Marine and Port Servicesch
Spring 2024, 1(3), 85-110
journalspmco.ir

Original research
Received: 03 April 2024 Review: 02 June 2024 Accepted: 09 June 2024

Iran's Economic Resilience: Smart Port Innovations Steering through Sanctions Regimes

Ali Adami — Associate Professor, Department of International Relations, Faculty of Law and Political Sciences, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran

Mohammad Yusefvand * — Ph.D. Candidate in Regional Studies, Faculty of Law and Political Sciences, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran

Abstract

In an era marked by global economic challenges and sanctions, this article delves into the transformative role of smart ports, leveraging advanced technologies, in fortifying economic resilience for nations like Iran. This study explicitly addresses the question of whether the integration of smart port technologies can serve as an effective tool to mitigate the economic impact of sanctions on Iran, with a specific emphasis on bolstering trade resilience and operational efficiency amid geopolitical challenges. The research meticulously explores the functionalities of smart ports, scrutinizing their role in optimizing trade operations, resource allocation, and overall port efficiency. The study hypothesizes that the adaptive capacities of smart ports contribute significantly to economic resilience by facilitating the diversification of trade routes and adeptly responding to constraints imposed by sanctions. Through these comprehensive objectives, the article aims to provide valuable insights into the strategic utilization of smart port technologies as a transformative tool for nations navigating the complexities of international trade under sanctions, particularly focusing on Iran.

Keywords: Smart Ports, Complex Adaptive Systems, Sanction Regimes, Economic Resilience.

*Corresponding Author: Yusefvand@gmail.com
How to Cite: Adami, A., Yusefvand, M. (2024). Iran's Economic Resilience: Smart Port Innovations Steering through Sanctions Regimes. *Marine and Port Servicesch, 1(3),* 85-110.

فصلنامه «خدمات دریایی و بندری» (علمی-تخصصی)
دوره ۱، شماره ۳، بهار ۱۴۰۳، ۸۵-۱۱۰
journalspmco.ir

مقاله پژوهشی
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۱۵
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۳/۱۳
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۲۰

تاب‌آوری اقتصادی ایران: نوآوری‌های بنادر هوشمند در عبور از رژیم تحریم‌ها

علی آدمی دانشیار گروه روابط بین‌الملل، دانشکده حقوق و علوم سیاسی دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران

محمد یوسف‌وند * دکتری رشته مطالعات منطقه‌ای، دانشکده حقوق و علوم سیاسی دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران

چکیده

در دنیای امروز که با چالش‌های اقتصادی جهانی و تحریم‌ها روبه‌رو است، این مقاله به بررسی نقش تحول‌آفرین بنادر هوشمند می‌پردازد که با بهره‌گیری از فناوری‌های پیشرفته، به تقویت تاب‌آوری اقتصادی کشورهایی مانند ایران کمک می‌کنند. پژوهش حاضر به‌طور خاص به این پرسش می‌پردازد که آیا ادغام فناوری‌های بنادر هوشمند، با تأکید بر تقویت تاب‌آوری تجاری و افزایش بهره‌وری عملیاتی در مواجهه با چالش‌های ژئوپولیتیکی، می‌تواند به‌عنوان ابزاری مؤثر برای کاهش اثرات اقتصادی تحریم‌ها بر ایران عمل کند یا خیر. این تحقیق به‌دقت عملکرد بنادر هوشمند را موردبررسی قرار داده و نقش آن‌ها در بهینه‌سازی عملیات تجاری، تخصیص منابع و افزایش کارایی بندر تحلیل می‌کند. فرضیه این مطالعه بر این است که قابلیت‌های انطباقی بنادر هوشمند با تنوع‌بخشی به مسیرهای تجاری و پاسخ مؤثر به محدودیت‌های تحریمی به‌طور چشمگیری به تاب‌آوری اقتصادی کمک می‌کند. این مقاله تلاش دارد تا با اهداف جامع خود، بینش‌های ارزشمندی را درباره استفاده راهبردی از فناوری‌های بنادر هوشمند به‌عنوان ابزاری تحول‌آفرین برای کشورهایی که با پیچیدگی‌های تجارت بین‌المللی در شرایط تحریم روبه‌رو هستند، به‌ویژه با تمرکز بر ایران، ارائه دهد.

کلیدواژه‌ها: بنادر هوشمند، سیستم‌های انطباق‌پذیر پیچیده، رژیم‌های تحریمی، تاب‌آوری اقتصادی.

* نویسنده مسئول: Yusefvand@gmail.com

۱. مقدمه

در طول تاریخ، بنادر همواره نقش راهبردی بسیار مهمی داشته‌اند؛ آن‌ها به‌عنوان پیوندهای حیاتی میان شهرها و قاره‌ها عمل کرده و هم‌زمان مراکز اقتصادی، فرهنگی و اجتماعی جوامع و پایگاه‌های محلی برای مناطق داخلی بوده‌اند. در دهه‌های اخیر، تحولی چشمگیر در این حوزه به وقوع پیوسته است که با تغییرات کیفی پیچیده و پویای صنایع مختلف درنتیجه فرآیندهای دیجیتالی‌سازی و خودکارسازی همراه بوده است. مدل‌های سنتی کسب‌وکار اکنون با ورود فناوری‌های نوظهوری همچون بلاکچین، هوش مصنوعی، پلتفرم‌های الکترونیکی، تحلیل‌های پیشرفته، اینترنت اشیا، وسایل نقلیه خودکار، رباتیک و یادگیری ماشینی تکمیل شده‌اند؛ فناوری‌هایی که میدنوا و ایلین (۲۰۱۹) بر اهمیت آن‌ها تأکید کرده‌اند. این فناوری‌ها اکنون در مرکز توجه قرار گرفته‌اند و چشم‌انداز فعالیت‌های بندری را به‌طور بنیادین متحول کرده‌اند.

بنادر هوشمند که به فناوری‌های پیشرفته‌ای مانند اینترنت اشیا(IoT) ، تحلیل کلان‌داده‌ها، رایانش ابری و هوش مصنوعی (AI) مجهز هستند، به‌عنوان راه‌حل‌های نوآورانه‌ای پدیدار شده‌اند که توانایی متحول کردن عملیات سنتی بندری را دارند. این بنادر علاوه بر بهبود کارایی عملیاتی، پتانسیلی فراتر از بنادر سنی را به نمایش می‌گذارند. در شرایطی که برخی کشورها تحت تحریم قرار دارند و مسیرهای تجاری سنتی با محدودیت‌هایی روبه‌رو می‌شوند، بنادر هوشمند به‌عنوان ابزاری کارآمد و مؤثر ظاهر می‌شوند. به‌طور مشخص، ایران که تحت تحریم‌های متعددی قرارگرفته و فعالیت‌های اقتصادی‌اش با چالش‌هایی مواجه شده است، می‌تواند از بنادر هوشمند به‌عنوان یک راهبرد کلیدی برای غلبه بر برخی از موانع ناشی از تحریم‌ها بهره‌مند شود.

با استفاده از فناوری‌های پیشرفته، بنادر هوشمند به ایران امکان می‌دهند که با پیچیدگی‌های تجارت جهانی به‌خوبی مقابله کند. اینترنت اشیا (IoT) قابلیت نظارت و مدیریت لحظه‌ای فعالیت‌های بندری را فراهم کرده و به بهینه‌سازی مصرف منابع کمک می‌کند. تحلیل کلان‌داده‌ها با ارائه بینش‌های پیش‌بینی‌کننده، تصمیم‌گیری‌های دقیق‌تر و

کاهش ریسک‌ها را تسهیل می‌کند. علاوه بر این، سیستم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی(AI) با تقویت پروتکل‌های امنیتی، به تضمین رعایت استانداردهای بین‌المللی کمک می‌کنند و امنیت عملیات بندری را افزایش می‌دهند.

درواقع، پذیرش بنادر هوشمند توسط کشورهایی که تحت تحریم قرار دارند، مانند ایران، فرصتی فراهم می‌کند نه‌تنها برای بهبود عملیات بندری، بلکه برای تقویت تاب‌آوری اقتصادی در برابر محدودیت‌ها. ترکیب فناوری و عملیات دریایی به‌عنوان یک کاتالیزور عمل کرده و به غلبه بر چالش‌های ژئوپلیتیکی کمک می‌کند. این رویکرد نشان می‌دهد چگونه راه‌حل‌های نوآورانه می‌توانند مسیر توسعه فراگیر و پایدار را حتی در محیط‌های محدود هموار کنند.

این پژوهش به بررسی نقش تحول‌آفرین بنادر هوشمند، در افزایش تاب‌آوری اقتصادی کشورها، با تأکید بر ایران، می‌پردازد. پرسش اصلی این تحقیق این است که آیا فناوری‌های بنادر هوشمند می‌توانند به‌طور مؤثری از شدت تأثیرات اقتصادی تحریم‌ها بر ایران بکاهند؟ تمرکز ویژه این پرسش بر این است که چگونه این فناوری‌ها می‌توانند تاب‌آوری تجاری را تقویت کرده و بهره‌وری عملیاتی را در شرایط پیچیده ژئوپلیتیکی افزایش دهند. فرضیه این پژوهش آن است که ظرفیت‌های انطباقی بنادر هوشمند می‌توانند به شکلی چشمگیر به تقویت تاب‌آوری اقتصادی کمک کنند. این امر با تسهیل در تنوع‌بخشی به مسیرهای تجاری و واکنش مؤثر به محدودیت‌های ناشی از تحریم‌ها ممکن می‌شود. این مطالعه با بررسی دقیق عملکرد بنادر هوشمند و نقش آن‌ها در بهینه‌سازی فرآیندهای تجاری و تخصیص منابع، قصد دارد بینش‌های ارزشمندی در زمینه بهره‌برداری راهبردی از این فناوری‌ها به‌عنوان ابزاری تحول‌آفرین برای کشورهایی که تحت تحریم‌ها تجارت می‌کنند، ارائه دهد و تمرکز ویژه‌ای بر ایران دارد.

۲. چارچوب نظری: سیستم‌های انطباق‌پذیر پیچیده(CAS)

سیستم‌های انطباق‌پذیر پیچیده (CAS) به‌عنوان یک چارچوب نظری پژوهش ما، روشی برای بررسی، شفاف‌سازی و درک سیستم‌هایی ارائه می‌دهد که از عوامل مختلفی تشکیل

شده‌اند و تعاملات جمعی این عوامل به ویژگی‌های نوظهور در سطح کلان منجر می‌شود. این عوامل که می‌توانند شامل نهادها یا موجودیت‌های مختلف باشند، از طریق سازوکارهای بازخوردی به‌هم‌پیوسته در سراسر سیستم، الگوهای نوظهوری ایجاد می‌کنند. این چرخه‌های بازخوردی منجر به شکل‌گیری و تقویت یک «حوضه جاذبه» می‌شوند— یک الگوی رفتاری پایدار که خارج از وضعیت تعادلی قرار دارد (Carmichael & Hadžikadić, 2019).

به گفته کارمایکل و حاژیکادیچ (۲۰۱۹)، سیستم انطباق‌پذیر پیچیده (CAS) با حضور تعداد زیادی از عوامل مشابه که ویژگی‌های زیر را دارند، تعریف می‌شود:

- **بازخورد**: بازخورد فرآیندی است که در آن نتایج یک سیستم در یک زمان، ورودی‌های آن در زمان بعدی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در سیستم‌های پیچیده، تعاملات بین عوامل می‌توانند بازخورد تولید کنند که نتایج تعاملات خاص بر تعاملات آینده تأثیر می‌گذارد.
- **ویژگی‌های نوظهور و خودسازمان‌دهی**: سیستم نشان‌دهنده ویژگی‌های نوظهوری است که به‌طور جمعی بروز می‌کنند و به‌راحتی در سطح عامل فردی قابل‌مشاهده نیستند. خودسازمان‌دهی نیز آشکار است، به‌طوری‌که نظم و الگوها به‌طور خودجوش از تعاملات پدیدار می‌شوند.
- **رفتار دینامیک غیرخطی**: سیستم رفتار دینامیک غیرخطی نشان می‌دهد که در آن رابطه بین علت و معلول متناسب یا مستقیم نیست.

چارچوب CAS برای توصیف سیستم‌ها در محیط‌ها و رشته‌های مختلف، در مقیاس‌های مختلف از حرکت‌های کلان اقتصادی تا کسب دانش فردی و از تعاملات اجتماعی در مقیاس بزرگ تا رفتارهای سلولی کوچک، انعطاف‌پذیر است.

بنادر هوشمند را می‌توان بر اساس چند ویژگی اساسی که با معیارهای CAS همخوانی دارند، به‌عنوان سیستم‌های انطباق‌پذیر پیچیده تصور کرد. ویژگی‌های CAS که توسط ویکیسک، مک‌کلوی و هولسمان (۲۰۰۸) بحث شده‌اند، چارچوبی را برای درک

پویایی بنادر هوشمند فراهم می‌کنند.

- **عوامل ناهمگون**[1] :بنادر هوشمند شامل نهادهای مختلفی مانند شرکت‌های کشتیرانی، ارائه‌دهندگان خدمات لجستیکی، گمرک و مقامات بندری هستند. این نهادها نقش‌ها، اهداف و الگوهای رفتاری متفاوتی دارند که بازتابی از ویژگی ناهمگونی CAS است.
- **تعامل**[2] :تعامل میان اجزای مختلف درون یک بندر هوشمند، مانند سیستم‌های جابجایی بار، شبکه‌های حمل‌ونقل و فرآیندهای اداری، منعکس‌کننده سطح بالای تعامل‌پذیری موجود در CAS است. تبادل اطلاعات و منابع برای عملکرد کارآمد این سیستم‌ها ضروری است.
- **خودمختاری**[3]: عوامل درون بنادر هوشمند، ازجمله شرکت‌های کشتیرانی، شرکت‌های لجستیکی و سیستم‌های خودکار، اغلب به صورت خودمختار عمل می‌کنند. آن‌ها بدون کنترل مستقیم خارجی تصمیم‌گیری کرده و اقدام می‌کنند که بازتابی از اصل خودمختاری در CAS است.
- **توانایی یادگیری**: بنادر هوشمند نشان‌دهنده توانایی یادگیری و انطباق هستند. استفاده از فناوری‌های پیشرفته، تحلیل داده‌ها و هوش مصنوعی به این سیستم‌ها اجازه می‌دهد که عملیات خود را بر اساس تجربیات و شرایط متغیر تغییر دهند که از ویژگی‌های CAS است.

علاوه بر این، رفتار بنادر هوشمند با برخی از ویژگی‌های CAS همخوانی دارد:

- **خودسازمان‌دهی**: تعاملات خودمختار میان اجزای مختلف درون بنادر هوشمند منجر به خودسازمان‌دهی می‌شود. هماهنگی فعالیت‌ها، بهینه‌سازی فرآیندها و واکنش‌های انطباقی از تعاملات میان نهادهای مختلف شکل می‌گیرد.
- **منطقه ذوب‌شدن**: مفهوم «منطقه ذوب‌شدن» درCAS ، جایی که پیچیدگی نوظهور شکل می‌گیرد، می‌تواند معادل با طبیعت پویای بنادر هوشمند باشد. این بنادر به طور مداوم

1. Heterogeneous Agents
2. Interaction
3. Autonomy

برای پاسخگویی به تقاضاها و شرایط در حال تغییر تکامل می‌یابند و در منطقه‌ای از پیچیدگی نوظهور عمل می‌کنند.

- **هم‌تکاملی**: بنادر هوشمند و عناصر به‌هم‌پیوسته آن‌ها، مانند سیستم‌های حمل‌ونقل و زنجیره‌های تأمین، هم‌تکاملی را نشان می‌دهند. تغییر در یک جنبه از سیستم می‌تواند انطباق‌های جدیدی در اجزای دیگر به وجود آورد که منجر به تکامل مستمر و وابسته به هم می‌شود.

در نتیجه، بنادر هوشمند ویژگی‌های کلیدی سیستم‌های انطباق‌پذیر پیچیده را به اشتراک می‌گذارند و چارچوب CAS به‌عنوان یک دیدگاه ارزشمند برای درک عملکردهای پیچیده و پویا آن‌ها عمل می‌کند. انطباق‌پذیری، تعامل‌پذیری و رفتارهای نوظهور مشاهده‌شده در بنادر هوشمند با اصول CAS همخوانی دارند و بینش‌هایی را برای طراحی، مدیریت و بهینه‌سازی این سیستم‌ها ارائه می‌دهند.

۳. فناوری‌های بنادر هوشمند

بنادر به‌عنوان شریان‌های اقتصادی مناطق محل استقرار خود عمل می‌کنند و در اقتصاد جهانی مدرن که با افزایش مستمر حجم تجارت و تقاضای فزاینده برای تحویل‌های «به‌موقع» همراه است، نقش محوری ایفا می‌کنند؛ نقشی که مستلزم عملکرد عملیاتی بدون وقفه است (براکه و همکاران، ۲۰۲۱). در سال‌های اخیر، بنادر تحولی چشمگیر را تجربه کرده‌اند و به سمت تبدیل‌شدن به بنادر هوشمند حرکت کرده‌اند. بنادر هوشمند، بنادری هستند که از دستاوردهای علمی و فناوری بهره می‌برند تا سطح بهره‌وری و کارایی را بهبود بخشند (Yi et al., 2020).

همان‌طور که هسو، چو و دینگ (۲۰۲۳) اشاره می‌کنند، تمایل به پیاده‌سازی و استفاده از بنادر هوشمند پس از پاندمی کووید-۱۹ به‌طور قابل‌توجهی افزایش یافته است. بهبود اقتصادی و افزایش تقاضاهای مربوط به ترافیک دریایی، بنادر سنتی را وادار کرده است تا تحولی را تجربه کنند که با افزایش کارایی، قابلیت اطمینان و تضمین همراه است. این فرایند تحول‌آمیز، بنادر هوشمند را به‌عنوان پیشروان نوآوری‌های فناوری معرفی

می‌کند که اینترنت اشیا(IoT) ، کلان‌داده و رایانش ابری را در عملیات خود ادغام می‌کنند. این فناوری‌ها به بنادر هوشمند اجازه می‌دهند که فرآیندهای بارگیری و تخلیه کالا را به‌صورت خودکار و یکپارچه انجام دهند و ناوبری دقیق کشتی‌های ورودی و خروجی را تسهیل کنند. ادغام اینترنت اشیا، کلان‌داده و هوش مصنوعی نه‌تنها به چالش‌های ناشی از پاندمی پاسخ می‌دهد، بلکه آغازگر عصری است که در آن صنعت حمل‌ونقل سنتی به یک بخش خدماتی پیشرفته و مبتنی بر فناوری‌های نوین تبدیل می‌شود که ارزش اقتصادی و شیوه‌های مدیریت پایدار را به ارمغان می‌آورد. با تحول بنادر هوشمند و تأثیر چندجانبه آن‌ها بر کارایی، امنیت و ملاحظات زیست‌محیطی، لزوم بررسی عمیق این فناوری‌های کلیدی در زمینه عملیات و مدیریت بندری آشکار می‌شود.

بنادر هوشمند که گاهی اوقات به‌عنوان بنادر هوشمند خودکار، رباتیک یا مستقل نیز نامیده می‌شوند، نشان‌دهنده رویکردی تحول‌آمیز در مدیریت بندری هستند که هدف کلی آن افزایش بهره‌وری، کارایی و پایداری است. اگرچه تعریف بنادر هوشمند در میان پژوهشگران ممکن است متفاوت باشد، اما توافق کلی بر ادغام فناوری‌های پیشرفته‌ای مانند اینترنت اشیا(IoT) ، فناوری اطلاعات و ارتباطات(ICT) ، کلان‌داده و راه‌حل‌های دوستدار محیط‌زیست است. بر اساس مطالعات مختلف، اجزای اصلی بنادر هوشمند شامل خودکارسازی، بهره‌وری بالا و امکانات زیست‌محیطی در زیرساخت‌های بندری است. برخی محققان، بنادر هوشمند را به‌عنوان سیستم‌های دارای زیرساخت‌های خودکار، سطوح بالای بهره‌وری و امکانات سبز در عملیات، تجهیزات لجستیکی و زیرساخت‌های لجستیکی توصیف می‌کنند (Jun, Lee, & Choi, 2018).

۳-۱ .فناوری اطلاعات و ارتباطات(ICT)

همان‌طور که جون، لی و چوی (۲۰۱۸) بیان می‌کنند، بنادر هوشمند با بهره‌گیری از داده‌های لحظه‌ای، فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) و خودکارسازی، در جهت بهبود اندازه کشتی‌های کانتینری، جریان لجستیک و کارایی کلی حرکت می‌کنند. مصرف انرژی به‌عنوان یک شاخص مهم برای ارزیابی رقابت‌پذیری بنادر هوشمند مطرح است و

فناوری ICT نقش مهمی در بهینه‌سازی زنجیره تأمین بندر ایفا می‌کند. استفاده از راه‌حل‌های ICT امکان تعامل یکپارچه میان سیستم‌های لجستیکی بندری و خشکی را فراهم می‌آورد، مدیریت جریان‌های لجستیکی را ساده کرده و همکاری بین ذی‌نفعان را تقویت می‌کند. با توجه به هدف صنعت لجستیک بندری جهانی که کاهش ۵۰ درصدی انتشار دی‌اکسید کربن تا سال ۲۰۵۰ را دنبال می‌کند، بنادر هوشمند با استفاده از فناوری‌های انرژی تجدیدپذیر جدید به این هدف کمک می‌کنند. تمرکز محیط‌زیستی بنادر هوشمند فراتر از کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای است و شامل کاهش آلودگی خاک، هوا و آب و همچنین بازیافت ضایعات می‌شود و این بنادر را با چشم‌اندازی پایدار و دوستدار محیط‌زیست همسو می‌کند.

۳-۲ .پلتفرم‌های اینترنت اشیا(IoT)

در چشم‌انداز معاصر، اینترنت اشیا (IoT) به‌عنوان یک الگوی فناوری تحول‌آفرین در حوزه‌های مختلف، به‌ویژه در بنادر هوشمند، مطرح شده است. تکامل جهانی توسعه بنادر از سه مرحله متمایز عبور کرده است: بندر بدون کاغذ، بندر دیجیتال و بندر هوشمند، همان‌طور که وانگ و همکاران (۲۰۱۲) توضیح می‌دهند. در مواجهه با چالش‌هایی همچون پاندمی کووید-۱۹، بسیاری از بنادر استراتژی‌های خود را بازنگری کرده و به‌طور فزاینده‌ای به راه‌حل‌های بنادر هوشمند برای تصمیم‌گیری آگاهانه‌تر و افزایش کارایی عملیاتی روی آورده‌اند. دوره تحول دیجیتال کنونی این امکان را برای سازمان‌ها فراهم کرده است تا به حجم وسیعی از اطلاعات لحظه‌ای دسترسی داشته باشند که منجر به افزایش چشمگیر بهره‌وری و موفقیت کلی کسب‌وکار می‌شود. به‌عنوان یک جنبه کلیدی از این تغییر دیجیتال، خودکارسازی و ادغام منابع فیزیکی در اینترنت جهانی به یکی از اجزای محوری تبدیل شده است. بنادر هوشمند نیازمند پلتفرمی دیجیتال هستند که از اجزای مناسبی برای تبدیل داده‌ها به اطلاعات قابل اقدام تشکیل شده باشد. پلتفرم‌های اینترنت اشیا نقش حیاتی در برنامه‌ریزی، ارتباطات و اجرای راه‌حل‌های حمل‌ونقل ایفا می‌کنند و همچنین پیگیری کشتی‌ها و محموله‌ها را تسهیل می‌نمایند. هدف اصلی این

پلتفرم‌ها افزایش اشتراک اطلاعات و تسریع در خدمات لجستیکی دریایی از مبدأ تا مقصد است. به طور خلاصه، راه‌حل‌های IoT یا پلتفرم‌ها، مدیریت دستگاه‌ها را ساده‌سازی کرده، ارتباطات سخت‌افزار/نرم‌افزار را تسهیل می‌کنند، جمع‌آوری و تحلیل داده‌ها را ممکن می‌سازند و عملکرد برنامه‌های هوشمند را بهبود می‌بخشند (Bouhlal, Aitabdelouahid, & Marzak, 2022).

تحول IoT در گسترش مداوم بازار جهانی حسگرها، به‌ویژه در پروژه‌هایی مانند «صنعت ۴,۰» آلمان و «ساخت چین ۲۰۲۵» چین بازتاب دارد. یک بندر هوشمند که به‌طور کامل خودکار است، به زیرساخت اینترنت اشیا وابسته است و شامل حسگرهای هوشمند، محرک‌ها، دستگاه‌های بی‌سیم و مراکز داده می‌شود تا سرعت و کارایی خدمات بندری را افزایش دهد. نیروهای محرک پشت بنادر هوشمند، افزایش بهره‌وری و کارایی است که از مجموعه‌ای از حسگرها بهره می‌برد. برخی از کاربردهای خاص شامل الگوریتم‌های موقعیت‌یابی و جلوگیری از موانع برای وسایل نقلیه هدایت‌شونده خودکار(AGV) ، راهبردهای موقعیت‌یابی تلفیقی برای وسایل نقلیه زمینی، تحلیل حرکت جرثقیل‌های کانتینری و ارزیابی‌های مبتنی بر پایش سلامت سازه‌ای، حسگرهای اولتراسونیک برای اندازه‌گیری فاصله و روش‌های مبتنی بر بینایی رایانه‌ای برای تعیین موقعیت کانتینر است (Yang et al., 2018).

همان‌طور که بلفکیه و همکاران (۲۰۱۷) در مقاله خود اشاره می‌کنند، در سال‌های اخیر، اینترنت اشیا (IoT) توجه زیادی را در صنعت حمل‌ونقل به خود جلب کرده و بسیاری از بنادر جهانی را به سمت ایده بندر هوشمند سوق داده است. هدف از این حرکت، گذار از زنجیره‌های تأمین بندری سنتی به بنادر هوشمند است که تصمیم‌گیری هوشمندانه‌تر را ممکن کرده و جریان‌های لجستیکی و حمل‌ونقل را بهینه می‌سازد. اجرای اینترنت اشیا در زیرساخت بندری نیازمند فناوری‌های جدیدی مانند حسگرها، ارتباطات بی‌سیم و رایانش ابری است تا یک سیستم متصل قابل‌اعتماد ایجاد شود. بااین‌حال، استفاده از IoT با چالش‌هایی همراه است که شامل مواجهه با فناوری‌های ناهمگن، انواع داده‌های

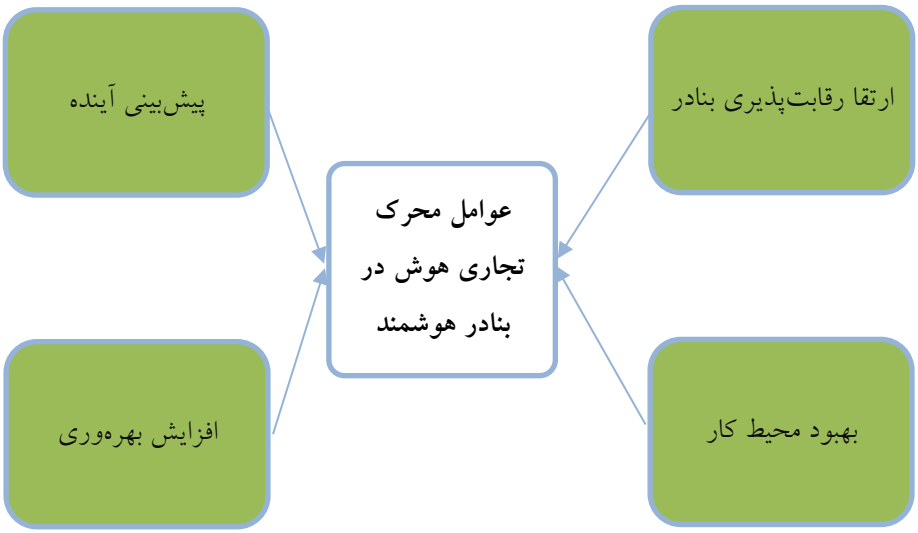
متنوع و تضمین شفافیت و امنیت داده‌ها می‌شود.

۳-۳ .هوش مصنوعی (AI)

هوش مصنوعی یک انقلاب فناوری کلیدی در بهینه‌سازی بنادر هوشمند به شمار می‌رود. AIبه‌عنوان یک نیروی تحول‌آفرین در افزایش کارایی بندری شناخته می‌شود. با ظهور فناوری هوش مصنوعی، تحقق راه‌حل‌های هوشمند و دیجیتالی در بنادر به واقعیت تبدیل می‌شود. همگرایی کلان‌داده، رایانش پیوندی و اینترنت اشیا (IoT) رفتارهای یادگیری بهتری را تسهیل می‌کند، به‌ویژه در زمینه شناسایی الگوها توسط .AI ماهیت تکراری عملیات‌های بندری و کانتینری، هوش مصنوعی را به‌عنوان ابزاری ارزشمند برای یادگیری از گذشته و بهبود فرآیندهای تصمیم‌گیری آینده در سیستم‌های عملیاتی ترمینال و ماژول‌های هوشمند پیرامونی معرفی می‌کند. پتانسیل هوش مصنوعی در بهبود تصمیم‌گیری در جامعه بندری بسیار قابل‌توجه است، اما چالش‌هایی مانند کیفیت داده‌ها باید موردتوجه قرار گیرد (Ghazaleh, 2023).

همان‌طور که غزاله (۲۰۲۳) در مقاله خود توضیح می‌دهد، بررسی هوش مصنوعی در ادبیات بنادر هوشمند چهار عامل اصلی را مشخص می‌کند که جامعه بندری را به سرمایه‌گذاری در هوش مصنوعی سوق می‌دهد: «پیش‌بینی آینده، افزایش بهره‌وری، بهبود رقابت‌پذیری بندر و بهبود محیط کاری».

شکل شماره ۱. عوامل محرک تجاری هوش در بنادر هوشمند



۳-٤ .فناوری بلاکچین (BC)

فناوری بلاکچین به‌عنوان یک بنیان نوآورانه برای تراکنش‌های غیرمتمرکز و شفاف در بخش بنادر دریایی عمل می‌کند و اعتماد، شفافیت و قابلیت ردیابی بار و داده‌ها را تضمین می‌کند. در حال حاضر، کشورهای بازارهای نوظهور به‌تدریج فناوری بلاکچین را در سیستم‌های بندری خود ادغام می‌کنند و از آن برای فرآیندهای اطلاعاتی و ارتباطی بهره می‌برند. به موازات این امر، کاوش در حوزه اجتماعی نیز در جریان است تا به رفع فاصله میان بنادر و شهرهای میزبان آن‌ها کمک کند که این امر بر لزوم مشارکت نهادهای عمومی در تصمیم‌گیری‌های سطح حکمرانی تأکید دارد. این رویکرد چندوجهی پتانسیل فناوری بلاکچین را نه‌تنها در بهینه‌سازی عملیات بندری، بلکه در ایجاد ارتباطات بیشتر و تعاملات فراگیرتر بین زیرساخت‌های بندری و جوامعی که به آن‌ها خدمات می‌دهند، شناسایی می‌کند (Durán et al., 2021).

به گفته الاهمدی و همکاران (۲۰۲۱)، فناوری بلاکچین که کاربرد گسترده‌ای در املاک، اینترنت اشیا(IoT) ، مدیریت زنجیره تأمین(SCM) ، خدمات درمانی و مالی دارد،

به‌عنوان مجموعه‌ای از بلوک‌ها توصیف می‌شود که یک دفتر کل دیجیتالی مقاوم در برابر دستکاری ایجاد می‌کنند. این فناوری به‌صورت توزیع‌شده و بدون مخزن مرکزی یا مقام مرجع فعالیت می‌کند و کاربران می‌توانند تراکنش‌ها را در یک دفتر مشترک ثبت کنند و از تغییرناپذیری و قابلیت مشاهده آن‌ها توسط شبکه اطمینان حاصل کنند. بلاکچین که در سال ۲۰۰۸ با بیت‌کوین معرفی شد، فراتر از کاربرد اولیه خود در ارزهای دیجیتال توجه قابل‌توجهی را به خود جلب کرده و پتانسیل تحولی خود را در فرهنگ‌های کسب‌وکار، مدیریت زنجیره تأمین و صنایع مختلف نشان داده است. ماهیت غیرمتمرکز بلاکچین، اشتراک‌گذاری، ذخیره‌سازی و انتقال امن داده‌ها را تسهیل می‌کند و نیاز به واسطه‌ها را کاهش می‌دهد که به‌نوبه خود بر هزینه‌های تراکنش، عملکرد و ارتباطات تأثیر می‌گذارد. بلاکچین که توسط ناکاموتو به‌عنوان الگویی برای طرح‌های ارز دیجیتال مدرن ارائه شد، در مدیریت زنجیره تأمین بنادر و حمل‌ونقل، اهمیت ویژه‌ای دارد، چراکه مشکلاتی مانند قابلیت ردیابی، شفافیت و امنیت را که عملیات‌های سنتی با آن‌ها مواجه‌اند، برطرف کرده و هزینه‌های مرتبط با خطاهای انسانی، مدیریت و پیشگیری از تقلب را به‌طور قابل‌توجهی کاهش می‌دهد.

بلاکچین می‌تواند برای حل این مشکلات استفاده شود:

- **راه‌حل‌های بلاکچین برای چالش‌های تجارت جهانی**: بلاکچین می‌تواند چالش‌های کلیدی در تجارت جهانی را با ارائه راه‌حل‌هایی برای بهبود کارایی هزینه، قابلیت اطمینان، سرعت و اعتماد در عملیات بندری برطرف کند. استفاده از برنامه‌های کاربردی فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) در بلاکچین می‌تواند فرآیندهای لجستیکی را به‌صورت خودکار انجام دهد.
- **تقویت اعتماد در صنعت حمل‌ونقل**: بلاکچین با ارائه یک پلتفرم امن و شفاف، راه‌حلی تحولی برای صنعت حمل‌ونقل کالاهای جهانی ایجاد می‌کند.
- **اشتراک‌گذاری داده‌های لحظه‌ای در حمل‌ونقل دریایی با بلاکچین**: بلاکچین امکان اشتراک‌گذاری داده‌های لحظه‌ای بین سازمان‌های مشارکت‌کننده در حمل‌ونقل

دریایی را فراهم می‌کند و بر چالش‌های مواجهه با سیستم‌های لجستیکی بندری مبتنی بر ICTسنتی با معماری‌های متمرکز غلبه می‌کند.

- **هماهنگی بلاکچین در زنجیره لجستیک بندر دریایی**: ماهیت غیرمتمرکز بلاکچین امکان هماهنگی نزدیک میان سازمان‌های مشارکت‌کننده را فراهم می‌کند، فرآیندهای برنامه‌ریزی لجستیکی را بهینه کرده و به‌طور قابل‌توجهی زمان چرخش کلی کشتی در یک ترمینال را کاهش می‌دهد.
- **تضمین برنامه‌ریزی لجستیکی امن و شفاف**: بلاکچین با تسهیل جریان اسناد تجاری بین ذی‌نفعان مختلف به‌صورت مقاوم در برابر دستکاری و غیرمتمرکز، برنامه‌ریزی لجستیکی و تصمیم‌گیری شفاف و امن را تضمین می‌کند.
- **کاهش تأثیر مقامات دولتی با استفاده از بلاکچین**: استفاده از بلاکچین می‌تواند تأثیر مقامات دولتی بر جابجایی کانتینرها را کاهش دهد و از تأخیر یا رد اسناد تجاری جلوگیری کند.
- **مزایای بلاکچین برای برنامه‌ریزی کارآمد لجستیک ترمینال**: بلاکچین با ساده‌سازی فرآیند بارگیری و تخلیه کانتینرها، به برنامه‌ریزی کارآمد لجستیک ترمینال کمک می‌کند که به کاهش زمان توقف جرثقیل‌ها، کاهش تراکم ترافیک در ترمینال و کاهش هزینه‌ها به ازای هر تن TEU/منجر می‌شود.
- **تقویت خودکارسازی از طریق بلاکچین، اینترنت اشیا و رایانش ابری**: بلاکچین، همراه با اینترنت اشیا (IoT) و رایانش ابری، خودکارسازی در عملکردهای ترمینال بندری را تقویت می‌کند و بخش‌هایی مانند ارتباطات کشتی، محوطه کانتینرها، لجستیک داخلی بندر و دروازه‌های ترمینال را پوشش می‌دهد (Ahmad et al., 2021).

٤. نمونه‌های موفق پیاده‌سازی بنادر هوشمند (روتردام، هامبورگ و شانگهای)

در چشم‌انداز تجارت دریایی و عملیات بندری، پیاده‌سازی موفق بنادر هوشمند به‌عنوان گواهی بر قدرت تحولی فناوری‌های پیشرفته شناخته می‌شود. با پرداختن به موارد خاص

پیاده‌سازی بنادر هوشمند، روتردام، هامبورگ و شانگهای به‌عنوان پیشگامانی در بازنگری الگوهای سنتی مدیریت بندری ظاهر شده‌اند. این شهرها، هر یک با ویژگی‌ها و چالش‌های منحصربه‌فرد خود، فناوری‌های پیشرفته را برای بهینه‌سازی عملیات، افزایش کارایی و هدایت در پیچیدگی‌های تجارت جهانی مدرن به کار گرفته‌اند. در این بخش، به بررسی مورد روتردام می‌پردازیم که چگونه بزرگ‌ترین بندر اروپا به‌طور استراتژیک از راه‌حل‌های دیجیتالی بهره برده است تا به یک مرکز لجستیکی هوشمند و پایدار تبدیل شود. مورد روتردام به‌عنوان نمونه‌ای جذاب از رویکردهای نوآورانه و تفکر استراتژیک در مواجهه با نیازهای در حال تحول صنعت دریایی مطرح می‌شود.

٤-١. مورد روتردام

بندر روتردام، بزرگ‌ترین بندر اروپا است که در سال ۲۰۲۱ بیش از ۴۶۰ میلیون تن کالا جابجا کرده است که حدود ۸٪ از کل کالای جابجا شده در سراسر قاره اروپا را شامل می‌شود (دلنگن، ۲۰۲۳). بندر روتردام نقش مهمی در تجارت و لجستیک بین‌المللی ایفا می‌کند. این بندر که بیش از ۱۲۷ کیلومتر مربع مساحت دارد و میزبان حدود ۳۰۰۰ شرکت است، ۳۸۵, ۰۰۰ شغل ایجاد کرده است. با ورود سالانه ۳۰, ۰۰۰ کشتی دریایی و بیش از ۱۰۰, ۰۰۰ کشتی داخلی، لجستیک پیچیده این بندر نیازمند حضور یک سازمان بندری اختصاصی است. برای دستیابی به هدف جاه‌طلبانه تبدیل‌شدن به هوشمندترین و پایدارترین بندر جهان و قابل‌دسترس‌ترین مرکز لجستیکی اروپا، POR توسعه سامانه اطلاعات مدیریت بندری Havenmeester (HaMIS) را در سال ۲۰۰۹ آغاز کرد که یک سیستم مدیریت بندری دیجیتال اختصاصی است. این سیستم تعاملی که به‌طور مؤثر در روتردام پیاده‌سازی شده، به توسعه محصولات دیجیتال بیشتر منجر شد و درنهایت در سال ۲۰۱۸ به تأسیس دپارتمان راه‌حل‌های کسب‌وکار دیجیتال (DBS) انجامید (Laas, 2020).

همان‌طور که کنستانته، دلنگن و پرونوسا (۲۰۲۳) استدلال می‌کنند، داستان موفقیت تحول روتردام به یک بندر هوشمند در رویکرد استراتژیک و نوآورانه آن در مواجهه با چالش‌های پیچیده‌ای که بنادر مدرن با آن روبه‌رو هستند، نهفته است. روتردام، بزرگ‌ترین

بندر اروپا، اهمیت نوآوری را در پیمایش تغییرات ناشی از روندهایی همچون انتقال انرژی، اقتصاد چرخه‌ای، شهرنشینی، دیجیتالی‌سازی و صنعت ۴,۰ شناخته است. تعهد بندر به ایجاد ارزش برای جامعه از طریق نوآوری در تلاش‌های آن برای اطمینان از حیات اقتصادی و پایداری در مواجهه با این تغییرات عمیق مشهود است. یکی از جنبه‌های کلیدی موفقیت روتردام، درگیری فعالانه آن با مفهوم «اکوسیستم نوآوری» است. این بندر دریافته است که نوآوری فراتر از اقدامات منفرد شرکت‌ها می‌رود و نیازمند همکاری میان مجموعه‌ای از بازیگران، مؤسسات و سیاست‌ها است. روتردام به لزوم یک رویکرد سیستماتیک اذعان کرده و به همبستگی قوی میان تعداد زیادی از شرکت‌های فعال در بندر و نیاز به ائتلاف‌های گسترده برای پیاده‌سازی فناوری‌های جدید پی برده است. داستان موفقیت روتردام با تأکید بر شکل‌گیری سرمایه انسانی و همکاری‌های پژوهشی، اجزای ضروری یک اکوسیستم نوآوری موفق، تکمیل می‌شود. این بندر اهمیت آموزش در شکل‌گیری نگرش‌ها نسبت به ریسک‌پذیری و تأسیس شرکت‌ها را تشخیص داده و با نیاز به فرهنگ نوآوری همسو است. علاوه بر این، روتردام فعالانه همکاری‌های پژوهشی را تقویت کرده و تأثیر تحقیق و توسعه دانشگاهی بر عملکرد نوآوری و اهمیت پیوندهای میانSME ها و مؤسسات پژوهشی را درک کرده است.

بندر روتردام پیشگام در پذیرش فناوری‌های پیشرفته است و به‌طور ویژه یک آزمایشگاه میدانی تخصصی را در همکاری با بانک‌ها و دانشگاه‌ها ایجاد کرده است که بر راه‌حل‌های بلاکچین تمرکز دارد. درحالی‌که نتایج این ابتکار فاش نشده است، این بندر همچنین پروژه پیشگام «آزمایشگاه میدانی تولید افزودنی[1]» را پیاده‌سازی کرده که با استفاده از چاپگرهای فلزی سه‌بعدی و بازوهای رباتیک ۶ محوری از طریق همکاری سال ۲۰۱۷ با Autodesk، امکان چاپ سه‌بعدی برای تعمیر قطعات کشتی‌ها را فراهم کرده است. علاوه بر این، این بندر ابزارهای دیجیتالی پیشرفته‌ای مانند «ابزارهای دارایی دیجیتال بندر» را توسعه داده است که با ارزیابی مدل‌های تخریب برای اسکله‌ها و دارایی‌ها، منجر به بهبود کارایی لایروبی و کاهش قابل‌توجه هزینه‌ها تا ۱۰٪ شده است. این ابزار اطلاعات

1. Additive Manufacturing Fieldlab

کاملی در مورد دارایی‌ها ارائه می‌دهد و امکان هماهنگی برنامه‌های تعمیر و نگهداری با مشتریان و همچنین برنامه‌ریزی بودجه و ریسک مدیریت دارایی را فراهم می‌کند (De La Peña Zarzuelo et al., 2020).

٤-٢. مورد هامبورگ

بندر هامبورگ به‌عنوان نمونه‌ای از تغییر پارادایمی به‌سوی بنادر هوشمند مطرح می‌شود که به‌صورت استراتژیک فناوری‌های پیشرفته‌ای مانند بلاکچین، هوش مصنوعی و رباتیک را در عملیات خود ادغام کرده است. این بندر در خط مقدم نوآوری قرار دارد و تلاش‌های دیجیتالی‌سازی و خودکارسازی آن باعث تسهیل در فرآیندها و پیش‌بینی‌پذیرتر شدن محیط کلی بندر شده است. اداره بندر هامبورگ (HPA) به‌عنوان یکی از بازیگران کلیدی، نقش محوری در این تحول ایفا کرده و به‌عنوان یک نهاد حقوقی عمومی، به مدیریت پایدار و هوشمند بندر متعهد است. همکاری میان ذینفعان مختلف ازجمله شرکت‌های فناوری اطلاعات، ترمینال‌ها، لجستیک‌کاران و مقامات مختلف، موفقیت این بندر را تقویت کرده است. تأکید بر جنبه‌های اقتصادی و زیست‌محیطی، تمرکز HPA بر بهره‌وری انرژی، انرژی‌های تجدیدپذیر و حمل‌ونقل، نشان‌دهنده تعهد این بندر به ارائه خدمات مقرون‌به‌صرفه و دوستدار محیط‌زیست است. ادغام فناوری‌های مدرن، سیستم‌های اطلاعاتی هماهنگ و رویکرد جامع مدیریت ترافیک، نه‌تنها فرآیندهای لحظه‌ای را تسهیل کرده، بلکه بندر هامبورگ را به‌عنوان یک اکوسیستم کسب‌وکار دیجیتال معرفی کرده است که باعث افزایش کارایی و ایمنی شده است (Kapkaeva, Gurzhii, Maydanova, & Levina, 2021).

همان‌طور که گورژی، کالیاژینا، میدنوا و مارچنکو (۲۰۲۱) توضیح می‌دهند، بندر هامبورگ با اجرای راه‌حل‌های DAKOSY به نقطه عطفی در دیجیتالی‌سازی دست‌یافته و به یک بندر بدون کاغذ تبدیل شده است، همان‌طور که اداره بندر هامبورگ (HPA) در سال ۲۰۲۰ گزارش داده است. این تحول با درجه بالایی از شبکه‌سازی مشخص می‌شود که امکان تبادل الکترونیکی یکپارچه داده‌ها را فراهم می‌کند. در قلب زیرساخت دیجیتال

این بندر، پلتفرم‌های پیام‌رسانی صادرات (EMP) و واردات (IMP) قرار دارند که اجزای اساسی سیستم مرکزی جامعه بندری هستند. این پلتفرم‌ها به‌عنوان مراکزی عمل می‌کنند که راه‌حل‌های تخصصی مختلف را برای برآوردن نیازهای خاص بخش‌های مختلف از جمله ترخیص گمرکی صادرات(ZAPP-AES) ، نظارت بر کالاهای خطرناک درون بندر (سیستم پلیس آبی) GEGISو سیستم اطلاعات رودخانه البه (PRISE) ادغام می‌کنند. این ادغام جامع، تعهد بندر هامبورگ به تبادل اطلاعات کارآمد و ایمن در میان حوزه‌ها و صنایع مختلف را نشان می‌دهد.

به گفته آکیارو، گیارا و کوسانو (۲۰۱۴)، بندر هامبورگ نمادی از یک «بندر هوشمند» است که از طریق ادغام استراتژیک پایداری و مدیریت نوآورانه انرژی شکل گرفته است. نزدیکی به شهر و حساسیت‌های زیست‌محیطی این بندر، موجب ایجاد ابتکارات پیشرو شده است که توسط اداره بندر هامبورگ (HPA) مدیریت می‌شود. همکاری‌هایی مانند شراکت محیط‌زیستی هامبورگ و «انرژی بندر هوشمند» نشان‌دهنده تعهد این بندر به راه‌حل‌های انرژی پایدار است. سرمایه‌گذاری‌های پیشگامانه در انرژی‌های تجدیدپذیر، از جمله انرژی بادی و زیرساخت‌های راه‌آهن مبتنی بر انرژی زمین‌گرمایی، رویکرد جامع این بندر را به نمایش می‌گذارد. اپراتورهای ترمینال بزرگ، مانند HHLA و یوروگیت، با اقدامات الکتریکی‌سازی و کاهش انتشار گازها به هوشمندی این بندر کمک می‌کنند. مفهوم بندر هوشمند فراتر از مرزهای عملیاتی است و بر پروژه‌های شهری تحولی مانند «هافن‌سیتی[1]» نیز تأثیر می‌گذارد. به طور کلی، بندر هامبورگ به‌عنوان نمادی از توسعه هوشمند و پایدار عمل می‌کند و ترکیبی هماهنگ از مسئولیت زیست‌محیطی و کارایی عملیاتی را به نمایش می‌گذارد.

٤-۳. مورد بندر شانگهای

بندر شانگهای که تحت مدیریت گروه بین‌المللی بنادر شانگهای (Shanghai International Port Group) قرار دارد، به‌عنوان بزرگ‌ترین بندر جهان شناخته می‌شود و

1. HafenCity

تاریخچه‌ای طولانی از زمان تأسیس آن در سال ۱۸۴۲ دارد. در طول سال‌ها، این بندر به یک قطب مهم خدمات مرتبط با بنادر تبدیل‌شده و به مشتریان جهانی خدمات ارائه می‌دهد. این بندر که در مساحتی نزدیک به ۴ کیلومتر مربع گسترده شده و به‌طور استراتژیک به رودخانه یانگتسه متصل است، تأثیر خود را در چندین استان چین گسترش داده و جایگاه خود را به‌عنوان یک مرکز حمل‌ونقل مهم تثبیت کرده است. بندر شانگهای به‌عنوان یکی از بنادر کلیدی منطقه، نقش بنیادی در تسهیل تجارت بین‌المللی ایفا می‌کند و به‌عنوان یک مجرای اصلی برای واردات و صادرات چین عمل می‌کند.

این بندر که اغلب به شهری کوچک متشکل از تعداد زیادی کانتینر تشبیه می‌شود، به بخش جدایی‌ناپذیری از چشم‌انداز اقتصادی کشور تبدیل شده است. با مدیریت طیف گسترده‌ای از کالاها از جمله زغال‌سنگ، سنگ معدن فلزات، نفت و مشتقات آن، فولاد، ماشین‌آلات و تجهیزات، بندر شانگهای به‌عنوان یک قطب پویا در حمل‌ونقل بار شناخته می‌شود. جالب توجه است که بیش از یک‌چهارم کل ترافیک باری چین از طریق این بندر عبور می‌کند که ۹۹ درصد از تجارت خارجی شانگهای را شامل می‌شود. دسترسی گسترده به هر دو دریای چین و اقیانوس‌های بین‌المللی، بندر شانگهای را به‌عنوان یک محور اصلی برای تسهیل تجارت و بازرگانی بین‌المللی حفظ کرده است (ShipHub, 2020).

در عصر صنعت ۴,۰، بندر شانگهای با استفاده از دیجیتالی‌سازی پیشرفته، اتصال و اتوماسیون به یک بندر پیشرفته تبدیل شده است. به‌کارگیری وسایل نقلیه خودکار، بدون راننده و نیمه‌خودمختار به‌طور چشمگیری کارایی و پایداری این بندر را بهبود بخشیده است. با رشد مستمر ترافیک دریایی، بخش بندری نیز در حال بهره‌گیری از فناوری‌های صنعت ۴,۰ است تا وظایف مدیریتی و عملیاتی را دیجیتالی و خودکار کند. بنادر هوشمند که به‌واسطه نوآوری‌هایی همچون اینترنت اشیاء(IoT) ، کنترل هوشمند، کلان‌داده‌ها و رایانش ابری تقویت می‌شوند، قادر خواهند بود به‌طور کارآمد و ایمن میلیون‌ها محموله را به‌طور یکپارچه مدیریت کنند (Zhou, 2022).

۵. ایران و رژیم‌های تحریمی

از دهه ۱۹۹۰ به بعد، تحریم‌ها به‌طور فزاینده‌ای به یکی از ابزارهای راهبردی مورد استفاده ایالات متحده و دیگر کشورهای غربی تبدیل شده‌اند. این کشورها برای دلایل مختلف، به‌ویژه علیه کشورهایی مانند ایران، به تحریم‌ها متوسل شدند. درحالی‌که ایالات متحده اغلب تحریم‌ها را از طریق چارچوب‌های چندجانبه اعمال می‌کرد، در مواردی آن‌ها را به‌صورت یک‌جانبه یا با همکاری شرکای خاص اعمال کرده است. موقعیت منحصربه‌فرد دلار آمریکا به‌عنوان ارز اصلی در تجارت بین‌المللی و نقش مرکزی نهادهای مالی ایالات متحده در تجارت جهانی، به واشنگتن این قابلیت یک‌جانبه را می‌دهد تا از تدابیر اقتصادی به‌عنوان سلاح علیه مخالفان خود استفاده کند (International Crisis Group, 2023).

پس از انقلاب ایران در سال ۱۹۷۹، ایران به طور مداوم هدف تحریم‌ها قرار گرفت. انگیزه‌های پشت این تحریم‌ها به شدت در اهداف راهبردی ایالات متحده در خاورمیانه ریشه دارند. ایالات متحده به طور تاریخی راهبردی را دنبال کرده است که هدف آن اعمال فشار بر ایران و محدود کردن رشد اقتصادی آن بوده است. این رویکرد بازتابی از منافع ژئوپلیتیکی ایالات متحده در منطقه است و تلاش‌هایی برای تأثیرگذاری و شکل‌دهی به چشم‌انداز سیاسی و اقتصادی منطقه دارد، با هدف دستیابی به اهداف راهبردی گسترده‌تر از طریق اعمال تحریم‌ها. تحمیل مداوم تحریم‌ها به ایران، پیچیدگی‌های تعاملات ژئوپلیتیکی و فشارهای قدرت منطقه‌ای را به نمایش می‌گذارد.

پس از انقلاب ایران در سال ۱۹۷۹، ایالات متحده تلاش کرد تحریم‌های سنگینی علیه ایران اعمال کند. تحریم‌های چندبعدی که بخش‌های مختلفی مانند تجارت، انرژی و امور مالی را هدف قرار دادند، تأثیرات عمیق و گسترده‌ای بر اقتصاد ایران داشتند. شکاف اولیه در روابط بین ایران و ایالات متحده به تحریم جامع نفت ایران و مسدود کردن دارایی‌های این کشور منجر شد. با تصویب قانون تحریم‌های ایران و لیبی در سال ۱۹۹۶، رویکردی رسمی‌تر و گسترده‌تر اتخاذ شد که شرکت‌های آمریکایی و غیرآمریکایی را از انجام معاملات مالی گسترده با ایران منع کرد. باوجود معافیت‌های خاص برای داروها و

تجهیزات پزشکی در سال ۲۰۰۰، روند کلی نشان‌دهنده تشدید محدودیت‌های اقتصادی بود. ایالات متحده سعی داشت تا تحریم‌های خود را به تدابیر چندجانبه تبدیل کند و از طریق شورای امنیت سازمان ملل متحد (UNSC) به اجرایی کردن آن‌ها بپردازد. نقطه اصلی اختلافات برنامه هسته‌ای ایران بود.

از سال ۲۰۰۵ به بعد، ایالات متحده، سازمان ملل و اتحادیه اروپا تحریم‌های متعددی را علیه ایران به دلیل برنامه هسته‌ای آن اعمال کردند. این تحریم‌ها که از محدودیت‌های مالی و بانکی گرفته تا محدودیت‌های صادرات نفت و تحریم‌های تجاری را شامل می‌شدند، تأثیرات شدیدی بر اقتصاد ایران داشتند و باعث بیکاری، تورم و رکود اقتصادی شدند. همچنین، محدودیت‌های ایجادشده در دسترسی به سیستم‌های مالی بین‌المللی و کاهش درآمدهای نفتی به رکود اقتصادی دامن زد.

٦. بنادر هوشمند، تاب‌آوری و ایران

مفهوم «تاب‌آوری» ابتدا در حوزه‌های طبیعی مانند مهندسی و اکولوژی مطرح شد. همان‌طور که هالینگ در سال ۱۹۷۳ اشاره کرد، تاب‌آوری به معنای توانایی بازیابی نهادها از فشارهای خارجی است. اخیراً، این مفهوم به طور گسترده‌ای در زمینه‌های غیرطبیعی، به‌ویژه در اقتصاد و علوم اجتماعی به‌کار گرفته شده است (Guo & Gong, 2023). در زمینه اقتصادی، تاب‌آوری به‌عنوان عامل کلیدی در توانایی سیستم‌ها برای مقابله با شوک‌ها، انطباق با شرایط متغیر و بازیابی با کارکردی پایدار مطرح شده است. این تکامل از ریشه‌های طبیعی به کاربردهای بین‌رشته‌ای، طبیعت پویای مفهوم تاب‌آوری را نشان می‌دهد. تاب‌آوری با تطبیق در زمینه‌های مختلف، از سیستم‌های اکولوژیک به عرصه‌های اجتماعی و اقتصادی، اهمیت و کاربرد خود را ثابت کرده است.

تعاریف مختلفی از تاب‌آوری در رشته‌های گوناگون ارائه شده است. النبی و فینک تاب‌آوری را به‌عنوان توانایی یک سیستم در حفظ عملکرد و ساختار خود علی‌رغم تغییرات تعریف می‌کنند. پرگنزر تاب‌آوری را به‌عنوان توانایی یک سیستم برای جذب تغییرات مستمر درحالی‌که کارکردهای حیاتی خود را حفظ می‌کند، معرفی می‌کند. هیمز

نیز تاب‌آوری را به‌عنوان توانایی سیستم برای مقاومت در برابر اختلالات عمده و بازیابی در محدوده‌های قابل قبول تعریف می‌کند. در نهایت، ووگرین و همکاران، تاب‌آوری سیستم را به‌عنوان کاهش کارآمد مدت و شدت انحراف از سطح عملکرد مورد انتظار پس از یک رویداد مخرب تعریف می‌کنند. به طور کلی، تاب‌آوری به معنای توانایی انطباقی یک سیستم برای مقاومت در برابر اختلالات، به حداقل رساندن تأثیرات منفی و بازیابی کارآمد است (Hosseini et al., 2016).

در این مقاله، تمرکز ما بر تعریف اقتصادی تاب‌آوری است. تاب‌آوری اقتصادی، به‌عنوان توانایی ذاتی و واکنش‌های انطباقی که به شرکت‌ها و مناطق امکان می‌دهد از حداکثر خسارات ممکن جلوگیری کنند، تعریف می‌شود. رز تاب‌آوری اقتصادی را به دو بخش ایستا و پویا تقسیم می‌کند. تاب‌آوری ایستا به قابلیت یک سیستم برای حفظ عملکرد خود، مانند تولید، در میان شوک‌های شدید اشاره دارد، درحالی‌که تاب‌آوری پویا به سرعت بازیابی سیستم برای رسیدن به پایداری اشاره دارد. مارتین، تاب‌آوری اقتصادی را به‌عنوان ظرفیت سیستم برای بازآرایی ساختاری خود و حفظ مسیر رشد در تولید، اشتغال و ثروت در طول زمان تعریف می‌کند.

تحریم‌ها یکی از منابع بالقوه شوک‌ها و اختلالات اقتصادی محسوب می‌شوند. همان‌طور که ازدمار و شاهین (۲۰۲۱) بیان می‌کنند، تحریم‌ها به‌عنوان ابزاری قوی و تأثیرگذار مطرح می‌شوند که فشارهای اقتصادی، اختلالات و شوک‌های بزرگی را ایجاد می‌کنند. این فشارها به‌طور عمیق به بخش‌های مختلف اقتصادی نفوذ می‌کنند و نه تنها کشور هدف، بلکه اقتصادها و شبکه‌های تجاری مرتبط را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهند. در این میان، ایران که با تحریم‌های بین‌المللی مواجه است، اهمیت تاب‌آوری اقتصادی را به‌وضوح حس می‌کند.

ایران می‌تواند با سرمایه‌گذاری راهبردی در توسعه بنادر هوشمند، تاب‌آوری اقتصادی خود را در برابر تحریم‌ها به‌طور قابل‌توجهی افزایش دهد. بنادر هوشمند با بهره‌گیری از فناوری‌های پیشرفته‌ای همچون اینترنت اشیا(IoT) ، هوش مصنوعی (AI) و

تحلیل‌های داده‌های پیشرفته، عملکرد بندری را بهینه‌سازی، کارایی را افزایش و هزینه‌ها را کاهش می‌دهند. با استفاده از این نوآوری‌ها، ایران می‌تواند عملکرد کلی بنادر خود را بهبود بخشد و با کارآمدتر کردن حمل‌ونقل کالاها، اختلالات ناشی از تحریم‌ها را به حداقل برساند.

نتیجه‌گیری

ادغام بنادر هوشمند به‌عنوان یک راه‌حل پیشرو و پویا برای تقویت تاب‌آوری اقتصادی، به‌ویژه در کشورهای مواجه با چالش‌های تحریم و عدم‌قطعیت‌های جهانی مطرح است. همان‌طور که این مطالعه به نقش تحول‌آفرین بنادر هوشمند و بهره‌گیری از فناوری‌های پیشرفته برای تقویت تاب‌آوری اقتصادی پرداخت، شواهد نشان می‌دهند که این راه‌حل‌های نوآورانه نه‌تنها به بازسازی ارزش‌های اساسی اقتصادی کمک می‌کنند، بلکه با واکنش‌های انطباقی به شوک‌های خارجی نیز همسو هستند. بررسی عملکرد بنادر هوشمند در این مطالعه، با تأکید بر نقش آن‌ها در بهینه‌سازی عملیات تجاری و تخصیص منابع، بینش‌های ارزشمندی در مورد استفاده راهبردی از این فناوری‌ها ارائه می‌دهد. فرضیه‌ای که بر مبنای آن توانایی‌های انطباقی بنادر هوشمند به طور قابل توجهی به تاب‌آوری اقتصادی کمک می‌کند، با تسهیل تنوع مسیرهای تجاری و واکنش مؤثر به تحریم‌ها، به‌خوبی تأیید می‌شود؛ بنابراین، پذیرش بنادر هوشمند به‌عنوان یک ابزار راهبردی برای کشورها، به‌ویژه ایران، به‌عنوان روشی برای پیمایش در پیچیدگی‌های تجارت بین‌المللی تحت تحریم و همچنین توسعه پایدار در محیط‌های محدود، مطرح می‌شود.

References

1. Acciaro, M., Ghiara, H., & Cusano, M. I. (2014). Energy management in seaports: A new role for port authorities. *Energy Policy*, *71*, 4–12. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.04.013
2. Ahmad, R. W., Hasan, H. R., Jayaraman, R., Salah, K., & Omar, M. (2021). Blockchain applications and architectures for port operations and logistics management. *Research in Transportation Business & Management*, *41*, 100620. https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2021.100620
3. Alahmadi, D., Baothman, F., Alrajhi, M. M., Alshahrani, F., & Albalawi, H. (2021). Comparative analysis of blockchain technology to support digital transformation in ports and shipping. *Journal of Intelligent Systems*, *31*(1), 55–69. https://doi.org/10.1515/jisys-2021-0131
4. Belfkih, A. & Duvallet, C. & Sadeg, B. (2017). THE INTERNET OF THINGS FOR SMART PORTS APPLICATION TO THE PORT OF LE HAVRE. Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/316668793_THE_INTERNET_OF_THINGS_FOR_SMART_PORTS_APPLICATION_TO_THE_PORT_OF_LE_HAVRE
5. Bouhlal, A., Aitabdelouahid, R., & Marzak, A. (2022). The internet of things for smart ports. *Procedia Computer Science*, *203*, 819–824. https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.07.123
6. Bracke, V., Sebrechts, M., Moons, B., Hoebeke, J., De Turck, F., & Volckaert, B. (2021). Design and evaluation of a scalable Internet of Things backend for smart ports. *Software: Practice and Experience*, *51*(7), 1557–1579. https://doi.org/10.1002/spe.2973
7. Carmichael, T., & Hadžikadić, M. (2019). The fundamentals of complex adaptive systems. In *Understanding complex systems* (pp. 1–16). https://doi.org/10.1007/978-3-030-20309-2_1
8. Constante, J. M., De Langen, P., & Pruñonosa, S. F. (2023). Innovation ecosystems in ports: a comparative analysis of Rotterdam and Valencia. *Journal of Shipping and Trade*, *8*(1). https://doi.org/10.1186/s41072-023-00145-w
9. De La Peña Zarzuelo, I., Soeane, M. J. F., & Bermúdez, B. L. (2020). Industry 4.0 in the port and maritime industry: A literature review. *Journal of Industrial Information Integration*, *20*, 100173. https://doi.org/10.1016/j.jii.2020.100173
10. De Langen, P. (2023). The strategy of the port development company; a framework based on the business ecosystems perspective and an application to the case of Port of Rotterdam. *Maritime Transport Research*, *4*, 100089. https://doi.org/10.1016/j.martra.2023.100089
11. Durán, C., Fernández-Campusano, C., Carrasco, R., Vargas, M., & Navarrete, A. (2021). Boosting the Decision-Making in smart ports by

using blockchain. *IEEE Access*, *9*, 128055–128068. https://doi.org/10.1109/access.2021.3112899

12. Ghazaleh, M. A. (2023). Smartening up Ports Digitalization with Artificial Intelligence (AI): A Study of Artificial Intelligence Business Drivers of Smart Port Digitalization. *Management and Economics Review*, *8*(1), 78–97. https://doi.org/10.24818/mer/2023.02-06
13. Guo, Q., & Gong, X. (2023). Spatial differentiation and driving mechanism of the marine economic resilience in China. *Regional Studies in Marine Science*, *68*, 103244. https://doi.org/10.1016/j.rsma.2023.103244
14. Gurzhii, A., Kalyazina, S., Maydanova, S., & Marchenko, R. (2021). Port and city integration: Transportation aspect. *Transportation Research Procedia*, *54*, 890–899. https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.02.144
15. Hosseini, S., Barker, K., & Ramírez-Márquez, J. E. (2016). A review of definitions and measures of system resilience. *Reliability Engineering & System Safety*, *145*, 47–61. https://doi.org/10.1016/j.ress.2015.08.006
16. Hsu, C., Chou, M., & Ding, J. (2023). Key factors for the success of smart ports during the post-pandemic era. *Ocean & Coastal Management*, *233*, 106455. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2022.106455
17. International Crisis Group. (2023). The View from Washington: Why the U.S. Uses Sanctions. *www.jstor.org*. Retrieved from https://www.jstor.org/stable/resrep52983.5
18. Jun, W. K., Lee, M., & Choi, J. Y. (2018). Impact of the smart port industry on the Korean national economy using input-output analysis. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, *118*, 480–493. https://doi.org/10.1016/j.tra.2018.10.004
19. Kapkaeva, N., Gurzhii, A., Maydanova, S., & Levina, A. (2021). Digital platform for maritime port ecosystem: Port of Hamburg Case. *Transportation Research Procedia*, *54*, 909–917. https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.02.146
20. Laas, B. (2020). The new port infrastructure: strategic design of a container data platform for Port of Rotterdam. Retrieved from https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:570b377a-d99b-4be6-b119-317ddd2d36a1
21. ShipHub. (202). Port of Shanghai - Information about Port of Shanghai - ShipHub. Retrieved from https://www.shiphub.co/port-of-shanghai/
22. Wycisk, C., McKelvey, B., & Hülsmann, M. (2008). "Smart parts" supply networks as complex adaptive systems: analysis and implications. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, *38*(2), 108–125. https://doi.org/10.1108/

09600030810861198
23. Yang, Y., Zhong, M., Yao, H., Yu, F., Fu, X., & Postolache, O. (2018). Internet of things for smart ports: Technologies and challenges. *IEEE Instrumentation & Measurement Magazine*, *21*(1), 34–43. https://doi.org/10.1109/mim.2018.8278808
24. Yi, Y., Xue, X., Gao, Y., Hong, Z., & Du, X. (2020). Constructing sustainable Coastal Ecological Environment: a hierarchical structure for sustainable smart ports. *Journal of Coastal Research*, *99*(sp1), 358. https://doi.org/10.2112/si99-049.1
25. Zhou, H. (2022). Ushering a new era of shipping: automated ports in China. Retrieved from https://equalocean.com/analysis/ 2022082618801

استناد به این مقاله: آدمی، علی.، یوسف‌وند، محمد. (۱۴۰۳). تاب‌آوری اقتصادی ایران: نوآوری‌های بنادر هوشمند در عبور از رژیم تحریم‌ها، *فصلنامه خدمات دریایی و بندری، ۱ (۳)*، ۸۵-۱۱۰.

Marine and Port Servicesch Journalis licensed under a Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International License.