



در مطلبی تحلیلی و اختصاصی برای این روزنامه به بررسی راهکارهای نوسازی و هوشمندسازی بندرهای نوسازی و هوشمندسازی بندر ایران با استفاده از فناوری‌های انقلاب صنعتی چهارم و پنجم و الزامات طراحی حکمرانی فناوریانه و انسان‌محور در بندر کشور با نگاهی به فاجعه انفجار در بندر شهیدرجایی بندرعباس پرداخته که در ادامه می‌خوانید:

الف) مقدمه

بندر شهیدرجایی به‌عنوان دروازه اصلی تجارت دریایی ایران حدود ۸۰درصد از حجم تجارت کشور را پوشش می‌دهد (معادل ۹۰–۸۵درصد ترافیک کانتینری) و هرگونه اختلال در آن، شوک بزرگی به زنجیره تأمین ملی وارد می‌کند. از این رو پس از حادثه، مسئولان بر بازسازی بندر با کمک شرکت‌های دانش‌بنیان و بهره‌گیری از فناوری‌های پیشرفته از هوش مصنوعی گرفته تا اینترنت اشیا^۱ تأکید کردند. اکنون فرصتی فراهم شده است تا با یک رویکرد تحول‌آفرین، بندر کشور را به کمک ترکیبی از مفاهیم انقلاب صنعتی چهارم (Industry ۴.۰)، انقلاب صنعتی پنجم (Industry ۵.۰) متحول کنیم؛ به گونه‌ای که فناوری‌های پیشرفته در کنار مشارکت نیروی انسانی، بندار ایران را هوشمند، ایمن و تاب‌آور سازند. این گزارش ضمن مروری بر مفاهیم و فناوری‌های مرتبط با صنعت ۴.۰ و ۵.۰، در حوزه بندار، وضعیت کنونی بندار ایران (با تمرکز بر بندر شهیدرجایی) را ارزیابی کرده و پیشنهادهایی عملی برای حرکت به سوی بندار هوشمند ارائه می‌دهد. همچنین نشان داده می‌شود که چگونه پیاده‌سازی صحیح این فناوری‌ها می‌توانست از وقوع حادثه اخیر جلوگیری کند.

ب) صنعت ۴.۰ در بندار: فناوری‌های کلیدی هوشمندسازی

صنعت ۴.۰ مفهومی است که بر همگرایی سیستم‌های فیزیکی-سایبری و دیجیتال‌سازی فرایندها تأکید دارد. در بندار، Industry ۴.۰ معادل مفهوم «بندر هوشمند» است؛ یعنی بندری که از فناوری‌های نوین برای بهبود کارایی، ایمنی و رقابت‌پذیری بهره می‌گیرد. یک بندر هوشمند از سامانه‌های الکترونیکی تبادل داده (EDI)، سامانه کنترل ترافیک دریایی (VTS)، سیستم‌های مدیریت ترمینال (TOS)، سامانه جامعه بندری (PCS) و مدیریت ناوگان تجهیزات هوشمند استفاده می‌کند. فناوری‌های کلیدی Industry ۴.۰ در بندار عبارت‌اند از:

اینترنت اشیا (IoT): شبکه‌ای از حسگرهای متصل که داده‌های لحظه‌ای از وضعیت تجهیزات، محموله‌ها و شرایط محیطی بندر گردآوری می‌کنند. با نصب حسگرهای IoT روی کانتینرها، جرثقیل‌ها و سایر تجهیزات، امکان پایش مداوم و وضعیت عملیاتی و تشخیص سریع ناهنجاری‌ها فراهم می‌شود.

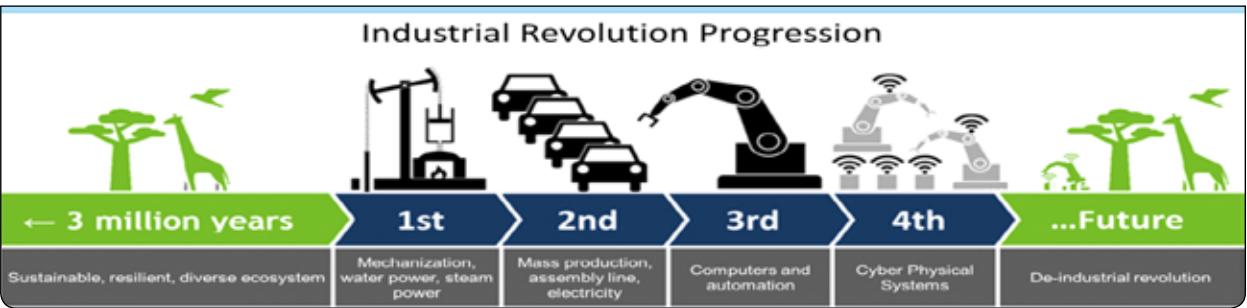
تحلیل کلان‌داده و هوش مصنوعی: حجم عظیم داده‌های عملیاتی بندر (از حسگرها، سامانه‌های تردد، داده‌های آب‌وهوا و ...)، فرصت ارزشمندی برای تصمیم‌گیری داده‌محور فراهم می‌کند. با به‌کارگیری الگوریتم‌های یادگیری ماشین و پلتفرم‌های تحلیل داده، الگوهای پنهان در عملکرد بندر شناسایی و پیش‌بینی می‌شوند. سیستم‌های پیش‌بینانه قادرند با تحلیل روند تغییرات دما، فشار، ارتعاش و غیره، وقوع خرابی یا حادثه را از قبل پیش‌بینی کنند.

دوقلوی دیجیتال (Digital Twin): مدل دیجیتال بلادردنگ یک سیستم فیزیکی است که امکان شبیه‌سازی و پایش از راه دور تجهیزات بندری را فراهم می‌سازد. در این فناوری، نسخه دیجیتال تأسیسات یا تجهیزات (مثلاً یک مخزن سوخت، جرثقیل ساحلی یا انبار کانتینری) به کمک داده‌های حسگرهای IoT به‌روزی می‌شود و رفتار سیستم واقعی را در محیط مجازی بازتاب می‌دهد. از دوقلوی دیجیتال می‌توان برای آزمایش سناریوهای بحرانی بدون ریسک فیزیکی بهره برد.

رباتیک و خودکارسازی تجهیزات: Industry ۴.۰ به‌دنبال افزایش خودکارسازی عملیات تکراری و پرخطر است. در بنادر پیشرفته جهان، ربات‌های خودگردان و سیستم‌های حمل‌ونقل خودران (مانند جرثقیل‌های خودکار، وسایل نقلیه هدایت‌شودکار (AGV) و سامانه‌های پهبادی (به کار گرفته شده‌اند تا بدون وقفه و با خطای کمتر به جابه‌جایی کالا بپردازند).

زنجیره‌بلوک (Blockchain): فناوری بلاک‌چین امکان ثبت غیر قابل‌تغییر تراکنش‌ها و تبادل اطلاعات را در یک دفترکل توزیع شده فراهم می‌کند. در حوزه بندری، بلاک‌چین می‌تواند برای ردیابی منشأ و وضعیت محموله‌ها به‌کار رود و تمام ذی‌نفعان (از گمرک و بندر تا شرکت حمل‌ونقل و صاحب کالا) به یک منبع داده مشترک و مطمئن دسترسی داشته باشند.

شکل ۱ – سیر تکامل بندار از نسل اول تا «بندر هوشمند». در چارچوب طبقه‌بندی اکتاد (UNCTAD)، نسل چهارم بندار بر یکپارچگی دیجیتال در زنجیره تأمین تأکید دارد که پیش‌نیاز تبدیل شدن به بندر هوشمند است. Industry ۴.۰ نیز با فناوری‌هایی نظیر IoT، کلان داده، رایانش ابری و سیستم‌های خودکار، همین تحول دیجیتال را در بندار رقم می‌زند.



ج) صنعت ۵.۰: انقلاب صنعتی انسان‌محور

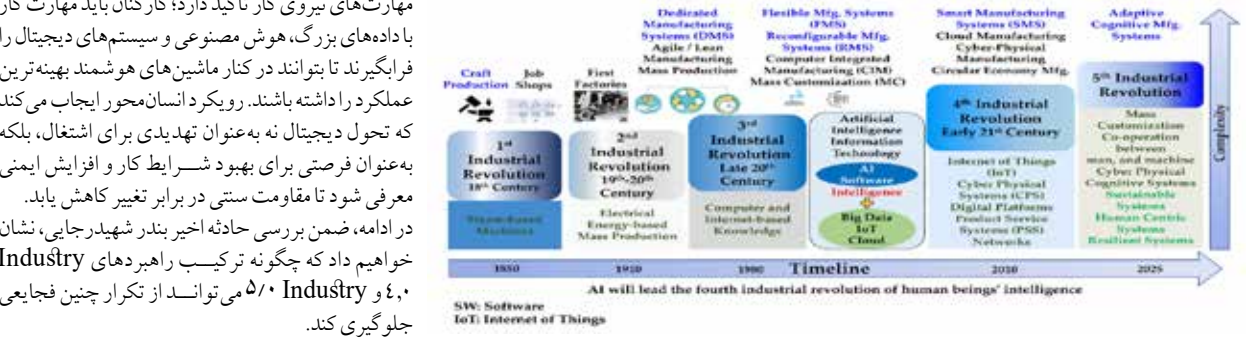
در کنار تحول فناوریانه صنعت ۴.۰، طی سال‌های اخیر رویکرد جدیدی تحت عنوان صنعت ۵.۰ (Industry ۵.۰) مطرح شده که بر انسان‌محوری در فرآیندهای صنعتی تأکید دارد. اتحادیه اروپا صنعت ۵.۰ را مکمل و ادامه‌دهنده صنعت ۴.۰ معرفی کرده است که علاوه بر بهره‌گیری از فناوری‌های نوین، ارزش‌های اجتماعی، رفاه نیروی کار و پایداری را محور قرار می‌دهد. به عبارت دیگر، Industry ۵.۰ تلاش می‌کند فناوری را در خدمت انسان قرار دهد و نقش نیروی انسانی را به‌عنوان منبع خلاقیت، تصمیم‌گیری و نوآوری برجسته سازد. این رویکرد با حفظ دستاوردهای اتوماسیون Industry ۴.۰، جنبه‌های مغفول آن را تکمیل می‌کند؛ به‌ویژه دغدغه‌هایی مانند مسئولیت اجتماعی، عدالت و رضایت شغلی که در صنعت ۴.۰ کم‌رنگ بوده‌اند.

یکی از انتقادهای وارد بر پیاده‌سازی صنعت ۴.۰ آن است که تمرکز بیش از حد بر خودکارسازی و حذف نقش انسان، محیط‌های کاری را برای نیروی کار سرد و ناخوشایند کرده و خلاقیت و ابتکار انسانی را سرکوب می‌کند. هرچند فناوری‌های Industry ۴.۰ بهره‌وری را افزایش می‌دهند، اما اتکای صرف به ماشین‌آلات در شرایط اضطراری یا موارد پیش‌بینی‌نشده می‌تواند کارایی را مختل کند و نبود دخالت انسانی گاهی به بحران می‌انجامد. Industry ۵.۰ در واکنش به همین کاستی‌ها ظهور کرده است تا نوعی تعادل جدید میان انسان و ماشین ایجاد کند. به تعبیر تحلیل گران، Industry ۵.۰ را می‌توان یک «وصله اصلاحی» بر Industry ۴.۰ دانست که جنبه‌های انسانی و زیست‌محیطی را

که در انقلاب صنعتی چهارم به حاشیه رفته بودند، دوباره پررنگ می‌کند.



اپراتورهای هوشمند است. اپراتوری را در نظر بگیرید که با استفاده از عینک واقعیت‌افزوده یا دستگاه‌های پوشیدنی IoT، اطلاعات حیاتی عملیات را به‌صورت لحظه‌ای در میدان دید خود دریافت می‌کند. چنین کارگری که می‌توان او را «کارگر ۵۰۰» نامید، قادر است همزمان با ماشین‌آلات و سیستم‌های خودکار تعامل مؤثر داشته باشد و تصمیم‌های آگاهانه‌تری بگیرد. برای نمونه، اپراتور بندر با دریافت هشدار فوری از یک سنسور (مثلاً افزایش دمای یک مخزن سوخت) روی نمایشگر پوشیدنی خود، می‌تواند سریعاً اقدام لازم را انجام دهد. این ترکیب خرد انسانی و قدرت پردازش ماشین منجر به ارتقای ایمنی و کارایی در محیط‌های پیچیده بندری می‌شود. Industry ۵.۰ همچنین بر ارتقای مهارت‌های نیروی کار تأکید دارد؛ کارکنان باید مهارت کار



خواهیم داد که چگونه ترکیب راهبردهای Industry ۵.۰ و Industry ۴.۰ می‌توانند از تکرار چنین فجایعی جلوگیری کند.

یک استاددانشگاه در یادداشتی تحلیلی برای «روزنامه سرآمد» بررسی کرد؛

الزامات طراحی حکمرانی فناوریانه و انسان‌محور در بندار بانگاهی به فاجعه بندر شهیدرجایی

راهکارهای نوسازی و هوشمندسازی بندار ایران در پرتو فناوری‌های انقلاب صنعتی چهارم و پنجم

| 1st Generation 1940 Mechanical Port Mechanical operation Handicraft works | 2nd Generation 1960 Container Port Free Zone Industrial area Free tax port | 3rd Generation 1980 EDI Port International network Integrated centre Commercial area EDI services | 4th Generation 2000 Internet Port Global Network Port community Logistic area Intermodal services Internet services | 5th Generation 2020 Smart Port ITS port Logistic community Smart City Smart Hinterland Multimodal services Sustainable port |
|---|---|---|--|---|
| | | | | |

د) حادثه بندر شهیدرجایی؛ درس‌هایی برای هوشمندسازی

حادثه ناگوار بندر شهیدرجایی، نمونه‌ای درنکات از مخاطرات پنهان در مدیریت سنتی بندار است. تحقیقات اولیه حاکی از آن است که این رویداد بر اثر انباشت غیراصولی مواد شیمیایی بسیار خطرناک در یکی از محوطه‌های کانتینری رخ داد. این حادثه از یک‌سو، حاصل خطای انسانی (بی‌دقی در چیدمان کانتینرهای خطرناک و عدم توجه به هشدارهای ایمنی) و از سوی دیگر، ناشی از ضعف نظارت و فقدان سیستم‌های هشداردهنده بود. در این بخش بررسی می‌کنیم که پیاده‌سازی فناوری‌های Industry ۴.۰/۵.۰ چگونه می‌توانست از چنین واقعه‌ای جلوگیری کند یا دست‌کم خسارات آن را کاهش دهد.

نخست، فناوری‌های Industry ۴.۰ در لایه عملیاتی می‌توانستند علائم خطر را خیلی زودتر آشکار کنند. برای مثال، اگر کانتینرهای حاوی مواد شیمیایی به حسگرهای هوشمند دما و گاز مجهز بودند و داده‌های آن‌ها به‌صورت لحظه‌ای پایش می‌شد، احتمالاً افزایش حرارت غیرعادی یا نشت گاز سرعاً شناسایی و هشدار داده می‌شد. یک سامانه دوقلوی دیجیتال می‌توانست مدل دمای کانتینرها را دائماً به‌روز کند و در صورت عبور دما از حد مجاز، آلارم صادر کند. همچنین دوربین‌های حرارتی و پهپادهای نظارتی قادر بودند هر گونه دود یا نشتی را در مراحل اولیه تشخیص دهند. این ابزارها به آتش‌نشانان و مدیران بندر امکان واکنش سریع قبل از گسترش آتش را می‌دادند. در مورد بندر شهیدرجایی، حتی اگر وقوع انفجار کاملاً متغی نمی‌شد، سیستم‌های هشدار سریع می‌توانستند منطقه را تخلیه کرده و تلفات جانی را به حداقل برسانند.

دوم، فناوری‌های دیجیتال در لایه مدیریتی می‌توانستند از انباشت شرایط خطرناک جلوگیری کنند. یکی از مشکلاتی که منجر به این حادثه شد، نبود دید جامع و یکپارچه نسبت به محل نگهداری کالاهای خطرناک و وضعیت آن‌ها بود. در یک بندر هوشمند، تمامی اطلاعات مربوط به محموله‌ها و انبارش آن‌ها در یک پلتفرم مرکزی ثبت می‌شود و قابل پایش است. پیاده‌سازی یک سامانه پنجره واحد بندری که اطلاعات گمرک، بندر، شرکت‌های حمل‌ونقل و سایر سازمان‌های ذی‌ربط را تجمیع کند، باعث شفافیت زنجیره تأمین و نظارت لحظه‌ای بر جابه‌جایی و نگهداری کالاها می‌شود. اگر چنین سامانه‌ای در بندر شهیدرجایی وجود داشت، مقامات بندر می‌توانستند به‌صورت لحظه‌ای ببینند چه موادی کجا انبار شده و آیا شرایط نگهداری آن‌ها ایمن است یا خیر. داشبوردهای مدیریتی لحظه‌ای با نمایش شاخص‌هایی نظیر تعداد کانتینرهای مواد خطرناک، مدت زمان ماندگاری آن‌ها در محوطه و فاصله‌شان از یکدیگر، می‌توانست هشدار دهد که انباشت برخی کانتینرهای پرخطر از حد مجاز فراتر رفته است.

سوم، رویکرد Industry ۵.۰ درس‌های مهمی برای جلوگیری از چنین فجایعی دارد. Industry ۵.۰ تأکید می‌کند که ارتقای ایمنی تنها با فناوری حاصل نمی‌شود، بلکه فرهنگ ایمنی و آموزش نیروی انسانی نیز به همان اندازه اهمیت دارد. یکی از دلایل بروز حادثه بندر شهیدرجایی، ناآگاهی یا کم‌توجهی برخی کارکنان به پروتکل‌های ایمنی در برخورد با مواد خطرناک بود. اگر آموزش‌های منظم برای کارکنان بر گزار شود مثلاً شبیه‌سازی وقوع آتش‌سوزی و نحوه واکنش صحیح آمادگی آن‌ها در شرایط بحرانی بسیار بیشتر خواهد شد. دوقلوی دیجیتال حتی در بخش آموزش هم می‌تواند مفید باشد؛ با برگزاری مانورهای شبیه‌سازی‌شده در دنیای مجازی، کارگران بندر می‌توانند مواجه‌با سناریوهای انفجار یا نشت مواد سمی را تمرین کنند. بی‌آنکه واقعا در معرض خطر قرار گیرند.

Industry ۵.۰ در توانمندسازی کارکنان خط مقدم نیز تأکید دارد. به بیان دیگر، اگر کارگران بندر شهیدرجایی در فرآیند تصمیم‌گیری برای بهبود ایمنی مشارکت داده می‌شدند، احتمالاً تمهیدات بهتری برای نگهداری مواد خطرناک پیشنهاد می‌کردند. مثلاً کارگران با تجربه می‌توانند نقاط ضعف چیدمان انبارها را شناسایی و گوشزد کنند. یک مدل حکمرانی مشارکتی از توصیه‌های Industry ۵.۰ ایجاد کمیته‌های ایمنی متشکل از نمایندگان مدیریت و کارگران است تا به‌طور مستمر ریسک‌ها را بررسی و راهکار دهند. در مجموع، حادثه بندر شهیدرجایی نشان داد که ادامه روش‌های سنتی و تکیه بر بازرسی‌های دستی و واکنش پس از حادثه، دیگر پاسخگوی پیچیدگی‌ها و مخاطرات بندار مدرن نیست. هوشمندسازی بندار یک ضرورت حیاتی برای جلوگیری از فجایع آتی است. فناوری‌های Industry ۴.۰ ابزارهای قدرتمندی برای نظارت پیشگیرانه و واکنش سریع فراهم می‌کنند و Industry ۵.۰ اطمینان می‌دهد که این فناوری‌ها به شکلی انسان‌محور و با تأکید بر آموزش، مشارکت و رفاه نیروی کار به کار گرفته شوند. در بخش‌های بعد، ابتدا وضعیت فعلی بندار ایران و شفاف‌های موجود در حوزه دیجیتال را بررسی می‌کنیم و سپس به راهکارهای عملی برای حرکت به سمت بندار هوشمند می‌پردازیم.

ه) ارزیابی وضعیت فعلی بندار ایران (مطالعه موردی: بندر شهیدرجایی)

بندر شهیدرجایی واقع در استان هرمزگان با وسعتی بالغ بر ۷۰۰ هکتار و ده‌ها اسکله فعال، بزرگ‌ترین بندر تجاری ایران است. این بندر با ظرفیت اسمی حدود ۷ میلیون تن در سال و اتصال مستقیم به شبکه ریلی کشور، شاهراه صادراتی تجاری ایران به‌شمار می‌آید. نقش راهبردی بندر شهیدرجایی در اقتصاد ملی بارها مورد تأکید قرار گرفته و پس از حادثه اخیر، عزم ویژه‌ای برای بازسازی و تجهیز مجدد آن شکل گرفته است. دولت طرح‌های توسعه متعددی را از تعریض کانال دسترسی گرفته تا گسترش محوطه‌های کانتینری و افزایش خطوط ریلی در دست اجرا دارد. در اسناد بالادستی مانند سند اقتصاد دریایی ایران (مصوب ۱۴۰۰) نیز بر پیاده‌سازی راهکارهای نوین در بندار تأکید شده است. ماده ۸ این سند مشخصاً توسعه سیستم‌های دوقلوی دیجیتال در بندار استراتژیک کشور را وفق ۱۴۰۵ در هدف گذاری کرده است.

باوجود این رویکردهای سیاستی، بررسی میدانی نشان می‌دهد که بندار ایران هنوز فاصله قابل توجهی با استانداردهای بندار هوشمند جهانی دارند. بسیاری از فرآیندهای عملیاتی و اداری تمهیدات به‌صورت سنتی و کاغذی انجام می‌شود. در بندر شهیدرجایی تخمین زده می‌شود که بیش از ۸۰درصد داده‌ها و سوابق به شکل دستی یا در سیستم‌های غیرمتصل ثبت می‌شود و تنها حدود ۱۵درصد از تجهیزات نظارتی (مانند دوربین‌ها، حسگرها و دستگاه‌های پایش) ماهیت «هوشمند» دارند.

یکی از مشکلات ساختاری بندار ایران طولانی بودن تشریفات اداری و گمرکی است که به ایجاد پدیده‌ای موسوم به «فرهنگ انباشت کالا» منجر شده است. به دلیل کندی فرآیند ترخیص، کالاها گاه برای هفته‌ها و ماه‌ها در محوطه بندر دپو می‌شوند. این انباشت بلندمدت علاوه بر کاهش بهره‌وری و اشغال ظرفیت، یک ریسک ایمنی تجمعی ایجاد می‌کند؛ همانطور که در انفجار اخیر نیز مشاهده شد، وجود حجم زیادی از محموله‌های خطرناک انباشته‌شده به‌منابه بمب‌های ساعتی پنهان عمل می‌کند. مسئولان بندر اعتراف کرده‌اند که روش‌های سنتی دیگر جوابگوی حجم عملیات نیست و نیاز به سیستم‌های هوشمند برای مدیریت ترافیک کالا و تسریع تشریفات وجود دارد.

تحریک‌های خارجی و محدودیت سرمایه‌گذاری بین‌المللی نیز چالش مضاعفی برای به‌روزرسانی بندار ایجاد کرده است. طی سال‌های گذشته به دلیل مشکلات بودجه‌ای، بسیاری از تجهیزات کلیدی بندری (مثل جرثقیل‌های گنتری، سامانه‌های اسکنی کانتینر و ناوگان کشتندها) نتوانسته‌اند نوسازی شوند. این امر به افت عملکرد و افزایش احتمال خرابی تجهیزات منجر شده است. زیرساخت‌های ارتباطی و فناوری اطلاعات در بندار نیز با استانداردهای روز فاصله دارند؛ پوشش شبکه بی‌سیم پرسرعت در محوطه‌های بندری کامل نیست و سیستم‌های نرم‌افزاری جزیرهای و قدیمی اجازه تجمیع داده‌ها را نمی‌دهند. به‌عنوان مثال، هر پایانه بندر شهیدرجایی سامانه عملیاتی مخصوص به خود را دارد که با سایر بخش‌ها یکپارچه نیست و تبادل داده بین آن‌ها عمدتاً دستی صورت می‌گیرد.

به‌طور خلاصه، وضعیت کنونی بندار ایران را می‌توان این گونه جمع‌بندی کرد: پتانسیل بالا اما بهره‌برداری پایین. ظرفیت‌های فیزیکی و نیروی انسانی موجود است، اراده سیاسی نیز شکل گرفته، اما شفاف فناوری و مهارتی مشهود است. بخش بعدی به معرفی تجربیات موفق جهانی در زمینه بندار هوشمند می‌پردازد تا نشان دهد ایران چگونه می‌تواند با الگوبری و پرهیز از آزمون و خطای دوباره، این شکاف را پر کند.

۱) نمونه‌های جهانی بندار هوشمند و قابل الگوبرداری

بسیاری از کشورهای دنیا چه توسعه‌یافته و چه در حال توسعه طی سال‌های اخیر حرکت به سوی بندر هوشمند را آغاز کرده‌اند. مطالعات سازمان‌هایی نظیر اکتاد (UNCTAD) و اسکاپ (ESCAP) نشان می‌دهد که هوشمندسازی بندار به یک اولویت در منطقه آسیا-اقیانوسیه تبدیل شده و برنامه‌های متعددی در این راستا اجرا شده است. در این بخش به‌طور خلاصه چند نمونه از تجارب بین‌المللی را بررسی می‌کنیم:

هند: دولت ترکیه نیز برنامه‌هایی برای هوشمندسازی بندار در دست اقدام دارد. به‌عنوان مثال، در بندار استانبول و ازمیر پروژه‌های پایلوت برای خودکارسازی جرثقیل‌های استفاده از دوقلوی دیجیتال برای دستیابی به «بندار سبز» است. طبق گزارش‌ها، اجرای آزمایشی بندر هوشمند در سال ۲۰۱۷ در چند بندر بزرگ (از جمله بندر بمبئی، چنای) آغاز شده که شامل به‌کارگیری فناوری‌هایی مثل ناوبری ماهواره‌ای، ۵G IoT، کلان‌داده، دوقلوی دیجیتال، AI و بلاک‌چین بوده است. گام بعدی در هند تدوین استانداردهای ملی و آموزش نیروی انسانی برای بهره‌گیری از این فناوری‌ها عنوان شده است.

مالزی: این کشور با مقیعت راهبردی در تنگه مالاکا، پیشروان منطقه در نوسازی بندار است. از دهه ۱۹۹۰ خصوصی‌سازی بندار را انجام داده و بهره‌وری را افزایش داده است. ظرفیت مجموع این‌های مالزی بالغ بر ۹۰ میلیون TEU است. دولت مالزی با همکاری بانک جهانی یک استراتژی ملی بندار تدوین کرده که یکی از ارکان آن هوشمندسازی است. بندر کلانگ به عنوان بندر اصلی کشور، با راه‌اندازی پنجره واحد Port Community و تبادل داده لحظه‌ای میان سازمان‌ها، زمان انجام تشریفات را از چند روز به چندساعت کاهش داده و شفافیت فرآیندهای گمرکی را به‌شدت افزایش داده است.

امارات متحده عربی: بندر جبل علی در دومی تحت مدیریت شرکت DPWorld یکی از پیشرفته‌ترین بندار جهان به لحاظ خودکارسازی است. همانطور که پیش‌تر اشاره شد، در این بندر بخش عمده عملیات کانتینری به‌صورت مکانیزه انجام می‌شود و اتان‌کنترل متمرکز با بهره از کلان‌داده و IoT، لحظه‌به‌لحظه بر تخصیص منابع نظارت دارد. امارات یک استراتژی ملی موسوم به Smart Dubai دارد که بخشی از آن به بندار هوشمند اختصاص یافته و در آن استفاده گسترده از سنسورها، تحلیل داده و هوش مصنوعی برای افزایش بهره‌وری لجستیک‌پیش‌بینی شده است. گروه AD Ports (مدیریت‌کننده بندار ابوظبی) نیز پروژه‌هایی برای یکپارچه‌سازی دیجیتال زنجیره تأمین اجرا کرده است. مصر: این کشور با کمک‌های مالی بانک جهانی و بانک توسعه اروپا، یک برنامه جامع نوسازی بندار را دنبال می‌کند. بندر اسکندریه و سایر بندار اصلی مصر طی پروژه‌های موسوم Egypt Port Modernization بیش از ۶۰ فرآیند بندری را بازمهندسی کرده و اطلاعات عملیاتی را در سامانه‌ای شبیه پنجره واحد مجتمع کرده‌اند. نتیجه اولیه این پروژه، کاهش قابل‌توجه زمان تشریفات و بهبود شفافیت بوده است.

ترکیه: دولت ترکیه نیز برنامه‌هایی برای هوشمندسازی بندار در دست اقدام دارد. به‌عنوان مثال، در بندار استانبول و ازمیر پروژه‌های پایلوت برای خودکارسازی جرثقیل‌های کانتینری و نصب شبکه‌های IoT آغاز شده است. ترکیه همچنین درصدد است با توسعه نرم‌افزارهای بومی مدیریت بندر مشابه PCS و به‌کارگیری سیستم‌های VTS پیشرفته در تنگه بسفر، ایمنی و کارایی بندارش را ارتقا دهد. دانشگاه‌های ترکیه چندین پروژه پژوهشی در زمینه رباتیک بندری و کشتی‌های خودران تعریف کرده‌اند که نشانگر توجه به روندهای فناوری در این کشور است. کره جنوبی: هرچند کره‌جنوبی کشوری توسعه‌یافته است، اشاره به تجربه آن خالی از لطف نیست. طبق آمار، کره دارای ۳۱بندر تجاری و ۲۹بندر محلی است و سالانه بیش از ۱/۱ میلیارد تن کالا را در بندار خود جابه‌جا می‌کند. کره از دهه‌ها پیش سامانه‌های پیشرفته‌ای مانند Port-MIS سیستم اطلاعات مدیریت بندر، TOS سیستم عملیاتی ترمینال، VTS (کنترل ترافیک کشتی) و سامانه‌های یکپارچه گمرکی را در بندارش پیاده کرده است. چالش کنونی کره، توسعه قوانین داخلی برای تسهیل فناوری‌های هوشمند و پرداختن به مسائلی چون سازگاری اشتغال با اتوماسیون است. کره یک برنامه ملی تحت عنوان بندر هوشمند ۲۰۳۰ دارد که در آن تحقیق درباره کشتی‌های خودران، پیاده‌سازی آزمایشی شبکه 5G در بندار برای ارتباطات فوق سریع و ایجاد زنجیره‌های تأمین دیجیتال پیش‌بینی شده است.

علاوه‌بر موارد بالا، مطالعه تطبیقی ESCAP در سال ۲۰۲۱، ۶کشور آسیایی (کامبوج، چین، مالزی، میانمار، کره جنوبی و ویتنام) را از منظر آمادگی بندار برای هوشمندسازی بررسی کرده و برای هرکدام نقشه راهی پیشنهاد داده است. در جدول ۱ خلاصه‌ای از وضعیت این کشورها ارائه شده است

جدول ۱: برنامه توسعه بندار هوشمند در ۶کشور منتخب منطقه آسیا-اقیانوسیه بر اساس مطالعه ESCAP. این جدول نشان می‌دهد باوجود تفاوت‌های اقتصادی، محوره‌های مشترکی در الگوهای گذار به بندر هوشمند وجود دارد؛ از جمله تأکید بر سیستم‌های یکپارچه تبادل داده (PCS/Single Window)، استفاده از IoT و اتوماسیون در فازهای بعدی و اهمیت آموزش و اصلاح قوانین. ایران نیز می‌تواند با الهام از این تجربیات و بومی‌سازی راهکارها، مسیر تحول بندار خود را هموار سازد.