

# بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## سند راهبردی و نقشه‌ی راه توسعه‌ی فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه‌ی توزیع کلان‌شهرها

مدیر پروژه: دکتر مجتبی گیلوانزاد  
گروه پژوهشی تجهیزات خط و پست

راهبر: معاونت فناوری  
ناشر: پژوهشگاه نیرو

کارفرما: شرکت توانیر  
سفارش‌دهنده: وزارت نیرو

اعضای محترم کمیته راهبری تدوین سند:

✦ دکتر محمود حقی‌فام

✦ دکتر پرویز رمضان‌پور

✦ دکتر جواد علمایی

✦ مهندس حمیده قدیری

✦ مهندس سعید مهذب‌ترابی

✦ مهندس اکبر یاورطلب

ویرایش اول

۱۳۹۴

## مقدمه

هدف اصلی طراحی و توسعه‌ی شبکه‌های توزیع پاسخ به رشد مصرف برق با حداکثر کارایی اقتصادی است، به نحوی که محدودیت‌های حاکم بر سیستم نقض نگردد. در طراحی شبکه‌های توزیع بیشتر تمرکز روی اقداماتی چون مکان‌یابی بهینه‌ی پست‌های توزیع و فوق توزیع، مسیریابی بهینه‌ی فیدرها، تعیین سطح مقطع هادی، انتخاب تجهیزات متناسب با شرایط کلانشهرها و ... می‌باشد. فرآیند طراحی شبکه توزیع در حقیقت یک مسئله بهینه‌سازی چند متغیره است که هدف از آن پیدا کردن یک طرح بهینه برای تغذیه مجموعه‌ای از بارها می‌باشد. این طرح بهینه همان طرحی است که دارای حداقل هزینه نصب تجهیزات و نیز حداقل هزینه ناشی از تلفات انرژی در طول بهره‌برداری از شبکه و ... بوده، ضمن آنکه هیچ یک از قیود فنی شبکه (مانند افت ولتاژ مجاز فیدرها، ظرفیت خطوط و ترانسفورماتورها و ...) نقض نمی‌شود.

در ارتباط با طراحی و توسعه شبکه توزیع کلانشهرها باید توجه داشت که ناپایداری توسعه شهری و صنعتی کلانشهرها در سنوات گذشته، در ابعاد و گستره وسیعی محیط اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیست شهری را متأثر نموده است. امروزه معضل تراکم انبوه و کمبود زمین در کلانشهرها، شرکت‌های توزیع را به سمت استفاده از انواع تجهیزات کمپکت در فضای عمومی زیرزمینی و روزمینی شهرها و همچنین نصب پست انحصاری در ملک متقاضیان سوق داده است. با توجه به وضعیت شبکه توزیع کشور در حال حاضر که بخش عمده‌ای از اتفاقات را به خود اختصاص داده و همچنین بخش قابل توجهی از اتلاف انرژی الکتریکی در آن رخ می‌دهد، لزوم توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع و کاربرد آن‌ها، شامل آموزش و انتقال دانش فنی، نوآوری، رعایت نکات فنی و استانداردها، نظارت، کنترل و ارزیابی در دستگاه‌های توزیع برای افزایش سطح ایمنی و کاهش حوادث شدیداً احساس می‌شود. در این سند با بررسی اهداف و راهبردها به تدوین اقدامات و سیاست‌های مورد نیاز و نقشه راه توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها پرداخته شده است.

## اهداف توسعه فناوری

- افزایش پایایی شبکه برق
- کاهش هزینه‌های نصب و بهره‌برداری در شبکه برق
- حفظ مبلمان شهری
- کاهش آلاینده‌های زیست‌محیطی کلانشهرها
- افزایش ایمنی شبکه برق در کلانشهرها

## راهبردهای توسعه فناوری

تدوین راهبردهای توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه‌های توزیع کلانشهرها با رویکرد مدیریت بازار این فناوری‌ها انجام می‌شود. در اینجا راهبردها همان مکانیزم‌های مداخله دولت در بازار فناوری‌های مرتبط هستند. به منظور تدوین راهبردها یا مکانیزم‌های مداخله، ابتدا بر اساس شاخص‌های جذابیت به اولویت‌بندی فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها در هر چهار حوزه خط، پست، تولید، D-Facts پرداخته می‌شود. سپس، راهبردها یا مکانیزم‌های مداخله مستقیم و غیرمستقیم دولت به منظور مدیریت بازار فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع در کلانشهرها ارائه می‌شود.

## اولویت‌بندی فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها

اولویت‌بندی فناوری‌ها بر اساس شاخص‌های جذابیت مشخص شده است. برای تعیین اولویت فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها از سه دسته شاخص ویژگی‌های تجهیزات، ویژگی‌های مرتبط با کلانشهرها و ویژگی‌های مطلوب شبکه برق استفاده شد. اولویت‌بندی فناوری‌ها به شرح ذیل بدست آمد.

جذاب‌ترین فناوری‌ها در بخش خط به ترتیب عبارتند از:

۱- کابل خودنگهدار

۲- کابل زمینی

جذاب‌ترین فناوری‌ها در بخش پست به ترتیب عبارتند از:

۱- پست کاملاً زیرزمینی (maintenance free)

۲- پست زیرزمینی متداول

۳- پست کمپکت

جذاب‌ترین فناوری‌ها در بخش تولید به ترتیب عبارتند از:

۱- سلول خورشیدی

۲- توربین بادی مقیاس کوچک

۳- ذخیره‌سازها

جذاب‌ترین فناوری‌ها در بخش D-Facts به ترتیب عبارتند از:

۱- تغییردهنده آرایش شبکه

۲- جبران‌سازها

### راهبردهای توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها با رویکرد مدیریت بازار فناوری‌ها

راهبردهای در نظر گرفته شده برای توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها همان مکانیزم‌های مداخله در بازار این فناوری‌ها از سوی دولت است. مکانیزم‌های مداخله به دو نوع مستقیم و غیرمستقیم تقسیم می‌شود. در مداخلات مستقیم دولت نقش عرضه‌کننده و یا خریدار محصولات فناورانه را ایفا می‌کند. در مداخله غیرمستقیم از دو مکانیزم تنظیم‌گری، تسهیل‌گری و یا ترکیبی از هر دو مکانیزم استفاده می‌شود. با توجه به این که در حال حاضر بخش دولتی عرضه‌کننده فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع در کلانشهرها نیست بنابراین دولت تنها می‌تواند از مکانیزم خرید برای مداخله مستقیم استفاده کند. با جمع‌بندی نتایج و نیز تحلیل مکانیزم‌های مداخله غیرمستقیم مناسب، راهبردهای ذیل به عنوان راهبردهای توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها ارائه می‌شود:

- ۱- تقویت بازار تجهیزات پست‌های زیرزمینی، انرژی‌های تجدیدپذیر و تغییردهنده‌های آرایش شبکه با تمرکز بر تقویت طرف تقاضای این تجهیزات از سوی دولت
- ۲- بهینه سازی بازار تجهیزات پست‌های زمینی و هوایی، خطوط زمینی و هوایی با تمرکز بر استقرار مکانیزم‌های تنظیم بازار این تجهیزات
- ۳- تقویت بازار تجهیزات تغییردهنده‌های آرایش شبکه و جبران‌سازها با تمرکز بر مکانیزم‌های تسهیل‌گری
- ۴- تقویت بهینه بازار پست‌های زیرزمینی، ذخیره‌سازها، تولید پراکنده و انرژی‌های تجدیدپذیر با تمرکز بر به کارگیری مکانیزم‌های تنظیم‌گری و تسهیل‌گری

## اقدامات و سیاست‌های توسعه فناوری

سیاست‌ها و اقدامات به دو دسته تقسیم می‌شوند. دسته اول سیاست‌ها و اقدامات عمومی هستند که به طور کلی به رفع چالش‌های عمومی توسعه فناوری‌های مرتبط با شبکه توزیع کلانشهرها می‌پردازد. دسته دوم سیاست‌ها و اقدامات مربوط به مدیریت بازار (راهبردها) هستند. این دو دسته سیاست و اقدام در ادامه توضیح داده شده است.

### الف) سیاست‌ها و اقدامات عمومی

- تدوین سند راهبردی توسعه فناوری‌های با اولویت مورد استفاده در شبکه توزیع کلانشهرها
- راه‌اندازی و تجهیز آزمایشگاه‌های مرجع مورد نیاز
- تدوین دستورالعمل‌های نظارت بر نصب تجهیزات مورد استفاده در سطح شبکه توزیع کلانشهرها
- محاسبه و تعیین جریمه خاموشی برای شرکت‌های توزیع کلانشهرها
- رفع موانع خصوصی‌سازی کامل شرکت‌های توزیع کلانشهرها
- تدوین دستورالعمل‌های نصب، نظارت بر نصب و بهره‌برداری مورد نیاز برای فناوری‌های مورد استفاده در طراحی شبکه توزیع کلانشهرها
- فراهم کردن بستر فعالیت پیمانکاران واجد شرایط در سطح شبکه توزیع کلانشهرها
- کمک به بهبود کیفیت طراحی و احداث شبکه‌های توزیع کلانشهرها
- به‌کارگیری نرم‌افزارهای مانیتورینگ و کنترل (خودکار) شبکه در مراکز بهره‌برداری و دیسپاچینگ شبکه توزیع
- به‌روزرسانی پایگاه اطلاعاتی تجهیزات نصب شده در شبکه توزیع کلانشهرها و مرتبط کردن آن‌ها با نرم‌افزارهای دیگر
- بهبود ساختار زنجیره تامین تجهیزات مورد استفاده در طراحی شبکه توزیع کلانشهرها
- تسهیل ورود تولیدکنندگان جدید به بازار تجهیزات مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها
- حمایت از تشکیل انجمن‌های تخصصی مرتبط با تجهیزات مورد استفاده در شبکه توزیع کلانشهرها
- تقویت ارتباط بین طراحان و بهره‌برداران شبکه توزیع کلانشهرها
- تقویت آمادگی شرکت‌های توزیع کلانشهرها برای مواجهه با حوادث غیرمترقبه
- تعیین ساز و کار تغییر ساختارهای شرکت‌های توزیع کلانشهرها

### ب) سیاست‌ها و اقدامات مربوط به مدیریت بازار

- تدوین استاندارد کیفی تجهیزات حوزه خط، پست و تولید
- تدوین آیین‌نامه واردات تجهیزات حوزه تولید
- تسهیل صدور مجوزهای نصب و به‌کارگیری تجهیزات تولید برق در شبکه توزیع
- تدوین دستورالعمل الزام‌آور استفاده از خطوط و پست‌ها در شبکه توزیع در کلانشهرها با اولویت‌دهی به:

✓ استفاده از خطوط زمینی

✓ استفاده از پست‌های زیرزمینی، زمینی و کمپک

- اعمال جریمه شرکت‌های توزیع کلانشهرها در صورت استفاده از خطوط و پست‌های هوایی
- ارائه تسهیلات مالی به شرکت‌های توزیع جهت تامین، نصب و راه‌اندازی پست‌های زیرزمینی از طریق:

✓ اعطای وام‌های بلندمدت کم‌بهره

✓ تامین بخشی از هزینه تامین، نصب و راه‌اندازی

- اعطای مشوق‌های مالی به تولیدکنندگان پست‌های زیرزمینی شامل ارائه یارانه تولید، کاهش مالیات
- ترغیب بخش خصوصی به استفاده از تجهیزات تولید پراکنده و انرژی تجدیدپذیر از طریق:

✓ تامین بخشی از سرمایه مورد نیاز

✓ آگاه‌سازی بخش خصوصی در مورد اهمیت و مزایای استفاده از تجهیزات

- برگزاری نمایشگاه تخصصی تجهیزات مربوط به حوزه D-Facts و تولید برق در شبکه توزیع کلانشهرها

- برگزاری دوره‌های آموزشی و کنفرانس‌های تخصصی در زمینه استفاده از ذخیره‌سازها و جبران‌سازها در شبکه توزیع

- به‌کارگیری آزمایشی تجهیزات D-Facts و ذخیره‌سازها در یکی از شرکت‌های توزیع کلانشهرها

• کمک به جذب نیروهای متخصص در زمینه پست‌های زیرزمینی و D-Facts

• تدوین دستورالعمل خرید تجهیزات مورد استفاده در شبکه توزیع کلانشهرها

• تامین و نصب تجهیزات حوزه تولید:

✓ با تسببت ۶۰٪ برای تجهیزات تولید برق از انرژی‌های تجدیدپذیر

✓ با نسبت ۴۰٪ برای تجهیزات تولید پراکنده

- تامین و نصب تجهیزات D-Facts
- خرید تضمینی تجهیزات حوزه خط و پست:

✓ با نسبت ۵۰٪ پست‌های زیرزمینی، ۲۰٪ پست‌های زمینی و ۳۰٪ برای پست‌های

کمپکت

✓ با نسبت ۹۰٪ برای خطوط زمینی و ۱۰٪ برای خطوط هوایی

## پروژه‌های اجرایی

۱. تدوین سند راهبردی توسعه فناوری‌های با اولویت مورد استفاده در شبکه توزیع کلانشهرها

- تدوین سند راهبردی توسعه فناوری پست‌های کمپکت
- تدوین سند راهبردی توسعه فناوری پست‌های زیرزمینی بدون تعمیر و نگهداری
- تدوین سند راهبردی توسعه مولدهای بادی مقیاس کوچک
- تدوین سند راهبردی توسعه D-Facts
- تدوین سند راهبردی توسعه CHP
- تدوین سند راهبردی توسعه خودروی برقی

۲. راه‌اندازی و تجهیز آزمایشگاه‌های مرجع مورد نیاز

- ایجاد و تجهیز آزمایشگاه مرجع پست‌های کمپکت
  - ایجاد و تجهیز آزمایشگاه مرجع سلول‌های خورشیدی
  - تجهیز آزمایشگاه مرجع مولد بادی
  - ایجاد و تجهیز آزمایشگاه جریان زیاد تجهیزات توزیع
  - تجهیز آزمایشگاه‌های مرجع موجود مرتبط با تجهیزات شبکه توزیع
۳. تدوین دستورالعمل‌های نظارت بر نصب تجهیزات مورد استفاده در سطح شبکه توزیع کلانشهرها
- تدوین دستورالعمل الزام‌آور انجام تست‌های نمونه‌ای توسط تامین‌کنندگان
  - تدوین دستورالعمل الزام‌آور کنترل کیفی تجهیزات در حال نصب در شبکه توزیع توسط شرکت توزیع

۴. محاسبه و تعیین جریمه خاموشی برای شرکت‌های توزیع کلانشهرها

- محاسبه قیمت خسارت خاموشی در شبکه توزیع کلانشهرها بر اساس انواع تعرفه مشترکین

- تعیین مکانیزم قیمت‌گذاری و محاسبه خسارات قابل پرداخت توسط شرکت توزیع ناشی از انواع خاموشی
- ۵. رفع موانع خصوصی‌سازی کامل شرکت‌های توزیع کلانشهرها
  - بررسی و تخمین دارایی‌های شرکت‌های توزیع در هر یک از کلانشهرها
  - تعیین و قیمت‌گذاری بهای انرژی الکتریکی قبل فروش در هر یک از شرکت‌های توزیع کلانشهرها
  - تدوین دستورالعمل نظارت و هماهنگی بر شرکت‌های توزیع خصوصی در محیط تجدید ساختار یافته
- ۶. تدوین دستورالعمل‌های نصب، نظارت بر نصب و بهره‌برداری مورد نیاز برای فناوری‌های مورد استفاده در طراحی شبکه توزیع کلانشهرها
  - به‌روزرسانی دستورالعمل‌های نصب، نظارت بر نصب و بهره‌برداری پست‌های کمپکت
  - تدوین و به‌روزرسانی دستورالعمل‌های نصب، نظارت بر نصب و بهره‌برداری پست‌های زیرزمینی بدون تعمیر و نگهداری
  - تدوین و به‌روزرسانی دستورالعمل‌های نصب، نظارت بر نصب و بهره‌برداری مولدهای بادی مقیاس کوچک
  - تدوین و به‌روزرسانی دستورالعمل‌های نصب، نظارت بر نصب و بهره‌برداری D-Facts
  - تدوین و به‌روزرسانی دستورالعمل‌های نصب، نظارت بر نصب و بهره‌برداری CHP
  - تدوین و به‌روزرسانی دستورالعمل‌های نصب، نظارت بر نصب و بهره‌برداری خودروی برقی
- ۷. فراهم کردن بستر فعالیت پیمانکاران واجد شرایط در سطح شبکه توزیع کلانشهرها
  - ایجاد بانک اطلاعاتی سوابق عملیاتی پیمانکاران شبکه توزیع کلانشهرها
  - تدوین آیین‌نامه ارزیابی و انتخاب پیمانکاران شبکه توزیع کلانشهرها
  - پایش و ارزیابی عملکرد پیمانکاران شبکه توزیع کلانشهرها
- ۸. کمک به بهبود کیفیت طراحی و احداث شبکه‌های توزیع کلانشهرها
  - تدوین دستورالعمل الزام‌آور طراحی و احداث شبکه‌های توزیع مطابق با نیازها و ویژگی‌های هر کلانشهر
  - ارزیابی کیفی طراحی و احداث شبکه‌های توزیع در کلانشهرها
  - پایش و ارزیابی فعالیت‌های در حال انجام در زمینه بهبود طراحی شبکه توزیع



- تدوین دستورالعمل طراحی شبکه‌های توزیع کلانشهرها از دید انرژی‌های تجدیدپذیر و تولیدات پراکنده
- ۹. به‌کارگیری نرم‌افزارهای مانیتورینگ و کنترل شبکه در مراکز بهره‌برداری و دیسپاچینگ شبکه توزیع
- مطالعه شبکه توزیع در هر یک از کلانشهرها جهت برآورد میزان نفوذ تجهیزات مونیتورینگ و کنترل (اتوماسیون) در شبکه
- مطالعه و انتخاب نرم‌افزارهای مونیتورینگ و کنترل شبکه (اتوماسیون) جهت بهره‌برداری در کلانشهرها
- پیاده‌سازی و راه‌اندازی نرم‌افزارهای مونیتورینگ و کنترل شبکه (اتوماسیون) با قابلیت بهره‌برداری خودکار در مراکز دیسپاچینگ شبکه توزیع در هر یک از کلانشهرها
- ۱۰. به‌روزرسانی پایگاه اطلاعاتی تجهیزات نصب شده در شبکه توزیع کلانشهرها و مرتبط کردن آن‌ها با نرم‌افزارهای دیگر
- ایجاد ارتباط نرم‌افزاری بین پایگاه اطلاعاتی GIS و نرم‌افزارهای محاسباتی معتبر مورد استفاده در شبکه توزیع
- ایجاد ارتباط نرم‌افزاری بین پایگاه اطلاعاتی GIS و نرم‌افزارهای مونیتورینگ و کنترل شبکه
- ۱۱. تدوین استاندارد کیفی تجهیزات حوزه خط، پست و تولید
- تدوین استاندارد کیفی پست‌های زمینی، زیرزمینی و هوایی مورد استفاده در شبکه توزیع کلانشهرها
- تدوین استاندارد کیفی خطوط زمینی و هوایی مورد استفاده در شبکه توزیع کلانشهرها
- تدوین استاندارد کیفی تجهیزات تولید پراکنده و تولید برق از انرژی تجدیدپذیر مورد استفاده در شبکه توزیع کلانشهرها
- ۱۲. تدوین آیین‌نامه واردات تجهیزات حوزه تولید
- تدوین آیین‌نامه واردات تجهیزات تولید پراکنده
- تدوین آیین‌نامه واردات تجهیزات تولید برق از انرژی تجدیدپذیر
- تدوین آیین‌نامه واردات تجهیزات ذخیره‌ساز برق
- ۱۳. تدوین دستورالعمل الزام‌آور استفاده از خطوط و پست‌های با اولویت در شبکه توزیع در کلانشهرها

- تدوین دستورالعمل الزام آور به کارگیری خطوط زمینی در شبکه توزیع کلانشهرها
- تدوین دستورالعمل الزام آور به کارگیری پست‌های زمینی، زیرزمینی و کمپکت در شبکه توزیع کلانشهرها
- ۱۴. برگزاری نمایشگاه‌های تخصصی تجهیزات مربوط به حوزه D-Facts و تولید برق در شبکه توزیع کلانشهرها
  - برگزاری نمایشگاه تخصصی تجهیزات حوزه D-Facts
  - برگزاری نمایشگاه تخصصی تجهیزات مورد استفاده تولید برق در شبکه توزیع کلانشهرها
- ۱۵. برگزاری دوره‌های آموزشی و کنفرانس‌های تخصصی در زمینه استفاده از ذخیره‌سازها و جیرانسازها در شبکه توزیع
  - برگزاری دوره آموزشی استفاده از تجهیزات ذخیره‌سازها در شبکه توزیع کلانشهرها
  - برگزاری دوره آموزشی استفاده از تجهیزات D-Facts در شبکه توزیع کلانشهرها
  - برگزاری کنفرانس تخصصی در حوزه تجهیزات ذخیره‌ساز برق
  - برگزاری کنفرانس تخصصی در حوزه تجهیزات D-Facts
- ۱۶. به کارگیری آزمایشی تجهیزات D-Facts و ذخیره‌سازها در یکی از شرکت‌های توزیع کلانشهرها
  - نصب و بهره‌برداری پایلوت تجهیزات D-Facts در شبکه توزیع
  - نصب و بهره‌برداری پایلوت تجهیزات ذخیره‌سازی برق در شبکه توزیع
- ۱۷. تدوین دستورالعمل خرید تجهیزات مورد استفاده در شبکه توزیع کلانشهرها و تنوع‌زدایی از آنها
  - تدوین دستورالعمل خرید تجهیزات حوزه خط
  - تدوین دستورالعمل خرید تجهیزات حوزه پست
  - تدوین دستورالعمل خرید تجهیزات D-Facts
  - تدوین دستورالعمل خرید تجهیزات تولید
- ۱۸. تقویت آمادگی شرکت‌های توزیع کلانشهرها برای مواجهه با حوادث غیرمترقبه
  - تدوین سند برق اضطراری کلانشهرها در جهت آماده‌سازی برای مقابله با حوادث غیرمترقبه
  - تدوین دستورالعمل الزام آور مقاوم‌سازی تجهیزات توزیع کلانشهرها در برابر زلزله

رهنگاشت (نقشه‌راه) توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلان‌شهرها

