

تبیین نقش فناوری در تاب آوری بنادر کشور

نوع مقاله: پژوهشی - تبیینی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۸/۱۰	تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۸/۱۵	تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۸/۳۰
Hash: 12277bd05885e9ec76e589a0a9a2acc627c58321d951943b7c51c057f33a2f55		Article ID: MH-SMJ-8-3-3-2025, P7,1

نویسندگان

۱) مهدی کامیاب رودسری	Email: mkamyab@pmo.ir
دانشجوی دکتری برنامه ریزی محیط زیست و مدیر توسعه زیرساختهای مسافری دریایی سازمان بنادر و دریانوردی	
۲) عادل لک علی آبادی	Email: adlak@pmo.ir
کارشناس سازمان بنادر و دریانوردی	

چکیده

مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که فناوری، در عصر جدید، به محرک اصلی تاب آوری بندری تبدیل شده است. بنادر، در واکنش به افزایش تهدیدات پیچیده از تغییرات اقلیمی و بحران‌های ژئوپلیتیکی گرفته تا حملات سایبری و اختلالات زنجیره تأمین به‌طور فزاینده‌ای به دیجیتالی‌سازی، اتوماسیون و حکمرانی داده‌محور روی آورده‌اند. این تحول فناورانه اگرچه ظرفیت تصمیم‌گیری سریع‌تر، مدیریت پیش‌بینی و تداوم عملیاتی را تقویت می‌کند، اما هم‌زمان وابستگی‌های سیستمی و آسیب‌پذیری‌های جدیدی را نیز به وجود آورده است.

به‌طور خلاصه، تاب آوری بندری حاصل هم‌افزایی بین فناوری، حکمرانی و همکاری ذی‌نفعان است. فناوری زمانی می‌تواند تاب آوری را ارتقا دهد که در قالب چارچوبی جامع از حکمرانی داده، آموزش نیروی انسانی و ارزیابی مستمر ریسک‌های فناورانه پیاده‌سازی شود. در نتیجه، تمرکز بر یکپارچه‌سازی نوآوری‌های فناورانه با نظام مدیریت بندری و سیاست‌های پایداری، مسیر کلیدی برای دستیابی به بنادر تاب آور و رقابت‌پذیر در آینده محسوب می‌شود.

واژه‌های کلیدی: تاب آوری بنادر، امنیت بنادر، حاکمیت بنادر، زنجیره تأمین، لجستیک بندری

مقدمه

حمل و نقل دریایی به عنوان شریان حیاتی تجارت جهانی، بیش از ۸۰ درصد مبادلات کالایی بین المللی را جابه جا می کند و به واسطه شبکه ای پیچیده از مسیرهای دریایی، بنادر و گذرگاه های راهبردی، زیربنای اصلی جهانی سازی و هم پیوندی اقتصاد جهانی را تشکیل می دهد [۹]. بنادر دریایی، به عنوان گره های کلیدی این شبکه، نقش موتور محرکه در عملکرد اقتصادهای باز و عامل تعیین کننده در کارایی زنجیره تأمین جهانی دارند. [۷].

برآوردها نشان می دهد هر سال بیش از ۱۶ تریلیون دلار کالا از مرزهای بین المللی عبور می کند و حدود چهارپنجم کالاهای مصرفی روزمره از طریق حمل و نقل دریایی جابه جا می شود. براساس مطالعات انجام شده کاهش موانع موجود در زنجیره تأمین می تواند تجارت جهانی را تا ۱۵ درصد افزایش دهد و رشد اقتصادی و اشتغال زایی قابل توجهی ایجاد کند [۱۰]. تنها در سه ماهه نخست سال ۱۴۰۴، میلیون ها تن کالا در بنادر اصلی ایران تخلیه و بارگیری شده است که بیانگر اهمیت حیاتی این زیرساخت ها در توسعه ملی است.

با این حال، در عصر کنونی بنادر در معرض فشارهای چند بعدی قرار دارند، تغییرات اقلیمی، بحران های ژئوپلیتیکی، انرژی و تهدیدات سایبری که همگی می توانند کارآمدی، قابلیت اطمینان، تاب آوری و پایداری آن ها را به چالش بکشند. در نتیجه، از دهه ۱۹۹۰ به بعد، سرمایه گذاری بنادر در فناوری های اطلاعات و ارتباطات^۱، سامانه های دیجیتال و نوآوری های فناورانه به طور فزاینده ای گسترش یافته است. فناوری های دیجیتال نظیر اینترنت اشیا، هوش مصنوعی، بلاک چین، دوقلوی دیجیتال و تحلیل کلان داده ها به بنادر کمک می کنند تا با پایش بلادرنگ، پیش بینی اختلالات، و تصمیم گیری داده محور، توان انطباق و بازیابی خود را در شرایط بحران افزایش دهند. با این وجود، بهره گیری از فناوری علاوه بر فرصت ها، چالش های جدیدی، از جمله وابستگی فناورانه، آسیب پذیری سایبری و نیاز به مهارت های دیجیتال جدید در نیروی کار ایجاد می کند [۳].

در چنین فضایی، تاب آوری بندری به عنوان قابلیت راهبردی برای حفظ تداوم عملکرد، بازیابی سریع و انطباق با شرایط متغیر، به محور اصلی سیاست گذاری دریایی و بندری تبدیل شده است [۱]. از این رو، پژوهش حاضر با رویکردی روایتی به تبیین نقش فناوری های نوین در تقویت تاب آوری بنادر کشور به عنوان یکی از شریان های کلیدی مبادله کالا پرداخته و می کوشد ضمن شناسایی فناوری های کلیدی مؤثر، چالش های پیاده سازی مرتبط با آن ها را بررسی نماید.

پیشینه پژوهش

ادبیات حوزه بندری در دهه های اخیر نشان می دهد که امنیت، پایداری و تاب آوری به عنوان سه ستون اصلی مدیریت بندری مدرن به تدریج به یکدیگر پیوسته اند. بنادر امروزی دیگر صرفاً مکان های تخلیه و بارگیری کالا نیستند، بلکه گره های حیاتی شبکه زنجیره تأمین جهانی محسوب می شوند که هرگونه اختلال در عملکرد آن ها می تواند پیامدهای گسترده اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی به همراه داشته باشد [۲].

در گذشته، امنیت بندری عمدتاً به کنترل های فیزیکی، نظیر بازرسی محموله ها و حفاظت پیرامونی محدود می شد. اما با گسترش تهدیدات پیچیده نظیر حملات سایبری، تروریسم دریایی، تغییرات اقلیمی و اختلالات زنجیره تأمین جهانی (به ویژه در دوره همه گیری کرونا)، مفهوم امنیت به رویکردی چندبعدی، فناورانه و شبکه ای تحول یافته است.

در این چارچوب، پژوهش های جدید بر این نکته تأکید دارند که تاب آوری بندری صرفاً به ظرفیت فیزیکی زیرساخت ها وابسته نیست، بلکه در تعامل میان ابعاد فناورانه، سازمانی و زیست محیطی شکل می گیرد. این تحول مفهومی سبب شده است که فناوری های دیجیتال، علاوه بر ابزارهای کارایی، به مؤلفه های راهبردی در مدیریت بحران، تصمیم گیری بلادرنگ و پایداری عملیاتی تبدیل شوند [۱].

به طور کلی، براساس دیدگاه آنکتاد^۲ تاب آوری بندری بر سه محور بنیادین استوار است:

² UNCTAD: United Nations Conference on Trade and Development

¹ ICT: Information and Communications Technology

بحث

بنادر به عنوان گره‌های حیاتی در شبکه حمل و نقل جهانی، در معرض انواع خطرات فیزیکی، عملیاتی، سایبری و زیست محیطی قرار دارند که می‌تواند منجر به کاهش منافع اقتصادی، آسیب به شهرت بندر و اختلال در تداوم خدمات شود. این خطرات شامل حملات تروریستی، قاچاق کالا، بلایای طبیعی، خطاهای انسانی و رخداد های کم احتمال اما با تأثیر بالا هستند.

برای مقابله با این تهدیدها، مفهوم تاب‌آوری بندری به عنوان توانایی حفظ عملکردهای کلیدی و بازیابی سریع پس از بحران‌ها مطرح شده است.

تاب‌آوری بندری حاصل تعامل پویا میان حکمرانی مناسب، ساختار سازمانی انعطاف‌پذیر و نوآوری فناورانه است و شامل ابعاد ذیل می‌باشد:

الف) محورهای کلیدی حکمرانی و سازمانی

۱) نظام تصمیم‌گیری مناسب، هماهنگی و پاسخ‌گویی مؤثر: سازوکارهای تصمیم‌گیری، نقش‌ها و مسئولیت‌ها در بنادر باید چندسطحی، انعطاف‌پذیر، شفاف و مشخص باشند تا بتوانند در شرایط بحرانی تصمیم‌های سریع و هماهنگ اتخاذ کنند. تمرکز بیش از حد تصمیم‌گیری در سطوح مرکزی می‌تواند موجب تأخیر و کاهش واکنش‌پذیری شود. مضافاً فرآیند تصمیم‌گیری باید قانون‌مند و داده‌محور باشد و تعامل بین دولت، اپراتورها و بخش خصوصی به صورت ساختارمند انجام پذیرد. پژوهش‌ها نشان می‌دهند که مدل حکمرانی ترکیبی^۹، که توازن میان تمرکز و انعطاف را حفظ می‌کند، بیشترین اثر را در افزایش تاب‌آوری دارد.

۱. پیشگیری^۳: شناسایی زود هنگام تهدیدها از طریق سامانه‌های پایش هوشمند و هشدار اولیه؛

۲. پاسخ و بازیابی^۴: استفاده از ساختارهای مدیریتی و فناوری‌های دیجیتال برای تداوم عملکرد و بازگشت سریع به وضعیت عادی؛

۳. انطباق و یادگیری^۵: ایجاد نظام‌های یادگیرنده برای بهبود مستمر در برابر بحران‌های آینده.

در این میان، فناوری‌های نوین مانند بلاک‌چین^۶ و دوقلوی دیجیتال^۷ نقش کلیدی در تاب‌آوری ایفا می‌کنند، اولی با ایجاد شفافیت و امنیت در تبادلات داده و اسناد بندری، ریسک‌های اطلاعاتی را کاهش می‌دهد، و دومی با شبیه‌سازی بلادرنگ سناریوهای بحرانی، امکان تصمیم‌گیری مبتنی بر داده را برای مدیران بندر فراهم می‌سازد.

با این حال، ادبیات موجود فناوری را عامل دوگانه در تاب‌آوری بندری می‌داند. از یک سو، فناوری‌هایی چون هوش مصنوعی^۸، یادگیری ماشین^۹، تحلیل کلان‌داده‌ها^{۱۰}، اینترنت اشیا^{۱۱} و بلاک‌چین موجب بهبود دقت نظارت، پیش‌بینی اختلالات و تسهیل هماهنگی میان ذی‌نفعان می‌شوند. اما از سوی دیگر، همین فناوری‌ها می‌توانند منجر به وابستگی سیستمی، افزایش ریسک نفوذ سایبری، و آسیب‌پذیری شبکه‌های دیجیتال شوند، به‌ویژه در بنداری که فاقد حکمرانی داده‌ای یکپارچه و سیاست‌های امنیت سایبری منسجم‌اند [۱، ۲].

پژوهش‌های انجام شده نشان داده که بندر هوشمند^{۱۲} با بهره‌گیری از سیستم‌های مدیریت ایمنی^{۱۳} و سامانه‌های امنیتی و بهینه‌سازی یکپارچه، توانسته است سطح تاب‌آوری و ایمنی عملیاتی را به شکل محسوسی افزایش دهد. این مطالعه تأکید دارد که تاب‌آوری فناورانه نه تنها به زیرساخت‌های فیزیکی بلکه به ساختارهای نرم‌افزاری، حاکمیت دیجیتال و سرمایه انسانی وابسته است.

⁹ Machine learning

¹⁰ Big Data Analytics

¹¹ Internet of Things

¹² Smart Port

¹³ SMS

¹⁴ Hybrid Governance

³ Prevention

⁴ Response & Recovery

⁵ Adaptation

⁶ Blockchain

⁷ Digital Twin

⁸ Artificial intelligence

۲) همکاری بین‌سازمانی و مشارکت ذی‌نفعان:

تاب‌آوری بندری نیازمند همکاری میان بازیگران و ذی‌نفعان مرتبط است. ایجاد اکوسیستم تاب‌آور از طریق پلتفرم‌های داده‌اشتراک و تصمیم‌گیری مشارکتی، یکی از مؤلفه‌های کلیدی موفقیت در این زمینه است.

۳) زیرساخت فرهنگی:

مدیران بندری باید یادگیرنده و آینده‌نگر باشند و فرهنگ سازمانی مبتنی بر یادگیری از بحران‌ها، نوآوری و اعتماد بین ذی‌نفعان را تقویت کنند. وجود فرهنگ سازمانی سازگار و شبکه‌های یادگیری درون‌سازمانی از عوامل تعیین‌کننده تاب‌آوری ذاتی هستند.

۴) تمرکززدایی در مدیریت بندری:

نظام‌های حکمرانی غیرمتمرکز با تفویض اختیار به سطوح پایین‌تر، امکان پاسخ سریع‌تر به شرایط منطقه‌ای را فراهم می‌کنند. با این حال، این مدل زمانی مؤثر است که همراه با سازوکارهای نظارت، تبادل اطلاعات و هماهنگی مرکزی باشد تا از بروز ناهماهنگی جلوگیری شود. در مجموع، تاب‌آوری بندری نه تنها به زیرساخت‌ها، بلکه به کیفیت حکمرانی، تصمیم‌گیری و ارتباطات میان ذی‌نفعان وابسته است.

ب) فناوری‌های کلیدی مؤثر بر تاب‌آوری بندری

در سال‌های اخیر، مدیران بنادر در سراسر جهان به‌طور فزاینده‌ای از فناوری‌های پیشرفته برای بهینه‌سازی عملیات و تقویت تاب‌آوری بهره‌گرفته‌اند. فناوری‌های اطلاعات و ارتباطات (ICT) و سامانه‌های دیجیتال، قلب تاب‌آوری بنادر را تشکیل می‌دهند. مرور پژوهش‌ها نشان می‌دهد که فناوری‌های زیر، محرک‌های اصلی تاب‌آوری بندری هستند:

۱) اینترنت اشیاء و سامانه‌های حسگر هوشمند:

ایجاد شبکه‌ای از حسگرها برای پایش بلادرنگ وضعیت اسکله‌ها، جرثقیل‌ها و محموله‌ها باعث بهبود مدیریت خطر و کاهش زمان واکنش در بحران می‌شود.

۲) دوقلوهای دیجیتال:

مدل مجازی بلادرنگ از بندر که امکان شبیه‌سازی سناریوهای بحرانی (مانند طوفان، ازدحام یا خرابی تجهیزات) را فراهم می‌کند. این فناوری با ترکیب داده‌های عملیاتی و پیش‌بینی تحلیلی، تصمیم‌گیری را در شرایط عدم قطعیت تسهیل می‌کند.

۳) هوش مصنوعی و یادگیری ماشین:

الگوریتم‌های AI با تحلیل داده‌های ترافیکی، آب‌وهوایی و عملیاتی، قادرند اختلالات احتمالی را پیش‌بینی کرده و راه‌حل‌های بهینه برای تخصیص منابع یا مسیرهای جایگزین ارائه دهند. این فناوری‌ها به سمت خودکارسازی تصمیم‌گیری‌های بحرانی در بنادر پیش می‌روند.

۴) بلاک‌چین:

تضمین امنیت، شفافیت و غیرقابل‌تغییر بودن داده‌ها و اسناد حمل‌ونقل از طریق فناوری بلاک‌چین، خطر جعل و دست‌کاری داده را کاهش داده و در زمان بحران، تداوم زنجیره اسناد و اطلاعات را تضمین می‌کند.

۵) تحلیل کلان‌داده:

تحلیل حجم عظیمی از داده‌های عملیاتی، لجستیکی و زیست‌محیطی امکان شناسایی الگوهای آسیب‌پذیری و پیش‌بینی اثرات بحران‌ها را فراهم می‌کند. تصمیم‌گیری مبتنی بر داده به یکی از ستون‌های اصلی تاب‌آوری بندری تبدیل شده است.

۶) فناوری‌های انرژی پاک و مدیریت هوشمند زیرساخت‌ها:

سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر، ذخیره‌سازی انرژی و برق ساحلی¹⁵ در حفظ تداوم عملیاتی بندر در شرایط بحران‌های انرژی و تغییرات اقلیمی نقش حیاتی دارند. این فناوری‌ها علاوه بر تاب‌آوری، به پایداری زیست‌محیطی نیز کمک می‌کنند.

نتایج نشان می‌دهد که فناوری در بنادر دارای ماهیت دوگانه است. از یک‌سو، ابزار کلیدی در افزایش هوشیاری، پیش‌بینی بحران‌ها و ارتقای انعطاف عملیاتی محسوب می‌شود، از سوی دیگر، در صورت فقدان حکمرانی دیجیتال و زیرساخت‌های امنیتی، خود می‌تواند به عامل

¹⁵ shore power

چالش‌ها و موانع

اگرچه پیشرفت‌های فناوریانه، نقش چشمگیری در بهبود تاب‌آوری، پایداری و کارایی بنادر ایفا می‌کنند، اما در عین حال موجب بروز چالش‌ها و آسیب‌پذیری‌های تازه‌ای نیز شده‌اند. مطالعات متعددی نشان می‌دهد که فناوری در بنادر دارای ماهیت دوگانه است، از یک سو موجب تقویت تاب‌آوری و بهبود کارایی بنادر می‌شود، و از سوی دیگر، منبعی بالقوه از وابستگی، پیچیدگی و تهدیدات تازه‌ای ایجاد می‌کند. بر این اساس، چالش‌های کلیدی مرتبط با نقش فناوری در تاب‌آوری بندری را می‌توان در پنج محور اصلی دسته‌بندی کرد.

۱) چالش‌های فناوریانه و فنی:

بسیاری از بنادر از سیستم‌های فناوری اطلاعات چندگانه و غیریکپارچه استفاده می‌کنند که تبادل داده و همکاری بین‌بخشی را دشوار می‌سازد. فقدان استاندارد برای تبادل داده‌های بندری، ریسک خطا و اختلال در سیستم را افزایش می‌دهد.

با افزایش سطح دیجیتالی‌سازی، تهدیدات سایبری به یکی از جدی‌ترین چالش‌های تاب‌آوری بندری تبدیل شده است. حملات باج‌افزاری به سامانه‌های مدیریت ترافیک و پایانه‌های کانتینری می‌تواند کل زنجیره تأمین را مختل کند.

هرچند خودکارسازی باعث افزایش بهره‌وری می‌شود، اما در صورت بروز نقص نرم‌افزاری یا قطع ارتباط شبکه، می‌تواند کل عملیات را متوقف کند.

۲) چالش‌های سازمانی و بنیادی:

در بسیاری از بنادر، راهبردهای دیجیتال از راهبردهای کلان تاب‌آوری و پایداری جدا طراحی می‌شوند. این تفکیک موجب فقدان هم‌راستایی نهادی و ضعف در یکپارچه‌سازی داده‌ها و سیاست‌ها می‌شود. اپراتورها، نهادهای دولتی و شرکت‌های حمل‌ونقل اغلب از سامانه‌های مستقل استفاده می‌کنند که همکاری بین‌سازمانی را تضعیف می‌کند.

آسیب‌پذیری بدل گردد. بنابراین، تاب‌آوری فناوریانه^{۱۶} زمانی تحقق می‌یابد که فناوری در چارچوبی از مدیریت ریسک، حاکمیت داده و آموزش انسانی نهادینه شود.

همچنین ساختار حکمرانی و نظام تصمیم‌گیری بندری تعیین‌کننده نحوه استفاده از فناوری در مدیریت بحران‌ها است. در بنادر با ساختارهای متمرکز، سرعت تصمیم‌گیری بالا اما انعطاف پایین است، در مقابل، بنادر با نظام تمرکززدای ظرفیت انطباق منطقه‌ای و یادگیری سیستمی بیشتری برخوردارند.

در واقع، فناوری بدون ساختار حکمرانی مناسب، نمی‌تواند تاب‌آوری پایداری ایجاد کند، بلکه ممکن است به تاب‌آوری شکننده منجر شود، تاب‌آوری‌ای که در ظاهر بهبود یافته، اما در برابر اختلالات سیستمی آسیب‌پذیر باقی می‌ماند.

مضافاً فناوری‌های هوشمند (مانند *AI*، *IoT* و *Big Data*) تنها در صورتی اثربخش‌اند که نیروی انسانی توان تحلیل داده‌ها، واکنش به اختلالات و تصمیم‌گیری تطبیقی را داشته باشد. از این منظر، تاب‌آوری بندری پدیده‌ای فناوریانه، انسانی است، یعنی تعامل بین فناوری‌های پیشرفته و ظرفیت‌های یادگیری نیروی کار است که پایداری واقعی را تضمین می‌کند.

هرچند دیجیتالی‌سازی بنادر باعث بهبود کارایی و پایداری شده است، اما چالش‌هایی نظیر هزینه‌های سرمایه‌گذاری بالا، نبود استانداردهای داده و تهدیدات سایبری، مانع تحقق کامل تاب‌آوری فناوریانه می‌شوند. در این زمینه، بندری که از فناوری برای پشتیبانی و تقویت تصمیم‌گیری انسانی بهره می‌گیرند، نه برای جایگزینی آن، معمولاً از سطح بالاتری از تاب‌آوری برخوردارند.

به صورت کلی این بخش بیانگر این است که، فناوری به‌تنهایی تاب‌آورنده نیست، بلکه در ترکیب با نظام تصمیم‌گیری مشارکتی و چارچوب حکمرانی داده‌محور است که می‌تواند توان بازیابی و سازگاری بندر را در برابر بحران‌های آینده تضمین کند.

¹⁶ Technological Resilience

نتیجه گیری و پیشنهادات

یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که در عصر دیجیتال، فناوری به یکی از ارکان بنیادین تاب‌آوری بندری تبدیل شده است. بنادر کشور، به‌عنوان گره‌های حیاتی زنجیره تأمین جهانی، در مواجهه با تهدیدات متنوع از بلایای طبیعی تا حملات سایبری و اختلالات ژئوپلیتیکی ناگزیرند از فناوری‌های نوین برای حفظ تداوم عملیاتی و پایداری استفاده کنند.

بررسی‌های انجام‌شده نشان داد که تاب‌آوری بندری مفهومی چندبعدی و پویا است که نوآوری فناورانه، سازگاری سازمانی و درهم‌تنیدگی سیستم‌ها را با یکدیگر تلفیق می‌کند.

این پژوهش تأیید می‌کند که فناوری صرفاً ابزاری فنی نیست، بلکه یک توانمندساز سیستمی است که می‌تواند با بهبود ارتباطات، تحلیل داده و خودکارسازی فرآیندها، ظرفیت بازیابی و سازگاری بندر را در شرایط بحران افزایش دهد. با این حال، بهره‌گیری از فناوری بدون حکمرانی داده‌محور، امنیت سایبری و آموزش مستمر نیروی انسانی، می‌تواند به وابستگی و شکنندگی بیشتر منجر شود.

در نتیجه، تاب‌آوری فناورانه بندر تنها زمانی تحقق می‌یابد که تحول دیجیتال در چارچوبی یکپارچه، ایمن و یادگیرنده طراحی شود. بندری که فناوری را با حکمرانی و فرهنگ سازمانی سازگار ادغام کرده‌اند، توانسته‌اند در بحران‌های اخیر مانند کووید-۱۹ تداوم عملکرد خود را حفظ کنند.

بر این اساس، مجموعه‌ای از پیشنهادات برای سیاست‌گذاران و نهادهای دریایی کشور ارائه می‌شود:

(۱) تدوین پروتکل‌های امنیت سایبری بندری بر اساس استانداردهای IMO^{۱۷} برای کاهش تهدیدات دیجیتال.

(۲) طراحی چارچوب حکمرانی داده برای مدیریت اشتراک، امنیت و مالکیت داده‌های بندری.

(۳) ایجاد نظام ملی و منطقه‌ای تاب‌آوری بندری با محوریت وزارتخانه‌ها و سازمان‌های دریایی.

۳) چالش‌های انسانی و مهارتی:

یکی از موانع مهم تحول فناورانه در بنادر، کمبود مهارت‌های دیجیتال و تحلیلی در کارکنان است. گذار از بنادر سنتی به بنادر هوشمند نیازمند بازآموزی نیروی کار در حوزه‌های داده‌کاوی، امنیت سایبری و تحلیل پیش‌بینی است.

ورود فناوری‌های جدید گاهی با مقاومت فرهنگی یا نهادی روبه‌رو می‌شود، به‌ویژه در ساختارهای مدیریتی سنتی که اتوماسیون را تهدیدی برای نیروی انسانی تلقی می‌کنند.

۴) چالش‌های اقتصادی و مالی:

سامانه‌هایی چون دوقلوهای دیجیتال، بلاک‌چین یا هوش مصنوعی به سرمایه‌گذاری اولیه و نگهداری مداوم نیاز دارند. در بنادر کوچک یا کشورهای در حال توسعه، کمبود منابع مالی مانع پیاده‌سازی فناوری‌های پیشرفته می‌شود.

در بسیاری از پروژه‌های دیجیتال، شاخص‌های سودآوری و اثربخشی بلندمدت به‌خوبی تعریف نشده‌اند و این مسئله موجب تردید در سرمایه‌گذاری پایدار می‌شود.

۵) چالش‌های زیست‌محیطی و پایداری:

استفاده از سامانه‌های خودکار و پردازش داده‌های عظیم، نیاز به انرژی بالا دارد که در صورت نبود زیرساخت انرژی پاک، ممکن است با اهداف پایداری در تضاد قرار گیرد.

همچنین نوسازی سریع تجهیزات و سامانه‌ها موجب افزایش پسماند فناورانه و هزینه‌های زیست‌محیطی جدید می‌شود.

در مجموع، بهره‌گیری از فناوری برای افزایش تاب‌آوری بندری، هم فرصت و هم تهدید است. در یک سو، فناوری‌های دیجیتال موجب تصمیم‌گیری سریع‌تر، تداوم خدمات و کارایی بالاتر می‌شوند، اما در سوی دیگر، وابستگی سیستماتیک، حملات سایبری، کمبود مهارت و ضعف حکمرانی فناوری می‌توانند تاب‌آوری واقعی را تضعیف کنند.

¹⁷ International Maritime Organization

Explaining the Role of Technology in the Resilience of the Country's Ports

community systems: A bibliometric analysis and systematic literature review. Elsevier

9) Review of maritime transport (2024). UNITED NATIONS CONFERENCE ON TRADE AND DEVELOPMENT

10) Nexhat Kapidani, Sanja Bauk, and Innocent E.A. Davidson (2021). Developing Countries' Concerns Regarding Blockchain Adoption in Maritime. Journal of Marine Science and Engineering

نگارنده: مهدی کامیاب رودسیری و عادل لک علی آبادی

- ۴) توسعه راهبردهای هم‌راستا میان دیجیتالی‌سازی، تاب‌آوری و پایداری زیست‌محیطی در اسناد راهبردی بنادر.
- ۵) بهره‌گیری از سرمایه‌گذاری بخش خصوصی در فناوری‌های کلیدی مانند دوقلوهای دیجیتال، حسگرهای IoT و سامانه‌های هوش مصنوعی برای پایش، پیش‌بینی و واکنش سریع به بحران‌ها.
- ۶) ایجاد پلتفرم‌های داده مشترک برای تبادل اطلاعات میان سازمان بنادر و دریانوردی، اپراتورها، گمرک و شرکت‌های حمل‌ونقل.
- ۷) حمایت از توسعه فناوری‌های انرژی پاک به عنوان بخش مکمل تاب‌آوری زیست‌محیطی.
- ۸) طراحی و اجرای برنامه‌های آموزشی تخصصی در حوزه تحول دیجیتال بندری، تحلیل داده و امنیت سایبری.

منابع

- 1) Giannis T. Tsoulfas. (2025). *Port resilience: A systematic literature review*. Journal Maritime Economics & Logistics
- 2) Michael Edgerton. (2021). *Port and Maritime Security and Sustainability*. Springer
- 3) Anahita Molavi, G., Lim, G. J., & Race, B. (2019). A framework for building a smart port and smart port index. *International Journal of Sustainable Transportation*
- 4) Eleni C. Gkika, Dimitrios Drosos, Antonios Kargas, Faidon Komisopoulos, and Stamatios Ntanos (2025). Employee Job Satisfaction in Greek Ports Using a Multi-Criteria Method. Springer
- 5) Aggeliki Sgora, Agisilaos Konidaris, and Spyros Polykalas (2025). Greek Cruise Ports' Performance Evaluation: A Multi-Criteria Decision Method (MCDM) Approach. Springer
- 6) Eleni C. Gkika, Dimitrios Drosos, Antonios Kargas, Faidon Komisopoulos, and Stamatios Ntanos (2025). The International Ship and Port Facility Security (ISPS) Code and Port-Industry Stakeholders Satisfaction. Springer
- 7) Basma Belmoukari, Jean François Audy and Pascal Forget (2023). Smart port: a systematic literature review. *European Transport Research Review*. Springer
- 8) Adil Nasser, Fatima Ouzayd, Hamid Ech-cheikh (2025). Blockchain technology in maritime single window and port