدل وارد شده اند و در نهایت منجر به سود پس از کسر هزینه شده اند. می توان گفت مطابق نمودار شکل ۷-۲ مدل از بالا به پایین جریان انرژی را نشان می دهد و از سمت راست به چپ جریان نقدی فرآیند توزیع را نشان می دهد.



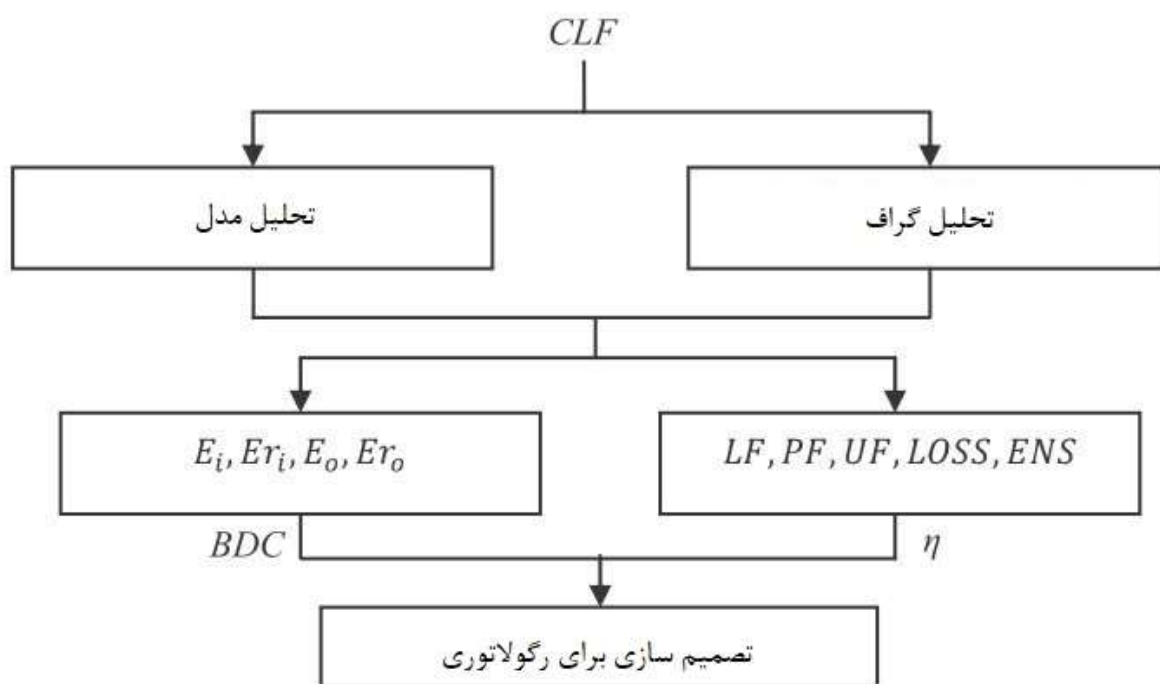
شکل ۷-۲ نمایش جریان انرژی و جریان نقدینگی در فرآیند توزیع انرژی الکتریکی

در این تحقیق مطابق شکل ۸-۲ بازدهی بخش توزیع به سه قسمت بازدهی منابع، بازدهی زیرساخت ها و بازدهی منابع انسانی جداسازی شده است و در مرحله بعد اجزا بازدهی منابع تعریف شده اند. بعنوان مثال برای بازدهی منابع نسبت انرژی تلف شده به انرژی ورودی به عنوان بازدهی منابع تعریف شده است و بازدهی کل سیستم حاصلضرب بازدهی نیروی انسانی در بازدهی زیرساخت ها در بازدهی منابع انرژی تعریف شده است. جالب اینجاست با توجه به اینکه بازده عددی بین صفر و یک است در نهایت حاصلضرب سه عدد بین صفر و یک منجر به بازدهی خیلی پایین تری برای مجموعه خواهد شد.



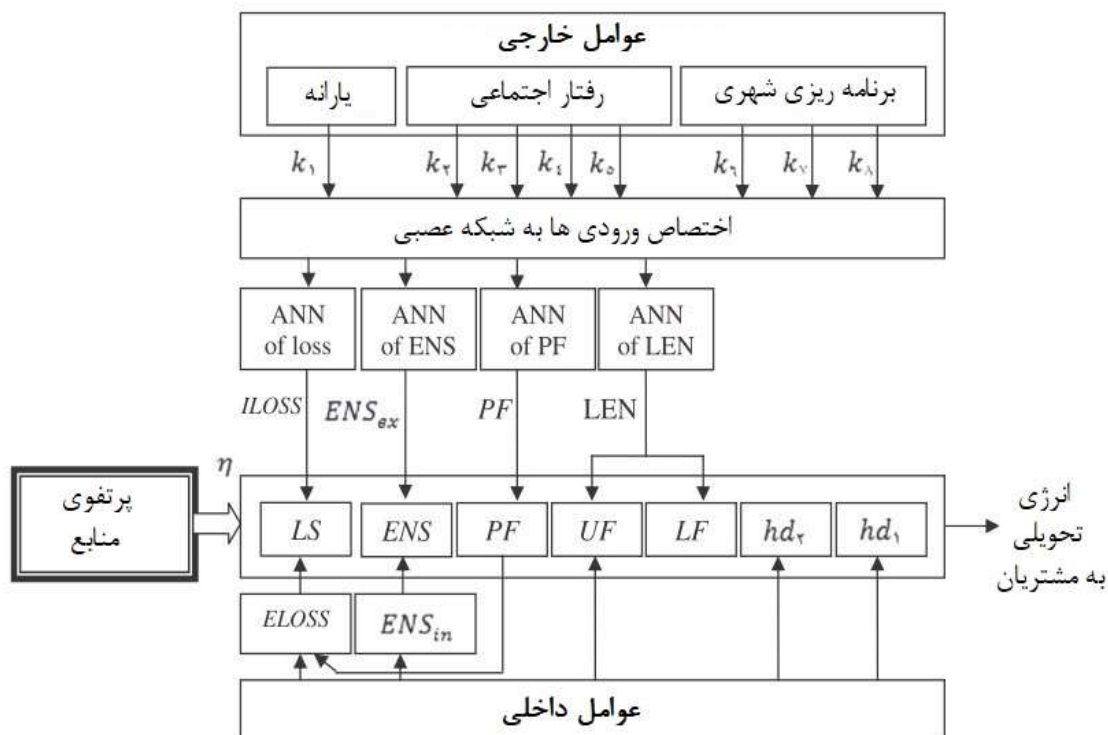
شکل ۸-۲ پرتفوی منابع تحویلی و بازدهی آنها در سیستم توزیع انرژی الکتریکی

در شکل ۹-۲ الگوریتم سرمایه‌گذاری در خصوص بهبود ضریب بار از طریق پاسخ تقاضا براساس تاثیر پاسخ تقاضا بر سود شرکت‌های توزیع و همچنین عوامل فنی شبکه بر تصمیم‌گیری رگولاتور نمایش داده شده است.



شکل ۹-۲ تاثیر شاخص‌های فنی و اقتصادی در فرآیند تصمیم‌گیری رگولاتور شرکت‌های توزیع

در شکل ۱۰-۲ تاثیر پاسخ تقاضا و سرمایه‌گذاری مرتبط با آن به همراه بازخورد سود به رگولاتور به نمایش در آمده است.



شکل ۲-۱۲ تاثیر شاخص های داخلی و خارجی بر تحويل انرژی به مشترکین

توضیح اینکه عوامل داخلی به شاخص های فنی اطلاق می شود که در وهله اول توسط شرکت های توزیع برق شناسایی شده و اصلاح آنها در توان و اراده شرکت های توزیع برق است. این عوامل عموماً فنی هستند و با راهکارهای فنی قابل بهبود و اصلاح هستند. در صورتیکه شناسایی و ارزیابی تاثیر بعضی عوامل خارجی بر عملکرد برای شرکت های توزیع مشکل و در مواردی غیر ممکن بوده و در مواردی حتی در صورت شناسایی عوامل، شرکت های توزیع توان یا اراده و اختیار لازم برای تغییر و یا کاهش تاثیر این عوامل را ندارند که این عوامل به عوامل خارجی مشهور هستند و نیاز است در سیاست گذاری و برنامه ریزی در بخش توزیع مورد توجه قرار گیرند.

۳ فصل سوم

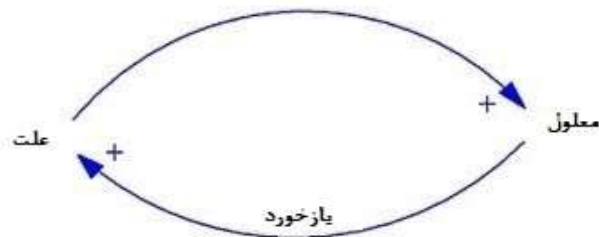
۱-۳ دینامیک‌های سیستم^۱

در [5] به مرور رساله‌های بین سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۳ در زمینه استفاده دینامیک‌های سیستم در زمینه الکتریسته پرداخته شده است برنامه‌ریزی انرژی بعثت ارتباط با بخش‌های اقتصادی، اجتماعی و سیاسی در گروه مسائل پیچیده دسته‌بندی می‌شود. این ارتباط‌ها در حوزه تولید، تقاضا، فناوری، امنیت سوخت، اقتصاد و محیط زیست می‌باشند. با افزایش وابستگی جامعه پیشرفته به انرژی مدل‌های بیشماری برای تسهیل فرآیند برنامه‌ریزی انرژی ایجاد شده‌اند. هدف این مدل‌ها فهم و تحلیل پیچیدگی در ارتباط با موارد حوزه انرژی می‌باشد. بطوریکه نه تنها منابع بصورت بهینه مدیریت می‌شوند بلکه تقاضا با توجه به حداقل صدمه به محیط زیست مدیریت می‌شود.

روش شبیه‌سازی و مدل‌سازی دینامیک سیستم برای اولین بار توسط پروفیسور فورستر در سال ۱۹۵۰ در دانشگاه MIT برای تحلیل رفتارهای پیچیده در علوم اجتماعی علی‌الخصوص مدیریت ایجاد شده است. فرآیند مدل‌سازی SD با تعیین علت‌ها و معلول‌ها و ارتباط دادن آنها با بردارها شروع می‌شود. تاثیر متقابل علت روی معلوم و معلول روی علت در صورت اثر مستقیم با علامت مثبت و اثر معکوس با علامت

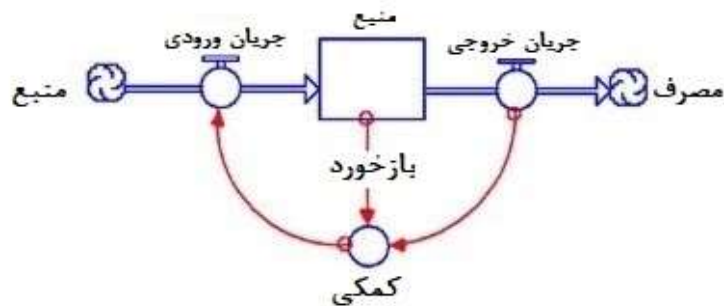
^۱ System Dynamics

منفی مشابه شکل ۱-۳ نمایش داده می‌شود.



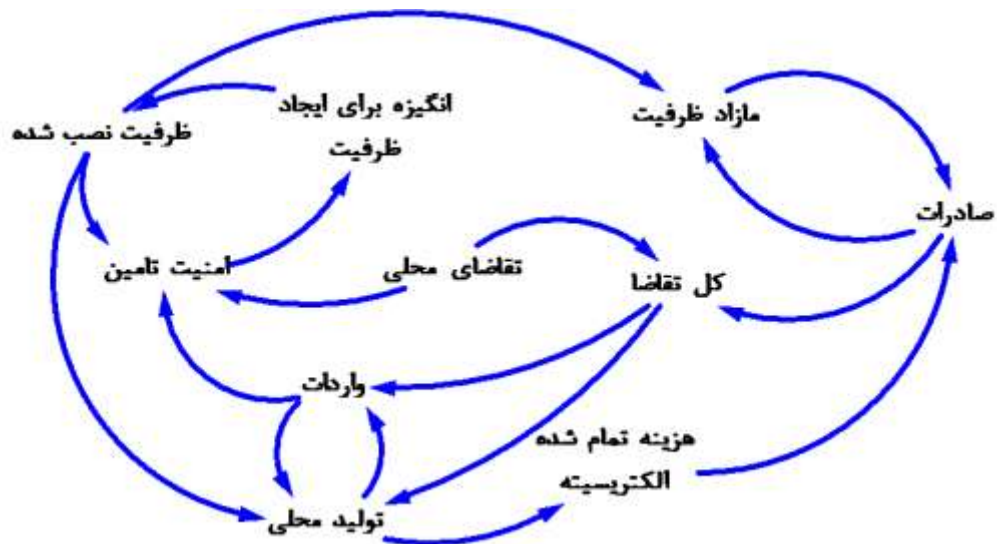
شکل ۱-۳ نمودار علت و معلولی در دینامیک‌های سیستم

نمودار ریاضی جریان و ذخیره برای شبیه‌سازی با فاز سنجش مطابق شکل ۲-۳ ایجاد می‌شود.



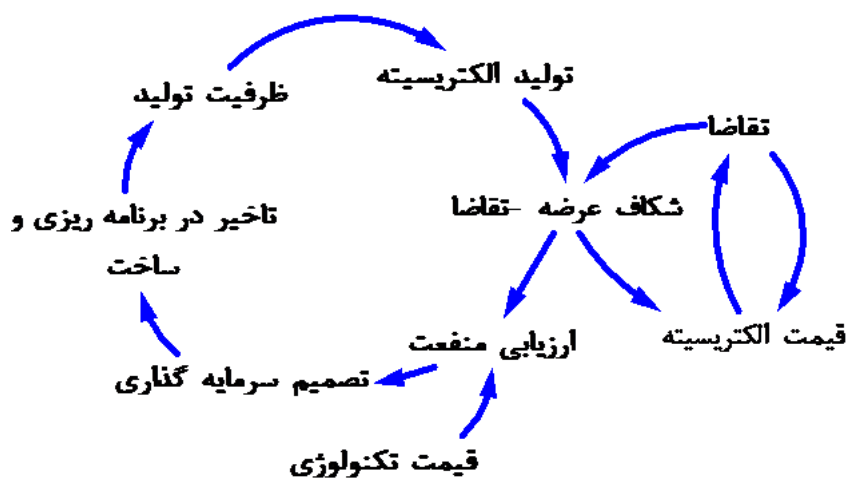
شکل ۲-۳ نمودار جریان و ذخیره در دینامیک‌های سیستم

در حوزه الکتریسیته مطالعات متعددی به منظور برنامه‌ریزی های بلند مدت استفاده از منابع مختلف تولید انرژی الکتریکی انجام شده است. بعنوان مثال تحقیقات انجام شده در خصوص تنظیم بازار انرژی الکتریکی و نمودار علت و معلولی آن به شرح شکل ۳-۳ می‌باشد. براساس این تحقیق مشخص شد صادرات و واردات بین المللی در حوزه الکتریسیته نقش مهمی در پاسخگویی به تقاضا، پایین نگه داشتن هزینه انرژی دارد. در حوزه مطالعات و مدل‌های توسعه ظرفیت‌های تولید یک مدل عمومی به شکل ۴-۳ تعریف شده است. همانگونه که ملاحظه می‌شود برای توسعه ظرفیت تولید بایستی ارزیابی منفعت و بازگشت سرمایه انجام شود و تصمیم برای سرمایه‌گذاری و تاخیر ایجاد شده در زمینه برنامه‌ریزی و ساخت نیروگاه در مدل آورده شده است.



شکل ۳-۳ تنظیم بازار انرژی با استفاده از ابزار دینامیک‌های سیستم

با عنایت به اینکه در حوزه توزیع انرژی الکتریکی تولید پراکنده در الویت قرار گرفته این مدل‌ها می‌توانند به تعیین سبد انرژی و سبد تنوع نیروگاه‌ها توجه ویژه‌ای داشت ضمن اینکه می‌تواند بین سرمایه‌گذاری و قابلیت اطمینان ناشی از نوع تاسیسات در حوزه توزیع نیز به مدل مناسبی رسید.



شکل ۳-۴ توسعه ظرفیت‌های تولید با ابزار دینامیک‌های سیستم

۴ فصل

۱-۴ رگولاتوری سیستم‌ها

به منظور جلوگیری از مشکلات ناشی از انحصار طبیعی در سیستم‌های توزیع انرژی الکتریکی بایستی شیوه نظارتی پیاده سازی شود. در ایران وظیفه ایجاد مقررات در این زمینه به عهده رگولاتور یا به عبارتی شرکت توانیر می‌باشد. ایجاد این مقررات با پشتوانه های قانونی از طرف دولت و مجلس انجام می‌شود. نظارت بر حسن انجام این مقررات و اقدام‌های تنبیهی در صورت عدم اجرای مقررات نیز به عهده شرکت توانیر است. عموماً شرکت توانیر برای یک دوره برنامه پنج ساله فرمول تعرفه‌ها یا درآمدها را مشخص می‌کنند و در این متغیرهایی را برای اصلاح سالیانه در نظر می‌گیرد. در پایان هر دوره و براساس صورت های مالی و صورت های سود و زیان تعرفه مورد بازنگری قرار می‌گیرند. مهمترین اهداف قیمت‌گذاری ها تعیین روند و اطمینان از روند قیمت‌ها، ارتقاء کیفیت خدمات و بهره‌وری و حفظ حقوق و منافع ذینفعان شامل سرمایه‌گذار، تولید کننده و مصرف کننده می‌باشد. شرکت توانیر از معیار های ثابتی برای تصمیم‌گیری استفاده می‌کند تا اطمینان حاصل کند که در

مواقع لزوم قادر به تغییرات قابل قبولی برای تنظیم قیمت می باشد. ایجاد انگیزه برای کاهش هزینه و سرمایه گذاری مستلزم وجود قوانینی است که مطابق آن شرکت ها اطمینان و انگیزه کافی برای سرمایه گذاری و کاهش هزینه ها پیدا کنند و در این خصوص به سود یا پاداش برسند. از طرفی شرکت توانیر بایستی به مصرف کننده در خصوص دریافت خدمت بی وقفه با کمترین هزینه ممکن اطمینان خاطر دهد. هدف شرکت توانیر در بلند مدت تشویق به ایجاد ظرفیت در بخش های مختلف تولید، انتقال و توزیع انرژی الکتریکی است، لذا در این خصوص توجه به منفعت سرمایه گذار از اهمیت ویژه ای برخوردار است و منافع کوتاه مدت نبایستی منجر به از دست رفتن منافع در بلند مدت برای کلیه ذینفعان شود.

۲-۴ روش های رگولاتوری

بررسی تجربیات کشورهای مختلف نشان می دهد که روش های مختلفی برای رگولاتوری مطالعه و پیاده سازی شده اند این روش ها را می توان به سه دسته سنتی، مهندسی و انگیزشی تقسیم بندی نمود. در شکل ۴-۱ ساختار سیستم های توزیع در بازار برق را نمایش می دهد.

روش های سنتی انگیزه ای برای کاهش هزینه و افزایش کارایی به وجود نمی آورند و منجر به سرمایه گذاری بیش از حد می شوند به همین دلیل روش های انگیزه ای^۱ با اقبال بیشتری مواجه شده و جایگزین روش های قبلی شده اند. در روش های انگیزشی برای دستیابی به کارایی بالاتر و پیشبرد سیاست های سرمایه گذاری، بهره برداری و خدمت رسانی از سیستم های تشویق و تنبیه استفاده می شود. روش های ارزیابی کارایی عبارتند از روش های متوسط گیری^۲ و روش های سرآمدی^۳.

در روش های میانگین، میانگین کارایی شرکت ها ملاک مقایسه است. در حالیکه در روش های سرآمدی؛ کارایی سرآمدترین شرکت مبنا مقایسه قرار می گیرد.

¹Incentive Methods

²Average Methods

³Frontier Methods



شکل ۴-۱ ساختار بازار برق در توزیع انرژی الکتریکی

روش‌های سرآمدی به دو دسته غیرپارامتری و پارامتری تقسیم می‌شوند. شورای تنظیم اروپا [6] کیفیت خدمات در بخش توزیع را به سه دسته کلی کیفیت ولتاژ، کیفیت تجاری و قابلیت اطمینان تقسیم نموده است.

۴-۲-۱ روش‌های سنتی

روش هزینه ارائه خدمات یکی از روش‌های مقررات گذاری بر شرکت‌های انحصار طبیعی است. در این روش هزینه‌های سالیانه را تخمین زده و با اضافه کردن مقداری سود به آن نرخ خدمت را تعیین می‌کند. یکی دیگر از روش‌ها، روش نرخ برگشت است. این روش به گونه‌ای است که هزینه‌های بهره‌برداری و سرمایه‌گذاری و همچنین نرخ قابل قبول برای بازگشت سرمایه شرکت‌ها فراهم شود. امکان تغییر و تعیین نرخ سود روی سرمایه مهمترین ویژگی این روش است که منجر به ایجاد انگیزه برای مشارکت بخش خصوصی می‌شود. البته این ویژگی در شرایطی هم می‌تواند زمینه ساز ناکارآمدی شود. البته در کل تجربه نشان داده این روش در عمل منجر به کاهش هزینه و بهبود عملکرد نمی‌شود [7].

۴-۲-۲ روش‌های انگیزشی

در روش سقف قیمت، رگولاتور و بهره‌بردار در کوتاه مدت برروی قیمتی ثابت و در بلند مدت

براساس تغییرات ناشی از حجم تاسیسات یا عوامل خارجی مثل تورم بر روی قیمت متغیر توافق می‌کنند. در این روش بهره بردار در کوتاه مدت برای کسب سود انگیزه دارد ولی در بلند مدت برای توسعه شبکه و استفاده از فناوری جدید انگیزه کافی ندارد[8]. به طور کلی روش سرپوش قیمت برای محدود کردن قیمت خدمات انحصاری طراحی شده و به همین دلیل قیمت بصورت سالیانه ثابت می‌ماند و کسب سود توسط بهره بردار از طریق کاهش هزینه امکان پذیر خواهد بود که در مواردی منجر به افت کیفیت خدمات می‌شود. البته سقف قیمت قابل اعمال به همه یا بخشی از مشتریان است و در این خصوص علاوه بر اینکه محدودیتی وجود ندارد، بعنوان یک فرصت قابل بهره استفاده برای شرکت‌هاست[9]

در روش سقف درآمد، سقف درآمد شرکت‌ها محدود می‌شود و تمرکز بر روی درآمد کلی شرکت‌هاست. در آمریکا عموماً از شاخص رشد بهره وری کل برای رگولاتوری همه شرکت‌ها استفاده می‌شود[10]. در حالیکه کشورهای اروپایی از شاخص رشد بهره وری هر شرکت برای خودش و پس از ارزیابی کارایی استفاده می‌کنند.

روش تنظیم مبتنی بر ملاک‌های مطلوب، درآمد به سطح کارایی شرکت‌ها بستگی دارد[11]. این روش با تعریف یک شرکت کارای فرضی برای افزایش رقابت طراحی شده ولی به دلیل شرایط بهره‌برداری متفاوت شرکت‌ها ناشی از شرایط آب و هوایی، محیطی، فرهنگی، اقتصادی و اجتماعی و در نظر گرفتن هزینه‌های بلند مدت و عدم توجه به داده‌های تاریخی یک روش با خطر بالا محسوب می‌شود و کارایی آن در موارد عدم دسترسی به اطلاعات هزینه‌ای شرکت‌ها بیشتر است[12]. در این روش رگولاتور شرکت‌های مشابه را دسته‌بندی می‌کند و با مقایسه هزینه‌های آنها، یک هزینه مبنا برای هر شرکت در نظر می‌گیرد و براساس آن درآمد شرکت را تعیین می‌کند[13].

در روش تعدیل جزئی با فرض بیشتر بودن هزینه‌ها از مقدار مطلوب با تعیین قیمت کمتر از هزینه واقعی شرکت را به تلاش برای افزایش بهره وری تشویق می‌کنند. ابتدا قیمت برای یک دوره یکساله مشخص می‌شود. سپس برای دوره‌های بعد با توجه به هدف مورد انتظار و هزینه‌ها تعدیل در نظر گرفته می‌شود.

در روش تعدیل جزئی نرخ برگشت، یک تعدیل جزئی برای نرخ برگشت شرکت‌ها در مقایسه با نرخ

برگشت مبنا به منظور تقسیم سود یا زیان بین مشتری و سایر ذینفعان در نظر گرفته می‌شود [14].

۳-۲-۴ روش مهندسی

روش ارزیابی کارایی شبکه، دیدگاه مهندسی به توسعه مدل شرکت‌های توزیع برق مبتنی بر اطلاعات اقتصادی و فنی منجمله شرایط جغرافیایی، شرایط پارامترهای شبکه منجمله انرژی و ولتاژ و شرایط درآمد دارد. این مدل برای محاسبه درآمد قابل قبول شرکت توزیع همزمان از دو مدل سقف قیمت و نرخ برگشت بصورت ترکیبی استفاده نموده است. به عبارتی در این مدل همزمان به کیفیت خدمات، هزینه‌های سرمایه‌گذاری، هزینه‌های سرویس و نگهداری و بهره‌برداری پرداخته شده و درآمد قابل قبول برای هر شرکت را در مقایسه با یک شرکت مرجع بدست می‌آورد. این سطح درآمد نشان دهنده قیمتی است که مشترکین مایل به پرداخت آن هستند و به عبارتی نشان دهنده کارایی شبکه است [15]. پرداخت‌های اضافه مشترکین با مقایسه درآمد واقعی شرکت‌ها براساس صورتحساب‌های صادره و کارایی شبکه قابل تشخیص و تحلیل خواهند بود. اساس مدل NAPM در شکل ۲-۴ آمده است.

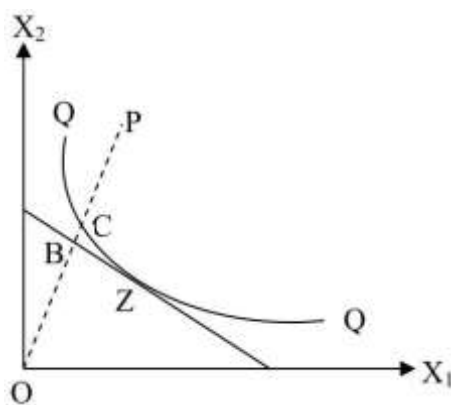


شکل ۲-۴ مدل مهندسی برای رگولاتوری شرکت‌ها

۳-۴ روش‌های ارزیابی کارایی اقتصادی

در اقتصاد حداکثر خروجی براساس مقادیر مشخص ورودی و سطح معینی از فناوری تابع تولید و حداقل هزینه ممکن براساس قیمت مشخص ورودی‌ها تابع هزینه نامیده می‌شود. کارائی را می‌توان نسبت

خروجی به ورودی در تابع تولید یا نسبت هزینه خروجی به ورودی تعریف نمود. فارال برای اولین بار و به روشی جدید کارایی هر شرکت را به دو جزء کارایی فنی^۱ و کارایی تخصیصی^۲ جداسازی کرد [16]. براساس این روش شرکتی که بتواند تولید بیشتری به ازای مقدار ثابتی از ورودی انجام دهد از نظر فنی کارا تر است و شرکتی که بتواند با تغییر نسبت ورودی‌ها با توجه به قیمت هزینه تولید را به حداقل برساند از جنبه تخصیصی کارا ترند. مبانی کارایی فارال در شکل ۳-۴ نشان داده شده است. در شکل از دو ورودی X_1 و X_2 برای استفاده شده است. منحنی QQ ترکیبات مختلفی از ورودی که منجر به تولید خروجی Q می‌شوند را نشان می‌دهد. این منحنی همزمان بهینه حداقل سازی مقدار و هزینه استفاده از ورودی را برای تولید خروجی نشان می‌دهد. بطوریکه نقطه P نشان دهنده شرکتی است که از نظر تخصیصی کار و از نظر فنی کارا نیست. کارایی اقتصادی این شرکت از حاصل ضرب کارایی فنی و تخصیصی حاصل می‌شود. ارزیابی و محک زنی شرکت‌ها به طور معمول از مقایسه کارایی شرکت با میانگین کارایی شرکت‌ها و یا مقایسه کارایی شرکت با کارایی شرکت‌های سرآمد انجام می‌شود [17]. در شکل ۴-۴ تقسیم بندی روش‌های محک زنی آورده شده‌اند.



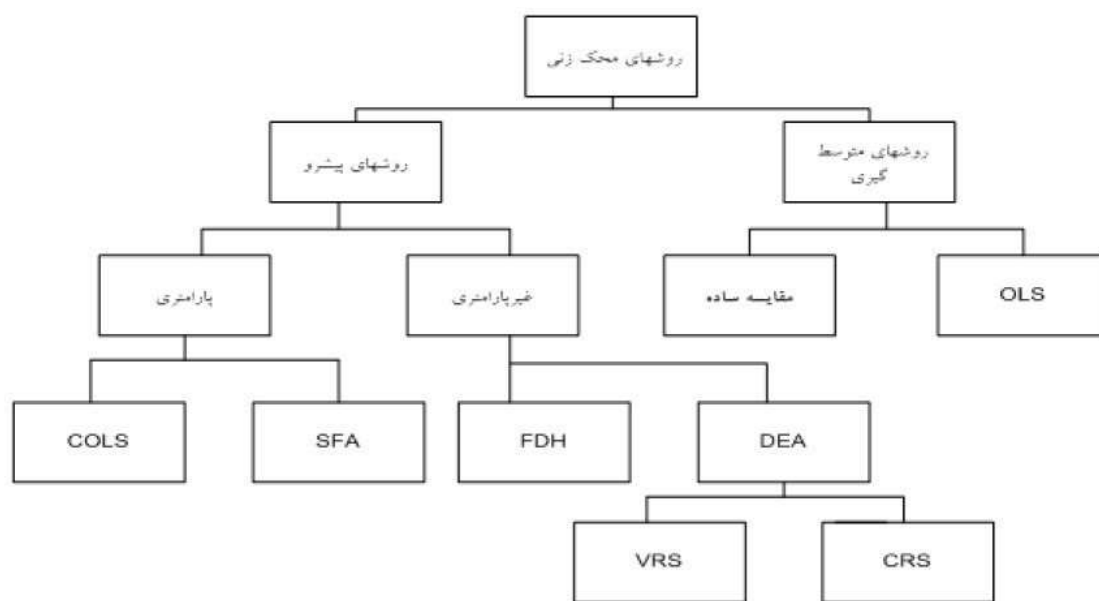
شکل ۳-۴ مبانی تحلیل کارایی فارال [16]

¹Technical Efficiency

²Allocative Efficiency

۴-۳-۱ روش‌های مبتنی بر میانگین

روش مقایسه ساده^۱ و حداقل مربعات معمولی^۲ دو روش پرکاربرد مبتنی بر میانگین هستند. در مقایسه ساده نسبت یک ورودی و یک خروجی بصورت یک به یک براساس مقدار میانگین داده بدست می‌آید.



شکل ۴-۴ روشهای محک‌زنی سیستم‌های توزیع

از نقاط ضعف این روش عدم توجه به رابطه بین ورودی و خروجی‌های مختلف است که باعث می‌شود یک شرکت بصورت الکلنگی در بعضی از نسبت‌ها خوب و در بعضی از نسبت‌ها ضعیف باشد. در روش حداقل مربعات از تحلیل رگرسیون برای تخمین متوسط کارایی استفاده می‌شود و خط رگرسیون مبنایی برای ارزیابی کارایی است. قرار گرفتن پایین این خط نشان دهنده کارایی و بالای آن نشان دهنده عدم کارایی است. حساسیت به نوع متغیرها و شکل تابع از معایب این روش است که باعث می‌شود در مواردی انتخاب نامناسب تابع، خطای داده‌ها و ورودی و خروجی‌های دیده نشده منجر به ناکارآمدی نشان دادن شرکت‌ها شود.

¹Simple comparisons

²Ordinary Least square

۴-۳-۲ روش‌های غیر پارامتری مبتنی بر سرآمدی

در این روش‌ها مقدار بازدهی شرکت‌ها بین صفر و یک تعریف می‌شود و به کاراترین شرکت، مقدار بازدهی یک نسبت داده می‌شود. به طور کلی روش‌های ارزیابی مبتنی بر سرآمدی به دو دسته پارامتری و غیرپارامتری تقسیم بندی می‌شوند.

در روش غیرپارامتری محاسبه کارایی با برنامه‌ریزی خطی انجام می‌شود و شرکت‌ها می‌توانند خروجی‌های متفاوتی داشته باشند. البته باید توجه داشت که کارایی محاسبه شده نسبی است و نیاز به تعریف تابع تولید یا تابع هزینه نمی‌باشد. این روش‌ها به دو صورت تحلیل پوششی داده‌ها^۱ و تحلیل رویه آزاد^۲ می‌باشد. روش تحلیل پوششی داده‌ها به صورت نسبت مجموع وزن دار خروجی‌ها به مجموع موزون ورودی‌ها تعریف و فرض می‌شود ورودی‌ها برای هر سطح خروجی حداقل هستند. در صورتیکه هیچ شاخصی برای تبدیل خروجی‌ها به یکدیگر و یا تعیین نسبت وزنی خروجی‌ها با یکدیگر وجود نداشته باشد این روش توصیه می‌شود.

این روش به تعداد متغیرها حساس و نتایج آن قابل اطمینان نیستند. بعنوان مثال در صورتیکه تعداد متغیرها زیاد و تعداد نمونه‌ها کم باشد کارایی شرکت‌ها را به اشتباه یک نشان می‌دهد. از طرفی شرکت‌های قرار گرفته در ابتدا و انتهای خط رگرسیون به اشتباه کارا نشان می‌دهد.

روش تحلیل پوششی داده‌ها به سه نوع بازدهی ثابت به مقیاس^۳، بازدهی متغیر به مقیاس^۴ و بازدهی کاهشی به مقیاس^۵ قابل جداسازی است. در حالت بازدهی ثابت وزن ورودی و خروجی‌ها بزرگتر از صفر فرض می‌شود. در حالت بازدهی متغیر علاوه بر غیر منفی بودن وزن‌ها، مجموع وزن‌ها بایستی برابر با یک باشد و در حالت بازدهی کاهشی مجموع بایستی کوچکتر یا مساوی یک باشد.

¹Data envelopment analysis

²Free Disposal Hull

³Constant Returns to Scale

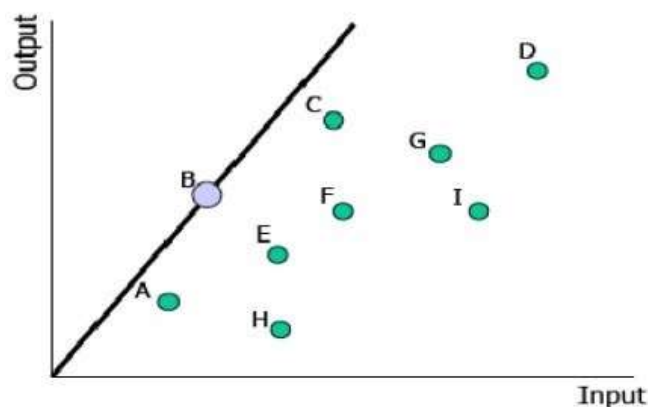
⁴Variable Returns to scale

⁵Non Increasing Returns to scale

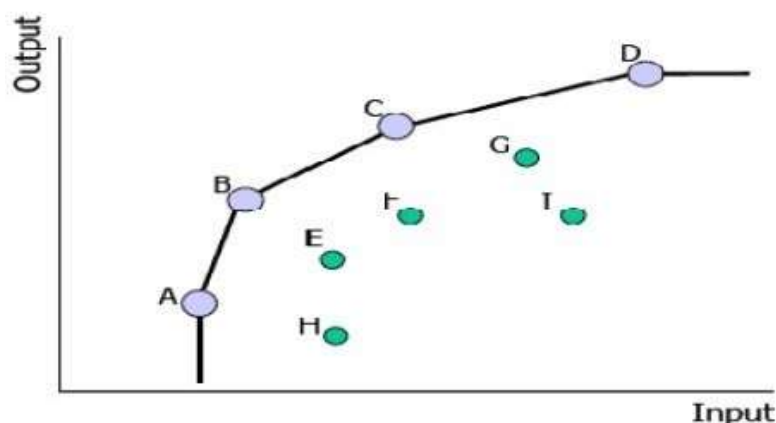
در شکل ۴-۵ و شکل ۴-۶ تفاوت روش بازدهی ثابت و متغیر به مقیاس نشان داده شده است. در شکل ۴-۷ کارکرد روش رویه آزاد نشان داده شده است.

۴-۳-۳ روش‌های پارامتری مبتنی بر سرآمدی

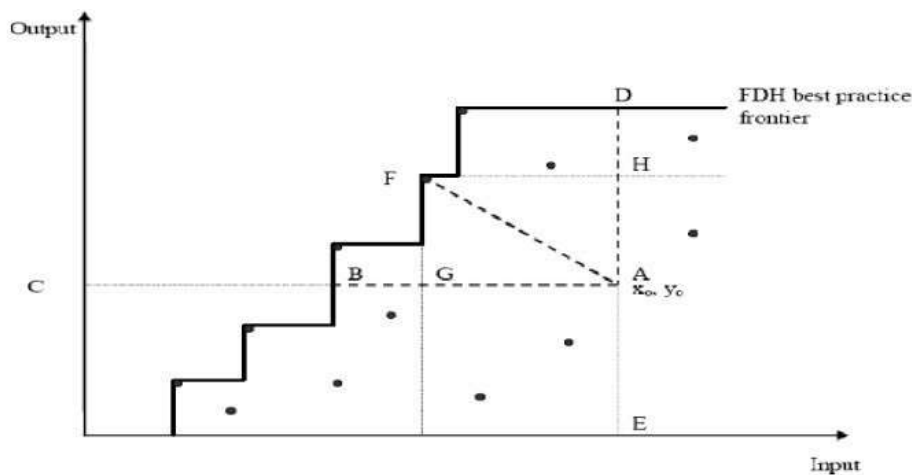
در این روش‌ها یک تابع تولید یا تابع هزینه با ضرایب مجهول در نظر گرفته می‌شود و با استفاده از روشهای تخمین توابع، ضرایب مجهول برآورد و مقدار کارایی با استفاده از تابع حاصل برآورد می‌شود و بیشترین میزان تولید یا کمترین هزینه ممکن از هر بردار معلوم ورودی‌ها بیشترین کارایی را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۵ تحلیل پوششی داده‌ها با فرض بازدهی ثابت به مقیاس



شکل ۴-۶ تحلیل پوششی داده‌ها با فرض بازدهی متغیر به مقیاس



شکل ۴-۷ روش رویه آزاد

روش‌های پارامتری را می‌توان به دو دسته کلی تحلیل مرزی تصادفی^۱ و حداقل مربعات معمولی تصحیح شده^۲ تقسیم نمود.

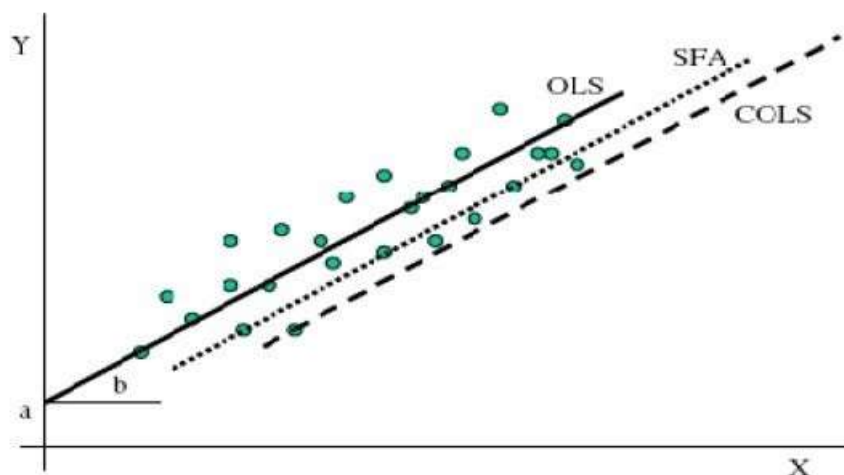
۴-۳-۴ روش‌های تحلیل مرزی تصادفی

در این روش تابع هزینه تمام شرکت‌ها یکسان در نظر گرفته می‌شود. مرز کارایی یا براساس عملکرد واقعی بهترین شرکت یا براساس بالاترین سطح فناوری مورد استفاده تعیین می‌شود. میزان خطا یا تفاوت حاصل از مقایسه با بهترین شرکت پس از کسر مولفه تصادفی و متقارن خطا که ناشی از روابط رفتاری اقتصادی است، نشان دهنده ناکارایی آن شرکت در مقیاس نمایی است.

در روش حداقل مربعات معمولی تصحیح شده خط رگرسیون به کاراترین شرکت جابجا می‌شود، به عبارتی فقط یک شرکت کارا در این روش حاصل می‌شود و سایر شرکت‌ها نسبت به این شرکت ناکارا تلقی می‌شوند. در کل نتایج حاصل از روش‌های حداقل مربعات به مدل انتخاب شده و ورودی و خروجی‌ها حساس هستند و این امر می‌تواند منجر به جابجایی و تغییر کاراترین شرکت شود. در شکل ۴-۸ مقایسه‌ای بین تحلیل مرزی تصادفی و حداقل مربعات و روش حداقل مربعات اصلاح شده انجام شده است.

¹Stochastic frontier analysis

²Corrected ordinary least squares



شکل ۴-۸ کارکرد روش‌های تحلیل مرزی تصادفی

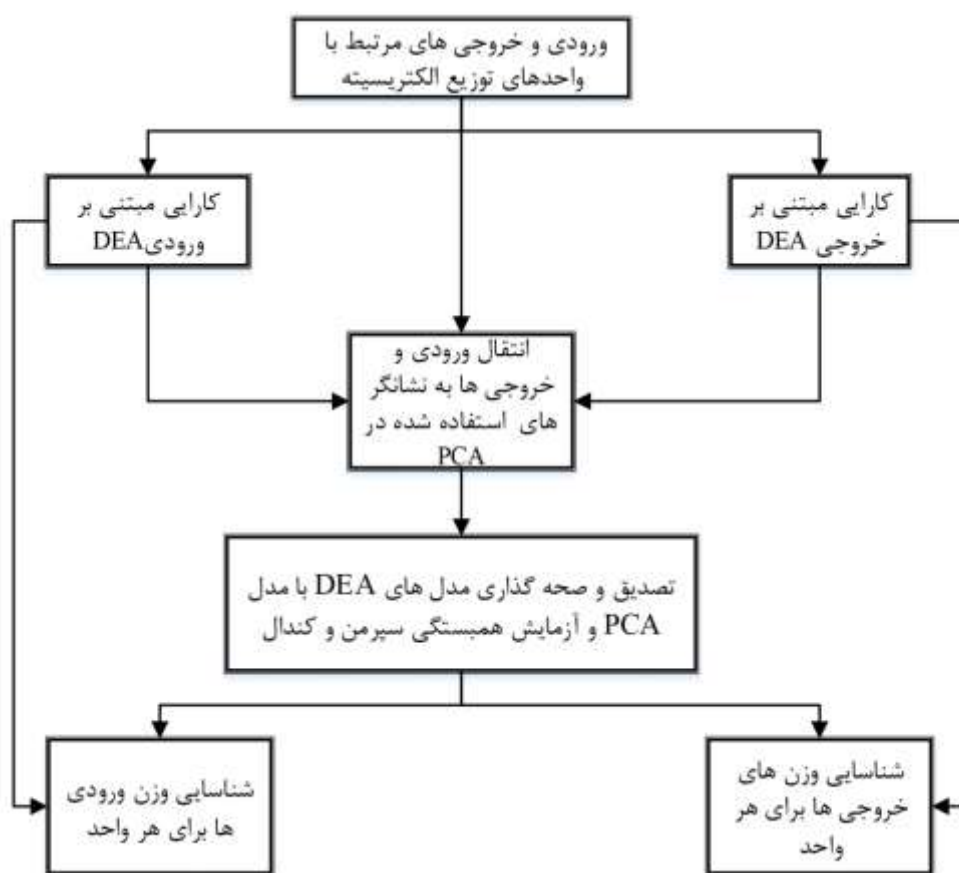
۴-۳-۵ روشهای ترکیبی در ارزیابی کارایی

در [18] یک راه حل قطعی برای ارزیابی کارایی و بهینه‌سازی واحد های توزیع انرژی الکتریکی در ایران با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها^۱ (DEA)، روش تجزیه و تحلیل اجزاء اصلی^۲ (PCA) ارائه شده است. برای پیشنهاد این مطالعه ۳۷ شرکت توزیع برق در ایران مورد توجه قرار گرفته‌اند. مطالعات قبلی عموماً از مدل‌های ورودی - خروجی DEA برای محک‌زنی و ارزیابی واحد های تولید انرژی الکتریکی استفاده کرده‌اند. در این تحقیق از یک راه حل مجتمع شده از DEA و PCA به همراه ساختار تصدیق و صحه‌گذاری استفاده شده است. سه ورودی و دو خروجی که در اکثر مطالعات قبلی مورد استفاده قرار گرفته‌اند انتخاب شده است. مدل DEA ورودی محور، DEA خروجی محور و مدل PCA برای ارزیابی و رتبه بندی شرکت‌های توزیع مورد استفاده قرار گرفته‌اند. در مدل DEA ورودی محور برای تحلیل حساسیت ورودی‌ها، خروجی‌ها ثابت نگه داشته شده‌اند و بصورت متقابل در مدل DEA خروجی محور برای تحلیل حساسیت خروجی‌ها ورودی‌ها ثابت نگه داشته شده‌اند. مدل‌های DEA مورد استفاده در این تحقیق تصدیق و صحه گذاری شده‌اند با PCA و روش‌های همبستگی اسپیرمن و کندال. در حالیکه در تحقیقات گذشته این کار انجام نشده است. از طریق حل مدل‌های DEA مقادیر کسری و اضافی از محدوده

^۱ Data Enveloped Analyses

^۲ Principal Component Analyses

بدست آمده‌اند. مقادیر دوبل ضریب وزنی برای هر ورودی و خروجی مرتبط به بازده واحد تصمیم‌گیری را مشخص می‌کنند. تصمیم‌گیر می‌تواند تعیین کند که ورودی‌ها و خروجی‌هایی را که منجر به افزایش بازدهی می‌شوند. علاوه بر این ورودی‌ها و خروجی‌هایی که نیاز به بهبود دارند به منظور افزایش بیشتر بازدهی مشخص شده‌اند. مقادیر کسری و اضافی ورودی و خروجی‌هایی را مشخص می‌کنند که می‌توانند به ترتیب روی بازده نسبی موثر باشند. بر این پایه نقاط قوت و ضعف هر شرکت توزیع براساس ورودی‌ها و خروجی‌ها قابل تجربه و تحلیل می‌باشد. در شکل ۴-۹ الگوریتم نحوه انجام کار ارایه شده است.



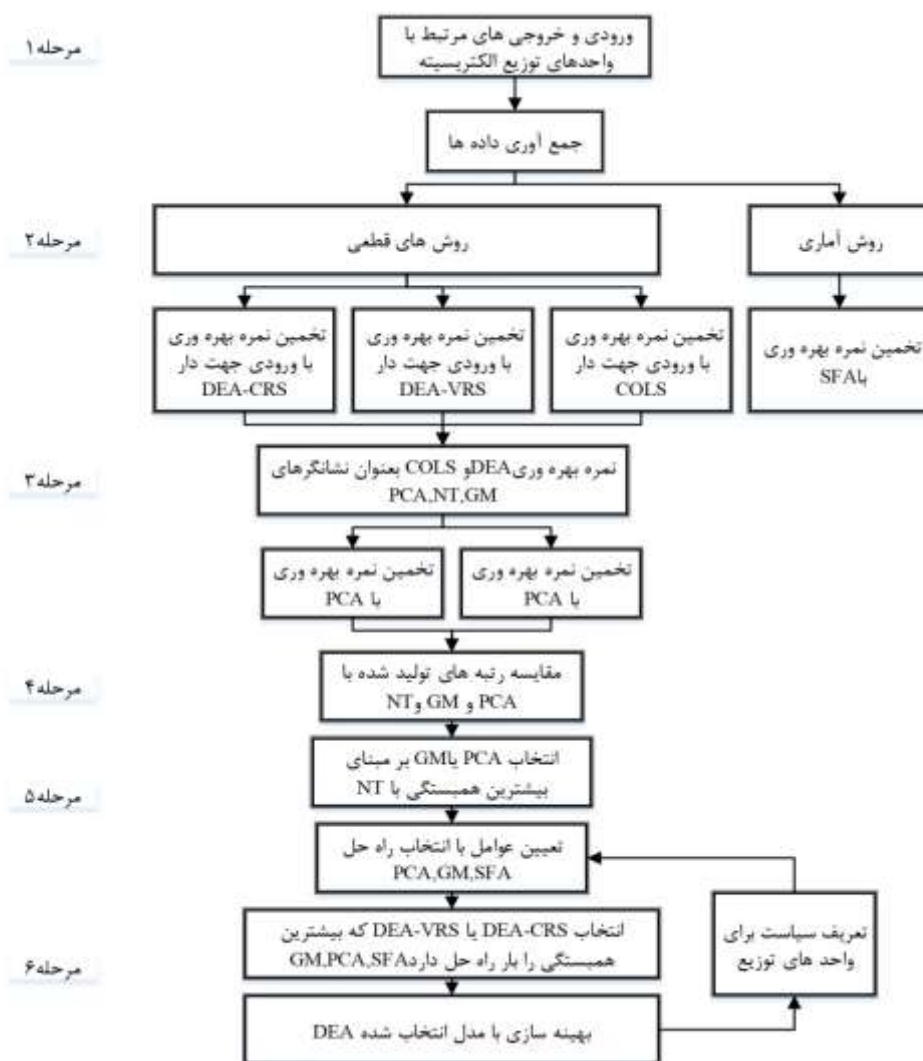
شکل ۴-۹ الگوریتم استفاده ترکیبی از دو روش تحلیل داده‌ها

در مرجع [19] یک الگوریتم مجتمع از روشهای حداقل مربعات اصلاح شده^۱، تحلیل پوششی داده، تحلیل مرزی تصادفی^۲، برش معمولی^۱ و حداقل مربعات اصلاح شده برای ارزیابی کارایی، بهینه‌سازی و

¹ Corrected Ordinary Least Square

² Stochastic Frontier Analysis

ساختن خط مشی واحد های توزیع انرژی الکتریکی ارایه شده است و نشان داده شده که این الگوریتم یک روش انعطاف پذیر و مجتمع برای ارزیابی و رتبه بندی شرکت های توزیع است. این روش هم وجوه استاتیک و هم وجوه دینامیک محیط اطلاعات را پوشش می دهد. ساختار این روش مطابق با نمودار جریان شکل ۱۰-۴ می باشد

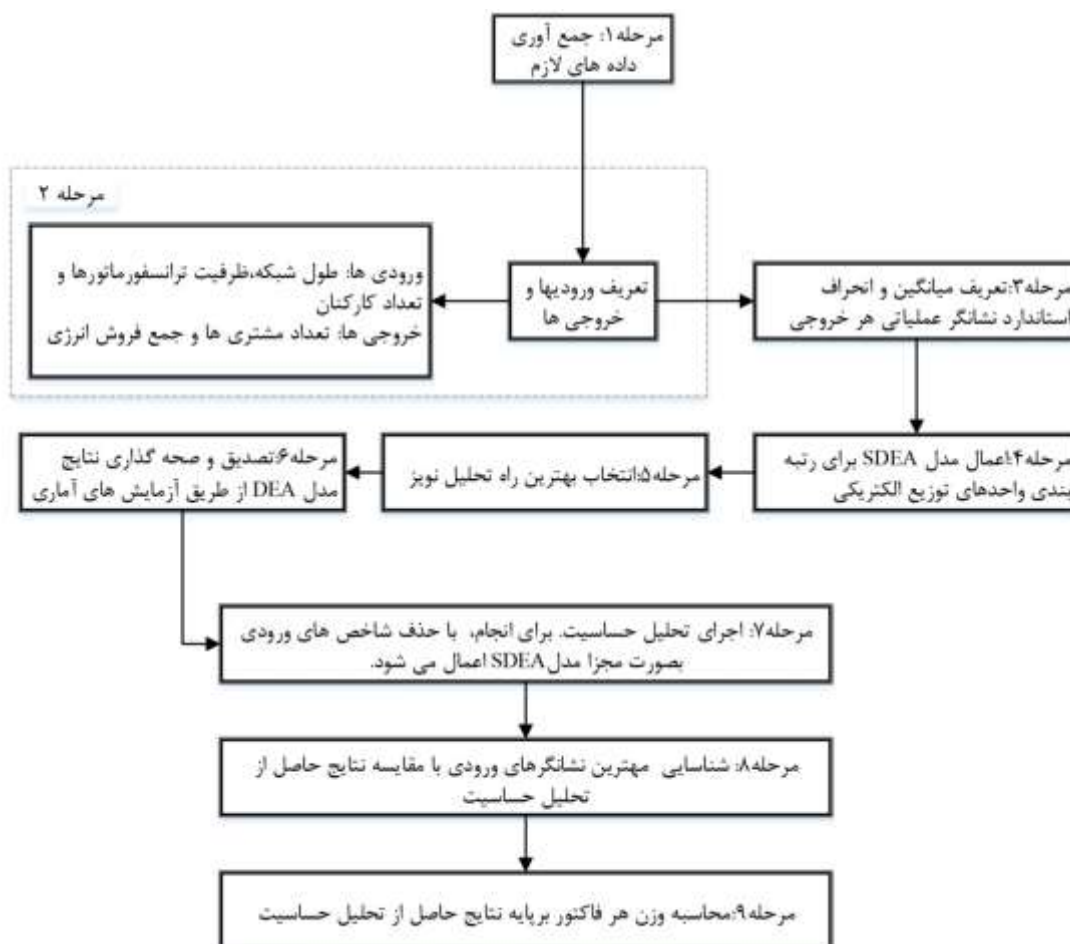


شکل ۱۰-۴ الگوریتم استفاده ترکیبی از چهار روش تحلیل داده ها

در مرجع [18] یک رویکرد جدید برای ارزیابی واحد های توزیع انرژی الکتریکی اعمال شده است. معمولاً داده های اتفاقی و غیر کامل و یا کمبود اطلاعات در رابطه با شرکت های توزیع انرژی الکتریکی وجود

¹ Normal Truncate

دارد. لذا به دلیل کمبود اطلاعات درباره بعضی از پارامترها، نظریه احتمال به مدل وارد شده است. در این رساله از خروجی های اتفاقی برای ارزیابی واحد های توزیع انرژی الکتریکی با روش تصادفی DEA مطابق شکل ۱۱-۴ استفاده شده است.



شکل ۱۱-۴ الگوریتم ارزیابی واحدهای توزیع انرژی الکتریکی

در مرجع [20] یک روش DEA جدید با توجه به عدم قطعیت روی پارامترهای خروجی پیشنهاد شده است. روش مبتنی بر تطبیق راه حل های بهینه سازی مقاوم که اخیرا توسط بن-تل و نیمارسکی توسعه داده شده اند. نتایج تحقیق حاکی از آن موضوع است که روش مقاوم جدید در مقایسه با SFA روش قابل اطمینان تری برای تخمین بازدهی و رتبه بندی راهبردها در شرکت های توزیع می باشد.

در مرجع [21] در این رساله یک روش DEA مقاوم بوتسترپ شده برای تخمین بازدهی شرکت های

مخابرات ایران ارایه شده است. در این رساله روش ¹BRDEA پیشنهاد شده که قادر است مشکلات عدم قطعیت در داده‌ها را پوشش دهد. نتایج نشان دهنده قابل اعتماد تر بودن نتایج تخمین بازدهی شرکت به نسبت روش‌های قبلی می‌باشد.

در مرجع [22] یک مدل تصادفی جدید DEA با بازدهی بالا تحت نام ²SSEDEA برای ارزیابی پیشنهاد شده است. این روش به نسبت روش ³SEDEA کمتر به اطلاعات دقیق از ورودی و خروجی نیاز دارد. روش بازده بالای اتفاقی یک روش جدید برای پوشش دادن عدم قطعیت در داده‌هاست. روش جدید ارایه شده در این رساله مبتنی بر برنامه‌ریزی مقید شانسی است. این روش در ارزیابی و دسته‌بندی شرکت‌های گاز مورد استفاده قرار گرفته است.

در مرجع [23] یک مدل DEA مقاوم تعاملی برای تعیین اهداف در شرکت‌های توزیع ایران پیشنهاد شده است این رساله روش DEA را با روش برنامه‌ریزی خطی چند هدفه ترکیب نموده است. این روش قادر است عدم قطعیت را پوشش دهد و مقادیر اهداف را مطابق با کارایی‌ها پیدا نماید نتایج نشان می‌دهند که مدل ⁴IRDEA برای تنظیم اهداف مبتنی بر کارایی‌ها با توجه به عدم قطعیت در داده‌ها مناسب می‌باشند.

در مرجع [24] تنظیم مبتنی بر کارایی کیفیت از طریق طراحی تشویق و تنبیه برای شرکت‌های توزیع نیروی برق پیشنهاد شده است. این الگوریتم بر شاخص‌های قابلیت اطمینان در شرکت‌های توزیع مبتنی است و برای بدست آوردن پارامترهای تشویق و تنبیه برای هر شرکت توزیع با استفاده از DEA و دسته‌بندی فازی C-mean استفاده شده است. بهترین هر دسته برای محک‌زنی کل شرکت‌ها در آن دسته و نه کل شرکت‌ها مورد استفاده قرار گرفته است.

در مرجع [25] تحلیل، کنترل تطبیقی و شبیه‌سازی مدار یک سیستم اقتصادی غیرخطی جدید ارایه

¹ Bootstrap Robust DEA

² Stochastic Super Efficiency DEA

³ Super Efficiency DEA

⁴ Interactive Robust DEA

شده است. در این رساله یک سیستم آشوبناک اقتصادی غیرخطی سه بعدی جدید با دو مولفه غیرخطی ارائه شده است. علاوه بر این، یک شمای جدید از کنترل تطبیقی رفتار سیستم اقتصادی ارائه شده است. سیستم اقتصادی غیرخطی جدید با یک مدار الکترونیکی پیاده سازی شده و رفتار دینامیک آن به منظور تایید امکان پذیری مدل نظری با استفاده از شبیه سازی اورکد مطالعه شده است.

در مرجع [26] یک اندازه گیری غیر شعاعی و خروجی مشخص از بازده فنی پیشنهاد شده که در مدل مرزی تصادفی جدید است. در این رساله یک تابع تبدیل چند ورودی چند خروجی فرمولبندی شده که روش OSTe¹ را در یک قالب بیشینه کردن پاداش همراهی می کند. از یک تابع پاداش دوبل با OSTe شروع شده و و روش حداکثر شباهت برای تخمین پارامترهای سیستم پاداش اشتراکی ترانسلوگ توسعه داده شده جایکه در پیش بینی مولفه های OSTe با استفاده از بعضی نتایج جدید از توزیع نرمال نامتقارن بسته شده استفاده شده است.

در مرجع [27] با استفاده از تحلیل مرزی تصادفی بیزی اندازه و دامنه اقتصاد در بخش آب پرتغال تخمین زده شده است. این مطالعه مزایای کاربرد آمار بیزی را در SFA نسبت به SFA ی مرسوم که فقط از آمار کلاسیک استفاده می کند را ثابت می کند. نتایج روش های بیزی منجر به غلبه بر بعضی مشکلات در استفاده از SFA مرسوم منجمله بایاس در نمونه های کوچک و نامتوازی مانده ها می شود. در مورد بخش آب پرتغال این روش نتایج قابل قبول تر و قابل اتکا تری را ارائه می دهد.

در مرجع [28] یک مدل بهم پیوسته برای هماهنگی برنامه ریزی و باز آرایشی شبکه های توزیع پیشنهاد شده است. برنامه های پاسخ تقاضا بعنوان منابع توزیع شده مجازی برای پوشش دادن اثر پارامتر های غیر قطعی مدل شده اند. یک فرآیند بهینه سازی دو سطحی برای حل مدل پیشنهادی توسعه داده شده است. در سطح اول یک مسئله بهینه سازی با استفاده از الگوریتم بهینه سازی اجتماع ذرات برای توسعه سیستم و باز آرایشی و در سطح دوم مسئله بهینه سازی مبتنی بر تحلیل حساسیت توسعه داده شده است. برنامه ارائه

¹ Output-Specific Technical Efficiency

شده DR¹ در سطح دوم برای مقابله با عدم قطعیت وارد مسئله شده است. بنابراین مدل پیشنهادی مسئله باز آرای شبکه توزیع را با مسئله توسعه سیستم پیوند می زند جایکه پاسخ تقاضا به منظور افزایش بازدهی مورد توجه قرار گرفته است. نتایج شبیه سازی مزایای مدل پیشنهادی و منفعت اقتصادی اش را برای مالک شبکه توزیع ثابت می کند.

در مرجع [29] یک مرور روی برنامه ریزی توزیع انرژی در سیستم های مدرن قدرت در ده سال گذشته انجام داده است. این مرور در حوزه مدل ها، روش ها و تحقیقات آتی تمرکز دارد. در این رساله ضمن دسته بندی و مرور ابزارهای مختلف استفاده شده در برنامه ریزی توزیع انرژی الکتریکی فراوانی انجام تحقیق در هر زمینه را نیز تعیین نموده است.

در مرجع [30] تخمین مدل های مشهور در تحلیل بازدهی و کارایی منجمله مدل مرزی تصادفی و مدل رگرسیون برش خورده مورد توجه قرار گرفته اند. از طریق روش ماکزیمم شباهت محلی این مدل نه تنها برای حالت پیوسته بلکه برای رگرسیون گسسته تعمیم داده شده است. در این رساله نظریه مجانبی، تعدادی شبیه سازی و نمایش روش با یک مثال عملی ارایه شده است. این نظریه و روش می تواند برای مدل های دیگر تطبیق داده شود، جایکه شباهت از توابع نامشخص برای شناسایی و تخمین مدل استفاده شده است. نتایج شبیه سازی انعطاف پذیری روش و کارکرد خوب در سناریوهای پیچیده را حتی با اندازه نمونه محدود نشان می دهد.

در مرجع [31] چندین کشور در سراسر جهان اصلاحاتی را در بخش انرژی الکتریکی معرفی کرده اند. یک مولفه از این اصلاحات معرفی فرآیند جداسازی است. به عبارت دیگر جدا کردن فعالیت های رقابتی تغذیه و تولید از فعالیت انحصاری انتقال و توزیع می باشد. برای جداسازی چندین روش وجود دارد: تابعی، قانون و مالکیت. بعنوان مثال نیوزلند جداسازی مالکیت را در سال ۱۹۹۸ انجام داده است. در این رساله تحلیل بازدهی هزینه ۲۸ شرکت توزیع برق در بازه زمانی ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۱ انجام شده است. به منظور ارزیابی تاثیر جداسازی مالکیت روی سطح بازده هزینه با استفاده از مدل دو مولفه ای داده مرزی تصادفی یک تابع

¹ Demand Response

هزینه مجموع و یک تابع هزینه متغیر تخمین زده شده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که جداسازی مالکیت تولید الکتریسیته و عملکرد خرده فروشی شبکه توزیع تاثیر مثبتی روی بازده هزینه دارد.

در مرجع [32] یک راه حل جدید دو مرحله ای در تخمین روش تحلیل مرزی برای تخمین امتیاز های بازده فنی برای شرکت‌ها در گروه های مختلف با فناوری های مجزا می‌باشد. توابع تولید ابرمرزی مقایسه بازده فنی را فراهم می آورند که می‌تواند به بازده فنی مشخص گروه و نسبت فاصله فناوریکی جداسازی شده باشد. در این تحقیق مدل تحلیل مرزی تصادفی برای بدست آوردن تخمین ابرمرزی بجای تکیه کردن روی روش‌های برنامه‌ریزی، فرمول‌بندی و اعمال شده است. دو مثال عملی کارایی مدل پیشنهادی را تصدیق می‌کنند.

۴-۳-۶ محک‌زنی کارایی شرکت‌ها:

در تحقیق انجام شده با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها به منظور بررسی تاثیر مالکیت دولتی و خصوصی بر کارایی شرکت‌های برق، نتایج حاصله نشان دهنده کارایی بالاتر شرکت‌های خصوصی نسبت به دولتی دارد [33].

در تحقیق انجام شده با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها به منظور بررسی روند رشد بهره‌وری در دو نقطه زمانی، نتایج حاصله حاکی از رشد بهره‌وری به دلیل تاثیر کاهش تلفات در صنعت توزیع برق بوده است [34].

در تحقیق انجام شده به منظور ارزیابی صنعت برق ایران با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها، نتایج حاصله نشان می‌دهد که مقیاس و کارایی فنی نقش یکسانی در ناکارایی شرکت‌ها داشته‌اند و اکثر شرکت‌های توزیع برق در ناحیه بازدهی افزایشی نسبت به مقیاس قرار می‌گیرند [35].

در تحقیق انجام شده به منظور مقایسه عملکرد شرکت‌های توزیع برق دو کشور انگلستان و ژاپن با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها از الگوهای متفاوتی استفاده شده است. نتایج حاصله نشان می‌دهد که عملکرد نسبی آنها تا حد زیادی به الگوی انتخابی بستگی دارد بطوریکه در بعضی از الگوها شرکت‌های

ژاپنی و در برخی دیگر شرکت‌ها انگلیسی کاراتر ارزیابی شده‌اند. همچنین روند رشد شرکت‌های انگلیسی نسبت به ژاپنی بهتر ارزیابی شده است. در حالیکه با ثابت نگه داشتن الگوها و تغییر روش به حداقل مربعات و تحلیل مرزی نتایج حاصله کارایی بالاتر شرکت‌های انگلیسی نسبت به ژاپنی را نشان می‌دهد [36].

در تحقیقات دیگری با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها کارایی شرکت‌های برق در حوزه کشورهای اسکاندیناوی مورد ارزیابی قرار گرفته و نتایج تحقیق نشان دهنده کارایی بالاتر شرکت‌های فنلاندی نسبت به سایر کشورهای می‌باشد [37]. همچنین در تحقیق مشابهی محاسبه کارایی و تحلیل حساسیت نسبت به ورودی‌ها و خروجی‌ها برای پنجاه شرکت توزیع در آمریکا انجام شده است. نتایج تحقیق نشان دهنده مازاد بودن ورودی‌ها و خروجی‌ها برای شرکت‌های ناکاراست [38].

در تحقیق دیگری به منظور تعیین قیمت رقابتی شرکت‌های توزیع برق با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها، کارایی نسبی شرکت محاسبه شده است. نتایج تحلیل نشان دهنده ناکارا بودن اکثر شرکت‌هاست که با بررسی انجام شده ناشی از عدم کارایی مقیاس است و راه حل پیشنهادی برای افزایش کارایی و کاهش هزینه، ایجاد رقابت براساس هزینه‌های بهترین شرکت در این ارزیابی بوده است [39]. در تحقیق انجام شده به منظور ارزیابی کارایی چند شرکت در انگلستان مشخص شد که تعداد مشترکین و اوج بار موثرترین عوامل در تشکیل هزینه بهره‌برداری هستند [40].

در تحقیق انجام شده با استفاده از روش تحلیل مرزی و تصادفی در یکی از کشورها اکثر ضرایب آماری تخمین زده شده معنی دار هستند و کلیه شرکت‌ها ناکار می‌باشند. پیشنهاد شده به منظور افزایش کارایی شرکت‌های کوچک در هم ادغام شده و شرکت بزرگتری تشکیل شود [41].

برای بررسی تاثیر ویژگی‌های منطقه بر هزینه با استفاده از روش مرزی تصادفی و حداقل مربعات و استفاده از تابع توزیع نرمال و نمایی برای تعیین جزء ناکارا تحقیقی انجام شده و نتایج آن نشان دهنده رابطه معنا دار بین ویژگی‌های منطقه و هزینه است. در این تحقیق از سه الگوی هزینه برای بررسی این تاثیر استفاده شده که هر سه الگو رابطه معنا دار این عوامل را نشان می‌دهند [42].

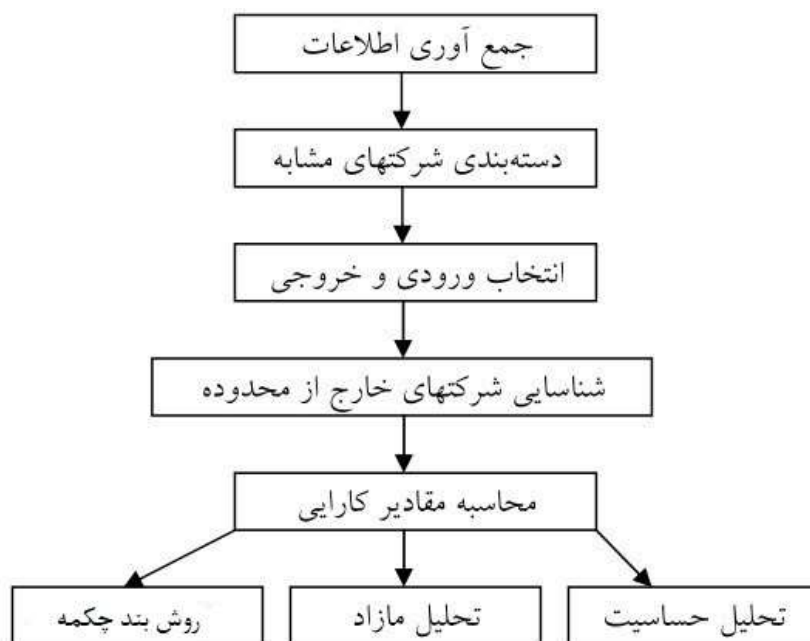
در تحقیقات انجام شده از مساحت تحت پوشش، چگالی مشترکین، تعداد مشترکین، تعداد

ترانسفورماتورها، ظرفیت ترانسفورماتورها، طول شبکه‌ها، نیروی انسانی، تلفات، اوج بار، ضریب بار، هزینه‌های بهره‌برداری، انرژی فروخته شده، انرژی تحویلی، ظرفیت تولید، سوخت به تشخیص محققین هم بعنوان ورودی و هم بعنوان خروجی استفاده شده است.

همانگونه که مشخص است روش تحلیل پوششی داده‌ها نسبت به نویز، نوع و تعداد ورودی و خروجی‌ها حساسیت دارند و از طرفی شرکت‌های خارج از محدوده را کارا نشان داده و قادر نیست تفاوت بین مقدار کارایی و متغیرهایی خارج از مدل را تشخیص دهد. هر چه متغیرها افزایش می‌یابند، به اشتباه شرکت‌های بیشتری را کارا تشخیص می‌دهد. از مزایای این روش این است که این روش با تعداد کم نمونه هم قابل اجراست و با توجه به عدم نیاز به تعریف تابع هزینه، هیچ فرضی برای انتخاب نوع تابع هزینه یا فناوری مورد استفاده نیاز نیست. علاوه بر این در شرایط وجود چندین خروجی که قابل تبدیل به یکدیگر نیستند و یا درجه اهمیت و وزن آن مشخص نیست هم می‌توان از این روش استفاده کرد. در مقابل روش تحلیل مرزی تصادفی علاوه به نیاز به تابع هزینه، برای تخمین دقیق و مقاوم به اطلاعات و نمونه‌های زیادی نیاز دارد. از معایب این روش این است که شرکت‌ها با یک تابع هزینه و هم وزن فرض می‌شوند در حالیکه واقعیت چنین نیست. از محاسن این روش می‌تواند به تشخیص تفاوت بین کارایی و متغیرهای دیده نشده در مدل اشاره کرد، ضمن اینکه توانایی تشخیص شرکت‌های خارج از محدوده را دارد و متغیرهای محیطی را بهتر مدل می‌کند.

علیرغم معایب روش تحلیل پوششی داده‌ها در زمینه شرکت‌های خارج از محدوده و در نظر گرفتن کل فاصله با شرکت مرجع بعنوان ناکارایی، با توجه به مزیت این روش در خصوص عدم نیاز به تعریف تابع هزینه و یا تابع تولید، این روش یکی از عمومی‌ترین و مهمترین روش برای ارزیابی کارایی می‌باشد. در واقع اندازه‌گیری کارایی شرکت‌ها در مقایسه با یک شرکت مرجع را محک‌زنی می‌نامند و عموماً روشهای رگولاتوری مبتنی بر محک‌زنی می‌باشند. محک‌زنی باعث ایجاد محیطی شبه رقابتی بین شرکت‌های با ماهیت انحصار طبیعی می‌شود [43]. در [44] برای رفع معایب روش تحلیل پوششی داده‌ها، ابتدا متغیرهای محیطی برای دسته‌بندی شرکت‌ها شناسایی و کاراترین شرکت در هر گروه بعنوان مرجع بقیه انتخاب شده

است. سپس برای کاهش تعداد متغیر ها از روش تحلیل جزء اصلی^۱ استفاده شده است. یکی از مشکلات اصلی روش تحلیل پوششی در نظر گرفتن شرکت های خارج از محدوده بعنوان شرکت های کارا بود، لذا در این تحقیق برای شناسایی شرکت های خارج از محدوده از یک روش محاسباتی استفاده شده است و در پایان و پس از ارزیابی کارایی شرکت ها تحلیل مازاد و حساسیت انجام شده است. نمودار جریان الگوریتم ارائه شده در شکل ۴-۱۲ ارائه شده است.



شکل ۴-۱۲ الگوریتم ارزیابی کارایی شرکت ها

قرار دادن شرکت های با حداکثر تشابه با یکدیگر و حداکثر تفاوت با شرکت های دیگر در یک گروه را دسته بندی گویند. از آنجاییکه محدوده قطعی بین گروه های مختلف وجود ندارد روش دسته بندی فازی^۲ ارائه شده توسط بزدک [45] مناسبتر روش می باشد. از آنجاییکه معیارهای زیادی برای ارزیابی کیفیت دسته بندی ارائه شده که هیچ یک به تنهایی قابل اعتماد نیستند، لذا شاخص های صحت^۳ برای همه معیار محاسبه و دسته بندی نهایی با جمع بندی همه نتایج انجام شده است. همانگونه که اشاره شده متغیرهای متعددی بعنوان متغیر ورودی یا خروجی تعریف می شوند و قاعده خاصی در این خصوص وجود ندارد.

¹Principal Component Analysis

²Fuzzy C-means clustering

³Validity Indices

در [44] ابتدا تمام متغیرهای مهم برای شرکت‌های توزیع جمع آوری شده، بهترین روش برای جمع آوری، گروه‌بندی متغیرها به دو دسته، یکی از طرف رگولاتور و دیگری از طرف شرکت‌های توزیع می‌باشد. انتخاب متغیرها بایستی بر اساس میزان تاثیر آنها بر روی کارایی باشد. لذا در ابتدا لازم است یک مدل اولیه با متغیرهای موثر بر هزینه مخصوصا هزینه بهره‌برداری که با متغیرهای دیگر قابل بیان نیستند تعریف شود. سپس هزینه کارایی با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها محاسبه می‌شود. در ادامه متغیرهای باقی مانده به مدل اولیه اضافه و مقدار کارایی مجددا محاسبه می‌شود. در این مرحله متغیرهای که تغییر زیادی در کارایی شرکت‌ها در مقایسه با کارایی حاصل از مدل اولیه دارند بایستی به مدل اولیه اضافه گردند. متغیرهای جدید تا زمانی به مدل اضافه می‌شوند که تغییرات معنا داری در نتایج کارایی نسبت به مدل اولیه حاصل شود. در نهایت برای تعیین مدل نهایی بایستی تعداد متغیرها را تا حد امکان کاهش داد که این کار با استفاده از روش تحلیل جزء اصلی که براساس تحلیل مقادیره ویژه کار می‌کند قابل انجام است. از آنجاییکه مدل به شرکت‌های خارج از محدوده حساس است لازم است شرکت‌های خارج از محدوده شناسایی شوند. برای اینکار می‌توان به ترتیب شرکت‌ها را حذف و کارایی را برای شرکت‌های باقیمانده محاسبه نمود. هر شرکتی که حذف آن تاثیر بیشتری بر روی میزان کارایی دارد و یا به عبارتی تاثیر اهرمی بیشتری روی نتایج دارد کاندیدای شرکت‌های خارج از محدوده می‌باشد.

از آنجاییکه روش تحلیل پوششی داده‌ها به خطا در داده‌ها حساس است یکی از راههای اطمینان از دقت تخمین کارایی در ادامه تشریح می‌شود. در این روش که به بوتستراپ¹ مشهور است ابتدا کارایی محاسبه می‌شود و سپس با اضافه کردن نویز به خروجی کارایی محاسبه شده به صورت معکوس و با استفاده از روش فوق الذکر داده‌های ورودی را تخمین زده می‌شوند. در ادامه ورودی‌های تخمین زده شده برای محاسبه کارایی استفاده می‌شوند. این روند بارها تکرار و نتایج آن ذخیره می‌شود. با استفاده از بایاس حاصله از نتایج، مقادیر کارایی تصحیح می‌شود. برای ارزیابی صحت نتایج روش تحلیل پوششی داده‌ها، ضریب همبستگی بین ورودی‌ها و خروجی‌ها محاسبه می‌شود و مقدار اختلاف بین مقدار کارایی اولیه و کارایی

¹ Bootstarp

تصحیح شده نشان دهنده میزان حساسیت به متغیرهای ورودی می‌باشد. بعد از اطمینان از مقادیر کارایی می‌توان با استفاده از روش تحلیل مازاد برای شرکت‌هایی که ناکارا هستند راهکارهای بهبود کارایی را شناسایی نمود. شایان ذکر است مازاد کارایی شرکت‌های کارا صفر است. در تحلیل حساسیت^۱، بر اساس میزان تغییر کارایی هنگام حذف متغیرها، شرکت‌ها در پنج دسته کارایی قوی، کارایی مرزی، ناکارایی مرزی، ناکارایی قابل ملاحظه، ناکارایی محرز طبقه بندی شدند.

به منظور ارزیابی مزایا و معایب، نتایج روش‌های پارامتری و غیر پارامتری در زمینه ارزیابی کارایی با یکدیگر مقایسه شده‌اند. مقدار متوسط کارایی در تحلیل مرزی تصادفی هشت درصد بیش از روش تحلیل پوششی داده‌ها تخمین زده شده است. در [46] همبستگی زیادی بین مقادیر تخمین زده شده توسط دو روش روش تحلیل پوششی داده‌ها و تحلیل مرزی تصادفی بدست آمده است. در [47] همبستگی ضعیفی بین نتایج کارایی با استفاده از روش‌های تحلیل پوششی داده‌ها و تحلیل مرزی تصادفی وجود دارد.

روش تحلیل مرزی تصادفی نیازمند ارائه یک تابع هزینه است و با تخمین تابع فاصله، کارایی را محاسبه می‌کند. در روش تحلیل مرزی تصادفی دو راه برای اعمال تاثیر متغیرهای محیطی وجود دارد. راه اول با این فرض است که متغیرهای محیطی روی تابع هزینه تاثیر می‌گذارند و لذا متغیرها را در تابع هزینه بطور مستقیم وارد می‌کنند. در اړه دوم فرض بر این است که این متغیرها بر روی مقدار کارایی تاثیر دارند، لذا در چنین شرایطی متغیرهای محیطی فقط بر روی فاصله هر شرکت از شرکت کارا موثر هستند. در روش تحلیل پوششی داده‌ها متغیرهای محیطی به عنوان ورودی در نظر گرفته می‌شوند و در صورت منفی بودن با شیوه‌هایی مثبت می‌شوند. از آنجاییکه بخشی از متغیرهای محیطی علیرغم تاثیر در کارایی شرکت‌ها تحت کنترل شرکت‌ها نمی‌باشند به همین منظور در روش ارایه شده در [44] این متغیر در محاسبه کارایی و قیود تابع هزینه از یکدیگر جداسازی شده‌اند.

۴-۴ کیفیت خدمات:

برای جبران نقاط ضعف ساختاری در شیوه‌های رگولاتوری، به منظور اطمینان از کیفیت خدمات،

¹Sensitivity Classification

برای افت کیفیت جریمه و برای افزایش کیفیت پاداش در نظر گرفته می‌شود. تجربه نشان داده این مشوق ها نسبت به استانداردها و راهنماهای عملکرد کارآمد ترند. روشهای پاداش و جریمه در رگولاتوری بر مبنای عملکرد بعد از جمع آوری اطلاعات مطمئن و کافی قابل اعمال هست [48] روش پاداش و جریمه منجر به تشویق شرکت‌ها برای حفظ یا ارتقاء سطح قابلیت اطمینان می‌شود. برای محاسبه شاخص‌ها در سطح توزیع انرژی الکتریکی صرفاً خاموشی‌های برنامه‌ریزی شده و فاقد برنامه در سطح توزیع انرژی الکتریکی در نظر گرفته می‌شوند و خاموشی‌های تحمیلی از سمت تولید و فوق توزیع محاسبه نمی‌شوند. در [49] نشان داده شده که رگولاتوری مبتنی بر سقف قیمت منجر به کاهش کیفیت خدمات می‌شود. به عبارتی از دید شرکت توزیع کننده، کیفیت بهینه در صورت سود ماکزیمم حاصل می‌شود در حالیکه از دید مصرف کننده، کیفیت بهینه در صورتی محقق می‌شود که هزینه کیفیت خدمات در مقایسه با سودی که مشترک می‌برد یکسان باشد. در رگولاتوری به روش نرخ برگشت، اگر نرخ برگشت از هزینه سرمایه‌گذاری بیشتر باشد این امر منجر به افزایش سرمایه‌گذاری می‌شود. البته در کشورهایی که نرخ برگشت کمتر از هزینه سرمایه‌گذاری است این امر منجر به افت کیفیت می‌شود. در [50] نشان داده در صورتی که روش رگولاتوری از نرخ برگشت به سقف قیمت تغییر داده شود این امر منجر به کاهش سرمایه‌گذاری در زمینه کیفیت خدمات می‌شود. در [51] نشان داده شده که در صورت رگولاتوری به روش سقف قیمت، شرکت‌ها برای سرمایه‌گذاری در راستای افزایش کیفیت خدمات انگیزه دارند. در سال ۲۰۰۰ برای اولین بار مفهوم کیفیت خدمات توسط سازمان بازار انرژی به مطالعات وارد شد و نشان داد افزایش کیفیت خدمات منجر به افزایش کارایی می‌شود. در سال ۲۰۰۱ شورای تنظیم انرژی اروپا کیفیت خدمات در بخش توزیع را در سه جنبه کیفیت ولتاژ^۱، کیفیت تجاری^۲، قابلیت اطمینان^۳ تعریف و بررسی نمود. کیفیت تجاری جنبه غیر فنی کیفیت خدمات را به خود اختصاص می‌دهد و نشان دهنده کیفیت ارتباط بین شرکت‌ها و خدمت گیرندگان است. این جنبه با قرارداد بین شرکت‌ها و متقاضیان در خصوص شرایط واگذاری انشعاب جدید، شرایط نصب لوازم اندازه گیری،

¹Voltage Quality

²Commercial Quality

³Reliability

شرایط قرائت لوازم اندازه گیری و صدور صورتحساب و نحوه رسیدگی به شکایات و مشکلات بین طرفین در ارتباط است. رگولاتوری در این بخش بر سرعت، دقت و کیفیت خدمت تمرکز دارد به عبارتی مدت زمان لازم برای نصب انشعاب جدید، دقت در نصب و دوره قرائت لوازم اندازه گیری و مدت زمان پاسخگویی از اهمیت ویژه ای برخوردار است. در اکثر کشورها کیفیت تجاری با دستورالعمل ها، ضوابط و استانداردهای انجام کار کنترل و نظارت می شوند.

کیفیت ولتاژ و قابلیت اطمینان، جنبه های فنی کیفیت خدمات هستند. تغییر فرکانس یا نوسان ولتاژ، تغییر کوتاه مدت و بلند مدت ولتاژ از موارد موثر بر کیفیت ولتاژ هستند. کفایت ظرفیت تولید در بلند مدت و تغذیه مشترکین بدون هیچ قطعی، اجزاء اصلی قابلیت اطمینان را تشکیل می دهند. قابلیت اطمینان براساس تعداد و مدت زمان قطعی سنجیده می شود و نشان دهنده توانایی شبکه برای تغذیه مداوم است. شاخص های قابلیت اطمینان به دو دسته شاخص های مبتنی بر مشتری^۱ و شاخص های مبتنی بر بار و انرژی تقسیم بندی می شوند. شاخص های مبتنی بر مشتری از متوسط گیری بدست می آیند. متوسط تعداد قطعی سیستم^۲، متوسط تعداد قطعی های کوتاه مدت^۳، متوسط زمان خاموشی سیستم^۴، متوسط زمان خاموشی مشتری^۵ شاخص های مبتنی بر مشتری می باشند. متوسط تعداد قطعی سیستم نشان می دهد هر مشتری در طول سال بطور متوسط چند بار قطعی را تجربه کرده است. در محاسبه متوسط تعداد قطعی های کوتاه مدت فقط قطعی های کمتر از سه دقیقه در نظر گرفته می شود. متوسط زمان خاموشی سیستم نشان می دهد هر مشترک در طول سال چند ساعت خاموشی را تجربه کرده و متوسط زمان خاموشی مشتری نشان می دهد هر خاموشی چقدر طول کشیده است.

¹Customer Based Indices

²System Average Interruption Frequency Duration Index

³Momentary Average Interruption Interruption Duration Index

⁴System Average Interruption Duration Index

⁵Customer Average Interruption Duration Index

مشهورترین شاخص قابلیت اطمینان مبتنی بر بار و انرژی، مقدار انرژی توزیع نشده^۱ در سال است. در مقایسه سطح قابل اطمینان مخصوصا بین کشورهای مختلف باید در نحوه محاسبه شاخص‌ها دقت نمود. بعنوان مثال در بعضی از کشورها خاموش‌های زیر یک دقیقه و در برخی دیگر خاموشی‌های زیر سه دقیقه محاسبه نمی‌شوند و در مواردی هم مبدا زمانی برای محاسبه قطعی متفاوت است [52].

۴-۴-۱ تنظیم کیفیت خدمات

تنظیم کیفیت خدمات به روش‌های مستقیم^۲ و غیر مستقیم^۳ انجام می‌شود. روش‌های مستقیم عبارتند از جریمه و پاداش، قرارداد کیفیت خدمات و حداقل استاندارد کیفیت. روش‌های متفاوتی برای تنظیم کیفیت در مقالات [53]، [54]، بیان شده است.

انتشار اطلاعات^۴ روش غیر مستقیم و یکی از روش‌های تنظیم کیفیت خدمات شرکت‌هاست. در این روش از شرکت‌ها خواسته می‌شود تا اطلاعات مورد نیاز ذینفعان منجمله شاخص‌های کیفیت خدمات را در مقاطع زمانی مشخصی منتشر نمایند. در عمل روش‌های کیفیت خدمات برای قابلیت اطمینان هم استفاده می‌شوند و عموماً یکی از روش‌های مستقیم به‌مراه روش غیرمستقیم مورد استفاده قرار می‌گیرد. آنچه در قابلیت اطمینان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است وجود اطلاعات مورد اعتماد است لذا بایستی فرآیند جمع‌آوری اطلاعات شفاف، روش جمع‌آوری اطلاعات یکسان، مشخصه‌های جمع‌آوری اطلاعات منطبق بر اهداف و تجهیزات شرکت‌ها باشد. مکان قطعی^۵، نوع قطعی (برنامه‌ریزی شده^۶ یا برنامه‌ریزی نشده^۷)، دلیل خطا^۸، دسته‌بندی قطعی از لحاظ کوتاه یا بلند بودن، تعداد مشترکین مشخصه‌های اصلی هر اتفاق یا قطعی هستند و نیاز است که ثبت شوند.

¹Energy Not Supplied

²Direct Methods

³Indirect Method

⁴Publication of Data

⁵Origin of Interruption

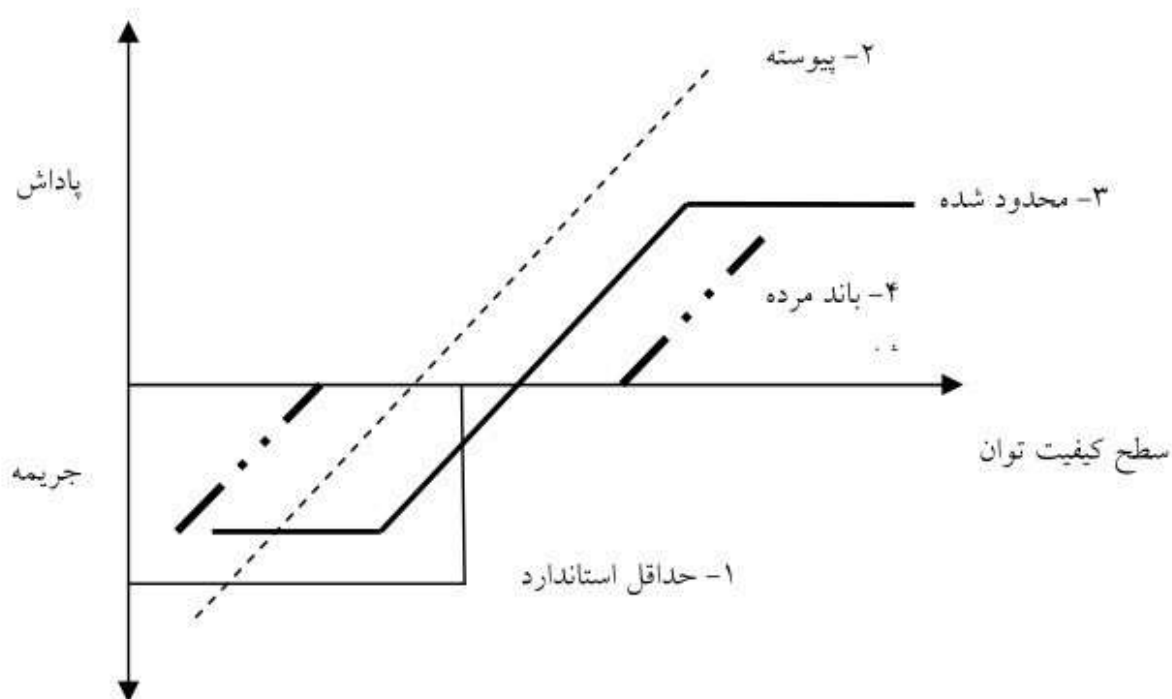
⁶Planned

⁷UnPlanned

⁸Cause of Interruptions

روش تنظیم حداقل کیفیت خدمات با تعریف استاندارد حداقلی برای کیفیت، شرکت‌ها را موظف به رعایت آن می‌کند و در صورت تجاوز از استاندارد، شرکت خاطی را جریمه می‌کند. شایان ذکر است این جریمه برای حفظ کیفیت خدمات در شرکت انگیزه ایجاد می‌کند. تنظیم حداقل کیفیت خدمات مربوط به شرکت‌ها می‌باشد. ارتباط گسسته بین قیمت و کیفیت، سقف و کف جریمه برای تاثیر گذاری و قابلیت اجرا از محدودیت‌های استانداردهای کیفیت می‌باشند. این روش در صورتیکه شرکت‌ها خدمات با کیفیت پایینی را مناسب است. استاندارد های قابلیت اطمینان براساس میانگین و انحراف از استاندارد شاخص‌های قابلیت اطمینان در سال های گذشته تعریف می‌شوند. این استانداردها مدت خاموشی و تعداد قطعی مشترک را مشخص و محدود می‌کنند و در صورتیکه شرکت از استاندارد تعیین شده تخطی نماید جریمه خواهد شد و این جریمه به مشترک تعلق می‌گیرد.

طرح های تشویقی بهبود یافته روش حداقل استاندارد هستند. در این طرح ها کارایی شرکت از طریق مقایسه کیفیت خدمات با کیفیت مورد انتظار ارزیابی می‌شود. میزان پاداش و جریمه براساس میزان دستیابی یا فاصله از هدف پیش بینی شده محاسبه می‌شود. لازم است رگولاتور از ارزش کیفیت خدمات برای مشتری آگاهی کافی داشته باشد. روش‌های پاداش و جریمه از توابع پیوسته و گسسته مختلفی استفاده می‌کنند که بخشی از آنها در شکل ۴-۱۳ نمایش داده شده‌اند [54]



شکل ۴-۱۳ الگوهای پاداش و جریمه برای کیفیت توان

در طرح اول تا رسیدن به حداقل سطح کیفیت جریمه ثابت در نظر گرفته شده، در طرح دوم یک رابطه خطی بین سطح کیفیت و جریمه پاداش برقرار است به گونه ای که با افزایش سطح کیفیت از میزان جریمه کاسته می شود تا جاییکه این جریمه به صفر می رسد و پس از با افزایش سطح کیفیت پاداش افزایش می یابد. در طرح سوم برای پاداش و جریمه به ترتیب سقف و کف در نظر گرفته شده و بین این سقف و کف رفتار مدل مشابه طرح دو می باشد. در طرح چهارم در محدوده ای که به ناحیه مرده^۱ معروف است جریمه یا پاداشی برای سطح کیفیت اعمال نمی شود و قبل از آن محدوده مشمول جریمه و بعد از آن مشمول پاداش می شود.

استفاده از توزیع احتمال شاخص های قابلیت اطمینان و ارزیابی خطر ناشی از اعمال روش های پاداش و جریمه براساس داده های تاریخی و اطلاعات واقعی شرکت های توزیع در [48] آورده شده است. در [55] چگونگی مدیریت خطر پاداش و جریمه براساس ارزیابی عدم قطعیت قابلیت اطمینان سیستم توزیع ارائه شده است. در [48] نیز چگونگی مدیریت خطر ناشی از پاداش و جریمه با استفاده نتایج محاسبه

¹Dead Band

شاخص‌های قابلیت اطمینان با استفاده از روش مونت کارلو تشریح شده است. در [56] روشی برای تخمین پارامترهای مدل پاداش و جریمه براساس شاخص‌های قابلیت اطمینان با توجه به اهمیت آنها ارائه شده است. در [57] یک روش برای تخمین بهینه پارامترهای پاداش و جریمه ارائه شده است. در [55] و [48] از آنجاییکه مقادیر پارامترهای روش پاداش و جریمه بر روی خطر شرکت‌های توزیع موثر است، بر روی خطر و چگونگی مدیریت آن هنگام اعمال پاداش و جریمه تمرکز شده است.

۴-۴-۲ قرارداد های کیفیت خدمات

در صورتیکه قرار به تعیین سطح کیفیت و قیمت خدمات باشد بین شرکت و مشترک قرارداد کیفیت خدمات منعقد می‌شود و در صورتی که سطح کیفیت تامین نشود، شرکت مجبور به پرداخت جریمه می‌شود. این نوع قرارداد باعث تشویق شرکت به سطوح بالا و متنوع کیفیت خدمات می‌شود و برای مشتری مزایای زیادی دارد. مشابه قرارداد های بیمه، در این نوع قرارداد مشترک مبلغی را مشابه حق بیمه پرداخت می‌کند و در قبال پرداخت این مبلغ، شرکت توزیع مشابه شرکت‌های بیمه سطح پوشش قابلیت اطمینان را برای مشترک در نظر می‌گیرد. در چنین شرایطی مشترک با توجه به قابلیت اطمینانی که نیاز دارد سطح پوشش را انتخاب می‌کند و در صورت بروز خاموشی مغایر سطح تعهد شده از شرکت توزیع خسارت در یافت می‌کند. در این شرایط، شرکت توزیع در معرض دو انتخاب قرار دارد یا قابلیت اطمینان را بهبود دهد یا حق بیمه را صرف پرداخت خسارت به مشترک کند.

در چنین شرایطی خدمت تحویل^۱ و قابلیت اطمینان خدمت از هم جدا می‌شوند و مشتری به میزانی که از قطع برق خسارت می‌بیند و یا احتمال خسارت دارد نسبت به انتخاب سطح قابلیت اطمینان و پرداخت حق بیمه متناسب با آن اقدام می‌کند.

برای تنظیم کیفیت خدمات در اولین قدم به اطلاعات مطمئنی از سطح واقعی کیفیت خدمات می‌باشد. یکی از اهداف رگولاتور آگاهی از سطح واقعی کیفیت خدمات است. از دیگر اهداف رگولاتور تعیین کمترین سطح خدمات و تعهد به حفظ آن برای مشترکین است. رگولاتور می‌تواند از طریق شیوه‌های

¹Delivery

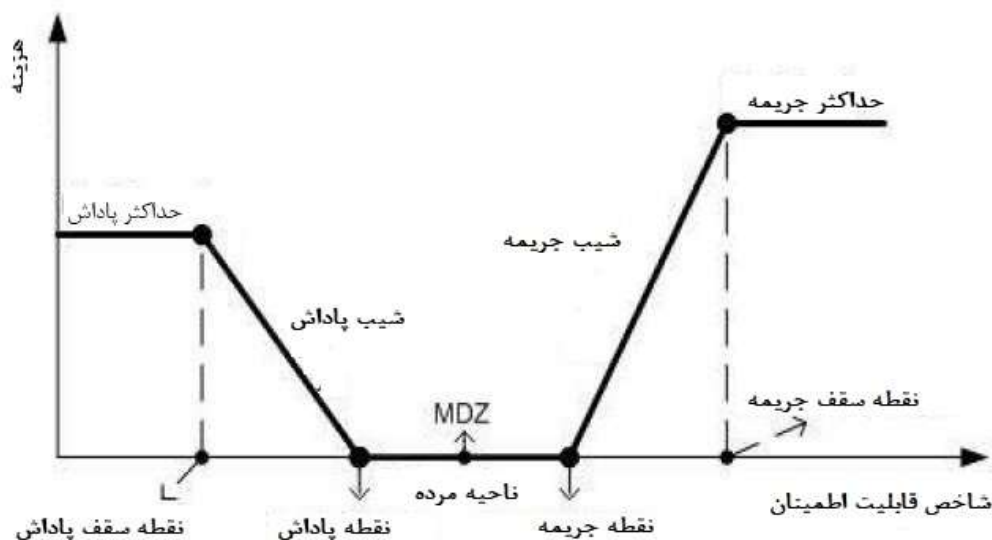
جریمه و پاداش از بهینه سطح کیفیت خدمات آگاهی پیدا کند. از طرفی رگولاتور به مشترکین خاص که نیاز به سطح بالاتری از کیفیت خدمات دارند هم توجه می‌کند. مشترکین خاص که نیاز به سطح بالاتری از میانکین کیفیت خدمات دارند، فضایی را برای ایجاد یک بازار واقعی برای سطح بالای کیفیت خدمات ایجاد می‌کنند[52].

در صورتی کیفیت در فرآیند تصمیم‌گیری شرکت‌ها وارد می‌شود که حداکثر رفاه اجتماعی، سطح بهینه کیفیت^۱ تعریف شود. چون شرکت در صورتیکه بخواهد حداکثر رفاه اجتماعی را فراهم کنند در عمل بهینه کیفیت را رعایت کرده است. از مشکلات این تعریف نیاز شرکت به اطلاعات جامع از تمایلات مشتریان و نحوه توزیع درآمد است[58] در [59] برای تعیین هدف کیفیت پیشنهاد شده از سطح کیفیت در گذشته یا سطح کیفیت در سایر مناطق یا سطح کیفیت به صورت توافقی و تدریجی استفاده شود.

۴-۵ روش‌های پاداش و جریمه

حالت کلی روش پاداش و جریمه مطابق با شکل ۴-۱۴ مبتنی بر سه ناحیه می‌باشد. به منظور جلوگیری از تاثیر تغییرات محدود حول متوسط قابلیت اطمینان بر شیوه جریمه و پاداش، ناحیه‌ای تحت عنوان ناحیه مرده در نظر گرفته می‌شود که در آن به شرکت‌ها پاداش یا جریمه ای تعلق نمی‌گیرد. اگر شاخص قابلیت اطمینان بالاتر از ناحیه مرده قرار گیرد، شرکت مشمول پاداش و در صورتی که شاخص پایین تر از ناحیه مرده قرار گیرد شرکت مجبور به پرداخت جریمه می‌شود. به منظور کاهش خطر برای شرکت‌ها و مشترکین برای میزان پاداش و جریمه علیرغم افزایش یا کاهش قابلیت اطمینان سقف و کفی در نظر گرفته و اعمال می‌شود[55].

¹Optimal Quality



شکل ۴-۱۴ نقاط کلیدی در تنظیم جریمه و پاداش

برای محاسبه مرکز ناحیه مرده^۱ از متوسط اندازه شاخص‌های قابلیت اطمینان در سنوات گذشته استفاده می‌شود. بصورت طبیعی شرکت‌هایی که در سطح پایین تری از کیفیت خدمات قرار دارند فرصت رشد بیشتری برای ارتقاء شاخص پیدا می‌کنند [52]. شورای تنظیم انرژی اروپا در بعضی از کشورهای اروپایی شرکت‌های با سطح کیفیت خدمات پایین را موظف کرد تا شاخص قابلیت اطمینان خود را بیش از شرکت‌هایی که در سطح بالاتری قرار دارند افزایش دهند. در ایتالیا میزان بهبود نسبت به مرکز ناحیه مرده بصورت منطقه ای تعریف می‌شود و بین صفر تا شانزده درصد متغیر است [60]. معمولاً بیشترین بهبود در شاخص قابلیت اطمینان توسط روگولاتور و براساس داده‌های تاریخی شرکت‌های سرآمد مشخص و از سایر شرکت‌ها انتظار می‌رود که به همان میزان سطح قابلیت اطمینان را افزایش دهند. اندازه ناحیه مرده^۲ از میانگین و انحراف از میانگین شاخص‌های قابلیت اطمینان در سنوات گذشته استخراج می‌شود [48]. اندازه ناحیه مرده می‌تواند حاصل توافق روگولاتور و شرکت توزیع باشد. شورای تنظیم انرژی اروپا در اکثر کشورها ناحیه مرده را بین پنج تا پانزده درصد نسبت به مرکز ناحیه مرده متغیر تعریف کرده است. برای تعیین اندازه ناحیه مرده می‌توان در هر ناحیه با توجه به شرایط آب و هوایی و محیطی مقدار متوسط انحراف معیار

^۱Midpoint of Dead Zone

^۲Dead zone width

را متفاوت در نظر گرفت. نقطه پاداش^۱ و نقطه جریمه^۲ به ترتیب با کم کردن و اضافه کردن نصف اندازه انحراف از میانگین به نقطه مرده به دست می آید. اگر یک شرکت توزیع کارا (مقدار کارایی آن یک) باشد، نقطه سقف پاداش از کم کردن مقدار انحراف معیار از مرکز ناحیه مرده بدست می آید. ولی اگر شرکت توزیع ناکار باشد، از مقادیر مازاد برای محاسبه نقطه سقف پاداش استفاده می شود. مقدار در شاخص خاموشی برای یک شرکت ناکارا برابر با مقدار کاهشی که باید در آن شاخص داشته باشد. از آنجاییکه هزینه برق برای مشترکین شرکت های کارا و ناکارا یکی هست، طبیعی است که انتظار قابل اطمینان برق مشترکین شرکت های ناکارا به اندازه شرکت های کارا باشد، لذا سقف پاداش شرکت های ناکارا از تفاوت مازاد و متوسط شاخص قابلیت اطمینان حاصل می شود. در موارد خاص، اگر تفاضل مازاد و متوسط شاخص قابلیت اطمینان برای شرکتی کمتر از نقطه پاداش باشد، نقطه سقف پاداش آن شرکت مشابه شرکت کارا و از تفاضل مرکز ناحیه مرده و انحراف معیار ناحیه مرده محاسبه می شود. این روش کمک می کند تا در بلند مدت سطح قابلیت اطمینان شرکت ها با هم مساوی شود. سقف پاداش^۳ و سقف جریمه^۴ باید متناسب با هزینه خاموشی مشترکین باشد. معمولاً اطلاعات دقیقی از هزینه خاموشی مشترکین در دسترس نیست. در مواردی این هزینه از طریق نظرسنجی از مشترکین استخراج می شود. با توجه به خطری که در تعیین جریمه و پاداش برای شرکت ها و مشترکین وجود دارد، معمولاً درصدی از درآمد شرکت ها بعنوان سقف پاداش در نظر گرفته می شود تا از تشویق مضاعف شرکت ها برای تعهد به پوشش سطح بالایی از قابلیت اطمینان جلوگیری شود [52]. از آنجاییکه بیشتر تمرکز در روش پاداش و جریمه افزایش کیفیت خدمات شرکت های است که در سطح پایینی از کیفیت خدمات قرار دارند، شیب جریمه متناسب با کارایی شرکت ها تنظیم می شود. به عبارتی هر چه مقدار کارایی شرکت کمتر باشد، شیب جریمه بیشتر است.

¹Reward Point

²Penalty Point

³Max Reward

⁴Max Penalty

۴-۶ کیفیت خدمات در کشورهای مختلف [61][34],[60],

در طرح جریمه و پاداش اجرا شده در ایتالیا یک مقدار استاندارد برای قابلیت اطمینان براساس متوسط مدت زمان قطعی در نظر گرفته شده و پنج درصد کمتر و بیشتر از این مقدار بعنوان ناحیه مرده پیش بینی شده است. خارج از این ناحیه در صورت کمتر بودن مقدار واقعی، متوسط مدت زمان قطعی شرکت پاداش دریافت می کند و بیشتر بودن شرکت جریمه می شود. در این طرح هزینه خاموشی مشترکین شهری و روستایی بصورت متفاوت و با اعمال ضریب در محاسبات جریمه و پاداش در نظر گرفته شده است. تعریف و اجرای مقررات مبتنی بر عملکرد برای بهبود قابلیت اطمینان در کشور ایتالیا منجر به کاهش زمان قطعی شده است.

در کشور نروژ با استفاده از یک مدل رگرسیونی^۱ انرژی توزیع نشده با در نظر گرفتن سوابق قابلیت اطمینان، انرژی تحویلی، شرایط آب و هوایی و توسعه شبکه تخمین زده می شود و مقدار آن با مقادیر واقعی مقایسه می شود. اختلاف بین مقادیر نشان دهنده بهبود و یا افت کیفیت خدمات است و براساس آن درآمد شرکت ها افزایش یا کاهش می یابد.

در کشور هلند دوره قانون گذاری سه ساله است و تغییر کیفیت خدمات به مشترکین خانگی و غیرخانگی با محاسبه متوسط زمان خاموشی سیستم در پایان هر دوره نسبت به دوره قبل تعیین کننده مقدار درآمد هر شرکت است.

در کشور پرتغال با استفاده از روش پاداش و جریمه باند مرده و با مبنا قراردادن انرژی توزیع نشده بصورتی ضریبی از انرژی تحویلی، مقدار درآمد مجاز تعیین می شود. اگر انرژی توزیع نشده بیشتر از مبنا (پس از جمع یک مقدار ثابت) تعیین شده باشد درآمد شرکت کم می شود و اگر انرژی توزیع نشده کمتر از مقدار مبنا (پس از کسر یک مقدار ثابت) تعیین شده باشد به درآمد شرکت اضافه می شود و در ناحیه مرده درآمد شرکت ثابت می ماند.

¹Regression Model

۵ فصل

۵-۱ مدل روشنایی معابر

به منظور نشان دادن تاثیر هزینه های دوره عمر در مدل مدیریت بار بلند مدت و مدیریت دارایی ها، چراغ روشنایی معابر بعنوان یکی از دارایی ها و اجزاء شبکه توزیع انتخاب شده است. مهم ترین دلیل استفاده از چراغ، مشخص بودن عمر قطعات جانبی آن در استانداردها و مشخصات فنی منتشر شده توسط تولید کنندگان است. از دیگر دلایل تاثیر پذیری کم آن از بهره برداری سایر بخش های شبکه و تاسیسات، تاثیر منفی کمتر عوامل خارجی (مشترکین، پیمانکاران، مسئولین و...) بر فرآیند نگهداری و تعمیرات و مشخص بودن داده های مورد نیاز برای مدلسازی بوده است. بدیهی است مدل نهایی در صورت محیا بودن داده های مورد نیاز برای تک تک اجزاء سیستم توزیع قابل تعمیم و توسعه می باشد.

همه ساله براساس بودجه های سنواتی، منابعی برای سرمایه گذاری در بخش ایجاد روشنایی معابر جدید و سرویس و نگهداری روشنایی معابر موجود، پیش بینی و هزینه می شود. از آنجاییکه تاکنون مدل جامعی برای مدیریت دارایی های روشنایی معابر ارایه نشده است، لذا در نبود یک مدل، شناخت جامعی از

پارامترها و میزان تاثیر آنها بر بودجه روشنایی معابر وجود ندارد. در صورت وجود یک مدل، تنظیم پارامترها به منظور کاهش هزینه‌هایی تحمیلی و ردیابی اهداف اقتصادی بلند مدت میسر خواهد شد. در این فصل یک مدل برای مدیریت دارایی‌های روشنایی معرفی و کارایی آن با استفاده از داده‌های سال‌های اخیر روشنایی معابر حوزه شمال استان کرمان مورد ارزیابی قرار می‌گیرد و در نهایت خط مشی‌هایی برای تنظیم بهینه بودجه در این زمینه پیشنهاد می‌شود.

نیاز به روشنایی معابر در صورت وجود معبر و نیاز به معبر هم برای فراهم کردن مسیر دسترسی و عبور مرور بین کانون‌های جمعیتی احساس می‌شود. شبکه و تاسیسات روشنایی معابر با پیشرفت و توسعه کانون‌های جمعیتی شامل شهرها، روستاها و آبادی‌ها توسعه می‌یابند. از آنجاییکه دسته‌بندی‌های متنوعی از شهرها، روستا و آبادی‌ها انجام می‌شود این امر به تبع خود منجر به تعریف طرح‌های جامع و تفصیلی و هادی متفاوتی می‌شود که نهایتاً بر حجم سرمایه‌گذاری نوع طراحی و انتخاب فناوری روشنایی معابر تاثیر گذار است. یکی از تفاوت‌ها در طرح‌های جامع و تفصیلی تنوع عرض و تعداد خطوط معبر‌ها می‌باشد. استانداردهای طراحی روشنایی و نرم افزارهای محاسبات روشنایی با توجه به اندازه و ترافیک معبر و برای ایجاد نور یکنواخت و جلوگیری از خیرگی، بودجه سرمایه‌گذاری را از نظر فنی مشخص می‌کنند. عموماً در طراحی روشنایی معابر برای انتخاب نوع تکنولوژی از هزینه‌های دوره عمر برای پیشنهاد گزینه‌های مختلف برای تامین روشنایی استفاده نمی‌شود. یکی از مهمترین دلایل این امر عدم وجود اطلاعات لازم برای محاسبه هزینه‌های دوره عمر می‌باشد. این اطلاعات معمولاً به صورت تجربی از داده‌های برجا مانده از پروژه‌های مشابه قابل احصاء می‌باشند. شایان ذکر است با پذیرفتن عدم قطعیت و یا خطای موجود در داده‌ها و نتایج، امکان وارد کردن هزینه‌های دوره عمر به عنوان یک شاخص در طراحی روشنایی معابر وجود دارد. یکی از اهداف این تحقیق شناسایی عوامل داخلی یا به عبارتی ذات فنی سیستم و تاثیر آنها بر هزینه‌های دوره عمر در یک شرایط عادی کار می‌باشد. از نتایج این تحقیق می‌توان برای مدلسازی این هزینه‌ها و رابطه آن با هزینه سرمایه‌گذاری اولیه و تکنولوژی انتخاب شده برای اجرای پروژه روشنایی معابر استفاده نمود.

در صورتیکه بخش دیگری از هزینه‌ها که به هزینه‌های تحمیلی موسوم هستند، عملاً حاصل از عوامل خارجی و یا شرایط غیرعادی هستند که بخشی از آنها در طراحی پیش بینی شده و قابل اعمال هستند و بخش دیگری از عوامل در برنامه‌ریزی‌ها و طرح ریزی‌ها پیش بینی نشده‌اند درحالیکه باید شناسایی و تبعات آنها کنترل و مدیریت شود. با توجه به اهمیت، این عوامل به صورت زیر قابل دسته‌بندی و تعریف هستند:

- ۱- عوامل جوی و آب و هوایی
- ۲- عوامل فرهنگی و اجتماعی
- ۳- عوامل محیطی- سرمایه‌گذاری
- ۴- عوامل محیطی- سرویس و نگهداری
- ۵- عوامل ساختاری و فنی-سرمایه‌گذاری
- ۶- عوامل ساختاری و فنی- سرویس و نگهداری
- ۷- عوامل سازمانی

شرکت توانیر بعنوان رگولاتور برای کاهش تاثیر عوامل بر هزینه‌های دوره عمر، معیارهای کنترلی، تشویقی و تنبیهی تعریف می‌کند تا فاصله بین هزینه ناشی از عوامل ذاتی با هزینه واقعی - ناشی از هزینه تحمیلی-را کاهش دهد.

در مدل پیشنهادی در این تحقیق هزینه‌های بهره برداری برای شرایط عادی و براساس طول عمر ادعا شده توسط سازندگان محاسبه می‌شود. در مراحل بعد مقایسه ای بین هزینه‌های واقعی و هزینه‌های استخراج شده از مدل انجام خواهد شد. تفاوت هزینه‌های واقعی و هزینه‌های برآورد شده با مدل ناشی از عوامل زیر می‌باشد:

الف- عوامل آب و هوایی: دما، رطوبت، برف، باران و وزش باد از عوامل موثر در نگهداری تاسیسات روشنایی معابر هستند. حداقل، حداکثر و میانگین دما و رطوبت، تعداد روزهای گرم، سرد و یخبندان سال از شاخصه‌های تاثیر عوامل جوی بر تاسیسات و نیروی کار هستند و باعث سختی کار و کاهش بازدهی نیروی

انسانی می‌شوند. وزش باد، برف و باران، کولاک و مه از عوامل هزینه‌زا در نگهداری روشنایی معابر هستند.

ب- عوامل فرهنگی و اجتماعی: این عوامل عموماً ریشه در فرهنگ و سبک زندگی در هر منطقه دارند. میزان پویایی و رونق کسب و کارها و فعالیت‌های فرهنگی، اجتماعی و اقتصادی در شب در نهایت منجر به سطح مطلوب‌تری از روشنایی معابر خواهد شد. بدیهی است معضلات اجتماعی ناشی از اعتیاد، بیکاری و فقر در مواردی منجر به تخریب و سرقت اموال روشنایی معابر می‌شود.

ج- عوامل محیطی- سرمایه‌گذاری: این عوامل عموماً متأثر از موقعیت جغرافیایی و شرایط اجتماعی، اقتصادی، سیاسی و امنیتی هستند. جاذبه‌های گردشگری که از آن جمله می‌تواند به جاذبه‌های تاریخی، مذهبی، تفریحی اشاره نمود. شایان ذکر است جاذبه گردشگری ضمن اینکه تأثیر فرهنگی بر میزبان دارند منجر به افزایش سهم روشنایی معابر در این مناطق می‌شوند. عوامل سیاسی، امنیتی مخصوصاً در مناطق مرزی از دیگر عوامل مؤثر بر اختصاص سطح بالاتری از منابع برای ایجاد روشنایی معابر می‌باشند. با توجه به اینکه با متولیان موازی در مبحث روشنایی معابر منجمله شرکت‌های توزیع برق، شهرداری‌ها، دهیاری‌ها، راه و شهرسازی و میراث فرهنگی و گردشگری مواجه هستیم نحوه تعامل و ارتباط بین این سازمان‌ها نقش مهمی در اختصاص و صرف منابع در حوزه روشنایی دارد.

د- عوامل محیطی- سرویس و نگهداری: این عوامل به صورت مستقیم و یا غیر مستقیم بر افزایش هزینه‌های بهره‌برداری از تاسیسات روشنایی معابر تأثیر گذار هستند. این عوامل عبارتند از قوانین سرعت در بزرگراه‌ها و شریان‌های اصلی که منجر به محدودیت‌های زمانی برای انجام کار و هزینه‌ها مضاعف ایمن سازی محیط کار می‌شود، وضعیت ترافیک مخصوصاً در معابر اصلی که منجر به افزایش مدت زمان دسترسی به تاسیسات روشنایی و افزایش هزینه‌های جابجایی می‌شود، پراکندگی تاسیسات روشنایی معابر در واحد سطح، آلودگی هوا که می‌تواند منجر به کاهش بهره‌وری لامپ‌ها شود و مدت زمان کار ایمن برای گروه‌های کاری را کاهش دهد، آلودگی خاک و یا هوا که منجر به خوردگی تاسیسات و کاهش عمر اسمی تاسیسات می‌شود. وزش باد و لرزش نیز بسته به فراوانی و شدت وقوع منجر به آسیب در تاسیسات روشنایی معابر می‌شوند.

ه- عوامل ساختاری و فنی - سرمایه‌گذاری: ساختار شبکه روشنایی از منظر نوع پایه (فلزی یا بتنی)، تعداد شعله روشنایی روی هر پایه، نوع شبکه (سیمی یا کابلی)، نوع اجرای شبکه (هوایی-زمینی)، انتخاب فناوری و نوع چراغ متنوع است. علاوه بر ساختار شبکه و تاسیسات روشنایی معابر، فناوری، ماشین‌الات و فرآیند های تولید مواد و مصالح و کالا های مصرفی، انطباق آنها با استانداردها، رعایت استانداردها و فرآیند های صحیح اجرا در هزینه تمام شده پروژه در دوره عمر موثر هستند. بیشترین هزینه نگهداری در دوره عمر مربوط به انتخاب نوع چراغ و لامپ است که در ادامه به تفصیل مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

و- عوامل ساختاری و فنی - سرویس و نگهداری: انتخاب ساختار و فناوری روشنایی معابر هزینه‌های سرویس نگهداری متفاوتی را تحمیل خواهد کرد. علاوه بر ساختار شبکه و تاسیسات روشنایی معابر، ساختار کلی شبکه‌های و تاسیسات برق نقش مهمی در کیفیت پارامترهای الکتریکی و شاخص‌های قابلیت اطمینان دارد. وجود و اجرای دستورالعمل و استانداردهای بازدید و سرویس تاسیسات روشنایی معابر از دیگر عوامل غیرقابل چشم‌پوشی در دوره عمر می‌باشند. بیشترین هزینه نگهداری در دوره عمر مربوط به انتخاب نوع فناوری است که در ادامه به تفصیل مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

ز- عوامل سازمانی: نوع قرارداد کار با پیمانکار سرویس و نگهداری و به تبع آن نوع قرارداد پیمانکار با نیروی انسانی از عوامل مهم و تاثیر گذار بر کیفیت خدمات می‌باشد، نوع قرارداد کار با ماشین‌آلات سبک و سنگین، ادغام یا جداسازی این قرارداد با قرارداد کار نیروی پیمانکاری می‌تواند معایب و مزایای متنوعی را به دنبال داشته باشد. آموزش نیروی کار از جنبه های دانشی و مهارتی و تامین و استفاده به جا از ابزار کار و ایمنی نقش مهمی در سرعت و کیفیت اقدام ها در حوزه سرویس و نگهداری دارد و فرهنگ سازمانی در این حوزه را شکل می‌دهد. و ابزار کار، آموزش، انگیزه و مهارت نیروی انسانی)

از انجائیکه عوامل متعددی بر فرآیند ایجاد و بهره‌برداری از روشنایی معابر تاثیر گذار هستند، لذا اهرم‌های کنترل و نظارت در این زمینه برای افزایش میزان رضایت مندی مردم ضروری به نظر می‌رسند. این اهرم‌ها را در سه دست کلی اهرم انگیزشی، اهرم ارزیابی، اهرم مالی می‌توان دسته‌بندی نمود

الف- اهرم انگیزشی: بصورت طبیعی در صورت شناسایی شاخصه های مهم در رضایت ذینفعان و

امکان اندازه‌گیری صحیح این شاخص‌ها شیوه جریحه و پاداش برای پیمانکاران، نیروی کار و سایر عوامل موثر نقش مهمی در ایجاد و سرویس و نگهداری روشنایی معابر دارد.

ب- اهرم ارزیابی: ارزیابی در حوزه روشنایی معابر از منظرهای متفاوتی قابل تعریف است و رویه‌ها و معیارهای ارزیابی متنوعی در این خصوص تعریف شده و یا قابل تعریف می‌باشند. عموماً شرکت توانیر بعنوان سیستم حکمرانی و نظارت تمرکز بر شاخص‌های فنی در زمینه کیفیت و کمیت پارامترهای الکتریکی دارد و سیاست‌گذار انتخاب فناوری و ابلاغ استانداردها در این خصوص می‌باشد و شروع رویه‌های کاری آن با خود ارزیابی است و در ادامه نظر کارشناسان و صاحب نظران مشرف به موضوعات اخذ می‌شود. مردم بعنوان بخش مهمی از ذینفعان از منظر کیفیت و کمیت خدمات در زمینه روشنایی معابر را ارزیابی می‌کنند. بخش دیگری از ارزیابی‌ها توسط نهادهای متولی یا مسئولین در حوزه‌های اجتماعی، سیاسی و امنیتی انجام می‌شود.

ج- اهرم مالی: صاحبان سهام یا به عبارتی مالکین تاسیسات عموماً افزایش درآمدها و کاهش هزینه‌ها را بعنوان اهرم یا به عبارتی معیاری برای ارزیابی مورد استفاده قرار می‌دهند. بصورت طبیعی حفظ هر سیستم اقتصادی مستلزم بودجه‌ریزی در بخش سرمایه‌گذاری از حیث منابع و مصارف و در بخش جاری از حیث درآمد و هزینه می‌باشد. بخشی از هزینه‌های برق مصرفی و سرویس و نگهداری تاسیسات از مردم بصورت غیرمستقیم اخذ می‌شود و بخشی از آن به عنوان مسئولیت اجتماعی دولت و وزارت خانه‌های مرتبط از سرفصل‌های جاری و عمرانی کشور تامین و هزینه می‌شود.

از آنجائیکه علاوه بر عوامل فوق الذکر موارد غیر مترقبه و یا غیر قابل پیش بینی منجر به هزینه‌های پیش بینی نشده می‌شوند، تاثیر این عوامل بعنوان پیشنهاد قابل تحقیق در بخش پیشنهادات آورده شده است. در ادامه تاثیر هفت عامل موثر بر هزینه‌ها بررسی و پیشنهادهایی ارائه می‌شود. در هر صورت نیاز به تصدیق و تعیین میزان اعتبار مدل می‌باشد. به عبارتی بایستی هزینه‌های واقعی و هزینه‌های برآورد شده شوند. تفاوت می‌تواند ناشی از عوامل هفت گانه فوق الذکر و یا موارد غیر مترقبه و یا غیر قابل پیش بینی باشد. طبیعی است کیفیت داده‌ها نقش قابل توجهی در نتایج دارد.

یکی از معیارهای مهم برای انتخاب فناوری در تصمیم‌گیری‌های مدیریتی، نسبت هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه برای ایجاد تاسیسات روشنایی معابر به هزینه‌های جاری در دوره عمر می‌باشد. رابطه بین هزینه‌ها در دوره عمر به صورت رابطه ۵-۱ قابل تعریف است:

$$INC = INV + IMC \quad ۱-۵$$

در این رابطه INV نشان دهنده سرمایه‌گذاری برای ایجاد تاسیسات و IMC هزینه‌های تحمیلی در حین ایجاد و دوره عمر و INC مجموع هزینه‌های سرمایه‌گذاری و هزینه‌های تحمیلی می‌باشد. عوامل متعددی بر کاهش یا افزایش هزینه‌های سرمایه‌گذاری موثر هستند که این هزینه‌ها را می‌توان به چهار بخش مختلف هزینه کالاهای مصرفی، ماشین‌آلات (جرثقیل، بالابر، وانت و...)، ابزار کار و نیروی انسانی در زمان ایجاد تاسیسات و سرمایه‌گذاری اولیه طبق رابطه ۵-۲ جداسازی نمود:

$$INV = INV_G + INV_I + INV_M + INV_H \quad ۲-۵$$

هزینه‌های تحمیلی را می‌توان به سه بخش اصلی تقسیم نمود:

بخش اول از این هزینه‌ها (IMC1) مربوط به نقص در کیفیت کالا، ابزار کار، ماشین‌آلات و یا کیفیت کار نیروی انسانی در زمان احداث تاسیسات و سرمایه‌گذاری اولیه می‌باشد. لازم به ذکر است منظور از این هزینه، هزینه رفع نقایصی است که در زمان تحویل و تحول پروژه و در دوره گارانتی بروز پیدا نکرده‌اند و از تعهد پیمانکار اجرایی خارج شده و در دوره عمر بروز نموده‌اند.

بخش دوم این هزینه‌ها (IMC2) مربوط به هزینه بازدید و سرویس و نگهداری دوره ای برنامه‌ریزی شده، عملیات عیب‌یابی و رفع خاموشی‌های روشنایی معابر است که به واحدهای اتفاقات و عملیات، بهره‌برداری و سرویس و نگهداری تحمیل می‌شود.

بخش سوم این هزینه‌ها (IMC3) مربوط به انرژی مصرفی مازاد بر نیاز به دلیل روشن شدن زودهنگام، تلفات نوری و تلفات الکتریکی می‌باشد. این هزینه‌ها در قالب رابطه ۵-۳ قابل بیان می‌باشد:

۳-۵

$$IMC = IMC1 + IMC2 + IMC3$$

موضوع مورد توجه در این تحقیق هزینه‌های عملیات بهره‌برداری روشنایی معابر یا به عبارتی

هزینه‌های تحمیلی رفع خاموشی در دوره عمر می‌باشد و با رابطه ۴-۵ نمایش داده می‌شود:

۴-۵

$$IMC2 = IMC_G + IMC_I + IMC_M + IMC_H$$

این هزینه‌های را می‌توان به چهار بخش مختلف، IMC_G هزینه تحمیلی کالاهای مصرفی، IMC_M

ماشین آلات (بالابر)، IMC_I هزینه ابزار کار و IMC_H هزینه نیروی انسانی برای رفع خاموشی روشنایی معابر

جداسازی نمود. با توجه به اینکه ابزار کار و ایمنی جزو لاینفک فعالیت نیروی انسانی هستند، می‌توان

هزینه‌های نیروی انسانی و ابزار کار را در هم ادغام و رابطه ۵-۵ را تعریف نمود:

۵-۵

$$IMC2 = IMC_G + IMC_{HI} + IMC_M$$

در این رابطه IMC_G هزینه کالاهای مصرفی، IMC_M هزینه ماشین آلات (بالابر) و IMC_{HI} هزینه

نیروی انسانی و ابزار کار و ایمنی می‌باشد. بررسی‌ها نشان می‌دهد هزینه کالاهای مصرفی بیش از شصت

درصد هزینه‌های تحمیلی را به خود اختصاص می‌دهد. جداسازی هزینه‌های مواد مصرفی را می‌توان با رابطه

۶-۵ نشان داد:

۶-۵

$$IMC_G = N_L * LC + N_B * BC + N_S * SC + N_I * IC + N_C * CC$$

در این رابطه IMC_G هزینه کالاهای مصرفی، LC هزینه هر عدد لامپ، N_L تعداد لامپ مصرفی، BC

هزینه هر عدد بالاست، N_B تعداد بالاست مصرفی، SC هزینه هر عدد استارتر، N_S تعداد استارتر مصرفی، IC

هزینه هر عدد سرپیچ و N_I تعداد سرپیچ‌های مصرفی، CC هزینه هر عدد خازن و N_C تعداد خازن مصرفی

در یک دوره زمانی مشخص می‌باشد. با توجه به قیمت و تعداد لامپ مصرفی در شبکه‌های روشنایی معابر

بیش از هفتاد درصد از هزینه‌های کالای مصرفی مربوط به لامپ می‌باشد. شایان ذکر است مقادیر فوق‌الذکر

مربوط به چراغ‌های روشنایی معابر با لامپ‌های تخلیه گازی و قطعات جانبی این چراغ‌هاست و در

خصوص سایر تکنولوژی ها نسبت هزینه لامپ و قطعات جانبی متفاوت است که در این تحقیق به آن پرداخته نشده است.

در صورتیکه عمر نامی اعلام شده توسط سازنده را مبنایی برای برآورد تعداد لامپ مصرفی در یک دوره زمانی مشخص قرار دهیم در صورت داشتن داده‌های واقعی از میزان مصرف در همان دوره زمانی امکان مقایسه عملکرد بین شرکت‌های توزیع مختلف و یا شهرهای مختلف فراهم می‌شود و از آن می‌توان به عنوان معیاری برای محک‌زنی شرکت‌ها و شهرها در حوزه روشنایی معابر استفاده نمود.

ردیف یک جدول ۵-۱ سهم عوامل کلی هزینه‌های ایجاد یک پروژه روشنایی معابر را نشان می‌دهد. کلیه کالاها و مواد و مصالح مصرفی مورد استفاده، ابزار کار، ماشین آلات ساخت داخل در نظر گرفته شده‌اند. ردیف دوم جدول ۵-۱ سهم هزینه‌های بهره‌برداری در در دوره عمر تاسیسات روشنایی معابر می‌باشد. فعالیت‌های تعمیر و تعویض قطعات معیوب روشنایی به صورت هزینه‌های نیروی انسانی به ازای هر مورد رفع عیب و هزینه‌های مربوط به ماشین آلات (بالابر) بصورت ساعتی و از طریق صنف مربوطه به صورت سالیانه مشخص می‌شود.

جدول ۵-۱ سهم هر یک از عوامل بر هزینه سرمایه‌گذاری و سرویس و نگهداری روشنایی معابر

هزینه نیروی انسانی	هزینه ماشین آلات	هزینه ابزار کار	هزینه مواد و مصالح	عامل
۱۰٪-۲۵٪	۴٪	۱٪	۷۰٪-۸۵٪	هزینه سرمایه‌گذاری
۲۴٪	۱۵٪	۱٪	۶۰٪	هزینه سرویس و نگهداری

به منظور نشان دادن هزینه‌های تحمیلی اضافی ناشی از نقص در کیفیت کار نیروی انسانی، کیفیت ماشین آلات، کیفیت ابزار کار، کیفیت کالاها و مواد و مصالح که منجر به کاهش بهره‌وری می‌شود به ترتیب از ضرائب $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ استفاده شده است. درصد تاثیر این نقایص به عامل می‌تواند به صورتی جمع، ضرب یا ترکیبی از آنها باشد. در بهترین حالت و ایده‌آل ترین حالت درصد تاثیر صفر می‌باشد.

الف- ضریب تاثیر نیروی انسانی: میزان دانایی، توانایی، انگیزه و کار گروهی از عوامل تاثیر گذار بر

این ضریب می‌باشند. این ضریب به صورت رابطه ۵-۷ قابل تعریف است

۷-۵

$$\delta = \delta_1 * \delta_2 * \delta_3 * \delta_4$$

که در این رابطه δ_1 نقص در آموزش (دانایی) نیروی انسانی می باشد. δ_2 مربوط به نقص در مهارت (توانایی) نیروی انسانی است و δ_3 نقص در انگیزه نیروی انسانی، δ_4 ضعف در انجام کار به صورت گروهی تعریف می شود که در بهترین حالت δ باید صفر باشد.

ب- ضریب تاثیر ماشین آلات: عدم وجود، عدم کفایت و یا نقص در شیوه های فنی و ایمنی ماشین آلات علی الخصوص بالابر نقش مهمی در کاهش سرعت عمر و افزایش زمان انجام کار و کاهش کارایی نیروی انسانی دارد. به منظور مدل کردن این نقیصه رابطه ۵-۸ قابل تعریف می باشد:

۸-۵

$$\gamma = \gamma_1 * \gamma_2 * \gamma_3$$

که در این رابطه γ_1 عدم کفایت ماشین آلات، γ_2 نقص در شیوه های فنی و ایمنی ماشین آلات و γ_3 در دسترس نبودن ماشین آلات را در زمان نیاز نشان می دهد که در بهترین حالت γ باید صفر باشد.

ج- ضریب تاثیر ابزار کار: سرعت عمل در عیب یابی و انجام درست کار مستلزم وجود ابزار لازم برای اندازه گیری، عیب یابی و رفع عیب می باشد که فقدان یا عدم کیفیت هر یک از آنها ضمن افزایش مدت زمان انجام کار باعث افت کیفیت کار می شود. برای تاثیر دادن این نقیصه رابطه ۵-۹ قابل تعریف است:

۹-۵

$$\beta = \beta_1 * \beta_2 * \beta_3$$

که در این رابطه β_1 عدم کفایت ابزار کار، β_2 نقص در کیفیت ابزار و β_3 در دسترس نبودن ابزار در زمان مورد نیاز را نشان می دهد که در بهترین حالت β باید صفر باشد.

ج- ضریب تاثیر کیفیت کالاها: نقص در فرآیند تولید کالا می تواند در نهایت منجر به کاهش عمر مفید کالا شود. کیفیت مواد اولیه، فناوری و دقت ماشین آلات تولید، کیفیت عملکرد نیروی انسانی و سیستم کنترل کیفی محصول نقش مهمی در کیفیت محصولات خروجی دارند. این تاثیر با رابطه ۵-۱۰ قابل بیان می باشد:

۱۰-۵

$$\alpha = \alpha_1 * \alpha_2 * \alpha_3 * \alpha_4$$

که در این رابطه α_1 نقص در کیفیت مواد اولیه، α_2 نقص در فناوری و دقت ماشین آلات تولید، α_3 نقص در عملکرد نیروی انسانی، α_4 نقص در کنترل کیفی می باشد که α که در بهترین شرایط بایستی صفر باشد. بعد از ایجاد دارایی با فرض اینکه نقصی در طراحی شبکه و تاسیسات روشنایی معابر نباشد نور مطلوب برای معبر فراهم خواهد شد. برای تولید نور، نیاز به مصرف انرژی الکتریکی است. بخشی از این انرژی صرف روشنایی C_{Light} ، بخشی صرف تلفات الکتریکی قطعات داخلی چراغ C_{Loss} و بخش دیگری از انرژی در تبدیل الکتریسیته به نور C_{E2L} تلف می شود. لذا هزینه انرژی در این بخش مربوط به هزینه انرژی مصرفی لامپ، هزینه انرژی تلف شده در قطعات جانبی چراغ و هزینه انرژی تلف شده در تبدیل الکتریسیته به نور می باشد. رابطه حاکم در این بخش مطابق ۱۱-۵ می باشد:

$$C_E = C_{Light} + C_{Loss} + C_{E2L} \quad 11-5$$

معابر را می توان به دو دسته کلی اصلی و فرعی تقسیم نمود. علاوه بر عوامل فنی، عوامل غیر فنی بر درصد چراغ های روشن تاثیر گذار هستند. عوامل غیر فنی در معابر اصلی ناشی از حفاری های غیر اصولی توسط عوامل فضای سبز شهرداری، تخریب یا آسیب به تاسیسات به دلیل حوادث رانندگی و در مواردی سرقت کابل و تجهیزات می باشد. عوامل غیر فنی در معابر فرعی عموماً ناشی از مسائل فرهنگی و اجتماعی محلات و تخریب و شکستن لامپ و یا ایجاد اتصالی عمدی در شبکه روشنایی معابر می باشد. درصد چراغ های روشن از رابطه ۱۲-۵ قابل محاسبه است:

$$N_{Light} = N_{HW} * \mu + N_{ave} * \sigma + N * \eta \quad 12-5$$

که در این رابطه σ ضریب چراغ های خاموش و N_{ave} تعداد چراغ خاموش به دلیل تخریب و شکستن لامپ و ایجاد اتصالی عمدی توسط بعضی از عابرین در معابر فرعی می باشد و μ ضریب چراغ های خاموش و N_{HW} تعداد چراغ خاموش بر اثر حفاری غیر اصولی شهرداری و یا حوادث رانندگی و تخریب پایه و چراغ ها، سرقت تاسیسات و در مواردی رعد و برق و صاعقه منجر از شرایط جوی در معابر اصلی می باشد و η ضریب خاموش بودن چراغ و N تعداد چراغ بر اثر نقص فنی می باشد. مدت زمان روشنایی چراغ در شبانه روز از

طریق رابطه ۵-۱۳ قابل توصیف است:

$$T_{Light} = T_d - T_{off} + T_{Lag} + T_{Lead} \quad ۱۳-۵$$

در این رابطه مدت زمان روشن بودن چراغ با در نظر گرفتن مدت مطلوب (T_d) و مدتی که چراغ زودتر از موعد نیاز (T_{Lead}) روشن و یا دیر تر از موعد نیاز (T_{Lag}) خاموش می شود و همچنین مدت زمان خاموش بودن چراغ در بازه زمانی مورد نیاز (T_{off}) محاسبه می شوند. البته میزان لوکس نوری مورد نیاز با توجه به کاهش تردد در معبر می تواند به شکل قابل ملاحظه ای کاهش داده شود که این کار نیاز به هوشمندسازی شبکه روشنایی و در نظر گرفتن عوامل جوی و طبیعی (منجمله برف، باران، مه و کولاک)، موقعیت معبر از منظر قراردادن در بافت تجاری، مسکونی و یا نوع طرح روشنایی از منظر یکطرفه، بولواری در سطح شهر یا جاده ای و حجم آمد و شد دارد. با گذشت زمان و افزایش طول عمر شبکه روشنایی نیاز به سرویس و نگهداری و بهره برداری افزایش می یابد. در این بخش هم برای انجام بهره برداری و سرویس و نگهداری روابط ۵-۱۴ برقرار خواهند بود.

$$\begin{aligned} INV_{OBI} &= C_G + C_I + C_M + C_H \\ IMC_{OB} &= \alpha * C_G + \beta * C_I + \gamma * C_M + \delta * C_H \end{aligned} \quad ۱۴-۵$$

نیاز به اصلاح و بهینه سازی یا به عبارتی تعمیرات اساسی از طریق رابطه ۵-۱۵ قابل بیان می باشد.

$$\begin{aligned} INV_{CBI} &= C_G + C_I + C_M + C_H \\ IMC_{CB} &= \alpha * C_G + \beta * C_I + \gamma * C_M + \delta * C_H \end{aligned} \quad ۱۵-۵$$

بودجه مورد نیاز برای توسعه شبکه روشنایی از طریق تخصیص دولتی (App)، کنسرسیوم (Cons)، مشارکت (Cont) و مشتریان (SHOC) مطابق رابطه ۵-۱۶ تامین می شود.

$$DB = SHOC + APP + Cont + Cons \quad ۱۶-۵$$

میزان انرژی مصرفی از حاصل ضرب توان منصوبه در مدت روشنایی مطابق با رابطه ۵-۱۷ قابل محاسبه می باشد.

۱۷-۵

$$E = P * T = P * T_d + P * (T_{lag} + T_{lead}) - P * T_{off}$$

بودجه مورد نیاز برای بهره‌برداری و تعمیرات اساسی از محل منابع فروش انرژی تامین می‌شود در حالیکه بخشی از این منابع به دلیل هزینه‌های تحمیلی ناشی از عوالم مختلف به هدر می‌روند که برای محاسبه سهم خالص بودجه بهره‌برداری و تعمیرات اساسی باید از هزینه اولیه مطابق با رابطه ۵-۱۸ از منابع حاصل از سهم انرژی کسر شوند.

۱۸-۵

$$OB + CB = SHOE - IMC2(EF, SF, LN, CF, MOT, Age)$$

هزینه تحمیلی انرژی در روشنایی می‌تواند از عمر لامپ، عوامل سازمانی، عوامل اجتماعی و مدت زمان روشن بودن لامپ ناشی شود. تاثیر این عوامل را با ضریب اصلاح مطابق با رابطه ۵-۱۹ نشان می‌دهیم.

۱۹-۵

$$\xi = IMC3(T, SocC, OrgC, Age)$$

با فرض اینکه هر هزینه‌ای ناشی از عوامل ذاتی منجر به ایجاد ارزش در دارایی می‌شود، در این صورت ارزش دارایی‌ها را می‌توان با مجموع بودجه صرف شده برای توسعه، اصلاح و بهره‌برداری پس از کسر هزینه‌های تحمیلی بدست آورد. البته هزینه‌های تحمیلی از عوامل نیز بایستی از این مجموع کسر شود. شایان ذکر است اقتصاد و عوامل اقتصادی خارج از کنترل می‌تواند در ارزش دارایی تاثیر افزایشی یا کاهش‌ی داشته باشند. در شرایط تورمی عموماً اقتصاد منجر به افزایش ارزش دارایی می‌شود. ارزش دارایی به صورت رابطه ۵-۲۰ قابل نمایش می‌باشد.

۲۰-۵

$$W = [1 - f(\alpha, \beta, \gamma, \delta)] * (DB + OB + CB) - IMC(OrgC, SocC, Age, CRS, PL, \dots) \pm ECO$$

خاموشی روشنایی معابر، تعمیر و جایگزینی قطعات، ضایعات، انرژی توزیع نشده، جریمه پرداختی به مشترکین، منابع انسانی، ابزار کار، لوازم ایمنی فردی و گروهی، ماشین آلات سنگین و سبک، انبارش قطعات یدکی، پراکندگی و فاصله محل خاموشی از مرکز اتفاقات، مدت زمان خاموشی، انرژی مصرفی از موارد ایجاد هزینه برای سرویس و نگهداری دارایی روشنایی معابر هستند. تغییر فناوری، استفاده از فناوری‌های جدید، حفظ ضریب نگهداری چراغ از طریق نظافت و شستشو، تنظیم صحیح ساعت فرمان، کاهش

جرم و بزهکاری و احساس امنیت در بین شهروندان عادی، رعایت ایمنی در معابر، بازدید سیستم روشنایی معابر، هماهنگی با عوامل انتظامی، تلفن پاسخگو برای معابر، رعایت عدالت در رفع خاموشی معابر، استفاده از تجهیزات عیب یابی، بازرسی ویژه از مواردی هستند که می‌توانند منجر به کاهش هزینه‌ها در روشنایی معابر شوند.

به منظور مشخص نمودن ابعاد کار انجام شده در این تحقیق، در شکل ۵-۱ عوامل موثر بر سرمایه گذاری و هزینه های دوره عمر شناسایی و با استفاده از علائم اختصاری انگلیسی نشان داده شده اند. عوامل شناسایی شده موثر بر سرمایه‌گذاری، سرویس و نگهداری و مصرف انرژی در روشنایی معابر با توجه به میزان شباهت یا منشاء آنها در گروه های مجزا دسته‌بندی شده اند. رابطه بین عوامل و تاثیر آنها بر بودجه سرمایه‌گذاری، نگهداری و تعمیرات، بهره‌برداری و انرژی مصرفی در روشنایی معابر نمایش داده شده است.

عوامل موثر بر سرمایه گذاری شامل تخصیص، شراکت ها و مشارکت در تامین منابع و...

عوامل موثر بر انگیزه شامل جریمه، پاداش، ارزیابی و...

عوامل موثر بر ارزیابی شامل دولت، صاحبان سرمایه، مشتریان و...

عوامل اقتصادی شامل تورم، سوبسید و...

عوامل فنی شامل نوع و ساختار شبکه، هوایی، زمینی، سیمی، کابلی و...

عوامل آب و هوایی شامل میزان بارش برف و باران، رطوبت و دما و...

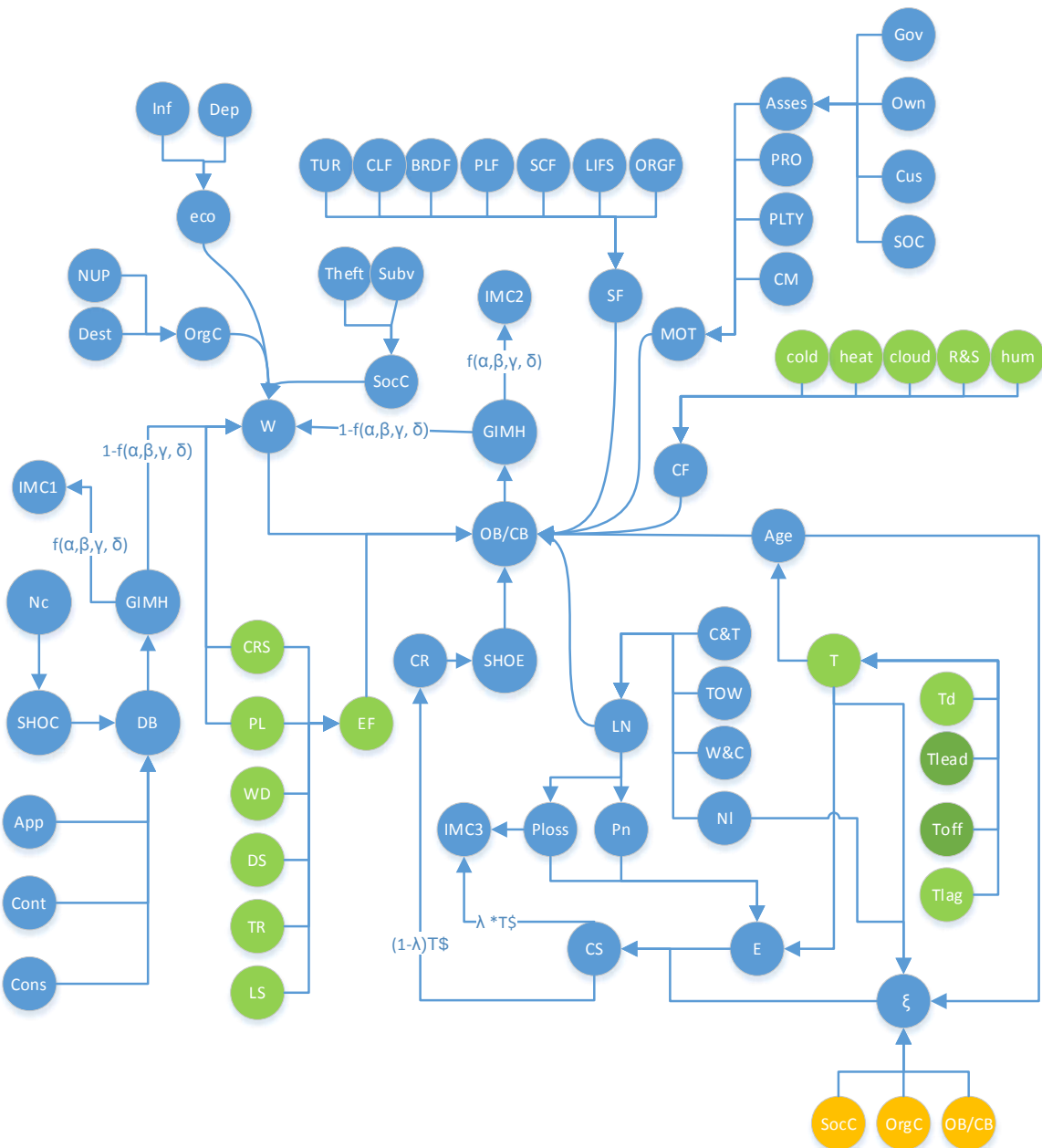
عوامل فرهنگی، باستانی، قومی، سبک زندگی و موقعیت جغرافیایی و...

عواملی آلودگی هوا، خوردگی، تخریب، شلوعی، و...

در جدول ۵-۹ شرح انگلیسی و علائم اختصاری مورد استفاده برای نمایش شمای کلی ارایه شده‌اند.

مدل پیشنهادی در این تحقیق صرفا بر هزینه های نگهداری و تعمیرات در دوره عمر روشنایی معابر ناشی از عوامل ذاتی سیستم تمرکز دارد و مدل سازی و محاسبه تاثیر عوامل خارجی نمایش داده در شکل ۵-۱ را شامل نمی شود. در فصول بعدی هزینه‌های بهره‌برداری روشنایی معابر و تاثیر آنها بر مدل مدیریت

بلند مدت بار و مدیریت دارایی مورد بررسی و تحقیق قرار می گیرد.



شکل ۵-۱ نمودار رابطه بین عوامل مختلف و بودجه‌بندی در روشنایی معابر

۶ فصل

۱-۶ تخمین عمر تاسیسات روشنایی معابر

تخمین عمر یکی از مهمترین معیارها در ارزیابی قابلیت اطمینان و خطر در مدیریت دارایی‌ها می‌باشد. لامپ یکی از المان‌های الکتریکی پرمصرف در شرکت‌های توزیع نیروی برق است که سازندگان، عمر آن را برای نشان دادن مزیت فناوری‌های جدید، توانمندی‌های خود و اقتصادی بودن قیمت‌ها بر روی محصول و در مشخصات فنی درج می‌کنند.

به هر میزان که راستی آزمایی آماری و دقت تخمین عمر لامپ در شرایط آزمایشگاهی بالاتر باشد، امکان موفقیت در تعیین سهم سایر عوامل موثر بر عمر در محیط واقعی بیشتر خواهد بود. لذا تعیین مناسب ترین تابع توزیع احتمال برای تخمین عمر لامپ نیاز اولیه و مورد علاقه شرکت‌های توزیع برق برای سایر

تجزیه و تحلیل ها خواهد بود.

علیرغم گذشت بیش از دو سده از پیدایش لامپ، تحقیقات در زمینه تحلیل آماری عمر آن، سابقه چندانی ندارد [62]. در سال ۱۹۹۰، لف [63] استفاده از تابع توزیع احتمال ویبول را برای مدل کردن عمر لامپ رشته‌ای پیشنهاد و نشان داد تابع ویبول با پارامتر بتا برابر با ۵ تطبیق بیشتری با داده‌های تاریخی دارد. او به این نتیجه رسید گرچه میانگین و نیمه عمر لامپ، تعاریف متفاوتی دارند ولی مقادیر آنها تقریباً یکسان هستند و عمر ثبت شده روی جعبه لامپ‌ها قابل باور است. از سال ۱۹۹۳ تا ۲۰۰۷ تحقیقاتی توسط منون و اگروال [67]–[64] در رابطه با عمر لامپ‌های التهای انجام شد، آنها در رساله [65] ابهام‌هایی که برای اکثر دانشجویان در خصوص مقایسه نیمه عمر و میانگین عمر لامپ در رساله لف [63] پیش آمده بود را تشریح و شفاف نمودند و در رساله [67] برای اولین بار نشان دادند که پس زدن اتم‌های تنگستن از فیلامان داغ از تابع توزیع دوجمله‌ای تبعیت می‌کند. آنها در رساله [66] با استفاده از نتایج تحقیقات قبلی خود و استفاده از نتایج آزمایشگاهی بر روی ۵۰ لامپ، نرخ جایگزینی لامپ‌ها را محاسبه نمودند. در ادامه بینگتون و همکارانش [62] با استفاده از نتایج آزمایشگاهی مندرج در رساله [66] ضریب بقای لامپ را با استفاده از توابع توزیع ویبول، نرمال، نرمال بریده شده و نرمال لگاریتمی محاسبه نمودند و نشان دادند که تابع نرمال بهترین نتیجه و تطبیق را با داده‌های آزمایشگاهی دارد. میرزایی و همکاران [68] یک روش جدید برای تخمین عمر لامپ مبتنی بر تابع توزیع نرمال ارائه نمودند و نتایج مدل را با نتایج حاصل از داده‌های واقعی روشنایی معابر در یک شهرک در حومه اصفهان مقایسه نمودند. با پیشرفت فناوری و استفاده از لامپ‌های ال ای دی در روشنایی معابر زانگ و همکاران [69] برای پیش بینی زمان خرابی لامپ از توابع ویبول سه متغیره، نرمال، نرمال لگاریتمی و معیار آکایک استفاده نمودند و بهترین نتایج با استفاده از تابع ویبول حاصل شد. ابراهیم و همکاران [70] با استفاده از تابع ویبول و داده‌های سرویس و نگهداری روشنایی معابر، عمر لامپ‌های بخار سدیم را تخمین زده‌اند. وانبومل [71] تشریح نمود که زمان مناسب برای تعویض اقتصادی لامپ تخلیه گازی، افت ۲۰ درصدی لومن است که معمولاً با گذشت ۱۵ تا ۲۵ درصد از عمر نامی لامپ رخ می‌دهد.

در پژوهش انجام شده توسط وانبومل، منحنی نوعی بقاء لامپ تخلیه گازی با لامپ رشته‌ای متفاوت ارائه شده است. در این تحقیق قصد داریم مناسب ترین تابع توزیع احتمال برای تخمین عمر لامپ‌های تخلیه گازی را شناسایی و از نتایج بر روی داده‌های واقعی استفاده نماییم. با توجه به بررسی های انجام شده در این پژوهش، از تابع توزیع نرمال برای تخمین عمر لامپ تخلیه گازی استفاده گردید.

۶-۱-۱ پرسش اصلی:

الف- آیا تابع توزیع نرمال برای تخمین عمر لامپ‌های بخارسدیم (گازی) مناسب است. با توجه به نتایج تحقیقات قبلی فرض تحقیق این است که تابع توزیع نرمال مناسب است.

ب- کدام تابع توزیع احتمال، تطبیق بیشتری با داده‌های بقاء لامپ که توسط سازندگان منتشر می‌شود دارد؟

ج- نیمه دوم منحنی بقاء لامپ از چه تابع توزیعی تبعیت می‌کند و چه تاثیری در مطالعات دارد؟

د- آیا با دانستن سهم و احتمال معیوب شدن لامپ در شرایط آزمایشگاهی می‌توان سهم سایر عوامل موثر در معیوب شدن لامپ در محیط واقعی را تعیین نمود؟

ه- آیا در نهایت می‌توان به ارزیابی از کیفیت سرویس و نگهداری واحد های عملیاتی دست یافت؟

۶-۱-۲ ایده اصلی:

تاکنون پژوهشی مبتنی بر نتایج آزمایشگاهی در خصوص منحنی عمر لامپ بخار سدیم انجام نشده است. این در حالی است که بخش عمده ای از روشنایی معابر عمومی در ایران و جهان از طریق لامپ‌ها بخار سدیم تامین می‌شود و توجه به این منحنی منجر به عارضه یابی در تولید و بهره‌برداری از لامپ خواهد شد.

در این پژوهش برای اولین بار توجه ویژه‌ای به نتایج آزمایشگاهی سازندگان لامپ بخار سدیم برای تخمین منحنی بقاء شده و شرایطی فراهم شده تا از داده‌های سهل الوصول در همه شرکت‌های توزیع برای

تحلیل استفاده شود. از طرفی اثر رشد و توسعه سالیانه روشنایی معابر که تاکنون مانعی برای تحلیل و عامل بروز خطا در نتیجه گیری نهایی بوده در محاسبات لحاظ شده است.

۶-۲ ابزارها و محدودیت ها

لامپ‌های مورد استفاده در روشنایی معابر از منظر فناوری تولید، طول عمر و مشخصه های فنی متنوع هستند. در این تحقیق، لامپ‌های بخار سدیم پرفشار که در حال حاضر بیشترین مصرف را در شرکت توزیع نیروی برق شمال استان کرمان دارند مورد بررسی و پژوهش قرار گرفته‌اند. با توجه به محدودیت در دسترسی به اطلاعات سنوات قبل، لامپ ۵۰ وات بخار سدیم که به نسبت سایر نوع ها، محصول جدیدتری است و اطلاعات نصب آن از ابتدا تا کنون در شبکه‌های توزیع شمال کرمان در دسترس است مورد توجه قرار گرفت. یکی از بزرگترین موانع برای چنین پژوهشی دست یابی به داده‌های اولیه مورد نیاز برای تحقیق است. متأسفانه این داده‌ها به اندازه کافی توسط سازنده منتشر نمی‌شوند و عموماً در مستندات بهره‌برداری ثبت و ضبط نمی‌گردند و در واقع شرکت‌ها برای آنها ارزش آماری و اطلاعاتی زیادی قائل نیستند. به همین منظور برای تخمین عمر لامپ به منحنی بقاء منتشر شده توسط تولید کنندگان لامپ استناد شده و محدوده پژوهش، تعدادی از شهرستان های تحت پوشش شرکت توزیع نیروی برق شمال استان کرمان انتخاب شده است.

داده‌های عملکردی در خصوص لامپ سوزی سالیانه از آمار و اطلاعات انبار یا بهره‌برداری شرکت‌های توزیع قابل استخراج هستند. در این پژوهش از این داده‌ها برای ارزیابی کیفیت بهره‌برداری واحد های عملیاتی استفاده شده است. در این پژوهش از مطالعه کتابخانه ای و مطالعه اسناد و مدارک برای تخمین عمر لامپ استفاده شده است. در روند انجام این پژوهش تحلیلی، در ابتدا به مرور تعاریف پرکاربرد در مبحث تجزیه و تحلیل بقاء و قابلیت اطمینان منجمله توابع توزیع احتمال، تابع بقاء، تابع خطر، تابع میانگین عمر باقیمانده برگرفته از مرجع [۷۲] می پردازیم.

تابع توزیع احتمال^۱، یک تابع غیر صفر و صعودی است که احتمال کوچکتر بودن متغیر تصادفی T را از مقدار t نشان می‌دهد و به صورت ۱-۶ تعریف می‌شود:

$$F(t) = P(T < t); \quad 1-6$$

در این رابطه F تابع توزیع احتمال و P احتمال وقوع رویداد است. احتمال اینکه یک شی در هنگام کار در شرایط محیطی عادی عملکرد مورد نظر را برای مدت زمان مشخص انجام دهد، قابلیت اطمینان تعریف می‌شود. در تجزیه و تحلیل بقاء، قابلیت اطمینان را احتمال بقاء^۲ یا زنده ماندن هم می‌نامند و به صورت ۲-۶ تعریف می‌شود:

$$R(t) = S(t) = 1 - F(t); \quad 2-6$$

که در این رابطه $R(t)$ قابلیت اطمینان است که در مواردی با $S(t)$ یا احتمال بقاء هم نشان داده می‌شود. تابع آهنگ خرابی^۳ که به تابع خطر^۴ مشهور است، خطر معیوب شدن یک شی را بعد از سپری شدن زمان t نشان می‌دهد. به عبارتی تاثیر عمر را به صورت واضح تری بر خرابی شی نشان می‌دهد و به صورت ۳-۶ تعریف می‌شود:

$$\lambda(t) = h(t) = -S'(t) / S(t); \quad 3-6$$

که در این رابطه $h(t)$ تابع خطر است که با نماد $\lambda(t)$ هم نمایش داده می‌شود و از تقسیم مشتق تابع بقاء به تابع بقاء حاصل می‌شود. تابع عمر میانگین^۵، میانگین زمان قابل انتظار برای معیوب شدن قطعات غیرقابل تعمیر را در شرایط یکسان توصیف می‌کند و به صورت ۴-۶ نمایش داده می‌شود:

¹ Probability Distribution Function

² Survival Probability

³ Failure Rate Function

⁴ Hazard Function

⁵ Mean Time To Failure(MTTF)

$$MTTF = t_{av} = \int_0^{\infty} S(t).dt; \quad 4-6$$

تابع میانگین عمر باقیمانده^۱ نشان دهنده مقدار عمر باقیمانده بعد از زمان t می باشد و به صورت

۵-۶ محاسبه می شود:

$$m(t) = \left(\int_t^{\infty} S(t).dt \right) / S(t); \quad 5-6$$

تابع عمر میانه، مقدار تابع توزیع احتمال در میانه عمر را به صورت ۶-۶ نشان می دهد:

$$t_{med} = F(1/2); \quad 6-6$$

همانگونه که مشاهده می شود با در اختیار داشتن تابع بقاء سایر توابع از طریق عملیات ریاضی و رابط

حاکم قابل محاسبه هستند. در ادامه توابع بقاء مربوط به توابع توزیع احتمال مورد استفاده در پژوهش معرفی می گردند. تابع بقاء ویبول^۲ به صورت ۷-۶ تعریف شده است.

$$S_w(t) = e^{-(t/\eta)^\beta} \quad 7-6$$

که در این رابطه β پارامتر شکل و η پارامتر مقیاس است. تابع بقاء نرمال^۳ به صورت ۸-۶ تعریف

می شود.

$$S_N(t) = 1 - \int_t^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-(y-\mu)^2/(2\sigma^2)} dy \quad 8-6$$

که در این تابع μ میانگین و σ انحراف معیار است. تابع بقاء نرمال لگاریتمی^۴ به صورت ۹-۶ تعریف

شده است.

¹ Mean Residual life(MRL)

² Weibull Survival Function

³ Normal Survival Function

⁴ Log Normal Survival Function

$$S_{LN}(t) = 1 - \int_t^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2 y^2}} e^{-(\log y - \mu)^2 / (2\sigma^2)} dy \quad ۹-۶$$

تابع بقاء نرمال بریده شده^۱: در صورتیکه برشی از تابع بقاء بین دو نقطه a و b در دسترس باشد با استفاده از تغییر متغیر مندرج در رابطه ۶-۱۰، احتمال وقوع بین دو نقطه محاسبه می‌شود:

$$\alpha = \frac{a - \mu}{\sigma}; \beta = \frac{b - \mu}{\sigma}; Z = \Phi(\beta) - \Phi(\alpha) \quad ۱۰-۶$$

در ادامه با توجه به توابع فوق الذکر و تحقیقات ببینگتون [۶۲] به نتایج جالب توجهی دست یافتیم که در ادامه در خصوص آنها بحث خواهد شد. عمری را که سازنده بر روی محصول درج می‌کند، نتیجه آزمایش روشن بودن تعدادی لامپ در شرایط آزمایشگاهی است. این آزمایش تا زمانیکه نصف لامپ‌ها بسوزند ادامه پیدا می‌کند. به آخرین زمان ثبت شده میانگین عمر لامپ اطلاق و در مشخصات فنی محصول ثبت می‌شود. یکی از مزیت های آزمایش منون و همکاران، که نتایج آن در رساله ببینگتون مورد استفاده قرار گرفته، عدم توقف آزمایش پس از سوختن ۵۰ درصد از نمونه ها و ادامه آزمایش تا سوختن همه لامپ‌هاست. توجه داریم در چنین شرایطی با مشاهده گروهی زمان تا خرابی سروکار داریم.

همانگونه که در ابتدا اشاره شد با استفاده از نتایج آزمایش انجام شده توسط منون و همکاران، محاسبات ببینگتون را تکرار شده است. نتایج محاسبات به شرح جدول ۶-۱ می باشند. آنچه که باید مورد توجه قرار گیرد این است که تابع نرمال بریده شده برای زمانی کاربرد دارد که آزمایش بعد از سوختن ۵۰ درصد از لامپ‌ها متوقف شود به عبارتی در چنین شرایط در آخرین مشاهده ۵۰ درصد از لامپ‌ها سالم هستند و زمان سوختن آنها مشخص نیست. لذا یکبار دیگر محاسبات را با در نظر گرفتن ۵۰ درصد از نتایج آزمایش، مشابه آنچه که سازندگان لامپ ارایه می دهند تکرار کردیم. نتایج حاصل به شرح جدول ۶-۱ می باشند. همانگونه که ملاحظه می‌شود نتایج حاصل از تابع نرمال و تابع نرمال بریده شده برخلاف آنچه که در رساله ببینگتون عنوان شده نمی‌توانند دقیقاً یکسان باشند (نتایج صحیح در ردیف آبی جدول). احتمال دارد محققین قبلی بدون حذف نیمه دوم داده‌های آزمایشگاهی یا به عبارتی بدون فرض توقف آزمایش پس از

¹ Truncated NSF

سوختن ۵۰ درصد از لامپ‌ها، محاسبات توزیع نرمال بریده شده را انجام داده باشند که با نتایج تابع توزیع نرمال یکسان گزارش شده است. از طرفی با دقت در نتایج تخمین تابع ویبول به نظر می‌رسد تفاوت نتایج بینگتون [62] با لف [63] در محاسبه پارامترهای تابع ویبول با تابع ویبول بریده شده است. به عبارتی با فرض توقف آزمایش بعد از سوختن ۵۰ درصد از لامپ‌ها نتایج تحقیق لف با بینگتون در تضاد می‌باشند. پارامترهای محاسبه شده در این پژوهش با نتایج منتشر شده توسط لف مطابقت دارند. ضریب بتای ۵ در تابع ویبول، نشان دهنده نزدیکی ساختار داده‌ها با توزیع نرمال می‌باشد، لذا از این جهت نتیجه‌گیری بینگتون بر نرمال بودن تابع توزیع احتمال خرابی لامپ‌های رشته‌ای تصدیق می‌شود. ولی تعمیم نتایج به لامپ‌های گازی مستلزم تصدیق می‌باشد.

جدول ۶-۱: مقایسه نتایج این پژوهش با بینگتون [62]، لف [63] با استفاده از نتایج آزمایش منون و اگروال [66]

نتایج پژوهش	تخمین ضرایب توابع با استفاده از نتایج آزمایشگاهی منون و اگروال							
	تابع ویبول		تابع نرمال		تابع نرمال لگاریتمی		تابع نرمال بریده شده	
	β	η	μ	σ	μ	σ	μ	σ
این پژوهش (آزمایش کامل)	۴,۲۷۲	۱۵۴۷,۶۰	۱۴۱۳,۹	۳۴۶,۵	۷,۲۲۴۳	۰,۲۴۸۵	-	-
پژوهش بینگتون	۴,۲۵۶	۱۵۴۱,۷	۱۴۰۷,۸	۳۴۳,۱	۷,۲۱۹۸	۰,۲۴۹۷	۱۴۰۷,۸	۳۴۳,۱۰
این پژوهش (با برش نیمه آزمایش)	۵,۰۸۴	۱۵۱۳,۱۵	-	-	۷,۲۴۸۷	۰,۲۸۰۴	۱۴۰۲,۳	۳۲۶,۱۶

در این تحقیق با استفاده از نتایج آزمایشگاهی منتشر شده توسط سازندگان مشهور لامپ‌های گازی، نرمال بودن تابع توزیع احتمال را بررسی می‌کنیم. در جدول ۹-۳ ضریب بقاء لامپ و ضریب نگهداری لومن لامپ برای لامپ‌های ۵۰ وات بخار سدیم پرفشار برگرفته از مشخصات فنی منتشر شده توسط دو سازنده لامپ مشاهده می‌شود. از آنجاییکه سازندگان قادر به تولید لامپ با میانگین عمر متفاوت هستند و امکان اضافه نمودن استارتر داخلی در لامپ‌ها نیز وجود دارد، از دو نمونه لامپ از شرکت فیلیپس به ترتیب فاقد استارتر داخلی [73] و با استارتر داخلی [74] و دو نمونه از شرکت اصرام به ترتیب با طول عمر سه سال [75] و طول عمر چهار سال [76] برای تحلیل استفاده شده است. در جدول ۶-۲ نتایج تخمین پارامترهای توابع

توزیع احتمال ویبول، نرمال و نرمال لگاریتمی بریده شده، آورده شده‌اند. همانگونه که ملاحظه می‌شود، ضریب بتای تابع ویبول عددی بین دو تا سه می‌باشد، از آنجاییکه ضریب بتا بزرگتر از ۳٫۴ نیست نمی‌توان گفت تخمین تابع توزیع احتمال براساس داده‌های منتشر شده توسط سازندگان به نرمال نزدیک است. شایان ذکر است ضریب بتا برای لامپ رشته‌ای ۵ بود، لذا فرضیه نرمال بودن نرخ خرابی برای لامپ‌های گازی قابل تعمیم نیست. نتایج نشان می‌دهد آهنگ خرابی لامپ‌های بخار سدیم از تابع توزیع ویبول تبعیت می‌کند. متأسفانه به دلیل وارداتی بودن تیوب لامپ‌ها و عدم امکان آزمایش برای ضریب بقاء لامپ توسط سازندگان داخلی و عدم انتشار در مشخصات فنی ناگزیر به رجوع به مشخصات فنی تولیدکنندگان خارجی هستیم. شایان ذکر است ادعای عدم انتشار مشخصات مورد نیاز شامل ضریب بقاء و ضریب نگهداری لومن لامپ با رجوع به سایت شرکت‌های داخلی قابل صحه گذاری است. در این خصوص سایت شرکت‌های نور افشان و شهاب توشه مرور شد و صرفاً عمر ۲۴۰۰۰ ساعت قابل برداشت و استفاده بود. از آنجاییکه کلمه عمر یک مفهوم عام دارد، با مقایسه عمر ادعا شده توسط سازندگان داخلی با نمونه خارجی به موضوع جالب توجهی بر می‌خوریم.

جدول ۶-۲: تخمین ضرائی توابع توزیع نرمال، ویبول و نرمال لگاریتمی برای سازندگان مختلف

۵۰ وات	ضرایب تابع ویبول			ضرایب تابع نرمال			ضرایب تابع نرمال لگاریتمی		
	β	η	LL	μ	σ	LL	μ	σ	LL
سازنده									
PHILIPS_1	۲٫۷۷۳۱	۳۲۱۱۵	-۵۷۵٫۰۶	۲۷۹۴۹	۱۰۰۷۷	-۵۶۹٫۶۰	۱۰٫۲۹۵۳	۰٫۶۴۴۳	-۵۹۹٫۰۷
PHILIPS_2	۲٫۳۵۳۴	۳۲۸۴۸	-۶۲۸٫۷۴	۲۷۸۰۰	۱۱۱۶۵	-۶۲۸٫۳۳	۱۰٫۲۸۹۲	۰٫۷۲۴۴	-۶۴۵٫۶۵
OSRAM_1	۲٫۲۵۹۷	۳۳۲۱۹	-۵۹۸٫۵۱	۲۷۹۰۸	۱۱۴۰۴	-۵۹۶٫۵۰	۱۰٫۳۰۳۹	۰٫۷۷۸۷	-۶۱۸٫۹۲
OSRAM_2	۳٫۲۵۵۷	۳۱۷۲۴	۵۳۶٫۱۹-	۲۸۳۲۱	۹۰۵۳٫۴۳	۵۲۰٫۸۶-	۱۰٫۳۳۳۸	۰٫۶۴۶۴	۵۸۲٫۵۱-

عنوان نمونه شرکت اصرام از سه عبارت طول عمر^۱، متوسط عمر^۲ و نیمه عمر^۳ استفاده می‌کند که در صورت تطبیق با مشخصات محصول داخلی می‌توان به این نتیجه رسید که مشخصات تولید داخلی به نمونه NAV-3Y(OSRAM_1) ساخت شرکت اصرام تطبیق بیشتری دارد(ردیف سبز رنگ جدول ۶-۲). اصرام ادعا

¹ Service lifetime

² Average lifetime

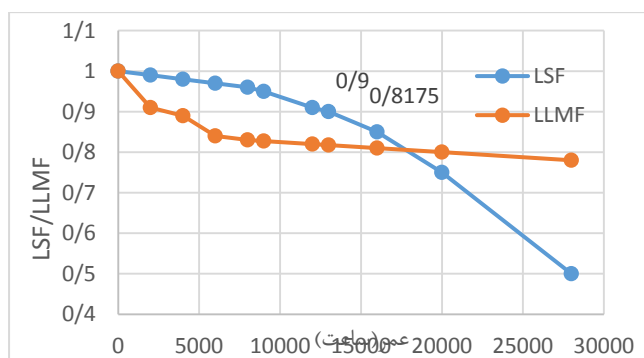
³ Lifespan B50

نموده طول عمر لامپ در صورت روشن بودن یازده ساعت در طول روز سه سال (۱۲۰۰۰ ساعت) خواهد بود و متوسط عمر ۲۴۰۰۰ و نیمه عمر لامپ ۲۸۰۰۰ ساعت است. با مقایسه مشخص می‌شود که سازنده داخلی در مشخصات فنی از مشخصه متوسط عمر برای معرفی محصول استفاده نموده لذا منبعا از مشخصات نمونه لامپ اصرام با متوسط عمر ۲۴۰۰۰ ساعت برای تحلیل های بعدی پژوهش استفاده خواهد شد.

۳-۶ تصدیق میدانی برآورد

در این بخش با تلفیق مدل پیشنهادی در [68] و نتایج حاصل از تخمین پارامترهای توابع ویبول براساس داده‌های منتشر شده توسط سازندگان OSRAM1 (جدول ۹-۳)، تخمین تعویض لامپ سالانه با تعداد واقعی تعویض در چند واحد عملیاتی شرکت توزیع نیروی برق شمال استان کرمان مقایسه می‌شود. این مقایسه بعنوان معیاری برای پیش بینی خاموشی لامپ و نقطه سفارش خرید و توزیع لامپ برای واحد های عملیاتی و ارزیابی واحدهای عملیاتی در حوزه بهره‌برداری از روشنایی معابر قابل استفاده است.

روش پیشنهادی سازنده برای تعویض لامپ‌ها، تعویض مجموعه ای و براساس افت ضریب نگهداری لومن به کمتر از ۸۰ تا ۸۵ درصد است.

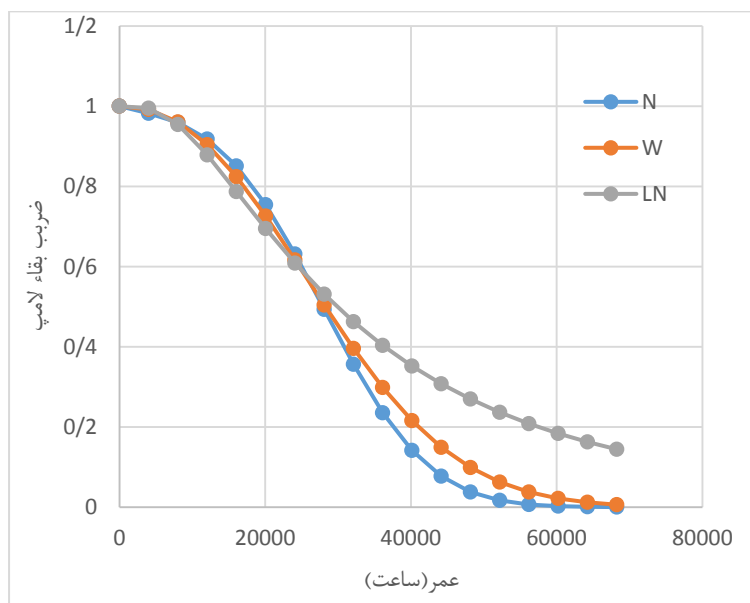


شکل ۱-۶ منحنی ضریب بقاء و نگهداری لومن لامپ OSRAM1-75

با توجه به شکل ۱-۶ و براساس پیشنهاد سازنده، زمان بهینه برای تعویض مجموعه ای لامپ‌ها، پس از گذشت ده درصد طول عمر (B10) که ضریب نگهداری لومن به ۰.۸۲ رسیده می‌باشد. شایان ذکر است در شرکت‌های توزیع، تعویض مجموعه‌ای براساس معیار کاهش بازدهی نوری برای لامپ‌های وات پایین به

ندرت اتفاق می افتد و روش نگهداری بر مبنای خرابی^۱ یا به عبارتی بعد از معیوب شدن لامپ می باشد. در چنین شرایطی شار نوری ملاک تعویض نیست و بایستی ضریب بقاء لامپ ارایه شده توسط سازنده و تخمین آن بعد از میانگین عمر ملاک عمل قرار گیرد.

در این تحقیق با استفاده از نتایج تخمین مندرج در جدول ۶-۲ برای لامپ OSRAM_1 مقادیر ضریب بقاء لامپ با استفاده از توابع نرمال، ویبول و نرمال لگاریتمی محاسبه و در شکل ۶-۲ نمایش داده شده است. با توجه به نتایج، از آنجاییکه ضریب بقاء لامپ با گذشت عمر بایستی به صفر همگرا شود، تابع نرمال لگاریتمی تخمین مناسبی برای بقاء نیست. در خصوص توابع نرمال و ویبول، تخمین ضریب بقاء ویبول شیب کاهش کمتری را نسبت به نرمال نشان می دهد. به عبارتی از نظر آماری، در صورت استفاده از تخمین ضریب بقاء با تابع ویبول، شانس سالم ماندن لامپ های گازی بخار سدیم بعد از میانگین عمر بیشتر است. توجه داریم که پارامتر بتای تابع ویبول معیاری برای تشابه و نزدیکی رفتار تابع ویبول و نرمال بود که در خصوص لامپ مورد اشاره با توجه به پارامتر بتای کوچک، تخمین ضریب بقاء با تابع ویبول دقیقتر و به واقعیت نزدیکتر است، لذا برای تخمین از آن استفاده می شود.



شکل ۶-۲ تخمین ضریب بقاء لامپ با توابع نرمال، ویبول و نرمال لگاریتمی

¹ Run To Failure

در جدول ۹-۲ آمار چراغ‌های ۵۰ وات بخار سدیم منصوبه از سال ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۷ در چند شهرستان حوزه عملیاتی شمال استان آورده شده است. شایان ذکر است یکی از دلایل انتخاب این چراغ در دسترس بودن داده‌های خروجی انبار، پروژه‌ها از اولین سال نصب تا سال ۱۳۹۷ است. در جدول ۶-۳ مقادیر تخمین تعداد لامپ نصب و تعویضی با استفاده از ضریب بقاء تابع ویبول محاسبه شده و با مقادیر واقعی نصب و تعویض براساس داده‌های خروجی انبار برای بهره‌برداری مقایسه شده است. از مقایسه به نتایج بسیار جالب توجه دست می‌یابیم.

الف) نتایج تخمین انجام شده در این تحقیق نشان می‌دهد از مجموع ۴۷۰۰۶ لامپ نصب و تعویض شده در طول ۱۱ سال، ۳۲۱۷۸ لامپ به دلیل پایان عمر طبیعی تعویض شده‌اند و ۱۴۸۲۸ (۳۱٫۵ درصد) از تعویض‌ها مربوط به سایر عوامل محیطی و بهره‌برداری می‌باشند که این مقادیر با توجه به تغییرات عوامل محیطی و بهره‌برداری و همچنین افزایش تعداد چراغ در سال‌های متوالی، متفاوت است.

ب) برای پیش‌بینی و تامین نیاز سال بعد برای لامپ واحد‌های عملیاتی توجه به تعداد چراغ‌های موجود و اضافه شده در پایان سال قبل معیار مناسبی نمی‌باشد. بعنوان مثال علیرغم افزایش ۵۰۸ دستگاه چراغ در سال ۱۳۹۶ تخمین لامپ برای سال ۱۳۹۷ تعداد ۳۵۳۹ می‌باشد که عملاً افزایشی نداشته و معادل تخمین سال ۱۳۹۶ (۳۵۴۵) است. بطور مشابه اگر تعداد خاموشی، نصب و تعویض لامپ را در سال ۱۳۹۶ مبنایی برای تامین سال ۱۳۹۷ قرار دهیم مجدداً با خطا مواجه هستیم. مشاهده می‌شود که تعداد نصب و تعویض لامپ از ۵۵۸۲ به ۴۱۱۲ کاهش یافته که نتیجه تاثیر دادن سال نصب و مبنای عمر بر تعداد مورد نیاز می‌باشد. ج) با استفاده از نتایج جدول ۶-۳ می‌توان ارزیابی نسبی از عملکرد واحد‌های عملیاتی داشت. با توجه به نتایج حاصله از این تحقیق که در قسمت الف و ب عنوان شد، مشخص می‌شود که ارزیابی‌های معمول در شرکت‌ها بدون توجه به سال نصب چراغ‌ها و همچنین عمر لامپ‌ها می‌تواند منجر به نتیجه‌گیری‌ها و ارزیابی‌های اشتباهی در خصوص عملکرد واحد‌ها و همچنین عوامل موثر در واحد‌های عملیاتی شود. نتایج حاصله در این تحقیق نشان دهنده این است که با در نظر گرفتن کلیه عوامل موثر

واحد های عملیاتی شهر بابک، زرنده، راور و کرمان به ترتیب عملکرد بهتری داشته اند.

جدول ۳-۶ مقادیر تخمینی و واقعی لامپ های ۵۰ وات بخار سدیم در چند واحد عملیاتی شرکت NK-PDC

شهر		۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹۴	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۷	مجموع
کرمان	تخمین	۶۸	۱۱۲۴	۱۱۷۱	۱۳۴۶	۲۷۷۳	۲۰۷۷	۱۳۴۱	۱۱۴۹	۱۳۷۱	۱۶۹۳	۱۷۴۹	۱۵۸۶۲
	واقعی	۱۶۸	۲۳۸۰	۱۸۳۰	۳۷۵۱	۳۶۸۹	۳۵۷۴	۲۶۹۹	۲۰۸۶	۱۸۵۳	۲۶۸۱	۱۸۳۶	۲۶۵۴۷
	درصد	۵۹.۵	۵۲.۸	۳۶	۶۴.۱	۲۴.۸	۴۱.۹	۵۰.۳	۴۴.۹	۲۶	۳۶.۹	۴.۷	۴۰.۲
زرنده	تخمین	۰	۱۳۷۴	۵۵۳	۲۶۷	۱۴۷۰	۱۴۱۵	۸۰۵	۹۵۶	۱۱۲۰	۱۲۷۰	۱۰۵۶	۱۰۲۸۶
	واقعی	۰	۱۴۴۴	۶۳۱	۵۵۸	۱۳۲۰	۱۳۹۳	۸۲۲	۱۴۳۴	۱۶۳۴	۲۲۸۸	۱۵۷۹	۱۳۱۰۳
	درصد	-	۴.۸	۱۲.۴	۵۲.۲	۱۱.۴	۱.۶	۲.۱	۳۳.۳	۳۱.۵	۴۴.۵	۳۳.۱	۲۱.۵
شهر بابک	تخمین	۴	۱۹۸	۱۶۰	۶۶	۴۸۵	۱۰۳۲	۱۳۹	۶۵۴	۴۱۶	۳۷۵	۴۹۱	۴۰۲۰
	واقعی	۴	۲۱۸	۲۰۸	۵۶	۵۰۴	۱۱۱۰	۲۳۲	۷۰۷	۶۵۱	۴۴۰	۴۸۱	۴۶۱۱
	درصد	۰	۹.۲	۲۳.۱	۱۷.۹	۳.۸	۷	۴۰.۱	۷.۵	۳۶.۱	۱۴.۸	۲.۱	۱۲.۸
راور	تخمین	۰	۷	۱۵۲	۸۲	۴۹۹	۲۵۷	۱۱۱	۲۷۰	۱۸۲	۲۰۷	۲۴۳	۲۰۱۰
	واقعی	۰	۷	۱۵۲	۲۳۱	۶۰۲	۳۰۵	۳۴۷	۳۸۸	۳۲۴	۱۷۳	۲۱۶	۲۷۴۵
	درصد	-	۰	۰	۶۴.۵	۱۷.۱	۱۵.۷	۶۸	۳۰.۴	۴۳.۸	۹.۷	۱۲.۵	۲۶.۸
کل	تخمین	۷۲	۲۷۰۳	۲۰۳۶	۱۷۶۱	۵۲۲۷	۴۷۸۱	۲۳۹۶	۲۰۲۹	۲۰۸۹	۲۵۴۵	۳۵۳۹	۳۲۱۷۸
	واقعی	۱۷۲	۴۰۴۹	۲۸۲۱	۴۵۹۶	۶۱۱۵	۶۳۸۲	۴۱۰۰	۴۶۱۵	۴۴۶۲	۵۵۸۲	۴۱۱۲	۴۷۰۰۶
	درصد	۵۸.۱	۳۳.۲	۲۷.۸	۶۱.۷	۱۴.۵	۲۵.۱	۴۱.۶	۳۴.۴	۳۰.۸	۳۶.۵	۱۳.۹	۳۱.۵

۴-۶ جمع بندی نتایج

تخمین عمر باقیمانده یکی از مهمترین معیار ها در ارزیابی قابلیت اطمینان و خطر در سرویس و نگهداری می باشد. از آنجاییکه اجرای برنامه سرویس و نگهداری روشنایی معابر، هزینه های قابل توجهی را به شرکت های توزیع تحمیل می نماید، با استفاده از مدل مدیریت دارایی های روشنایی معابر و استفاده از اطلاعات سازندگان در خصوص عمر لامپ، امکان مقایسه واحدهای عملیاتی برای شرکت توزیع فراهم شد. نتایج پژوهش بر روی داده های شرکت توزیع شمال استان کرمان نشان می دهد، لحاظ نمودن رشد سالیانه روشنایی معابر و عمر لامپ تاثیر قابل توجهی در تجزیه و تحلیل و برآورد خاموشی و نیاز واحد ها دارد. نیاز است از روش پیشنهادی در این تحقیق در یک دوره زمانی برای ارزیابی واحد ها استفاده شود و با نتایج ارزیابی معمول قبلی مقایسه گردد. استفاده از نتایج این پژوهش می تواند منجر به طراحی شیوه های جریمه

و پاداش و ارزیابی صلاحیت تولید کنندگان کالا، پیمانکاران سرویس و نگهداری شود و سیاست‌گذاری در برونسپاری و نظارت بر تعمیرات روشنایی معابر را بهینه می‌کند.

با توجه به اینکه عوامل غیر عادی متنوعی بر عملکرد در بخش روشنایی معابر موثر هستند، موضوع باز برای تحقیقات بعدی استخراج سهم هر یک از شرایط غیرعادی و محیطی بر افزایش خاموشی و وارد کردن این متغیرها در مدل و توسعه مدل به یک مدل کامل تر برای مدیریت دارایی‌های روشنایی معابر می‌باشد.

۷ فصل

۱-۷ مدل مدیریت بار بلند مدت

شرکت‌های توزیع برق سرویس و نگهداری شبکه روشنایی معابر و تداوم روشنایی را برعهده دارند. با گسترش شهرها، توسعه روشنایی معابر و سرمایه‌گذاری جدید امری اجتناب ناپذیر است. علاوه بر این اجرای برنامه سرویس و نگهداری روشنایی موجود، هزینه‌های قابل‌توجهی را به شرکت‌های توزیع تحمیل می‌نماید. از آنجائی که روش‌های ارزیابی کارایی روی شاخص‌های کلیدی عملکرد تمرکز دارند و در نهایت میزان کارایی نسبی را براساس ترکیبی از شاخص‌های کلیدی در اختیار شرکت‌های توزیع قرار می‌دهند، لذا بررسی عوامل موثر بر کارایی و تنظیم اهداف اقتصادی بایستی بعنوان اقدامی ثانویه از طریق شرکت‌های توزیع انجام شود. در این تحقیق با استفاده از مدل مدیریت دارایی‌های روشنایی معابر و بدون نیاز به اقدام ثانویه، همزمان با ارزیابی کارایی و محک‌زنی مناطق، ابزاری برای تنظیم اهداف اقتصادی در سرمایه‌گذاری اولیه و سرویس و نگهداری دوره عمر روشنایی معابر به شرکت توانیر و شرکت توزیع پیشنهاد می‌شود. این مدل با استفاده از اطلاعات سازندگان در خصوص عمر نامی قطعات، امکان مقایسه هزینه‌ها براساس عمر

نامی و واقعی را برای شرکت توزیع فراهم می‌نماید. امنیت اجتماعی و امنیت عبور و مرور برای عابرین پیاده و وسایل نقلیه از مهم‌ترین دلایل ایجاد و نگهداری روشنایی معابر عمومی هستند. با توجه به وجود انحصار طبیعی در شبکه‌های توزیع برق و روشنایی معابر عمومی، شرکت توانیر برای پوشش دادن مطالبات امنیتی و اجتماعی مردم، نسبت به ارزیابی کارایی شرکت‌های توزیع و تنظیم روابط اقتصادی و فنی بین خود و شرکت‌های توزیع از طریق وضع استاندارد های فنی، تعرفه، جریمه و پاداش به منظور حفظ و ارتقاء کیفیت خدمات، کاهش هزینه‌ها و رضایتمندی مردم اقدام می‌کند. در حال حاضر شرکت‌های توزیع برق سرویس و نگهداری روشنایی معابر را انجام می‌دهند. همه‌ساله برای توسعه روشنایی معابر سرمایه‌گذاری‌های جدید انجام می‌شود. این در حالی است که اجرای برنامه سرویس و نگهداری روشنایی موجود، هزینه‌های قابل توجهی را به شرکت‌های توزیع تحمیل می‌نماید.

شرکت توانیر در برنامه کوتاه‌مدت، افزایش کارایی، کاهش هزینه و مدیریت بهینه دارایی‌های روشنایی معابر را مورد توجه قرار داده است. با توجه به برنامه میان‌مدت برای واگذاری سرویس و نگهداری روشنایی معابر به بخش خصوصی و برنامه بلندمدت برای واگذاری توأم مالکیت و نگهداری روشنایی معابر به بخش خصوصی، نیاز است تجزیه و تحلیل‌های انتخاب تکنولوژی، سرمایه‌گذاری اولیه و هزینه‌های دوره عمر در قالب مدل فنی و اقتصادی صورت‌پذیر تا ضمن ایجاد جذابیت اقتصادی، کاهش هزینه و ارتقا کیفیت خدمات را به دنبال داشته باشد. میزان سرمایه‌گذاری اولیه و هزینه‌های سرویس و نگهداری بهینه در دوره عمر روشنایی معابر از مهم‌ترین ضرورت‌های تجزیه و تحلیل و مدیریت دارایی‌های روشنایی معابر می‌باشند.

با توجه به انحصار طبیعی سیستم روشنایی عمومی، دولت باید سیاست‌هایی را برای پوشش ایمنی، امنیت و انتظارات عمومی تعیین کند. این سیاست‌ها کیفیت خدمات و رضایت مردم را بهبود می‌بخشد و هزینه‌های نگهداری قابل توجهی را تحمیل می‌کند. بر این اساس، یک مدل مدیریت دارایی برای داشتن یک سیستم روشنایی عمومی پایدار ضروری است.

تصمیم‌گیری در مدیریت دارایی مشکل ساز می‌شود، اگر داده‌های شکست دارایی محدود و بد شکل

باشد. با جمع آوری نمونه‌هایی از سایر صنایع، یک روش کلی در [77] معرفی شده است. صدها مدل برای نگهداری سیستم‌ها طراحی شده است. مدل‌ها در چندین راهبرد گروه تعمیر و نگهداری از قبیل اجرای تا شکست، جایگزینی سن، جایگزینی عمده و راهبرد تعمیر و نگهداری احتمالی طبقه‌بندی می‌شوند. رویکردها برای سیستم‌های تک و چند واحدی مقایسه و سازماندهی شده است [78]. مدلی برای نگهداری سیستم‌های چند واحدی با جزئیات تجزیه و تحلیل شده است [79]. در این تحقیق از راهبرد فرار تا شکست و سیستم تک واحدی استفاده شده است.

نیاز به توسعه مدل‌های ریاضی به منظور بهره‌وری بیشتر قراردادهای تعمیر و نگهداری و پیش‌بینی هزینه‌های آتی در قیمت قرارداد وجود دارد. یک مدل مفهومی برای برآورد هزینه برون‌سپاری نگهداری دارایی‌های پیچیده و ضروری با در نظر گرفتن تعمیر و نگهداری اصلاحی و پیشگیرانه به عنوان راهبردهای خدمات و خطرهای هزینه‌های جریمه مرتبط با چنین قراردادهایی توسعه داده شده است [80]. در مطالعه قبلی، هزینه‌های نگهداری، بازرسی و خطر حادثه به خوبی برآورد شده است، اما مکانیسم خاصی برای مجازات ارائه نشده است. مدلی برای اندازه‌گیری هزینه‌های زمان‌بندی مجدد مداخلات تعمیر و نگهداری پیشنهاد شده است، بنابراین آنها را برای تعریف قراردادهای خدمات و هنگام اجرای آن در نظر می‌گیرد. یک چارچوب تصمیم‌گیری برای ادغام کارآمد شرایط قرارداد با نگهداری سهام‌ی‌دکی ضروری در [81] ارائه شده است. قرارداد مبتنی بر عملکرد در مقایسه با اجرای سیستم داخلی یا پروژه‌های ورودی مبتنی بر قرارداد می‌تواند عملکرد خدمات خوبی را ایجاد کند [82]. مناسب بودن ترکیب مدیریت پروژه و دارایی به عنوان رویکردهای یکپارچه در قراردادهای بخش زیرساخت عمومی پیشنهاد شده است [83]. مهم‌ترین متغیرهایی که بر مرحله عملیاتی قراردادها تأثیر می‌گذارند، حداقل سطح عملکرد، میانگین دفعات بازرسی و هزینه جریمه است. تجزیه و تحلیل حساسیت بر روی متغیرهای اصلی اهمیت انعطاف‌پذیری در تصمیم‌گیری بین طرفین را به منظور بهبود تصمیمات نگهداری نشان می‌دهد [84].

تداوم عرضه و هزینه جلوگیری از قطعی روشنایی عمومی برای یک شرکت توزیع بسیار مهم است.

ارزیابی چرخه عمر فناوری‌های روشنایی عمومی برای چراغ‌های دیودی و لامپ‌های بخار سدیم در [85] انجام شده است. یک مطالعه اقتصادی در مورد جایگزینی بالاست های سنتی با بالاست‌های الکترونیکی در روشنایی عمومی انجام شده است [86] و همچنین مطالعه تطبیقی بین عملکرد لامپ‌های بخار سدیم با بالاست های الکترونیکی و سنتی [87] انجام شده است. مدل‌های تجزیه و تحلیل چرخه حیات برای لامپ‌های التهابی مورد بررسی قرار گرفته‌اند و یک مدل اصلاح‌شده به منظور تجزیه و تحلیل طول عمر لامپ‌ها پیشنهاد شده است [62]. در مطالعه قبلی میانگین طول عمر در نظر گرفته شده است، در حالی که انحراف از میانگین طول عمر که در مشخصات لامپ درج شده است، تأثیر بسزایی در میزان خرابی مجموعه ای از لامپ‌ها دارد.

تشخیص عیب یکی از بحرانی‌ترین دغدغه‌ها در شبکه‌های روشنایی خیابان است. برای تشخیص خطا با امپدانس بالا در شبکه برق توزیع، روشی شامل ترکیبی از تبدیل موجک و تقریب تابع فازی در [88] پیشنهاد شده است. روش تشخیص خطا با استفاده از الگوریتم ژنتیک در شبکه‌های حسگر بی‌سیم خوشه‌ای نشان داد که روش پیشنهادی در دقت تشخیص خطا و نرخ هشدار کاذب بهتر عمل می‌کند [89]. روش جدیدی برای تخمین میزان خرابی لامپ و تأثیر پیشرفت های فناوریکی بر میزان خرابی سیستم‌های روشنایی عمومی پیشنهاد شده است و همچنین فرآیندی برای انتخاب بهترین لامپ در بازار پیشنهاد شده است [90]. اما هیچ ضمانت اجرایی برای اطمینان از خرید لامپ‌های با کیفیت وجود ندارد. پیمانکار هیچ انگیزه ای برای تهیه لامپ با کیفیت بالاتر ندارد و لزوماً توصیه ها را در تامین لامپ رعایت نمی‌کند. در برآورد هزینه‌های کارگری به دستمزد طبق قانون توجه بیشتری شده و هیچ انگیزه ای برای کاهش مدت زمان بازرسی و تعویض لامپ در نظر گرفته نشده است. ساختار مدیریت روشنایی عمومی از سه شرکت کننده اصلی تشکیل شده است. واحد نظارتی، مدیران روشنایی و پیمانکاران خصوصی سه شرکت کننده اصلی در ساختار مدیریت روشنایی عمومی هستند. تخصیص بهینه قیمت، مدت قراردادهای و مدیریت منابع انسانی چالش های قراردادهای تعمیر و نگهداری روشنایی عمومی را کاهش می‌دهد [91]. در محاسبه مدت قرارداد بهینه، فرض می‌شود که تعداد چراغ‌ها در یک دوره ۳۰ ساله ثابت است. اما در عمل با توجه به

توسعه مستمر شهرها تعداد چراغ‌ها متفاوت خواهد بود و این تغییرات مدت قرارداد بهینه را به چالش می‌کشد و باید مورد توجه قرار گیرد.

به اشتراک گذاشتن مزایا بین تنظیم کننده، بخش های عمومی و خصوصی در سیستم روشنایی عمومی در صورت شرایط برد-برد-برد، فرآیند مدیریت بلند مدت بار را پشتیبانی می‌کند. این اثر در موارد زیر از آثار محقق قبلی متمایز می‌شود:

(الف) شیوه انگیزشی برای طرح پاداش و جریمه پیشنهاد شده است.

(ب) ضریب بقای لامپ^۱ به عنوان مبنای معقولی برای تضمین طول عمر طبیعی^۲ معرفی شده است. برای اطمینان از کیفیت لامپ به عنوان یک شاخص حیاتی استفاده می‌شود و از کیفیت لامپ برای شیوه‌های پاداش و جریمه به عنوان یک عامل قابل قبول برای دینفعان استفاده می‌شود.

(ج) مدت زمان تشخیص و رفع عیب^۳ یک شاخص مهم برای چابکی و مهارت اپراتورهای اجرایی است. چابکی و مهارت مجریان برای شیوه‌های پاداش و جریمه به عنوان معیاری اجتناب ناپذیر برای رضایت دینفعان مورد استفاده قرار می‌گیرد.

(د) داده‌های طبیعی و طولانی مدت و تغییرات نامنظم نصب سالانه از ویژگی های غیرقابل انکار و منحصر به فرد مطالعه موردی است و توانایی مدل را در پیش بینی شرایط در قراردادهای آتی نشان می‌دهد.

(ه) تأثیر تغییرات میانگین و انحراف معیار بر خرابی لامپ و از دست دادن داده‌ها بر تخمین میزان خرابی در این کار نشان داده شده است.

در این تحقیق هزینه‌های نگهداری روشنایی عمومی برای یک دوره ۳۰ ساله تخمین زده می‌شود.

¹ LSF

² NLG

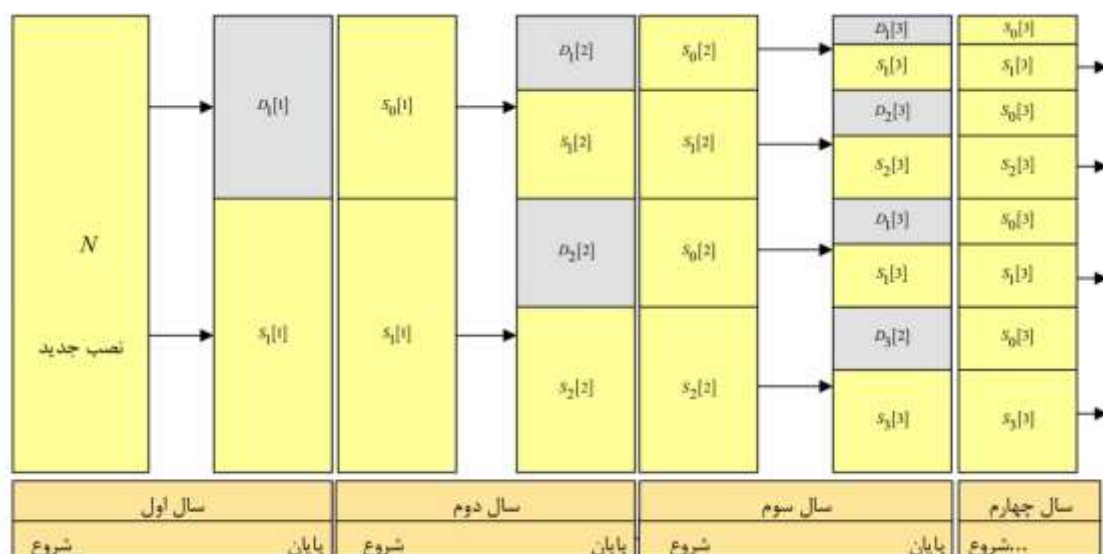
³ DCT

متغیرها بر اساس قوانین کار و تجارت طبقه بندی می‌شوند. این مدل شیوه پاداش و جریمه را با توابع ریاضی قابل فهم و ساده به منظور انتخاب بهترین خط مشی برای قراردادهای روشنایی عمومی ارائه می‌دهد.

۲-۷ ایده و روش مدل سازی

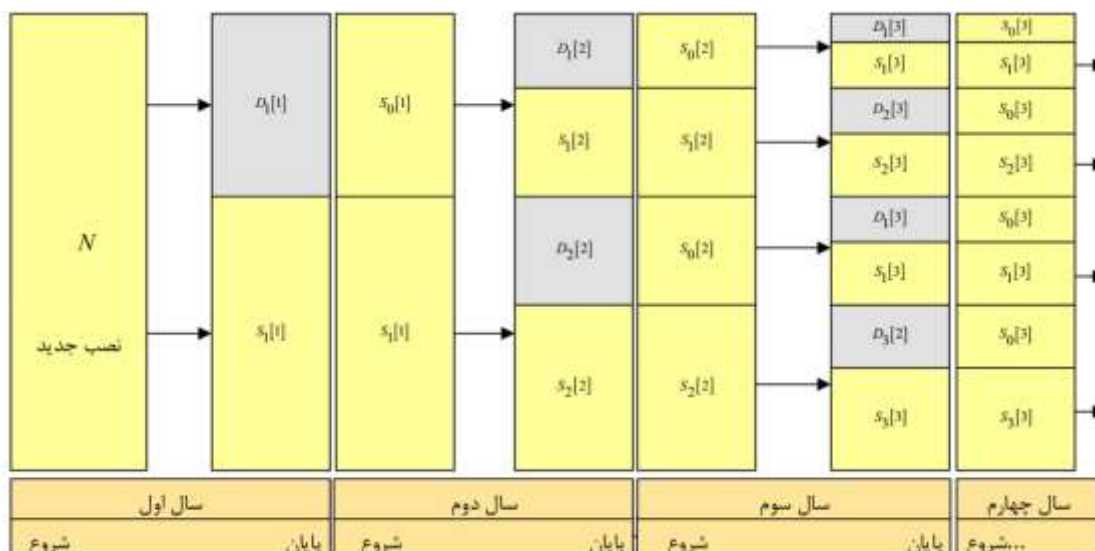
لامپ‌های آسیب دیده در سیستم‌های روشنایی عمومی با لامپ‌های جدید جایگزین می‌شوند.

همانطور که در



شکل ۷-۱ در ابتدا نشان داده شده است، N لامپ برای تامین روشنایی نصب شده است. پس از گذشت یک سال، برخی از لامپ‌ها آسیب دیده و توسط اپراتورهای روشنایی با لامپ‌های جدید جایگزین شده‌اند و برخی دیگر یک سال از عمر مفید خود می‌گذرد. در پایان سال دوم، برخی از لامپ‌های یک ساله قبلی آسیب دیده‌اند و برخی از آنها هنوز به خوبی کار می‌کنند و دو سال از عمر مفید آنها گذشته است. این روش برای لامپ‌های جدید نصب شده در ابتدای سال دوم نیز انجام می‌شود. در پایان سال دوم، لامپ‌های آسیب دیده دوباره با لامپ‌های جدید جایگزین می‌شوند. به طور خلاصه در پایان هر سال برخی از لامپ‌های سالم قبلی آسیب می‌بینند و برخی از آنها یک سال دیگر از عمر مفید خود می‌گذرد. این چرخه به طور مشابه برای سال‌های بعدی ادامه می‌یابد. بیشتر راهنمای متغیرها و مقادیر در جدول نشان داده شده است برخی از آنها به طور ضمنی وابسته به زمان هستند. به عبارت دیگر نشان دهنده زمان گسسته است. تعداد چراغ‌های

معیوب با سال‌های پایان سال و تعداد چراغ‌های معیوب در پایان سال است. چراغ‌های معیوب آخر سال برابر است با مجموع چراغ‌های معیوب با سن‌های مختلف در پایان سال.



شکل ۷-۱ فرآیند تعویض لامپ در طول زمان. تضمین طول عمر طبیعی

بر اساس این ایده برای محاسبه تعداد لامپ‌های معیوب معادله ۷-۱ برقرار است.

$$D[1] = D_1[1];$$

$$D[2] = D_1[2] + D_2[2];$$

$$D[3] = D_1[3] + D_2[3] + D_3[3];$$

$$\lambda_i = D[T] = \sum_{j=1}^T D_j[T]$$

۷-۱

در این معادله $D[T]$ تعداد لامپ‌های معیوب و $D_j[T]$ تعداد لامپ‌های معیوب با j سال عمر در انتهای سال T هستند. به عبارتی در پایان هر سال تعداد لامپ‌های معیوب شده با مجموع تعداد لامپ‌های معیوب شده با عمر‌های متفاوت برابر است. برای محاسبه تعداد لامپ‌های سالم با عمر j سال (جاییکه $j=1$ و $T=1,2,...,Y$) از معادله ۷-۲ استفاده شده است:

$$\begin{aligned}
S_0[1] &= D[0] + N[0]; \\
S_0[2] &= D[1] + N[1]; \\
S_{j-1}[T] &= D[T-1] + N[T-1] \quad ; j=1 \\
S[T] &= S_0[T] + \sum_{j=1}^Y S_j[T]
\end{aligned}
\tag{۲-۷}$$

در این معادله $S_0[1]$ تعداد لامپ‌های جدید (عمر صفر) در سال اول است که از مجموع تعداد لامپ‌های معیوب شده در سال قبل ($D[0]$) با تعداد لامپ مربوط به چراغ‌های جدید نصب شده در سال قبل ($N[0]$) حاصل می‌شود. شایان ذکر است در ابتدای سال اول تعداد لامپ‌های معیوب سال قبل صفر است ($D[0] = 0$). در ادامه معادله $S_0[2]$ تعداد لامپ‌های جدید در سال دوم است که از مجموع تعداد لامپ‌های معیوب شده در سال اول ($D[1]$) با تعداد لامپ مربوط به چراغ‌های جدید نصب شده در سال اول ($N[1]$) حاصل می‌شود. بعد از تعمیم روابط می‌توان نتیجه گرفت $S_{j-1}[T]$ (جاییکه $j=1$) تعداد لامپ‌های جدید در T است که از مجموع تعداد لامپ‌های معیوب شده ($D[T-1]$) و لامپ مربوط به چراغ‌های نصب شده جدید ($N[T-1]$) در سال $(T-1)$ به دست می‌آید. لازم به ذکر است با توجه به گسسته زمان بودن مدل، فرض بر این است که در ابتدای هر سال، لامپ‌های معیوب شده در سال قبل با لامپ‌های جدید جایگزین می‌شوند. تعداد لامپ‌های سالم با عمر یکسال و بالاتر با در نظر گرفتن احتمال معیوب شدن آنها در عمرهای متفاوت از معادله ۳-۷ قابل محاسبه است.

$$\begin{aligned}
S_1[2] &= S_0[1] \cdot (1 - P_1); \\
S_2[3] &= S_1[2] \cdot (1 - P_2); \\
S_{j-1}[T] &= S_{j-2}[T-1] \cdot (1 - P_{j-1}) \quad ; T \geq j; (j \neq 1) \\
\text{or} \\
S_j[T] &= S_{j-1}[T-1] \cdot (1 - P_j)
\end{aligned}
\tag{۳-۷}$$

در این معادله $S_1[2]$ تعداد لامپ‌های یکساله در سال دوم است که از حاصل ضرب احتمال سالم ماندن لامپ در سال اول ($1 - P_1$) در تعداد های لامپ‌های سالم با عمر صفر $S_0[1]$ بدست می‌آید. در ادامه این معادله $S_2[3]$ تعداد لامپ‌های دو ساله در سال سوم است که از حاصل ضرب احتمال سالم ماندن لامپ

در سال دوم ($1 - P_2$) در تعداد های لامپ های سالم با عمر یکسال $S_1[2]$ بدست می آید. بعد از تعمیم روابط می توان نتیجه گرفت $S_{j-1}[T]$ (جاییکه $j \neq 1$) تعداد لامپ های سالم ($j-1$) ساله در سال T است که از حاصل ضرب احتمال سالم ماندن لامپ ($1 - P_{j-1}$) در سال ($j-1$) در تعداد لامپ های سالم $S_{j-2}[T-1]$ با عمر ($j-2$) در سال قبل بدست می آید. معادله های ۲-۷ و ۳-۷ را می توان به صورت یک تابع دو ضابطه ای به شرح معادله ۴-۷ دوباره نویسی کرد:

$$S_{j-1}[T] = \begin{cases} D[T-1] + N[T-1] & ; j=1 \\ S_{j-2}[T-1] \cdot (1 - P_{j-1}) & ; j \neq 1; T \geq j \end{cases} \quad 4-7$$

همانگونه که ملاحظه می شود برای محاسبه تعداد لامپ های جدید باید از ضابطه اول و برای محاسبه تعداد لامپ های سالم با عمر های یک سال و بیشتر بایستی از ضابطه دوم استفاده نمود. در ادامه همانگونه که در معادله ۱-۷ اشاره شد، تعداد لامپ های معیوب شده در هر سال برابر است با مجموع تعداد لامپ های معیوب شده با عمر های متفاوت، لذا لازم است تعداد لامپ های معیوب با عمر های متفاوت را بتوان به صورت جداگانه محاسبه نمود. برای این منظور از معادله ۵-۷ به شرح ذیل می توان استفاده کرد.

$$\begin{aligned} D_1[1] &= S_0[1] \cdot P_1 \\ \text{-----} \\ D_1[2] &= S_0[2] \cdot P_1 \\ D_2[2] &= S_1[2] \cdot P_2 \\ \text{-----} \\ D_{j-1}[T] &= S_{j-2}[T] \cdot P_{j-1}; j \neq 1 \\ \text{or} \\ D_j[T] &= S_{j-1}[T-1] \cdot P_j \end{aligned} \quad 5-7$$

در این معادله $D_1[1]$ تعداد لامپ های معیوب یکساله است که از حاصل ضرب احتمال معیوب شدن لامپ در سال اول عمر (P_1) در تعداد های لامپ های سالم با عمر صفر $S_0[1]$ بدست می آید. در ادامه این معادله $D_1[2]$ تعداد لامپ های معیوب یکساله در سال دوم است که از حاصل ضرب احتمال معیوب شدن لامپ در سال اول عمر (P_1) در تعداد های لامپ های سالم با عمر صفر $S_0[2]$ در سال دوم بدست می آید.

همچنین $D_2[2]$ تعداد لامپ‌های معیوب دوساله در سال دوم است که از حاصل ضرب احتمال معیوب شدن لامپ در سال دوم عمر (P_2) در تعداد های لامپ‌های سالم یکساله $S_0[2]$ در سال دوم بدست می آید. بعد از تعمیم روابط می‌توان نتیجه گرفت $D_{j-1}[T]$ (جاییکه $j \neq 1$) تعداد لامپ‌های معیوب $(j-1)$ ساله در سال T است که از حاصل ضرب احتمال معیوب شدن لامپ (P_{j-1}) در سال $(j-1)$ در تعداد لامپ‌های سالم $S_{j-2}[T]$ با عمر $(j-2)$ بدست می‌آید.

در این تحقیق برای محاسبه احتمال خرابی قطعه (P_j) در سال j از تابع توزیع نرمال با معادله ۶-۷ استفاده شده است. به عبارتی این احتمال از انتگرال تابع توزیع نرمال در بازه $(-\infty, Z_j]$ به دست می‌آید.

$$P_j = \int_{-\infty}^{x_j} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\left(\frac{(x_j - \mu)^2}{2\sigma^2}\right)} dx_j \quad 6-7$$

از طرفی اگر X یک تابع توزیع نرمال غیراستاندارد باشد و Z در رابطه ۷-۷ توزیع نرمال استاندارد داشته باشد، خواهیم داشت:

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma} \quad 7-7$$

برای محاسبه Z_j از رابطه ۸-۷ استفاده شده است.

$$Z_j = \frac{(h \times j) - \mu}{\sigma} \quad 8-7$$

مؤلفه h میانگین ساعت روشن بودن قطعه در یک سال، μ میانگین عمر و σ انحراف معیار است. میانگین ساعاتی است که هر چراغ در یک سال روشن می‌شود. تعداد کارگران تمام وقت در سال به شرح رابطه ۹-۷ بدست می‌آید:

$$N_{wr}^T = \frac{D[T]}{\eta_{wr}} \quad 9-7$$

در این معادله، تعداد لامپ‌های معیوب در سال، شاخص کارایی منابع انسانی (HR) است و نشان

دهنده میانگین تعداد لامپ‌های آسیب دیده ای است که هر کارگر باید در یک سال تعویض کند و تعداد کارگران مورد نیاز در سال است. سال تعداد کارگران تمام وقت در سال حاصل از معادله ۷-۱۰ به شرح زیر است:

$$N_{we}^T = \begin{cases} [N_{wr}^T] & ; \text{ if } \frac{N_{wr}^T - [N_{wr}^T]}{[N_{wr}^T]} \leq \frac{h_m}{h_c} \\ [N_{wr}^T] + 1 & ; \text{ if } \frac{N_{wr}^T - [N_{wr}^T]}{[N_{wr}^T]} > \frac{h_m}{h_c} \end{cases} \quad 10-7$$

در این معادله، تعداد کارگران مورد نیاز تمام وقت در سال، تابع براکت (مقدار صحیح از)، حداکثر مدت زمان کار اضافی (مثلاً ۲ هکتار در روز) و تعداد ساعات کار منظم است. (مثلاً ۸ هکتار در روز).

تعداد کارگران تمام وقت در سال حاصل از رابطه ۷-۱۱ به شرح زیر است:

$$N_{we} = \min \{N_{we}^T\}, \forall T \in \{1, 2, 3, \dots, Y\} \quad 11-7$$

در این معادله تعداد کارگران مورد نیاز تمام وقت است

باید بین مدت زمان اضافی کار برای کارگران تمام وقت و کارگران شاغل جدید مورد نیاز، معاوضه‌ای صورت گیرد تا کارایی کارگران افزایش یابد و دستمزد کارگران به طور همزمان کاهش یابد.

اگر کار اضافی کارگران تمام وقت مورد نیاز باشد، ساعات اضافی برای یک کارگر در روز در سال را می‌توان به صورت رابطه ۷-۱۲ محاسبه کرد:

$$h_a^T = \begin{cases} (\frac{N_{wr}^T}{N_{we}} - 1) \times h_c & ; \text{ if } \frac{N_{wr}^T - [N_{wr}^T]}{[N_{wr}^T]} \leq \frac{h_m}{h_c} \\ 0 & ; \text{ if } \frac{N_{wr}^T - [N_{wr}^T]}{[N_{wr}^T]} > \frac{h_m}{h_c} \end{cases} \quad 12-7$$

در این معادله، مدت زمان اضافی کار است و تعداد ساعات کار منظم (مثلاً ۸ ساعت در روز) است.

تعداد کارگران جدید استخدام شده در سال به شرح رابطه ۷-۱۳ محاسبه می‌شود:

۱۳-۷

$$N_{wn}^T = N_{wr}^T - N_{we}$$

در این معادله تعداد کارگران جدید استخدام شده در سال است. کل هزینه تجمعی منابع انسانی در

طول عمر سیستم روشنایی (Y سال) به صورت رابطه ۱۴-۷ به دست می آید:

$$HRC = \sum_{T=1}^Y \left\{ \frac{(N_{we} + N_{wn}^T) \times (W_b + W_a)}{+ (N_{we} \times \frac{h_a^T \times 365}{\eta_{wr}}) \times (W_b(1+a))} \right\} \cdot (1+i_m)^T \quad 14-7$$

در معادله ۱۴-۷ هزینه نیروی انسانی، دستمزد پایه کارگران در سال اول و هزینه اضافه کارگران،

وجود هزینه اضافی کار (مثلاً ۴۰ درصد) و نرخ تورم است.

۱۵-۷

$$LP = \sum_{T=1}^Y LP^0 \times (1+i_m)^T$$

در معادله ۱۵-۷ قیمت پایه لامپ در سال اول است. کل هزینه تجمعی در طول عمر سیستم

روشنایی (Y سال) را می توان به صورت رابطه ۱۶-۷ زیر بدست آورد:

۱۶-۷

$$TCC = HRC + LP$$

در رابطه ۱۷-۷ نرخ بهره است، از آنجایی که نرخ تورم در نظر گرفته شده است، درصد معینی از کل

هزینه ها (مثلاً ۱۰٪) به عنوان سود پیمانکار در نظر گرفته شده است، صرف نظر از اینکه قرارداد یک ساله

باشد یا باشد. چندین سال. پارامتر دیگر هزینه جانبی سالانه سیستم روشنایی است. کل قیمت تجمعی برای

طول عمر سیستم روشنایی را می توان به صورت زیر بدست آورد:

۱۷-۷

$$TCP = (TCC + CSC)(1+\beta)$$

$$CSC = \sum_{T=1}^Y SC^0 \times (1+i_m)^T$$

قیمت کل تجمعی (TCP) تابعی از هزینه تجمعی کل (TCC)، هزینه جانبی تجمعی (CSC) و نرخ

سود است. برای مدیریت دارایی های روشنایی معابر در یک دوره چندساله، باید کلیه هزینه های

سرمایه گذاری و تحمیلی در دوره عمر روشنایی معابر شناسایی شده و در مدل پیشنهادی لحاظ گردند. در

این مدل برای نشان دادن هزینه‌های سرمایه‌گذاری برای نصب چراغ از معادله ۷-۱۸ استفاده شده است:

$$INC[T] = N[T] \cdot (GC[T] + IC[T]) \quad 7-18$$

در این رابطه $INC[T]$ ، سرمایه‌گذاری انجام‌شده، $N[T]$ ، تعداد چراغ‌های نصب‌شده، $GC[T]$ هزینه چراغ و $IC[T]$ هزینه نصب در سال T هست. جایی که $T = \{1, 2, 3, \dots, Y\}$ هست. برای محاسبه هزینه‌های انرژی در این دوره از معادله ۷-۱۹ استفاده می‌شود:

$$EC[T] = NA[T] \cdot W[T] \cdot P[T] \quad 7-19$$

در این رابطه $EC[T]$ هزینه انرژی، $NA[T]$ مجموع تعداد چراغ‌ها نصب‌شده تا پایان سال T ، $W[T]$ انرژی مصرفی چراغ و $P[T]$ قیمت انرژی به ازای هر کیلووات ساعت در سال T هست. بخش دیگری از هزینه‌ها مربوط به هزینه‌های سرویس و نگهداری روشنایی معابر در دوره عمر هست. هزینه‌های تحمیلی ناشی از سوختن لامپ با توجه به عمر مفید و احتمال سوختن لامپ محاسبه می‌شود. در ادامه برای محاسبه هزینه تحمیلی ناشی از تعویض لامپ از معادله ۷-۲۰ استفاده می‌شود:

$$IMC[T] = D[T] \cdot (RC[T] + GC[T]) \quad 7-20$$

که در این رابطه $D[T]$ تعداد لامپ‌های معیوب شده، $RC[T]$ هزینه تعویض لامپ، $GC[T]$ قیمت لامپ در سال T هست.

هزینه‌های مدیریت دارایی‌های روشنایی معابر از حاصل جمع هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه و هزینه‌های تحمیلی در طول دوره بهره‌برداری از چراغ و مطابق با رابطه ۷-۲۱ به دست می‌آید:

$$TC[T] = INC[T] + IMC[T] \quad 7-21$$

که در این رابطه TC مجموع هزینه‌های مدیریت دارایی تا سال T هست. با توجه به اینکه در حال حاضر قیمت انرژی روشنایی معابر نیز جزو هزینه‌های دوره عمر شبکه روشنایی می‌باشند و شرکت‌های

توزیع باید خطی مشی‌هایی برای کاهش مصرف انرژی و افزایش بهره نوری روشنایی طرح‌ریزی نمایند. در چنین شرایطی در هر سال کل هزینه‌های روشنایی معابر با احتساب هزینه‌های انرژی از رابطه ۷-۲۲ به دست می‌آیند.

$$MC[T] = TC[T] + EC[T]$$

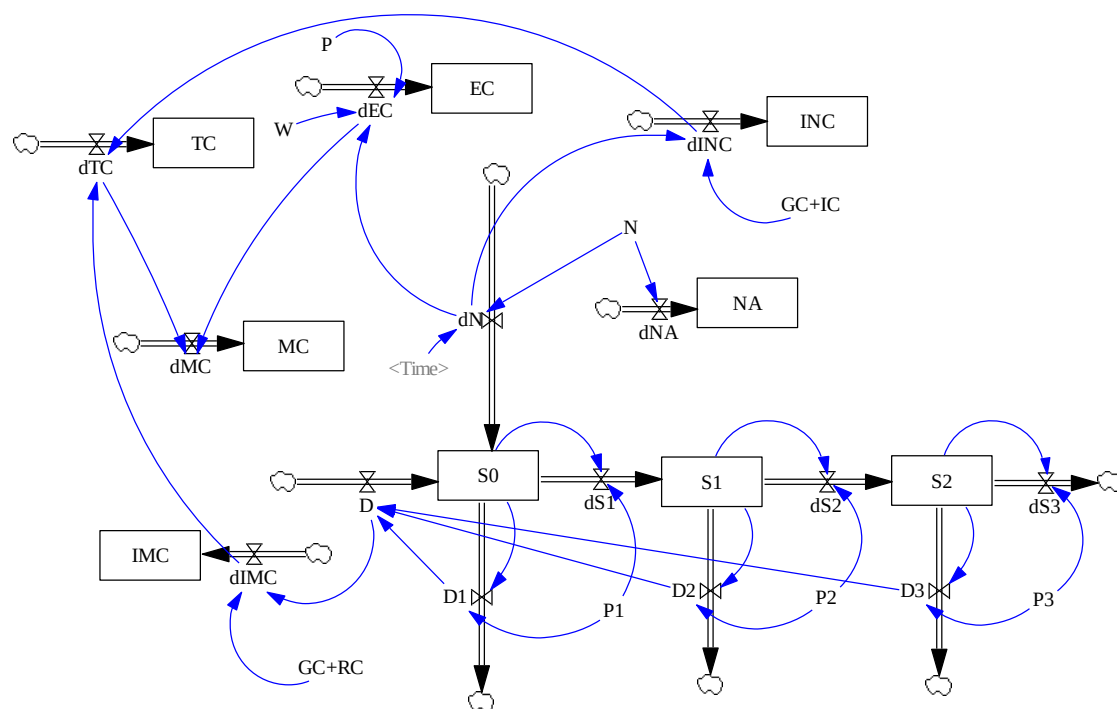
۷-۲۲

در ادامه این تحقیق و با توجه به همکاری شرکت‌های توزیع نیروی برق شمال استان کرمان و در اختیار گذاشتن آمار واقعی تعداد لامپ سوزی چراغ‌های بخار سدیم و همچنین اطلاعات توسعه‌ای ن چراغ‌ها در ۲۰ سال گذشته، کارایی مدل پیشنهادی نشان داده می‌شود. شایان ذکر یکی از مزایایی که نتایج حاصله و میزان کارایی مدل را بیشتر می‌کند این است که تامین کننده و مشخصات لامپ‌های خریداری تقریباً در کل دوره ثابت بوده و در موارد استثنایی هم با توجه به توزیع متناسب بین مناطق شرایط برای مقایسه و محک‌زنی برای مناطق مختلف یکسان است.

۷-۳ پیاده سازی با سیستم‌های پویا

سیستم‌های پویا اغلب برای تجزیه و تحلیل سیستم‌های اجتماعی، مدیریتی و مالی پیچیده استفاده می‌شوند. در این تحقیق براساس سیستم‌های پویا، یک مدل زمان گسسته برای محاسبه میزان لامپ سوزی در روشنایی معابر عمومی مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای اجتناب از پیچیدگی، در شکل ۷-۲ یک مدل برای محاسبه میزان خرابی قطعات با طول عمر حداکثر سه سال نشان داده شده و در نهایت نتایج به طول عمر های بالاتر تعمیم داده می‌شود. در شکل ۷-۲ همه متغیرها بطور ضمنی وابسته به زمان هستند، به عبارتی $D_1 = D_1[T]$ جاییکه T نشان دهنده سال و همچنین زمان گسسته بودن متغیرهاست. p, P_1, P_2, P_3, W ثابت و $S_0, \dots, D_1, \dots, INC, IMC, EC, \dots$ متغیر از نوع متغیر سطح یا حالت هستند. پیشوند d که قبل از نام متغیرهای حالت قرار گرفته، نشان دهنده متغیرهای از نوع نرخ یا آهنگ تغییرات است. در این مدل $S_0, S_1, S_2, \dots$ به ترتیب به مفهوم تعداد لامپ سالم در ابتدای سال اول تا سوم هستند. $D_1, D_2, D_3, \dots$ به ترتیب به مفهوم تعداد لامپ سوخته در پایان سال اول تا سوم هست و $P_1, P_2, P_3, \dots$ به

ترتیب احتمال معیوب شدن لامپ بعد از یک تا سه سال عمر می باشند.



شکل ۷-۲ شمای کلی مدل مدیریت دارایی‌های روشنایی معابر

با توجه به مدل پیشنهادی، همانگونه که ملاحظه می‌شود برای یک دوره زمانی طولانی مدت (به اندازه دوره عمر چراغ که ۲۵ تا ۳۰ سال تخمین زده می‌شود)، انتخاب فناوری، سرمایه‌گذاری اولیه و هزینه‌های دوره عمر با جزییات کامل قابل تجزیه و تحلیل هستند. از طرفی تاثیر هر یک از عوامل بر هزینه نهایی و میزان حساسیت هزینه نهایی به تغییر عوامل اصلی از دیگر مزایای این مدل می‌باشد. در صورت استفاده از این مدل برای فناوری‌های مختلف می‌توان بر اساس هزینه نهایی بهترین فناوری را انتخاب نمود. از آنجاییکه داده‌ها و اطلاعات سازندگان در خصوص مشخصه و قابلیت‌ها براساس شرایط آزمایشگاهی ارایه می‌شود، در صورت نگهداری اطلاعات سرویس و نگهداری (و در صورت عدم امکان صرفاً با در اختیار داشتن هزینه نهایی) در مناطق مختلف می‌توان نسبت به ارزیابی کارایی و محک‌زنی مناطق اقدام و چه بسا عوامل غیر نرمالی که بر هزینه‌ها تاثیر مستقیم دارند را کشف و به مدل اضافه نمود.

۴-۷ الحاق شیوه جریمه و پاداش

مدیریت روشنایی عمومی از دیدگاه ساکنان شهر باعث بهبود رفاه اجتماعی می‌شود و تداوم نور یکی از اولویت های شهروندان است. کیفیت لامپ ها و تشخیص و تصحیح نقص نور در تداوم نور ضروری است. مکانیسم پاداش و مجازات نقش حیاتی در این زمینه ایفا می‌کند. انتخاب نیروی کار و لامپ تاثیر بسزایی در کاهش خطر در طول مدت قرارداد دارد. برای شیوه پاداش و جریمه در این کار تحقیقاتی از ضمانت و حداکثر زمان تشخیص نقص نور مجاز و زمان تصحیح استفاده شده است.

تولید کنندگان عموماً برای اطمینان از کیفیت و دوام محصول را بدون قید و شرط برای مدتی تضمین می‌کنند و توانایی تولید طیف گسترده ای از لامپ ها با طول عمر متفاوت را دارند. طبیعتاً عمر طولانی تر به قیمت بالاتری نیاز دارد. LSF مشخصه لامپ است که سازندگان در کتابچه های راهنما منتشر می‌کنند. LSF نسبت لامپ های دست نخورده الکتریکی به تعداد کل لامپ ها در یک مقدار مشخص از لامپ ها در تعداد مشخصی از ساعات کارکرد بر حسب درصد است.

میزان خرابی لامپ را می‌توان از داده های LSF تخمین زد. به عبارت دیگر، نرخ شکست بر اساس LSF مبنای خوبی برای تضمین طول عمر طبیعی خواهد بود. به منظور اجتناب از پیچیدگی، فرض بر این است که عوامل خارجی باعث افزایش آهنگ شکست به میزان δ می‌شوند، بنابراین شیوه پاداش و جریمه برای NLG می‌توان به صورت رابطه ۲۳-۷ پیشنهاد داد:

$$\begin{cases} RC = + \left| (CP_{\lambda_0} - CP_{(1+\delta)\lambda_0}) \right|, & \lambda_0 \leq (1+\delta) \cdot \lambda_1 \\ PC = - \left| (CP_{\lambda_0} - CP_{(1+\delta)\lambda_0}) \right|, & \lambda_0 > (1+\delta) \cdot \lambda_1 \end{cases} \quad 23-7$$

در این معادله، RC هزینه پاداش، PC هزینه جریمه، آهنگ شکست واقعی است و عدد مثبت کمتر از یک است که میزان شکست اضافی ناشی از عوامل خارجی را نشان می‌دهد.

۱-۴-۷ تشخیص و رفع عیب

در سیستم‌های روشنایی عمومی، ایرادات از طریق مراجعه شبانه یا شهروندان گزارش می‌شود و در روز رفع می‌شود. برنامه‌ریزی نادرست منجر به تاخیر در رفع نقص می‌شود. مصرف انرژی روشنایی عمومی برای تعدادی از چراغ‌ها در طول سال را می‌توان از رابطه ۲۴-۷ محاسبه کرد:

$$\begin{cases} ENS_a = E_N - E_{ai} \\ E_N = N \times W_{watt} \times h \times 365 \\ ENS_a = \lambda_a \times W_{watt} \times h \times t_{xi} \\ ENS_p = \lambda_a \times W_{watt} \times h \times t_p \end{cases} \quad 24-7$$

در این معادله، مصرف انرژی برای N چراغ در هر سال، انرژی استفاده نشده ناشی از نقص لامپ در سال، مصرف انرژی واقعی در سال، مصرف برق هر چراغ، h روشن شدن روزانه است. ساعت لامپ، و میانگین زمانی واقعی خاموش شدن چراغ به دلیل نقص لامپ است. برای محاسبه میانگین واقعی زمان خاموشی، معادله ۲۵-۷ را به صورت بازنویسی کنید:

$$t_{xi} = \frac{N \times 365}{\lambda_a} - \frac{E_{ai}}{\lambda_a \times h \times W_{watt}} \quad 25-7$$

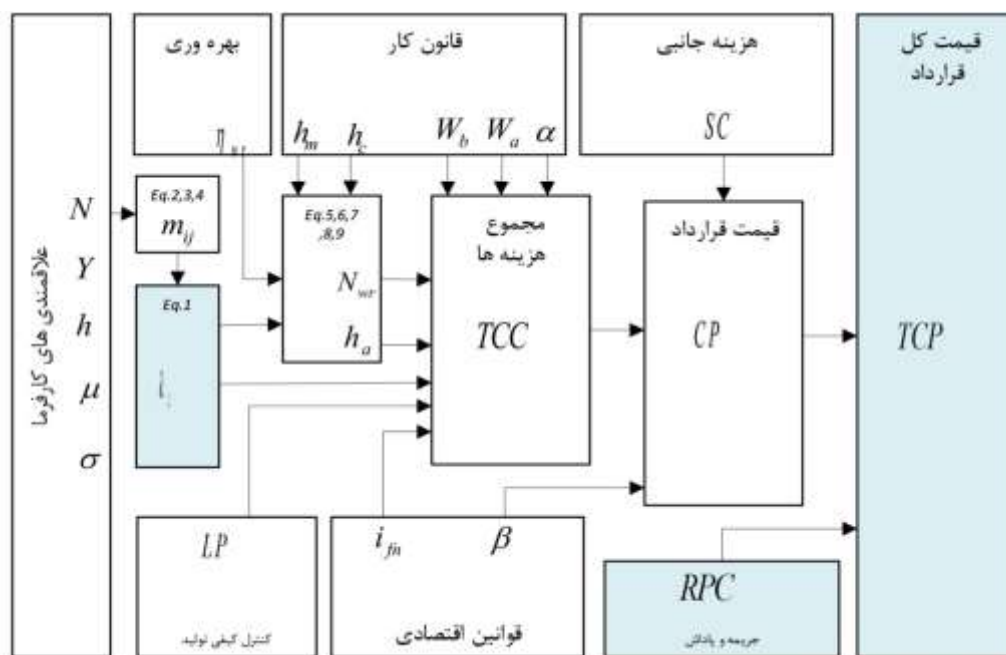
برای رضایت شهروندان باید تا حد امکان کاهش یابد. برای این منظور، شیوه پاداش و جریمه برای DCT را می‌توان به صورت رابطه ۲۶-۷ پیشنهاد کرد:

$$\begin{cases} 1) RC = +\gamma \times HRC, & 0 < t_x \leq t_p \\ 2) PC = -\gamma \times HRC, & t_p < t_x \leq 2t_p \\ 3) PC = -2\gamma \times HRC, & 2t_p < t_x \leq 3t_p \\ 4) PC = -3\gamma \times HRC, & 3t_p < t_x \end{cases} \quad 26-7$$

در این معادله، ضریب پاداش و جریمه است (مثلاً ۰,۱) و حداکثر زمان مجاز خاموش شدن یک چراغ روشنایی است (مثلاً ۲ روز برای هر نقص). بنابراین اگر زمان واقعی بزرگتر از حداکثر زمان مجاز باشد، هزینه جریمه بر اساس تابع ۲، ۳ و ۴ و اگر کمتر از ۱ باشد، هزینه پاداش بر اساس تابع ۱ محاسبه می‌شود.

۷-۴-۲ دسته‌بندی عوامل تاثیرگذار

مدل قیمت‌گذاری قرارداد و دسته‌های تاثیرگذار در شکل ۷-۳ نشان داده شده است. تمامی طرفین قرارداد تابع قوانین کار و تجارت هستند، بنابراین در مدل، پارامترهای نیروی کار از پارامترهای اقتصادی جدا شده است. پیمانکار متعهد است فعالیت‌ها را به موقع و با کیفیت انجام دهد. نیروی انسانی در این مورد نقش مهمی ایفا می‌کند، بنابراین مأموریت اصلی یک پیمانکار انتخاب نیروی کار مناسب است. در مدل، شاخص عملکرد پیمانکار با شاخص کارایی منابع انسانی (η_{wr}) نشان داده می‌شود. سازنده متعهد به تضمین LSF است. قیمت مناسب در این مورد نقش مهمی را ایفا می‌کند، بنابراین مهم‌ترین رسالت یک تولیدکننده ارائه محصولی با کیفیت با قیمت مناسب است. در مدل، شاخص عملکرد سازنده با قیمت لامپ با LSF تضمین شده نشان داده شده است. کارفرما موظف است توضیحات کار، حجم کار، مشخصات فنی مورد انتظار مانند میانگین طول عمر و انحراف استاندارد را ارائه دهد. بر اساس خواسته‌های کارفرما، نرخ خرابی (λ_i) محاسبه می‌شود. همه طرفین قرارداد مشمول قوانین کار هستند، بنابراین تعداد کارگران مورد نیاز و ساعات کار اضافی (N_{wr}, h_a) بر اساس محدودیت‌های قوانین ساعت کار محاسبه می‌شود. هزینه برآورد شده برای شروع سال اول بر اساس دستمزد کارگران و قیمت چراغ محاسبه می‌شود. شیب تورم در برآورد هزینه کل (TC) لحاظ می‌شود. هزینه‌های جانبی شامل حمل و نقل و انبار موقت به قیمت قرارداد (CP) اضافه می‌شود و سود پیمانکار بر آن اعمال می‌شود. در نهایت، TCP بر اساس شیوه پاداش و جریمه محاسبه می‌شود.

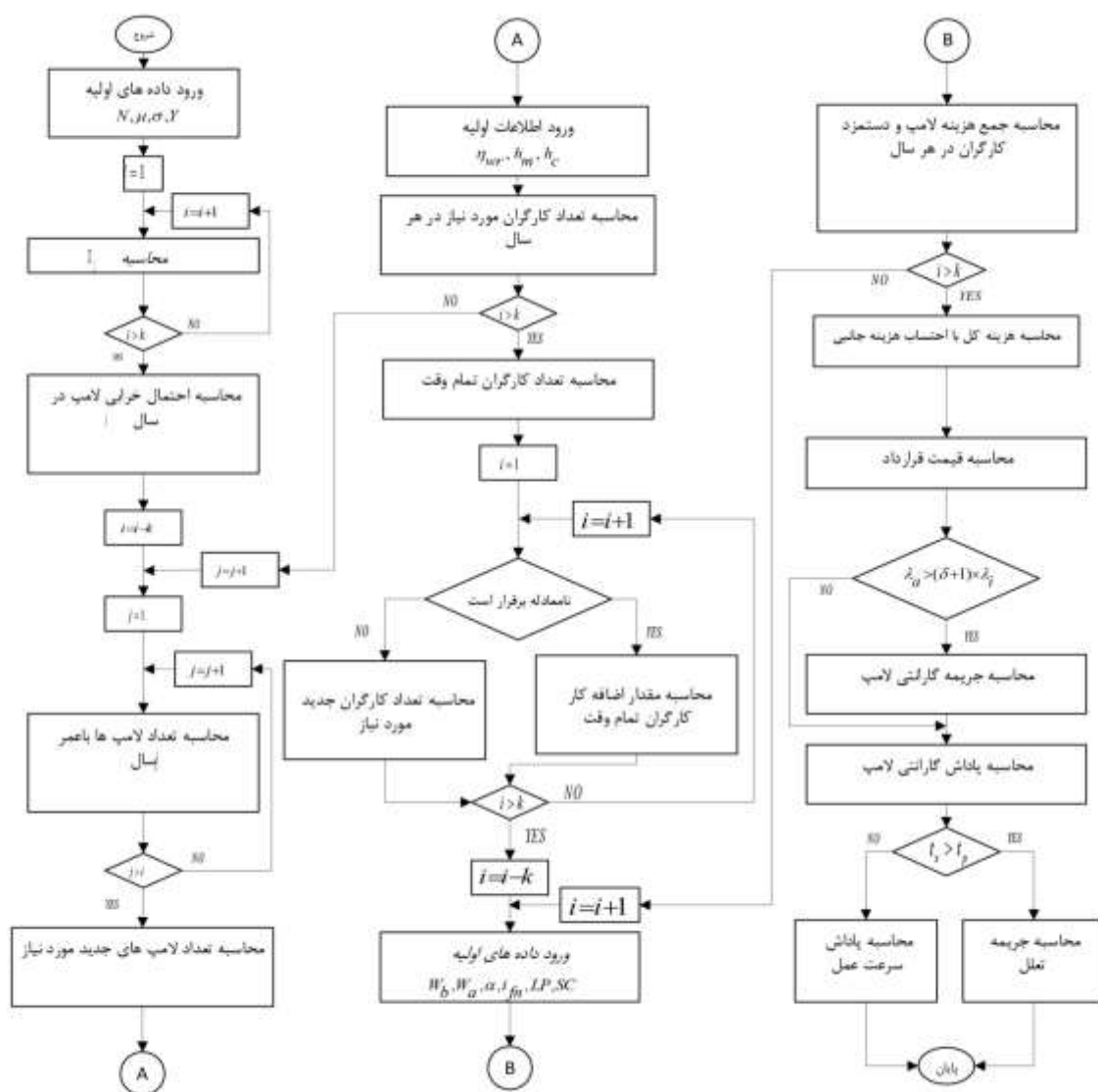


شکل ۳-۷ رویه قیمت گذاری قرارداد و دسته های تاثیر گذار.

۳-۴-۷ نمودار جریان برآورد قیمت

شکل ۳-۴-۷ نمودار جریانی از روش بهبود یافته برای قیمت گذاری قرارداد را نشان می دهد. در مرحله اول پس از بدست آوردن داده های مورد نیاز (جعبه اول)، میزان خرابی در پایان هر سال با محاسبه احتمال خرابی لامپ بر اساس تابع توزیع نرمال برآورد می شود. به طور متوسط هر لامپ حدود ۱۱ ساعت در روز روشن است. به عبارت دیگر، یک لامپ در سال اول، دوم و سوم به ترتیب حدود ۴۰۰۰، ۸۰۰۰ و ۱۲۰۰۰ ساعت کار می کند. احتمال خرابی لامپ از تابع توزیع نرمال با رابطه ۶-۷ به دست می آید. بر اساس این احتمال هر ساله برخی از لامپ ها معیوب می شوند. به عنوان مثال در چنین مواردی تعداد لامپ های سالم با طول عمر یک سال، دو سال و در سال چهارم با استفاده از رابطه ۵-۷ سه سال محاسبه می شود. همچنین تعداد لامپ های معیوب در پایان هر سال با استفاده از رابطه ۷-۱ محاسبه می شود و بر اساس آن تعداد کارگران مورد نیاز برای تعویض آنها از رابطه ۷-۹ محاسبه می شود. تعداد کارگران مورد نیاز و ساعات کار اضافی با رعایت قوانین کارآیی نیروی انسانی و کار محاسبه می شود. تعداد کارگران مورد نیاز سالانه محاسبه می شود و کمترین تعداد در کل چرخه عمر شبکه روشنایی به عنوان کارگر دائم در نظر گرفته می شود.

مقدار کار اضافی با استفاده از رابطه ۷-۱۲ محاسبه می‌شود. فرض کنید اضافه کار کمتر از سقف مجاز اضافه کاری باشد. در این صورت، ارجاع کارهای اضافی به کارگران موجود ترجیح داده می‌شود. در غیر این صورت، تعداد کارگران جدید مورد نیاز برای یک قرارداد مدت معین از رابطه ۷-۱۳ محاسبه می‌شود.



شکل ۷-۴ نمودار جریان روش بهبود یافته برای قیمت گذاری قرارداد.

پس از به دست آوردن اطلاعات مورد نیاز از جمله هزینه نیروی کار (با رعایت حداقل دستمزد مجاز کارگران)، دستمزد و اضافه کار کارگران ثابت در طول عمر سیستم روشنایی و دستمزد کارگران جدید در برخی سالها با استفاده از رابطه ۷-۱۴ محاسبه می‌شود. هزینه خرید لامپ و هزینه های جانبی در طول عمر

سیستم روشنایی عمومی با استفاده از معادلات ۷-۱۵ و ۷-۱۷ برآورد شده است. لازم به ذکر است که نرخ تورم در دستمزدها، چراغ‌ها و هزینه‌های جانبی در سال‌های بعد اعمال می‌شود. کل هزینه انباشته و قیمت کل قرارداد با معادله ۷-۱۷ محاسبه می‌شود. به منظور ایجاد انگیزه در پیمانکار برای خرید لامپ با کیفیت بالاتر، شیوه تضمین عمر در معادله ۷-۱۸ در نظر گرفته شده است. از طرفی به منظور افزایش سرعت شناسایی و تعویض لامپ‌های معیوب، شیوه تشویقی در رابطه ۷-۱۹ پیش بینی شده است. در نهایت هزینه پاداش و جریمه بر اساس ضمانت LSF و زمان تشخیص و اصلاح مجاز محاسبه می‌شود.

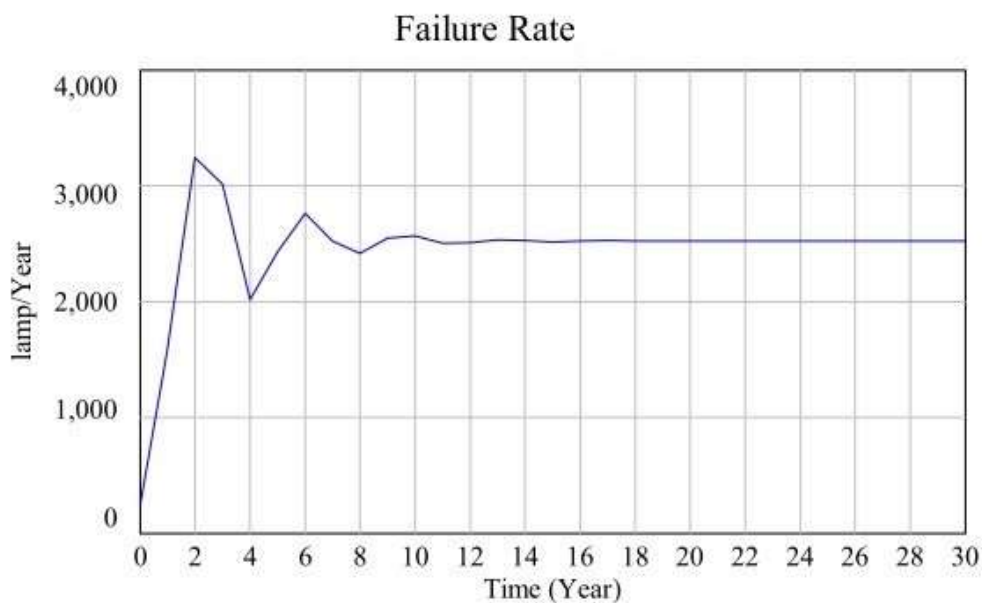
۷-۵ مطالعه موردی

در این بخش با استفاده از مدل پیشنهادی و کاتالوگ‌ها و گزارش‌های سازندگان، میزان لامپ سوزی اسمی مناطق پنجگانه یک شرکت توزیع محاسبه و در مقایسه با تعداد واقعی عملکرد مدیریت دارایی‌های روشنایی معابر در مناطق مختلف مقایسه می‌شود. در ابتدا برای نشان دادن کارایی مدل پیشنهادی، با فرض ثابت بودن تعداد چراغ‌ها در دوره عمر، آهنگ خرابی لامپ در دوره عمر چراغ با آهنگ خرابی محاسبه شده در تحقیقات قبلی مقایسه می‌شود. همان‌گونه که در شکل ۷-۵ ملاحظه می‌شود، اولین سری لامپ‌های نصب شده در زمان نصب چراغ‌ها به عنوان آهنگ خرابی در ابتدای سال اول معرفی شده‌اند. گرچه این تعریف از لحاظ محاسباتی در نتایج تأثیری ندارد ولی نمی‌توان اولین نصب را آهنگ خرابی معرفی نمود.



شکل ۵-۷ آهنگ خرابی لامپ بر اساس مدل مرجع [92]

این موضوع در مدل پیشنهادی اصلاح شده است. آهنگ خرابی با استفاده از مدل پیشنهادی برای یک دوره سی ساله در شکل ۶-۷ رسم شده است.



شکل ۶-۷ آهنگ خرابی بر اساس مدل پیشنهادی

در ادامه برای ارزیابی صحت و کارایی استفاده از تابع توزیع نرمال برای محاسبه احتمال خراب شدن

لامپ، بر اساس سن و با استفاده از تابع توزیع نرمال $\mu = 24000$ و $\sigma = 9740$ نرخ خرابی محاسبه شده و با نتایج آزمایشگاهی آهنگ سالم ماندن لامپ ۱ که در کاتالوگ سازندگان اعلام می شود [۹۳] مقایسه شده است.



شکل ۷-۷ مقایسه آهنگ خرابی بر اساس تابع احتمال و اعلام سازنده [75]

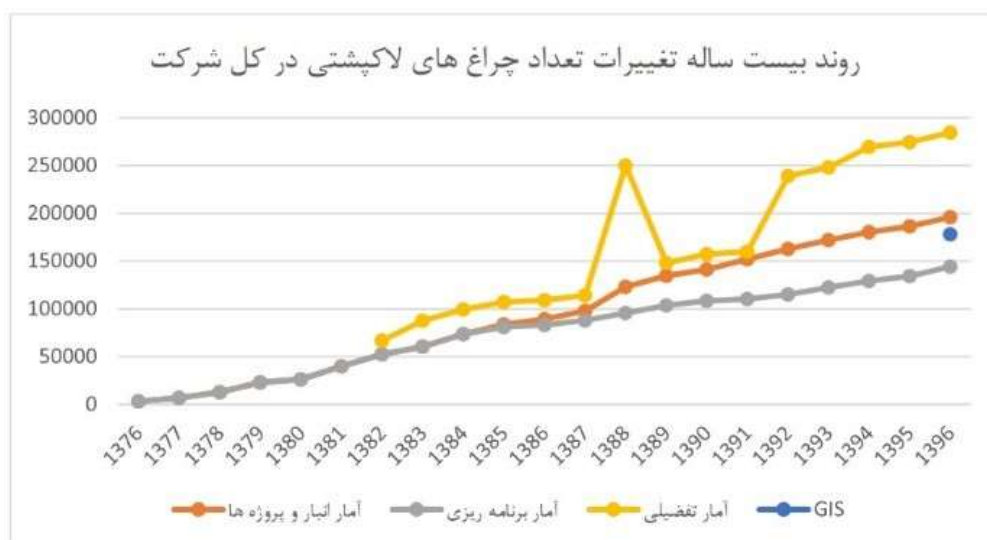
در شکل ۷-۷ آهنگ خرابی لامپ در یک دوره سی ساله با استفاده از روش محاسباتی و روش آزمایشگاهی نشان داده شده است. مقایسه نتایج نشان دهنده دقت قابل قبول تخمین با استفاده از تابع توزیع احتمال نرمال مطابق رابطه ۶-۷ هست. لازم به ذکر است در این شرکت توزیع، روش تعویض به صورت موردی و بعد از معیوب شدن لامپ می باشد. تعداد محدودی از شرکت ها از روش تعویض مجموعه ای براساس معیار کاهش بازدهی نوری استفاده می نمایند. نوع فناوری و متغیرهای داخلی و بیرونی تاثیر به سزایی در هزینه های دوره عمر روشنایی معابر عمومی دارند. کیفیت و طول عمر کالاها، صلاحیت و کیفیت کار نیروی انسانی، نوع و نحوه استفاده از ماشین آلات و ابزار کار نمونه هایی از متغیرهای داخلی و شرایط اقلیمی، اجتماعی و فرهنگی نمونه هایی از متغیرهای بیرونی موثر بر هزینه های بهره برداری از روشنایی معابر هستند.

در این تحقیق با استفاده از آمار چراغ های لاک پشتی نصب شده بین سال های ۱۳۷۶ تا ۱۳۹۵ در

یکی از شرکت‌های توزیع، تعداد لامپ سوزی اسمی براساس ساعت عمر اعلام شده توسط سازندگان (۲۰۰۰ ساعت) محاسبه شده است. در ادامه با مقایسه تعداد لامپ سوزی واقعی و اسمی، از این اطلاعات بعنوان معیاری برای محک‌زنی میزان کارایی مناطق پنج گانه شرکت در حوزه بهره‌برداری بهینه از روشنایی معابر استفاده شده است.

به منظور بررسی موضوع و جمع‌آوری اطلاعات، به آمار تفصیلی شرکت توانیر رجوع شد. شایان ذکر است آمار جداسازی روشنایی معابر از سال ۱۳۸۲ در آمار تفصیلی منتشر شده است. با بررسی آمار شرکت توزیع مد نظر مشخص شد دو جهش در آمار سال‌های ۱۳۸۸ و ۱۳۹۲ رخ داده است که جهش آماری سال ۱۳۸۸ در سال بعد با کاهش زیادی مواجه شده است. با توجه به تغییرات زیاد آمار در سال ۱۳۸۸ و ۱۳۹۲ و عدم امکان تجزیه و تحلیل براساس آمار تفصیلی شرکت توانیر با مراجعه به شرکت توزیع و اخذ مجوز استفاده از اطلاعات موجود در آن شرکت، آمار چراغ‌ها از واحد آمار و اطلاعات برنامه‌ریزی در سال‌های ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۵ اخذ شد. با بررسی جزییات آماری مشخص شد در سال ۱۳۸۸ سیاست شرکت توانیر بر حذف کلیه لامپ‌های رشته‌ای بوده و در این شرکت هم کلیه لامپ‌های رشته‌ای با لامپ‌های کم مصرف جایگزین شده‌اند و آمار این لامپ‌ها در ستون سایر چراغ‌های کم مصرف لاک‌پشتی ثبت شده است. از طرفی اعلام شد از سال ۱۳۸۹ تحویل لامپ به مناطق برای تعویض با حساسیت بیشتر و به نسبت تعداد چراغ‌ها انجام شده، که این اقدام به دلیل اعتراض بعضی از واحد‌ها مبنی بر دقیق نبودن آمار چراغ‌ها، منجر به تغییر مبنای آمار براساس اعلام مناطق در سال ۱۳۹۲ شده است. با عنایت به حساسیت‌های موجود محقق به منظور بررسی دقیق‌تر موضوع و با همکاری شرکت توزیع آمار چراغ‌ها را از دو مرجع متفاوت آمار و اطلاعات برنامه‌ریزی و آمار و اطلاعات پروژه‌ها در مهندسی از سال ۱۳۷۶ تا ۱۳۹۶ استخراج نمود. در شکل ۷-۸ نمودار رشد تعداد چراغ‌های لاک‌پشتی براساس سه مرجع متفاوت رسم شده است. شایان ذکر است خوشبختانه همزمان با شروع نگارش این تحقیق، جمع‌بندی آمار و اطلاعات مکانی (GIS) این شرکت به پایان رسیده و تعداد چراغ‌ها در پایان سال ۱۳۹۶ نیز در نمودار نشان داده شده است. با مقایسه آمار‌ها مشخص می‌شود که اگر مبنا را آمار و اطلاعات مکانی (GIS) قرار دهیم، نزدیکترین روند به آن، آمار انبار و

پروژه هاست. با بررسی های انجام شده به نظر می رسد مهمترین دلیل این مغایرت عدم گزارش و یا عدم ثبت تعداد چراغ های منصوبه در پروژه ها با عناوینی غیر از روشنایی معابر منجمله تامین برق متقاضیان فاقد شبکه بوده و تغییر نرم افزار و رویه های گزارش دهی در سال ۱۳۸۶ در این خطا موثر بوده اند.



شکل ۷-۸ روند تغییرات تعداد چراغ براساس آمار تفصیلی، برنامه ریزی، انبار و پروژه ها

در ادامه تحقیق از آمار انبار و پروژه ها به منظور تجزیه و تحلیل استفاده خواهد شد. شایان ذکر است با توجه به مغایرت نزدیک به ده درصد بین آمار و اطلاعات مکانی (GIS) و آمار پروژه ها، احتمال خطای ده درصدی در نتایج وجود دارد.

با استفاده از مدل پیشنهاد شده و با توجه به روند تغییر تعداد چراغ های لاکپشتی در مدت بیست سال تعداد لامپ سوزی اسمی براساس عمر اعلام شده توسط سازنده محاسبه شده اند. نتایج حاصله با تعداد لامپ خارج شده از انبار برای جایگزینی لامپ ها شکل ۷-۹ مقایسه شده است.



شکل ۷-۹ روند لامپ سوزی سالیانه

همانگونه که در شکل ۷-۹ مشخص است تفاوت قابل توجهی بین تعداد لامپ سوزی اسمی و واقعی وجود دارد. از سال ۱۳۹۰ به بعد این تفاوت کاهش قابل توجهی داشته است. در این تحقیق قصد نداریم دلایل این اختلاف را بررسی کنیم ولی همانگونه که قبلاً هم اشاره شد عوامل داخلی و بیرونی متعددی می‌توانند بر این اختلاف تاثیر گذار باشند که شناسایی آنها می‌تواند موضوع تحقیق دیگری باشد. در این تحقیق قصد داریم از لامپ سوزی اسمی بعنوان معیاری برای مقایسه مدیریت دارایی‌های روشنایی معابر در مناطق مختلف این شرکت استفاده نمایم.

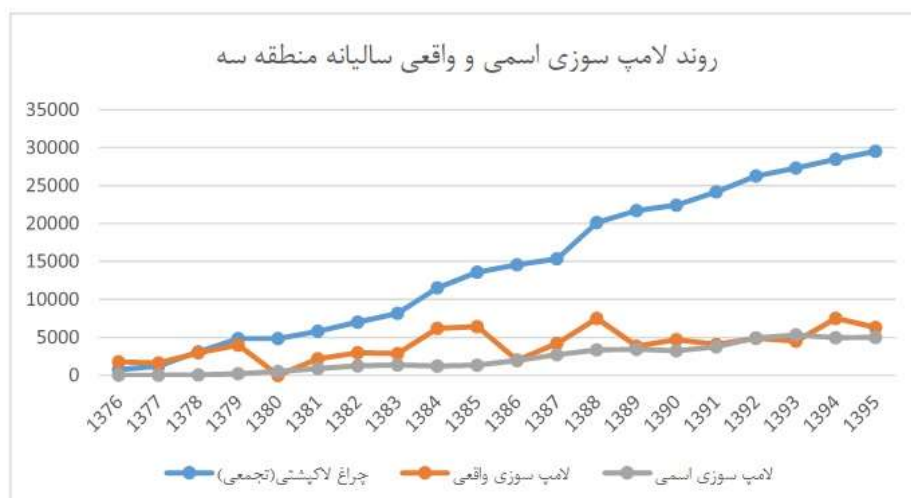
در شکل ۷-۱۰، شکل ۷-۱۱، شکل ۷-۱۲، شکل ۷-۱۳، شکل ۷-۱۴ روند لامپ سوزی از سال ۱۳۷۶ تا ۱۳۹۵ براساس مدل و داده‌های واقعی به ترتیب برای منطقه یک تا پنج نشان داده شده است. همانگونه که ملاحظه می‌شود تفاوت قابل ملاحظه‌ای بین تعداد لامپ سوزی اسمی و واقعی در مناطق وجود دارد و این تفاوت در سال‌های ۳۹۱ تا ۱۳۹۵ سیر نزولی داشته است.



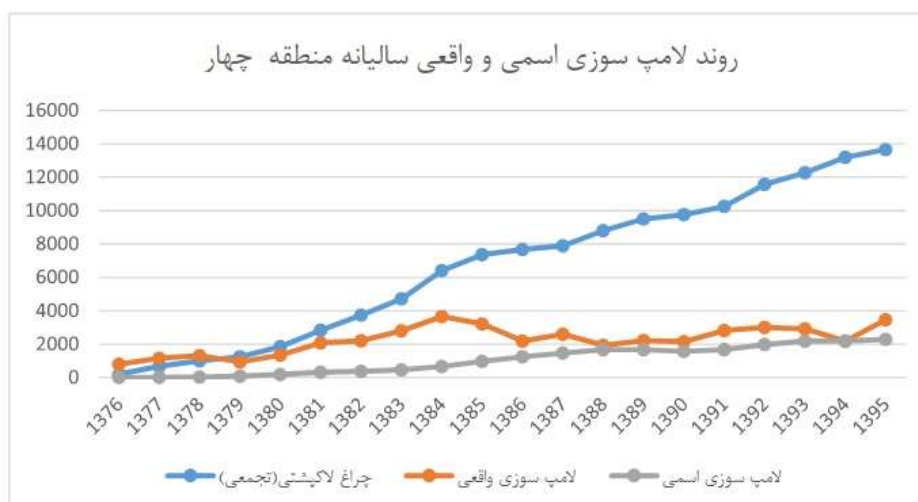
شکل ۷-۱۰ رند لامپ سوزی در منطقه ۱



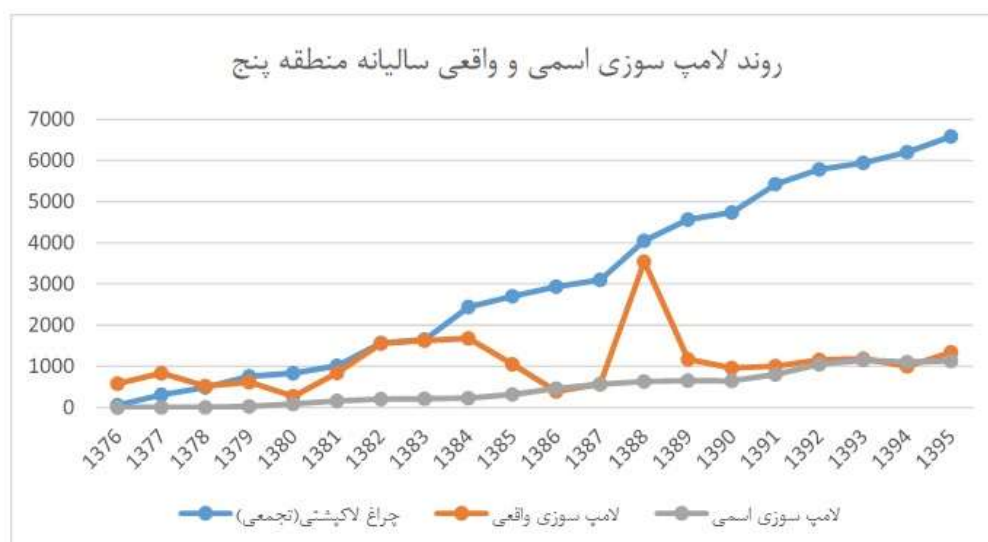
شکل ۷-۱۱ رند لامپ سوزی در منطقه ۲



شکل ۷-۱۲ رند لامپ سوزی در منطقه ۳



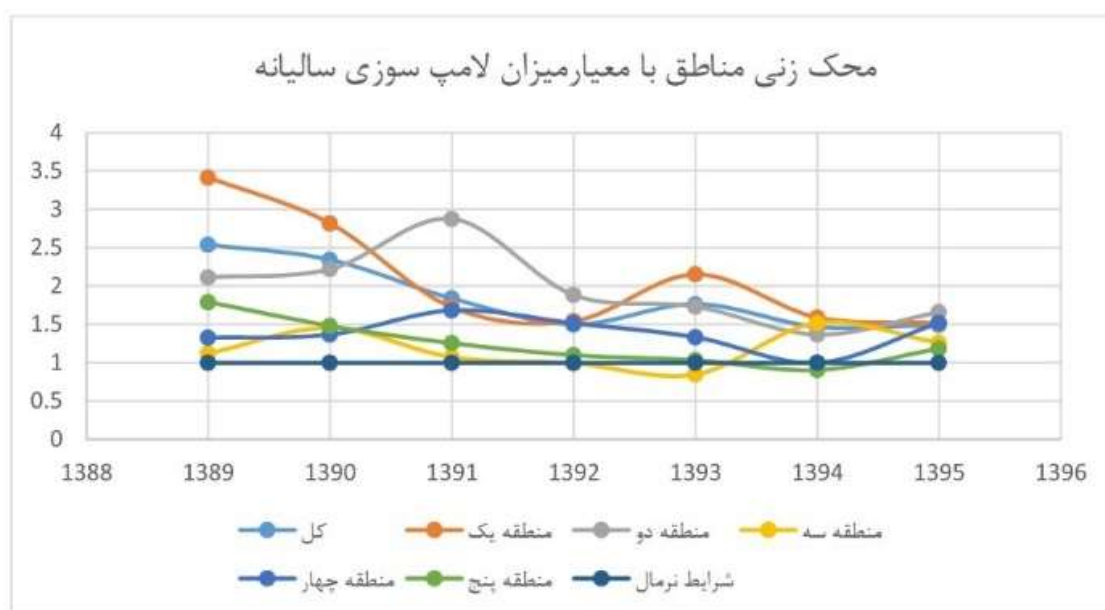
شکل ۷-۱۳ رند لامپ سوزی در منطقه ۴



شکل ۷-۱۴ رند لامپ سوزی در منطقه ۵

نتایج نشان می‌دهد سیاست‌های بهره‌برداری بهینه از روشنایی معابر در هفت سال اخیر منجر به بهبود نسبت تعداد لامپ سوزی واقعی به اسمی در همه مناطق شده است. از آنجاییکه تعداد چراغ‌ها در مناطق مختلف متفاوت است و به منظور ایجاد امکان مقایسه، نسبت تعداد لامپ سوزی واقعی به لامپ سوزی اسمی برای تک تک مناطق محاسبه و به صورت همزمان در شکل ۷-۱۵ نمایش داده شده است. مشاهده می‌شود این نسبت گرچه روند کاهشی را دارد ولی کماکان در سال ۱۳۹۵ انحراف ۵۰ درصدی بین تعداد واقعی و اسمی را در شرکت نشان می‌دهد. این تفاوت می‌تواند موضوع تحقیق برای استخراج متغیرهای داخلی و بیرونی موثر و سهم هر یک از آنها بر لامپ سوزی باشد. همانگونه که ملاحظه می‌شود لامپ

سوزی منطقه ۵ نسبت به سایر مناطق مناسبترین و منطقه ۱ نامناسب ترین وضعیت را دارد. لازم به ذکر است تغییر در تعداد چراغها در مناطق شرکت‌های توزیع اجتناب ناپذیر است و تجربه و تحلیل هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری نیازمند مدلی است که قادر باشد با وجود تغییرات، معیارها و سنجه‌هایی را برای محک‌زنی و ارزیابی در اختیار شرکت‌های توزیع قراردهد که این مدل قابلیت‌های لازم برای این نیاز را دارا می‌باشد.



شکل ۷-۱۵ محک‌زنی مناطق در سالهای ۸۸ تا ۹۶

در حداقل، حداکثر و میانگین قیمت کالاها در سال ۲۰۱۵ در بازار ایران درج شده است. به منظور تاثیر دادن تورم در قیمت‌ها، محاسبه قیمت براساس دلار انجام شده تا از این قیمت برای محاسبه سنوات گذشته و آینده هم استفاده شود. با عنایت به اینکه بهای انرژی روشنایی معابر در تعرفه‌های برق صفر ریال ذکر می‌شود. محاسبات مربوط به انرژی بایستی با قیمتی فرضی یا توافقی انجام شود و یا نرخ جهانی انرژی برق برای آن در نظر گرفته شود. از آنجاییکه در استانداردها عمر به عنوان یکی از مشخصه‌های قطعات جانبی لامپ تعریف نمی‌شود، لذا تعاریف عمر و ادعاهای سازندگان در این خصوص متنوع و محدود و دستیابی به عمر واقعی پیچیده است. به همین دلیل در ادامه مطالعات عددی، عمر قطعات جانبی را با فرض اینکه سازندگان عمر را برای کار دائم قطعه در شبانه روز اعلام کرده‌اند دو برابر عمر ادعا شده فرض نمودیم.

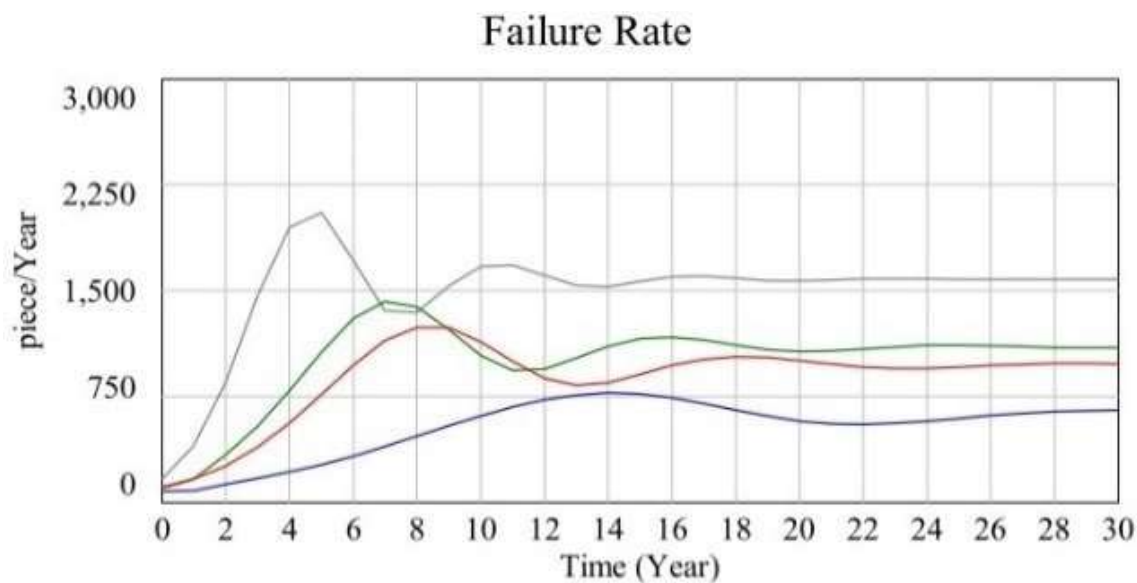
در چنین شرایطی منحنی عمر برای ۱۰۰ قطعه نمونه در ۳۰ سال به صورت شکل ۷-۱۷ خواهد بود.

سرمایه‌گذاری اولیه به صورت شکل ۷-۱۸ خواهد بود. همانگونه که ملاحظه می‌شود. اگر فقط هزینه

تعویض لامپ را لحاظ نماییم. بعد از ۳۰ سال مجموع هزینه‌های بهره‌برداری با هزینه سرمایه‌گذاری اولیه برابری خواهد کرد.

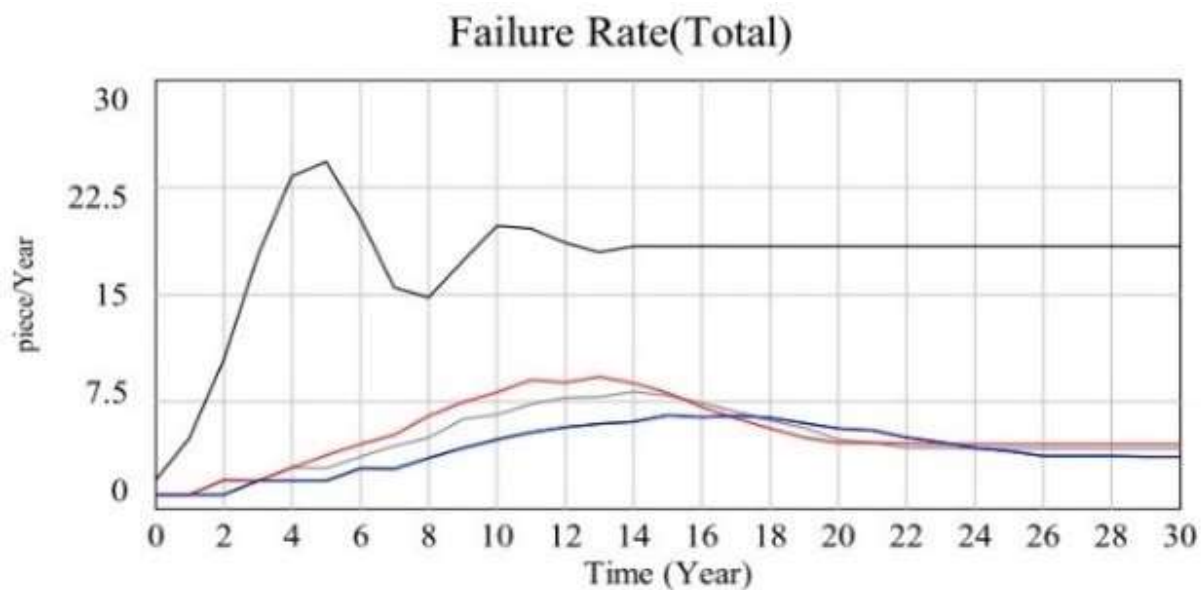
جدول ۷-۱ قیمت چراغ، اجزاء چراغ و هزینه نصب و تعویض

هزینه جایگزینی قطعه (دلار)	هزینه خرید قطعه (دلار)			نام قطعه
	حداقل	میانگین	حداکثر	
۱,۷۴	۵,۶۱	۶,۷۲	۷,۴۱	لامپ ۷۰ وات بخار سدیم
۲,۴	۴,۰۴	۴,۴۷	۶,۹۴	بالاست
۲,۴	۲,۷۸	۳,۹۲	۴,۵۸	ایگنیتور (استارتر)
۲,۴	۰,۹	۱,۵۹	۲,۰۸	خازن
۲,۴	۰,۴۱	۰,۶۶	۰,۹۹	سرپیچ (سوکت)
۲,۶۵	۳۱,۷۸	۳۵,۳۹	۴۲,۴	چراغ کامل ۷۰ وات بخار سدیم

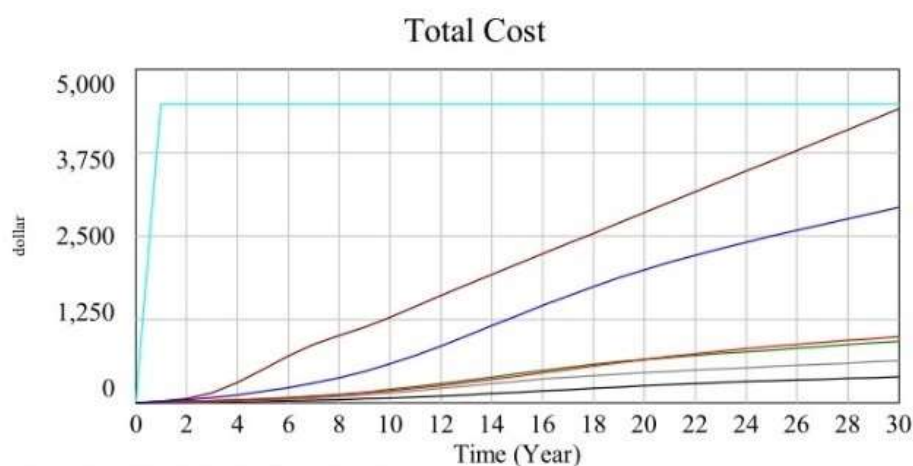


شکل ۷-۱۶ آهنگ خرابی مقایسه ای قطعات چراغ^۱

^۱ عمر قطعات جانبی را با فرض اینکه سازندگان عمر را برای کار دائم قطعه در شبانه روز اعلام کرده‌اند دو برابر عمر ادعا شده فرض نمودیم.

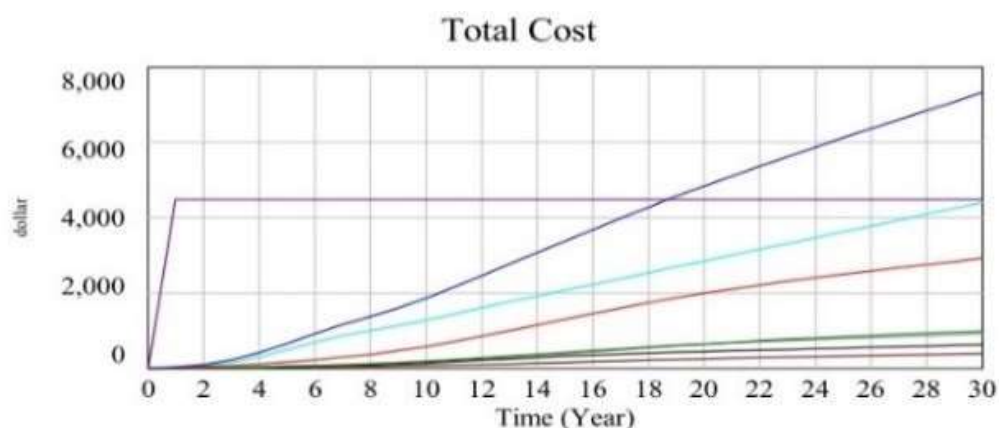


شکل ۷-۱۷ آهنگ خرابی برای ۱۰۰ قطعه در ۳۰ سال



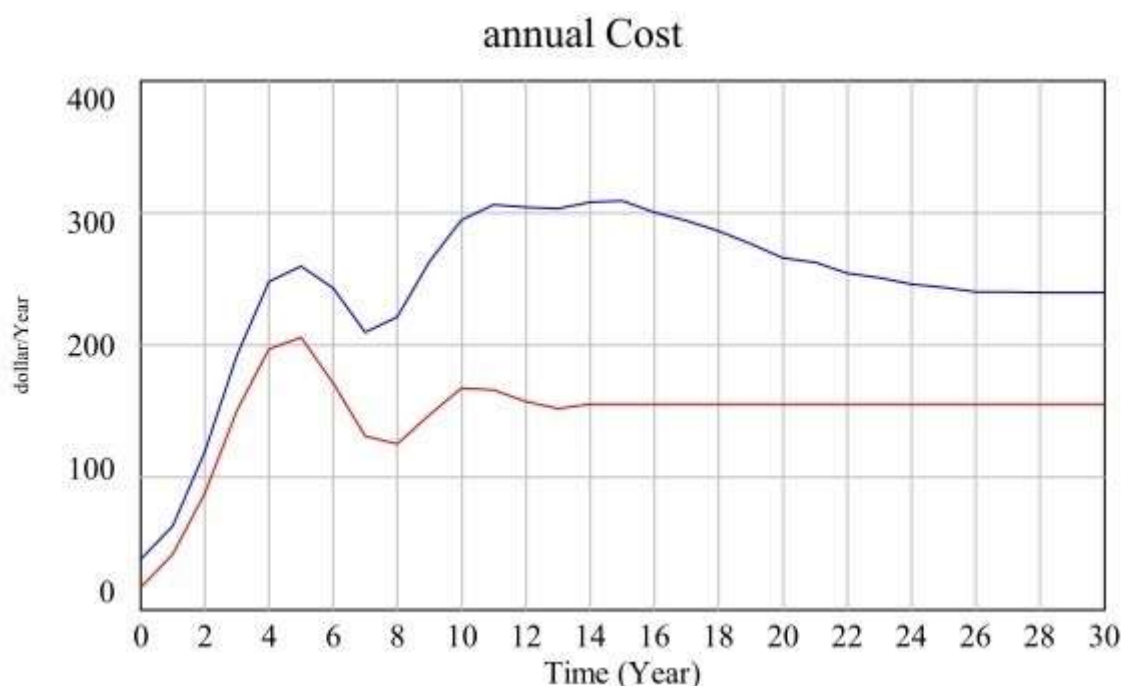
شکل ۷-۱۸ هزینه تجمعی بهره‌برداری با احتساب تعویض لامپ

در حالیکه همانگونه که مشاهده می‌شود. مجموع هزینه‌های تعویض سایر قطعات نسبت به هزینه تعویض لامپ بسیار قابل توجه خواهد بود. در شکل ۷-۱۹ مجموع هزینه‌های بهره‌برداری با احتساب هزینه‌های تعویض قطعات جانبی در مقایسه با سرمایه‌گذاری اولیه نشان داده شده است.



شکل ۷-۱۹ هزینه تجمعی بهره‌برداری با احتساب تعویض لامپ و سایر قطعات

همانگونه که ملاحظه می‌شود در چنین شرایطی هزینه بهره‌برداری در سال هجدهم سرمایه‌گذاری با هزینه سرمایه‌گذاری اولیه برابری خواهد کرد. از آنجاییکه بودجه شرکت‌ها به صورت سالانه تنظیم می‌شود، لازم است وضعیت هزینه سالانه و تغییرات آن را در دوره عمر روشنایی معابر بررسی شود. در شکل ۷-۲۰ تغییرات هزینه بهره‌برداری در دوره سی سال در دو حالت یکی صرفاً برای تعویض لامپ و دیگری با در نظر گرفتن تعویض سایر قطعات نشان داده شده است. همانگونه که ملاحظه می‌شود.



شکل ۷-۲۰ تغییرات هزینه بهره‌برداری سالانه در یک دوره ۳۰ ساله

در صورت در نظر گرفتن هزینه بهره‌برداری مربوط به تعویض سایر متعلقات چراغ به جز لامپ، ضمن اینکه این هزینه‌ها از سال چهارم پروژه تفاوت قابل ملاحظه‌ای خواهد داشت بلکه یک اوج هزینه در سال

چهاردهم پروژه رخ خواهد داد که بایستی در بودجه‌ریزی در نظر گرفته شود. یک سیستم روشنایی عمومی معمولاً برای طول عمر ۲۵ تا ۳۰ سال طراحی می‌شود. این سیستم از شبکه فشار متوسط، ترانسفورماتور برق، شبکه فشار ضعیف و چراغ برق تشکیل شده است. لامپ تأثیر مستقیمی بر تداوم روشنایی چراغ دارد بنابراین باید میزان خرابی در نظر گرفته شود. در این پژوهش از سیستم روشنایی عمومی در شرکت توزیع نیروی برق شمال کرمان (NK-PDC) در ایران به عنوان مطالعه موردی استفاده شده است.

منابع کمی برای اعلام طول عمر اجزای لامپ وجود دارد و تعاریف عمر در این زمینه متفاوت است. یافتن طول عمر اسمی قطعات لامپ به عنوان یک مشخصه در استانداردها دشوار است. با در نظر گرفتن طول عمر بر اساس گزارش‌ها و کاتالوگ‌های سازندگان [93]، [94]، [95] تعویض قطعات در طول عمر سیستم روشنایی عمومی اجتناب ناپذیر خواهد بود. در این کار میانگین طول عمر و انحراف استاندارد لامپ‌ها به ترتیب ۲۰۰۰ و ۴۰۰۰ ساعت در نظر گرفته شده است. راهبرد تعمیر و نگهداری غالب روشنایی عمومی تا تعمیر و نگهداری خرابی در NK-PDC اجرا می‌شود. در این استراتژی، دارایی‌ها عمده‌مجاز به فعالیت هستند تا زمانی که خراب شوند. در جدول ۲-۷ تعداد چراغ‌های جدید نصب شده و لامپ‌های معیوب از سال ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۹ در NK-PDC نشان داده شده است. هزینه‌های منابع انسانی، لامپ و جانبی بر اساس واقعی و نرخ خرابی سالانه در جدول آورده شده است. قیمت قرارداد بر اساس میزان شکست واقعی و برآورد شده محاسبه می‌شود. تأثیر عوامل خارجی بر میزان خرابی با ضریب در نظر گرفته شده و به میزان خرابی تخمینی عمر تضمینی لامپ اضافه می‌شود. پاداش و جریمه برای NLG محاسبه و در جدول ۲-۷ آورده شده است. تعداد کارگران مورد نیاز، زمان کار اضافی روزانه، و کارگران جدید برای نرخ واقعی و تخمینی شکست محاسبه می‌شوند. ENS واقعی و تخمینی ناشی از خاموش بودن چراغ‌ها ارائه می‌شود و بر اساس آن میانگین فاصله زمانی بین عیب تا تشخیص و عیب‌یابی محاسبه می‌شود. نتایج به دست آمده بر اساس میزان شکست واقعی نشان داده شده است. پاداش واکنش سریع و جریمه تاخیر در شناسایی و تعمیر چراغ‌های معیوب محاسبه و در جدول ۳-۷ آورده شده است.

جدول ۷-۲: پاداش و جریمه ناشی از تضمین عمر طبیعی

سال	نرخ خرابی $\mu = 20000$		هزینه ناشی از			قیمت قرارداد		پاداش و جریمه	
	N_i	$\lambda_i^{\sigma=4000}$	Lamp	HR	Side	λ_i	$(1+\delta)\lambda_i$	λ_o	$\times 1000 \$$
۱۳۷۵	۲۷۴۶۶	-	-	-	-	-	-	-	-
۱۳۷۶	۳۳۶۸	۱	۱۶۳,۰	۱۵,۶۱	۰,۷۱۸	۴,۴	۴,۴	۱۷۹,۴	۱۷۵-
۱۳۷۷	۲۷۷۳	۳۴	۹۷,۲	۹,۳۷	۰,۷۴۰	۴,۹	۵	۱۰۷,۳	۱۰۲,۳-
۱۳۷۸	۵۸۶۶	۵۶۷	۱۸۱,۱	۱۷,۳۸	۰,۷۶۲	۱۲,۴	۱۴,۴	۱۹۹,۲	۱۸۴,۸-
۱۳۷۹	۱۰۴۴۴	۳۹۶۹	۲۱۹,۹	۲۱,۰۴	۰,۷۸۵	۶۵,۱	۷۹,۳	۲۴۱,۷	۱۶۲,۴-
۱۳۸۰	۳۳۵۹	۱۱۳۶۶	۲۳۷,۵	۲۲,۷۷	۰,۸۰۹	۱۸۳,۶	۲۲۸,۹	۲۶۱	۳۲,۱-
۱۳۸۱	۱۳۸۳۵	۱۱۸۳۱	۲۵۶,۰	۲۴,۶۱	۰,۸۳۳	۱۹۶,۳	۲۴۵,۲	۲۸۱,۵	۳۶,۳-
۱۳۸۲	۱۲۳۵۳	۵۶۸۵	۳۲۰,۴	۳۰,۸۱	۰,۸۵۸	۹۷,۸	۱۲۱,۹	۳۵۲,۱	۲۳۰,۲-
۱۳۸۳	۸۰۲۴	۶۲۵۵	۴۷۴,۰	۴۵,۴۹	۰,۸۸۳	۱۱۰,۶	۱۳۹,۴	۵۲۰,۴	۳۸۱-
۱۳۸۴	۱۳۰۴۶	۱۰۸۷۴	۵۴۸,۸	۵۲,۶۹	۰,۹۱۰	۱۹۷,۴	۲۴۶,۴	۶۰۲,۴	۳۵۶-
۱۳۸۵	۱۰۳۵۳	۱۵۵۶۱	۶۰۸,۶	۵۸,۶۲	۰,۹۳۷	۲۹۰,۴	۳۶۲,۸	۶۶۸,۲	۳۰۵,۴-
۱۳۸۶	۵۲۶۶	۱۹۴۶۵	۶۹۶,۶	۶۷,۱۲	۰,۹۶۵	۳۷۳,۹	۴۶۷,۳	۷۶۴,۷	۲۹۷,۴-
۱۳۸۷	۸۷۸۶	۲۰۱۳۴	۶۳۷,۵	۶۱,۳۷	۰,۹۹۴	۳۹۸,۴	۴۹۷,۹	۶۹۹,۸	۲۰۱,۹-
۱۳۸۸	۲۵۰۷۳	۱۸۱۴۵	۶۳۴,۶	۶۱,۰۱	۱,۰۲۴	۳۷۰	۴۶۲,۱	۶۹۶,۶	۲۳۴,۵-
۱۳۸۹	۱۱۴۸۰	۲۰۲۷۹	۷۳۰,۵	۷۰,۲۸	۱,۰۵۵	۴۲۵,۷	۵۳۲	۸۰۱,۹	۲۶۹,۹-
۱۳۹۰	۶۷۶۹	۲۴۱۸۵	۸۴۶,۵	۸۱,۵۳	۱,۰۸۷	۵۲۲,۸	۶۵۳,۲	۹۲۹,۱	۲۷۵,۹-
۱۳۹۱	۱۰۵۵۳	۲۶۰۵۵	۹۵۰,۶	۹۱,۵۹	۱,۱۱۹	۵۷۹,۹	۷۲۴,۹	۱۰۴۳,۳	۳۱۸,۴-
۱۳۹۲	۱۰۷۵۴	۲۹۲۴۶	۹۱۳,۷	۸۸,۰۷	۱,۱۵۳	۶۷۰,۳	۸۳۷,۷	۱۰۰۲,۹	۱۶۵,۲-
۱۳۹۳	۹۴۴۲	۳۴۶۷۶	۱۱۱۰,۱	۱۰۶,۷۶	۱,۱۸۷	۸۱۸,۶	۱۰۲۳,۱	۱۲۱۸,۱	۱۹۵-
۱۳۹۴	۸۲۳۷	۳۵۶۷۲	۸۷۵,۵	۸۴,۳۴	۱,۲۲۳	۸۶۷,۴	۱۰۸۳,۸	۹۶۱,۱	۱۲۲,۷
۱۳۹۵	۵۹۶۷	۳۳۱۹۷	۹۷۸,۰	۹۴,۱۹	۱,۲۶۰	۸۳۱,۳	۱۰۳۹	۱۰۷۳,۵	۳۴,۵-
۱۳۹۶	۳۹۶۸	۳۴۸۴۲	۱۲۳۰,۵	۱۱۸,۳۹	۱,۲۹۷	۸۹۸,۸	۱۱۲۳,۳	۱۳۵۰,۲	۲۲۶,۹-
۱۳۹۷	۹۸۱۸	۳۸۷۱۳	۱۱۰۵,۸	۱۰۶,۴۴	۱,۳۳۶	۱۰۲۸,۵	۱۲۸۵,۲	۱۲۱۳,۶	۷۱,۶
۱۳۹۸	۵۳۰۶	۴۱۸۷۵	۱۲۷۸,۴	۱۲۲,۸۹	۱,۳۷۶	۱۱۴۵,۷	۱۴۳۱,۸	۱۴۰۲,۷	۲۹,۱

جدول ۷-۳: پاداش و جریمه ناشی از مدت زمان شناسایی و رفع عیب

پاداش و جریمه	نیروی کار مورد نیاز														سال
	Base on λ_a							Base on λ_i							
	t_{xi}	ENS_p	ENS_a	E_a	E_N	HRC	N_{wn}	H_a	N_{wr}	N_{wn}	H_a	N_{wr}	λ_a	N	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۲۷۴۶۶	۱۳۷۵
۴,۶۸۳-	۷	۲۷	۹۵	۱۲,۰۶۰	۱۲,۱۵۵	۱۵,۶۱	۲	۲۱۳	۴	۰	۰	۱	۱۲۵۳۳	۳۳۶۸	۱۳۷۶
۱,۸۷۴-	۶	۱۶	۴۷	۱۳,۲۰۱	۱۳,۲۴۸	۹,۳۷	۰	۷۰۷	۲	۰	۰	۱	۷۲۵۵	۲۷۷۳	۱۳۷۷
۵,۲۱۴-	۸	۲۸	۱۱۳	۱۵,۴۴۷	۱۵,۵۶۰	۱۷,۳۸	۲	۳۵۹	۴	۰	۰	۱	۱۳۱۲۰	۵۸۶۶	۱۳۷۸
۶,۳۱۲-	۷	۳۳	۱۱۷	۱۹,۵۶۰	۱۹,۶۷۷	۲۱,۰۴	۳	۱۷۲	۵	۱	۰	۲	۱۵۴۶۴	۱۰۴۴۴	۱۳۷۹
۴,۵۵۴-	۶	۳۵	۱۰۵	۲۰,۸۹۶	۲۱,۰۰۱	۲۲,۷۷	۳	۳۲۳	۵	۳	۰	۴	۱۶۲۱۵	۳۳۵۹	۱۳۸۰
۴,۹۲۲-	۶	۳۷	۱۱۰	۲۶,۳۴۵	۲۶,۴۵۵	۲۴,۶۱	۳	۴۷۵	۵	۳	۳۸	۴	۱۶۹۷۵	۱۳۸۳۵	۱۳۸۱
۹,۲۴۳-	۸	۴۵	۱۷۸	۳۱,۱۴۷	۳۱,۳۲۵	۳۰,۸۱	۴	۵۱۷	۶	۱	۰	۲	۲۰۶۲۴	۱۲۳۵۳	۱۳۸۲
۱۳,۶۴۷-	۷	۶۴	۲۲۴	۳۴,۲۶۴	۳۴,۴۸۸	۴۵,۴۹	۷	۳۷۱	۹	۱	۲۰۸	۲	۲۹۶۲۲	۸۰۲۴	۱۳۸۳
۱۰,۵۳۸-	۵	۷۲	۱۸۰	۳۹,۴۵۱	۳۹,۶۳۱	۵۲,۶۹	۸	۴۰۹	۱۰	۲	۷۰۵	۳	۳۳۲۹۶	۱۳۰۴۶	۱۳۸۴
۱۱,۷۲۴-	۶	۷۷	۲۳۲	۴۳,۴۷۹	۴۳,۷۱۲	۵۸,۶۲	۸	۶۶۵	۱۰	۴	۱۹۲	۵	۳۵۸۵۳	۱۰۳۵۳	۱۳۸۵
۱۳,۴۲۴-	۵	۸۶	۲۱۵	۴۵,۵۷۲	۴۵,۷۸۸	۶۷,۱۲	۹	۷۰۱	۱۱	۵	۳۲۴	۶	۳۹۸۴۱	۵۲۶۶	۱۳۸۶
۶,۱۳۷-	۴	۷۶	۱۵۳	۴۹,۰۹۸	۴۹,۲۵۱	۶۱,۳۷	۸	۶۱۹	۱۰	۵	۴۳۶	۶	۳۵۳۹۴	۸۷۸۶	۱۳۸۷
۱۲,۲۰۲-	۵	۷۴	۱۸۵	۵۸,۹۵۰	۵۹,۱۳۵	۶۱,۰۱	۸	۵۰۱	۱۰	۴	۷۰۹	۵	۳۴۲۱۲	۲۵۰۷۳	۱۳۸۸
۱۴,۰۵۶-	۶	۸۳	۲۴۸	۶۳,۴۱۲	۶۳,۶۶۰	۷۰,۲۸	۹	۵۵۶	۱۱	۵	۴۶۰	۶	۳۸۲۳۶	۱۱۴۸۰	۱۳۸۹
۸,۱۵۳-	۴	۹۳	۱۸۶	۶۶,۱۴۳	۶۶,۳۲۸	۸۱,۵۳	۱۰	۶۶۴	۱۲	۶	۵۳۵	۷	۴۳۰۱۲	۶۷۶۹	۱۳۹۰
۱۸,۳۱۸-	۵	۱۰۱	۲۵۳	۷۰,۲۳۵	۷۰,۴۸۸	۹۱,۵۹	۱۱	۶۸۷	۱۳	۷	۳۳۷	۸	۴۶۸۹۹	۱۰۵۵۳	۱۳۹۱
۱۷,۶۱۴-	۶	۹۵	۲۸۴	۷۴,۴۴۴	۷۴,۷۲۸	۸۸,۰۷	۱۰	۷۲۶	۱۲	۸	۳۳۰	۹	۴۳۷۶۲	۱۰۷۵۴	۱۳۹۲
۱۰,۶۷۶-	۴	۱۱۲	۲۲۳	۷۸,۲۲۷	۷۸,۴۵۰	۱۰۶,۷۶	۱۳	۵۲۱	۱۵	۹	۵۴۸	۱۰	۵۱۶۲۶	۹۴۴۲	۱۳۹۳
۸,۴۳۴-	۳	۸۵	۱۲۸	۸۱,۵۶۹	۸۱,۶۹۷	۸۴,۳۴	۹	۶۷۳	۱۱	۹	۶۴۷	۱۰	۳۹۵۲۹	۸۲۳۷	۱۳۹۴
۹,۴۱۹	۱	۹۳	۴۶	۸۴,۰۰۳	۸۴,۰۴۹	۹۴,۱۹	۱۰	۶۵۲	۱۲	۹	۴۰۰	۱۰	۴۲۸۷۲	۵۹۶۷	۱۳۹۵
۱۱,۸۳۹	۲	۱۱۳	۱۱۳	۸۵,۵۰۰	۸۵,۶۱۳	۱۱۸,۳۹	۱۳	۵۷۰	۱۵	۹	۵۶۴	۱۰	۵۲۳۶۵	۳۹۶۸	۱۳۹۶
۱۰,۶۴۴	۱	۹۹	۴۹	۸۹,۴۳۴	۸۹,۴۸۳	۱۰۶,۴۴	۱۱	۵۹۴	۱۳	۱۰	۵۹۹	۱۱	۴۵۶۹۲	۹۸۱۸	۱۳۹۷
۱۲,۲۸۹	۱	۱۱۱	۵۵	۹۱,۵۲۰	۹۱,۵۷۵	۱۲۲,۸۹	۱۳	۴۹۸	۱۵	۱۱	۵۷۰	۱۲	۵۱۲۸۲	۵۳۰۶	۱۳۹۸

۷-۵-۱ تاثیر انحراف معیار

نرخ خرابی از تابع توزیع نرمال پیروی می‌کند. افزایش انحراف استاندارد به طور قابل توجهی میزان خرابی را در طول عمر افزایش می‌دهد. نرخ خرابی لامپ در یک دوره سی ساله با انحراف استاندارد ۴۰۰۰ تا ۲۰۰۰۰ ساعت در شکل ۷-۲۱ نشان داده شده است. همانطور که در شکل نشان داده شده است، میزان خرابی لامپ با طول عمر متوسط ۲۰۰۰۰ ساعت و انحراف استاندارد ۴۰۰۰ ساعت است. نوسان خواهد داشت، انتخاب مدت قرارداد به شدت به انحراف استاندارد توافق شده بستگی دارد و در انتخاب مدت قرارداد خطر وجود دارد.

انحراف استاندارد زیاد نشان دهنده کیفیت پایین لامپ است، بنابراین افزایش انحراف استاندارد باعث افزایش میزان خرابی می‌شود. نرخ تجمعی خرابی در طول عمر در شکل ۷-۲۲ نشان داده شده است. همانطور که در این شکل نشان داده شده است، با افزایش انحراف استاندارد از ۴۰۰۰ ساعت به ۲۰۰۰۰ ساعت، میزان شکست تجمعی ۸۰٪ افزایش می‌یابد. توصیه می‌شود علاوه بر اخذ ضمانت میانگین عمر، ضمانت مناسب انحراف معیار نیز اخذ شود. به منظور ارزیابی دقت میزان خرابی لامپ بر اساس تابع توزیع نرمال، احتمال وجود یک لامپ با LSF در برگه اطلاعات سازنده لامپ مقایسه شده است [93]. مقایسه بین نتایج تابع توزیع احتمال و آزمون آزمایشگاهی سازنده نشان می‌دهد که استفاده از تابع توزیع نرمال با دقت قابل قبولی امکان پذیر است.

شکل ۷-۲۱ تأثیر STD بر میزان خرابی لامپ در ۳۰ سال

شکل ۷-۲۲ میزان خرابی تجمعی لامپ در طول عمر

۷-۵-۲ تأثیر از دست دادن داده‌ها

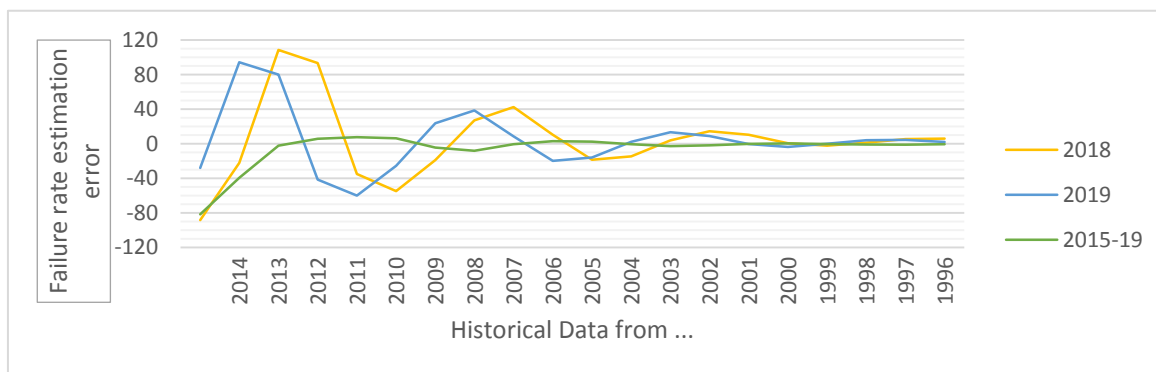
داده‌های تاریخی نقش مهمی در تخمین میزان خرابی دارند. در این کار از داده‌های نصب سالانه (جدول ۹-۱) از سال ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۹ استفاده شده است. متأسفانه دسترسی به داده‌های نصب سالانه قبل از سال ۱۹۹۶ امکان پذیر نبود. به منظور بررسی اثر از دست دادن اطلاعات سالانه، داده‌های نصب تجمعی محاسبه و در جدول ۷-۴ آورده شده است. به عبارت دیگر تعداد ۲۷۴۶۶ چراغ ثبت شده برای سال ۹۶ می‌باشد. تعداد کل چراغ‌های نصب شده تا پایان سال ۹۶ است.

در این مورد، میزان شکست از سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۹ بر اساس داده‌های تاریخی از سال ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۴ محاسبه شده و در ردیف دوم جدول نشان داده شده است. اگر اطلاعات سال ۹۶ در دسترس نبود،

میزان شکست بر اساس داده‌های سال ۹۷ تا ۱۳۹۳ مطابق با ردیف سوم جدول خواهد بود. فرآیند محاسبه با فرض در دسترس نبودن داده‌های تاریخی در سال‌های بعد ادامه می‌یابد و نتایج به دست آمده در جدول ۴-۷ آورده شده است. خطای تخمین با افزایش سال‌ها با داده‌های غیرقابل دسترس افزایش می‌یابد.

جدول ۴-۷: خطای تخمین ناشی از داده‌های از دست رفته

نرخ خرابی واقعی و تخمینی											سال
λ_a											
$(1+\delta)\lambda_i$											



شکل ۲۳-۷ روند تغییرات خطای تخمین را به دلیل در دسترس نبودن داده های تاریخی

شکل ۲۳-۷ روند تغییرات خطای تخمین را به دلیل در دسترس نبودن داده های تاریخی نشان می دهد. همانطور که مشاهده می شود، در صورت در دسترس بودن داده ها از سال ۱۹۹۶، خطای تخمین سال ۲۰۱۸، ۲۰۱۹ به کمتر از ۵ درصد کاهش می یابد. با افزایش کمبود داده، خطای تخمین نیز افزایش می یابد. اگر عوامل خارجی در نظر گرفته نشوند، این خطا تا ۲۰ درصد افزایش می یابد ($\delta = 0$).

۶-۷ پاسخ تقاضا

پاسخ تقاضا یکی از روش های مدیریت بار در سمت تقاضا می باشد. باتوجه به مباحث مطرح شده در فصول و بخش های قبلی به هر دلیلی ممکن است برنامه های مدیریت بلند مدت بار به آن صورت که پیش بینی شده اند مورد اجرا قرار نگیرند و یا در مواردی پیش بینی ها دارای ایراداتی باشد. در چنین شرایطی یکی از ابزار ها عقد قرارداد با مصرف کنندگان به منظور کاهش بار در شرایط اضطراری است. در این قراردادها عموماً از شیوه پاداش و جریمه بعنوان تعهد طرفین استفاده می شود. با توجه به نیاز صنعت برق به این قرارداد، عموماً مشوق های وسوسه کننده ای در این زمینه طراحی و در قراردادها گنجانده می شود و مبحث جریمه عموماً در مواردی است که مصرف کننده به تعهد انجام شده در شرایط اضطراری عمل نکنند مطرح می شود.

در این تحقیق تمرکز مطالعه بر روشنایی معابر عمومی بود. از آنجاییکه از ظرفیت های موجود برای

کاهش بار روشنایی معابر است، از این موضوع میتوان برای تنظیم قراردادهای دو یا سه جانبه برای کاهش بار استفاده نمود. کاهش مصرف انرژی هم از جذابیت های موجود در ساعت غیر اوج به دلایل زیست محیطی و بهره‌وری می‌باشد. بدیهی است تردد از ساعت ۱۲ شب تا ۵ صبح به شدت کاهش می‌یابد و با در نظر گرفتن تبعات امنیت اجتماعی و امنیت عبور می‌توان بخش از روشنایی معابر را بعنوان مثال ۳۰ تا ۵۰ درصد آن را کاهش داد. بدیهی است کاهش بار و انرژی در این حوزه مزایا و معایبی دارد که در ادامه به بخش‌هایی از آن اشاره می‌شود. مزیت کاهش بار در شرایط اضطراری اولویت بالاتر تامین برق سایر مصرف کنندگان نسبت به روشنایی معابر می‌باشد. البته منظور از شرایط اضطراری، شرایط اضطراری حاکم بر مدیریت بار می‌باشد و سایر شرایط اضطراری ناشی از حوادث غیر مترقبه در سایر حوزه منجمله حوادث غیر مترقبه منظور نظر نمی‌باشد.

از معایب این اقدام به ایجاد نارضایتی در بین مردم و همچنین مسئولین به واسطه کاهش رفاه اجتماعی و زمینه سازی پدیده های منفی اجتماعی می‌توان اشاره نمود. از محدودیت هایی اجرایی این قراردادها زیرساخت فنی برای کنترل از راه دور و یا کاهش بار بصورت مرحله ای می‌باشد. با توجه به تجربه محدودیت های تردد شبانه به دلیل کرونا این موضوع در مدل پیشنهاد شده شبیه سازی شد و منجر به نتایج قابل توجهی شده که خلاصه نتایج آن بصورت خلاصه تشریح می‌شود. با فرض امکان فنی برای کاهش ۳۰ تا ۵۰ درصد میزان روشنایی معابر در توالی مناسب دو منفعت اساسی حاصل می‌شود

منفعت اول به کاهش همزمان بار و انرژی در ساعت اوج و در موارد اعمال خاموشی در نیمه شب کاهش مصرف انرژی را به دنبال دارد و بصورت طبیعی هزینه‌های ناشی از مصرف بار و انرژی ذخیره می‌شوند. منفعت دوم مربوط به ذخیره عمر تجهیزات می‌باشد. از آنجاییکه عمر تجهیزات روشنایی معابر مخصوصا لامپ براساس ساعت کارکرد می‌باشد. طبیعی است در صورت کاهش کارکرد، ذخیره عمر منجر به کاهش هزینه مواد و مصالح و نیروی کار در حوزه سرویس و نگهداری و بهره‌برداری می‌شود. این مبحث می‌تواند عقد قرارداد بین مالک تاسیسات و بهره بردار تاسیسات با توجه به مولفه‌های مدیریت بار و پاسخ

تقاضا باشد. شایان ذکر است روش بودن روشنایی معابر در طول روز به دو دلیل ممکن است رخ دهد. در حالت اول گروه تعمیرات برای شناسایی چراغ های معیوب ناگزیر به روش نمودن کلیه چراغ های هم تغذیه مسیر هستند و می توانند پس از رفع عیب از صحت کار خود اطمینان حاصل نمایند و در حالت دوم وجود عیب در ساعت فرمان روشنایی می باشد. به عبارتی روشن بودن روشنایی در روز یک ایراد فنی تلقی می شود تا راهی برای مصرف مازاد تولید.

۸ نتیجه گیری و پیشنهادات

با توجه به انحصار طبیعی در سیستم انتقال و توزیع برق در ایران، شرکت توانیر موظف به تنظیم سیاست هایی برای تامین برق مطمئن و پایدار می باشد. این سیاست ها باید به گونه ای تنظیم شوند که کیفیت خدمات و رضایت مردم را بهبود بخشند. لذا ضرورت دارد یک مدل مدیریت بلند مدت بار و دارایی که کمترین هزینه را به مصرف کننده و بیشترین منافع را به ذینفعان دیگر برساند تعریف شود. ایجاد و اعمال شیوه پاداش و جریمه نقش مهمی در انتخاب نیروی کار و فناوری و تاثیر بسزایی در کاهش خطر مدیریت بلند مدت دارایی و بار دارد. در این رساله به منظور مدیریت بلند مدت دارایی ها و بار یک مدل جدید معرفی شده است. از خصوصیت های مثبت این مدل سادگی و کاربردی بودن در سطح عملیاتی برای همه ذینفعان است به گونه ای که سهامدار بعنوان سرمایه گذار، شرکت توانیر بعنوان رگولاتور، شرکت توزیع برق بعنوان اپراتور، پیمانکار و نیروی انسانی آن بعنوان مجری و سازنده بعنوان تامین کننده با یک زبان مشترک قابل فهم برای رسیدن به هدف سهم و نقش خود را ایفا می کنند و از منافع و مضرات حاصل از ایفای نقش بهره مند می شوند.

۸-۱ نتیجه گیری

در این رساله از ظرفیت قابل توجه سیستم های پویا برای تجزیه و تحلیل بلند مدت و همچنین ساده سازی روابط بین متغیرها و شبیه سازی مدل مدیریت دارایی های عمومی استفاده شده است. این مدل با استفاده از اطلاعات سازندگان، امکان مقایسه هزینه ها براساس عمر نامی و واقعی را برای شرکت توزیع فراهم

می‌نماید. علاوه بر آن، ارزیابی کارایی و محک‌زنی مدیریت دارایی و بار را امکان پذیر می‌کند.

امنیت اجتماعی و امنیت عبور و مرور برای عابرین پیاده و وسایل نقلیه یکی از مهم‌ترین دلایل ایجاد و نگهداری روشنایی معابر عمومی هست. با توجه به وجود انحصار طبیعی در شبکه‌های توزیع برق و روشنایی معابر عمومی، برای ارتقاء بهره‌وری و رضایتمندی مردم بایستی ارزیابی کارایی به صورت موثر انجام شود. بعنوان نمونه تداوم روشنایی یکی از اولویت‌های شهروندان است و باعث بهبود امنیت و رفاه اجتماعی می‌شود. در این زمینه مدت زمان ضمانت لامپ‌ها و حداکثر زمان مجاز تشخیص نقص و رفع عیب از مواردی هستند که می‌تواند رضایت شهروندان را به دنبال داشته و از طریق شیوه انگیزشی پاداش و جریمه قابل بهبود هستند.

بعنوان مطالعه موردی بر مدیریت دارایی روشنایی معابر مخصوصاً در حوزه سرویس و نگهداری و بهره‌برداری تمرکز شده و قیمت تمام شده روشنایی معابر در دوره عمرمورد ارزیابی قرار گرفته است. بعنوان نمونه هزینه‌های تعمیر و نگهداری روشنایی عمومی در شرکت توزیع نیروی برق شمال استان کرمان در یک دوره ۳۰ ساله تخمین زده شده است. از آنجائیکه اجرای برنامه سرویس و نگهداری روشنایی معابر، هزینه‌های قابل‌توجهی را به شرکت‌های توزیع تحمیل می‌نماید با استفاده از مدل مدیریت دارایی‌های روشنایی معابر و بدون نیاز به اقدام ثانویه، همزمان با ارزیابی کارایی و محک‌زنی مناطق، ابزاری برای تنظیم اهداف اقتصادی در سرمایه‌گذاری اولیه و سرویس و نگهداری دوره عمر روشنایی معابر به شرکت توانیر و شرکت توزیع پیشنهاد شده است.

نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که ضمانت عمر طبیعی و زمان اصلاح مجاز، تأثیر قابل‌توجهی بر هزینه نگهداری دارند. برای تنظیم و تخصیص بودجه سالانه با مقایسه اطلاعات سازنده و طول عمر واقعی لامپ‌ها در سیستم‌های روشنایی عمومی تغییردر نحوه اختصاص بودجه برای تعمیر و نگهداری نیاز می‌باشد. مدل پیشنهادی ابزار مناسبی برای کنترل و نظارت برای ذینفعان فراهم می‌کند و برای تنظیم سیاست‌ها و اهداف اقتصادی بلند مدت در سرمایه‌گذاری و سرویس و نگهداری دوره عمر بازخوردهای مناسبی فراهم

می‌آورد. این مدل بر پرهزینه ترین قسمت این فرآیند که انتخاب فناوری و به تبع آن تامین کالا و مصالح است تمرکز نموده و با استفاده از استانداردهای موجود و اطلاعات سازندگان، تجربه های سرویس و نگهداری در خصوص دوره عمر قطعات، شاخصه هایی را برای کنترل و نظارت در بخش تامین کالا و ضمانت های دوره عمر فراهم می کند و بازخورد این تعهد به کیفیت را با شیوه جریمه و پاداش قوام می دهد. از آنجاییکه تولید کنندگان و تامین کنندگان عمده در سطح کشور محدود هستند، کافی است یک شرکت توزیع برق بازخورد کیفیت تولید را به سایر ذینفعان منتقل نموده و تضمین کیفیت در فرآیند تولید را به تضمین کیفیت در دوره عمر تسری دهد و تولید کننده را به تضمین ها متعهدتر نماید. این مدل امکان مقایسه با عملکرد واقعی را برای سازندگان و اپراتورها فراهم می نماید. نتایج نشان می دهد هزینه قطعات جانبی چراغ و آثار مخرب عملکرد نادرست آنها بر روی لامپ تاثیر قابل توجهی بر هزینه های سرویس و نگهداری در دوره عمر بیش از هفت میلیون چراغ نصب شده در معابر عمومی ایران دارند و این تاثیر باید در بودجه ریزی های سالانه و اخذ تضمین از تولید کنندگان قطعات جانبی مد نظر قرار گیرد. در این مدل ادعای سازندگان مبنای محاسبه و شرایط کار قطعات در شرایط نرمال در نظر گرفته شده است. در عمل و در شرایط واقعی عوامل متعددی بر آهنگ خرابی قطعات موثر هستند و شرایط غیر نرمالی را ایجاد می کنند. این مدل ذینفعان را قادر می سازند تا سهم عوامل غیر نرمال بر هزینه را جداسازی نموده و برنامه های اصلاحی و کنترلی برای حذف و یا کاهش سهم عوامل غیرنرمال اجرایی نمایند. برخلاف روال فعلی بودجه ریزی و نقش ضعیف برنامه های پنج ساله در بودجه های سنواتی، نتایج نشان دهنده ضرورت بازنگری در بودجه ریزی بصورت سالیانه و تبدیل آن به موافقت نامه های بلند مدت سه تا پنج ساله به منظور افزایش بهره وری و کاهش خطر در فرآیند سرمایه گذاری و سرویس و نگهداری تاسیسات می باشد. همچنین نتایج نشان می دهد در صورت در نظر گرفتن هزینه های سرویس و نگهداری و بهره برداری با احتساب تعویض سایر قطعات جانبی، هزینه سرمایه گذاری اولیه و هزینه های تجمعی بهره برداری زودتر از موعد انتظار سر به سر شدن می شوند. به علاوه بر اساس نتایج شبیه سازی، ارزش گذاری دارایی های روشنایی معابر و تجزیه و تحلیل های هزینه و منفعت سرمایه گذاری اولیه به هزینه دوره عمر و سایر هزینه های تحمیلی در دوره عمر منجر به تجدید نظر دولت و

بخش خصوصی در سیاست‌گذاری کلان برای کمترین قیمت تمام شده و بالاترین حد بهره‌وری را می‌دهد.

همچنین نتایج نشان می‌دهد که هزینه‌های نگهداری واقعی بصورت قابل توجهی بیش از هزینه‌های نگهداری براساس عمر نامی قطعات می‌باشد و سیاست‌های بهره‌برداری بهینه از روشنایی معابر در هفت سال اخیر منجر به بهبود نسبت تعداد لامپ سوزی واقعی به اسمی در همه مناطق شده است. همزمان با امکان تجزیه و تحلیل روند، امکان مقایسه عملکرد مناطق در حوزه نگهداری روشنایی معابر فراهم شده است. با توجه به اینکه شرایط غیر نرمال متفاوت و متنوعی بر کارایی در بخش روشنایی معابر موثر هستند موضوع باز برای تحقیقات بعدی استخراج تاثیر شرایط غیرنرمال بر افزایش هزینه‌ها، شناسایی متغیرهای داخلی و بیرونی موثر بر کارایی و سهم هر یک از آنها بر لامپ سوزی و وارد کردن این متغیرها در مدل و توسعه مدل به یک مدل کامل تر برای مدیریت دارایی‌های روشنایی معابر می‌باشد.

روش‌های ارزیابی کارایی عموماً روی شاخص‌های کلیدی عملکرد تمرکز دارند و میزان کارایی نسبی را براساس ترکیبی از شاخص‌های کلیدی در اختیار شرکت‌های توزیع قرار می‌دهند. بررسی عوامل موثر بر کارایی و اثر بخشی اقدام‌ها بایستی بعنوان اقدامی ثانویه از طریق شرکت‌های توزیع انجام شود. در این رساله ارزیابی کارایی و محک‌زنی مناطق یکی از شرکت‌های توزیع با مدل مدیریت دارایی و بار انجام می‌شود و در ادامه مدلی برای پاداش و جریمه در قراردادهای پیمانکاری پیشنهاد می‌شود تا با استفاده از ظرفیت تضمین عمر لامپ و با اعمال شیوه پاداش و جریمه، هزینه‌های بهره‌برداری کاهش یابد. همچنین اعمال شاخص متوسط مدت زمان شناسایی و رفع عیب برای نیروهای عملیاتی با شیوه جریمه و پاداش منجر به کاهش مدت زمان عیب‌یابی و رفع عیب می‌شود. در این رساله با رجوع به آمار مالی، انبار و طرح‌های شرکت مورد مطالعه، داده‌های مربوط به بیست سال اخیر در زمینه سرمایه‌گذاری و سرویس و نگهداری روشنایی معابر استخراج و با استفاده از مشخصه‌های ذاتی سیستم، مدلی برای تخمین روند معیوب شدن چراغ‌ها پیشنهاد شده است. نتایج حاصله از تخمین بعنوان مبنایی برای مقایسه مناطق مختلف مورد استفاده قرار گرفته‌اند. مغایرت بین داده‌های خروجی مدل و اطلاعات واقعی بعنوان تاثیر عوامل خارجی در معیوب

شدن چراغ‌ها ارزیابی شده است. آمار و اطلاعات شبکه و تاسیسات روشنایی شرکت مورد مطالعه به منظور ارزیابی مدل پیشنهادی برای شرکت‌های توزیع از نگاه هزینه جاری قابل استفاده هستند. از آنجاییکه قانون گذار و دولت به دنبال رعایت حقوق تولید کننده و مصرف کننده و همچنین چابک نمودن بخش توزیع انرژی الکتریکی با دیدگاه خصوصی می باشند این اقدامات در دستیابی به هدف غایی تحقیق به پیوند سیستماتیک بین مدل و سایر زمینه‌های مختلف تحقیق در حوزه توزیع در قالب مدل سیستم کنترل موثر بوده‌اند. این تحقیق میزان وابستگی بین ورودی‌ها، خروجی‌ها مهم در این عرصه را بررسی نموده. طبیعی است با شناسایی پارامترهای وابسته و مستقل قادر به دستیابی به یک مدل ساده یا به عبارتی کاهش مرتبه یافته که به اندازه کافی دقت لازم را داشته و خطای آن در حد قابل قبولی باشد خواهیم بود و همانند سایر سیستم‌های کنترل تحلیل حساسیت و بررسی تاثیر تغییرات ورودی‌ها بر یکدیگر و بر روی خروجی‌ها را شبیه‌سازی نمود. بدیهی است انتخاب موثر ترین ورودی‌ها و خروجی و بازخوردهای مناسب در کنترل بهینه نقش به سزایی خواهد داشت.

۸-۲ پیشنهاد ها

موضوع باز برای تحقیقات بعدی به شرح زیر می باشد:

الف- استخراج تاثیر شرایط غیرعادی، غیر مترقبه و غیر قابل پیش بینی بر افزایش هزینه‌ها و توسعه مدل به یک مدل جامع برای مدیریت دارایی و بار بلند مدت می‌باشد.

ب- در انجام کارها به صورت حجمی در صنعت برق، مدلی برای نرخ گذاری فعالیت ها با توجه به کارسنجی ها، دانش، مهارت، تخصص و سرعت عمل نیروی کار وجود ندارد و مبانی نرخ گذاری عموماً براساس ساعت کار موظفی و حداقل حقوق اداره کار می باشد. لذا محاسبه نرخ فعالیت براساس مولفه های مهارت، دانش، تخصص و... می تواند یک موضوع برای تحقیقات بعدی باشد.

ج- تنظیم روابط و قواعد در شرایط قرارداد سه عاملی (شرکت توزیع، پیمانکار، تولید کننده)

د- تنظیم قواعد در شرایط قرارداد چهار عاملی طرفین (شرکت توزیع، پیمانکار، تولید کننده، مشاور)

ه- تنظیم قواعد قرارداد پنج عاملی (سرمایه گذار، شرکت توزیع، پیمانکار، تولید کننده، مشاور)

و- قرارداد مشترک سرمایه گذار، تنظیم کننده مقررات، شرکت توزیع، پیمانکار، تولید کننده، مشاور

ز- تنظیم قرارداد محلی بصورت استیجار به شرط تملیک دو عاملی

ح- با توجه به استهلاک تاسیسات توزیع انرژی الکتریکی در دوره عمر، دامنه تاثیر عوامل بر هزینه ها متغیر با زمان است و در چنین شرایطی نیاز است متغیرهای مدل بصورت مداوم شناسایی و دامنه تغییرات و تاثیر آنها ارزیابی و متناسب با تغییرات فرآیند کنترل نیز اصلاح گردد. لذا استفاده از ظرفیت ابزارهای کنترل تطبیقی، کنترل بلادرنگ و کنترل مقاوم می توان موضوعی باز برای تحقیقات آتی باشد.

۹ ضمايم

شرکت توزيع نيروي برق شمال استان کرمان فعاليت خود را براي توزيع و تحويل برق قابل اعتماد به مصرف کنندگان از جمله مسکونی، عمومي، صنعتی و کشاورزی از سال ۱۳۸۱ آغاز نمود. اين شرکت در آبان ۱۳۸۵ با استفاده از قوانين استقلال شرکت‌های توزيع در ايران استقلال خود را از شرکت برق منطقه ای کرمان اعلام کرده است و به عنوان شرکت وابسته زیرمجموعه شرکت توانیر و تحت نظارت وزارت نیرو فعاليت می‌کند. حوزه عملیاتی این شرکت شامل مدیریت هفت شهرستان کرمان، رفسنجان، زرنده، راور، شهربابک، کوهبنان و انار است. آمار لامپ‌های سدیم فشار قوی، لامپ‌های معيوب، مصرف انرژی و انرژی تامین نشده بين سال های ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۸ ارائه شده است.

جدول ۹-۱: اطلاعات و داده‌های مورد استفاده در مورد مطالعه شرکت توزيع نيروي برق شمال استان کرمان

sym.	۱۳۷۵	۱۳۷۶	۱۳۷۷	۱۳۷۸	۱۳۷۹	۱۳۸۰	۱۳۸۱	۱۳۸۲	۱۳۸۳	۱۳۸۴	۱۳۸۵	۱۳۸۶
N	۲۷۴۶۶	۳۳۶۸	۲۷۷۳	۵۸۶۶	۱۰۴۴۴	۳۳۵۹	۱۳۸۳۵	۱۲۳۵۳	۸۰۲۴	۱۳۰۴۶	۱۰۳۵۳	۵۲۶۶
λ_a	-	۱۲۵۳۳	۷۲۵۵	۱۳۱۲۰	۱۵۴۶۴	۱۶۲۱۵	۱۶۹۷۵	۲۰۶۲۴	۲۹۶۲۲	۳۳۲۹۶	۳۵۸۵۳	۳۹۸۴۱
E_a	-	۱۲۰۶۰	۱۳۰۲۰۱	۱۵۰۴۴۷	۱۹۰۵۶۰	۲۰۰۸۹۶	۲۶۰۳۴۵	۳۱۰۱۴۷	۳۴۰۲۶۴	۳۹۶۳۱	۴۳۰۴۷۹	۴۵۰۵۷۲
ENS_a	-	۹۵	۴۷	۱۱۳	۱۱۷	۱۰۵	۱۱۰	۱۷۸	۲۲۴	۱۸۰	۲۳۲	۲۱۵
sym.	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹۴	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۷	۱۳۹۸
N	۸۷۸۶	۲۵۰۷۳	۱۱۴۸۰	۶۷۶۹	۱۰۵۵۳	۱۰۷۵۴	۹۴۴۲	۸۲۳۷	۵۹۶۷	۳۹۶۸	۹۸۱۸	۵۳۰۶
λ_a	۳۵۳۹۴	۳۴۲۱۲	۳۸۲۳۶	۴۳۰۱۲	۴۶۸۹۹	۴۳۷۶۲	۵۱۶۲۶	۳۹۵۲۹	۴۲۸۷۲	۵۲۳۶۵	۴۵۶۹۲	۵۱۲۸۲
E_a	۴۹۰۰۹۸	۵۸۰۹۵۰	۶۳۰۴۱۲	۶۶۰۱۴۳	۷۰۰۲۳۵	۷۴۰۴۴۴	۷۸۰۲۲۷	۸۱۰۵۶۹	۸۴۰۰۰۳	۸۵۰۵۰۰	۸۹۰۴۳۴	۹۱۰۵۲۰
ENS_a	۱۵۳	۱۸۵	۲۴۸	۱۸۶	۲۵۳	۲۸۴	۲۲۳	۱۲۸	۴۶	۱۱۳	۴۹	۵۵

جدول ۹-۲: آمار چراغ‌های منصوبه ۵۰ وات بخار سدیم در چند واحد عملیاتی شرکت NK-PDC

چراغ منصوبه	سال / دستگاه										
	مجموع	۱۳۹۷	۱۳۹۶	۱۳۹۵	۱۳۹۴	۱۳۹۳	۱۳۹۲	۱۳۹۱	۱۳۹۰	۱۳۸۹	۱۳۸۸
کرمان	۸۹۳۴	۴۵	۹۸	۲۲	۱۳۸	۶۸۲	۱۷۱۰	۲۶۰۳	۱۲۸۶	۱۱۵۹	۱۱۲۳
زرنده	۶۰۷۴	۷۰	۳۷۷	۳۵۱	۳۴۰	۳۶۰	۱۱۳۳	۱۳۲۰	۲۰۸	۵۴۱	۱۳۷۴
شهربابک	۲۶۳۰	۶۰	۲۵	۱۶۱	۴۸۷	۴۲	۹۸۰	۴۵۹	۵۶	۱۵۸	۱۹۸
راور	۱۲۴۶	۱۶	۸	۲۹	۱۷۰	۵۷	۲۳۵	۴۹۲	۸۰	۱۵۲	۷
جمع	۱۸۸۸۴	۱۹۱	۵۰۸	۵۶۳	۱۱۳۵	۱۱۴۱	۴۰۵۸	۴۸۷۴	۱۶۳۰	۲۰۱۰	۲۷۰۲

جدول ۹-۳: ضریب بقاء و ضریب نگهداری لومن لامپ برای لامپ‌های ۵۰ وات بخار سدیم پرفشار

سازنده	مدل	مشخصه	ضرایب برحسب درصد در ساعت عمر													
			$\dot{\gamma}_1$	$\dot{\gamma}_2$	$\dot{\gamma}_3$	$\dot{\gamma}_4$	$\dot{\gamma}_5$	$\dot{\gamma}_6$	$\dot{\gamma}_7$	$\dot{\gamma}_8$	$\dot{\gamma}_9$	$\dot{\gamma}_{10}$	$\dot{\gamma}_{11}$	$\dot{\gamma}_{12}$	$\dot{\gamma}_{13}$	$\dot{\gamma}_{14}$
PHILIPS	SON(E) 50W	LSF	۹۹	۹۹	۹۹	۹۸	-	-	۹۵	-	۹۰	۸۸	-	۸۰	۷۸	۵۰
		LLMF	۸۹	۸۶	۸۵	۸۴	-	-	۸۱	-	-	۸۱	-	-	۸۰	-
	SON(I) 50W	LSF	۹۹	۹۹	۹۸	۹۷	-	۹۵	۹۲	۹۰	-	۸۴	۸۰	-	۷۴	۵۰
		LLMF	۸۸	۸۴	۸۳	۸۱	-	-	۸۰	-	-	۷۹	-	-	۷۸	-
OSRAM	NAV-3Y 50W	LSF	۹۹	۹۸	۹۷	۹۶	۹۵	-	۹۱	۹۰	-	۸۵	-	-	۷۵	۵۰
		LLMF	۹۱	۸۹	۸۴	۸۳	-	-	۸۲	-	-	۸۱	-	-	۸۰	-
	NAV-4Y 50W	LSF	۹۹	۹۸	۹۸	۹۷	-	-	۹۶	-	-	۹۵	۹۰	-	۸۵	۵۰
		LLMF	۹۲	۹۰	۸۸	۸۶	-	-	۸۴	-	-	۸۳	-	-	۷۹	-

جدول ۹-۴: راهنمای علائم اختصاری متغیر ها مورد استفاده در فصل هفتم

متغیر	شرح	مقدار/واحد	متغیر	شرح	مقدار/واحد
η_{wr}	HR Efficiency Index	8 Replacement per day	N_{wr}	Required Workers	-
h_c	Regular Working hours daily	D:8 hour/Y:2920 hour	N_{we}	Full time Workers	-
h_m	Max. Extra Working hours	D:2 hour/Y:720 hour	N_{wn}	New Workers	-
h_a	Extra Working hours	-	λ_i	Failure Rate	-
h	Switch on hours	D:10.8/Y:3942 hour	μ	Average	20000 hour
i_{fn}	Inflation Rate (%3)	3%	σ	Std.	4000 hour
W_{by}, W_{bh}	Wage of Worker	Y:2400\$/h:0.8219\$	p	Probability of Failure	-
W_a	Insurance/ Facilities of Worker	Y:800\$	TC	Total Cost	\$
α	Percent of Extra Pay	40%	SC	Side Cost	\$
β	Interest Rate	10%	CP	Contract Price	\$
δ	External Factors Effect	$0 < \delta < 1$	γ	Reward and Penalty Factor	$0 < \gamma < 1$

جدول ۵-۹ شرح انگلیسی و علائم اختصاری برای نمایش مدل در فصل پنجم

خلاصه	شرح انگلیسی	خلاصه	شرح انگلیسی
BRDF	Border Factor	Nc	New Customer
PLF	Politic Factors	\$inv	Money For Investment
SCF	Security Factor	DB	Developing Budget
MOT	Motivation	GIMH	Good-Instrument-Machine-Human
Asses	Assessment	IMC1	Impose Cost (in investment)
PRO	Promote	NUP	Non Urban Planning
PLTY	Penalty	Dest	Destruction
CM	Correct Measuring	CRS	Corrosion
LIFS	Life Style	PL	Pollution
ORGF	Organization Factor	WD	Working Difficulty
Gov	Government	DS	Dispersion
Own	Owner	TR	Traffic
Cus	Customer	LS	Legal Speed
SOC	Society	Inf	Inflation
BRDF	Border Factor	Dep	Depreciation
CLF	Culture Factor	Eco	Economy
App	Appropriation	OrgC	Organization Culture
Cons	Consortium	W	Worth
Cont	Contribution	p	Power(Kw)
CB	Correction Budget	EF	Environment Factor
SOES	Share of Energy Sale	E	Energy
CR	Clear revenue	NI	Number Of Light
T\$	Total Money	C&T	Cubicle- Transformer
CS	Customer satisfaction	TOW	Tower
IMC3	Impose cost (in energy field)	W&C	Wire & Cable
Cold	Cold	Theft	Theft
CF	Climate factor	Subv	Subversion
Heat	Heat	SocC	Social Culture
Cloud	Cloud	Age	Age
R&S	Rain-Snow	T	Time Period Of On Light
HUM	Humidity	Zeta	Percentage Of On Light
TUR	Tourist	LN	Light Number
SF	Social Factors	IMC2	Imposed Cost (in operation filed)
AS	Australian Standard	OB	Operational Budget
MRS	Main Road Standard	DER	Demand Response
MEN	multiple earthed neutral system	SW	Switching
MF	maintenance Factor	INS	Inspection
LMF	Light MF	SMT	Service maintenance
LLMF	Lux LMF	REP	Repair
EM	Emergency Maintenance	DVP	Developing
CM	Corrective Maintenance	MC	Marginal Cost
PM	preventive Maintenance	E	Energy
PDM	Predictive Maintenance	I	incentive
		IRE	Intense Risk Electrocution

- [1] R. Dashti, S. Afsharnia, B. Bayat, and A. Barband, "Energy efficiency based asset management infrastructures in electrical distribution system," *2010 IEEE Int. Conf. Power Energy*, pp. 880–885, 2010.
- [2] R. Dashti, S. Afsharnia, and H. Ghasemi, "A new long term load management model for asset governance of electrical distribution systems," *Appl. Energy*, vol. 87, no. 12, pp. 3661–3667, 2010.
- [3] R. Dashti, S. Afsharnia, and F. Ghaderi, "AGA (Asset Governance Assessment) for analyzing affect of subsidy on MC (Marginal Cost) in electricity distribution sector," *Energy*, vol. 35, no. 12, pp. 4996–5007, 2010.
- [4] R. Dashti and S. Afsharnia, "Demand response regulation modeling based on distribution system asset efficiency," *Electr. Power Syst. Res.*, vol. 81, no. 2, pp. 667–676, 2011.
- [5] S. Ahmad, R. Mat Tahar, F. Muhammad-Sukki, A. B. Munir, and R. Abdul Rahim, "Application of system dynamics approach in electricity sector modelling: A review," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 56, pp. 29–37, 2016.
- [6] E. Energy, "Council of European Energy Regulators Working Group on Quality of Electricity Supply QUALITY OF ELECTRICITY SUPPLY: INITIAL BENCHMARKING ON ACTUAL LEVELS , STANDARDS," *Strategies*, no. April, 2001.
- [7] T. Jamasb and M. Pollitt, "International benchmarking and regulation: An application to European electricity distribution utilities," *Energy Policy*, vol. 31, no. 15, pp. 1609–1622, 2003.
- [8] M. polli. T.Jamasb, "Benchmarking and Regulation of Electricity Transmission and Distribution Utikites:Lessons from International Experience," *Univ. Cambridge*, vol. 41, no. 1, pp. 145–174, 2000.
- [9] T. Woolf and J. Michals, "Performance-based ratemaking: Opportunities and risks in a competitive electricity industry," *Electr. J.*, vol. 8, no. 8, pp. 64–73, 1995.
- [10] T. Jamasb and M. Pollitt, "Benchmarking and regulation: International electricity experience," *Util. Policy*, vol. 9, no. 3, pp. 107–130, 2000.
- [11] Shleifer.A, "A theory of yardstick competition," *Rand J. Econ.*, vol. 16, no. 3, pp. 319–327, 2021.

- [12] A. Yatchew, "Incentive regulation of distributing utilities using yardstick competition," *Electr. J.*, vol. 14, no. 1, pp. 56–60, 2001.
- [13] P. Bogetoft, "DEA-based yardstick competition: The optimality of best practice regulation," *Ann. Oper. Res.*, vol. 73, pp. 277–298, 1997.
- [14] I. Vogelsang, "Incentive regulation and competition in public utility markets: A 20-year perspective," *J. Regul. Econ.*, vol. 22, no. 1, pp. 5–27, 2002.
- [15] T. Jamasb and M. Pollitt, "Reference models and incentive regulation of electricity distribution networks: An evaluation of Sweden's Network Performance Assessment Model (NPAM)," *Energy Policy*, vol. 36, no. 5, pp. 1788–1801, 2008.
- [16] M J Farrell, "The Measurement of Productive Efficiency Author (s): M . J . Farrell Source : Journal of the Royal Statistical Society . Series A (General), Vol . 120 , No . 3 (1957), Published by : Wiley for the Royal Statistical Society Stable URL : <http://www.js>," *J. R. Stat. Soc. Ser. A*, vol. 120, no. 3, pp. 253–290, 1957.
- [17] V. Irastorza, "Benchmarking for distribution utilities: A problematic approach to defining efficiency," *Electr. J.*, vol. 16, no. 10, pp. 30–38, 2003.
- [18] A. Azadeh, S. Motevali Haghighi, M. Zarrin, and S. Khaefi, "Performance evaluation of Iranian electricity distribution units by using stochastic data envelopment analysis," *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 73, pp. 919–931, 2015.
- [19] A. Azadeh, S. F. Ghaderi, H. Omrani, and H. Eivazy, "An integrated DEA–COLS–SFA algorithm for optimization and policy making of electricity distribution units," *Energy Policy*, vol. 37, no. 7, pp. 2605–2618, Jul. 2009.
- [20] S. J. Sadjadi and H. Omrani, "Data envelopment analysis with uncertain data: An application for Iranian electricity distribution companies," *Energy Policy*, vol. 36, no. 11, pp. 4247–4254, 2008.
- [21] S. J. Sadjadi and H. Omrani, "A bootstrapped robust data envelopment analysis model for efficiency estimating of telecommunication companies in Iran," *Telecomm. Policy*, vol. 34, no. 4, pp. 221–232, 2010.
- [22] S. J. Sadjadi, H. Omrani, S. Abdollahzadeh, M. Alinaghian, and H. Mohammadi, "A robust super-efficiency data envelopment analysis model for ranking of provincial gas companies in Iran," *Expert Syst. Appl.*, vol. 38, no. 9, pp. 10875–10881, 2011.
- [23] S. J. Sadjadi, H. Omrani, A. Makui, and K. Shahanaghi, "An interactive robust data envelopment analysis model for determining alternative targets in Iranian electricity distribution companies," *Expert Syst. Appl.*, vol. 38, no. 8, pp. 9830–9839, 2011.

- [24] M. Simab, K. Alvehag, L. SöDer, and M. R. Haghifam, "Designing reward and penalty scheme in performance-based regulation for electric distribution companies," *IET Gener. Transm. Distrib.*, vol. 6, no. 9, pp. 893–901, 2012.
- [25] O. I. Tacha, C. K. Volos, I. M. Kyprianidis, I. N. Stouboulos, S. Vaidyanathan, and V. T. Pham, "Analysis, adaptive control and circuit simulation of a novel nonlinear finance system," *Appl. Math. Comput.*, vol. 276, pp. 200–217, 2016.
- [26] S. C. Kumbhakar and H. pin Lai, "Maximum likelihood estimation of the revenue function system with output-specific technical efficiency," *Econ. Lett.*, vol. 138, pp. 42–45, 2016.
- [27] P. Carvalho and R. C. Marques, "Estimating size and scope economies in the Portuguese water sector using the Bayesian stochastic frontier analysis," *Sci. Total Environ.*, vol. 544, pp. 574–586, 2016.
- [28] H. Arasteh, M. S. Sepasian, and V. Vahidinasab, "An aggregated model for coordinated planning and reconfiguration of electric distribution networks," *Energy*, vol. 94, pp. 786–798, Jan. 2016.
- [29] P. S. Georgilakis and N. D. Hatziaargyriou, "A review of power distribution planning in the modern power systems era: Models, methods and future research," *Electr. Power Syst. Res.*, vol. 121, pp. 89–100, 2015.
- [30] B. U. Park, L. Simar, and V. Zelenyuk, "Categorical data in local maximum likelihood: theory and applications to productivity analysis," *J. Product. Anal.*, vol. 43, no. 2, pp. 199–214, 2015.
- [31] M. Filippini and H. Wetzel, "The impact of ownership unbundling on cost efficiency: Empirical evidence from the New Zealand electricity distribution sector," *Energy Econ.*, vol. 45, pp. 412–418, 2014.
- [32] C. J. Huang, T. H. Huang, and N. H. Liu, "A new approach to estimating the metafrontier production function based on a stochastic frontier framework," *J. Product. Anal.*, vol. 42, no. 3, pp. 241–254, 2014.
- [33] N. Bagdadioglu, C. M. Waddams Price, and T. G. Weyman-Jones, "Efficiency and ownership in electricity distribution: A non-parametric model of the Turkish experience," *Energy Econ.*, vol. 18, no. 1–2, pp. 1–23, 1996.
- [34] F. R. Førsund and S. A. C. Kittelsen, "Productivity development of Norwegian electricity distribution utilities," *Resour. Energy Econ.*, vol. 20, no. 3, pp. 207–224, 1998.

- [35] A. Emami Meibodi, "Efficiency Considerations in the Electricity Supply Industry: The Case of Iran," *PQDT - Glob.*, no. May, 1998.
- [36] E. Economics, "Electricity Distribution in the UK and Japan: A Comparative Efficiency Analysis 1985-1998 Author (s): Toru Hattori , Tooraj Jamasb and Michael Pollitt Stable URL : <http://www.jstor.org/stable/41323060> .," vol. 26, no. 2, pp. 23–47, 2014.
- [37] D. F. Edvardsen and F. R. Førsund, "International benchmarking of electricity distribution utilities," *Resour. Energy Econ.*, vol. 25, no. 4, pp. 353–371, 2003.
- [38] and D. . L. A .Pahwa, X .Feng, "Software Implementation of Online Power System Planning and Implementation Performance Evaluation of Electric Distribution Utilities Based on Data Envelopment Analysis Power Systems with Random Unit Outages Optimal Reliable Operation of Hydrothermal," *IEEE Trans. Power Sysr*, vol. 25, no. 4, pp. 353–371, 2003.
- [39] M. Resende, "Relative efficiency measurement and prospects for yardstick competition in Brazilian electricity distribution," *Energy Policy*, vol. 30, no. 8, pp. 637–647, 2002.
- [40] P. Burns and T. G. Weyman-Jones, "Cost functions and cost efficiency in electricity distribution: A stochastic frontier approach," *Bull. Econ. Res.*, vol. 48, no. 1, pp. 41–64, 1996.
- [41] M. Filippini, N. Hrovatin, and J. Zorič, "Efficiency and regulation of the Slovenian electricity distribution companies," *Energy Policy*, vol. 32, no. 3, pp. 335–344, 2004.
- [42] M. Filippini and M. Kuenzle, "Scale and cost efficiency in the Swiss electricity distribution industry : evidence from a frontier cost approach," no. 8, 2001.
- [43] M. Farsi and M. Filippini, "Regulation and measuring cost-efficiency with panel data models: Application to electricity distribution utilities," *Rev. Ind. Organ.*, vol. 25, no. 1, pp. 1–19, 2004.
- [44] M. Simab and M. R. Haghifam, "Using integrated model to assess the efficiency of electric distribution companies," *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 25, no. 4, pp. 1806–1814, 2010.
- [45] J. C. Bezdek, "Pattern Recognition with Fuzzy Objective Function Algorithms," *plenum Press*, pp. 43–93, 1981.
- [46] C. von Hirschhausen, A. Cullmann, and A. Kappeler, "Efficiency analysis of German electricity distribution utilities - Non-parametric and parametric tests," *Appl. Econ.*,

- vol. 38, no. 21, pp. 2553–2566, 2006.
- [47] Estache A., Rossi M.A., and Ruzzier C.A., “The Case for International Coordination of Electricity Regulation: Evidence from the Measurement of Efficiency in South America,” *J. Regul. Econ.*, vol. 25, pp. 271–295, 2004.
 - [48] R. Billinton and Z. Pan, “Incorporating reliability index probability distributions in financial risk assessment with performance based regulation,” *Electr. Power Components Syst.*, vol. 33, no. 6, pp. 685–697, 2005.
 - [49] A. M. Spence and A. M. Spence, “Monopoly , quality , and regulation,” vol. 6, no. 2, pp. 417–429, 2013.
 - [50] Y. Kidokoro, “The effects of regulatory reform on quality,” *J. Jpn. Int. Econ.*, vol. 16, no. 1, pp. 135–146, 2002.
 - [51] D. L. Weisman, “Price regulation and quality,” *Inf. Econ. Policy*, vol. 17, no. 2, pp. 165–174, 2005.
 - [52] E. Fumagalli, L. Lo Schiavo, and F. Delestre, *Service Quality Regulation in Electricity Distribution and Retail*. 2007.
 - [53] B. Williamson, “Incentives for service quality: Getting the framework right,” *Electr. J.*, vol. 14, no. 5, pp. 62–70, 2001.
 - [54] V. Ajodhia and R. Hakvoort, “Economic regulation of quality in electricity distribution networks,” *Util. Policy*, vol. 13, no. 3, pp. 211–221, Sep. 2005.
 - [55] R. E. Brown and J. J. Burke, “Managing the risk of performance based rates,” *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 15, no. 2, pp. 893–898, 2000.
 - [56] M. Fotuhi, H. M. Shourkaei, M. B. Kharazi, and A. Salimi, “Reliability assessment of utilities using an enhanced reward-penalty model in performance based regulation system,” *2006 Int. Conf. Power Syst. Technol. POWERCON2006*, pp. 1–6, 2006.
 - [57] N. Xu, F. Wen, M. Huang, and Z. Dong, “Optimal parameter setting of performance based regulation with reward and penalty,” *2007 IEEE Congr. Evol. Comput. CEC 2007*, pp. 2740–2744, 2007.
 - [58] W. . M. M.Loeb, “A decentralized method of utility regulation,” *J. Law Econ.*, vol. 22, no. 2, pp. 301–325, 1983.
 - [59] B. R. Alexander, “How to construct a service quality index in performance-based ratemaking,” *Electr. J.*, vol. 9, no. 3, pp. 46–53, 1996.
 - [60] V. Ajodhia, L. Lo Schiavo, and R. Malaman, “Quality regulation of electricity distribution in Italy: an evaluation study,” *Energy Policy*, vol. 34, no. 13, pp. 1478–

- 1486, 2006.
- [61] M. Hofmann, H. Slejeseth, G. Holst Volden, G. H. Kjolle, and SINTEF Energy Research, “Guidelines of Good Practice on Estimation of Costs due to Electricity Interruptions and Voltage Disturbances,” *Counc. Eur. Energy Regul.*, no. December, pp. 1–72, 2010.
 - [62] M. Bebbington, C. Lai, and R. Zitakis, “Lifetime analysis of incandescent lamps: The Menon-Agrawal model revisited,” *THEORY Appl.*, vol. 1, no. 1990, pp. 97–108, 2008.
 - [63] H. S. Leff, “Illuminating physics with light bulbs,” *Phys. Teach.*, vol. 28, no. 1, pp. 30–36, 1990.
 - [64] D. C. Agrawal and V. J. Menon, “Lifetime and temperature of incandescent lamps,” *Phys. Educ.*, vol. 33, no. 1, pp. 55–58, 1998.
 - [65] V. J. Menon and D. C. Agrawal, “Lifetimes of Incandescent Bulbs,” *Phys. Teach.*, vol. 41, no. 2, pp. 100–101, 2003.
 - [66] V. J. Menon and D. C. Agrawal, “Renewal rate of filament lamps: Theory and experiment,” *J. Fail. Anal. Prev.*, vol. 7, no. 6, pp. 419–423, 2007.
 - [67] V. J. Menon and D. C. Agrawal, “A theory for the mortality curve of filament lamps,” *J. Mater. Eng. Perform.*, vol. 16, no. 1, pp. 1–6, 2007.
 - [68] M. J. Mirzaei, R. Dashti, A. Kazemi, and M. H. Amirioun, “An asset-management model for use in the evaluation and regulation of public-lighting systems,” *Util. Policy*, vol. 32, pp. 19–28, Mar. 2015.
 - [69] J. Zhang *et al.*, “An improved modeling for life prediction of high-power white LED based on Weibull right approximation method,” *Microelectron. Reliab.*, vol. 59, pp. 49–54, 2016.
 - [70] M. S. Ibrahim, M. Z. Hassan, I. Ibrahim, M. H. Ibrahim, M. Y. Daud, and N. A. Bani, “Life-cycle Assessment on the Highway Street Lantern using Weibull Probability Approach,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1150, no. 1, 2019.
 - [71] W. van Bommel and W. van Bommel, *Lamps, Gear and Drivers*. 2019.
 - [72] M. A. I. Md.r.Karim, *Reliability and Survival Analysis*. 2019.
 - [73] SON LAMP_E, “PHILIPS,” 2019.
 - [74] SON LAMP_I, “PHILIPS,” pp. 1–3, 2019.
 - [75] N.-E.-3Y Vialox, “OSRAM,” pp. 2–5, 2015.
 - [76] NAV-E-4Y, “OSRAM,” pp. 1–5, 2020.
 - [77] R. P. Hoskins, A. T. Brint, and G. Strbac, “A structured approach to Asset

- Management within the electricity industry,” *Util. Policy*, vol. 7, no. 4, pp. 221–232, 1999.
- [78] H. Wang, “A survey of maintenance policies of deteriorating systems,” *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 139, no. 3, pp. 469–489, 2002.
 - [79] D. I. Cho and M. Parlar, “Invited Review A survey of maintenance models for multi-unit systems,” *Eur. J. Oper. Researc*, vol. 51, pp. 1–23, 1991.
 - [80] A. Rahman, “Maintenance contract model for complex asset/equipment,” *Int. J. Reliab. Qual. Saf. Eng.*, vol. 21, no. 1, pp. 1–11, 2014.
 - [81] D. R. Godoy, R. Pascual, and P. Knights, “A decision-making framework to integrate maintenance contract conditions with critical spares management,” *Reliab. Eng. Syst. Saf.*, vol. 131, pp. 102–108, 2014.
 - [82] B. Susanti, R. D. Wirahadikusumah, B. W. Soemardi, and M. Sutrisno, “Impact of Performance Based Contract Implementation on National Road Maintenance Project to Road Functional Performance,” *Appl. Mech. Mater.*, vol. 845, pp. 364–368, 2016.
 - [83] H. Haapasalo, A. Aapaoja, S. Björkman, and M. Matinheikki, “Applying the choosing by advantages method to select the optimal contract type for road maintenance,” *Int. J. Procure. Manag.*, vol. 8, no. 6, pp. 643–665, 2015.
 - [84] J. M. Lozano and M. Sánchez-Silva, “Improving decision-making in maintenance policies and contract specifications for infrastructure projects,” *Struct. Infrastruct. Eng.*, vol. 15, no. 8, pp. 1087–1102, 2019.
 - [85] S. Abdul Hadi, M. R. Al Kaabi, M. O. Al Ali, and H. A. Arafat, “Comparative Life Cycle Assessment (LCA) of streetlight technologies for minor roads in United Arab Emirates,” *Energy Sustain. Dev.*, vol. 17, no. 5, pp. 438–450, Oct. 2013.
 - [86] O. M. Arafa and A. A. Mansour, “Economic study of replacing conventional ballast with electronic ballast for high pressure sodium lamps used in public lighting in Egypt,” *J. Electr. Syst. Inf. Technol.*, vol. 2, no. 1, pp. 120–132, May 2015.
 - [87] A. A. Mansour and O. A. Arafa, “Comparative study of 250W high pressure sodium lamp operating from both conventional and electronic ballast,” *J. Electr. Syst. Inf. Technol.*, vol. 1, no. 3, pp. 234–254, 2014.
 - [88] M. Banejad and H. Ijadi, “High impedance fault detection : Discrete wavelet transform and fuzzy function approximation,” *J. AI Data Min.*, vol. 2, no. 2, pp. 149–158, 2014.
 - [89] A. Ghaffari and S. Nobahary, “FDMG: Fault detection method by using genetic algorithm in clustered wireless sensor networks,” *J. Artif. Intell. Data Min.*, vol. 3, no.

- 1, pp. 47–57, 2015.
- [90] M. J. Mirzaei, R. Dashti, A. Kazemi, and M. H. Amirioun, “An asset-management model for use in the evaluation and regulation of public-lighting systems,” *Util. Policy*, vol. 32, pp. 19–28, 2015.
 - [91] M. J. Mirzaei, M. H. Amirioun, A. Kazemi, and R. Dashti, “Optimal contracting strategies for public-lighting asset management: A case study from Iran,” *Util. Policy*, vol. 64, no. April, p. 101048, 2020.
 - [92] M. J. Mirzaei, R. Dashti, A. Kazemi, and M. H. Amirioun, “An asset-management model for use in the evaluation and regulation of public-lighting systems,” *Util. Policy*, vol. 32, pp. 19–28, Mar. 2015.
 - [93] “vialox NAV-E,” 2017.
 - [94] Vossloh-Schwabe Deutschland GmbH., “Technical Details – Components for Discharge Lamps.” [Online]. Available: https://www.vossloh-schwabe.com/fileadmin/user_upload/Konventionelle_Lichttechnik/Technische_Hinweise/Technical_Details_Discharge_Lamps_2016_EN.pdf.
 - [95] E. Ignitors, “Ignitors and Accessories for Discharge Lamps SUPERIMPOSED , PULSE AND INSTANT RESTRIKE.”

Abstract

Long-term load management is the process of optimal use of resources based on management principles in order to provide reliable and stable electricity over a long period of time. This requires long-term asset management and the optimal use of resources and proper timing in the creation, maintenance, scrapping and disposal of facilities and evaluation of efficiency and productivity over a lifetime. Due to the natural monopoly on electricity distribution infrastructure, many countries have moved to transfer ownership or management of electricity distribution infrastructure to the private sector. The companies will be separated into wired companies to maintain and upgrade the electricity distribution infrastructure to consumers and retail companies to buy large energy packages and sell them in retail. Was to subscribers.

By delegating the process of electricity distribution to the non-governmental sector, creating a competitive environment to improve the quality and rate of services has become particularly important. Due to the multiplicity and variety of influential variables in distribution companies, a comprehensive model has not been defined in this regard, so due to the lack of model and the impossibility of simulating and evaluating system behavior in the event of new policies, distribution regulation in a process Gradually in the form of trial and error and using the experience and expertise of the responsible factors in this field. In order to achieve a basic model for long-term studies, in addition to the need to identify the factors and variables inherent in the system, identifying other factors and variables that lead to the imposition of costs is of great importance. One of the most basic approaches to effective regulation in distribution companies is to separate these factors into internal and external factors. Urban planning, social behavior, and governance are important and influential external factors on asset and burden management in distribution companies. In this dissertation, the efficiency evaluation of different regions of the North Kerman Electricity Distribution Company in the field of street lighting has been studied as a study sample and regulatory mechanisms to improve its efficiency. In order to achieve the intrinsic variables of the street lighting system, the technical characteristics of the facilities have been used and using them, the basic model has been calculated to evaluate the areas. In the simulation, the difference between the model output statistics and the actual statistics is attributed to the influence of external factors. Then, by defining an incentive mechanism for encouraging and punishing electricity contractors and managers in the regions, they are given the opportunity

to minimize the impact of external factors. The results show that these mechanisms ultimately lead to encouraging companies to enter into a contract to purchase lamps with an unconditional warranty for the average life and deviation from the average life, as well as encouraging executives to identify the defect and fix it in the shortest possible time. Finally, it is proposed to increase the time period of contracts, considering the life of street lighting facilities, so that contractors can benefit from distribution companies by increasing long-term planning while earning more profit.

Keywords: System Dynamics-Asset Management-Street lighting-Benchmarking-load Management



Shahrood University of Technology

Faculty of Electrical and Robotic Engineering

PhD Dissertation in Electrical Engineering-Control System

**A Long Term Load Management Model for Electricity
Distribution Companies**

By: Reza Ghotboddini

Supervisor:

Dr. Heydar Toossian Shandiz

February 2022