

نقش ESCAP	نقش دولت	برنامه بنادر هوشمند	وضعیت بنادر و چالش‌ها	کشور
کمک در تهیه برنامه راهبردی، اسناد قانونی و برگزاری کارگاه‌های آموزشی برای کارکنان بندری.	تأمین بودجه (ملی یا کمک‌های توسعه‌ای) و مشارکت دادن بخش خصوصی.	تدوین استراتژی ملی بندر هوشمند تا تمرکز بر افزایش کارایی، شفافیت و پاسخگویی؛ حرکت به سمت اتوماسیون، رهگیری بالدرنگ محموله‌ها و اشتراک داده میان ذی‌نفعان.	چند بندر کوچک داخلی و ۴ بندر دریایی؛ فقط دو بندر دارای سامانه اطلاعات بندری هستند. (پنومپن و سیهانو کویل). بهره‌وری پایین به دلیل عملیات دستی و کیفیت پایین داده‌ها.	کامبوج
تسهیل ارتباطات بین‌المللی، زیرساخت‌ها؛ ارتباط با شرکت‌های فناوری و ارائه مشوق برای نوآوری.	سرمایه‌گذاری عظیم دولتی در R&D و زیرساخت‌ها؛ ارتباط با شرکت‌های فناوری و ارائه مشوق برای نوآوری.	لایه‌های فناوری؛ بهره‌گیری گسترده از IoT، ۵G، داده‌های بزرگ، دوقلوی دیجیتال، AI در بنادر اصلی (کلانگ، PTP، سیانگاز)؛ تمرکز بر دیجیتال‌سازی فرآیندها و اصلاح توسعه کاربردهای شبکه ۵G.	چندین بندر عظیم در سطح جهانی؛ دولت از ۲۰۱۷ پروژه پایلوت بندر هوشمند را آغاز کرد (بنادر شانگهای، نینگبو، چینگ‌دانو و ...). چالش‌ها: هزینه بالای اتوماسیون کامل، انعطاف‌پذیری پایین خدمات سنتی و عدم هماهنگی بین ذینفعان.	چین
اشتراک دانش منطقه‌ای؛ تهیه راهنماهای فنی؛ برگزاری دوره‌های آموزشی تخصصی مدیران بندری. (مازنی به عنوان الگوی موفق به سایر کشورها می‌دهد).	بازنگری طرح‌های توسعه‌ای با محوریت فناوری، فراهم کردن مشوق‌های مالی برای جذب سرمایه‌گذار بخش خصوصی در پروژه‌های هوشمند.	تدوین استراتژی ملی بنادر با همکاری بانک جهانی؛ اجرای پروژه‌های توسعه هوشمندسازی در بنادر اصلی (کلانگ، PTP، سیانگاز)؛ تمرکز بر دیجیتال‌سازی فرآیندها و اصلاح سامانتاردهای بندری.	۲۰ بندر تجاری فعال (شامل کلانگ، تانجونگ پلاپاس و کوانتان)؛ دهه ۹۰ خصوصی‌سازی بنادر صورت گرفته و بهره‌وری بالا رفته است. ظرفیت کل حدود ۴۹ میلیون TEU.	مازنی
تدوین برنامه استراتژیک هوشمندسازی برای میانمار؛ کمک به تنظیم اسناد حقوقی بر برگزاری کارگاه‌های آموزشی برای پرسنل بندری.	تأمین بودجه از محل کمک‌های خارجی (ODA) و بودجه ملی؛ جلب مشارکت بخش خصوصی در توسعه زیرساخت؛ اصلاح قوانین دست‌وپاگیر اداری.	برنامه بندر هوشمند به صورت فازبندی: فاز ۱) راه‌اندازی PCS ملی، مدیریت ازدحام و سیستم کنترل ترافیک کشتی (VTMS)، فاز ۲) اتوماسیون مدیریت سیستم‌های امنیتی دسترسی و ردیابی کامپونه‌ها؛ همچنین پیاده‌سازی پنجره واحد گمرکی.	دارای چند بندر کوچک با زیرساخت ضعیف؛ مقاومت اداری در برابر تغییر، کمبود نیروی متخصص و ضعف بودجه‌ای از چالش‌هاست. اغلب عملیات بندری دستی و کند است.	میانمار
اشتراک دانش با سایر کشورها؛ تهیه دستورالعمل‌های استاندارد؛ برگزاری دوره‌های آموزشی منطقه‌ای در حوزه بندر هوشمند.	حمایت دولت از نوآوری (از طریق دانشگاه‌ها و شرکت‌های دانش‌بنیان کراه)؛ تسهیل همکاری بین بخش خصوصی و نهادهای دولتی برای اشتراک داده‌ها؛ تدوین قوانین هوشمندسازی صنایع.	ایجاد لجستیک دریایی هوشمند؛ تحقیق و توسعه درباره کشتی‌های خودران؛ راه‌اندازی زیرساخت‌های آزمایشی شبکه ۵G در بنادر جهت ارتباطات لحظه‌ای تجهیزات. همچنین برنامه‌هایی برای توسعه کوبوت‌ها در بنادر بزرگ (جهت همکاری با کارگران در عملیات).	جزو کشورهای پیشرو؛ ۳۱ بندر تجاری و ۹۷۷ پست اسکله فعال. سیستم‌های اطلاعاتی پیشرفته (Port-MIS). سیستم‌های عملیاتی ترمینال پیشرفته، سامانه یکپارچه گمرکی و شبکه‌های ارتباطی قوی در بنادر مستقرند.	کره جنوبی
ارائه مشاوره فنی در طراحی طرح جامع بندر هوشمند؛ تسهیل ارتباط و انتقال فناوری بین ویتنام و کشورهای موفق؛ حمایت از پایلوت‌های منطقه‌ای مشترک.	جذب سرمایه‌ خارجی (مثلاً سرمایه‌گذاری ژاپن در توسعه ترمینال هوشمند)، اصلاح قوانین گمرکی برای پذیرش اسناد الکترونیک، تربیت نیروی متخصص از طریق اعزام دوره‌های آموزشی در خارج.	طرح دولت برای توسعه بندر هوشمند ۲۰۲۵ شامل: راه‌اندازی سیستم‌های PCS در بنادر اصلی، یکپارچه‌سازی سیستم‌های اطلاعاتی بنادر شمالی و جنوبی، ارتقای سیستم‌های ردیابی محموله و تجهیزات. همکاری با کره جنوبی برای آزمایش فناوری‌های نوین (مانند ربات‌های خودکار در بندر کات‌لای).	دارای چند بندر مهم تجاری (هایفونگ، سایگون و ...) با رشد سریع تجارت. چالش‌ها: عقب‌ماندگی نسبی زیرساخت IT، نیاز به سرمایه‌گذاری در تجهیزات نو، و محدودیت مهارت‌های دیجیتال نیروی کار.	ویتنام

ز) پیشنهادهای اجرایی برای پیاده‌سازی بنادر هوشمند در ایران

برای دستیابی به بنادر هوشمند، ایمن و کارآمد در ایران (به ویژه با تأکید بر بندر شهیدرجایی به عنوان پایلوت)، مجموعه‌ای از اقدامات فنی و مدیریتی پیشنهاد می‌شود. این اقدامات با درنظر گرفتن زیرساخت‌ها و شرایط فعلی کشور، به صورت مرحله‌بندی‌شده و تدریجی طراحی شده‌اند تا امکان اجرا با منابع موجود فراهم شود:

راه‌اندازی سامانه یکپارچه اطلاعات بندر (پنجره واحد): گام اول ایجاد یک پلتفرم متمرکز تبادل داده است که همه نهادهای درگیر (بندر، گمرک، شرکت‌های حمل‌ونقل، پایانه‌ها، بانک‌ها و سازمان‌های نظارتی) را به هم متصل کند. مشابه تجربه مازنی، این سامانه کلیه اطلاعات ورود کشتی، اسناد گمرکی، اعلان‌های ترخیص و وضعیت محموله‌ها را به‌صورت آنلاین میان ذی‌نفعان به اشتراک می‌گذارد. نتیجه این اقدام حذف ورود داده تکراری، کاهش چشمگیر زمان تشریفات (از چند روز به چند ساعت) و افزایش شفافیت و نظارت لحظه‌ای بر جریان کالا خواهد بود. سامانه پنجره واحد باید داشبورد مدیریتی با شاخص‌های کلیدی (مانند تعداد کانتینرهای در انتظار ترخیص، میانگین زمان اقامت کانتینر، حجم جابه‌جایی روزانه و ...) داشته باشد تا مدیران بتوانند گلوگاه‌ها را شناسایی و تصمیمات سریع بگیرند.

گسترش شبکه حسگرها و پایش محیطی (IoT): همزمان با سامانه اطلاعاتی، زیرساخت IoT بندری باید توسعه یابد. پیشنهاد می‌شود صدها حسگر بی‌سیم در نقاط کلیدی بندر نصب شود: روی کانتینرهای کالاهای خطرناک برای سنسج دما و گاز، روی جرثقیل‌ها و تجهیزات سنگین برای اندازه‌گیری وضعیت فنی و در محیط پیرامونی برای پایش شرایط آب‌وهوایی. این حسگرها تصویر لحظه‌ای و دقیقی از وضعیت عملیاتی بنادر ارائه داده و هرگونه تغییر غیرعادی را بلافاصله اعلام می‌کنند. افزون بر این، به‌کارگیری پهپادهای نظارتی و دوربین‌های هوشمند در محوطه بندر توصیه می‌شود. پهپادها می‌توانند مناطق وسیع بندر را گشت‌زنی کرده و ویدئوهای زنده به مرکز کنترل ارسال کنند. دوربین‌های مجهز به هوش مصنوعی نیز می‌توانند رویدادهایی مانند دود، آتش، نشست مواد خطرناک یا ورود غیرمجاز را تشخیص و هشدار دهند. این شبکه پایش محیطی مانند سیستم عصبی بندر عمل می‌کند و امکان واکنش پیشگیرانه به وضعیت اضطراری را فراهم می‌آورد.

ایجاد دوقلوی دیجیتال و سامانه شبیه‌سازی بحران: پیشنهاد می‌شود مدل‌های مجازی از بخش‌های حساس بندر (به‌ویژه انبارهای مواد خطرناک، مخازن سوخت و ایستگاه‌های بارگیری) ایجاد و پیوسته با داده‌های واقعی حسگرها به‌روز شود. سپس با استفاده از این دوقلوه‌ها، سناریوهای بحرانی مانند انفجار نیترات آمونیوم یا واژگونی یک جرثقیل بر اثر طوفان در محیط شبیه‌سازی‌شده اجرا شود. این تمرین‌ها چند سود اصلی دارد: اولاًضعف‌های زیرساخت فعلی در مواجهه با بحران آشکار می‌شود (مثلاً شاید نیاز باشد مخازن آتش‌نشانی در جای بهتری نصب شوند). ثانیاًآموزش عملی کارکنان در شرایط شبه‌واقعی انجام می‌شود و آمادگی آن‌ها در مواقع واقعی افزایش می‌یابد. نتایج شبیه‌سازی‌ها می‌تواند برای بازنگری پروتکل‌های ایمنی و طراحی ایستگاه‌های کاری امن‌تر به کار رود. برگزاری منظم آزمایش‌های مبتنی بر این مدل‌ها، فرهنگ ایمنی را در بندر نهادینه می‌کند. به‌کارگیری فناوری بلاک‌چین برای شفافیت و ردیابی: توسعه یک پلتفرم بلاک‌چینی مشترک بندر و گمرک پیشنهاد می‌شود تا سوابق مهم زنجیره تأمین به‌صورت غیرقابل تغییر ثبت شود. اطلاعاتی چون منیفست کشتی، گواهی‌های حمل و بارگیری، گزارش‌های بازرسی کانتینر و قراردادهای حمل می‌توانند روی بلاک‌چین ذخیره شوند. هر محموله در کل مسیر خود یک شناسه منحصر‌فرد و تاریخچه‌ای تغییرناپذیر خواهد داشت. این امکان ردیابی منشأ کالا را می‌دهد و سازمان بنادر، گمرک، استاندارد و حتی عموم مردم (در حد مجاز) می‌توانند به سوابق حمل یک محموله دسترسی داشته باشند و از اصالت آن اطمینان یابند. چنین شفافیتی باعث کاهش فساد و قاچاق می‌شود. افزون بر این، در صورت بروز حادثه‌ای مانند انفجار، ثبت بلاک‌چینی به سرعت مشخص می‌کند کدام شرکت‌ها یا افراد مسئول حمل و نگهداری مواد خطرناک مربوطه بوده‌اند. اجرای این طرح نیازمند همکاری نزدیک با سازمان گمرک ایران و احتمالاً استفاده از پلتفرم‌های بلاک‌چینی بومی (برای رفع دغدغه‌های حاکمیتی) است.

استفاده از ربات‌های همکار (کوبوت‌ها) در عملیات بندری: در بازسازی زیرساخت‌های بندر و انبارهای شهیدرجایی، پیشنهاد می‌شود ورود ربات‌های هوشمند به صورت فازبندی‌شده انجام شود. در فاز اول، می‌توان از کوبوت‌ها در انبارهای کالاهای خطرناک استفاده کرد تا وظایف پرریسکی مانند جابه‌جایی بشکه‌های مواد شیمیایی یا نمونه‌برداری از مخازن را به‌عهده گیرد. مثلاً طراحی و به‌کارگیری چند ربات چرخ‌دار یا بازوی رباتیک ساخت داخل (مطابق استاندارد ISO ۸۷۳۳) برای حمل و جیش محموله‌های شیمیایی در ترمینال ۲ بندر شهیدرجایی به‌صورت پایلوت آغاز شود. بودجه این پایلوت حدود ۲میلیون دلار (در حدود یک‌درصد درآمد سالانه بندر در سال ۱۴۰۱) برآورد می‌شود. در فازهای بعدی، کوبوت‌ها می‌توانند در عملیات عمومی تر نیز به‌کار گرفته شوند، برای نمونه ربات‌های کمکی کنار جرثقیل‌ران‌ها برای انتقال ابراز و انجام وظایف یاری‌رسان استفاده شوند. مطالعات نشان داده این‌گونه ربات‌ها می‌توانند سرعت بارگیری را حداقل ۲۰درصد افزایش دهند و خستگی اپراتورها را کم کنند. البته پذیرش کوبوت‌ها نیازمند آموزش کارکنان است تا نگرانی از جایگزینی کاهش یابد.

بازمهندسی فرآیندها با رویکرد ناب (Lean) و نقشه‌برداری جریان ارزش (VSM): پیش از پیاده‌سازی فناوری پیچیده، باید فرآیندهای موجود بندر مدل‌سازی و تحلیل شوند تا گلوگاه‌ها و اتلاف‌ها شناسایی شود. تکنیک Value Stream Mapping (نقشه جریان ارزش) ابزار مناسبی برای این کار است. تیمی از کارشناسان بندر و مشاوران صنعتی باید تمام مراحل چرخه یک محموله (از ورود کشتی به نلنگرگاه تا خروج کامیون حامل کالا) را ترسیم کرده و هزینه هر گام را اندازه‌گیری کنند. خروجی این تحلیل، نقشه‌ای از جریان ارزش است که مراحل ارزش‌آفرین و مراحل زائد (مانند انتظار، بازرسی‌های تکراری و حرکات اضافی) را نشان می‌دهد. سپس می‌توان با بازطراحی فرآیندها، بسیاری از مراحل زائد را حذف یا موازی کرد. به‌عنوان مثال، اگر در نقشه ارزش مشخص شود یک محموله در سه مرحله مجز اطلاعات تکراری ثبت می‌کند، این مراحل می‌توانند ادغام شوند. یا اگر یک مدرک کاغذی بین چند سازمان دست‌به‌دست می‌شود، می‌توان آن را الکترونیکی کرد. این بازمهندسی کمک می‌کند پیش‌نیازهای اصلاحی قبل از خودکارسازی تعیین شود؛ زیرا اتوماسیون فرآیند ناکارا نتیجه مطلوب نخواهد داشت. در بندر شهیدرجایی، VSM می‌تواند برای ساده‌سازی رویه‌های گمرکی و کاهش تشریفات اداری بسیار مفید باشد. استقرار «اپراتورهای تحلیلی» و سیستم‌های بازخورد لحظه‌ای: ساختار سازمانی بندر شهیدرجایی باید طوری تغییر کند که واحد تحلیل داده‌ای چابک در مرکز عملیات بندر تشکیل شود. در این واحد، چند تحلیل‌گر داده حضور خواهند داشت که وظیفه‌شان رصد لحظه‌ای شاخص‌های کلیدی و ارائه گزارش‌های تصمیمی به مدیران است. این نقش جدید در چارچوب Industry ۵.۰ بسیار حیاتی است؛ زیرا انسان را در نقش نظارتی سیستم‌های خودکار قرار می‌دهد. تحلیل‌گران با استفاده از داشبوردهای هوشمند وضعیت حسگرها و سیستم‌ها را پایش می‌کنند. مثلاًاگر باردهی یک جرثقیل افت کند یا دمای انباری بالا رود، به سرعت مدیران مربوطه را مطلع می‌کنند. علاوه‌بر این، باید سیستم‌های بازخورد فوری در تجهیزات پیاده‌شده به این معنی که هر دستگاه یا سامانه، وضعیت خود را بی‌درنگ به اتاق کنترل گزارش کند. برای نمونه، یک جرثقیل در صورت بروز نقص، پیام خطا به‌صورت خودکار ارسال کند یا یک کامیون هوشمند مسیر و زمان سفر خود را به‌طور آنی ثبت کند. ترکیب این بازخوردهای سریع با تحلیل انسانی (هوش ترکیبی) باعث اصلاح مداوم رویه‌ها می‌شود؛ به‌طوری‌که اگر تحلیل‌گر ببیند یک مسیر خاص همیشه دچار ترافیک می‌شود، می‌تواند پیشنهاد تغییر مسیر دهد یا اگر سنسور دمایی بگوید یک نوع کانتینر همواره مشکل دما دارد، مدیران را از لزوم ایجاد سایبان آگاه سازد.

آموزش و توانمندسازی نیروی انسانی: هیچ برنامه هوشمندسازی بدون توجه به نیروی انسانی موفق نخواهد بود. لذا یک برنامه جامع آموزش مهارت‌های دیجیتال برای مدیران و کارکنان بنادر طراحی و اجرا شود. این برنامه باید چندسطحی باشد: برای مدیران ارشد دوره‌های آشنایی با مفاهیم تحول دیجیتال، تحلیل داده و حکمرانی هوشمند ارائه شود تا حمایت و درک آن‌ها جلب شود. برای کارکنان عملیاتی، کارگاه‌های آموزشی کار با تجهیزات جدید (حسگرها، RFID، تبلت‌های صنعتی و ...) و دوره‌های ایمنی پیشرفته در محیط‌های خودکار برگزار شود. همچنین آموزش مهارت‌های داده‌کاوی و کار با نرم‌افزارهای تحلیلی به تحلیل‌گران منتخب داده، باعث تقویت بخش تحلیل داده داخلی می‌شود. الگوبررسی از کشورهایی مثل مازنی مفید است. در مازنی برنامه «اپراتور دیجیتال بندر» سالانه ۶۰۰۰ نیروی متخصص تربیت می‌کند. ایران نیز می‌تواند با همکاری دانشگاه‌های صنعتی-دریایی ساحلی و سازمان فنی و حرفه‌ای، دوره‌های تئوری-عملی برای تربیت متخصصان هوشمندسازی بنادر برگزار کند. این اقدامات علاوه بر ارتقای توان داخل، ترس نیروی کار از فناوری‌های جدید را کاهش می‌دهد؛ کارگران وقتی ببینند آموزش کار در کنار فناوری را یک تجربه مثبت است، احساس امنیت بیشتری خواهند داشت. اصلاح ساختار حکمرانی و مشارکت ذی‌نفعان: هوشمندسازی بندر فقط یک پروژه فنی نیست، بلکه نیازمند تحول نهادی است. پیشنهاد می‌شود کارگروه‌های بین‌سازمانی برای نظارت بر اجرای پروژه‌های هوشمندسازی تشکیل شود. به‌عنوان مثال، کمیته هماهنگی مشترکی بین سازمان بنادر، گمرک، وزارت راه و شهرسازی، سازمان محیط‌زیست و سایر

دستگاه‌های مرتبط می‌تواند پروژه پنجره واحد و تبادل داده‌ها را دنبال کند تا مقاومت‌بخشی کاهش یابد. همچنین لازم است ادغام یا ایجاد در گاه مشترک تصمیم‌گیری بین نهادهای موازی انجام شود. Industry ۵.۰ بر حکمرانی مشارکتی تأکید دارد؛ یعنی در تدوین نقشه راه و استانداردهای هوشمندسازی، صدای همه ذی‌نفعان (بخش خصوصی، کسب‌وکارهای بندری، کارگران، دانشگاهیان و جامعه محلی) شنیده شود. برای تحقق این هدف می‌توان از طریق اتاق‌های بازرگانی و شوراهای منطقه‌ای، نظرات و نگرانی‌های این گروه‌ها را جمع‌آوری و در برنامه‌ها لحاظ کرد. موضوع دیگر، اجرای جدی مقررات ضدفساد و شفافیت است. ترکیب فناوری‌هایی مانند بلاک‌چین با عزم قاطع حاکمیتی در مبارزه با فساد، اعتماد عمومی را به پروژه‌های هوشمندسازی جلب و مشارکت بخش خصوصی را افزایش می‌دهد. دولت می‌تواند با ارائه مشوق‌های مالیاتی برای سرمایه‌گذاری در فناوری بندری، جذب بخش خصوصی و شرکت‌های دانش‌بنیان را تسهیل کند. اصلاح ساختار سازمانی و حاکمیت داده‌محور فرآیندی زمان‌بر، اما بنیادی برای موفقیت صنعت ۴.۰ و ۵.۰ است.

پایش و ارزیابی مستمر پیشرفت: نهایتاً، برای اطمینان از حرکت در مسیر درست، سامانه‌ای برای رصد و ارزیابی پیشرفت راه‌اندازی شود. این سامانه می‌تواند به صورت یک پنل مدیریتی باشد که همراه شاخص‌های کلیدی تحول دیجیتال بندر را گزارش می‌دهد. نمونه‌ای از شاخص‌های پیشنهادی عبارتند از: درصد فرآیندهای دیجیتال‌شده، تعداد حسگرها و تجهیزات هوشمند فعال، تعداد کاربران سامانه پنجره واحد، میانگین زمان سرویس دهی به کشتی‌ها، حجم تبادل داده روزانه، شاخص‌های ایمنی (تعداد حوادث یا نزدیک‌حادثه‌ها) و میزان رضایت مشتریان بندر. رصد این شاخص‌ها به مدیران امکان می‌دهد پیشرفت را اندازه‌گیری کرده و بخش‌های عقب‌مانده را شناسایی کنند. چرخه بازخورد نیز از طریق گزارش‌های دوره‌ای تکمیل می‌شود؛ به این صورت که بر اساس نتایج واقعی، استانداردها و برنامه‌ها بازنگری می‌شوند. مهم است که هوشمندسازی بنادر به‌عنوان یک پروژه نهایی تلقی نشود، بلکه فرآیندی مستمر از یادگیری سازمانی باشد. لذا بودجه مشخصی برای پایش و نگهداری پروژه‌ها (پس از اجرا) و آموزش دوره‌ای کارکنان در نظر گرفته شود تا دستاوردها پایدار بماند. پیشنهادهای فوق‌ترکیبی از اقدامات فناورانه و انسان‌محور هستند که روح Industry ۴.۰ و ۵.۰ را با هم منعکس می‌کنند. اجرای گام‌به‌گام این راهکارها پایه‌های حکمرانی هوشمند بندری را بنا می‌نهد که در آن تصمیمات داده‌محور و مشارکتی است. با این نقشه راه عملیاتی، بنادر ایران در عرض چندسال می‌توانند به سمت استانداردهای جهانی بندر هوشمند حرکت کرده و از قافله تحول دیجیتال عقب نمانند.



مصنوعی و سایر حوزه‌های مرتبط با بندر هوشمند در سازمان بنادر و شرکت‌های تابعه محدود است. برای اجرای پروژه‌ها باید از مشاوران خارجی استفاده کرد که هزینه‌بر است، پانیریو انسانی موجود را به سرعت آموزش داد که زمان‌بر خواهد بود. ضمن اینکه حفظ نیروهای متخصص در سیستم دولتی با توجه به اختلاف حقوق بخش خصوصی، خود مسئله‌ای است.

مقاومت در برابر تغییر و دغدغه‌های نیروی کار: هر تحول تکنولوژیکی بزرگی با مقاومت‌هایی از سوی بدنه سازمان و کارکنان مواجه می‌شود. برخی کارمندان ممکن است هوشمندسازی را تهدیدی برای امنیت شغلی خود تلقی کنند و به‌طور پنهان یا آشکار در برابر آن مقاومت کنند. همچنین فرهنگ سازمانی سنتی که به روش‌های کهنه خو گرفته، به‌راحتی تن به تغییر نمی‌دهد. باید بر این مقاومت نیازمند تغییر مدیریت، آموزش گسترده و مشارکت دادن کارکنان در فرآیند تحول است. Industry ۵.۰ بر همین نکته تأکید دارد که با انسان‌محوری می‌توان ترس از بیکاری و تغییر را کاهش داد و کارگران را به‌عنوان شریک تحول همراه کرد.

تعدد ذی‌نفعان و چالش هماهنگی: در اکوسیستم بندری ایران سازمان‌ها و نهادهای متعددی دخیل‌اند؛ از سازمان بنادر به‌عنوان متولی اصلی گرفته تا گمرک، شرکت‌های کشتیرانی، مناطق آزاد، ارگان‌های انتظامی و امنیتی و ... که هر کدام منافع و اولویت‌های خاص خود را دارند. اجرای یکپارچه سیستم‌ها مستلزم همکاری نزدیک همه این بازیگران است، اما در عمل جزییره‌ای عمل‌کردن نهادها مانع پیشرفت خواهد شد. برای نمونه، اگر گمرک نخواهد روال‌های خود را تغییر دهد، پنجره واحد عملی نخواهد شد. لذا هماهنگی بین‌بخشی یک چالش اساسی است و نیاز به حمایت سطح بالایی حاکمیت (هیات دولت) و شاید مصوبات الزام‌آور قانونی نیاز دارد.

نگرانی‌های امنیت سایبری: هرچه بندر هوشمندتر شود، سطح حملات سایبری باافوه نیز افزایش می‌یابد. سیستم‌های متصل و داده‌ها انباشته، هدف جذابی برای هکرها و خرابکاران سایبری خواهند بود. با توجه به سابقه تهدیدات سایبری علیه زیرساخت‌های ایران، باید از ابتدا ملاحظات امنیت اطلاعات به‌دقت رعایت شود (نظیر استفاده از شبکه‌های اختصاصی، دیوارهای آتش قوی، سیستم‌های تشخیص نفوذ، آموزش پرسنل در زمینه امنیت سایبری و ...). عدم توجه به این موضوع می‌تواند به حوادث جدی (مانند فلج‌شدن عملیات بندر بر اثر بدافزار) منجر شود.نبود استانداردها و چارچوب‌های بومی: پیشرفت فناوری‌های Industry ۴.۰ وارداتی هستند و استانداردهای مورد استفاده نیز خارجی‌اند. برای انطباق این فناوری‌ها با مقررات و شرایط بومی (مثلاً استانداردهای سازمان ملی استاندارد یا الزامات گمرکی)، نیاز به بومی‌سازی وجود دارد. تاکنون مقررات روشنی دربارن مسائلی چون اسناد دیجیتال در گمرک، امضای الکترونیکی، مسئولیت حقوقی حوادث ناشی از سامانه‌های خودکار و ... تدوین نشده است که این خود یک خلأقانونی محسوب می‌شود. باید همزمان با اجرای پروژه‌های فنی، چارچوب‌های حقوقی و استانداردهای ملی مرتبط تدوین شود.

این چالش‌ها واقعی و جدی هستند، اما قابل رفع نیز هستند مشروط بر آنکه برنامه تحول دیجیتال با دید بلندمدت و همه‌جانبه‌نگر تدوین شود. در بخش بعدی، اقدامات و فرصت‌هایی که می‌تواند به غلبه بر موانع فوق کمک کند مرور می‌شود.

ط) فرصت‌ها واقدامات پیش‌رو

باوجود چالش‌های ذکر شده، عوامل قوت و فرصت‌های متعددی نیز به حمایت از برنامه هوشمندسازی بنادر ایران برخاسته‌اند. برای پیشبرد موفق این برنامه، بهره‌گیری از فرصت‌ها و اجرای اقدامات تکمیلی زیر توصیه می‌شود:

۱. توسعه زیرساخت‌های زیر توصیه می‌شود:
شبکه‌های ارتباط داده مستون‌فقرات بنادر هوشمند هستند. خوشبختانه در داخل کشور شرکت‌های مخابراتی توانمندی وجود دارند. با یک سرمایه‌گذاری مشترک بین سازمان بنادر و وزارت ارتباطات، می‌توان پوشش کامل فیبرنوری و شبکه ۵G را در محوطه‌های بندری ظرف یکی، دو سال آینده محقق کرد. این کار پایه اجرای IoT و سیستم‌های بالدرنگ را فراهم می‌سازد. همچنین راه‌اندازی مراکز داده محلی (Local Data Center) در نزدیکی بنادر برای پردازش سریع داده‌ها و رعایت الزامات امنیتی ضروری است.

۲. تدوین نقشه راه ملی تحول دیجیتال بنادر: برای جلوگیری از اقدامات جزیره‌ای و تضمین تداوم پروژه‌ها، نیاز به یک نقشه راه جامع است که اهداف کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت را مشخص کند. پیشنهاد می‌شود شورایی مشترک از نمایندگان وزارت راه، سازمان بنادر، گمرک، سازمان برنامه و بودجه، بخش خصوصی بندری و اساتید دانشگاه تشکیل و ظرف ماه‌این نقشه راه را تدوین کند. در این نقشه مثلاً هدف کلاری شود که تا سال ۱۴۵۵ پنجره واحد بندری کامل شود، تا ۱۴۰۶ دویندر بزرگ کشور به سطح استانداردهای Industry ۴/۰ برسد و تا ۱۴۱۰ دیدگاه‌های Industry ۵.۰ (انسان‌محوری و پایداری) در تمامی بنادر پیاده شود. این نقشه راه باید شامل زمان‌بندی، مسئولیت هر نهاد، برآورد منابع مالی و شاخص‌های پایش باشد. تصویب این سند در دولت یا شورای عالی ترابری، ضمانت اجرایی آن را افزایش می‌دهد.

۳ همکاری‌های بین‌المللی هدفمند: علی‌رغم تحریم‌ها، امکان تعاملات فنی و آموزشی با برخی کشورها و سازمان‌های بین‌المللی فراهم است. سازمان‌هایی نظیر ESCAP و بانک جهانی پروژه‌های منطقه‌ای در زمینه بندر هوشمند دارند که می‌توان از آن‌ها بهره گرفت. همچنین کشورهایی مثل هلند و ژاپن تجربه و فناوری بسیار بالایی در بندر هوشمند داشته و روابط دوستانه‌ای با ایران دارند. می‌توان از طریق کارگروه‌های مشترک یا قراردادهای مشاوره، از دانش آن‌ها استفاده کرد. حتی در شرایط تحریم، اعزام تیم‌های فنی ایرانی به بازدید میدانی از بنادر هوشمند خارجی (مثلاً بندر روتردام یا بندر یوگوهاما) و انجام پروژه‌های Pilot مشترک در مقیاس کوچک، امکان‌پذیر و بسیار مفید است. چنین تعاملاتی به کاهش منحنی یادگیری ما کمک می‌کند و از اتلاف وقت و هزینه جلوگیری خواهد کرد. ۴. تأمین مالی خلاقانه و جذب سرمایه‌گذاری: با توجه به محدودیت بودجه دولت، باید از راهکارهای متنوع مالی برای تأمین سرمایه پروژه‌ها بهره برد. یکی از گزینه‌ها مدل Public-Private Partnership (PPP) است که در آن، بخش خصوصی سرمایه‌گذاری می‌کند و در ازای آن برای مدت مشخصی از محل صرف‌فجویی‌ها یا درآمدهای جدید سهم می‌برد. به‌عنوان مثال، می‌توان پروژه نصب حسگرها و دوربین‌های هوشمند را به یک کنسرسیوم خصوصی-دانش‌بنیان سپرد تا پس از اجرا، بخشی از افزایش درآمد ناشی از کاهش سرتقت با افزایش سرعت عملیات را دریافت کنند. گزینه دیگر فاینانس خارجی از محل کشورهای علاقه‌مند (مانند چین) یا صندوق‌های توسعه‌ای است که البته پیچیدگی‌های سیاسی خود را دارد. رویکرد دیگر، بهره‌مندی از اوراق قرضه آبی (Blue Bonds) می‌تواند باشد.

۵. پایش جایگاه بین‌المللی بنادر ایران: بنادر جهان هر سال در شاخص عملکرد لجستیک (LPI) و شاخص رقابت‌پذیری کشتیرانی (LSCI) رتبه‌بندی می‌شوند. با هوشمندسازی، انتظار می‌رود رتبه بندر ایران در این شاخص‌ها بهبود یابد. بنابراین پایش شاخص‌های کلیدی و تغییرات این رتبه‌ها را رصد کند و گزارش آن را مستقیماً به هیات دولت و مجلس ارائه دهد. این کار باعث می‌شود اثرگذاری تحول دیجیتال بر رقابت‌پذیری ایران در کردیدورهای ترانزیتی (مثلاً کریدور شمال-جنوب) ملموس شده و حمایت سیاسی از ادامه سرمایه‌گذاری‌ها حفظ شود. اجرای موفق پروژه‌های هوشمندسازی می‌تواند سهم ایران را از ۱۲ درصد فعلی به حدود ۲۵درصد افزایش دهد. این ارقام اهمیت استراتژیک موضوع را نشان می‌دهد. در نهایت، انتخاب امروز ما بین «نگهداشت سیستم‌های فرسوده» و «پرش به آینده» است. بنادر ایران برای باقی ماندن در عرصه رقابت منطقه‌ای و جهانی، چاره‌ای جز حرکت به سمت استانداردهای جدید ندارند. Industry ۴/۰ و ۵.۰ دیگر یک انتخاب تجمعاتی نیستند، بلکه به تغییر کارشناسان یک ضرورت اجتناب‌ناپذیر برای بقا و پیشرفت به‌شمار می‌روند و نه یک انتخاب وزگرنه!

ی) نتیجه‌گیری

بنادر به‌عنوان گلوگاه‌های تجارت بین‌المللی، نقشی تعیین‌کننده در توسعه اقتصادی ایفا می‌کنند. تحول دیجیتال بنادر ایران با بهره‌گیری از فناوری‌های صنعت ۴.۰ و رویکرد انسان‌محور صنعت ۵.۰ می‌تواند فصل نوینی در کارنامه بازرگانی کشور رقم بزند. در این گزارش ابتدا مفاهیم و ابزارهای Industry ۴/۰ شامل IoT، کلان‌داده، دوقلوی دیجیتال، بلاک‌چین، رباتیک و ... سپس رویکرد مکمل Industry ۵.۰ با تأکید بر نقش آفرینی دوباره انسان، تشریح شد. تحلیل حادثه تلخ بندر شهیدرجایی نشان داد که بسیاری از این فناوری‌ها مستقیماً در خدمت افزایش ایمنی و جلوگیری از تکرار فجایع اند. ارزیابی وضعیت کنونی حاکی از آن است که علی‌رغم تلاش‌های انجام‌شده، بنادر ایران از لحاظ دیجیتالی‌شدن نسبت به استانداردهای جهانی عقب هستند. اما فرصت‌هایی مانند ظرفیت عظیم بندر شهیدرجایی، آمیاج ملی بر ضرورت تحول و امکان الگوبرداری از تجارب موفق، شرایط را برای یک جهش تاریخی مهیا کرده است. پیشنهادهای عملی ارائه‌شده از ایجاد سامانه‌های اطلاعات یکپارچه و شبکه گسترده حسگرها گرفته تا آموزش نیروی انسانی و اصلاح ساختار حکمرانی نقشه راهی جامع برای حرکت گام‌به‌گام به سمت بنادر هوشمند ترسیم می‌کنند. اجرای این اقدامات نیازمند عزم و جسارت تصمیم‌گیری امروز است تا آینده‌ای پایدار رقم بخورد. Industry ۴/۰ و ۵.۰ ما یادآور می‌شود که در قلب هر تحول فناورانه، انسان قرار دارد؛ بنابراین همزمان با نوسازی تجهیزات، باید سرمایه انسانی را نیز توانمند و همراه کرد. تنها در این صورت است که فناوری‌های نوین در خدمت اهداف والا ترمانند رشد پایدار اقتصادی، حفاظت از محیط زیست و بهبود کیفیت زندگی قرار خواهند گرفت.

باید توجه داشت که هوشمندسازی بنادر با تمرکز صرف بر فناوری (صنعت ۴.۰) کافی نیست؛ برای بهره‌برداری واقعی از این فناوری‌ها باید گام به «صنعت ۵.۰» نیز برداشته شود. در صنعت ۵.۰، فناوری در خدمت انسان است و انسان نیز نقشی فعال در کنار ماشین‌ها ایفا می‌کند (هوش مصنوعی و دیجیتال در اختیار و تحت نظر هوش واقعی-انسانی ماهر و آموزش‌دیده). این رویکرد علاوه بر ارتقای کارایی و انعطاف‌پذیری بنادر، به پایداری زیست‌محیطی و رفاه اجتماعی نیز توجه می‌کند. به گفته کارشناسان، هدف نهایی صنعت ۵.۰ فراتر رفتن از محیط کار سنتی و «اشکوفنا کردن توانمندی‌های منحصر‌فرد هر کارگر» در دنیای پیچیده و متصل امروز است. آینده بنادر ایران در گرو اتخاذ تصمیمات جسورانه امروز است؛ با سرمایه‌گذاری در فناوری‌های نوین همراه با ارتقای مهارت و مشارکت نیروی انسانی، می‌توان از فرصت‌های صنعت ۵.۰ برای توسعه پایدار و هوشمند بهره‌برداری کرد. در خاتمه باید تأکید کرد که هوشمندسازی بنادر یک سفر (Journey) است نه یک مقصد نهایی. جهان پیرامون ما پیوسته در حال تغییر و نوآوری است و بنادر هوشمند نیز باید منعطف و یادگیرنده باشند. با امید به اینکه بندر شهیدرجایی و سایر بنادر کشور، در آینده‌ها نه‌چندان دور به نمونه‌های الهام‌بخش از ترکیب موفق فناوری و انسان‌محوری تبدیل شوند. سخن را با نقل قولی از یک متخصص بندری به پایان می‌بریم: «بنادر هوشمند، تنها بنادری هستند که در دنیای آینده تاب خواهند آورد.»

اقتصاد

چهارشنبه ۳۱ اردیبهشت ۱۴۰۴ - سال یازدهم - شماره ۲۲۰۷

راهبردی

بدرستی

بدرستی

ح) موانع و چالش‌های پیاده‌سازی Industry ۴.۰ و ۵.۰ در بنادر ایران

بدیهی است که اجرای این نامه بلندپروازانه فوق، با چالش‌ها و موانعی نیز روبرو خواهد بود. شناخت این چالش‌ها برای برنامه‌ریزی واقع‌بینانه و مدیریت ریسک ضروری است. مهم‌ترین موانع عبارت‌ند از:

فرسودگی تجهیزات و زیرساخت: بسیاری از دارایی‌های فیزیکی در بنادر ایران (از جرثقیل‌ها تا سیستم‌های برق و مخابرات) قدیمی هستند و شاید با فناوری‌های جدید سازگاری نداشته باشند. نوسازی گسترده به سرمایه کلان نیاز دارد که تأمین آن در کوتاه‌مدت دشوار است. همچنین زیرساخت‌های ارتباطی مانند فیبرنوری بر ظرفیت یا پوشش کامل شبکه ۵G/۴G در محوطه بندر موجود نیست و باید توسعه یابد.

کمبود منابع مالی پایدار: اجرای پروژه‌های هوشمندسازی نیازمند سرمایه‌گذاری مداوم است، در حالی که بودجه‌های دولتی اغلب ناپایدار و متناز از تحولات اقتصادی هستند. تحریم‌ها نیز امکان تأمین مالی خارجی را محدود کرده‌اند. بدون یک مدل مالی نوآورانه (مثلاً مشارکت عمومی-خصوصی یا وام‌های توسعه‌ای)، ممکن است پروژه‌ها نیمه‌کاره رها شوند. فقدان نیروی انسانی متخصص: شکاف مهارتی یکی از چالش‌های جدی است. در حال حاضر تعداد مهندسان آشنا به IoT، کلان‌داده، هوش

مصنوعی و سایر حوزه‌های مرتبط با بندر هوشمند در سازمان بنادر و شرکت‌های تابعه محدود است. برای اجرای پروژه‌ها باید از مشاوران خارجی استفاده کرد که هزینه‌بر است، خود پانیریو انسانی موجود را به سرعت آموزش داد که زمان‌بر خواهد بود. ضمن اینکه حفظ نیروهای متخصص در سیستم دولتی با توجه به اختلاف حقوق بخش خصوصی، خود مسئله‌ای است.

مقاومت در برابر تغییر و دغدغه‌های نیروی کار: هر تحول تکنولوژیکی بزرگی با مقاومت‌هایی از سوی بدنه سازمان و کارکنان مواجه می‌شود. برخی کارمندان ممکن است هوشمندسازی را تهدیدی برای امنیت شغلی خود تلقی کنند و به‌طور پنهان یا آشکار در برابر آن مقاومت کنند. همچنین فرهنگ سازمانی سنتی که به روش‌های کهنه خو گرفته، به‌راحتی تن به تغییر نمی‌دهد. باید بر این مقاومت نیازمند تغییر مدیریت، آموزش گسترده و مشارکت دادن کارکنان در فرآیند تحول است. Industry ۵.۰ بر همین نکته تأکید دارد که با انسان‌محوری می‌توان ترس از بیکاری و تغییر را کاهش داد و کارگران را به‌عنوان شریک تحول همراه کرد.

تعدد ذی‌نفعان و چالش هماهنگی: در اکوسیستم بندری ایران سازمان‌ها و نهادهای متعددی دخیل‌اند؛ از سازمان بنادر به‌عنوان متولی اصلی گرفته تا گمرک، شرکت‌های کشتیرانی، مناطق آزاد، ارگان‌های انتظامی و امنیتی و ... که هر کدام منافع و اولویت‌های خاص خود را دارند. اجرای یکپارچه سیستم‌ها مستلزم همکاری نزدیک همه این بازیگران است، اما در عمل جزییره‌ای عمل‌کردن نهادها مانع پیشرفت خواهد شد. برای نمونه، اگر گمرک نخواهد روال‌های خود را تغییر دهد، پنجره واحد عملی نخواهد شد. لذا هماهنگی بین‌بخشی یک چالش اساسی است و نیاز به حمایت سطح بالایی حاکمیت (هیات دولت) و شاید مصوبات الزام‌آور قانونی نیاز دارد.

نگرانی‌های امنیت سایبری: هرچه بندر هوشمندتر شود، سطح حملات سایبری باافوه نیز افزایش می‌یابد. سیستم‌های متصل و داده‌ها انباشته، هدف جذابی برای هکرها و خرابکاران سایبری خواهند بود. با توجه به سابقه تهدیدات سایبری علیه زیرساخت‌های ایران، باید از ابتدا ملاحظات امنیت اطلاعات به‌دقت رعایت شود (نظیر استفاده از شبکه‌های اختصاصی، دیوارهای آتش قوی، سیستم‌های تشخیص نفوذ، آموزش پرسنل در زمینه امنیت سایبری و ...). عدم توجه به این موضوع می‌تواند به حوادث جدی (مانند فلج‌شدن عملیات بندر بر اثر بدافزار) منجر شود.نبود استانداردها و چارچوب‌های بومی: پیشرفت فناوری‌های Industry ۴/۰ وارداتی هستند و استانداردهای مورد استفاده نیز خارجی‌اند. برای انطباق این فناوری‌ها با مقررات و شرایط بومی (مثلاً استانداردهای سازمان ملی استاندارد یا الزامات گمرکی)، نیاز به بومی‌سازی وجود دارد. تاکنون مقررات روشنی دربارن مسائلی چون اسناد دیجیتال در گمرک، امضای الکترونیکی، مسئولیت حقوقی حوادث ناشی از سامانه‌های خودکار و ... تدوین نشده است که این خود یک خلأقانونی محسوب می‌شود. باید همزمان با اجرای پروژه‌های فنی، چارچوب‌های حقوقی و استانداردهای ملی مرتبط تدوین شود.

این چالش‌ها واقعی و جدی هستند، اما قابل رفع نیز هستند مشروط بر آنکه برنامه تحول دیجیتال با دید بلندمدت و همه‌جانبه‌نگر تدوین شود. در بخش بعدی، اقدامات و فرصت‌هایی که می‌تواند به غلبه بر موانع فوق کمک کند مرور می‌شود.

ط) فرصت‌ها واقدامات پیش‌رو

باوجود چالش‌های ذکر شده، عوامل قوت و فرصت‌های متعددی نیز به حمایت از برنامه هوشمندسازی بنادر ایران برخاسته‌اند. برای پیشبرد موفق این برنامه، بهره‌گیری از فرصت‌ها و اجرای اقدامات تکمیلی زیر توصیه می‌شود:

۱. توسعه زیرساخت‌های زیر توصیه می‌شود:
شبکه‌های ارتباط داده مستون‌فقرات بنادر هوشمند هستند. خوشبختانه در داخل کشور شرکت‌های مخابراتی توانمندی وجود دارند. با یک سرمایه‌گذاری مشترک بین سازمان بنادر و وزارت ارتباطات، می‌توان پوشش کامل فیبرنوری و شبکه ۵G را در محوطه‌های بندری ظرف یکی، دو سال آینده محقق کرد. این کار پایه اجرای IoT و سیستم‌های بالدرنگ را فراهم می‌سازد. همچنین راه‌اندازی مراکز داده محلی (Local Data Center) در نزدیکی بنادر برای پردازش سریع داده‌ها و رعایت الزامات امنیتی ضروری است.

۲. تدوین نقشه راه ملی تحول دیجیتال بنادر: برای جلوگیری از اقدامات جزیره‌ای و تضمین تداوم پروژه‌ها، نیاز به یک نقشه راه جامع است که اهداف کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت را مشخص کند. پیشنهاد می‌شود شورایی مشترک از نمایندگان وزارت راه، سازمان بنادر، گمرک، سازمان برنامه و بودجه، بخش خصوصی بندری و اساتید دانشگاه تشکیل و ظرف ماه‌این نقشه راه را تدوین کند. در این نقشه مثلاً هدف کلاری شود که تا سال ۱۴۵۵ پنجره واحد بندری کامل شود، تا ۱۴۰۶ دویندر بزرگ کشور به سطح استانداردهای Industry ۴/۰ برسد و تا ۱۴۱۰ دیدگاه‌های Industry ۵.۰ (انسان‌محوری و پایداری) در تمامی بنادر پیاده شود. این نقشه راه باید شامل زمان‌بندی، مسئولیت هر نهاد، برآورد منابع مالی و شاخص‌های پایش باشد. تصویب این سند در دولت یا شورای عالی ترابری، ضمانت اجرایی آن را افزایش می‌دهد.

۳ همکاری‌های بین‌المللی هدفمند: علی‌رغم تحریم‌ها، امکان تعاملات فنی و آموزشی با برخی کشورها و سازمان‌های بین‌المللی فراهم است. سازمان‌هایی نظیر ESCAP و بانک جهانی پروژه‌های منطقه‌ای در زمینه بندر هوشمند دارند که می‌توان از آن‌ها بهره گرفت. همچنین کشورهایی مثل هلند و ژاپن تجربه و فناوری بسیار بالایی در بندر هوشمند داشته و روابط دوستانه‌ای با ایران دارند. می‌توان از طریق کارگروه‌های مشترک یا قارادهای مشاوره، از دانش آن‌ها استفاده کرد. حتی در شرایط تحریم، اعزام تیم‌های فنی ایرانی به بازدید میدانی از بنادر هوشمند خارجی (مثلاً بندر روتردام یا بندر یوگوهاما) و انجام پروژه‌های Pilot مشترک در مقیاس کوچک، امکان‌پذیر و بسیار مفید است. چنین تعاملاتی به کاهش منحنی یادگیری ما کمک می‌کند و از اتلاف وقت و هزینه جلوگیری خواهد کرد. ۴. تأمین مالی خلاقانه و جذب سرمایه‌گذاری: با توجه به محدودیت بودجه دولت، باید از راهکارهای متنوع مالی برای تأمین سرمایه پروژه‌ها بهره برد. یکی از گزینه‌ها مدل Public-Private Partnership (PPP) است که در آن، بخش خصوصی سرمایه‌گذاری می‌کند و در ازای آن برای مدت مشخصی از محل صرف‌فجویی‌ها یا درآمدهای جدید سهم می‌برد. به‌عنوان مثال، می‌توان پروژه نصب حسگرها و دوربین‌های هوشمند را به یک کنسرسیوم خصوصی-دانش‌بنیان سپرد تا پس از اجرا، بخشی از افزایش درآمد ناشی از کاهش سرتقت با افزایش سرعت عملیات را دریافت کنند. گزینه دیگر فاینانس خارجی از محل کشورهای علاقه‌مند (مانند چین) یا صندوق‌های توسعه‌ای است که البته پیچیدگی‌های سیاسی خود را دارد. رویکرد دیگر، بهره‌مندی از اوراق قرضه آبی (Blue Bonds) می‌تواند باشد.