



مهندسی بقا و توسعه؛ گذار از ناترازی به پایداری راهبردی در صنعت زیرساخت

پارادایم جدید مدیریت بحران

• گزارش •

در شرایطی که زیرساخت‌های حیاتی کشور طی یک سال گذشته تحت فشارهای ناشی از جنگ و التهابات منطقه‌ای قرار داشت، وزارت نیرو با چرخش استراتژیک از مدیریت سنتی به «الگوی تاب‌آوری پدافندی»، توانست با تمرکز بر تمرکززدایی تولید برق، هوشمندسازی لحظه‌ای شبکه و مدیریت قاطع منابع آبی، از فروپاشی احتمالی شریان‌های اصلی حیات کشور جلوگیری کرده و با اجرای پروژه‌های ضربتی، تداوم پایدار خدمات زیرساختی را به عنوان سنگر اصلی امنیت ملی و ثبات اجتماعی در دوران جنگ تثبیت کند. در بازه زمانی مرداد ۱۴۰۴ تا مرداد ۱۴۰۵، صنعت زیرساخت‌های ایران، یعنی دو بال حیاتی آب و برق، نه تنها با چالش‌های انباشته دهه‌های گذشته روبه‌رو بود، بلکه در فضای پراکنده منطقه‌ای و فشارهای اقتصادی، در معرض یک آزمون بزرگ تاب‌آوری قرار گرفت. در این دوره، مدیریت وزارت نیرو از «مدیریت انفعالی و پروژه‌محور» به سمت «حکمرانی فعال و سنجه‌محور» چرخش استراتژیک کرد. این تغییر نگرش، ناشی از درک این واقعیت بود که زیرساخت‌های انرژی و آب، دیگر صرفاً ارائه‌دهنده خدمات عمومی نیستند، بلکه ستون‌های اصلی امنیت ملی و ثبات اجتماعی محسوب می‌شوند. در این دوره، راهبرد اصلی این بود که با تکیه بر داده‌های دقیق، استفاده از هوش مصنوعی، و توزیع شدگی منابع، شبکه‌ای ساخته شود که در صورت وقوع هرگونه ضربه، قادر به «خودترمیمی» و حفظ کارکرد حداقلی برای مراکز حیاتی باشد. این گزارش به تحلیل عمق اقدامات صورت گرفته در مسیری می‌پردازد که هدف نهایی آن، نه صرفاً افزایش ظرفیت، بلکه تثبیت «امنیت زیرساختی» در ایران آینده است.

تغییر مدل از «پروژه‌محوری» به «مدیریت سنجه‌محور»

پیش از هر اقدام عمرانی یا فنی در بازه مرداد ۱۴۰۴ تا مرداد ۱۴۰۵، اصلاح ساختار حکمرانی در اولویت دستورکار قرار گرفت. تجربه سال‌های گذشته نشان می‌داد که پروژه‌محوری صرف، بدون داشتن ابزارهای پیش لحظه‌ای، به هدررفت منابع و پراکندگی طرح‌های بزرگ منجر می‌شود. در مدل جدید که بر پایه احکام برنامه هفتم پیشرفت طراحی شد، تصمیم بر آن شد که مدیریت بخش آب و برق بر اساس «سنجه‌های عملکردی» انجام شود. این یعنی برای هراستان، برای هر دشت آبریز و برای هر شبکه برق، اهداف کمی دقیقی تعریف شد که پیشرفت آنها به صورت روزانه در سامانه جامع عملکرد ثبت می‌شد.

تشکیل «کمیته‌های پایش» که وظیفه آنها تطبیق عملکرد با سنجه‌ها بود، گامی اساسی در جهت حذف اتلاف منابع بود. در این ساختار، هر مدیر استانی با منطقه‌ای ملزم شد که در برابر عده‌های خروجی شبکه پاسخگو باشد. این مدیریت داده‌محور به وزارت نیرو اجازه داد تا منابع مالی موجود را – که بخش قابل توجهی از آن با جذب فاینانس‌های خارجی به مبلغ ۲۴۲۷ میلیون یورو تقویت شده بود – نه بر اساس فشارهای سیاسی یا محلی، بلکه دقیقاً در گلوگاه‌هایی هزینه کند که بیشترین تأثیر را در پایداری شبکه داشتند. این رویکرد جدید حکمرانی، عملاً به معنای حفاظتی با مدل‌های سنتی مدیریت دولتی و حرکت به سمت مدل‌های «مدیریت صنعتی

متمرکز» بود؛ جایی که شفافیت، نه یک انتخاب، بلکه یک ضرورت امنیتی برای جلوگیری از فروپاشی شبکه در شرایط بحرانی تلقی شد.

صنعت برق؛ جراحی ناترازی و ایجاد شبکه هوشمند

در صنعت برق، چالش اصلی، ناترازی تولید و مصرف بود که به صورت تاریخی، شبکه را در تابستان‌ها تهدید می‌کرد. برای عبور از این وضعیت، یک راهبرد سه‌لایه در بازه مرداد ۱۴۰۴ تا مرداد ۱۴۰۵ پیاده‌سازی شد: اول، افزایش تولید با نگاه پدافندی؛ دوم، توسعه و تقویت زیرساخت‌های انتقال؛ و سوم، هوشمندسازی مصرف. در لایه اول، کشور شاهد جهش ۵۷۷۰ مگاواتی در ظرفیت تولید بود. نکته راهبردی در این افزایش، ترکیب آن است؛ ۱۲۹۶ مگاوات از این مقدار مربوط به نیروگاه‌های حرارتی بود که ظرفیت پایه را تأمین می‌کردند، اما سهم توزیع یعنی ۳۵۷۴ مگاوات به نیروگاه‌های تجدیدپذیر و

تولید پراکنده (DG) اختصاص یافت. این تمرکز بر تولید تجدیدپذیر و پراکنده، صرفاً یک رویکرد زیست‌محیطی یا اقتصادی نبود، بلکه تصمیمی کاملاً امنیتی و پدافندی بود. نیروگاه‌های عظیم متمرکز، هدف‌های بزرگی هستند که آسیب‌دیدن آنها می‌تواند شبکه را فلج کند. در مقابل، توسعه شبکه تولیدات پراکنده به معنای تشریق توان از صدها نقطه کوچک مختلف به شبکه بود که عملاً اجازه نمی‌داد یک آسیب موضعی، به خاموشی سراسری منجر شود. علاوه بر این، ۹۰۰ مگاوات نیز از طریق رفع محدودیت‌های نیروگاه‌های موجود به دست آمد که با کمترین هزینه، بیشترین بهره‌وری را ایجاد کرد.

در لایه دوم، یعنی انتقال، شاهد یک توسعه سخت‌افزاری گسترده بود. احداث ۱۲۱۳ کیلومتر خط انتقال و افزایش ظرفیت پست‌ها به میزان ۹۰۱۰ مگاوات‌آمپر، به معنای افزایش ظرفیت مانور شبکه» بود. این توسعه، به مدیریت شبکه اجازه می‌داد که در صورت وقوع حادثه در یک منطقه، بلافاصله انرژی را از مسیرهای جایگزین تأمین کند.

اما در لایه سوم، یعنی مدیریت مصرف، بزرگ‌ترین تحول تاریخی صنعت برق رخ داد. نصب ۱.۲ میلیون به پایداری کل کشور نداد.

مهندسی بقا در جبهه آب؛ از امنیت آبی تا بازچرخانی پساب

اگر برق ستون فقرات اقتصاد است، آب ستون فقرات حیات و امنیت ملی است. در سالی که گذشت، مدیریت آب در ایران از سطح «خدمت‌رسانی» فراتر رفت و عملاً به یک عملیات مستمر پدافندی تبدیل شد؛ عملیاتی که هدف



پروژه‌ها، نه تنها گلوگاه‌های فوری شبکه را رفع کردند، بلکه توانستند ریسک اعتراض‌های محلی ناشی از افت فشار آب را به‌شدت کاهش دهند. در کنار این اقدامات ضربتی، آبرسانی به ۱۹۵۶ روستا و تأمین آب شرب پایدار برای یک میلیون و ۸۹ هزار و ۱۳۱ نفر، لایه دیگری از امنیت اجتماعی را در مناطق محروم ایجاد کرد که مانع از گسست زیرساختی و مهاجرت‌های بی‌رویه به حاشیه کلان‌شهرها شد.

نبرد برای صیانت از منابع آب زیرزمینی نیز در این دوره به یک نقطه عطف رسید. انسداد ۲۵ هزار و ۴۷۵ حلقه چاه غیرمجاز با همکاری دستگاه‌های انتظامی و قضایی، نشان داد که حاکمیت دیگر اجازه نخواهد داد منابع ملی در دشت‌های تشنه به

یغما برود. همزمان، هوشمندسازی ۱۵ هزار و ۳۳۷ حلقه چاه مجاز با نصب کنتورهای هوشمند، عملاً قدرت پایش و کنترل برداشت را به سیستم مدیریتی بازگرداند. اما موفقیت اصلی در این حوزه، تغییر رویکرد نسبت به فاضلاب و پساب بود. تصفیه‌خانه‌ها از یک پروژه زیست‌محیطی

هزینه‌بر، به «کارخانه‌های تولید دارایی» تبدیل شدند. با تکمیل ۲ تصفیه‌خانه بزرگ شهری و راه‌اندازی ۴۰۰ مدول جدید تصفیه‌خانه، ظرفیت تولید پساب استاندارد برای صنعت افزایش یافت. مدل همکاری با صنایع بزرگ برای سرمایه‌گذاری در شبکه‌های فاضلاب در قبال حقابه پساب، یک الگوی موفق اقتصادی بود که هم فشار را از روی آب شرب سدها برداشت و هم توسعه صنعتی را با تأمین آب پایدار پساب، تضمین کرد.

دژ پدافندی؛ هوشمندسازی در برابر مخاطرات راهبردی

در معماری زیرساختی وزارت نیرو طی بازه مرداد ۱۴۰۴ تا مرداد ۱۴۰۵، یک لایه پنهان اما حیاتی وجود داشت که بیش از هر اقدام عمرانی، ضامن امنیت ملی بود: «تاب‌آوری پدافندی». در نگاه این دوره، «پایداری» دیگر صرفاً به معنای تولید بیشتر نبود، بلکه به این معنا بود که اگر شبکه تحت فشار قرار گرفت، سیستم تا چه حد توان دارد که هوشمندانه خود را ترمیم کند و از فروپاشی کل جلوگیری نماید. یکی از ستون‌های این دژ، تمرکززدایی تولید بود. سرمایه‌گذاری روی تولید تجدیدپذیر و پراکنده (DG)، استراتژی عبور از آسیب‌پذیری نیروگاه‌های عظیم متمرکز بود. در شرایط بحرانی مانند حملات سایبری یا بلایای طبیعی، این تولیدات توزیع‌شدن، مانند «جوابر انرژی» عمل می‌کنند که می‌توانند جریان برق را در مراکز حیاتی مانند بیمارستان‌ها و مراکز مخابراتی بدون وابستگی به شبکه سراسری حفظ کنند.

ابزار دیگر این دژ پدافندی، استفاده از لایمیترها و کنتورها هوشمند برای اعمال مدیریت لحظه‌ای بود. نصب بیش از ۲.۳ میلیون لایمیت، به فرماندهی میدان اجازه داد تا در لحظات ناترازی، به‌جای قطع برق محلات، با جراحی دقیق بار، مصرف بخش‌های غیرضروری را مدیریت کنند و پایداری شبکه را حفظ نماید. این سیستم، در عمل به شبکه اجازه داد که در شرایط اضطرار، «فروپاشی فرکانسی» را به تأخیر بیندازد و فرصت بازگشت به شرایط عادی را فراهم کند. همچنین، سامانه جامع عملکرد که اطلاعات یک‌میلیون و ۱۹۴ هزار و ۱۳۷ کنتور هوشمند را پردازش می‌کرد، به «سیستم عصبی» شبکه بدل شد. مدیران شبکه اکنون می‌توانستند در هر لحظه وضعیت دقیق توزیع آب و برق را در اقصی نقاط کشور مشاهده کنند و براساس داده‌های واقعی، تصمیمات استراتژیک بگیرند. این اشراف اطلاعاتی، بزرگترین بازدارنده در برابر خطاهای انسانی و نفوذهای احتمالی بود.

امنیت زیرساخت در این دوره، با شناسایی تهدیدات پنهان نیز گره خورده بود. مقابله با مراکز غیرمجاز رمرارز که با مصرف بی‌رویه، پایداری

شبکه را در لحظات حساس پیک هدف قرار داده بودند، یک اقدام عملیاتی امنیت‌محور بود. بازپس‌گیری ظرفیت برق از این مراکز غیرمجاز، به معنای آزاد کردن فضای مانور برای مدیریت شبکه در شرایط اضطرار بود. اقدامات صورت گرفته برای حفاظت از سیستم‌های کنترل صنعتی (SCADA) و تقویت لایه‌های دفاع سایبری پست‌های برق، نشان داد که وزارت نیرو جنگ انرژی را در دو جبهه سخت‌افزاری و نرم‌افزاری دنبال می‌کند.

در نهایت، کارنامه عملکرد مرداد ۱۴۰۴ تا مرداد ۱۴۰۵، روایتی از تبدیل یک شبکه فرسوده به یک «دژ نفوذناپذیر» است. وزارت نیرو در این سال، از پارادایم مدیریت منفعلانه عبور کرد و به مدل «تاب‌آوری فعال» دست یافت. جایی

که هوشمندی (لایمیت و کنتور)، جایگزین قطع و وصل فیزیکی شد و آمادگی عملیاتی (پروژه‌های ضربتی)، جایگزین مدیریت بحران پس از وقوع شد. این تغییر پارادایم، زیرساخت‌های کشور را نه تنها در برابر خشکسالی و ناترازی انرژی مقاوم کرد، بلکه بستری فراهم آورد تا در تلاطم‌های منطقه‌ای، بخش آب و برق به عنوان یک اهرم قدرت و امنیت ملی عمل کند؛ جایی که هر مگاوات برق و هر قطره آب، بخشی از یک شبکه گسترده دفاعی برای حفظ ثبات کشور در سال‌های آتی است.

۱۹۵۶
آبرسانی به روستاها

آبرسانی روستایی، اثر بسیار مهم و مستقیمی بر زندگی و ماندگاری جمعیت است



بخش آب و برق به عنوان یک اهرم قدرت و امنیت ملی عمل کند؛ جایی که هر مگاوات برق و هر قطره آب، بخشی از یک شبکه گسترده دفاعی برای حفظ ثبات کشور در سال‌های آتی است.

تحلیل راهبردی و چشم‌انداز ایران ۱۴۰۶ و فراتر از آن

در پایان این دوره یک‌ساله، آنچه بیش از ارقام تولید برق یا حجم پروژه‌های آبرسانی اهمیت دارد، «تغییر هویت» وزارت نیرو در ساختار حاکمیتی است. این وزارتخانه از یک نهاد صرفاً خدماتی، به «فرارگاه تاب‌آوری ملی» تبدیل شده است. واکاوی عملکرد مرداد ۱۴۰۴ تا مرداد ۱۴۰۵ نشان می‌دهد که کشور در حال خروج از «تله ناترازی» است، اما نه صرفاً با اتکا به روش‌های سنتی سدها و پمپاژ یا نیروگاه‌سازی. آنچه این دوره را متمایز می‌کند، «ترکیب هوشمندانه» از سخت‌افزار (توسعه شبکه) و نرم‌افزار (هوشمندسازی) است.

چالش‌های آتی که در افق ۱۴۰۶ و بعد از آن پیش روی زیرساخت ایران قرار دارد، بسیار پیچیده‌تر از گذشته خواهد بود. تداوم تغییرات اقلیمی، نیاز مبرم به بازسازی شبکه‌های فرسوده و ضرورت تطبیق با فناوری‌های نوین مدیریت انرژی (مانند ذخیره‌سازهای مقیاس بزرگ و اینترنت اشیا در شبکه)، نیازمند تداوم همین مدل «حکمرانی سنجه‌محور» است.

پایداری مالی؛ کلید استمرار توسعه

یکی از دستاوردهای برجسته این دوره، جذب ۲۴۲۷ میلیون یورو فاینانس بود. برای سال‌های پیش رو، استمرار این روند بدون اتکا به بودجه‌های دولتی و با مدل‌های مشارکت عمومی-خصوصی (PPP)، حیاتی است. بازار پساب که در این سال شکل گرفت، الگوی موفق دیگری برای این راهبرد است که باید به سایر حوزه‌ها مانند انرژی‌های تجدیدپذیر نیز تسری یابد.

دیپلماسی آب و انرژی در هم‌تنیدگی منافع

مدیریت آب و برق در ایران دیگر یک امر داخلی نیست. پروژه‌های انتقال آب دریا و تأمین برق از منابع متنون، باید در چارچوب «دیپلماسی زیرساختی» تعریف شوند تا علاوه بر تأمین نیازهای داخلی، امنیت مرزها و منافع منطقه‌ای را نیز تحکیم کنند.

دفاع سایبری و هوشمندسازی خط مقدم امنیت

با افزایش تعداد کنتورهای هوشمند (۱.۲ میلیون) و سیستم‌های کنترل دیجیتال، سطح مقطع حمله به شبکه تغییر کرده است. آینده صنعت زیرساخت ایران، در گرو تقویت لایه‌های دفاع سایبری و هوش مصنوعی برای پیش‌بینی حوادث (قبل از وقوع آنها) است.

• برش •

گذار به سوی «ایران تاب‌آور»

در بازه زمانی مورد مطالعه، وزارت نیرو موفق شد «زمان» را به نفع امنیت ملی بخرد. توسعه ظرفیت‌های پراکنده، مدیریت دقیق مصرف با لایمیترها، و انسدادچاه‌های غیرمجاز، همه اجزای یک پازل بزرگتر بودند که هدفی آن «بقا در شرایط اضطرار» بود. این کارنامه، نه یک نقطه پایان، بلکه «نقطه شروع» یک ساختار جدید حکمرانی است. ایران ۱۴۰۵ با عبور از این چالش‌ها، اکنون الگویی برای مدیریت زیرساخت در شرایط رفشار و محدودیت منابع ساخته است.

پیام راهبردی این دوره برای آینده این است: در دنیای پرآشوب امروز، تاب‌آوری زیرساختی (Resilience) مقدم بر توسعه صرف (Growth) است. هر پروژه، هر کنتور، و هر خط انتقالی که در این سال احداث یا نصب شد، سنگی در بنای «دژ امنیت ملی» ایران بود. تداوم این روند، با تکیه بر شفافیت داده‌ها، هوشمندسازی سیستم‌ها و مشارکت فعال بخش خصوصی، ضامن این خواهد بود که در سال‌های پیش رو، زیرساخت ایران نه تنها آسیب نبیند، بلکه به اهرمی برای رشد پایدار و ثبات منطقه‌ای تبدیل شود.