



سازمان بهره‌وری انرژی ایران
(سابا)

اصول و مفاهیم

طرح ملی اپراتور هوشمند

National Smart Operator (NSO)



جلسه هم‌اندیشی مردادماه ۱۳۹۴

۱. مقدمه

شبکه‌های توزیع نیروی برق، به صورت سنتی، سامانه‌هایی یک‌سو و بدون بازخورد^۱ بوده‌اند که در آن انرژی برق توسط یک منبع بالادستی، تولید و توزیع گردیده است و به همین دلیل، امکان پایش مصرف برق و کنترل روند آن، همواره به عنوان یک نیاز اساسی در این سامانه‌ها مطرح بوده است. پاسخگویی به این نیاز، با توجه به بالا رفتن قیمت حامل‌های انرژی و در نتیجه هزینه‌های فزاینده تولید و توزیع برق، افزایش تقاضا برای نیروی برق، تلفات بیش از اندازه ناشی از استفاده غیراصولی از نیروی برق و نهایتاً تهدیدات زیست‌محیطی ناشی از بالا رفتن گازهای گلخانه‌ای در جو زمین، امروزه دیگر اهمیتی فزاینده یافته است. مسائل فوق‌الذکر، رویکرد سنتی مدیران و دست‌اندرکاران صنعت برق را به چالش کشیده و مقوله بهینه‌سازی مصرف انرژی را از مبحثی حاشیه‌ای به موضوعی حیاتی بدل ساخته‌اند.

یکی از راهکارهای مواجه با چالش‌های فوق‌الذکر سامانه‌های شبکه هوشمند برق می‌باشد که از طریق فراهم‌سازی اطلاعات فراگیر و به موقع مصرف نیروی برق، امکان اندازه‌گیری، ذخیره، پایش و کنترل روند مصرف را فراهم ساخته و در نتیجه، مدیریت هوشمند توزیع و مصرف برق را میسر ساخته‌اند. ستون فقرات شبکه هوشمند بر پایه یک بستر ارتباطی بنا شده و مشتمل بر سیستم‌های اندازه‌گیری، ذخیره، پردازش و کنترل اطلاعات مربوط به نحوه مصرف برق توسط مشترکین می‌باشند. با توجه به در دسترس بودن فناوری‌های مختلف ارتباطی، انتخاب بستر و فناوری ارتباطی مناسب سامانه‌های شبکه هوشمند برق، تبدیل به یک دغدغه جدی دست‌اندرکاران این شبکه گشته است.

۲. مروری اجمالی بر ساختار سامانه‌های توزیع هوشمند نیروی برق

شکل ۱، نمایی کلی از معماری سامانه شبکه‌های هوشمند برق را به نمایش می‌گذارد. در یک سوی این شبکه، کنتورهای هوشمند برق (که می‌توانند به کنتورهای گاز و آب نیز تسری یابند) قرار دارند که وظیفه جمع‌آوری اطلاعات مربوط به مصرف برق را بر عهده دارند. در سوی دیگر، سرویس‌دهنده‌های این سامانه واقع شده‌اند که جمع‌آوری اطلاعات از کنتورهای هوشمند و ارسال فرامین به آنها را توسط نرم‌افزارهای مدیریت هوشمند توزیع و مصرف ممکن می‌سازند. ارتباط اجزای مختلف شبکه، از طریق یک بستر ارتباطی امن تامین می‌گردد. این بستر مخابراتی علاوه بر امکان اندازه‌گیری، ارتباط موثری بین مشترک و بهره‌بردار شبکه توزیع فراهم می‌سازد که می‌تواند پذیرای بسیاری از کاربردهای مدیریت مصرف، کاهش تلفات، مدیریت خودروهای الکتریکی و غیره باشد.

بر اساس شکل ۱، بستر ارتباطی یکی از حیاتی‌ترین نیازهای سامانه شبکه‌های هوشمند توزیع برق است. این بستر ارتباطی حداقل بایستی دارای ویژگی‌های فنی زیر باشد:

✓ دسترسی فراگیر در محدوده مورد نظر (پوشش ملی و یا منطقه‌ای)

✓ برخورداری از ضریب اطمینان^۲ بالا

¹ Feedback

² Reliability

✓ برخورداری از جایگزین در صورت خرابی بخشی از سیستم^۳



شکل ۱- نمای کلی از شبکه کنتورهای هوشمند

✓ استاندارد بودن اجزای ارتباطی و انطباق با پروتکل‌های IPv4 و IPv6

✓ امکان تامین حداقل‌های موردنیاز در خصوص

○ پهنای باند^۴،

○ ترافیک شبکه،

○ مدت زمان تاخیر در ارسال بسته‌های اطلاعاتی^۵، و

○ نرخ خطای بیت^۶.

✓ برخورداری از درجه بالای امنیت در هنگام تبادل اطلاعات

همچنین، انتظار می‌رود این بستر ارتباطی، قابلیت انطباق‌پذیری با نیازمندی‌های آتی در روند توسعه فناوری شبکه‌های هوشمند برق را داشته و توسعه‌پذیری^۷ آن به سهولت ممکن باشد. علاوه بر آن، لازم است طرح با توجه به هزینه‌های اولیه سرمایه‌گذاری^۸ و همچنین هزینه‌های جاری و عملیاتی^۹، از توجیه اقتصادی برخوردار باشد.

بر اساس مطالعات صورت‌گرفته، یک معماری پیشنهادی برای بستر ارتباطی یک سامانه شبکه‌های هوشمند، مشتمل بر سه زیرسیستم به شرح ذیل می‌باشد.

✓ شبکه جمع‌آوری و ارتباطی داخل منزل موسوم به HAN^{۱۰}

✓ شبکه انتقال محلی نوعاً در ناحیه ولتاژ پایین موسوم به NAN/FAN//LAN^{۱۱}

³ : Redundancy

⁴ : Bandwidth

⁵ : Latency

⁶ : Bit-error Rate

⁷ : Scalability

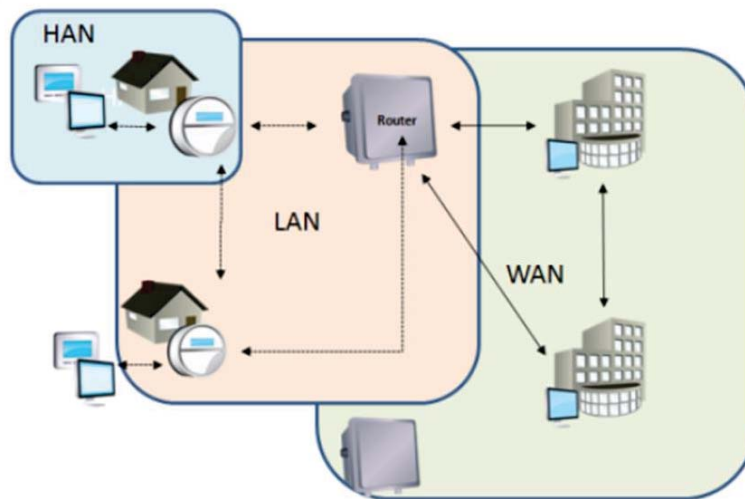
⁸ : Capital Expenditure (CAPEX)

⁹ : Operational Expenditure (OPEX)

¹⁰ : Home Area Network (HAN)

¹¹ : Neighboring Area Network (NAN) or Field Area Network (FAN) or Local Area Network (LAN)

✓ شبکه انتقال داده به مراکز و سرویس‌دهنده‌ها موسوم به WAN^{۱۲}



شکل ۲- نمایی از ارتباط زیرسیستم‌های ارتباطی در سامانه‌های شبکه هوشمند برق

برای فراهم‌سازی این بستر ارتباطی، راهبردهای مختلفی می‌توان تصور نمود که در بخش بعدی معرفی می‌گردند.

۳. بررسی راهبردها

در حالت کلی و با توجه به ویژگی‌های ذکرشده در بخش پیشین، چهار راهبرد ذیل را می‌توان به عنوان راه‌حل‌های قابل ارائه جهت ایجاد زیرساخت‌های ارتباطی و اطلاعاتی موردنیاز سامانه شبکه‌های هوشمند برق در نظر گرفت.

I. راهبرد اول: عدم تدوین و پیروی از یک راهبرد فراگیر و فراهم‌سازی نیازهای ارتباطی شبکه کنتورهای هوشمند به طرق گوناگون و بسته به شرایط زمانی، مکانی و محیطی محل نصب کنتور هوشمند (وضعیت فعلی طرح فهام^{۱۳})

II. راهبرد دوم: سرمایه‌گذاری برای ایجاد شبکه مستقل ارتباطی شامل تمامی بخش‌های HAN، WAN و NAN که علاوه بر بهره‌برداری، وظیفه نگهداری و توسعه آن نیز با تامین‌کننده برق باشد.

III. راهبرد سوم: برون‌سپاری ساختاریافته خدمات ارتباطی حوزه WAN و احیانا پردازش و ذخیره‌سازی داده‌ها

IV. راهبرد چهارم: ایجاد و توسعه یک شراکت راهبردی^{۱۴} با یک سازمان تخصصی در حوزه فناوری ارتباطات و اطلاعات با رویکرد ایجاد زنجیره ارزش در قالب یک «اپراتور هوشمند ملی»

¹² : Wide Area Network (WAN)

¹⁴ Strategic Partnership

^{۱۳}: فراسامانه هوشمند اندازه‌گیری و مدیریت انرژی

راهبرد چهارم، یا راهبرد «اپراتور هوشمند ملی»، مبتنی بر راه‌حلی بنیادی برای رسیدگی به مقوله فناوری اطلاعات و ارتباطات در راستای پیش‌برد اهداف طرح فهام بطور اخص و شبکه‌های هوشمند برق، آب و گاز به‌طور اعم می‌باشد.

۴. ماموریت سازمانی و چشم‌انداز کاری اپراتور هوشمند

یک اپراتور مخابراتی جهت وارد شدن به کسب و کار شبکه‌های هوشمند، ممکن است یکی از نقش‌های مندرج در جدول ۱ را برای خود برگزیند.

جدول-۱ نقش‌های قابل تصور برای اپراتورهای مخابراتی جهت ورود به حوزه کسب و کار شبکه‌های هوشمند

نقش	توضیحات	درآمد	ریسک
۱ محدود به تامین‌کننده خدمات ارتباطی	تامین‌کننده یک بستر ارتباطی مطمئن از کنتورهای هوشمند تا AHE ^{۱۵}	کم	کم
۲ خدمات کامل حوزه ICT	تامین‌کننده ارتباط ذکر شده در ردیف اول این جدول و ارائه خدمات حوزه فناوری اطلاعات شامل نگهداشت داده‌ها، پردازش و سایر خدمات مربوطه و بهره‌برداری و نگهداری از این سامانه و فروش خدمات به شرکت‌های توزیع	متوسط تا زیاد	متوسط تا زیاد
۳ خدمات کامل AMI	سرمایه‌گذاری کامل بر روی تمامی اجزای شبکه هوشمند برق مشتمل بر کنتورهای هوشمند، شبکه FAN و نرم‌افزارهای AHE و MDM ^{۱۶} و همچنین کلیه خدمات ذکر شده در ردیف دوم این جدول و فروش خدمات و یا شراکت در منافع ناشی از بهره‌برداری از این سامانه	زیاد	زیاد

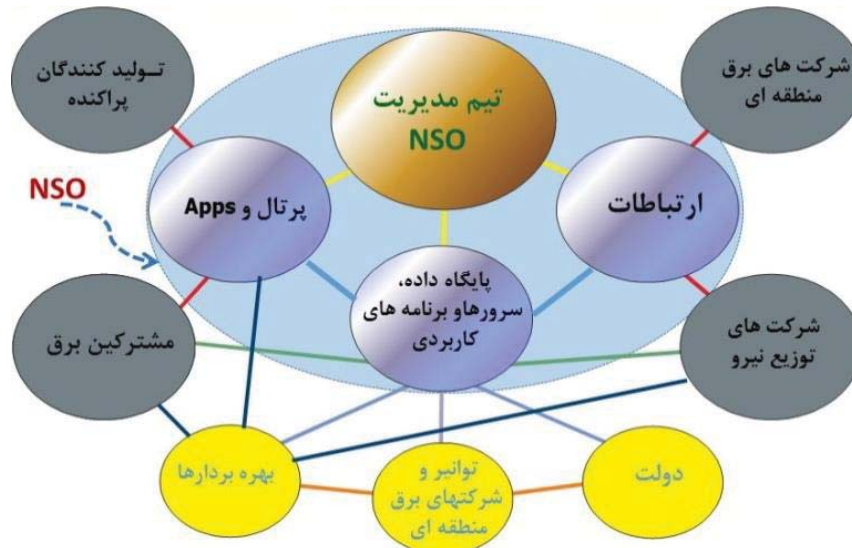
بر پایه مطالعات انجام شده، صرف سرمایه‌گذاری برای فراهم‌سازی بستر ارتباطی به‌عنوان یکی از اجزاء موردنیاز در طرح فهام، دارای توجیه اقتصادی نخواهد بود؛ چه، درآمد حاصل از ارائه این سرویس برای سرمایه‌گذار حتی در طول زمان نیز دارای جذابیت نمی‌باشد. بنابراین، اپراتور هوشمند می‌بایستی در حوزه‌های خدماتی دیگر در چارچوب نیازمندی‌های ارتباطی و اطلاعاتی طرح فهام حضور یابد و به ارائه راه‌حل‌های جامع^{۱۷} برای پایش مصرف، ذخیره‌سازی اطلاعات مربوط به آن، پردازش اطلاعات روند مصرف و ارسال فرامین به کنتورهای هوشمند با هدف مدیریت هوشمند مصرف برق مبادرت نماید. (به شکل ۳ مراجعه شود). در این صورت، اپراتور هوشمند، با نگرشی

¹⁵ AMI HeadEnd

¹⁶ Meter Data Management

¹⁷ : Total Solutions

جامع و فراتر از طرح فهم، می‌تواند خود را به عنوان یک «ارائه‌کننده راه‌حل‌های جامع»^{۱۸} در زمینه شبکه‌های هوشمند برق، آب و گاز مطرح ساخته و در بازارهایی با مقیاسی وسیع‌تر از بازار محلی فعالیت و کسب درآمد نماید.



شکل ۳- حوزه فعالیت اپراتور هوشمند و تعامل با سایر ذینفعان طرح

لازمه این امر، تغییر استراتژیک نگرش اپراتورهای مخابراتی کشور از یک ارائه‌کننده صرف خدمات اولیه مخابراتی به همکاری موثر در یک مدل «مشارکت در موفقیت» می‌باشد. در این راستا، طرح اولیه بیانیه ماموریت اپراتور هوشمند براساس شکل ۴ پیشنهاد می‌گردد.

«ایجاد، توسعه و نگهداری اکوسیستمی مشتمل بر:

- ۱- سامانه‌های ارتباطی،
 - ۲- پایگاه‌های داده مناسب با تکیه بر فناوری‌های نوین و مدیریت داده‌های انبوه مبتنی بر ذخیره‌سازی، پوشش و پردازش داده‌ها، و
 - ۳- نرم‌افزارهای کاربردی اعم از پورتال‌ها و برنامه‌های کاربردی (Apps) جهت ارائه اطلاعات متنوع به مشترکین برق.
- این ساختار خدمات ICT مورد نیاز شبکه‌های هوشمند برق (و آب و گاز) را با عنایت به نیازمندی‌های فعلی طرح فهم و ویرایش‌های بعدی آن، به نحو کامل ارائه نموده و با تکیه بر یک برنامه راهبردی و مدل تجاری مناسب و کارآمد، از طریق ایجاد زنجیره ارزش و فروش خدمات پایه و خدمات ارزش افزوده به ذینفعان طرح، منجر به کسب درآمد و سود آوری در بازه زمانی مشخصی می‌گردد.»

شکل ۴- بیانیه ماموریت پیشنهادی برای اپراتور هوشمند ملی

۵. مدخلی بر بررسی قوانین حمایتی در خصوص سرمایه‌گذاری شبکه‌های هوشمند برق

براساس ماده ۱۲ قانون «رفع موانع تولید رقابت‌پذیر و ارتقای نظام مالی کشور» که در تاریخ ۱۳۹۴/۰۲/۰۱ به تصویب مجلس شورای اسلامی و سپس در تاریخ ۱۳۹۴/۰۲/۲۰ به دولت محترم ابلاغ شده است، دولت موظف گردیده تا برای طرح‌هایی که باعث کاهش تلفات خواهد شد، قراردادهایی به شرح ذیل منعقد نماید:

«به کلیه وزارتخانه‌ها به ویژه نفت و نیرو و شرکت‌های تابعه و وابسته به آنها و سازمان‌ها و مؤسسات دولتی و کلیه دارندگان عنوان و ردیف در قوانین بودجه کل کشور اجازه داده می‌شود سالانه تا سقف یکصد میلیارد (۱۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰) دلار به صورت ارزی و پانصد هزار میلیارد (۵۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰) ریال به صورت ریالی که هر ساله تا سقف نرخ تورم سال قبل تعدیل می‌گردد، در موارد مربوط به بندهای ذیل این ماده که سرمایه‌گذاری یا اقدام اشخاص حقیقی یا حقوقی خارجی یا داخلی با اولویت بخش‌های خصوصی یا تعاونی به تولید، صادرات، ارتقای کیفیت، صرفه‌جویی یا کاهش هزینه در تولید کالا یا خدمت و زمان و قرارداد منعقد نماید.»

در ادامه و در بند «پ» ذیل ماده ۱۲ تصریح شده است که پروژه‌های ذیل مشمول این ماده هستند:

«بند پ - طرح‌های احداث نیروگاه با بازدهی (راندمان) بالا، افزایش تولید و بازدهی حرارتی نیروگاه‌ها که منجر به افزایش بازدهی حرارتی شود، با اولویت نصب بخش بخار در نیروگاه‌های چرخه (سیکل) ترکیبی اعم از ترکیب برق و گرما^{۱۹} و ترکیب برق، سرما و گرما^{۲۰} و مولدهای مقیاس کوچک^{۲۱}، توسعه استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، کاهش تلفات انرژی در تولید، انتقال و توزیع، بهینه‌سازی و صرفه‌جویی در مصرف برق و انرژی، برقی کردن چاه‌های کشاورزی با اولویت استفاده از منابع انرژی‌های نو از جمله انرژی خورشیدی، جایگزینی مصرف برق به جای گاز یا فرآورده‌های نفتی در مناطقی که توجیه اقتصادی دارد و افزایش سهم صادرات و عبور (ترانزیت) برق، تولید برق از تلفات گاز و سوخت کارخانجات.»

قوانینی از این دست نشان می‌دهند راهبرد اپراتور هوشمند ملی که انجام سرمایه‌گذاری لازم بر روی بستر ارتباطی شبکه‌های هوشمند برق را توسط یک اپراتور مخابراتی توصیه می‌کند، و مآلاً باعث کاهش تلفات در شبکه‌های توزیع برق می‌گردد، از شانس موفقیت بالایی در ایران برخوردار است.

۶. تحلیل فرصت‌ها، تهدیدها و نقاط ضعف و قدرت

به منظور بررسی و تحلیل فرصت‌ها و تهدیدهای پیش روی ایجاد اپراتور هوشمند ملی و در عین حال شناسایی نقاط قوت و ضعف آن، می‌توان از روش تحلیل SWOT^{۲۲} استفاده نمود که علی‌رغم سادگی، ابزاری مناسب جهت تحلیل شرایط و ارائه راهبردها در شاخه‌های تصمیم‌گیری و در نهایت تدوین برنامه‌های عملیاتی است.

S. نقاط قدرت

- ✓ شبکه ارتباطی و زیرساخت غنی مبتنی بر ارتباطات IP
- ✓ استفاده از سرویس‌دهنده‌ها و پایگاه‌های داده و عدم نیاز به سرمایه‌گذاری مجدد

^{۱۹} : Combined Heat and Power (CHP)

^{۲۰} : Combined Cooling, Heat, and Power (CCHP)

^{۲۱} : Diesel Generator (DG)

^{۲۲} : Strength, Weakness, Opportunity, and Threat

- ✓ استفاده از تجارب و امکانات در حوزه صدور صورت‌حساب^{۲۳} و حتی ادغام آن با طرح‌های موجود در شبکه‌های ثابت و سیار (با بهره‌گیری از امکانات وسیع تلفن‌های هوشمند)

W. نقاط ضعف

- ✓ عدم آشنایی کافی با فناوری‌های حوزه شبکه‌های هوشمند برق
- ✓ نیاز به بهینه‌سازی شبکه‌های ارتباطی جهت ارائه حداقل‌های مورد نیاز (در زمینه پوشش، رفع ازدحام، مدیریت ترافیک، QoS^{۲۴} و غیره)
- ✓ هزینه‌های اولیه توسعه بازار
- ✓ نیاز به ایجاد ساز و کار و جدید همچنین ساختار مناسب با آن

O. فرصت‌ها

- ✓ دسترسی به بازار ارائه خدمات به بیش از ۵۰ میلیون کنتور برق، آب و گاز برای سالیان متمادی
- ✓ عدم نیاز به سرمایه‌گذاری کلان با توجه به موجود بودن اکثر زیرساخت‌های ارتباطی مورد نیاز طرح
- ✓ امکان بهره‌گیری و استفاده از زیر ساخت‌های موجود شرکت توانیر مانند SDH^{۲۵} و فیبرهای نوری OPGW^{۲۶} از طریق به اشتراک‌گذاری آن^{۲۷}
- ✓ ورود به حوزه‌های کسب و کار بکر مانند شهر هوشمند^{۲۸}، ارتباط بین ماشینی^{۲۹} و اینترنت اشیا^{۳۰}

T. تهدیدها

- ✓ مشکلات ناشی از تحریم‌ها (که امید می‌رود به زودی لغو گردند)
- ✓ نوسانات قیمت نفت در بازار جهانی و اثر احتمالی غیرمستقیم آن بر ارزش ریالی صرفه‌جویی انرژی
- ✓ نبودن فناوری شبکه‌های هوشمند و در حال تدوین بودن تعدادی از استانداردها
- ✓ عدم تدوین آیین‌نامه‌های اجرایی بند «پ» ماده ۱۲ قانون «رفع موانع تولید رقابت‌پذیر و ارتقای نظام مالی کشور» درخصوص نحوه ارائه خدمات و چگونگی بازگشت سرمایه از طریق این خدمات و سایر محصولات دیگر مانند کاهش تلفات، پیک‌سایی^{۳۱} و مدیریت بار

²³ : Billing Systems

²⁴ : Quality of Service

²⁵ : Synchronous Digital Hierarchy

²⁶ : Optical Ground Wire

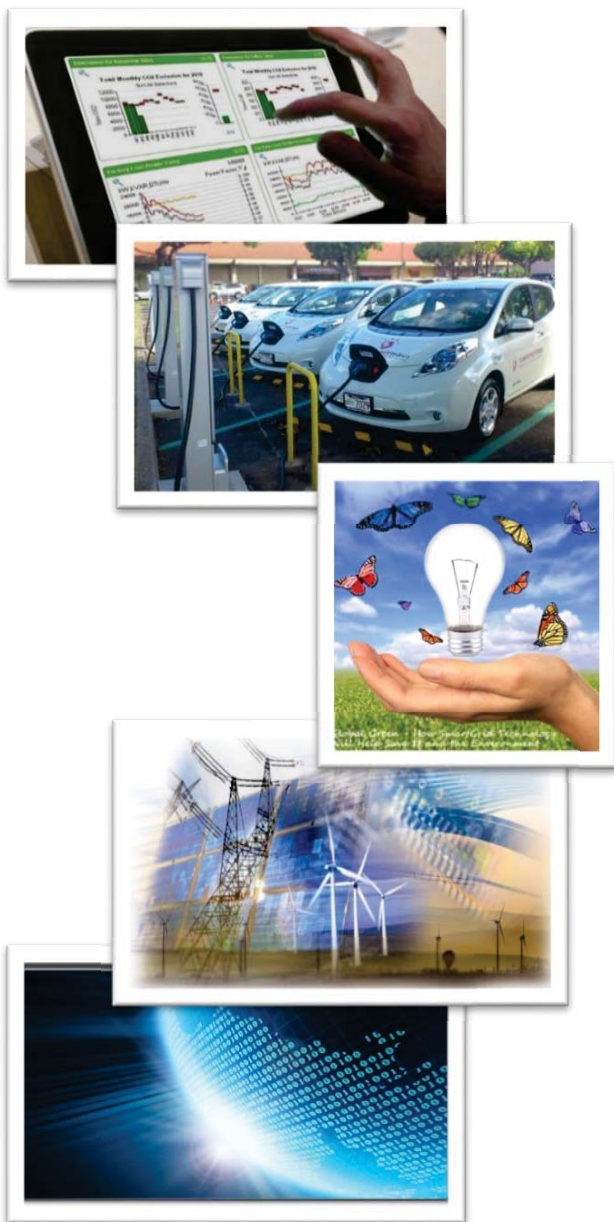
²⁷ : Resource Sharing

²⁸ : Smart Grid

²⁹ : Machine-to-Machine (M2M)

³⁰ : Internet of Things (IoT)

³¹ : Pick-shaving



اهداف فراسامانه هوشمند اندازه گیری و مدیریت انرژی

- فراهم شدن بستر اصلاح الگوی مصرف
- بسترسازی مناسب برای اجرایی کامل قانون هدفمندی یارانه‌ها
- امکان مدیریت بار توسط بهره‌بردار شبکه در شرایط عادی و اضطراری
- کاهش دخالت و خطای نیروی انسانی در قرائت و صدور قبوض و وصول مطالبات
- کاهش تلفات غیر فنی و مشخص‌سازی و مانیتورینگ تلفات فنی شبکه توزیع
- افزایش کیفیت خدمات و کاهش زمان قطعی و نظارت بر کیفیت برق
- ایجاد بستر برای گسترش استفاده از تولیدات پراکنده و انرژی‌های پاک
- امکان پیش‌فروش برق و راه‌اندازی بازار خرده‌فروشی
- ایجاد زیرساخت‌های مورد نیاز شارژ خودروهای برقی
- بهینه‌سازی هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری
- فراهم‌سازی بستر مناسب جهت قرائت مکانیزه کنتور آب و گاز

آدرس: تهران، شهرک غرب، انتهای بلوار شهید دادمان
(پونک باختری)، بعد از پل یادگار امام، پژوهشگاه نیرو،
ساختمان معاونت انرژی

تلفن: ۰۲۱-۸۸۰۸۵۰۰۶

تلفن گویا: ۴۲۸۰۵

صندوق پستی: ۱۴۱۵۵-۶۳۳۸

رایانه‌نامه: faham@saba.org.ir

www.saba.org.ir
www.iransg.ir



مهندسین مشاور نیرو (سپاس)

NIROO CONSULTING ENGINEERS CO.