Marine and Port Servicesch
Fall 2023, 1(1), 99-134
journalspmco.ir

Original research
Received: 20 September 2023 Review: 26 October 2023 Accepted: 26 October 2023

The Road Map of Smartening Ports

Latifeh PourMohammad Bagher *

Faculty of Statistics, Mathematics and Computer Science Allameh Tabataba'i University, Tehran,Iran

Abstract

Smartening of ports has become increasingly important in recent years; Because global trade continues to grow and logistics and supply chains become more complex. However, the challenges related to the smartening of ports are significant. Port managers must be able to handle the complexities of implementing new technologies and processes while also addressing issues related to data privacy, security, sustainability, and cost management. The present study provides a roadmap for port managers to help them successfully implement smart ports. It explains the importance of defining smart ports, which includes understanding the various technologies and applications that can be used to optimize port operations. The study also introduces various AI-based applications that can be used to achieve this goal, including predictive maintenance, intelligent cargo tracking and management, intelligent vessel traffic management, and intelligent port security. In addition, the study provides a complete roadmap that outlines the various steps involved in implementing smart ports, from planning and design to implementation and maintenance. By following this road map, port managers can overcome the challenges related to the smartness of ports.

Keywords: Smartening of Ports, Smart Ports, Road Map, Artificial Intelligence, Intelligent Management

∗Corresponding Author: L_pmb@atu.ac.ir
How to Cite: PourMohammad Bagher, 1. (2023). The Road Map of Smartening Ports. *Marine and Port Servicesch*, 1(1), 99-134.

نقشه راه هوشمندسازی بنادر

لطیفه پورمحمدباقر *
استادیار گروه رایانه، دانشکده آمار، ریاضی و رایانه، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران

چکیده

امروزه تجارت جهانی همچنان به رشد خود ادامه می‌دهد و لجستیک و زنجیره تأمین پیچیده‌تر می‌شوند ازاین‌رو هوشمندسازی بنادر در سال‌های اخیر اهمیت فزاینده‌ای پیداکرده و چالش‌های مرتبط با هوشمندسازی بنادر موردتوجه قرار گرفته است. مدیران بنادر نیازمند کنترل پیچیدگی‌های پیاده‌سازی فناوری‌ها و فرایندهای جدید و درعین‌حال نیازمند پرداختن به مسائل مرتبط به حریم خصوصی داده‌ها، امنیت، پایداری و مدیریت هزینه هستند. مطالعه حاضر نقشه راهی برای مدیران بنادر ارائه می‌دهد که به آن‌ها در تعریف اهمیت و اهداف بنادر هوشمند و همچنین پیاده‌سازی موفق بنادر هوشمند کمک کند. با پیروی از این نقشه راه، مدیران بنادر می‌توانند بر چالش‌های مرتبط با هوشمندسازی بنادر غلبه کنند. در ادامه، این مطالعه راهکارهای مختلف مبتنی بر هوش مصنوعی ازجمله نگهداری پیش‌بینی‌کننده، ردیابی و مدیریت هوشمند محموله، مدیریت هوشمند ترافیک کشتی و امنیت هوشمند بنادر که جهت دستیابی به اهداف بنادر هوشمند مورداستفاده قرار می‌گیرند را معرفی می‌کند.

کلیدواژه‌ها: بنادر هوشمند، نقشه راه، هوش مصنوعی، مدیریت هوشمند.

* نویسنده مسئول: L_pmb@atu.ac.ir

۱. مقدمه

اداره بنادر و دریانوردی وظیفه ایجاد و حفظ عملیات ایمن و کارآمد در بنادر و کشتیرانی را دارد. این وظایف شامل توسعه زیرساخت، مدیریت ترافیک و تضمین رعایت قوانین و مقررات است؛ زیرا صنعت بندر و کشتیرانی بخش حیاتی از تجارت جهانی را تشکیل داده و در انتقال کالاها و موادی که به توسعه اقتصادی و حفظ روش زندگی مدرن کمک می‌کنند مسئول است. بنادر و شرکت‌های کشتیرانی مقادیر زیادی داده از جریان کانتینرها و محموله‌ها، حرکت کشتی‌ها، سنسورهای تجهیزات، الگوهای آب‌وهوا و موارد دیگر در اختیار دارند. با استفاده از این داده‌ها در کنار تکنیک‌های پیشرفته هوش مصنوعی مانند یادگیری ماشین، بینایی کامپیوتر و پردازش زبان طبیعی، می‌توان به پیشرفت‌های قابل‌توجهی دست‌یافت (Sinay, 2021a).

با بهره‌گیری از توانایی‌های فناوری‌های هوش مصنوعی، صنعت بندر و کشتیرانی قادر است به سطوح جدیدی از کارایی دست یابد، فرایندهای لجستیک را ساده‌تر کند و اطمینان حاصل کند که کالاها به‌طور یکپارچه در زنجیره تأمین جهانی جریان دارند. گنجاندن هوش مصنوعی در صنعت بندر و کشتیرانی قابلیت بسیار بالایی برای تغییر روش‌های سنتی به فرایندهای هوشمند و مبتنی بر داده (از ردیابی هوشمند محموله‌ها تا تعمیرات پیش‌بینی‌شده و فراتر از آن) دارد (Liao, Lo & Pan, 2023).

بااین‌وجود، این صنعت نیز با چالش‌های بی‌سابقه‌ای مانند افزایش تقاضا، افزایش ازدحام و فشار برای کاهش تأثیرات زیست‌محیطی روبرو است. جهت مواجهه با این چالش‌ها، هوش مصنوعی برای هوشمندسازی بنادر و تبدیل‌کردن آن‌ها به یک سیستم کارآمدتر، پایدارتر و انعطاف‌پذیرتر مورداستفاده قرار می‌گیرد (Al-Fatlawi and Motlak, 2023).

نقشه راه هوشمندسازی بنادر نه‌تنها یک چالش فنی بلکه یک چالش فرهنگی است. بنادر باید قادر به انطباق و نوآوری باشند تا بتوانند با سرعت تغییرات همگام شوند. این امر مستلزم فرهنگ باز بودن، همکاری و نوآوری در سازمان‌های بندری است (ÖZKANLI & DENİZHAN, 2020). همچنین مدیران بندر را ملزم می‌کند که مایل به پذیرش فناوری‌ها، داده‌ها و تجزیه‌وتحلیل‌های جدید و همکاری نزدیک با سایر ذینفعان مانند حمل‌کننده‌ها و ارائه‌دهندگان تدارکات باشند. این تغییر فرهنگی برای مقامات بندری لازم است تا یک سیستم باز را فراهم کنند که نوآوری و بهبود مداوم را امکان‌پذیر سازد. با ترویج فرهنگ نوآوری در سازمان‌های بندری، آن‌ها می‌توانند از فناوری‌های هوشمند برای تقویت رشد اقتصادی، ایجاد فرصت‌های تازه برای کسب‌وکارها و حمایت از تجارت بین‌المللی بهره ببرند (Gizelis et al., 2020).

بنادر نقش مهمی در زنجیره تأمین جهانی ایفا می‌کنند و حمل‌کنندگان را با مقاصدی در سراسر جهان متصل می‌کنند (Makkawan & Muangpan, 2021). با اینکه حجم حمل‌ونقل به‌طور مداوم در حال افزایش است، بنادر با مسائل افزایشی مرتبط با کارایی، هزینه و پایداری روبرو هستند. برای رفع این چالش‌ها، بسیاری از بنادر در سراسر دنیا به سمت استفاده از فناوری‌های هوشمند و راه‌حل‌های نوآورانه متمایل شده‌اند تا عملیات خود را بهینه‌سازی کنند و یک سیستم کارآمد، پایدار و قابل اقتباس ایجاد کنند. (Liao, Lo & Pan, 2023). ایده تعریف نقشه راه هوشمندسازی بنادر فقط در مورد پیاده‌سازی فناوری‌های جدید نیست، بلکه پیرامون ایجاد ارزش از طریق تصمیم‌گیری مبتنی بر داده‌ها است. این نقشه راه به سمت

اکوسیستم بندری هوشمندتر با ظهور فناوری‌های جدید و توسعه بهترین شیوه‌ها، دائماً در حال تغییر است. در ادامه در این مقاله به اجزای کلیدی این نقشه راه و چگونگی کمک آن‌ها به بنادر برای تبدیل‌شدن به بندر هوشمندی که باعث رشد اقتصادی و حمایت از تجارت جهانی می‌شوند، خواهیم پرداخت.

۲. مروری بر پیشینه و ادبیات پژوهش

هوشمندسازی بنادر به فرایند تبدیل تسهیلات بندری سنتی به محیط‌هایی با فناوری پیشرفته و دیجیتالی اشاره دارد. این تحول شامل ادغام فناوری‌های پیشرفته مانند اینترنت اشیا، هوش مصنوعی، تجزیه‌وتحلیل داده‌های بزرگ و اتوماسیون برای افزایش کارایی، اثربخشی و پایداری عملیات بندری است. با استفاده از این فناوری‌ها، بندرهای هوشمند امکان نظارت در زمان واقعی، تصمیم‌گیری مبتنی بر داده و هماهنگی یکپارچه را در بین فعالیت‌های بندری مختلف فراهم می‌کنند (Kuo, Huang & Chen, 2022). هوشمندسازی بنادر همچنین بر پایداری زیست‌محیطی تأکید دارد. بنادر هوشمند از فناوری‌های سبز، مانند منابع انرژی تجدیدپذیر، سیستم‌های کارآمد انرژی و شیوه‌های سازگار با محیط‌زیست استفاده می‌کنند تا ردپای کربن خود را به حداقل برسانند. بنادر هوشمند با بهینه‌سازی مصرف انرژی، کاهش انتشار و اجرای شیوه‌های پایدار، به هدف گسترده‌تر ایجاد اکوسیستم‌های بندری سبزتر و پایدارتر کمک می‌کنند(Costa et al., 2021).

در حال حاضر، لجستیک هوشمند در مرکز توجه طیف وسیعی از تحقیقات قرار دارد. بسیاری از مطالعات باهدف ردیابی، نظارت و پیش‌بینی راه‌حل‌های لجستیکی انجام می‌شوند، زیرا آن‌ها کارایی خود را در مدیریت زنجیره تأمین در محیط‌های توزیع‌شده، نامطمئن و پویا ثابت کرده‌اند (Ilin et al., 2019). مفهوم بندر هوشمند به نحوی تعریف و مدل‌سازی شده است که نقشی حیاتی در اتصال کشورها و توسعه تجارت جهانی دارد (Karas 2020)، تجارت بین‌المللی را تسهیل می‌کند، شیوه‌های حمل‌ونقل را یکپارچه می‌کند و تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان را در بازارهای مختلف به هم متصل می‌کند. این بندر مرکز زنجیره تأمین و سیستم‌های حمل‌ونقل بین‌المللی است (K. Li, Gharehgozli & Lee, 2023).

دیجیتالی شدن، تغییر فناوری‌های سنتی اطلاعات و ارتباطات به سمت دنیایی است که در آن اطلاعات فیزیکی و دیجیتال ادغام می‌شوند (Stratigea, Leka & Nicolaides, 2017). این امکان ایجاد پایانه‌های هوشمندتر و خودکارتر و همچنین عملیات نظارت بر بندر، پذیرش و تحویل مستقل، حمل‌ونقل بار بدون راننده، خدمات بارگیری و تخلیه خودکار کشتی‌ها و کشتی‌های بدون سرنشین و خودکار را فراهم می‌آورد که همگی بنادر را هوشمندتر و بهینه‌تر می‌کنند (Karaś, 2020). در حال حاضر طیف گسترده‌ای از فناوری‌ها و برنامه‌های کاربردی برای دیجیتالی‌سازی وجود دارد که بنادر باید استفاده و انتخاب مابین این گزینه‌ها را به مواردی که برای عملیات و زمینه کاری آن‌ها مهم و اثرگذار هستند محدود کنند (Idrissi et al., 2022). در آینده‌ای نه‌چندان دور، بنادر از فناوری‌های حسگر، فناوری‌های بی‌سیم، هواپیماهای بدون سرنشین، بلاک چین، منابع انرژی جایگزین، شبکه‌های هوشمند و سایر فناوری‌های نوظهور استفاده گسترده خواهند کرد (Kuo, Huang & Chen, 2022) و پیاده‌سازی فناوری‌های اطلاعاتی و ارتباطاتی پیشرفته که به نام هوشمندسازی بندر شناخته می‌شود، به یک ابتکار ضروری در عملیات بندری هم‌زمان در سراسر جهان تبدیل خواهد شد (Sanri, 2022). بنادر دریایی معاصر موظف به فعالیت با سطوح بالاتر رقابت اقتصادی، کارایی عملیاتی و پایداری محیطی هستند. هدف اصلی

ایجاد بهبودهای ملموس در شاخص‌های عملکرد محوری ازجمله ظرفیت کانتینر، نرخ جابجایی محموله، زمان گردش کشتی، هزینه‌های عملیاتی، مصرف انرژی و اثرات زیست‌محیطی است (Ozturk, Jaber & Imran, 2018). در این راستا مطالعات آزمایشی اولیه انجام‌شده در هاب‌های دریایی جهانی، پتانسیل تحول‌آفرین هوشمندسازی بندر را با ارائه دستاوردهای قابل‌توجه بهره‌وری، صرفه‌جویی در هزینه و کاهش انتشار نشان داده است (Y. Liu et al., 2022). در ادامه این مطالعه به بررسی تعدادی از کاربردهای هوش مصنوعی و هوشمندسازی در صنعت بنادر و کشتیرانی پرداخته می‌شود.

۱-۲- ردیابی و مدیریت هوشمند محموله

ردیابی و مدیریت هوشمند محموله یکی از اجزای حیاتی بنادر است که برای بهینه‌سازی و خودکارسازی اعمال مختلف در بنادر طراحی‌شده‌اند. ردیابی محموله شامل نظارت بر جابه‌جایی محموله در تأسیسات بندری و در سراسر زنجیره تأمین است، درحالی‌که مدیریت شامل هماهنگی و مدیریت ذخیره‌سازی، جابه‌جایی و توزیع محموله است (Almuqren et al., 2023). امروزه ردیابی هوشمند محموله با استفاده از فناوری‌های پیشرفته مانند اینترنت اشیا، حسگرها و دستگاه‌های سامانه موقعیت‌یابی جهانی[1] برای نظارت بر موقعیت و وضعیت محموله در زمان واقعی امکان‌پذیر شده است. این داده‌ها را می‌توان برای ردیابی حرکت کانتینرها یا پالت‌های جداگانه از طریق تأسیسات بندری و همچنین نظارت بر سطوح موجودی کلی در تأسیسات ذخیره‌سازی استفاده کرد (Balfaqih et al. 2023). مدیریت محموله شامل استفاده از تجزیه‌وتحلیل داده‌ها و الگوریتم‌های هوش مصنوعی برای بهینه‌سازی تخصیص منابع، پیش‌بینی الگوها در عملیات بندر و شناسایی مسائل بالقوه قبل از وقوع است.

به‌عنوان‌مثال نرم‌افزار بلوجای[2] یکی از برنامه‌های کاربردی در این زمینه است (شکل ۱). این برنامه با سیستم‌ها و فناوری‌های موجود در صنعت حمل‌ونقل و بنادر از طریق ابزارهای مختلفی مانند رابط‌های برنامه‌نویسی کاربردی[3]، اتصال‌دهنده‌های داده و پلت فرم‌های یکپارچه‌سازی متصل می‌شود (Rogers 2021). اتصال‌دهنده‌های داده به سیستم‌های مختلف اجازه می‌دهند تا داده‌ها را با یکدیگر مبادله کنند. از این اتصال‌دهنده‌ها می‌توان برای اتصال سیستم‌های داخلی شرکت حمل‌ونقل مانند برنامه‌ریزی منابع سازمانی[4] یا سیستم مدیریت انبار[5] به یک برنامه هوشمند ردیابی حمل‌ونقل استفاده کرد (Ur Rahman et al. 2021). این امر به شرکت اجازه می‌دهد تا از طریق سیستم‌های هوشمند به محموله‌های خود در زمان واقعی دسترسی داشته باشد(Rogers 2021).

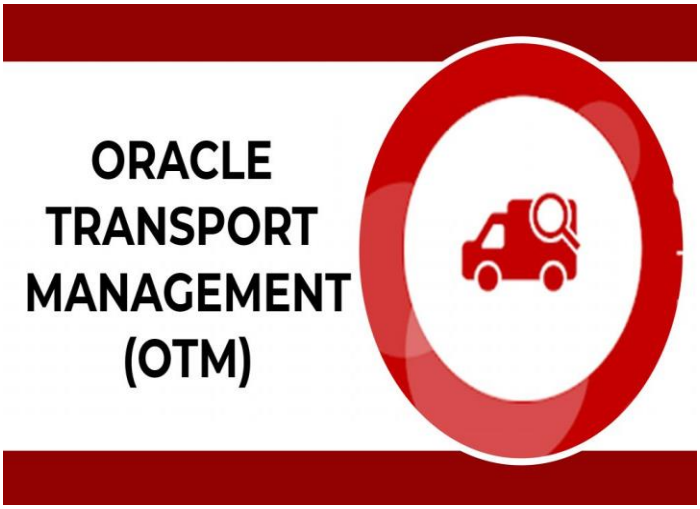
1. Global Positioning System (GPS)
2. BLUJAY
3. Application Programming Interfaces (API)
4. Enterprise resource planning (EPS)
5. Warehouse Management System (WMS)

شکل ۱. برنامه بلوجای (Rogers 2021)

۲-۲- مدیریت هوشمند زنجیره تأمین

سیستم‌های مدیریت موجودی و ردیابی خودکار با استفاده از ابزارهای بینایی کامپیوتری (دوربین‌ها و حسگرها) می‌توانند سطح موجودی کانتینرها و محموله‌ها را در زمان واقعی در بنادر ردیابی کنند. مدل‌های تشخیص تصویر و تشخیص اشیا می‌توانند محتویات کانتینر را شناسایی کرده و مکان‌ها را ردیابی کنند. این سیستم‌های اتوماسیون بررسی در زمان فعلی را فراهم می‌کند و می‌تواند به شناسایی موجودی نابجا کمک کند (Pasi, Mahajan & Rane, 2020). مدیریت زنجیره تأمین هوشمند یکی از اجزای مهم بنادر هوشمند است که برای بهینه‌سازی و خودکارسازی عملیات‌های مختلف در بنادر از طریق بهبود کارایی و بهره‌وری طراحی‌شده‌اند. مدیریت زنجیره تأمین شامل هماهنگی فعالیت‌های مختلف مربوط به انتقال محموله از مبدأ به مقصد نهایی ازجمله تولید، حمل‌ونقل، تدارکات و توزیع است (Bouti & El Khoukhi, 2023). مدیریت هوشمند زنجیره تأمین با استفاده از فناوری‌های پیشرفته مانند اینترنت اشیا، حسگرها و دستگاه‌های GPS برای نظارت بر موقعیت و وضعیت محموله در زمان واقعی امکان‌پذیر می‌شود (Sardar, Sarkar & Kim, 2021). این داده‌ها را می‌توان برای ردیابی حرکت کانتینرها یا پالت‌های جداگانه از طریق تأسیسات بندری و همچنین نظارت بر سطح موجودی کلی در تأسیسات ذخیره‌سازی استفاده کرد. علاوه بر ردیابی، مدیریت زنجیره تأمین هوشمند همچنین شامل استفاده از تجزیه‌وتحلیل داده‌ها و الگوریتم‌های هوش مصنوعی برای بهینه‌سازی تخصیص منابع، پیش‌بینی الگوها در عملیات بندر و شناسایی مسائل احتمالی قبل از وقوع می‌شود (Turjo et al. 2021). این اطلاعات می‌تواند توسط مقامات بندری برای تخصیص کارآمدتر منابع و کاهش هزینه‌ها استفاده شود (Singh & Prasath Kumar, 2022). یکی از این قبیل برنامه‌ها، نرم‌افزار اوتی‌ام (شکل ۲) است (Lim, 2022). مدیریت هوشمند زنجیره تأمین شامل اقدامات امنیتی مانند اسکن کانتینر برای اقلام قاچاق یا نظارت بر علائم آسیب یا دست‌کاری که کمک می‌کند تا اطمینان حاصل شود که محموله به‌طور ایمن در سراسر زنجیره تأمین از مبدأ تا مقصد نهایی حمل می‌شود ازجمله کارکردهای این برنامه است.

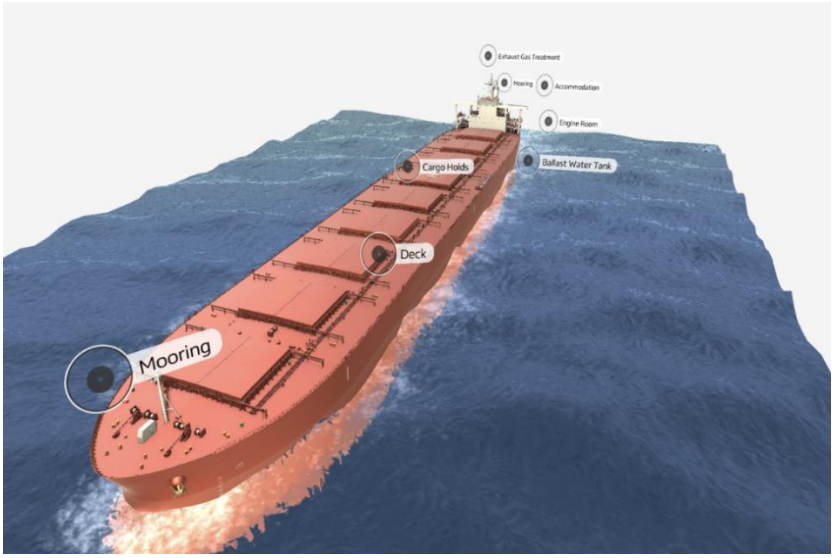
شکل ۲. برنامه او تی ام (Lim 2022)



۳-۲- تعمیرات قابل‌پیش‌بینی

مفهوم تعمیرات قابل‌پیش‌بینی در صنعت کشتیرانی و بنادر شامل استفاده از فناوری‌های پیشرفته، به‌ویژه هوش مصنوعی، برای پیش‌بینی و رسیدگی فعالانه به نیازهای تعمیر و نگهداری در کشتی‌ها، زیرساخت‌های بندری و تجهیزات است (McLeod, 2010). به‌طور سنتی، تعمیرات در صنعت دریانوردی واکنشی بوده و بر بازرسی‌های دستی و رسیدگی به مسائل پس از وقوع آن‌ها تکیه می‌کنند که می‌تواند منجر به توقف پرهزینه و اختلال در عملیات شود (Hammond, Cooper & Lazarchik, 2009). بااین‌حال، با گنجاندن هوش مصنوعی در فرآیندهای تعمیر و نگهداری، صنعت می‌تواند به سمت یک رویکرد پیشگیرانه‌تر و پیش‌بینی کننده تر حرکت کند. هوش مصنوعی می‌تواند نقش مهمی در هوشمندتر کردن و کارآمدتر کردن تعمیرات در صنعت کشتیرانی و بنادر ایفا کند. هوش مصنوعی لا استفاده از تجزیه‌وتحلیل داده‌های تاریخی در مورد تعمیرات گذشته، عملکرد تجهیزات و برنامه‌های نگهداری و خوانش حسگرها از کشتی‌ها، ماشین‌آلات و زیرساخت‌های بندری در این زمینه کمک می‌کند (Wilhelmsen, 2018). سیستم‌های هوش مصنوعی می‌توانند الگوها، ناهنجاری‌ها و شاخص‌های اولیه خرابی‌های احتمالی یا نیازهای تعمیر و نگهداری را به‌کارگیری الگوریتم‌های یادگیری ماشین بر این داده‌ها، شناسایی کنند. این قابلیت پیش‌بینی امکان برنامه‌ریزی به‌موقع تعمیرات، کاهش خطر خرابی‌های غیرمنتظره و بهینه‌سازی استفاده از منابع را فراهم می‌کند. علاوه بر این، هوش مصنوعی می‌تواند نظارت مبتنی بر شرایط را در مواردی که داده‌های بی‌درنگ از حسگرهای تعبیه‌شده در کشتی‌ها و تجهیزات بندری به‌طور مداوم تجزیه‌وتحلیل می‌شوند فعال کند. با در نظر گرفتن عواملی مانند الگوهای استفاده، شرایط محیطی و نیازهای عملیاتی، سیستم‌های هوش مصنوعی می‌توانند برنامه‌های تعمیر و نگهداری بهینه را ایجاد کنند و کارآمدترین زمان‌ها و روش ها را برای تعمیرات پیشنهاد کنند. این رویکرد فعال زمان خرابی را به حداقل می‌رساند، در دسترس بودن تجهیزات را به حداکثر می‌رساند و هزینه‌های کلی تعمیر و نگهداری را کاهش می‌دهد (Wu & Shou, 2020). ادغام هوش مصنوعی در عملیات تعمیر و نگهداری صنعت کشتیرانی و بنادر مستلزم استقرار حسگرهای مجهز به اینترنت اشیا برای جمع‌آوری داده‌ها، سیستم‌های ذخیره‌سازی و مدیریت قوی داده‌ها و الگوریتم‌های هوش مصنوعی قدرتمند برای تحلیل و پیش‌بینی داده‌ها است (Lukovic, Ye & Van Breugel, 2012). که یکی از معروف‌ترین برنامه‌های هوشمند در این زمینه، نرم‌افزار ویلهلم سن ای آر است (شکل ۳).

شکل ۳. برنامه ویلهلم سن ای آر (**Wilhelmsen 2018**)

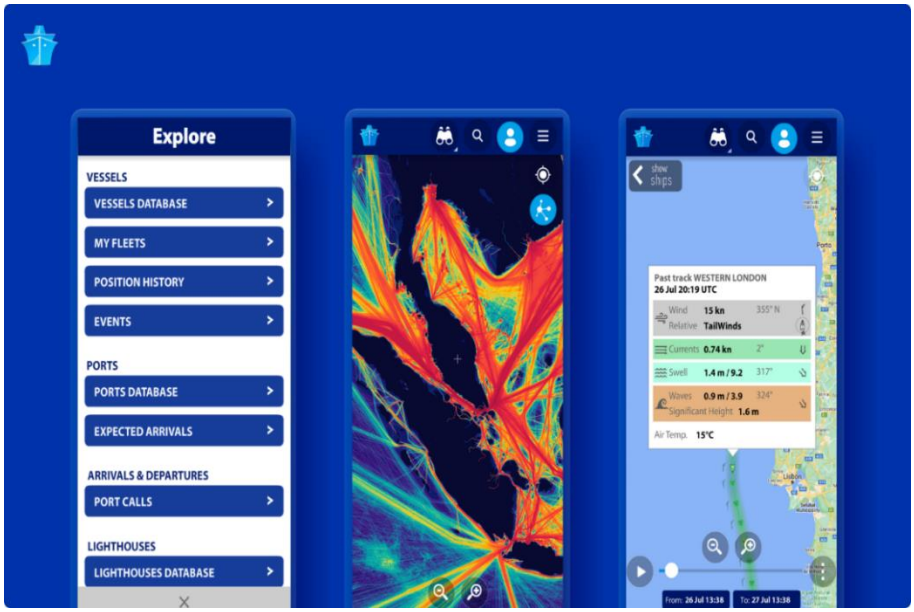


٤-۲- مدیریت هوشمند ترافیک کشتی

مدیریت هوشمند ترافیک کشتی در صنعت کشتیرانی و بنادر شامل استفاده از فناوری‌های پیشرفته، به‌ویژه هوش مصنوعی برای بهینه‌سازی و ساده‌سازی حرکت کشتی‌ها در راستای بهبود ایمنی، کارایی و پایداری است. مدیریت ترافیک کشتی سنتی بر هماهنگی و ارتباط دستی متکی است که می‌تواند مستعد تأخیر، خطا و ازدحام باشد (Xin et al., 2023). بااین‌حال، با ادغام هوش مصنوعی، صنعت کشتیرانی می‌تواند به مدیریت ترافیک کشتی هوشمندتر و مؤثرتر دست یابد. هوش مصنوعی می‌تواند مدیریت ترافیک کشتی را با تجزیه‌وتحلیل مقادیر زیادی از داده‌های بلادرنگ، ازجمله موقعیت کشتی، شرایط آب و هوایی، عملیات بندر و الگوهای ترافیک، بهبود بخشد (Komol et al., 2021). با استفاده از به‌کارگیری الگوریتم‌های یادگیری ماشین بر روی این داده‌ها، سیستم‌های هوش مصنوعی می‌توانند حرکات کشتی‌ها را پیش‌بینی کنند، درگیری‌ها یا تنگناهای احتمالی را شناسایی کنند و راه‌حل‌های مسیریابی و زمان‌بندی بهینه‌ای ایجاد کنند. این امکان استفاده کارآمدتر از آبراه‌ها را فراهم می‌کند، تراکم را به حداقل می‌رساند و خطر تصادف یا برخورد را کاهش می‌دهد (Sun, Xu & Liang, 2021). علاوه بر این، سیستم‌های مجهز به هوش مصنوعی می‌توانند نظارت و پشتیبانی تصمیم‌گیری در زمان واقعی را برای کنترل‌کنندگان و اپراتورهای ترافیک کشتی فراهم کنند. با تجزیه‌وتحلیل مداوم داده‌ها از منابع متعدد به‌صورت برخط، ازجمله رادار، تصاویر ماهواره‌ای و شبکه‌های حسگر، سیستم‌های هوش مصنوعی می‌توانند ناهنجاری‌ها را تشخیص دهند، خطرات احتمالی را پیش‌بینی کنند و هشدارهای اولیه را به اپراتورها ارائه کنند (D. Li, 2019). این رویکرد پیشگیرانه ایمنی را افزایش می‌دهد و امکان مداخلات به‌موقع را برای جلوگیری از حوادث یا کاهش خطرات فراهم می‌کند. هوش مصنوعی همچنین می‌تواند به بهینه‌سازی عملیات بندر و تخصیص منابع کمک کند. یکی از برترین برنامه‌های موجود در این زمینه نرم‌افزار مارین ترافیک (شکل ۴) است که با ادغام هوش مصنوعی با سیستم‌های مدیریت بندر، داده‌های بلادرنگ در مورد ورود کشتی، جابجایی محموله و در دسترس بودن اسکله را برای بهینه‌سازی تخصیص منابع، مانند اسکله‌ها، جرثقیل‌ها و

پرسنل تجزیه‌وتحلیل می‌نماید (Senjie Wang & He, 2021).

شکل ٤. برنامه مارین ترافیک (Agis Lamprakis 2022)



۵-۲- مدیریت هوشمند انبارها

مدیریت هوشمند انبار در صنعت کشتیرانی و بنادر شامل استفاده از فناوری‌های پیشرفته، به‌ویژه هوش مصنوعی، برای بهینه‌سازی و خودکارسازی جنبه‌های مختلف عملیات انبار است (Mao, Xing & Zhang, 2018). سیستم‌های مدیریت انبار سنتی اغلب بر فرآیندهای دستی تکیه می‌کنند که می‌تواند زمان بر، مستعد خطا و ناکارآمد باشد. بااین‌حال، با ادغام هوش مصنوعی در مدیریت انبار، صنعت می‌تواند به عملیات مؤثرتری دست یابد (B. Liu & Cai, 2023). هوش مصنوعی با تجزیه‌وتحلیل حجم زیادی از داده‌ها، ازجمله سطوح موجودی، الگوهای تقاضا، تاریخچه سفارش‌ها و برنامه‌های حمل‌ونقل، نقش مهمی در بهبود مدیریت انبار ایفا می‌کند (Zhang & Pan, 2022). با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین برای این داده‌ها، سیستم‌های هوش مصنوعی می‌توانند پیش‌بینی‌های دقیق تقاضا را ایجاد کنند، سطح موجودی را بهینه کنند و فرآیندهای تکمیل مجدد را خودکار کنند. این امکان استفاده کارآمدتر از فضای انبار را فراهم می‌کند، موجودی انبار را کاهش می‌دهد و مدیریت کلی موجودی را بهبود می‌بخشد (Tang & Zeng, 2021). هوش مصنوعی همچنین می‌تواند امنیت و ایمنی انبار را افزایش دهد. سیستم‌های نظارتی مبتنی بر هوش مصنوعی می‌توانند مکان‌های انبار را نظارت کنند، دسترسی‌های غیرمجاز را شناسایی کنند و خطرات ایمنی بالقوه را در زمان واقعی شناسایی کنند(Lu, Liu & Xu, 2021). علاوه بر این، الگوریتم‌های هوش مصنوعی می‌توانند داده‌های تاریخی در مورد حوادث را برای شناسایی الگوها و ارائه توصیه‌هایی جهت بهبود پروتکل‌های ایمنی و جلوگیری از حوادث آینده تجزیه‌وتحلیل کنند (Dhouioui & Frikha, 2020). برنامه اینتوز در این زمینه یکی از هوشمندترین سیستم‌ها را پیاده‌سازی کرده است (شکل ۵).

(Pratik Rupareliya 2022) فرایند دوقلو سازی دیجیتال

٦-٢- دوقلو سازی دیجیتال

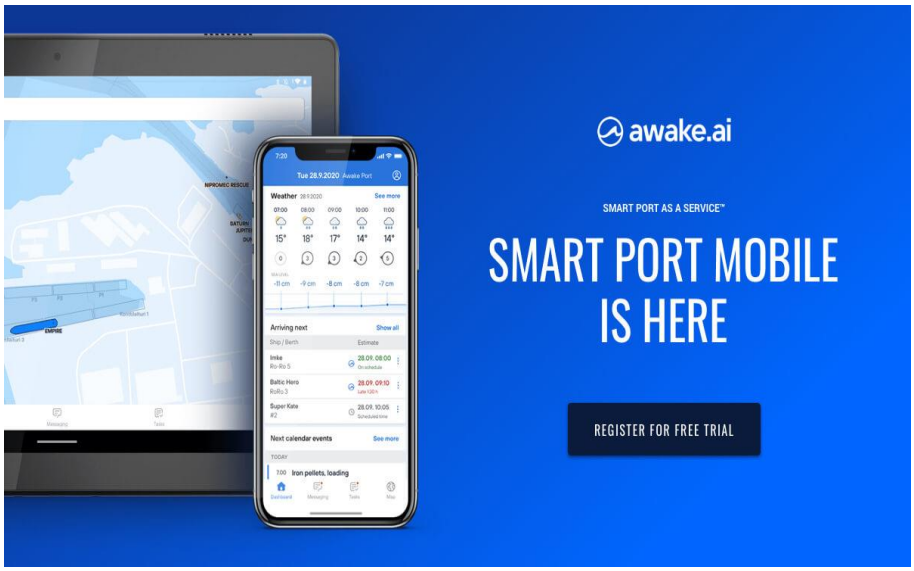
دوقلوی دیجیتال در صنعت کشتیرانی و بنادر شامل ایجاد کپی مجازی یا مدل‌های دیجیتال دارایی‌های فیزیکی، امکانات و فرایندها است (Tao et al., 2022). این نمایش‌های مجازی که به‌عنوان دوقلوهای دیجیتالی شناخته می‌شوند، شبیه‌سازی و تحلیل همتایان فیزیکی را در زمان واقعی امکان‌پذیر می‌سازند. هوش مصنوعی می‌تواند کمک قابل‌توجهی به هوشمندتر کردن دوقلوی دیجیتال در صنعت کشتیرانی و بنادر کند. با استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی، دوقلوهای دیجیتال می‌توانند داده‌های بی‌درنگ از حسگرها، دستگاه‌های اینترنت اشیا و سایر منابع را تجزیه‌وتحلیل کنند تا بینش‌ها و پیش‌بینی‌های ارزشمندی ارائه کنند. تجزیه‌وتحلیل‌های مبتنی بر هوش مصنوعی می‌توانند الگوها، ناهنجاری‌ها و مسائل بالقوه را در دوقلوی دیجیتال شناسایی کنند و اپراتورها و سهامداران را قادر می‌سازند تا تصمیمات آگاهانه و اقدامات پیشگیرانه را انجام دهند (van der Valk et al., 2022). علاوه بر این، هوش مصنوعی می‌تواند نگهداری و بهینه‌سازی پیش‌بینی‌کننده را در محیط دوقلوی دیجیتالی فعال کند. با تجزیه‌وتحلیل داده‌های تاریخی، الگوریتم‌های هوش مصنوعی می‌توانند الگوهای خرابی تجهیزات را شناسایی کنند، نیازهای تعمیر و نگهداری را پیش‌بینی کنند و برنامه‌های تعمیر و نگهداری را برای به حداقل رساندن زمان خرابی بهینه کنند (Qi et al., 2021). با یکپارچه‌سازی الگوریتم‌های هوش مصنوعی، دوقلوهای دیجیتال می‌توانند سناریوهای مختلفی مانند حرکت کشتی، ازدحام بندر یا شرایط آب و هوایی را برای ارزیابی تأثیر آن‌ها بر عملیات بندری شبیه‌سازی کنند. این امکان برنامه‌ریزی، ارزیابی ریسک و تصمیم‌گیری بهتر را فراهم می‌کند و منجر به عملیات کارآمدتر و انعطاف‌پذیرتر می‌شود (Ferko, Bucaioni & Behnam, 2022). نرم‌افزار سینای یک پلتفرم قوی در زمینه دوقلوسازی دیجیتال است (شکل ۶).

شکل ٦. برنامه سینای (Sinay 2021b)

۷-۲- امنیت هوشمند بنادر

بنادر با جریانات گسترده بار و مسافر روزانه، با خطراتی مانند قاچاق، دزدی دریایی، حملات سایبری و حتی تروریسم روبرو هستند. به‌طور سنتی، امنیت از طریق سیستم‌های نظارتی، اسکنرها، پست‌های بازرسی و نگهبان‌ها اعمال می‌شود که می‌توانند نیروی انسانی فشرده و محدوده محدودی داشته باشند (Pöyhönen, Simola & Lehto, 2023). استفاده از هوش مصنوعی و سیستم‌های هوشمند آماده است تا امنیت بندر را فعال‌تر، خودکارتر و جامع‌تر کند. حوزه‌های کلیدی که هوش مصنوعی می‌تواند امنیت بندر را افزایش دهد شامل نظارت تصویری خودکار با دید رایانه، پردازش زبان طبیعی برای تجزیه‌وتحلیل ارتباطات نوشتاری و شفاهی، تجزیه‌وتحلیل پیش‌بینی‌کننده برای شناسایی الگوهای ناهنجاری و خطرات، حسگرهای هوشمند و ادغام اینترنت اشیا و نقاط بازرسی خودکار با تشخیص چهره است برای مثال، دوربین‌های امنیتی مجهز به هوش مصنوعی می‌توانند صدها فید ویدیویی را برای پرچم‌گذاری افراد غیرمجاز یا حرکات غیرعادی کانتینر ردیابی کنند (Verma, Kawamoto & Kato, 2022) برنامه‌های کاربردی مبتنی بر هوش مصنوعی را می‌توان برای تشکیل یک سیستم فرمان و کنترل هوشمند جهت نظارت خودکار شبانه‌روزی در مناطق و دارایی‌های بندری پیاده‌سازی کرد (شکل ۷) (D'Amico et al. 2021). با برنامه‌ریزی و طراحی محتاطانه، امنیت مبتنی بر هوش مصنوعی می‌تواند بنادر را ایمن‌تر و کارآمدتر کند و باعث رشد صنعت دریایی شود.

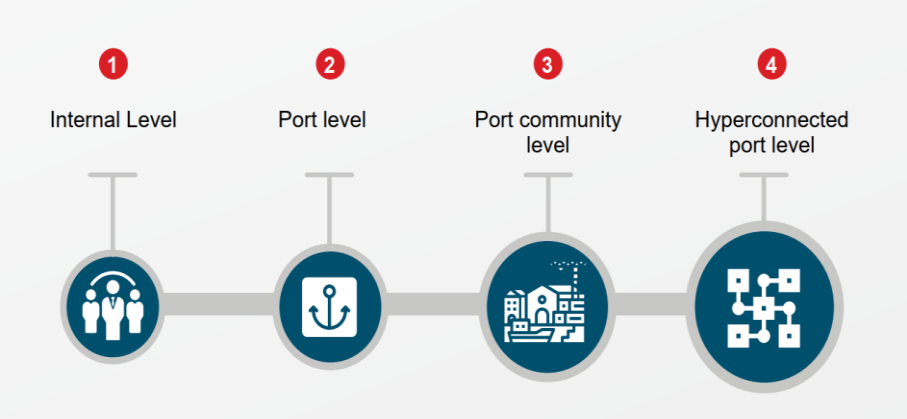
شکل ۷. برنامه اویک دات ای‌آی (J. Li 2021)



۳. نقشه راه هوشمند سازی بنادر

در دنیای امروزی که تکنولوژی دائماً در حال تغییروتحول است، ساکن ماندن خطایی است که اغلب باعث شکست می‌شود. در این میان جوامع بندری باید به تغییرات واکنش نشان دهند و اگر می‌خواهند رقابتی و کارآمد باقی بمانند، ناچار به تطبیق و بهنگام سازی خود با تکنولوژی‌های روز هستند. برخی از ابتکارات و برنامه‌های مرتبط با بنادر هوشمند مبتنی بر توسعه و پیاده‌سازی فناوری‌های جد ید در حال حاضر در حال انجام است، اما در این موارد مهم است که ابتکارات را به‌درستی ساختاردهی و به هم متصل نماییم و فعالیت‌های پشتیبانی، جهت‌گیری و تلاش‌های موردنیاز برای پایدارکردن آن‌ها در طولانی‌مدت را به‌درستی تعریف کنیم (Triska et al., 2022). به این منظور در ابتدا باید یک نقشه راه درست و منطقی در راستای هوشمند سازی بنادر پیاده‌سازی کنیم. درنتیجه این رویکرد، هر بندر و جامعه لجستیکی می‌تواند روندهای این بخش را تجزیه‌وتحلیل کرده، آن‌ها را با هم مقایسه کند، طرح‌هایی را که در حال حاضر در حال انجام هستند ساختارسازی کند، اولویت‌ها را تعیین کند و پردازش‌های دوره‌ای عملی را برای تبدیل‌شدن به یک بندر هوشمند ایجاد نماید (Lucenti, 2020). این رویکرد به‌عنوان نقطه شروعی برای تقویت همکاری و ایجاد هم‌افزایی مابین همه شرکت‌ها و مؤسسات مرتبط، ترویج سرمایه‌گذاری بخش خصوصی و تشویق مشارکت دانشگاه‌ها و مراکز دانش عمل می‌کند. بر این اساس در نقشه راه اولین گام، تجزیه‌وتحلیل وضعیت فعلی یک بندر برای ارزیابی درجه کلی توسعه فناوری بندر (سطح کلان) و به دنبال آن ارزیابی مشابه متمرکز بر مناطق خاص (سطح خرد) است (Dominguez, Gorges & Silva, 2022). سپس جامعه بندری باید طرح هوشمندسازی بنادر را شناسایی کند که این امر می‌توانند تأثیر عمده‌ای بر عملیات بندر و کسب‌وکار آن داشته باشد. برای انجام این کار، باید گروه‌های کاری جهت بحث و اولویت‌بندی طرح‌ها تشکیل شود و درنهایت، یک برنامه اجرایی با اقدامات کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت مطابق شکل ۸ ایجاد گردد تا نقشه راه را عملی کند. طراحی نقشه راه هوشمند سازی بنادر باید در چهار سطح به شرح زیر انجام شود که بر اساس انواع بنادر و سطح هوشمندی هر یک از آن‌ها نیاز به بسط و بررسی، تجزیه‌وتحلیل، بازبینی و بومی‌سازی به‌صورت دقیق دارد (Lucenti, 2020).

شکل ۸ مراحل هوشمندسازی بنادر (Lucenti, 2020)



۱-۳- سطح ۱: تحول دیجیتال داخلی

در این سطح، نهادها و مؤسسات درگیر در عملیات بندری در جستجوی بهینه‌سازی رویه‌های خویش و دستیابی به دگرگونی دیجیتالی درون‌سازمانی هستند. در یک بندر، میزان به‌روزرسانی تکنولوژی می‌تواند بین سازمان‌های مختلف متغیر باشد. برخی مؤسسات در فرایند دیجیتالی‌شدن خود ممکن است به‌خوبی پیشتاز باشند، درحالی‌که دیگران ممکن است به‌شدت از رقبا عقب‌مانده باشند. در این مرحله، هدف اصلی آن است که تضمین شود سیستم‌های درونی، ارزش تجاری را به حد بیشینه برسانند و از طریق دگرگونی دیجیتالی، با اولویت قراردادن سرمایه‌گذاری در تکنولوژی، سیستم‌های اطلاع‌رسانی، فرایندهای استاندارد، کاهش هزینه‌ها و سیستم‌های کیفیت درون‌سازمانی، فعالیت‌ها را کاراتر سازند. بااین‌حال، حتی باوجوداین پیشرفت‌های داخلی، بسیاری از فرایندهای دستی همچنان وجود دارند و همچنین ممکن است اتکای شدید به کاغذ یا مکانیسم‌های ناکارآمد دیگر برای برقراری ارتباط با اشخاص ثالث در زنجیره‌های ارزش کسب‌وکارها یا کسانی که در فعالیت‌های لجستیک بندر دخیل هستند برقرار باشد. به‌عنوان‌مثال، فعالیت‌های تأمین، لجستیک، فروش، ارائه خدمات مختلف به مشتریان برای عملکردهای مختلف امنیتی و ایمنی نظارتی، مدیریت حوزه عمومی و زیرساخت‌ها و هماهنگی و انجام عملیات لجستیک بندر، همگی به‌شدت ناکارآمد هستند.

۲-۳- سطح ۲: اتصال بنادر

در این سطح، تحول به سمت دیجیتالی نمودن در بنادر از محدوده سازمانی خود فراتر رفته و در تأسیسات و مراکز بندری گسترش می‌یابد. هدف، افزایش کارآمدی و کاهش هزینه‌ها با استفاده از فرایندهای الکترونیکی خودکار به‌جای فرایندهای دستی بین اشخاص ثالث است. این تغییرات عمدتاً بر ادارات مانند سازمان بندر، گمرک، خدمات بازرسی مرزی، ادارات دریایی و ترمینال‌های بندری تأثیر می‌گذارد که سیستم‌های داخلی خود را برای ارائه یک سری خدمات آنلاین برای پردازش اظهارنامه‌ها و انجام مراحل اداری به‌صورت الکترونیکی بازنگری می‌کنند. کاربران می‌توانند با واردکردن اطلاعات در برنامه‌های کاربردی ارائه شده توسط پنجره‌ها و ترمینال‌های مستقل، ارتباط برقرار کنند یا اطلاعات موردنیاز را از طریق تبادل دیجیتال بین سیستم‌های اطلاعاتی مختلف ثبت کنند. در این سطح، پنجره‌های اداری واحد کلیدی برای تسهیل حرکت

کشتی‌ها و بار است.

۳-۳- سطح ۳: اتصال جامعه بندری

در این سطح، سطح قبلی دیجیتالی نمودن در راستای دستیابی به مشارکتی ارزشمند میان بنادر گسترش می‌یابد که در آن کل جامعه بندر به‌منظور ایجاد یک بندر لجستیکی متصل و هماهنگ باهم در ارتباط قرار می‌گیرند. هدف از برنامه‌ریزی در این سطح، ایجاد همکاری و تأمین منافعی است که فراتر از سود شرکت‌های مستقل بوده و موجب انتفاع کل جامعه بندری و بالا رفتن کیفیت خدمات عمومی ارائه شده توسط دولت شود. یک جامعه بندری نیازمند استانداردسازی روش‌های عملیاتی و سیستم‌های باکیفیت است. در این سطح، بنادر در حال ایجاد و استفاده از پلتفرم‌های دیجیتالی مانند سیستم‌های جامعه بندری و پلتفرم‌های تدارکات و مدیریت حمل‌ونقل (برای مثال، پلتفرم‌هایی برای رزرو، مدیریت و ردیابی حمل‌ونقل دریایی، جاده‌ای یا ریلی، مبادلات حمل‌ونقل و ...) هستند. سیستم‌های جامعه بندری، سیستم‌های مختلف را در بندر و گاهی اوقات خارج از جامعه بندری به یکدیگر متصل می‌کنند. در غیر این صورت این سیستم‌ها منزوی می‌شوند که منجر به تکرارها، ناکارآمدی‌ها، ناسازگاری‌ها و اشتباهات در داده‌های ثبت‌شده و گزارش‌شده برای اعمال مختلف و در رویه‌های رسمی انجام‌شده توسط مقامات نظارتی برای حسابرسی و کنترل آن عملیات می‌شود.

٤-۳- سطح ٤: بنادر بیش‌ازحد متصل

این سطح، بالاترین سطح تحول دیجیتال یک بندر است. افراد، سازمان‌ها و اشیا مختلف (ازجمله زیرساخت‌ها، وسایل حمل‌ونقل، دستگاه‌ها، حسگرها و غیره) به یکدیگر متصل شده و از فناوری‌های اطلاعات و ارتباطات دیجیتال در حال ظهور استفاده می‌کنند. این فرایندها فراتر از تبدیل اطلاعات به فرم دیجیتال می‌باشند و کل محیط را به‌طور مؤثری مجازی‌سازی می‌کنند که شامل سطوح بالای هوشمندی، بی‌واسطگی، تعامل، پیچیدگی و خودکارسازی برای همه فعالیت‌های بندری و هماهنگ‌سازی تحول با اهداف تجاری سازمان‌های بندری می‌باشد. با استفاده از فناوری‌های هوشمند مانند اینترنت اشیا، رایانش ابری، برنامه‌های موبایل، اینترنت ارزش (بلاک‌چین و دفاترکل توزیع‌شده)، داده‌های بزرگ، دوقلوهای دیجیتال، یادگیری ماشین و هوش مصنوعی، بنادر می‌توانند تحول به سمت بنادرهوشمند در حوزه‌های نظارتی، عملیاتی، مدیریت دامنه عمومی و جوامع بندری را تسریع کنند.

اهداف یک بندر هوشمند به کارایی عملیاتی و کاهش هزینه‌های فردی محدود نمی‌شود بلکه اقدامات بهبودیافته برای ارتقای ایمنی، کنترل و امنیت را نیز در برمی‌گیرد. حفاظت از محیط‌زیست، استفاده بهینه از انرژی، تولید و استفاده از انرژی پاک که به‌نحوی‌که بنادر به‌خوبی با محیط اطراف و شهرها ادغام و سازگار شوند و به کریدورهای زمینی و دریایی و به زنجیره‌های لجستیکی جهانی وصل شوند نیز جزء اهداف هوشمند سازی یک بندر است (Dominguez, Gorges & Silva, 2022).

توجه به این نکته ضروری است که حتی اگر سازمان‌هایی که در یک بندر فعالیت می‌کنند ازنظر فناوری بسیار پیشرفته باشند، لزوماً نمی‌توان آن بندر را هوشمند دانست؛ زیرا این اصطلاح به کارکرد کلی سیستم بندر اشاره دارد. بنادر باید اهداف

خاصی را برای هر مرحله از دیجیتالی سازی تعیین نمود تا تحول دیجیتال در یک بندر انجام شود. هر عضوی از جامعه بندری باید استراتژی خود را برای دیجیتالی سازی تعیین کند و ترکیب این استراتژی‌ها باید مسیر را برای دستیابی به یک بندر هوشمند هموار کند. در این فرایند، اعضای جامعه بندری، مشتریان و کاربران امکانات بندری و شهرها و جوامع اطراف بندر باید تا حد امکان با یکدیگر هماهنگ باشند تا در چهار مرحله تحول دیجیتال بندر، به‌طور فردی و مشخص، پیشرفت کنند. تعریف و تبیین نقشه راه هوشمند سازی بنادر در چهار سطح مطابق شکل ۱۰ به تعریف اهداف فردی و جمعی که هر طرف باید برای رسیدن به آن تلاش کند کمک می‌نماید. همچنین به تجزیه‌وتحلیل و تعریف مراحل و پروژه‌های موردنیاز در هر سطح برای دستیابی به اهداف هوشمند سازی نیز کمک می‌کند. به‌طورکلی شرح عملیات هر سطح به‌صورت زیر است:

سطح اول:

- توسعه سیستم‌هایی برای مدیریت عملیات، مدیریت کسب‌وکار و فناوری اداری در سطح داخلی
- ساخت دستگاه‌های دیجیتال جهت استفاده داخلی
- تجزیه‌وتحلیل و پیاده‌سازی فرایندهای دستی زیادی که در روابط با اشخاص ثالث وجود دارد
- پیاده‌سازی حفاظت محیطی داخلی، امنیت و سیستم‌های ایمنی

سطح دوم:

- پیاده‌سازی سیستم‌های تسهیل تجارت و تشریفات الکترونیکی
- جایگزینی فرایندهای دستی با راه‌حل‌های الکترونیکی و خودکار در تأسیسات بندری
- پیاده‌سازی بندر آنلاین
- پیاده‌سازی سیستم‌های حفاظت محیطی، امنیت و ایمنی در سطح تسهیلات

سطح سوم:

- ایجاد یک گره لجستیک متصل و هماهنگ
- افزودن سیستم‌های جامعه بندری
- طراحی و پیاده‌سازی پلتفرم‌های دیجیتال برای لجستیک و حمل‌ونقل
- طراحی سیستم‌هایی جهت تضمین حفاظت محیطی و اجتماعی، ایمنی و امنیت برای جامعه (بندر و شهر محلی)

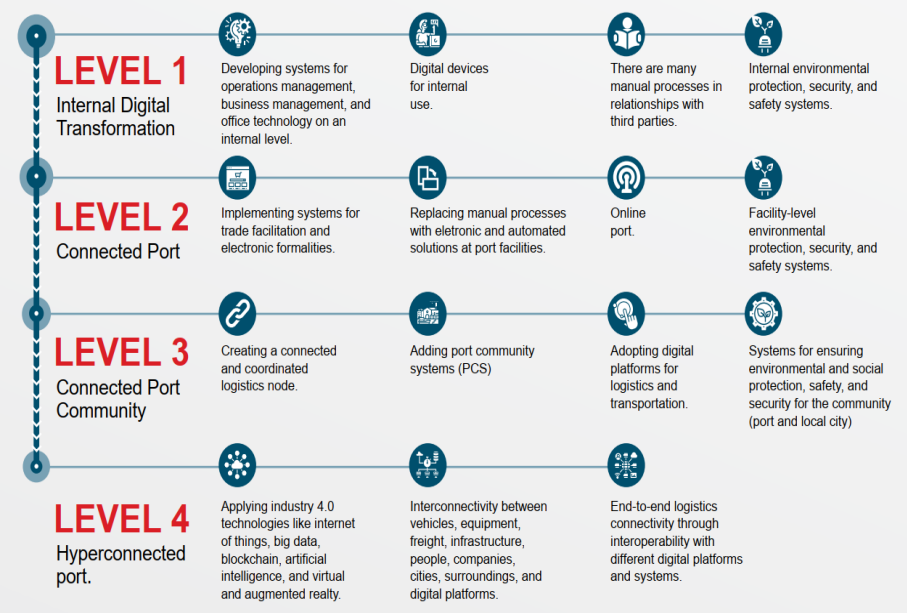
سطح چهارم:

- استفاده از فناوری‌های صنعت مانند اینترنت اشیا، داده‌های بزرگ، بلاک‌چین، هوش مصنوعی، واقعیت مجازی و واقعیت افزوده
- اتصال بین وسایل نقلیه، تجهیزات، حمل‌ونقل، زیرساخت‌ها، افراد، شرکت‌ها، شهرها، محیط اطراف و سیستم‌عامل‌های دیجیتال

- اتصال لجستیک انتها به انتها از طریق قابلیت همکاری با پلتفرم‌ها و سیستم‌های دیجیتال مختلف

سطوح بیان‌شده در موارد بالا نیازمند بازطراحی و بررسی دقیق و مرحله‌ای با جزئیات کامل و تهیه نقشه راه جزءبه‌جزء با توجه به توانمندی و محدودیت‌های موجود در هر جامعه بندری و محیط فیزیکی و سنجش موجودیت‌ها می‌باشند.

شکل ۱۰. سطوح طراحی بندر هوشمند (Lucenti 2020)



٤. نمونه‌هایی از بنادر هوشمند جهان

هوشمندترین بنادر جهان از فناوری‌های پیشرفته و راه‌حل‌های نوآورانه برای بهبود کارایی، کاهش هزینه‌ها و افزایش ایمنی استفاده می‌کنند. این بندرها از اینترنت اشیا، حسگرها، هوش مصنوعی و تجزیه‌وتحلیل داده‌ها برای بهینه‌سازی عملیات بندر، ساده‌سازی لجستیک و ارائه دید در زمان واقعی به زنجیره تأمین استفاده می‌کنند. این بنادر با هوشمند سازی در کلیه اعمال بندری از حمل‌ونقل و جابه‌جایی خودکار محموله گرفته تا تعمیر و نگهداری پیش‌بینی‌کننده تجهیزات و پیش‌بینی الگوها در فعالیت‌های بندری، انقلابی در نحوه حمل‌ونقل بار ایجاد می‌کنند (Gao et al., 2022). بنادر هوشمند همچنین طیف وسیعی از خدمات مانند ترخیص کالا از گمرک، مدیریت بار، انبارداری و توزیع را به‌صورت الکترونیکی ارائه می‌دهند. آن‌ها اکوسیستمی را ایجاد کرده‌اند که کارآمدتر، پایدارتر و انعطاف‌پذیرتر از همیشه است. همچنین هوشمندترین بنادر جهان اقدامات امنیتی پیشرفته‌ای جهت افزایش ایمنی و حفاظت از محیط‌زیست اجرا کرده‌اند. آن‌ها از طیف وسیعی از فناوری‌ها مانند تشخیص چهره، هواپیماهای بدون سرنشین و وسایل نقلیه خودران برای نظارت بر فعالیت‌های بندری و شناسایی تهدیدات احتمالی استفاده می‌کنند(Shuaian Wang et al. 2021) . علاوه بر این مقررات سختگیرانه ای در مورد جابجایی محموله اعمال کرده‌اند و اطمینان حاصل می‌کنند که همه کالاها به‌درستی بازرسی و به روشی ایمن حمل می‌شوند. این بنادر به‌طور مداوم بر بهبود ابتکارات پایداری خود با کاهش انتشار کربن، به حداقل رساندن زباله و استفاده از منابع انرژی تجدید پذیر کار می‌کنند (Costa et al. 2021). به‌طورکلی، هوشمندترین بنادر در جهان نه‌تنها کارآمد و مقرون‌به‌صرفه هستند، بلکه

ایمنی و پایداری را برای همه ذینفعان درگیر در عملیات بندری در اولویت قرار می‌دهند. در ادامه به معرفی برترین بندرهای هوشمند جهان می‌پردازیم:

۱-٤- بندر روتردام

اینترنت اشیا می‌تواند تأثیر عمده‌ای بر کارایی حمل‌ونقل کانتینری داشته باشد. در اینجا به پنج کاربرد اینترنت اشیا و هوش مصنوعی که در حال حاضر در بندر روتردام استفاده‌شده و بر سطح کارایی حمل‌ونقل کانتینری مؤثر بوده است اشاره می‌کنیم (Shi & Xing 2015)..

- ردیابی بیدرنگ کانتینرها انجام شده است.
- اطلاعات کانتینر جهت انباشتگی بهینه استفاده شده است.
- اینترنت اشیا انتقال به پایانه‌های خودکار را آسان نموده است.
- زمان رسیدگی به نیازهای گمرکی کوتاه شده است.
- افزایش تبادل داده امکان بهینه‌سازی و تغییر زنجیره تأمین را فراهم نموده است.

ردیابی بلادرنگ در بندر روتردام این امکان را به کارکنان بندر داده که برنامه‌ریزی خود را بهینه کنند. همچنین به‌روزرسانی‌های زنده درباره وضعیت کانتینر به اپراتورهای پایانه کمک کرده که برنامه‌های خود را تا حد امکان کارآمد کنند و از خرابی جلوگیری نمایند (Dooms, Van der Lugt & De Langen 2013). علاوه بر این، تنظیم برنامه‌ریزی‌ها با داده‌های زمان واقعی، زمان انتظار غیرضروری را کاهش داده و از ازدحام جلوگیری کرده است. به‌کارگیری اینترنت اشیا در بندر روتردام اجرای پایانه‌های بدون سرنشین را تقویت نموده و کمک کرده که این ترمینال‌ها در مقایسه با ترمینال‌هایی که توسط انسان اداره می‌شوند، به ترمینال‌های کارآمدتری تبدیل شوند. استفاده از سیستم‌های جامعه بندری[6] به گمرک این امکان را داده است که تمام اسناد را قبل از ورود واقعی به بندر روتردام دریافت کنند که منجر به صرفه‌جویی در زمان و کاهش خطر خطا می‌شود (Vitellaro et al. 2022). از طرفی مهروموم الکترونیکی در بندر روتردام امکان بررسی بالاتر خطر امنیتی مربوط به کانتینرها را فراهم نموده که نه‌تنها زمان مدیریت سفارشی را کارآمدتر کرده بلکه سطح عمومی امنیت را نیز افزایش داده و موجب تغییر در زنجیره تأمین و درنتیجه منجر به حمل‌ونقل کارآمدتر و پایدارتر کانتینرها شده است(Punt et al., 2023). به‌طور خاص برای بندر روتردام، که می‌توان آن را به‌عنوان بزرگ‌ترین بندر کانتینری اروپا توصیف کرد، در دسترس بودن همه روش‌های حمل‌ونقل و استفاده از سیستم‌های هوشمند جامعه بندری که در سراسر کشور فعال است منجر به افزایش بهره‌وری و ایجاد موقعیت رقابتی در طیف جهانی شده است(Römers, 2021). توجه به این نکته ضروری است که پیش از به‌کارگیری کامل پتانسیل‌های اینترنت اشیا، تهدیداتی وجود دارد که باید بتوان بر آن‌ها غلبه کرد. اقدامات امنیتی ناکافی می‌تواند هم برای اقتصاد و هم برای ایمنی ساکنان خطرناک باشد (Gianoli & Bravo, 2020). محیط بندر یک دنیای محافظه‌کارانه است که بدون حمایت کارکنان در بندر، پیاده‌سازی سیستم‌های هوشمند موفقیت‌آمیز نخواهد بود. توسعه هوشمند نیازمند حمایت کافی در بندر است. این امر می‌تواند منجر به ایجاد چالش‌های سختی شود زیرا

6. Port Community Systems (PCS)

سلسله‌مراتب اختیارات، داده‌ها و دسترسی به داده‌ها و اطلاعات با به‌کارگیری سیستم‌های هوشمند ممکن است تغییر کند. شرکت‌ها نمی‌خواهند قدرت بازار خود را از دست بدهند، درحالی‌که پایانه‌های بدون سرنشین می‌توانند به دلیل بیکاری بالقوه کارگران، مشکلاتی ایجاد کنند. در این خصوص در بندر روتردام راهکارهای کاربرپسندی ارائه شده که خطرات و تهدیدها را به فرصت‌های ارزشمندی برای ساکنین مناطق بندری اعم از افراد و شرکت‌ها تبدیل نموده است (Nikghadam et al., 2023).

۲-٤- بندر هامبورگ

بندر هامبورگ بزرگ‌ترین بندر آلمان و در کنار بنادر روتردام و آنتورپ، یکی از شلوغ‌ترین بندرهای اروپا است. تنها در سال ۲۰۱۸، ۸٫۷ میلیون TEU کانتینر، ۴۴٫۲ میلیون تن محموله، ۹۰۰۵۶۲ مسافر کروز و ۱٫۵ میلیون تن بار عمومی از این بندر عبور کرده است (Bojic et al., 2021). پیش‌بینی می‌شود افزایش این اعداد در سال‌های بعد ترافیک و سود بیشتری برای بندر به ارمغان بیاورد، اما این موضوع ازدحام جاده‌ها، صدا و آلودگی بیشتر و یا به عبارتی استانداردهای اجتماعی و اکولوژیکی پایین‌تر برای شهروندان به دنبال خواهد داشت. در راستای جلوگیری از این تأثیرات منفی، ظرفیت‌ها باید افزایش می‌یافت، اما ازآنجایی‌که بندر در منطقه شهری متراکم در نزدیکی مرکز شهر قرار دارد، گسترش فیزیکی گزینه‌ای امکان‌پذیر نبود. به همین دلیل مدیران بندر هامبورگ[7] پاسخ حل این مشکل را در استفاده از فناوری‌های جدید یافتند. به این منظور برنامه راهبردی و عملیاتی جامعی شامل جزئیات تمام پروژه‌های در حال انجام و آینده باهدف دستیابی به بندر هوشمند در برنامه توسعه بندر ۲۰۲۵ توسط اداره بندر هامبورگ (نهاد مسئول برنامه‌ریزی استراتژیک، مدیریت و اداره بندر دریایی) طراحی شد (Witte et al., 2022). بندر هوشمند هامبورگ عمدتاً از سه رکن لجستیک هوشمند شامل زیرساخت بندر هوشمند، جریان ترافیک هوشمند و جریان کالا با افزودن انرژی بندر هوشمند تشکیل شده است. به‌این‌ترتیب برای باز و بسته شدن به‌موقع و بهینه پل‌ها برنامه‌ریزی‌شده، با استخراج داده‌های جمع‌آوری‌شده در طول دوره زمانی طولانی به مرکز مدیریت بندر امکان پیش‌بینی دقیق‌تر سفرها داده‌شده و جریان ترافیک بهبودیافته است (Lobo-Guerrero, 2012) همچنین با استفاده از داده‌کاوی نه‌تنها بهینه‌سازی مسیریابی محموله، بلکه برنامه‌ریزی جابجایی مواد برای به حداقل رساندن زمان جابجایی انجام شده است. اطلاعات جمع‌آوری‌شده از طریق یک پلتفرم اطلاعات محموله یکپارچه با همه طرف‌های درگیر به اشتراک گذاشته‌شده و با دریافت اطلاعات GPS و سیستم‌های ارجاع جغرافیایی در مورد موقعیت سرویس‌های تحویل یا انبارها به‌طور خودکار از تأخیرها مطلع شده‌اند و قادر به تنظیم زمان‌بندی مجدد ورود یا تحویل و تنظیم الزامات رسیدگی هستند. این فناوری‌ها در کنار بازرسی بصری هوشمند منجر به کاهش میزان بازرسی‌های فیزیکی موردنیاز در نقاط کنترل سفارشی‌شده‌اند که به‌نوبه خود هزینه‌های کار و زمان در گمرک را کاهش داده است (Malinas, 2016). علاوه بر این موارد، مدیریت هوشمند انرژی بندر هامبورگ را به سمت آینده‌ای سبزتر سوق داده است. ازآنجاکه این بندر بیش از ۴۰ درصد از کل انرژی مصرفی هامبورگ را مصرف می‌کند، بنابراین زیرساخت‌های کلیدی مجهز به کنتورهای هوشمند

7. Hamburg Port Authority (HPA)

می‌توانند با تنظیم عواملی مانند فشار، دما و محرک‌های الکتریکی، مصرف انرژی را نظارت و کنترل کنند. درنتیجه انتظار می‌رود با سیستم‌های هوشمند و کارآمدتر انرژی، انتشار دی‌اکسید کربن بندر هامبورگ سالانه ۱۲ هزار تن کاهش یابد.(Kapkaeva et al. 2021)

۳-٤- بندر کارتاخنا

این بندر چهارمین بندر اسپانیا برای حمل‌ونقل بار با ۱,۴ میلیون تن بار عمومی و ۶,۵ میلیون تن فله خشک در سال ۲۰۱۸ است. اداره بندر کارتاخنا با اجرای راهکارهای هوشمند، تمرکز بیشتری بر مسافران کروز خود داشته است (Montesinos, . (2014 با داشتن ۲۳۰۰۰ مسافر در سال ۲۰۱۸، کارتاخنا دهمین مقصد کشتی کروز اسپانیا است (Artal-Tur, Navarro-Azorín & Ramos-Parreño, 2019) که بیش از ۴۰ اتصال دریایی مختلف را از دو پایانه رزمناو خود در مجاورت مرکز شهر فراهم می‌کند. به دلیل خطوط کروز زیاد و تعداد فزاینده بازدیدکنندگان، اداره بندر کارتاخنا، اسمارت‌پورت پوزیدنیا[8] (محصولی که توسط شرکت پرودولپ[9] توسعه یافته و شامل یک برنامه برای دسترسی به اطلاعات بندر است) را خریداری کرد. با این تصمیم، بندر کارتاخنا اکنون روابط خود را با جامعه بندری تقویت کرده، ادغام بندر را در محیط شهر تثبیت نموده و موقعیت بندر را در صنعت کروز افزایش داده است. این اسمارت پورت توسط تمام پلتفرم‌های مربوطه پشتیبانی می‌شود و تأثیر بسیار کمی بر زیرساخت‌های فناوری اطلاعات ایجاد می‌کند زیرا همه سرویس‌ها در فضای ابری قرار دارند. استفاده از این محصول به بندر کارتاخنا اجازه داده است که اطلاعات فوری در مورد وضعیت کشتی (اطلاعات مربوط به وضعیت فعلی، پیش‌بینی در ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ساعت آینده، حرکت، ورود، خروج یا لنگر انداختن کشتی‌ها)، تاریخچه ترافیک و پیش‌بینی‌ها را به اشتراک بگذارد. جدا از اطلاعات کشتی و تماس، بندر کارتاخنا همچنین دسترسی به اخبار شرکت خود را ارائه می‌دهد که با حساب توییتر آن بندر یکپارچه شده است و به کاربران امکان دسترسی به جدیدترین اخبار بندر را می‌دهد. این برنامه همچنین داده‌های آب و هوایی را در بندر با اطلاعات و پیش بینی‌های فعلی ارائه می‌دهد و می‌تواند دسترسی مستقیم به وب کم‌های واقع در سرتاسر بندر را فراهم کند و تصاویر را در زمان واقعی نمایش دهد (Portuaria De Cartagena, 2018). در نهایت، برنامه شامل لیست کاملی از امکانات بندری (اسکله‌ها، ساختمان‌ها، مکان‌های دیدنی، پایانه‌ها، ارگان‌های عمومی و غیره) و فهرستی از تمام شرکت‌هایی است که در بندر کار می‌کنند یا خدمات ارائه می‌دهند (Suárez-Gargallo & Zaragoza-Sáez, 2023).

نتیجه‌گیری

هوشمندسازی بنادر گامی حیاتی در جهت ایجاد اکوسیستم کارآمدتر، پایدارتر و انعطاف‌پذیرتر برای تجارت جهانی است. طراحی نقشه راه هوشمندسازی بنادر و استفاده از فناوری‌های پیشرفته مانند اینترنت اشیا، هوش مصنوعی و تجزیه‌وتحلیل داده‌ها، بنادر را قادر به بهینه‌سازی عملیات خود و کاهش هزینه‌ها می‌سازد. این نقشه راه به سمت بنادر هوشمند فقط شامل

8. Posidonia SmartPort
9. Prodevelop

پیاده‌سازی فناوری‌های جدید نیست، بلکه پرورش فرهنگ نوآوری و همکاری در سازمان‌های بندری را نیز دربر می‌گیرد. بنادری که این نقشه راه را طراحی و آن را پیاده‌سازی کنند، موقعیت خوبی برای پیشبرد رشد اقتصادی، ایجاد فرصت‌های جدید برای کسب‌وکارها و حمایت از تجارت جهانی دارند. از طرفی همان‌طور که بنادر به تکامل و پذیرش فناوری‌های جدید ادامه می‌دهند، با طیف وسیعی از چالش‌های مربوط به حریم خصوصی و امنیت داده‌ها روبرو هستند. مقامات بندری باید از این چالش‌ها آگاه باشند و اقدامات مناسب را برای حفاظت از اطلاعات حساس و اطمینان از رعایت مقررات حفاظت از داده‌ها اجرا کنند. علاوه بر این، آن‌ها باید در شیوه‌های جمع‌آوری و اشتراک داده‌های خود شفاف باشند و اطلاعات روشنی در مورد نحوه جمع‌آوری، ذخیره و استفاده از داده‌ها ارائه دهند. هوشمندسازی بنادر همچنین مستلزم تمرکز بر پایداری و مسئولیت زیست‌محیطی است. مقامات بندری باید کاهش انتشار کربن، به حداقل رساندن ضایعات و استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر در عملیات خود را در اولویت قرار دهند. این امر مستلزم رویکردی جامع است که کل چرخه حیات جابه‌جایی و حمل‌ونقل محموله را از نقطه مبدأ تا مقصد نهایی در نظر گیرد. با سرمایه‌گذاری در فناوری‌ها و شیوه‌های پایدار، بنادر می‌توانند به آینده‌ای پایدارتر برای تجارت جهانی کمک کنند. درنتیجه، نقشه راه به سمت هوشمندسازی بنادر گامی حیاتی در جهت ایجاد اکوسیستم کارآمدتر، پایدارتر و انعطاف‌پذیرتر برای تجارت جهانی است.

هوشمندسازی بنادر یک رویداد یک‌باره نیست، بلکه یک فرایند مداوم و مرحله‌ای است که مستلزم سازگاری و بهبود مستمر است. مقامات بندری باید مایل به پذیرش فناوری‌های جدید و تصمیم‌گیری مبتنی بر داده‌ها باشند تا بتوانند با سرعت تغییرات همگام شوند. با ظهور فناوری‌های جدید و توسعه بهترین شیوه‌ها، نقشه راه طراحی اکوسیستم بندری هوشمند مرتباً در حال بهنگام سازی و پیشرفت خواهد بود. بنادری که با موفقیت از این نقشه راه عبور می‌کنند، می‌توانند برای همه ذی‌نفعان درگیر در عملیات بندری ارزش ایجاد کنند و به زنجیره تأمین جهانی پایدارتر و انعطاف‌پذیرتر کمک کنند.

References

1. Agis Lamprakis. (2022). “The MarineTraffic Mobile App Has Just Evolved - MarineTraffic Blog.”. (Retrieved on 26/10/2023). https: //www.marinetraffic.com/blog/the-marinetraffic-mobile-app-has-just-evolved/.
2. Al-Fatlawi, Hayder Ali & Hassan Jassim Motlak. (2023). “Smart Ports: Towards a High Performance, Increased Productivity, and a Better Environment.” *International Journal of Electrical and Computer Engineering* 13 (2). https: //doi.org/10.11591/ijece.v13i2.pp1472-1482.
3. Almuqren, Latifah, Fatma S. Alrayes, Munya A. Arasi, Fahad F. Alruwaili, Abdullah Mohamed & Mohammed Assiri. (2023). “Blockchain Assisted Vehicle and Cargo Matching Using Optimal Fuzzy *Restricted Boltzmann Machine in Autonomous Transport System.” IEEE* Access. https: //doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3319401.
4. Artal-Tur, Andrés, José Miguel Navarro-Azorín & José María Ramos-Parreño. (2019). “Estimating the Impact of Cruise Tourism through Regional Input–Output Tables.” *Anatolia* 30 (2). https: //doi.org/10.1080/13032917.2018.1519209.
5. Balfaqih, Mohammed, Zain Balfagih, Miltiadis D. Lytras, Khaled Mofawiz Alfawaz, Abdulrahman A. Alshdadi & Eesa Alsolami. (2023). “A Blockchain-Enabled IoT Logistics System for Efficient Tracking and Management of High-Price Shipments: A Resilient, Scalable and Sustainable Approach to Smart Cities.” *Sustainability (Switzerland)* 15 (18). https: //doi.org/10.3390/su151813971.
6. Bojic, Filip, Anita Gudelj, Filip Bojić, Rino Bošnjak, mag ing Rino Bošnjak, dr sc Anita Gudelj, and dr sc. 2021. “REVIEW OF SMART PORTS IN THE EUROPEAN UNION.” https: //www.researchgate.net/publication/348564344.
7. Bouti, Nabila & Fatima El Khoukhi. (2023). “Smart Supply Chain Management: A Literature Review.” In Lecture Notes in Networks and Systems. Vol. 668 *LNNS*. https: //doi.org/10.1007/978-3-031-29857-8_89.
8. Costa, Joao Pita, Ignacio Lacalle, Miguel A. Llorente, Olivier Le Brun, Leonidas Ptsikas, Gilda de Marco, Charles Garnier, et al. (2021). “Advantage of a Green and Smart Port of the Future.” *In WIT Transactions on the Built Environment.* Vol. 204. https: //doi.org/10.2495/UT210171.
9. D’Amico, Gaspare, Katarzyna Szopik-Depczyńska, Izabela Dembińska & Giuseppe Ioppolo. (2021). “Smart and Sustainable Logistics of Port Cities: A Framework for Comprehending Enabling Factors, Domains and Goals.” *Sustainable Cities and Society* 69. https: //doi.org/10.1016/j.scs.2021.102801.
10. Dhouioui, Mohamed & Tarek Frikha. (2020). “Intelligent Warehouse Management System.” *In DTS 2020 - IEEE International Conference on Design and Test of Integrated Micro and Nano-Systems*. https: //doi.org/10.1109/DTS48731.2020.9196063.
11. Dominguez, Gabriela do Nascimento, Suzane Carolyne Gorges, and Vanina Macowski Durski Silva. (2022). “ROADMAP FOR IMPLEMENTING SMART PRACTICES AT SEAPORTS AND TERMINALS.” *Revista Eletrônica de Estratégia & Negócios* 15. https: //doi.org/10.59306/reen.v15e202273-96.
12. Dooms, Michaël, Larissa Van der Lugt & Peter W. De Langen. (2013). “International Strategies of Port Authorities: The Case of the Port of Rotterdam Authority.” *Research in Transportation Business and Management* 8. https: //doi.org/10.1016/j.rtbm.2013.06.004.
13. Ferko, Enxhi, Alessio Bucaioni & Moris Behnam. (2022). “Architecting Digital Twins.” *IEEE Access* 10. https: //doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3172964.
14. Gao, Jing, Yuhui Sun, Rameez Rameezdeen & Christopher Chow. (2022). “Understanding Data Governance Requirements in IoT Adoption for Smart Ports–a Gap Analysis.” *Maritime Policy and Management*. https: //doi.org/10.1080/03088839.2022.2155318.
15. Gianoli, Alberto & Felipe Bravo. (2020). “Carbon Tax, Carbon Leakage and the Theory of Induced Innovation in the Decarbonisation of Industrial Processes: The Case of the Port of Rotterdam.” *Sustainability (Switzerland)* 12 (18). https: //doi.org/10.3390/su12187667.
16. Gizelis, Christos Antonios, Theodoros Mavroeidakos, Achilleas Marinakis, Antonis Litke & Vrettos Moulos. (2020). “Towards a Smart Port: The Role of the Telecom Industry.” *In IFIP Advances in*

Information and Communication Technology. Vol. 585 IFIP. https: //doi.org/10.1007/978-3-030-49190-1_12.

17. Hammond, Barry D., Jeril R. Cooper & David A. Lazarchik. (2009). "Predictable Repair of Provisional Restorations." *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry* 21 (1). https: //doi.org/10.1111/j.1708-8240.2008.00225.x.
18. Idrissi, Ayoub El, Abdelfatteh Haidine, Abdelhak Aqqal & Aziz Dahbi. (2022). "Deployment Strategies of Mobile Networks for Internet-of-Things in Smart Maritime Ports." *In 11th International Symposium on Signal, Image, Video and Communications, ISIVC 2022 - Conference Proceedings*. https: //doi.org/10.1109/ISIVC54825.2022.9800728.
19. Ilin, Igor, Carlos Jahn, Jürgen Weigell & Sofia Kalyazina. (2019). "Digital Technology Implementation for Smart City and Smart Port Cooperation." In. https: //doi.org/10.2991/icdtli-19.2019.87.
20. Kapkaeva, Natalia, Anastasia Gurzhiy, Svetlana Maydanova, and Anastasia Levina. (2021). "Digital Platform for Maritime Port Ecosystem: Port of Hamburg Case." *In Transportation Research Procedia*. Vol. 54. https: //doi.org/10.1016/j.trpro.2021.02.146.
21. Karaś, A. (2020). "Smart Port as a Key to the Future Development of Modern Ports." *TransNav* 14 (1). https: //doi.org/10.12716/1001.14.01.01.
22. Karas, Adrianna. (2020). *"The Role of Digitalization for Smart Port Concept."* Economic and Social Development: Book of Proceedings.
23. Komol, Md Mostafizur Rahman, Md Samiul Islam Sagar, Naeem Mohammad, Jack Pinnow, Mohammed Elhenawy, Mahmoud Masoud, Sebastien Glaser & Shi Qiang Liu. (2021). "Simulation Study on an Ict-Based Maritime Management and Safety Framework for Movable Bridges." *Applied Sciences (Switzerland)* 11 (16). https: //doi.org/10.3390/app11167198.
24. Kuo, Szu Yu, Xiang Rui Huang & Liang Bi Chen. (2022). "Smart Ports: Sustainable Smart Business Port Operation Schemes Based on the Artificial Intelligence of Things and Blockchain Technologies." *IEEE Potentials* 41 (6). https: //doi.org/10.1109/MPOT.2022.3198808.
25. Li, Donglou. (2019). "Development of Intelligent Marine Traffic Service Application Software for Haikou Bay." *Journal of Coastal Research* 94 (sp1). https: //doi.org/10.2112/SI94-097.1.
26. Li, Justina. (2021). "Awake.AI Smart Port Mobile." (2021). (Retrieved on 29/10/2023). https: //www.awake.ai/smart-port-mobile-download.
27. Li, Kunpeng, Amir Gharehgozli & Jun Yeon Lee. (2023). "Smart Technologies and Port Operations: Optimal Adoption Strategy with Network *Externality Consideration." Computers and Industrial Engineering* 184. https: //doi.org/10.1016/j.cie.2023.109557.
28. Liao, Han Teng, Tsung Ming Lo & Chung Lien Pan. (2023). "Knowledge Mapping Analysis of Intelligent Ports: Research Facing Global Value Chain Challenges." *Systems* 11 (2). https: //doi.org/10.3390/systems11020088.
29. Lim, Joan. (2022). "Transportation Management | Oracle United Kingdom.". (Retrieved on 24/10/2023). https: //www.oracle.com/uk/scm/logistics/transportation-management/.
30. Liu, Binbin & Jie Cai. (2023). "Design of Logistics Intelligent Warehouse Management System Based on Radio Frequency Identification Technology for 5G." *Wireless Communications and Mobile Computing 2023*. https: //doi.org/10.1155/2023/8060198.
31. Liu, Yang, Ziyu Zhou, Yongsheng Yang & Yan Ma. (2022). "Verifying the Smart Contracts of the Port Supply Chain System Based on Probabilistic Model Checking." *Systems* 10 (1). https: //doi.org/10.3390/systems10010019.
32. Lobo-Guerrero, Luis. (2012). "Connectivity as the Strategization of Space – The Case of the Port of Hamburg." *Distinktion* 13 (3). https: //doi.org/10.1080/1600910X.2012.697860.
33. Lu, Ping, Pingping Liu & Jiangtao Xu. (2021). "Design of Intelligent Warehouse Management System Based on MVC." *International Journal of Advanced Network, Monitoring and Controls* 6 (2). https: //doi.org/10.21307/ijanmc-2021-020.
34. Lucenti, Krista. (2020). "*Smart Port Manual • Strategy And Roadmap to a Creative Commons IGO 3.0 Attribution-NonCommercial without Derivative Works License* (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND)."
35. Lukovic, M., G. Ye & K. Van Breugel. (2012). "Reliable Concrete Repair: A Critical Review." *14th*

International Conference Structural Faults and Repair, Edinburgh, Scotland, UK, 3-5 July 2012, no. October 2015.

36. Makkawan, Kittisak & Thanyaphat Muangpan. (2021). "A Conceptual Model of Smart Port Performance and Smart Port Indicators in Thailand." *Journal of International Logistics and Trade* 19 (3). https: //doi.org/10.24006/JILT.2021.19.3.133.
37. Malinas, Aghathe. (2016). "*The Internet of Things in Transportation Port of Hamburg Case Study Insight."*
38. Mao, Jia, Huihui Xing & Xiuzhi Zhang. (2018). "Design of Intelligent Warehouse Management System." *Wireless Personal Communications* 102 (2). https: //doi.org/10.1007/s11277-017-5199-7.
39. McLeod, Dan. (2010). "Emerging Capabilities for Autonomous Inspection Repair and Maintenance." *In MTS/IEEE Seattle, OCEANS* 2010. https: //doi.org/10.1109/OCEANS.2010.5664441.
40. Montesinos, Miguel. (2014). "*Ports Opening up Communication Lines*." www.smartport.prodevelop.es.
41. Nikghadam, Shahrzad, Kim F. Molkenboer, Lori Tavasszy & Jafar Rezaei. (2023). "Information Sharing to Mitigate Delays in Port: The Case of the Port of Rotterdam." *Maritime Economics and Logistics* 25 (3). https: //doi.org/10.1057/s41278-021-00203-9.
42. ÖZKANLI, Asiye & Berrin DENİZHAN. (2020). "Türk Limanları Için Dijitalleşme Yol Haritası." *European Journal of Science and Technology*, April, 358–63. https: //doi.org/10.31590/ejosat.araconf46.
43. Ozturk, Metin, Mona Jaber & Muhammad A. Imran. (2018). "Energy-Aware Smart Connectivity for IoT Networks: Enabling Smart Ports." *Wireless Communications and Mobile Computing* 2018. https: //doi.org/10.1155/2018/5379326.
44. Pasi, Bhaveshkumar N, Subhash K Mahajan & Santosh B Rane. (2020). "Smart Supply Chain Management: A Perspective of Industry 4.0." *International Journal of Advanced Science and Technology* 29 (5).
45. Portuaria De Cartagena, Autoridad. (2018). *"Resumen General de Tráfico Portuario."*
46. Pöyhönen, Jouni, Jussi Simola & Martti Lehto. (2023). "Basic Elements of Cyber Security for a Smart Terminal Process." *International Conference on Cyber Warfare and Security* 18 (1). https: //doi.org/10.34190/iccws.18.1.966.
47. Pratik Rupareliya. (2023). "How to Integrate IoT in Retail and ECommerce." 2023. (Retrieved on 28/10/2023). https: //medium.com/intuz/how-to-integrate-iot-in-retail-and-ecommerce-cef5215ee23c.
48. Punt, Eline, Jochen Monstadt, Sybille Frank & Patrick Witte. (2023). "Navigating Cyber Resilience in Seaports: Challenges of Preparing for Cyberattacks at the Port of Rotterdam." *Digital Policy, Regulation and Governance* 25 (4). https: //doi.org/10.1108/DPRG-12-2022-0150.
49. Qi, Qinglin, Fei Tao, Tianliang Hu, Nabil Anwer, Ang Liu, Yongli Wei, Lihui Wang & A. Y.C. Nee. (2021). "Enabling Technologies and Tools for Digital Twin." *Journal of Manufacturing Systems* 58. https: //doi.org/10.1016/j.jmsy.2019.10.001.
50. Rogers, Adam. (2021). "Transport Management & Transport Logistics | Transnova.". (Retrieved on 23/10/2023). https: //investors.e2open.com/news/news-details/2021/E2open-Completes-Acquisition-of-BluJay-Solutions-&-Raises-Fiscal-Year-2022-Guidance/default.aspx.
51. Römers, Ingrid. (2021). *"Drone Port of Rotterdam: Onward to a Hybrid Port."* Whitepaper.
52. SANRI, Özlem. (2022). "A Bibliometric Literature Review on Smart Ports." Doğuş Üniversitesi Dergisi. https: //doi.org/10.31671/doujournal.1057815.
53. Sardar, Suman Kalyan, Biswajit Sarkar & Byunghoon Kim. (2021). "Integrating Machine Learning, Radio Frequency Identification, and Consignment Policy for Reducing Unreliability in Smart Supply Chain Management." *Processes* 9 (2). https: //doi.org/10.3390/pr9020247.
54. Shi, Hong & Yan Xing. (2015). "The Development of Rotterdam Port Enlightenment to the Ports of Jiangsu." *Journal of Coastal Research.* https: //doi.org/10.2112/SI73-021.1.
55. Sinay. (2021)b. "What Is a Digital Twin for Ports? Example in Livorno, Italy.". (Retrieved on 27/10/2023). https: //sinay.ai/en/what-is-a-digital-twin/ 2021b. "What Is Artificial Intelligence in Smart Port Operations?" Https: //Sinay.Ai/. 2021.

56. Singh, Atul Kumar & V. R. Prasath Kumar. (2022). “Smart Contracts and Supply Chain Management Using Blockchain.” *Journal of Engineering Research (Kuwait)* 9. https: //doi.org/10.36909/jer.ACMM.16307.
57. Stratigea, Anastasia, Akrivi Leka & Chrysses Nicolaides. (2017). “Small and Medium-Sized Cities and Insular Communities in the Mediterranean: Coping with Sustainability Challenges in the Smart City Context.” In. https: //doi.org/10.1007/978-3-319-54558-5_1.
58. Suárez-Gargallo, Carlos & Patrocinio Zaragoza-Sáez. (2023). “Port Authority of Cartagena: Evidence of a Sustainability Balanced Scorecard.” *Sustainable Development*. https: //doi.org/10.1002/sd.2624.
59. Sun, Jiuwu, Zhijing Xu & Shanshan Liang. (2021). “NSD-SSD: A Novel Real-Time Ship Detector Based on Convolutional Neural Network in Surveillance Video.” C*omputational Intelligence and Neuroscience* 2021. https: //doi.org/10.1155/2021/7018035.
60. Tang, Guang Hai & Hui Zeng. (2021). “Visualisation Technology in Digital Intelligent Warehouse Management System.” *International Journal of Grid and Utility Computing* 12 (4). https: //doi.org/10.1504/IJGUC.2021.119564.
61. Tao, Fei, Bin Xiao, Qinglin Qi, Jiangfeng Cheng & Ping Ji. (2022). “Digital Twin Modeling.” *Journal of Manufacturing Systems*. https: //doi.org/10.1016/j.jmsy.2022.06.015.
62. Triska, Yuri, Enzo Morosini Frazzon, Vanina Macowski Durski Silva & Leonard Heilig. (2022). “Smart Port Terminals: Conceptual Framework, Maturity Modeling and Research Agenda.” *Maritime Policy and Management.* https: //doi.org/10.1080/03088839.2022.2116752.
63. Turjo, Manoshi Das, Mohammad Monirujjaman Khan, Manjit Kaur & Atef Zaguia. (2021). “Smart Supply Chain Management Using the Blockchain and Smart Contract.” *Scientific Programming 2021*. https: //doi.org/10.1155/2021/6092792.
64. Ur Rahman, Md Zia, Mohit Kumar Kanchi, M. A. Aleem Pasha & Bharath Kumar Yadla. (2021). “Design and Development of Autonomous Warehouse Management Robot with Intelligent Software Framework.” *In 2021 IEEE International Conference on Mobile Networks and Wireless Communications, ICMNWC 2021*. https: //doi.org/10.1109/ICMNWC52512.2021.9688354.
65. Valk, Hendrik van der, Hendrik Haße, Frederik Möller & Boris Otto. (2022). “Archetypes of Digital Twins.” *Business and Information Systems Engineering* 64 (3). https: //doi.org/10.1007/s12599-021-00727-7.
66. Verma, Shikhar, Yuichi Kawamoto & Nei Kato. (2022). “A Smart Internet-Wide Port Scan Approach for Improving IoT Security under Dynamic WLAN Environments.” *IEEE Internet of Things Journal* 9 (14). https: //doi.org/10.1109/JIOT.2021.3132389.
67. Vitellaro, Francesco, Giovanni Satta, Francesco Parola & Nicoletta Buratti. (2022). “Social Media and CSR Communication in European Ports: The Case of Twitter at the Port of Rotterdam.” *Maritime Business Review* 7 (1). https: //doi.org/10.1108/MABR-03-2021-0020.
68. Wang, Senjie & Zhengwei He. (2021). “A Prediction Model of Vessel Trajectory Based on Generative Adversarial Network.” *Journal of Navigation* 74 (5). https: //doi.org/10.1017/S0373463321000382.
69. Wang, Shuaian, Lu Zhen, Liyang Xiao & Maria Attard. (2021). “Data-Driven Intelligent Port Management Based on Blockchain.” *Asia-Pacific Journal of Operational Research* 38 (3). https: //doi.org/10.1142/S0217595920400175.
70. Wilhelmsen. (2018). “Wilhelmsen AR App’s New Interactive Update - Wilhelmsen,”. (Retrieved on 25/10/2023) https: //www.wilhelmsen.com/ships-service/wilhelmsen-ar-augmented-reality-app-now-available-on-google-play-store/.
71. Witte, P., J. P. Sperhake, K. Püschel, F. Holz, B. Ondruschka & A. S. Schröder. (2022). “On the Handling of German Citizens Who Died Abroad: A Presentation and Evaluation of the Procedure in Hamburg.” *Rechtsmedizin* 32 (2). https: //doi.org/10.1007/s00194-021-00513-5.
72. Wu, Qiang & Jia Shou. (2020). “Toward Precise CRISPR DNA Fragment Editing and Predictable 3D Genome Engineering.” *Journal of Molecular Cell Biology*. https: //doi.org/10.1093/jmcb/mjaa060.
73. Xin, Xuri, Kezhong Liu, Sean Loughney, Jin Wang, Huanhuan Li & Zaili Yang. (2023). “Graph-Based Ship Traffic Partitioning for Intelligent Maritime Surveillance in Complex Port Waters.” *Expert Systems with Applications* 231. https: //doi.org/10.1016/j.eswa.2023.120825.

74. Zhang, Ying & Feng Pan. (2022). “Design and Implementation of a New Intelligent Warehouse Management System Based on MySQL Database Technology.” *Informatica (Slovenia)* 46 (3). https: //doi.org/10.31449/inf.v46i3.3968.

استناد به این مقاله: پورمحمدباقر، لطیفه. (۱۴۰۲). نقشه راه هوشمندسازی بنادر، *فصلنامه خدمات دریایی و بندری*، ۱ (۱)، ۹۹-۱۳۴.

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