J. of Marine Eng. Vol. 22, Iss. 50, 2026. (34-45)

Journal of Marine Engineering

Journal homepage: marine-eng.ir

Evaluating the role of blockchain and Internet of Things technologies in the sustainable development of port logistics in Iran

Sina Karimi[1], **Gholamreza Amini Khiabani**[2*]

[1] *Department of Business Management, SR.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran. Email: sina.ka.khan@gmail.com*
[2] *Department of Business Management, Ka.C., Islamic Azad University, Karaj, Iran (Corresponding author). Email: gholamreza.amini@iau.ac.ir*

ARTICLE INFO

Article History:
Received: 14 Aug 2026
Last modification: 22 Oct 2026
Accepted: 1 Nov 2026
Available online: 7 Nov 2026

Article type:
Research paper

Keywords:
Blockchain,
Internet of Things,
Port Logistics,
Sustainable Development.

ABSTRACT

In the turbulent landscape of global trade, ports as strategic hubs within the supply chain require technological solutions that enhance operational performance while meeting environmental and social requirements. This study evaluates the impacts of blockchain and Internet of Things on economy, society, and the environment. The statistical population consisted of experts and managers active in the field of port logistics, and data were collected via questionnaires. Data analysis was conducted using SPSS and AMOS software, employing the structural equation modeling method. Statistical results indicate that both blockchain and Internet of Things have significant positive effects on the sustainable development of port logistics, with their combined impact proving mutually reinforcing. Notably, Internet of Things exerted the greatest influence on economic and environmental components, while blockchain played a pivotal role in enhancing transparency and social trust. Based on these findings, it is recommended that port managers undertake targeted initiatives to implement these technologies within operational processes and information infrastructures as part of their transformation efforts. Furthermore, the development of legal frameworks, the enhancement of workforce expertise, and the establishment of indigenous digital infrastructures are identified as critical prerequisites for achieving technological sustainability in the country's ports.

ISSN: 2645-8136

DOI:

Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license [https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/]

[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-11-07]

نشریه مهندسی دریا، جلد ۲۲، شماره ۵۰، ۱۴۰۵، (۴۵-۳۴)

نشریه مهندسی دریا

صفحه اصلی نشریه: marine-eng.ir

ارزیابی نقش فناوری‌های بلاکچین و اینترنت اشیا در توسعه پایدار لجستیک بنادر کشور

سینا کریمی[۱]، غلامرضا امینی خیابانی[۲*]

[۱] گروه مدیریت بازرگانی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. رایانامه: Sina.Ka.Khan@gmail.com

[۲] گروه مدیریت بازرگانی، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران (نویسنده مسئول). رایانامه: gholamreza.amini@iau.ac.ir

اطلاعات مقاله

تاریخچه مقاله:

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۵/۰۵/۲۳

تاریخ اصلاح مقاله: ۱۴۰۵/۰۷/۳۰

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۵/۰۸/۱۰

تاریخ انتشار مقاله: ۱۴۰۵/۰۸/۱۶

نوع مقاله:

مقاله پژوهشی

کلمات کلیدی:

اینترنت اشیا،

بلاکچین،

توسعه پایدار،

لجستیک بنادر.

چکیده

در دنیای پرتلاطم تجارت جهانی، بنادر به‌عنوان کانون‌های راهبردی زنجیره تأمین، نیازمند بهره‌گیری از راهکارهای فناورانه هستند که بتوانند ضمن ارتقاء عملکرد عملیاتی، الزامات زیست‌محیطی و اجتماعی را نیز تأمین نمایند. این پژوهش تأثیرات دو فناوری بلاکچین و اینترنت اشیا را بر سه مؤلفه اقتصاد، اجتماع و محیط زیست مورد سنجش قرار داده است. جامعه آماری شامل متخصصان و مدیران فعال در حوزه لجستیک بندری بود و داده‌ها با استفاده از پرسش‌نامه گردآوری گردید. جهت تحلیل داده‌ها از نرم‌افزارهای SPSS و AMOS و روش مدل‌سازی معادلات ساختاری استفاده گردید. نتایج حاصل از تحلیل آماری نشان داد که هم بلاکچین و هم اینترنت اشیا، تأثیرات مثبت و معناداری بر توسعه پایدار لجستیک بنادر دارند و اثر ترکیبی آن‌ها نیز تقویت‌کننده است. به‌ویژه فناوری اینترنت اشیا بیشترین تأثیر را بر مؤلفه‌های اقتصادی و زیست‌محیطی داشت و بلاکچین در ارتقاء شفافیت و اعتماد اجتماعی نقش کلیدی ایفا نمود. بر مبنای یافته‌ها، پیشنهاد می‌شود مدیران بنادر کشور در راستای تحول دیجیتال، اقدامات هدفمند برای پیاده‌سازی این فناوری‌ها در فرآیندهای عملیاتی، زیرساخت‌های اطلاعاتی و مدیریت زنجیره تأمین انجام دهند. همچنین، توسعه چارچوب‌های قانونی، ارتقاء دانش تخصصی نیروی انسانی و ایجاد زیرساخت‌های بومی دیجیتال، پیش‌نیازهای مهم تحقق پایداری فناورانه در بنادر کشور به‌شمار می‌روند.

ISSN: 2645-8136

DOI:

حق نشر: © ۲۰۲۶ توسط نویسندگان. این اثر برای انتشار با دسترسی آزاد، تحت شرایط و ضوابط مجوز (CC BY)ارسال شده است.

[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-11-07]

۱ - مقدمه

امروزه پیشرفت‌های فناوری‌های نوین، به ویژه فناوری‌های بلاکچین[1] و اینترنت اشیا[2]، نقش بسزایی در تحول و توسعه بخش‌های مختلف اقتصادی و زیرساخت‌های لجستیکی ایفا می‌کنند [۱]. بنادر به عنوان نقاط حیاتی در زنجیره تأمین و تجارت بین‌المللی، نیازمند بهره‌گیری از این فناوری‌ها برای افزایش کارایی، شفافیت و پایداری هستند. فناوری اینترنت اشیا با فراهم آوردن ارتباط مداوم و هوشمند بین دستگاه‌ها و کالاها، امکان ردیابی دقیق و بهینه‌سازی عملیات لجستیکی را فراهم می‌سازد. از سوی دیگر، بلاکچین با ارائه ساختار امن و غیرقابل تغییر برای ثبت داده‌ها، می‌تواند بهبود شفافیت، کاهش تقلب و افزایش اعتماد در زنجیره تأمین بنادر را تضمین کند [۲]. با توجه به اهمیت لجستیک پایدار در مدیریت بنادر و ضرورت کاهش اثرات زیست‌محیطی، استفاده از این فناوری‌ها می‌تواند به توسعه پایدار بنادر کشور کمک کند. پژوهش حاضر با هدف ارزیابی نقش فناوری‌های بلاکچین و اینترنت اشیا در توسعه پایدار لجستیک بنادر کشور انجام می‌شود تا مزایا، چالش‌ها و راهکارهای بهره‌وری بهتر این فناوری‌ها را شناسایی و تحلیل نماید. اهمیت این مطالعه به دلیل تأثیر مستقیم لجستیک بنادر بر اقتصاد ملی و تسهیل روند تجارت بین‌المللی برجسته است [۳]. علاوه بر این، بهره‌گیری بهینه از فناوری‌های نوین می‌تواند ضامن توسعه اقتصادی، کاهش هزینه‌ها و حفظ محیط زیست باشد. مفاهیم کلیدی مانند بلاکچین، اینترنت اشیا، لجستیک[3] و توسعه پایدار در این پژوهش تعاریف و چارچوب نظری مشخصی دارند. بلاکچین به عنوان یک سیستم ثبت تراکنش‌های غیرقابل تغییر، و اینترنت اشیا به عنوان شبکه‌ای از دستگاه‌های متصل به هم [۴]، پایه‌های فناوری این مطالعه را تشکیل می‌دهند. همچنین، مفهوم توسعه پایدار شامل ابعاد اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی است که در زمینه لجستیک بنادر، بهبود کارایی و کاهش اثرات منفی زیست‌محیطی را در بر می‌گیرد. در این پژوهش، ساختار کلی پایان‌نامه به گونه‌ای طراحی شده است که ابتدا مبانی نظری و پیشینه تحقیق در زمینه فناوری‌های نوین در لجستیک بنادر ارائه می‌شود، سپس روش‌شناسی تحقیق شرح داده شده و در ادامه تحلیل داده‌ها و یافته‌ها انجام می‌گیرد. در نهایت، راهکارها و پیشنهادات توسعه‌ای بر اساس نتایج تحقیق ارائه می‌شود تا به مدیران بنادر و سیاست‌گذاران کمک نماید تصمیمات بهینه در راستای توسعه پایدار اتخاذ کنند.

۲ - مبانی نظری

اصطلاح اینترنت اشیاء اولین بار جهانی را توصیف کرد که در آن هر چیزی، از جمله اشیا بی‌جان، برای خود هویت دیجیتال داشته باشند و به کامپیوترها اجازه دهند آن‌ها را سازمان‌دهی و مدیریت کنند. به دلیل پیچیدگی و فقدان شفافیت زنجیره‌های تامین فعلی، توجه به اینکه چگونه می توان از آن برای ایجاد شفافیت و قابلیت ردیابی استفاده کرد در زمان‌های اخیر پدیدار شده‌است [۵]. یکی از مشکلات زنجیره‌های تامین بزرگ و پیچیده امروز، دشواری برای درگیر کردن طرف ها برای دانستن ارزش واقعی محصولات به دلیل فقدان شفافیت در سیستم فعلی است چرا که تعیین این که زنجیره‌های تامین شامل اعمال غیر قانونی یا غیراخلاقی نمی‌شوند، دشوار است زیرا هر بار که یک محصول در لجستیک منتقل می‌شود، این تراکنش می‌تواند به طور تغییر ناپذیری با استفاده از بلاکچین ثبت شود، در نتیجه یک سند دایمی از تاریخ محصول ایجاد شود [۶]. ردیابی در لجستیک به توانایی پی‌گیری هر نوع محصول، یا مواد مورد استفاده برای مصرف در همه مراحل تولید، پردازش و توزیع اشاره دارد [۷]. برای پایین نگه داشتن هزینه‌ها و آسیب‌ها و بهینه‌سازی یک زنجره تامین، دستیابی به عملکرد خوب قابلیت ردیابی ونظارت مدیریت با داشتن یک سیستم قابل‌ردیابی کارآمد حیاتی است. یک سیستم ردیابی، پشتیبانی از دسترسی داده برای اعضای لجستیک و عملکرد خوب مدیریت کیفیت را فراهم می‌کند. این طرح توسط جمع‌آوری و ذخیره اطلاعات خاص محصول در مورد ایمنی و کیفیت مرتبط با سرگذشت محصولات در طول یک لجستیک، از جمله جایی که محصول پردازش ، بسته‌بندی و توزیع شده‌است، اجرا می شود [۸]. شفافیت و قابلیت ردیابی ارتباط نزدیکی دارند که در آن قابلیت ردیابی می‌تواند به عنوان یک بعد عمودی از شفافیت در لجستیک دیده شود؛ با وجود این، شفافیت می تواند اعتماد به روابط را ایجاد و تقویت کند که در نتیجه عملکرد، هم‌افزایی و موفقیت کلی را افزایش دهد. از این رو، انگیزه ها باید برای همه طرف ها برای ایجاد شفافیت مانند تکنولوژی بلاکچین واضح باشد [۹].

۳ - پیشینه پژوهش

مو [۱۰] در پژوهش خود فرآیند توسعه بندر به وضعیت پیشرفته و ظرفیت بالقوه اما غیرقابل تحقق بنادر را به عنوان یک چالش جدی در مدیریت بنادر بررسی نمود. وی نشان داد تحلیل صحیح پتانسیل توسعه بنادر به تدوین بهتر برنامه های واکنش سرمایه گذاری و استراتژی های توسعه ملی و در نهایت دستیابی به توسعه پایدار بنادر کمک می کند. بر اساس داده‌های سیستم شناسایی خودکار، داده‌های بندر پایه، داده‌های داخلی بنادر، داده‌های شبکه ترافیک و داده‌های اقتصادی و سیاستی مربوطه سبب گردید یک سیستم

[1] Blockchain
[2] Internet of Things
[3] Logistics

[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-11-07]

شاخص ارزیابی پتانسیل توسعه بندر ایجاد شده و پتانسیل توسعه هشت بندر نماینده ارزیابی شود. یافته‌های این مطالعه نشان داد پتانسیل توسعه گروه بندر در سطح متوسط بالایی قرار دارد، چشم انداز توسعه آن قابل توجه است و سایر کشورها یا بنادر می توانند برای به حداکثر رساندن مزایای آن در اولویت قرار دهند. همچنین اقتصاد و سیاست بندری شاخص‌های اصلی تأثیرگذار بر پتانسیل توسعه بنادر هستند، در حالی که تولید ناخالص داخلی سرانه (تولید ناخالص داخلی)، تعداد اسکله‌ها و وضعیت شبکه بندری شاخص‌های اصلی ثانویه هستند که بر پتانسیل توسعه بنادر تأثیر می‌گذارند. نهایتاً بنادر با پتانسیل توسعه بیشتر معمولا دارای یک یا چند شاخص برجسته هستند، در حالی که پتانسیل بنادر با توسعه متوازن در بین همه شاخص ها نسبتا ضعیف است.

مانیم [۱۱] در پژوهش دیگری به بررسی مدل حاکمیت بندر برای اجرای شیوه‌های مدیریت بندر سبز پرداخت و با تکیه بر اصول مهندسی سیستم های اجتماعی، یک چارچوب تصمیم گیری چند معیاره را با در نظر گرفتن چهار مدل حاکمیت بندر و پنج شاخص اصلی پیشنهاد نمود. وی جهت تحلیل اطلاعات از روش فرآیند شبکه تحلیلی به همراه شیوه بهترین و بدترین روش استفاده نمود؛ او در هر دو تحلیل، نشان داد که افزایش خصوصی‌سازی در اداره بندر، اجرای شیوه‌های GPM را افزایش می‌دهد.

گاکک [۱۲] در پژوهش دیگری نشان داد که روند توسعه فناوری در کشتیرانی به بررسی مقررات، انرژی و محیط زیست بنادر کانتینری دریایی نیاز دارد تا عملیات خود را با شرایط فعلی و آینده سازگار کنند. این مقاله بر راه حل های نوآورانه در سه حوزه اصلی مورد علاقه برای بنادر متمرکز است: (۱) فناوری های انرژی پاک، (۲) تامین مالی جایگزین و (۳) فناوری های فرآیند خودکار. نتایج این پژوهش با استفاده از روش تحلیل سناریو برگرفته از سیستم‌ها، تحلیل ریسک و انعطاف‌پذیری به دست آمد و استراتژی‌های سرمایه‌گذاری در منابع انرژی تجدیدپذیر ارزیابی شده و رویکردهای تأمین مالی پروژه، از جمله استفاده از اوراق عرضه سبز، بررسی شد.

در حوزه مطالعات داخلی، ضیائیان و همکاران [۱۳]، در مقاله‌ای تحت عنوان تقویت زنجیره تأمین مواد غذایی با فناوری بلاک‌چین: راهکاری برای توسعه پایدار به شناسایی عوامل اثرگذار بر پایداری زنجیره تأمین و بررسی نقش بلاک‌چین در هر یک از عوامل شناسایی شده و بررسی ارتباط میان عوامل با یکدیگر به منظور ارائه مدلی مناسب در راستای پایداری زنجیره تأمین پرداختند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که استفاده از منابع و شرایط کاری به عنوان عوامل زیر بنایی در پایداری زنجیره تأمین به شمار می‌رود.

همچنین حسین‌بر و رفیعی [۱۴] در پژوهش با عنوان شناسایی عوامل کلیدی توسعه بنادر هوشمند(مورد مطالعه: بندر چابهار) به شناسایی عوامل مؤثر بر توسعه بنادر هوشمند به طور عام و بندر چابهار به طور خاص پرداختند. محققین نشان دادند با بهره گیری از فناوری اینترنت اشیاء، مدیران قادر خواهند بود تا نه تنها در هر زمانی موقعیت مکانی کانتینر خود را مشاهده کنند بلکه دمای کانتینر حرکات مشکوک منجر به سرقت کانتینر وجود هرگونه مواد معلق در اطراف کانتینر و حتی موقعیت آن نسبت به سایر کانتینرها را مشخص کنند.

۴ - توسعه فرضیات

۴-۱- بلاکچین و توسعه اقتصادی لجستیک بنادر

فناوری بلاک‌چین به‌عنوان یکی از مهم‌ترین فناوری‌های تحول‌آفرین در زنجیره تأمین و حمل‌ونقل دریایی، نقش مؤثری در توسعه اقتصادی لجستیک بنادر ایفا می‌کند [۱۵]. این فناوری با ایجاد یک دفتر کل توزیع‌شده، امکان ثبت، ذخیره و تبادل امن، شفاف و غیرقابل‌تغییر اطلاعات را میان تمامی ذی‌نفعان بندری، از جمله سازمان بنادر، شرکت‌های کشتیرانی، گمرک، شرکت‌های حمل‌ونقل، انبارها و صاحبان کالا فراهم می‌سازد. در نتیجه، فرآیندهای عملیاتی بندر با سرعت، دقت و شفافیت بیشتری انجام می‌شوند [۱۶]. به‌کارگیری بلاک‌چین در لجستیک بنادر موجب کاهش زمان ترخیص کالا، حذف اسناد کاغذی، کاهش هزینه‌های مبادله، افزایش قابلیت ردیابی محموله‌ها و کاهش احتمال تقلب و خطاهای انسانی می‌شود. همچنین استفاده از قراردادهای هوشمند می‌تواند اجرای خودکار توافقات تجاری، پرداخت‌ها و تشریفات گمرکی را تسهیل کرده و بهره‌وری عملیاتی بنادر را افزایش دهد [۱۷]. این مزایا در نهایت موجب افزایش رقابت‌پذیری بنادر در تجارت بین‌المللی و بهبود عملکرد زنجیره تأمین دریایی می‌شود. از منظر توسعه اقتصادی، ارتقای کارایی لجستیک بندری از طریق بلاک‌چین، هزینه‌های حمل‌ونقل و تجارت را کاهش داده، حجم مبادلات تجاری را افزایش می‌دهد و سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های بندری را جذاب‌تر می‌کند. بنابراین، بلاک‌چین نه‌تنها یک فناوری اطلاعات، بلکه ابزاری راهبردی برای توسعه اقتصادی بنادر محسوب می‌شود. این فناوری با افزایش شفافیت، اعتماد، امنیت اطلاعات و یکپارچگی فرآیندهای لجستیکی، زمینه ارتقای عملکرد بنادر، افزایش تجارت دریایی، جذب سرمایه‌گذاری و رشد پایدار اقتصاد دریامحور را فراهم می‌کند.

فرضیه اول: فناوری بلاک‌چین تأثیر مثبت و معناداری بر توسعه اقتصادی لجستیک بنادر دارد.

۴-۲- بلاکچین و توسعه اجتماعی لجستیک بنادر

یکی از ابعاد کلیدی توسعه پایدار که در سال‌های اخیر مورد توجه فزاینده قرار گرفته، توسعه اجتماعی در حوزه‌های صنعتی و زیرساختی همچون لجستیک بندری است. این بُعد از توسعه، به مؤلفه‌هایی چون اعتماد سازمانی، عدالت اطلاعاتی، شفافیت در تعاملات، امنیت شغلی، مشارکت ذی‌نفعان، و ارتباطات شفاف میان

[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-11-07]

بازیگران زنجیره تأمین اشاره دارد [۱۸]. در لجستیک بنادر که ذی‌نفعان متعددی همچون سازمان بنادر، شرکت‌های کشتیرانی، گمرک، اپراتورهای خصوصی، حمل‌ونقل جاده‌ای و دریایی و کارکنان عملیاتی دخیل هستند، ایجاد یک نظام ارتباطی منسجم و مبتنی بر اعتماد، شرط اساسی کارایی اجتماعی و پایداری عملکرد است. در این میان، فناوری بلاکچین به‌عنوان یک نوآوری انقلابی، قابلیت‌های منحصر به‌فردی برای تحقق این اهداف اجتماعی دارد [۱۹]. فناوری بلاکچین با ماهیت غیرمتمرکز، تغییرناپذیر و شفاف خود، زمینه را برای ایجاد عدالت اطلاعاتی میان کلیه طرف‌های درگیر در عملیات بندری فراهم می‌کند [۲۰]. از آنجا که هر تراکنش یا تغییر اطلاعات در بلاکچین نیاز به تأیید چندجانبه دارد و سوابق آن قابل حذف یا دست‌کاری نیست، اعتماد میان کاربران در محیط این فناوری به‌صورت ساختاری نهادینه می‌شود. چنین شفافیتی در فرآیندهای مدیریتی و عملیاتی، به کاهش سوءمدیریت، تبعیض اطلاعاتی و اختلافات سازمانی کمک کرده و زمینه مشارکت واقعی و آگاهانه همه ذی‌نفعان را فراهم می‌آورد. این فناوری می‌تواند باعث ارتقاء حس مسئولیت‌پذیری و تعلق‌سازمانی در کارکنان شود و یک نظام گزارش‌دهی شفاف و منصفانه برای عملکرد سازمانی ایجاد کند. با توجه به این تحلیل، می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که بلاکچین با تقویت شفافیت، کاهش تبعیض اطلاعاتی، ارتقاء اعتماد سازمانی و ایجاد سازوکارهای خودکار و بی‌طرفانه، به‌صورت معناداری بر توسعه اجتماعی لجستیک بنادر اثرگذار است.

فرضیه دوم: فناوری بلاک‌چین تأثیر مثبت و معناداری بر توسعه اجتماعی لجستیک بنادر دارد.

۴-۳- بلاکچین و توسعه زیست‌محیطی لجستیک بنادر

پایداری زیست‌محیطی در بنادر به‌عنوان یکی از ارکان اصلی توسعه پایدار، در دهه‌های اخیر با توجه به افزایش آلودگی‌های ناشی از فعالیت‌های بندری و حمل‌ونقل دریایی، به موضوعی حساس و راهبردی تبدیل شده است [۲۱]. بنادر به‌عنوان گره‌های کلیدی زنجیره تأمین جهانی، منبع قابل توجهی از آلاینده‌های هوا، آب و خاک هستند و استفاده از منابع فسیلی، انتشار گازهای گلخانه‌ای، ضایعات حاصل از بارگیری و تخلیه کالا، و ناکارآمدی در مدیریت انرژی و منابع طبیعی، از جمله چالش‌های مهم آن‌ها محسوب می‌شود [۲۲]. لذا، فناوری بلاکچین با ارائه قابلیت‌های نظارتی و ردیابی غیرمتمرکز، می‌تواند ابزاری مؤثر در جهت ارتقاء پایداری زیست‌محیطی در بنادر باشد. بلاکچین از طریق ایجاد شفافیت در چرخه عملیات، ثبت تغییرناپذیر داده‌ها، و اتوماسیون فرآیندهای زیست‌محیطی از طریق قراردادهای هوشمند، امکان ردیابی کامل فعالیت‌های آلاینده را فراهم می‌کند. به‌طور مثال، در بنادر می‌توان با استفاده از بلاکچین فرآیندهای بارگیری، سوخت‌رسانی، حمل‌ونقل داخلی، و تخلیه ضایعات را به‌صورت دیجیتال، خودکار و پایش‌پذیر ثبت کرد. این کار علاوه بر افزایش مسئولیت‌پذیری زیست‌محیطی، امکان نظارت بلادرنگ بر استانداردهای زیست‌محیطی و شناسایی نقاط بحران را فراهم می‌آورد [۲۳]. همچنین، سازمان‌های نظارتی می‌توانند بدون نیاز به مداخله فیزیکی و تنها با دسترسی به فناوری بلاکچین، میزان رعایت یا تخطی از الزامات زیست‌محیطی را بررسی کرده و به‌موقع واکنش نشان دهند. در بنادر ایران، که چالش‌هایی مانند آلودگی سوخت، مدیریت ناکارآمد پسماندها، و عدم شفافیت در داده‌های محیطی وجود دارد، بهره‌گیری از بلاکچین می‌تواند موجب بهبود پایش زیست‌محیطی، افزایش قابلیت پاسخ‌گویی و کاهش اثرات مخرب فعالیت‌های بندری بر اکوسیستم‌های ساحلی گردد. بر این اساس، بلاکچین با ایجاد شفافیت در فرآیندهای زیست‌محیطی، کاهش تقلب در گزارش‌های پایداری، و اتوماسیون نظارت‌ها، می‌تواند نقشی معنادار در بهبود عملکرد زیست‌محیطی لجستیک بنادر ایفا کند.

فرضیه سوم: فناوری بلاکچین تأثیر مثبت و معناداری بر توسعه زیست‌محیطی لجستیک بنادر دارد.

۴-۴- اینترنت اشیا و توسعه اقتصادی لجستیک بنادر

یکی از اصلی‌ترین ابعاد توسعه پایدار در حوزه لجستیک بندری، بعد اقتصادی آن است که نقش حیاتی در بهره‌وری، سودآوری، کاهش هزینه‌ها، افزایش ظرفیت عملیاتی، و تسریع جریان کالا ایفا می‌کند [۲۲]. اینترنت اشیا با اتصال تجهیزات، ابزارها و زیرساخت‌های فیزیکی به شبکه دیجیتال و امکان جمع‌آوری، تحلیل و انتقال داده‌ها به‌صورت بلادرنگ، امکان تصمیم‌گیری هوشمند و بهینه‌سازی فرآیندهای اقتصادی را فراهم می‌سازد [۲۴]. در حوزه عملیاتی بنادر، اینترنت اشیا از طریق تجهیز جرثقیل‌ها، کانتینرها، وسایل نقلیه، خطوط ریلی، تأسیسات انبارداری و حتی شناورها به حسگرها و دستگاه‌های هوشمند، می‌تواند اطلاعات دقیق، بلادرنگ و یکپارچه‌ای در مورد موقعیت کالا، وضعیت تجهیزات، جریان عملیات، و مصرف منابع ارائه دهد. این قابلیت موجب کاهش تأخیر، افزایش سرعت بارگیری و تخلیه، پیش‌بینی نیازهای تعمیرات، کاهش سوخت و انرژی مصرفی، و در نهایت کاهش هزینه‌های عملیاتی می‌شود. همچنین، با رصد مداوم عملکرد سیستم‌ها، امکان شناسایی گلوگاه‌های اقتصادی و اتخاذ تصمیمات بهینه برای تخصیص منابع فراهم می‌گردد [۲۵]. در بنادر ایران، که با چالش‌هایی نظیر فرسودگی تجهیزات، عدم دسترسی بلادرنگ به اطلاعات، و ناکارآمدی در مدیریت عملیات مواجه هستند، پیاده‌سازی راهکارهای مبتنی بر اینترنت اشیا می‌تواند تحولی جدی در عملکرد اقتصادی

[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-11-07]

ایجاد کند. بر این اساس، فناوری اینترنت اشیا از طریق بهینه‌سازی عملیات، کاهش هزینه‌ها و افزایش سرعت و بهره‌وری، می‌تواند به‌طور معناداری بر توسعه اقتصادی بنادر اثرگذار باشد.

فرضیه چهارم: فناوری اینترنت اشیا تأثیر مثبت و معناداری بر توسعه اقتصادی لجستیک بنادر دارد.

۴-۵- اینترنت اشیا و توسعه اجتماعی لجستیک بنادر

در عصر تحول دیجیتال، بُعد اجتماعی توسعه پایدار، به‌ویژه در محیط‌های عملیاتی نظیر بنادر، اهمیتی فزاینده یافته است [۲۶]. بنادر نه تنها زیرساختی حیاتی در زنجیره تأمین بین‌المللی هستند، بلکه محل فعالیت هزاران نیروی انسانی در سطوح مختلف سازمانی محسوب می‌شوند. فناوری اینترنت اشیا به‌عنوان یک ابزار تحول‌ساز، نقش چشم‌گیری در بهبود شرایط کاری، امنیت، شفافیت ارتباطات، کاهش خطای انسانی و تقویت روابط انسانی-ماشینی در این محیط‌ها ایفا می‌کند [۲۷]. هدف اصلی از استقرار این فناوری، نه صرفاً بهینه‌سازی فنی، بلکه ارتقاء کیفیت تجربه و عملکرد ذی‌نفعان انسانی در محیط کاری است. در بنادر، اینترنت اشیا با استقرار حسگرهای محیطی، سامانه‌های نظارت هوشمند و تجهیزات خودکار، امکان پایش شرایط ایمنی، سلامت، و بار کاری کارکنان را به‌صورت لحظه‌ای فراهم می‌کند. این فناوری می‌تواند با استفاده از ابزارهایی مانند پوشیدنی‌های هوشمند یا سیستم‌های پایش از راه دور، خطرات فیزیکی برای کارگران بندری را کاهش داده و هشدارهای پیشگیرانه ارسال کند [۲۸]. همچنین، با خودکارسازی وظایف پرخطر، کاهش دخالت انسانی در عملیات سنگین، و تحلیل هوشمند داده‌ها، سطح امنیت شغلی، رضایت کارکنان، و کارایی سازمانی را افزایش می‌دهد [۲۹]. در این چارچوب، اینترنت اشیا عاملی برای توانمندسازی نیروی انسانی و بهبود رفاه اجتماعی در بنادر محسوب می‌شود [۳۰]. در بنادر ایران، که با چالش‌هایی همچون حوادث شغلی، ارتباطات ناکارآمد و سطح پایین ایمنی در برخی بخش‌ها مواجه‌اند، بهره‌گیری این فناوری می‌تواند نقطه عطفی در بهبود عدالت سازمانی، مشارکت انسانی و سلامت اجتماعی باشد. بر این اساس، اینترنت اشیا از طریق ارتقاء شفافیت، ایمنی، ارتباطات سیستمی و رفاه نیروی انسانی، نقشی معنادار در ارتقای عملکرد اجتماعی بنادر ایفا می‌کند.

فرضیه پنجم: فناوری اینترنت اشیا تأثیر مثبت و معناداری بر توسعه اجتماعی لجستیک بنادر دارد.

۴-۶- اینترنت اشیا و توسعه زیست‌محیطی در لجستیک بنادر

حوزه زیست‌محیطی در بنادر از جمله نگرانی‌های اصلی در سیاست‌گذاری و مدیریت پایدار لجستیک محسوب می‌شود، چراکه فعالیت‌های گسترده بارگیری، تخلیه، حمل‌ونقل و انبارداری، به‌ویژه در بنادر شلوغ، منجر به انتشار قابل‌توجه آلاینده‌ها، مصرف بالای انرژی، تولید زباله‌های صنعتی، و تخریب اکوسیستم‌های ساحلی می‌گردد [۲۶]. در این زمینه، فناوری اینترنت اشیا به‌عنوان یک ابزار نوین دیجیتال، توانایی منحصربه‌فردی در پایش، کنترل و کاهش اثرات زیست‌محیطی دارد. این فناوری با استفاده از شبکه حسگرها و دستگاه‌های متصل، می‌تواند اطلاعات لحظه‌ای از منابع آلاینده، میزان مصرف انرژی، شرایط محیطی و عملکرد تجهیزات در بنادر را به‌صورت پیوسته ثبت و تحلیل کند [۱۷]. اینترنت اشیا در بنادر از طریق نصب حسگرهای هوشمند بر روی جرثقیل‌ها، کانتینرها، وسایل نقلیه و ایستگاه‌های تخلیه پسماند، امکان پایش مستمر و دقیق انتشار گازهای گلخانه‌ای، نشت مواد خطرناک، مصرف آب و انرژی، و تولید ضایعات صنعتی را فراهم می‌آورد. این اطلاعات به سیستم‌های مدیریت زیست‌محیطی اجازه می‌دهد تا به‌صورت پیش‌گیرانه وارد عمل شوند، منابع آلاینده را کنترل کنند، و اقدامات اصلاحی را در زمان مناسب اتخاذ نمایند. همچنین، استفاده از اینترنت اشیا در کنترل مصرف انرژی تأسیسات بندری، روشنایی هوشمند، و کنترل خودکار تجهیزات الکتریکی نقش مهمی در کاهش مصرف منابع و ردپای کربن دارد [۳۱]. در شرایط بنادر ایران، که بسیاری از تجهیزات و فرآیندها همچنان به‌صورت سنتی یا نیمه‌مکانیزه انجام می‌شوند، بهره‌گیری از اینترنت اشیا می‌تواند راهکاری مؤثر برای پایش و کاهش مخاطرات زیست‌محیطی باشد و به اجرای سیاست‌های حمل‌ونقل سبز و مدیریت پایدار کمک کند. در نتیجه، اینترنت اشیا با فراهم کردن زیرساخت‌های لازم برای پایش بلادرنگ آلاینده‌ها، کنترل مصرف انرژی و اجرای سیستم‌های هوشمند زیست‌محیطی، می‌تواند به‌طور مستقیم در کاهش اثرات زیست‌محیطی لجستیک بنادر نقش‌آفرینی کند.

فرضیه ششم: فناوری اینترنت اشیا تأثیر مثبت و معناداری بر توسعه زیست‌محیطی لجستیک بنادر دارد.

۵ - روش تحقیق

این مطالعه به شیوه کمی و با استفاده از تکنیک مدل‌سازی معادلات ساختاری طراحی شد. داده‌ها به وسیله پرسش‌نامه، از خبرگان و اساتید دانشگاهی در حوزه‌های فناوری اطلاعات، و لجستیک بندری گردآوری شد. ابتدا نسخه اولیه پرسش‌نامه جهت تایید روایی صوری در اختیار ۴ نفر از صاحب‌نظران دانشگاهی قرار گرفت. پس از دریافت بازخورد ایشان، اصلاحاتی در نحوه بیان برخی گویه‌ها، حذف یا ادغام موارد تکراری، و بازتنظیم ترتیب سؤالات صورت گرفت تا پوشش مفهومی پرسش‌نامه بهینه شود. نمونه‌گیری به شیوه هدفمند در دسترس انجام شد. معمولاً برای تعیین حجم نمونه در جوامع بزرگ، از فرمول کوکران استفاده می‌شود [۳۲]. حجم نمونه با در نظر گرفتن

[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-11-07]

خطای استاندارد ۵ درصد (۰/۰۵) و سطح اطمینان ۹۵ درصد (Z=1.96) طبق فرمول ۱ محاسبه گردید.

$$n = \frac{Z^2.p.q}{d^2} \quad (1)$$

که در آن احتمال موفقیت برابر ۰/۵ (p=0.5)، احتمال عدم موفقیت برابر ۰/۵ (q=0.5)، و میزان خطای مجاز ۰/۰۵ می‌باشد. با جای‌گذاری در فرمول خواهیم داشت:

$$n = \frac{(1.96)^2.(0.5).(0.5)}{(0.05)^2} = 384$$

بر این اساس، داده‌ها از ۳۸۴ نفر از جامعه آماری گردآوری شد. برای سنجش پایایی پرسش‌نامه از ضریب آلفای کرونباخ استفاده شد. برای این منظور، پیش‌آزمونی با توزیع پرسش‌نامه در میان ۳۰ نفر از جامعه آماری مشابه انجام شد و میزان آلفای کرونباخ برای هر یک از مؤلفه‌ها به‌طور جداگانه محاسبه گردید. نتایج اولیه نشان‌دهنده آن بود که تمامی ضرایب آلفا بالاتر از ۰/۷ هستند که حاکی از پایایی قابل قبول ابزار سنجش است. گزارش پایایی در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- ضریب آلفای کرونباخ متغیرهای پژوهش

متغیر	تعداد گویه‌ها	ضریب آلفای کرونباخ
تأثیر اقتصادی بلاکچین	۵	۰/۸۴
تأثیر اجتماعی بلاکچین	۴	۰/۸۱
تأثیر زیست‌محیطی بلاکچین	۴	۰/۸۶
تأثیر اقتصادی اینترنت اشیا	۵	۰/۸۷
تأثیر اجتماعی اینترنت اشیا	۴	۰/۸۳
تأثیر زیست‌محیطی اینترنت اشیا	۴	۰/۸۵

یافته‌ها حاکی از آن است که تمامی متغیرهای اصلی پژوهش (اعم از ابعاد اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی برای هر دو فناوری) دارای ضرایب آلفای کرونباخ بالاتر از ۰/۸ هستند. این امر نشان می‌دهد که گویه‌های هر سازه از انسجام درونی مطلوبی برخوردارند و ابزار سنجش پژوهش از درجه اطمینان بالایی برای تحلیل داده‌ها برخوردار است. جدول زیر، مقادیر آلفای کرونباخ به‌دست‌آمده برای متغیرهای اصلی پژوهش را نمایش می‌دهد.

۶ - یافته‌های پژوهش

۶-۱- تحلیل توصیفی متغیرهای پژوهش

گزارشات توصیفی متغیرهای پژوهش در جدول ۲ منعکس شده است.

جدول ۲- شاخص‌های مرکزی و پراکندگی متغیرهای پژوهش

متغیر پژوهش	میانگین کل	انحراف معیار	کمترین مقدار میانگین	بیشترین مقدار میانگین
مؤلفه‌های اقتصادی بلاکچین	۳/۷۸۱۹	۰/۳۴۲۷	۳/۰۱۶۱	۴/۵۴۰۹
مؤلفه‌های اجتماعی بلاکچین	۳/۵۹۱۱	۰/۴۶۳۲	۲/۷۹۶۳	۴/۸۳۱۶
مؤلفه‌های زیست‌محیطی بلاکچین	۳/۷۲۵۶	۰/۲۸۴۷	۳/۰۹۲۵	۴/۳۴۳۲
مؤلفه‌های اقتصادی اینترنت اشیا	۳/۹۳۷۶	۰/۳۴۷۱	۳/۰۵۰۴	۴/۷۳۷۰
مؤلفه‌های اجتماعی اینترنت اشیا	۳/۴۲۴۷	۰/۵۰۰۶	۲/۳۴۹۰	۴/۴۸۲۴
مؤلفه‌های زیست‌محیطی اینترنت اشیا	۳/۵۵۵۷	۰/۳۴۱۰	۲/۷۱۵۵	۴/۴۳۰۲

تحلیل توصیفی متغیرهای پژوهش نشان می‌دهد که از میان شش متغیر اصلی مورد بررسی، بیشترین میانگین کل متعلق به مؤلفه‌های اقتصادی فناوری اینترنت اشیا (با میانگین ۳/۹۳۷۶) بوده است. این موضوع بیانگر آن است که از دیدگاه پاسخ‌دهندگان، اینترنت اشیا بیشترین تأثیر مثبت را بر ابعاد اقتصادی لجستیک بنادر دارد؛ از جمله در کاهش هزینه‌ها، افزایش بهره‌وری، بهینه‌سازی منابع و سرعت عملیات. همچنین، مؤلفه‌های اقتصادی بلاکچین نیز با میانگین نسبتاً بالا (۳/۷۸۱۹) در رتبه دوم قرار گرفته‌اند که نشان می‌دهد فناوری بلاکچین نیز از نظر اقتصادی در بهبود عملکرد بنادر مؤثر ارزیابی شده است، اگرچه تأثیر آن نسبت به اینترنت اشیا کمتر است. در سوی دیگر، پایین‌ترین میانگین مربوط به مؤلفه‌های اجتماعی فناوری اینترنت اشیا با مقدار ۳/۴۲۴۷ است. این موضوع ممکن است ناشی از ضعف زیرساخت‌های اجتماعی در پذیرش فناوری‌های نو، نبود آموزش کافی، یا عدم هماهنگی میان کارکنان با فناوری‌های هوشمند باشد. همچنین، مؤلفه‌های اجتماعی بلاکچین با میانگین ۳/۵۹۱۱ نیز در رتبه‌های پایین قرار دارند که نشان می‌دهد هر دو فناوری در بعد اجتماعی، نیازمند برنامه‌ریزی و

[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-11-07]

مداخلات سازمانی بیشتری برای ارتقاء مشارکت، شفافیت سازمانی و تعامل بین ذی‌نفعان هستند.

در بررسی انحراف معیارها نیز مشاهده می‌شود که بالاترین پراکندگی پاسخ‌ها مربوط به مؤلفه‌های اجتماعی اینترنت اشیا (با انحراف معیار ۰/۵۰۰۶) است که نشان از تنوع دیدگاه‌ها و تجربیات متفاوت پاسخ‌دهندگان در این زمینه دارد. در مقابل، کمترین انحراف معیار مربوط به مؤلفه‌های زیست‌محیطی بلاکچین (۰/۲۸۴۷) است که دلالت بر همگرایی بالای نظرات شرکت‌کنندگان در خصوص تأثیر این فناوری بر پایداری زیست‌محیطی دارد. این یافته‌ها می‌توانند در سیاست‌گذاری‌های فناورانه بنادر، اولویت‌بندی بهینه‌ای برای تقویت ابعاد مختلف توسعه پایدار فراهم سازند.

۲-۶- آزمون فرضیه‌های پژوهش

در این بخش، نتایج آزمون فرضیه‌های پژوهش با استفاده از مدل‌سازی معادلات ساختاری ارائه می‌گردد. برای این منظور، ضرایب مسیر (β)، آماره‌های t و سطح معناداری (p-value) مورد بررسی قرار گرفته‌اند. نتایج در جدول ۳ منعکس شده است. بر اساس یافته‌ها، تمامی فرضیه‌های پژوهش در سطح اطمینان ۹۵ درصد مورد تأیید قرار گرفته‌اند؛ زیرا مقدار آماره t برای همه روابط از مقدار بحرانی ۱/۹۶ بیشتر بوده و سطح معناداری (p) نیز در تمامی موارد کمتر از ۰/۵۰ است. این نتایج بیانگر وجود روابط مثبت و معنادار میان فناوری‌های بلاکچین و اینترنت اشیا با ابعاد مختلف توسعه پایدار لجستیک بنادر است.

در بخش مربوط به بلاکچین، نتایج نشان می‌دهد این فناوری تأثیر مثبت و معناداری بر توسعه اقتصادی لجستیک بنادر (β=0.37، t=4.21)، توسعه اجتماعی (β=0.29، t=3.84) و توسعه زیست‌محیطی (β=0.33، t=4.06) دارد. مقادیر ضرایب مسیر حاکی از آن است که بیشترین تأثیر بلاکچین بر بعد اقتصادی و کمترین تأثیر آن بر بعد اجتماعی توسعه لجستیک بنادر مشاهده شده است. این یافته نشان می‌دهد که به‌کارگیری بلاکچین با افزایش شفافیت، امنیت اطلاعات، کاهش هزینه‌های مبادله و بهبود هماهنگی میان ذی‌نفعان، بیش از همه موجب ارتقای عملکرد اقتصادی بنادر می‌شود.

همچنین نتایج مربوط به اینترنت اشیا نشان می‌دهد این فناوری نیز اثر مثبت و معناداری بر توسعه اقتصادی (β=0.45، t=5.13)، توسعه اجتماعی (β=0.28، t=3.77) و توسعه زیست‌محیطی (β=0.31، t=4.02) لجستیک بنادر دارد. در میان این روابط، بیشترین ضریب مسیر مربوط به تأثیر اینترنت اشیا بر توسعه اقتصادی است که بیانگر نقش برجسته این فناوری در افزایش بهره‌وری عملیاتی، مدیریت هوشمند تجهیزات، کاهش هزینه‌های لجستیکی و بهبود عملکرد زنجیره تأمین بندری است. از سوی دیگر، اگرچه اثر اینترنت اشیا بر بعد اجتماعی نسبت به سایر ابعاد کمتر است، اما همچنان از نظر آماری مثبت و معنادار بوده و نشان‌دهنده نقش آن در ارتقای ایمنی، کیفیت خدمات و بهبود تعاملات میان ذی‌نفعان است.

در مجموع، نتایج جدول نشان می‌دهد هر دو فناوری بلاکچین و اینترنت اشیا به عنوان فناوری‌های کلیدی تحول دیجیتال، نقش مؤثری در تحقق توسعه پایدار لجستیک بنادر ایفا می‌کنند. با این حال، مقایسه ضرایب مسیر بیانگر آن است که اینترنت اشیا، به‌ویژه در بعد اقتصادی، اثرگذاری بیشتری نسبت به بلاکچین دارد (β=0.45 در برابر β=0.37). این یافته بر اهمیت هر دو فناوری در ارتقای رقابت‌پذیری، بهره‌وری و پایداری بنادر تأکید دارد و البته نشان می‌دهد که اینترنت اشیا، در مقایسه با بلاکچین، نقش پررنگ‌تری در تبیین تغییرات بعد اقتصادی توسعه پایدار لجستیک بنادر در مدل حاضر دارد. با این حال، از آنجا که تمرکز این مطالعه بر بررسی اثرات مستقل فناوری‌هاست و نتایج آن نباید به‌عنوان شواهدی درباره اثر هم‌زمان یا هم‌افزایی میان این دو فناوری تفسیر شود.

جدول ۳- آزمون فرضیه‌های پژوهش

شماره فرضیه	شرح فرضیه	ضریب مسیر (β)	آماره t	سطح معناداری (p)	نتیجه آزمون
۱	بلاکچین اثر معناداری بر توسعه اقتصادی لجستیک بنادر دارد	۰/۳۷	۴/۲۱	۰/۰	تأیید
۲	بلاکچین اثر معناداری بر توسعه اجتماعی لجستیک بنادر دارد	۰/۲۹	۳/۸۴	۰/۰۰۱	تأیید
۳	بلاکچین اثر معناداری بر توسعه زیست‌محیطی لجستیک بنادر دارد	۰/۳۳	۴/۰۶	۰/۰	تأیید
۴	اینترنت اشیا اثر معناداری بر توسعه اقتصادی لجستیک بنادر دارد	۰/۴۵	۵/۱۳	۰/۰	تأیید
۵	اینترنت اشیا اثر معناداری بر توسعه اجتماعی لجستیک بنادر دارد	۰/۲۸	۳/۷۷	۰/۰۰۱	تأیید
۶	اینترنت اشیا اثر معناداری بر توسعه زیست‌محیطی لجستیک بنادر دارد	۰/۳۱	۴/۰۲	۰/۰	تأیید

[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-11-07]

۷- بحث و نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که بلاکچین و اینترنت اشیا هر دو تأثیر مثبت و معناداری بر ابعاد اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی توسعه لجستیک بنادر دارند. این یافته‌ها بیانگر آن است که تحول دیجیتال در بنادر صرفاً به بهبود فرآیندهای عملیاتی محدود نمی‌شود، بلکه می‌تواند به عنوان محرکی برای تحقق توسعه پایدار در ابعاد مختلف عمل کند. در واقع، استفاده از این فناوری‌ها زمینه افزایش کارایی، شفافیت، امنیت، هماهنگی و پایداری فعالیت‌های لجستیکی را فراهم می‌آورد. در خصوص فرضیه اول، نتایج نشان داد که بلاکچین تأثیر مثبت و معناداری بر توسعه اقتصادی لجستیک بنادر دارد. این یافته را می‌توان با ویژگی‌های ذاتی بلاکچین، از جمله شفافیت اطلاعات، امنیت بالا، حذف واسطه‌ها، کاهش هزینه‌های مبادلاتی و تسریع فرآیندهای تجاری تبیین کرد. استقرار این فناوری موجب افزایش قابلیت ردیابی کالاها، کاهش زمان ترخیص، بهبود مدیریت اسناد و افزایش اعتماد میان ذی‌نفعان زنجیره تأمین می‌شود که در نهایت به افزایش بهره‌وری و رشد اقتصادی بنادر منجر خواهد شد. یافته‌های مربوط به فرضیه دوم نیز نشان داد که بلاکچین بر توسعه اجتماعی لجستیک بنادر اثر مثبت و معناداری دارد. این نتیجه با مطالعه [۳۳] از این حیث هم‌راستا است که نشان می‌دهد افزایش شفافیت، قابلیت رهگیری اطلاعات و ایجاد اعتماد میان سازمان‌های بندری، شرکت‌های حمل‌ونقل، گمرک و صاحبان کالا، موجب بهبود همکاری، پاسخگویی و کیفیت ارائه خدمات می‌شود. همچنین کاهش فساد اداری، افزایش امنیت اطلاعات و ارتقای رضایت ذی‌نفعان از دیگر پیامدهای اجتماعی استفاده از بلاکچین در محیط‌های بندری است. در فرضیه سوم، تأثیر مثبت بلاکچین بر توسعه زیست‌محیطی مورد تأیید قرار گرفت. استفاده از اسناد دیجیتال، حذف فرآیندهای کاغذی، بهینه‌سازی جریان اطلاعات و کاهش توقف کشتی‌ها و کامیون‌ها موجب کاهش مصرف انرژی، کاهش انتشار آلاینده‌ها و استفاده بهینه از منابع می‌شود. از این رو، بلاکچین می‌تواند به عنوان ابزاری برای تحقق اهداف توسعه پایدار و مدیریت سبز در بنادر مورد استفاده قرار گیرد. نتایج فرضیه چهارم نشان داد که اینترنت اشیا بیشترین اثر را بر توسعه اقتصادی لجستیک بنادر دارد. این یافته قابل انتظار است؛ زیرا اینترنت اشیا با فراهم کردن امکان پایش لحظه‌ای تجهیزات، محموله‌ها، وسایل حمل‌ونقل و زیرساخت‌های بندری، موجب افزایش بهره‌وری، کاهش هزینه‌های عملیاتی، کاهش زمان انتظار و بهبود تصمیم‌گیری مدیریتی می‌شود. در نتیجه، عملکرد اقتصادی بنادر ارتقا یافته و توان رقابتی آن‌ها در بازارهای بین‌المللی افزایش می‌یابد. در فرضیه پنجم نیز تأثیر مثبت اینترنت اشیا بر توسعه اجتماعی تأیید شد. این فناوری از طریق افزایش ایمنی محیط کار، کاهش خطاهای انسانی، تسهیل ارتباطات میان ذی‌نفعان و بهبود کیفیت خدمات، زمینه ارتقای رفاه کارکنان و افزایش رضایت مشتریان را فراهم می‌کند. همچنین دسترسی به اطلاعات لحظه‌ای، سرعت پاسخگویی سازمان‌های بندری را افزایش داده و موجب بهبود تعاملات اجتماعی در زنجیره تأمین می‌شود. در نهایت، نتایج فرضیه ششم نشان داد که اینترنت اشیا بر توسعه زیست‌محیطی لجستیک بنادر نیز اثر مثبت و معناداری دارد. استفاده از حسگرهای هوشمند برای مدیریت مصرف انرژی، کنترل آلاینده‌ها، پایش کیفیت هوا و آب، بهینه‌سازی مصرف سوخت و مدیریت هوشمند تجهیزات، موجب کاهش اثرات منفی زیست‌محیطی فعالیت‌های بندری می‌شود. بنابراین، اینترنت اشیا می‌تواند یکی از فناوری‌های کلیدی در تحقق بنادر سبز و پایدار باشد.

در مجموع، یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که اگرچه هر دو فناوری بلاکچین و اینترنت اشیا نقش مهمی در توسعه پایدار لجستیک بنادر دارند، اما اینترنت اشیا، به‌ویژه در بعد اقتصادی، از قدرت تبیین و اثرگذاری بیشتری برخوردار است. این موضوع بیانگر آن است که سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های هوشمندسازی، می‌تواند زمینه ارتقای عملکرد اقتصادی، بهبود تعاملات اجتماعی و حفاظت از محیط‌زیست را فراهم سازد. از این رو، به مدیران و سیاست‌گذاران حوزه بنادر توصیه می‌شود راهبردهای تحول دیجیتال را با رویکردی یکپارچه و مبتنی بر هم‌افزایی این دو فناوری طراحی و اجرا کنند تا زمینه تحقق بنادر هوشمند، رقابت‌پذیر و پایدار فراهم شود.

۷-۱- پیشنهادات کاربردی

با توجه به نتایج پژوهش و تأیید اثر مثبت و معنادار بلاکچین و اینترنت اشیا بر ابعاد اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی توسعه لجستیک بنادر، پیشنهادهای کاربردی زیر ارائه می‌شود:

استقرار محیط‌های مبتنی بر بلاکچین برای مدیریت اسناد، قراردادها و تبادل اطلاعات میان سازمان بنادر، گمرک، شرکت‌های کشتیرانی و سایر ذی‌نفعان به منظور افزایش شفافیت، کاهش هزینه‌های مبادله و تسریع فرآیندهای تجاری.

توسعه زیرساخت‌های اینترنت اشیا در بنادر از طریق نصب حسگرهای هوشمند بر تجهیزات، کانتینرها، جرثقیل‌ها و وسایل حمل‌ونقل به‌منظور پایش لحظه‌ای عملیات، کاهش زمان توقف و افزایش بهره‌وری.

یکپارچه‌سازی بلاکچین و اینترنت اشیا در قالب یک سامانه هوشمند مدیریت لجستیک بندری تا اطلاعات تولیدشده توسط حسگرها به‌صورت امن، غیرقابل‌تغییر و قابل رهگیری در شبکه بلاکچین ثبت و مدیریت شود.

[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-11-07]

سرمایه‌گذاری در توسعه زیرساخت‌های دیجیتال شامل شبکه‌های ارتباطی پرسرعت، مراکز داده، رایانش ابری و تجهیزات هوشمند به‌عنوان پیش‌نیاز استقرار فناوری‌های نوین در بنادر.
آموزش و توانمندسازی نیروی انسانی از طریق برگزاری دوره‌های تخصصی در زمینه بلاکچین، اینترنت اشیا، تحلیل داده‌ها و مدیریت لجستیک هوشمند برای مدیران و کارکنان بنادر.
بازنگری و تدوین قوانین و مقررات مرتبط با تبادل داده، امضای دیجیتال، قراردادهای هوشمند، امنیت اطلاعات و حریم خصوصی به‌منظور تسهیل استفاده از فناوری‌های نوین در محیط‌های بندری.
ایجاد سازوکارهای تشویقی برای سرمایه‌گذاری بخش خصوصی در توسعه فناوری‌های دیجیتال از طریق اعطای تسهیلات، معافیت‌های مالیاتی و حمایت از پروژه‌های نوآورانه در حوزه لجستیک بندری.
استفاده از سامانه‌های هوشمند مدیریت انرژی و محیط‌زیست مبتنی بر اینترنت اشیا برای پایش مصرف انرژی، کنترل آلاینده‌ها، مدیریت پسماند و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در بنادر.
تقویت همکاری میان دانشگاه‌ها، مراکز پژوهشی و سازمان بنادر با هدف اجرای پروژه‌های تحقیقاتی و توسعه راهکارهای بومی مبتنی بر بلاکچین و اینترنت اشیا متناسب با نیازهای بنادر کشور.
اجرای پروژه‌های پایلوت در بنادر منتخب پیش از پیاده‌سازی گسترده فناوری‌ها، به‌منظور ارزیابی عملکرد، شناسایی چالش‌ها و بهینه‌سازی فرآیندهای اجرایی.
ایجاد مرکز فرماندهی و داشبوردهای هوشمند [رجوع شود به ۳۴] لجستیک بندری با استفاده از داده‌های اینترنت اشیا و فناوری بلاکچین برای پشتیبانی از تصمیم‌گیری لحظه‌ای مدیران و افزایش سرعت واکنش به رویدادهای عملیاتی.
تدوین نقشه راه تحول دیجیتال بنادر با رویکرد توسعه پایدار، به‌گونه‌ای که اهداف اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی به‌صورت هم‌زمان در برنامه‌های توسعه بنادر مدنظر قرار گیرد.
اجرای این پیشنهادها می‌تواند ضمن افزایش بهره‌وری و رقابت‌پذیری بنادر، زمینه تحقق بنادر هوشمند، پایدار و سازگار با الزامات تجارت بین‌المللی را فراهم کرده و نقش مؤثری در توسعه اقتصادی و بهبود عملکرد زنجیره تأمین دریایی ایفا کند.

۲-۷- محدودیت‌های پژوهش و پیشنهاداتی برای تحقیقات آتی

محدودیت‌های این پژوهش عمدتاً به ماهیت موضوع، جامعه آماری و روش گردآوری داده‌ها مربوط می‌شود. نخست، جامعه آماری پژوهش به مدیران، کارشناسان و خبرگان حوزه لجستیک و بنادر محدود بوده است؛ بنابراین، تعمیم نتایج به سایر بخش‌های صنعت حمل‌ونقل، زنجیره تأمین یا سایر کشورها باید با احتیاط انجام شود. همچنین، داده‌های پژوهش در یک بازه زمانی مشخص گردآوری شده‌اند و به همین دلیل امکان بررسی تغییرات و آثار بلندمدت فناوری‌های بلاکچین و اینترنت اشیا بر توسعه لجستیک بنادر فراهم نبوده است. از سوی دیگر، استفاده از ابزار پرسشنامه باعث شده است که یافته‌ها تا حدی متأثر از ادراک، نگرش و قضاوت پاسخ‌دهندگان باشد و احتمال بروز سوگیری در پاسخ‌ها وجود داشته باشد. علاوه بر این، در این پژوهش تنها دو فناوری بلاکچین و اینترنت اشیا به عنوان متغیرهای مستقل مورد بررسی قرار گرفته‌اند، در حالی که فناوری‌های نوظهور دیگری نظیر هوش مصنوعی، کلان‌داده، رایانش ابری، دوقلوی دیجیتال و شبکه‌های ارتباطی نسل پنجم نیز می‌توانند بر توسعه پایدار لجستیک بنادر تأثیرگذار باشند. همچنین، برخی عوامل محیطی و نهادی از جمله سیاست‌های دولتی، قوانین و مقررات، میزان آمادگی دیجیتال سازمان‌ها، شرایط اقتصادی و زیرساخت‌های فناوری اطلاعات در مدل پژوهش لحاظ نشده‌اند و این موضوع می‌تواند بر میزان تعمیم‌پذیری نتایج اثرگذار باشد.
با توجه به یافته‌ها و محدودیت‌های پژوهش، پیشنهاد می‌شود مطالعات آینده نقش متغیرهای میانجی و تعدیل‌گر مانند آمادگی دیجیتال سازمان، فرهنگ سازمانی، نوآوری، اعتماد بین‌سازمانی، امنیت اطلاعات و حمایت مدیریت ارشد را در رابطه میان فناوری‌های نوین و توسعه لجستیک بنادر بررسی کنند. همچنین انجام پژوهش‌هایی با محوریت سایر فناوری‌های انقلاب صنعتی چهارم از جمله هوش مصنوعی، کلان‌داده، رایانش ابری، دوقلوی دیجیتال و اینترنت نسل پنجم و مقایسه میزان تأثیر آن‌ها با بلاکچین و اینترنت اشیا می‌تواند به توسعه ادبیات این حوزه کمک کند. اجرای پژوهش‌های طولی به منظور بررسی آثار بلندمدت تحول دیجیتال، انجام مطالعات تطبیقی میان بنادر مختلف کشور یا مقایسه بنادر ایران با بنادر پیشرو جهان، و استفاده از روش‌های پژوهش ترکیبی شامل رویکردهای کمی و کیفی نیز می‌تواند درک جامع‌تری از ابعاد مختلف این موضوع فراهم سازد. همچنین پیشنهاد می‌شود پژوهشگران در مطالعات آینده تأثیر فناوری‌های دیجیتال را بر متغیرهایی نظیر تاب‌آوری زنجیره تأمین، چابکی سازمانی، مدیریت ریسک، کیفیت خدمات، رضایت مشتریان، بهره‌وری عملیاتی و رقابت‌پذیری بنادر مورد بررسی قرار دهند. طراحی و اعتبارسنجی مدل‌های بومی تحول دیجیتال در بنادر ایران، مطالعه چالش‌ها و موانع اجرایی استقرار بلاکچین و اینترنت اشیا از جمله مسائل امنیت سایبری، هزینه‌های سرمایه‌گذاری، مقاومت کارکنان در برابر تغییر و محدودیت‌های قانونی، و نیز بررسی نقش سیاست‌های حمایتی دولت و حکمرانی دیجیتال در توسعه بنادر هوشمند از دیگر زمینه‌های مهم برای تحقیقات آتی به شمار می‌رود. در نهایت، بررسی هم‌افزایی و تعامل میان فناوری‌های بلاکچین، اینترنت اشیا و سایر فناوری‌های هوشمند در قالب مدل‌های یکپارچه می‌تواند به ارائه راهکارهای جامع‌تر برای تحقق توسعه پایدار و ارتقای عملکرد لجستیک بنادر منجر شود.

[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-11-07]

۸- منابع

1- Vavekanand, R., Kumar, S., Kumar, T., & Raj, K. (2026). *A comprehensive survey on blockchain and IoT for healthcare security, efficiency and data interoperability*. Discover Internet of Things.

2- Upadhyay, D., Garg, P., & Babbar, N. (2026). *Blockchain and IoT based smart contract framework for efficient and secure product life management*. Discover Internet of Things, 6(1), 25. https://doi.org/10.1007/s43926-025-00274-7.

3- Shoomal, A., Jahanbakht, M., & Componation, P. J. (2026). *An analytical framework for evaluating blockchain and IoT use cases in sustainable supply chains*. Supply Chain Analytics, 13, 100198. https://doi.org/10.1016/j.sca.2026.100198.

4- Morchid, A., Ismail, A., Khalid, H. M., Qjidaa, H., & El Alami, R. (2025). *Blockchain and IoT technologies in smart farming to enhance the efficiency of the agri-food supply chain: A review of applications, benefits, and challenges*. Internet of Things, 101733. https://doi.org/10.1016/j.iot.2025.101733.

5- Al-Khatib, A. W. (2025). *The impact of supply chain transparency and supply chain resilience on supply chain risk management: a moderation effect modeling*. Supply Chain Management: An International Journal, 30(5), 566-581. https://doi.org/10.1108/SCM-02-2025-0108.

6- Payandeh, R., Delbari, A., Fardad, F., Helmzadeh, J., Shafiee, S., & Ghatari, A. R. (2025). *Unraveling the potential of blockchain technology in enhancing supply chain traceability: A systematic literature review and modeling with ISM*. Blockchain: Research and Applications, 6(1), 100240. https://doi.org/10.1016/j.bcra.2024.100240.

7- Poku, E., Nuertey, D., Agbemude, S., Owusu, F., & Buabeng, S. (2025). Building resilient supply chains through digitalization: the roles of supply chain traceability and desorptive capacity. *Benchmarking: An International Journal*, 1-26. https://doi.org/10.1108/BIJ-01-2025-0057.

8- Ahmadkhan, K., Ahmadirad, Z., Karaminezhad, K., SeyedKhamoushi, F., Karimi, K., & Khakpash, F. (2026). *A novel blockchain-based approach for enhanced food supply chain traceability and waste mitigation*. British Food Journal, 128(1), 426-466. https://doi.org/10.1108/BFJ-05-2024-0430.

9- Hao, J., Hildebrandt, A., Morgan, T. R., & Richey, R. G. (2026). *The impact of radio frequency identification technology utilization on supply chain transparency and agility dimensions of the responsiveness view*. The International Journal of Logistics Management, 37(2), 316-339. https://doi.org/10.1108/IJLM-08-2024-0507

10- Mou, N., Wang, C., Yang, T., & Zhang, L. (2020). *Evaluation of development potential of ports in the Yangtze river delta using FAHP-entropy model*. Sustainability, 12(2), 493. https://doi.org/10.3390/su12020493.

11- Munim, Z. H., Sornn-Friese, H., & Dushenko, M. (2020). *Identifying the appropriate governance model for green port management: Applying Analytic Network Process and Best-Worst methods to ports in the Indian Ocean Rim*. Journal of Cleaner Production, 268, 122156. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122156.

12- Gacek, C. G., Gimbel, D. J., Longo, S. J., Mendel, B. I., Sampaio, G. N., Polmateer, T. L., ... & Lambert, J. H. (2021, April). *Managing Operational and Environmental Risks in the Strategic Plan of a Maritime Container Port*. In 2021 Systems and Information Engineering Design Symposium (SIEDS) (pp. 1-6). IEEE. https://doi.org/10.1109/SIEDS52267.2021.9483787.

13- Ziaeian, M., Malekinejad, P. ., & Soleymanizadeh, H. . (1404). *Strengthening the Food Supply Chain through Blockchain Technology: A Strategy for Sustainable Development*. Decision Science and Intelligent Systems, 2(4), 1-24. (In Persian).

14- Hosseinbor, M. A., & Rafiei, K. M. (2023). *Identifying the key factors for the development of smart ports (case study: Chabahar port). Journal of* Maritime Management Science Studies, 4(1), 95-109. https://doi.org/10.22034/mmr.2024.316602.1101. (In Persian).

15- Caruana-McManus, C. (2025, August). *Smart ports and cities: Leveraging IoT and AI for sustainable growth*. In Australasian Coasts & Ports 2025 Conference (pp. 165-170). Adelaide: Engineers Australia.

16- Hayaka, K. I., Robaina, M., Lopes, R. B., & Teixeira, L. (2026). *Economic and Environmental Impacts of Smart Ports: A Systematic Literature Review*. Cleaner Production Letters, 100148. https://doi.org/10.1016/j.clpl.2026.100148.

17- Kuo, S. Y., Huang, X. R., & Chen, L. B. (2022). *Smart ports: Sustainable smart business port operation schemes based on the Artificial Intelligence of Things and blockchain technologies*. Ieee Potentials, 41(6), 32-37. https://doi.org/10.1109/MPOT.2022.3198808.

18- Hajian, A., Hamedi, M., & Esmaeilian, G. (2025). *A Hybrid Model for Enhancing Container Port Management with a Focus on Sustainable Development*. Journal of Industrial Management Perspective, 15(3), 118-140. https://doi.org/10.48308/jimp.15.3.118. (In Persian).

19- Guan, P., Wood, L. C., Wang, J. X., & Duong, L. N. (2024). *Blockchain adoption in the port industry: a systematic literature review*. Cogent business & management, 11(1), 2431650. https://doi.org/10.1080/23311975.2024.2431650.

20- Durán, C., Yazdi, A. K., Derpich, I., & Tan, Y. (2024). *Leveraging blockchain for maritime port supply chain management through multicriteria*

[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-11-07]

Research facing global value chain challenges. Systems, 11(2), 88. https://doi.org/10.3390/systems11020088.
31- Gerrero-Molina, M. I., Vásquez-Suárez, Y. A., & Valdés-Mosquera, D. M. (2024). *Smart, green, and sustainable: Unveiling technological trajectories in maritime port operations*. IEEE Access, 12, 47713-47723. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3376431.
32- Cochran, W. G. (1977). Sampling Techniques 3rd edJohn Wiley and Sons. *New York, NY, 428*.
33- Khiabani, G. A., & Nham, T. P. (2025). *How business dashboards enhance B2B decisions: The role of asymmetric information management capability*. Strategic Business Research, 100003. https://doi.org/10.1016/j.sbr.2025.100003.
34- Matanda, M., & Khiabani, G. A. (2021). *Effects of Business Dashboards on Managerial Decision Making: The Mediating Roles of Competitive Intelligence and Information Management Capabilities*. Available at SSRN 3889123. https://ssrn.com/abstract=3889123.
decision making. Mathematics, 12(10), 1511. https://doi.org/10.3390/math12101511.
21- Parmentola, A., Petrillo, A., Tutore, I., & De Felice, F. (2022). *Is blockchain able to enhance environmental sustainability? A systematic review and research agenda from the perspective of Sustainable Development Goals (SDGs)*. Business Strategy and the Environment, 31(1), 194-217. https://doi.org/10.1002/bse.2882.
22- Arshad, A., Shahzad, F., Rehman, I. U., & Sergi, B. S. (2023). *A systematic literature review of blockchain technology and environmental sustainability: Status quo and future research*. International Review of Economics & Finance, 88, 1602-1622. https://doi.org/10.1016/j.iref.2023.07.044.
23- Jan, A., Salameh, A. A., Rahman, H. U., & Alasiri, M. M. (2024). *Can blockchain technologies enhance environmental sustainable development goals performance in manufacturing firms? Potential mediation of green supply chain management practices*. Business Strategy and the Environment, 33(3), 2004-2019. https://doi.org/10.1002/bse.3579.
24- 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.
25- Zou, Y., Xiao, G., Li, Q., & Biancardo, S. A. (2025). *Intelligent maritime shipping: A bibliometric analysis of internet technologies and automated port infrastructure applications*. Journal of Marine Science and Engineering, 13(5), 979. https://doi.org/10.3390/jmse13050979.
26- Issa, M., Rizk, P., Boulon, L., Rezkallah, M., Rizk, R., & Ilinca, A. (2025). *Smart, connected, and sustainable: The transformation of maritime ports through electrification, IoT, 5G, and green energy*. Sustainability, 17(17), 7568. https://doi.org/10.3390/su17177568.
27- Rajak, B. K., Chatterjee, S., & Upadhyay, A. (2023). *Exploring the success factors influencing adoption of Internet of Things in port logistics: An intertype and interdomain analysis*. IEEE Transactions on Engineering Management, 71, 10026-10039. https://doi.org/10.1109/TEM.2023.3330912.
28- Khalifeh, M., & Caliskan, A. (2025). *The role of port smartness in achieving sustainable development goals*. Maritime Policy & Management, 52(1), 106-120. https://doi.org/10.1080/03088839.2023.2273349.
29- Amini Khiabani, G. (2018). *Articulating of 2 strategic capabilities including environment sensation and entrepreneurial orientation on organization performance based on qualification and creativity; examining social intelligence as mediator*. Police Organizational Development, 15(64), 11-38. (In Persian).
30- Liao, H. T., Lo, T. M., & Pan, C. L. (2023). *Knowledge mapping analysis of intelligent ports:*

[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-11-07]