

Blue Data Governance Framework for Maritime Progress: Toward a Data-Driven Blue Economy in Iran

Hassan Beyk Mohammadlu^{1*}, Hossein (Adib) Arabi², Hossein Heidari³

1.Faculty Member at the Center for Strategic Research, Expediency Discernment Council, Tehran, Iran.*

2.Ph.D Candidate of Economics, Supreme National Defence University, Tehran, Iran.

3.Department of Economic, B.A.C, Islamic Azad University, Bandar Abbas, Iran.

ARTICLE INFO

Article History:

Received: 7 December 2025

Revised: 13 January 2026

Accepted: 5 February 2026

Published: 20 February 2026

Keywords:

Ocean-Based Economy, Popular Participation, Production Models, Indigenous Knowledge, Iranian Coasts.

ABSTRACT

The aim of the present study is to identify and assess the risks in the navigation of passenger vessels between Bandar Abbas and Qeshm Island based on the Shell technique (software and hardware, environment and human (employee personnel)). The research method is mixed (qualitative and quantitative) and is applied in terms of purpose and nature. The statistical population of the study was specialists and experts in the field of tourism and navigation, of which 12 people were used for the interviews and 15 people were used for the fuzzy Delphi part. In this study, information was collected through interviews and data analysis using content analysis methods, fuzzy Delphi and risk ranking using the DANP method and using Excel software. To identify the risks, first by interviewing 12 navigation experts and then using the content analysis method, the risks in the navigation of passenger vessels between Bandar Abbas and Qeshm Island were identified as 28 risks based on the Shell technique. Then, using the fuzzy Delphi method and the opinions of 15 experts, all risks The identified risks were refined and confirmed, and then the risks were ranked. The results showed that the software risks of passenger vessel navigation are: failures in the integration of navigation data, cyber attacks and unauthorized access, user error when using the software, the effects of weather conditions and the marine environment on the performance of navigation software, deviations from standard operating procedures in the operation of equipment, delays in periodic updates of navigation systems and marine charts, and incorrect data management. Hardware risks include sensor failures, problems in network hardware, physical damage, fluctuations and outages of navigation equipment power supply systems, lack of proper maintenance, and environmental challenges. Environmental risks include pollution of coastal waters due to the discharge of waste and petroleum fuels, damage to marine life, marine traffic, garbage discharge, and changes in the ecosystem. Personnel risks include accidents and incidents, adverse weather conditions, diseases and injuries, stress, and Psychological stress is a safety issue. Also, ranking all risks together showed that the most important risks are diseases and injuries.

* Corresponding author: Hassan Beyk Mohammadlu. Email: hmohammadlou@ut.ac.ir

Citation: Beyk Mohammadlu, H., Arabi, H. (. & Heidari, H. (2026). Blue Data Governance Framework for Maritime Progress: Toward a Data-Driven Blue Economy in Iran. Quarterly Journal of The Macro and Strategic Policies, 13(Special Issue on Maritime-Oriented Development), 65–87. <https://doi.org/10.30507/jmsp.2026.567313.2912>



Extended Abstract

Introduction

The blue economy has emerged as a transformative paradigm that seeks to reconcile economic growth with environmental sustainability and social equity through the sustainable use of ocean resources. Globally, the ocean economy is projected to exceed trillions of dollars in value, positioning maritime sectors as critical drivers of development. However, despite its significant potential, the realization of a sustainable blue economy is constrained by fragmented governance systems, insufficient data infrastructures, and weak integration of digital technologies. In recent years, the concept of data governance has gained prominence as a foundational element for enabling digital transformation across sectors. In the maritime domain, data-driven approaches—leveraging artificial intelligence (AI), big data analytics, Internet of Things (IoT), and blockchain—are increasingly recognized as essential for enhancing decision-making, improving transparency, and ensuring sustainability. Nevertheless, the integration of data governance within blue economy frameworks remains underdeveloped, particularly in developing countries. Iran, with its extensive coastline along the Persian Gulf and the Caspian Sea, possesses substantial maritime potential. Yet, its ocean governance system is characterized by institutional fragmentation, analog processes, and limited interoperability among data systems. This has hindered effective policy-making, resource management, and sustainable development in maritime sectors. This study addresses a critical research gap by proposing a comprehensive “Blue Data Governance Framework” (BDGF) tailored to Iran’s context. By integrating concepts from blue economy, data governance, and adaptive governance, the research aims to provide a structured pathway for transitioning toward a data-driven maritime development model.

Methodology

This research adopts a qualitative, multi-method approach combining systematic literature review, bibliometric analysis, and conceptual framework development. First, a systematic literature review was conducted using the PRISMA protocol to identify relevant studies on blue economy, ocean governance, and digital transformation. Major academic databases, particularly Scopus-indexed publications, were used to extract high-quality peer-reviewed articles published between 2011 and 2026. The selected literature encompasses key themes such as governance challenges, stakeholder engagement, sustainability frameworks, and digital technologies in marine sectors. Second, a thematic analysis was applied to categorize the literature into core domains, including governance structures, technological enablers, environmental challenges, and socio-economic implications. This analysis enabled the identification of recurring patterns, gaps, and emerging trends in the field. Third, insights from data governance theory—particularly frameworks emphasizing data quality, interoperability, accountability, and value creation—were integrated with blue economy principles. Additionally, concepts from adaptive governance and socio-ecological systems were incorporated to address the dynamic and complex nature of maritime environments. Finally, a conceptual model—the Blue Data Governance Framework (BDGF)—was developed. This framework synthesizes institutional, technological, and policy dimensions to guide the transition toward a data-driven blue economy in Iran.

Results and Discussion

The findings reveal that while the blue economy holds significant promise for sustainable development, its implementation faces multiple interconnected challenges.

1. Governance Fragmentation and Institutional Gaps

A recurring issue across the literature is the fragmentation of governance structures. Studies highlight weak coordination among governmental agencies, limited stakeholder participation, and insufficient regulatory enforcement as major barriers. In regions such as Saudi Arabia and Bangladesh, institutional fragmentation and lack of integrated policies significantly hinder effective blue economy governance. Similarly, Iran’s maritime governance system exhibits parallel challenges, with overlapping responsibilities and limited data-sharing mechanisms.

2. Environmental and Sustainability Challenges

Environmental pressures—including overfishing, marine pollution, biodiversity loss, and climate change—pose significant risks to the sustainability of blue economy sectors. Research indicates that without robust governance frameworks, economic activities in marine sectors may exacerbate ecological degradation. The tension between economic growth and environmental protection is particularly evident in European contexts, where policy conflicts have been observed between blue growth initiatives and environmental directives.

3. Role of Digital Technologies in Ocean Governance

A key finding is the transformative potential of digital technologies in addressing governance challenges. AI, IoT, remote sensing, and blockchain technologies enable real-time monitoring, predictive analytics, and enhanced transparency. For instance, blockchain-based systems have been developed to secure fisheries data and prevent illegal activities, while AI-driven models support marine spatial planning and resource optimization.

However, the adoption of these technologies remains limited due to infrastructural constraints, data silos, and regulatory uncertainties. The lack of standardized data governance frameworks further exacerbates these issues, preventing effective integration of digital tools into decision-making processes.

4. Data Governance as a Missing Link

The study identifies data governance as a critical missing component in existing blue economy frameworks. Effective data governance ensures data quality, accessibility, interoperability, and security, enabling informed decision-making and policy coherence. Without such frameworks, the potential of digital technologies cannot be fully realized.

The proposed BDGF addresses this gap by introducing key dimensions, including:

- Data architecture and interoperability
- Institutional coordination and accountability
- Legal and regulatory frameworks
- Technological infrastructure and innovation
- Stakeholder engagement and capacity building

5. Toward a Data-Driven Blue Economy in Iran

Applying the BDGF to Iran's context highlights several strategic priorities. These include developing integrated maritime data platforms, enhancing inter-agency coordination, investing in digital infrastructure, and fostering public-private partnerships. Additionally, building human capital and promoting digital literacy are essential for supporting the transition.

The framework also emphasizes the importance of adaptive governance, allowing policies and institutions to evolve in response to environmental and technological changes. By aligning national strategies with global sustainability goals—particularly SDG 14—the BDGF provides a pathway for achieving sustainable and inclusive maritime development.

Conclusion

This study contributes to the growing body of literature on the blue economy by introducing a novel Blue Data Governance Framework tailored to the context of developing maritime economies, with a specific focus on Iran. The findings underscore that the transition toward a sustainable blue economy is not merely a technological challenge but fundamentally a governance issue. Fragmented institutions, weak regulatory frameworks, and inadequate data infrastructures remain key barriers. At the same time, digital technologies offer unprecedented opportunities to enhance efficiency, transparency, and sustainability in marine resource management. By integrating data governance principles with blue economy strategies, the proposed framework provides a holistic approach to addressing these challenges. It highlights the central role of data as a strategic asset in enabling evidence-based decision-making and fostering innovation. For policymakers, the study offers actionable insights into designing integrated governance systems that leverage digital technologies while ensuring environmental sustainability and social equity. For researchers, it opens new avenues for exploring the intersection of data governance and ocean governance. Ultimately, the successful implementation of a data-driven blue economy in Iran requires coordinated efforts across institutional, technological, and societal dimensions. Future research should focus on empirical validation of the framework, development of pilot projects, and comparative analyses across regions to further refine and operationalize the proposed model.

Keywords: Ocean-Based Economy, Popular Participation, Production Models, Indigenous Knowledge, Iranian Coasts.

چارچوب حاکمیت داده آبی برای پیشرفت دریامحور: گامی به سوی اقتصاد آبی داده‌محور در ایران

حسن بیک محمدلو^{۱*}، حسین (ادیب) عربی^۲، حسین حیدری^۳

۱. عضو هیئت علمی پژوهشکده تحقیقات راهبردی مجمع تشخیص مصلحت، تهران، ایران.

۲. دانشجوی دکتری اقتصاد، دانشگاه عالی دفاع ملی، تهران، ایران.

۳. گروه اقتصاد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بندرعباس، ایران.

اطلاعات مقاله	چکیده
سابقه مقاله: تاریخ دریافت: ۱۶ آذر ۱۴۰۴ تاریخ بازنگری: ۲۳ دی ۱۴۰۴ تاریخ پذیرش: ۱۶ بهمن ۱۴۰۴ تاریخ انتشار: ۱ اسفند ۱۴۰۴ کلیدواژه‌ها: اقتصاد دریامحور، مشارکت مردمی، الگوهای تولید، دانش بومی، سواحل ایران.	پژوهش حاضر با هدف طراحی راهبردهای مردمی‌سازی اقتصاد دریامحور مبتنی بر منطق‌های حاکم بر الگوهای موفق تولید مردمی در ایران انجام شده است. این مطالعه با رویکرد کیفی و روش تحلیل تطبیقی، مبتنی بر تجربه‌نگاری میدانی عمیق از ده الگوی موفق تولید مردمی و تحلیل محتوای کیفی داده‌های حاصل از مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته و مشاهده مشارکتی صورت گرفته است. یافته‌ها نشان می‌دهد که موفقیت این الگوها بر هشت منطق مشترک استوار است که در یک زنجیره زمانی-کارکردی شامل شکل‌گیری (مردمی بودن واقعی و مسئله‌محوری)، همکاری (سرمایه اجتماعی و رهبری میدانی)، تداوم (یادگیری تجربی و تلفیق سنت و نوآوری)، و بقا (تاب‌آوری و حلقه‌های میانی) قابل ترسیم هستند. از میان این هشت منطق، سه مؤلفه مردم‌محوری، مسئله‌محوری و سرمایه‌اجتماعی به‌عنوان هسته‌ی پایه شناسایی شدند. تحلیل قابلیت انتقال این منطق‌ها به حوزه اقتصاد دریامحور منجر به طراحی چارچوبی نظام‌مند شد که هر یک را به مؤلفه‌های عملیاتی در اقتصاد دریا ترجمه می‌کند. بر این اساس، چهار مدل تعاونی‌محور، رهبری محلی، دانش‌بنیان بومی و تاب‌آور ترکیبی برای کاربست در اقتصاد دریامحور معرفی شد. مقایسه یافته‌ها با مطالعات پیشین نشان‌دهنده همخوانی منطق‌های استخراج‌شده با پژوهش‌های بین‌المللی و داخلی است. همچنین شش دسته مانع شامل موانع ساختاری-نهادی، قانونی-مقرراتی، اقتصادی-تحریمی، زیرساختی-فناوری، اجتماعی-فرهنگی و مشارکتی برای انتقال این منطق‌ها شناسایی شد. مقاله با تأکید بر ضرورت گذار از رویکرد تصدی‌گرا به تسهیل‌گری و با شناسایی محدودیت‌های داده‌ای، انتقالی و نهادی، توصیه‌های سیاستی عینی در دو سطح کلان و میانی-اجرایی برای تحقق مردمی‌سازی اقتصاد دریامحور در سواحل ایران، به‌ویژه منطقه راهبردی مکران، ارائه می‌دهد.

* نویسنده مسئول: حسن بیک محمدلو. ایمیل: hmohammadlou@ut.ac.ir

استناد: بیک محمدلو، حسن، عربی، حسین (ادیب) و حیدری، حسین. (۱۴۰۴). چارچوب حاکمیت داده آبی برای پیشرفت دریامحور: گامی به سوی اقتصاد آبی داده‌محور در ایران. سیاست‌های راهبردی و کلان، ۱۳ (ویژه نامه توسعه دریامحور)، ۶۵-۸۷.

<https://doi.org/10.30507/jmsp.2912.567313.2026>



مقدمه

اقیانوس جهانی که نزدیک به ۷۱٪ از سطح زمین و ۹۷٪ از آب‌های آن را پوشانده و به‌عنوان «مرز نوین اقتصادی» عمل می‌کند، به‌عنوان نقشی محوری در رفاه انسان و توسعه پایدار شناخته شده است (عطری و بوهرلر-مولر، ۲۰۱۸). گزارش سازمان همکاری‌های اقتصادی اروپا ۲۰۱۶، ورله و همکاران (۲۰۱۸). فراتر از نقش بنیادین بوم‌شناختی آن در تنظیم اقلیم و سامانه‌های آب و هوایی جهانی، اقیانوس خدمات بوم‌سازگانی به ارزش تقریبی ۲۴ تریلیون دلار آمریکا ارائه می‌دهد. این اقیانوس منبعی حیاتی برای غذا، انرژی و مواد معدنی است، ستون فقرات تجارت جهانی را تشکیل می‌دهد (۹۰٪ از حمل و نقل بین‌المللی از طریق دریا انجام می‌شود) و معیشت صدها میلیون نفر را تأمین می‌کند (گزارش حاکمیت دریا و جنوب آسیا، ۲۰۱۸).

مفهوم «اقتصاد آبی» به‌ویژه از زمان کنفرانس ریو+۲۰ سازمان ملل در سال ۲۰۱۲، به‌عنوان پارادایمی برجسته تکامل یافته است که خود را با پرداختن مشخص به بافتارهای دریایی و اقیانوسی از اقتصاد سبز متمایز می‌سازد (یوان و همکاران، ۲۰۲۴). اقتصاد آبی به‌طور کلی به‌عنوان رویکردی یکپارچه و میان‌رشته‌ای درک می‌شود که به دنبال هماهنگ‌سازی رشد اقتصادی با پایداری بلندمدت بوم‌سازگان‌های اقیانوسی است (چاوهاران و همکاران، ۲۰۲۲).

تحقق اقتصاد آبی بر چارچوبی جامع مبتنی بر «سه خط بنیادین» استوار است که دستیابی همزمان به سه رکن کلیدی را ترویج می‌کند (موانیوکا و همکاران، ۲۰۲۵، عطری و بوهرلر-مولر، ۲۰۱۸):

۱. رشد اقتصادی پایدار ناشی از بخش‌های دریایی مانند شیلات پایدار، آبی‌پروری، حمل و نقل دریایی، انرژی تجدیدپذیر (مانند انرژی باد فراساحلی) و طبیعت‌گردی.

۲. سلامت و تاب‌آوری بوم‌سازگان، تضمین می‌کند که فعالیت‌های اقتصادی (مانند اکتشاف معادن اعماق دریا، گردشگری و تولید انرژی) به سرمایه طبیعی آسیب نرسانده و منجر به تخریب محیط‌هایی مانند صخره‌های مرجانی و مانگروها نشود.

۳. عدالت اجتماعی و عدالت آبی، تضمین می‌کند که منافع به‌طور عادلانه توزیع شود، فقر کاهش یابد و جمعیت‌های آسیب‌پذیر ساحلی از جمله ماهی‌گیران سنتی و زنان در بخش‌هایی مانند آبی‌پروری در اولویت قرار گیرند. منتقدان هشدار می‌دهند که تمرکز صرف بر «رشد آبی» بدون حفاظت از عدالت می‌تواند به «تصاحب اقیانوس» یا «راه‌حل آبی» منجر شود که معیشت‌های محلی را تضعیف کرده و نابرابری‌های جهانی را تشدید می‌کند.

علیرغم اجماع بر سر اهداف اقتصاد آبی (هدف ۱۴ از اهداف توسعه پایدار)، مسیر تحقق آن با چالش‌هایی همراه است که عمدتاً ناشی از ظرفیت ناکافی حاکمیتی و فشارهای فزاینده زیست‌محیطی هستند (عطری و بوهرلر-مولر، ۲۰۱۸). نیاز به مدیریت یکپارچه ساحلی (ICM) و حکمرانی منسجم اقیانوسی در پهنه‌های مختلف قضایی (از مناطق ساحلی تا آب‌های آزاد) مستلزم هماهنگی پیچیده‌ای است که اغلب فراتر از ساختارهای مدیریتی برخوردار موجود عمل می‌کند (واله‌گا ۲۰۰۲). اقیانوس در معرض تهدیدهای رو به رشدی از جمله آثار تغییر اقلیم (مانند افزایش سطح دریا و گرم شدن دمای سطح دریا)، آلودگی (فلزات سنگین، آلودگی میکروبی و میکرو پلاستیک‌ها) و بهره‌برداری بی‌رویه از منابع زنده دریایی قرار دارد (عطری و بوهرلر-مولر، ۲۰۱۸).

در پاسخ، تحول دیجیتال به‌طور فزاینده‌ای به‌عنوان تواناسازی حیاتی برای دستیابی به «رشد آبی» و افزایش عملکرد پایداری تلقی می‌شود. فناوری‌های دیجیتال شامل هوش مصنوعی (AI)، تحلیل کلان داده‌ها و اینترنت اشیاء (IoT) قادر به ایجاد نوآوری در مدل‌های کسب و کار، به‌ویژه در بخش‌های منابع بر هستند و ظرفیت تحلیل‌های پیشرفته دریایی، پایش زیست‌محیطی و مدیریت پایدار منابع را ارائه می‌دهند (سجودین و همکاران، ۲۰۲۳).

با این حال، شکاف آشکاری میان کشورهای که قادر به بهره‌گیری از این فناوری‌ها هستند و کشورهایی که با محدودیت‌های ساختاری مواجه‌اند، وجود دارد. در حالی که مناطق توسعه‌یافته از علم و فناوری پیشرفته برای نوآوری دریایی استفاده می‌کنند، بسیاری از کشورهای دریامحور در حال توسعه با چندپارگی نهادی چشمگیر، چارچوب‌های نظارتی ضعیف و محدودیت‌های ظرفیتی روبرو هستند که اجرای مؤثر راهبردهای دیجیتال را دشوار می‌سازد. افزون بر این، حرکت به‌سوی اقتصاد آبی داده‌محور مستلزم حاکمیت داده قوی — که توسط افراد، فرایندها و ابزارها تعریف می‌شود — برای تضمین اعتمادپذیری، کیفیت، کنترل دسترسی و طبقه‌بندی داده‌های حیاتی دریایی است. خدمات عمومی دیجیتال مؤثر (DPS) که بر مؤلفه‌هایی مانند کاربرمحوری، تجربه‌پذیری کسب و کار و تواناسازی کلیدی متکی هستند، با پیامدهای مثبت بلندمدت اقتصادی و زیست‌محیطی مرتبط هستند.

بنابراین، چالش اصلی در گذار به‌سوی اقتصاد آبی پایدار و عادلانه، به‌ویژه در بافتارهای در حال توسعه، در رفع این کسری نهادی و فنی نهفته است. این مسئله به پرسش اصلی پژوهش زیر منجر می‌شود. چگونه یک کشور دریامحور در حال توسعه می‌تواند یک مدل حکمرانی داده‌محور قوی طراحی و پیاده‌سازی کند که رشد اقتصادی پایدار را ممکن سازد، هماهنگی نهادی را تضمین کند، از اصول عدالت آبی پشتیبان نماید و در مواجهه با کاربری‌های رقیب اقیانوس و تخریب زیست‌محیطی، تاب‌آوری بوم‌سازگان را تقویت نماید؟

۱. مرور ادبیات

مفهوم اقتصاد آبی در اوایل دهه ۲۰۱۰ به عنوان پاسخی سیاستی به «صنعتی سازی اقیانوس» ظهور کرد (سیلور و همکاران ۲۰۱۹). این مفهوم به دنبال ادغام اهداف اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی درون چارچوبی پایداری است. بانک جهانی (۲۰۱۸) آن را چنین تعریف می کند: «استفاده پایدار از منابع اقیانوسی برای رشد اقتصادی، بهبود معیشت و ایجاد اشتغال، در عین حفظ سلامت بوم سازگان اقیانوس».

پژوهشگران سه روایت اصلی را شناسایی کرده اند:

۱. حفاظت گرا: اولویت دهی به حفاظت از بوم سازگان (پائولی ۲۰۱۸).

۲. رشد صنعتی: تأکید بر گسترش اقتصادی (کریستیانسن ۲۰۲۰).

۳. یکپارچه یا ترکیبی: توازن میان سودآوری و پایداری (وویر و همکاران ۲۰۲۱).

سیاست های دریایی ایران به لحاظ ابلاغی مدل ترکیبی را می پذیرند، اما فاقد مکانیسم های نهادی برای ایجاد توازن میان این اهداف هستند (بیک محمدلو ۲۰۲۴).

۱-۱. پیشینه پژوهش

اقتصاد آبی به عنوان یکی از پارادایم های نوین توسعه، در پی ایجاد تعادل میان رشد اقتصادی، پایداری زیست محیطی و عدالت اجتماعی در بهره برداری از منابع دریایی است. این مفهوم، که به ویژه در دهه اخیر به طور چشمگیری در ادبیات علمی و سیاست گذاری بین المللی گسترش یافته، اکنون به عنوان یکی از ارکان کلیدی تحقق اهداف توسعه پایدار، به ویژه هدف چهاردهم (حیات زیر آب)، شناخته می شود (۳۹، ۲۶). با این حال، مرور مطالعات نشان می دهد که علی رغم ظرفیت اقتصادی قابل توجه این حوزه—که تا حدود ۳ تریلیون دلار در سال برآورد شده است—چالش های عمیق ساختاری و نهادی مانع از تحقق کامل آن شده اند (۴۱).

یکی از مهم ترین محورهای ادبیات، بررسی چالش های بنیادین اقتصاد آبی است. این چالش ها شامل بهره برداری بی رویه از منابع دریایی، آلودگی، تغییرات اقلیمی، و کاهش تنوع زیستی هستند که در بسیاری از مطالعات به عنوان تهدیدهای اصلی پایداری مطرح شده اند (۲۲، ۴). در کنار این موارد، ضعف در زیرساخت های فنی، کمبود سرمایه گذاری، و محدودیت های نهادی نیز به عنوان موانع کلیدی در کشورهای در حال توسعه شناسایی شده اند (۲۶). به طور خاص، مطالعاتی مانند (۳) نشان می دهند که عدم انسجام در سیاست ها، نبود چارچوب های حکمرانی یکپارچه، و ضعف در هماهنگی میان ذی نفعان، از مهم ترین موانع توسعه اقتصاد آبی در سطح جهانی هستند.

در این میان، «حکمرانی» به عنوان یکی از مؤلفه های کلیدی موفقیت اقتصاد آبی، مورد توجه ویژه قرار گرفته است. پژوهش ها نشان می دهند که حکمرانی مؤثر نیازمند ساختارهای نهادی هماهنگ، مشارکت ذی نفعان، شفافیت، و پاسخگویی است (۱۵، ۸). تجربه کشورهایی مانند سیشل نشان می دهد که وجود رهبری سیاسی قوی و چارچوب های نهادی منسجم می تواند به شکل گیری یک «معماری حکمرانی اقتصاد آبی» منجر شود؛ با این حال، حتی در این موارد نیز چالش هایی مانند حفظ مشارکت ذی نفعان و هماهنگی نهادی همچنان پابرجاست (۸). همچنین، در مناطق خشک ساحلی، مانند سواحل عربستان سعودی، مطالعات نشان داده اند که شکاف های نهادی، ضعف در اجرای مقررات، و تخریب محیط زیست از موانع اصلی حکمرانی مؤثر هستند (۲).

در سطح منطقه ای و بین المللی نیز، چالش های حکمرانی به وضوح قابل مشاهده است. به عنوان مثال، بررسی سیاست های اتحادیه اروپا نشان می دهد که در برخی موارد، اهداف توسعه اقتصادی در اقتصاد آبی با اهداف زیست محیطی در تعارض قرار می گیرند که این امر نشان دهنده ضعف در یکپارچگی سیاست ها و نظام های تصمیم گیری است (۴). همچنین، تحلیل ابتکارات منطقه ای مانند APEC نشان می دهد که نبود چارچوب های الزام آور حقوقی و ضعف در اجرای سیاست ها می تواند مانع تحقق اهداف اقتصاد آبی شود (۱۳).

در سال های اخیر، نقش داده و فناوری های دیجیتال به عنوان یکی از عوامل تحول آفرین در اقتصاد آبی مورد توجه قرار گرفته است. فناوری هایی نظیر هوش مصنوعی، اینترنت اشیا، سنسور از دور، و کلان داده ها، امکان جمع آوری، پردازش و تحلیل داده های دریایی را در مقیاس های زمانی و مکانی گسترده فراهم کرده اند (۴۴، ۴۲). این فناوری ها می توانند به بهبود دقت پیش بینی ها، افزایش سرعت تصمیم گیری، و ارتقای کارایی مدیریت منابع دریایی کمک کنند. به عنوان مثال، استفاده از داده های اقلیمی مانند ENSO در تحلیل های پیش بینی می تواند به بهینه سازی فعالیت های شیلات و افزایش تابآوری در برابر تغییرات اقلیمی منجر شود (۴۲).

با این حال، بهره برداری مؤثر از این فناوری ها مستلزم وجود زیرساخت های داده ای مناسب و چارچوب های حکمرانی داده است. مطالعات نشان می دهند که یکی از مهم ترین چالش ها در این حوزه، شکاف داده ای، عدم استاندارد سازی، و پراکندگی منابع اطلاعاتی است (۴۴). علاوه بر این، مسائل مربوط به امنیت داده، حریم خصوصی، و ملاحظات اخلاقی نیز از جمله چالش های مهم در پیاده سازی سیستم های داده محور در اقتصاد آبی هستند.

در همین راستا، مفهوم «اقتصاد آبی داده‌محور» به‌عنوان یک رویکرد نوین در حال شکل‌گیری است. در این رویکرد، داده به‌عنوان یک دارایی استراتژیک در نظر گرفته می‌شود که می‌تواند از طریق تحلیل و به‌کارگیری مناسب، ارزش افزوده اقتصادی و زیست‌محیطی ایجاد کند. مطالعات نشان می‌دهند که همگرایی میان تولید دانش علمی و تخصیص منابع مالی در حوزه اقتصاد آبی، به‌شدت تحت تأثیر داده و تحلیل‌های داده‌محور قرار دارد. با این حال، عدم تطابق میان حوزه‌های تحقیقاتی و اولویت‌های سرمایه‌گذاری، نشان‌دهنده نیاز به نظام‌های حکمرانی داده‌ای کارآمدتر است (۴۰).

در سطح کاربردی، فناوری‌هایی مانند بلاک‌چین نیز به‌عنوان ابزارهایی برای ارتقای شفافیت و رهگیری در زنجیره‌های ارزش دریایی معرفی شده‌اند. این فناوری‌ها می‌توانند به‌ویژه در بخش‌هایی مانند شیلات، که با مشکلاتی مانند صید غیرقانونی مواجه هستند، نقش مهمی ایفا کنند (۱). همچنین، دیجیتالی‌سازی زیرساخت‌های بندری و توسعه «بنادر هوشمند» به‌عنوان یکی از مسیرهای کلیدی برای تحقق اقتصاد آبی پایدار مطرح شده است (۲۹).

از منظر بخشی، مطالعات نشان می‌دهند که صنایع مختلف اقتصاد آبی—از جمله شیلات، گردشگری دریایی، انرژی‌های تجدیدپذیر، و زیست‌فناوری دریایی—دارای ظرفیت‌های متفاوتی برای ایجاد ارزش هستند. با این حال، این بخش‌ها نیز با چالش‌های خاص خود مواجه‌اند. به‌عنوان مثال، بخش شیلات، علی‌رغم اهمیت اقتصادی بالا، با مشکلاتی مانند کاهش ذخایر، فشارهای زیست‌محیطی، و نیاز به نوسازی فناوری مواجه است (۲۲). در همین حال، توسعه گردشگری ساحلی در مناطق کمتر توسعه‌یافته نیز با چالش‌های حکمرانی و اجرای سیاست‌ها مواجه است.

علاوه بر این، نقش جوامع محلی و عدالت اجتماعی در ادبیات اقتصاد آبی به‌طور فزاینده‌ای مورد توجه قرار گرفته است. مطالعات نشان می‌دهند که عدم توجه به مشارکت جوامع محلی می‌تواند منجر به نابرابری و حتی شکست سیاست‌های توسعه‌ای شود (۲۰). در همین راستا، مفهوم «عدالت آبی» به‌عنوان یکی از اصول کلیدی در حکمرانی اقتصاد آبی مطرح شده است که بر توزیع عادلانه منافع و مشارکت فراگیر تأکید دارد (۱۵).

در نهایت، ادبیات موجود بر اهمیت سرمایه انسانی و توسعه مهارت‌ها نیز تأکید دارد. با توجه به پیچیدگی‌های فزاینده اقتصاد آبی و ظهور فناوری‌های نوین، نیاز به نیروی انسانی متخصص و آموزش‌دیده بیش از پیش احساس می‌شود (۲۳). این امر به‌ویژه در حوزه‌هایی مانند انرژی‌های دریایی و عملیات دیجیتال اهمیت دارد.

در مجموع، مرور ادبیات نشان می‌دهد که اقتصاد آبی در حال گذار از یک رویکرد سنتی مبتنی بر بهره‌برداری از منابع، به یک رویکرد نوین مبتنی بر داده، فناوری و حکمرانی هوشمند است. با این حال، شکاف‌های موجود در زیرساخت‌های داده‌ای، چارچوب‌های نهادی، و هماهنگی میان ذی‌نفعان، مانع از تحقق کامل این گذار شده‌اند. در این میان، توسعه یک «چارچوب حاکمیت داده‌آبی» که بتواند به‌طور هم‌زمان مسائل مربوط به تولید، اشتراک‌گذاری، استانداردسازی و استفاده از داده‌های دریایی را پوشش دهد، می‌تواند نقش کلیدی در ارتقای کارایی، شفافیت و پایداری اقتصاد آبی ایفا کند. این موضوع، به‌ویژه در کشورهای مانند ایران که دارای ظرفیت‌های قابل‌توجه دریایی هستند اما با چالش‌های نهادی و داده‌ای مواجه‌اند، از اهمیت دوچندان برخوردار است.

۱-۲. از رشد آبی تا پیشرفت دریامحور

در حالی که «رشد آبی» عمدتاً بر گسترش اقتصادی بخشی متمرکز است، پیشرفت دریامحور بیانگر چشم‌اندازی کلی‌تر است — که بر تاب‌آوری، دانش و شمولیت تأکید می‌ورزد. اقیانوس را نه صرفاً به‌عنوان فضای تولید، بلکه به‌مثابه یک بوم‌سازگان یادگیرنده تلقی می‌کند (فولکه و همکاران ۲۰۰۵).

جدول ۱: مقایسه رشد آبی و پیشرفت دریامحور

پیشرفت دریامحور	رشد آبی	بُعد
تاب‌آوری سیستمی	بیشینه‌سازی ستانده	جهت‌گیری
انطباق‌پذیری بلندمدت	چرخه‌های کوتاه‌مدت	مقیاس زمانی
یادگیری بوم‌شناختی-اجتماعی	کارایی اقتصادی	منطق سیاستی
بازخور پیوسته	پایش	کارکرد داده
تطبیقی و مشارکتی	متمرکز	شیوه حاکمیت

بنابراین، پیشرفت دریامحور توسعه را به‌عنوان فرایندی تکرارشونده بازتعریف می‌کند که توسط داده‌های بلادرنگ هدایت می‌شود و با اصول حاکمیت تطبیقی همسو می‌گردد (آرمیتاژ و همکاران ۲۰۲۰).

۳-۱. حاکمیت داده در اقتصاد آبی

حاکمیت داده به ساختارها و فرایندهایی اطلاق می‌شود که کیفیت، قابلیت دسترسی و پاسخگویی داده را تضمین می‌کنند (خاطری و برآون ۲۰۱۰). در بافتار دریایی، حاکمیت داده مؤثر زیربنای ایمنی، پایداری و شفافیت است (یانسن و همکاران ۲۰۲۰). چارچوب‌های بین‌المللی مانند (شبکه اروپایی مشاهده و داده‌های دریایی اتحادیه اروپا) و سامانه پایش یکپارچه اقیانوس (NOAA) ایالات متحده، اصول منصفانه، دست‌یافتنی، دسترسی‌پذیر، قابل همکاری و قابل استفاده مجدد - را عملیاتی می‌سازند (گزارش سازمان همکاری‌های اقتصادی اروپا، ۲۰۲۳). با این حال، بیشتر کشورهای در حال توسعه - از جمله ایران - فاقد الزامات قانونی برای قابلیت همکاری داده‌ها یا سیاست‌های دسترسی آزاد هستند (گزارش صندوق توسعه سازمان ملل متحد ۲۰۲۲). این امر تبادل دانش و همکاری فرامرزی در حوزه خلیج فارس و حوضه خزر را مهار می‌کند.

۴-۱. هوش مصنوعی و تحلیل دریایی

ادبیات اخیر بر نقش تحول‌آفرین هوش مصنوعی و کلان‌داده‌ها در حاکمیت اقیانوس تأکید دارد. کاربردها عبارتند از:

- مدل‌سازی پیش‌بینانه ترافیک شناورها (مارتینیچ و همکاران ۲۰۲۱)،

- تشخیص صید غیرقانونی و نشت نفت از طریق سنجش از دور (لی و همکاران ۲۰۲۲)،

- نقشه‌برداری بلادرنگ تنوع زیستی (هالپرن و همکاران ۲۰۲۰).

ادغام این قابلیت‌ها نیازمند زیرساخت دیجیتال و چارچوب‌های فراداده استاندارد است - که در حال حاضر در ایران وجود ندارد. پژوهشگرانی همچون (فریتز و همکاران ۲۰۲۱) استدلال می‌کنند که «اقتصاد داده آبی» رقابت‌پذیری، دهه ۲۰۳۰ را تعیین خواهد کرد، همان‌طور که تجارت الکترونیک دهه ۲۰۰۰ را تعریف کرد.

۵-۱. حاکمیت و چندپارگی نهادی

ترتیبات نهادی در تعیین نحوه مدیریت و به اشتراک گذاری داده‌های دریایی نقشی تعیین‌کننده دارند. مطالعات تطبیقی (جوی و پارک ۲۰۲۲، وانگ و لیو ۲۰۲۲) نشان می‌دهند که حاکمیت چندمرکزی که در آن چندین نهاد از طریق قابلیت همکاری داده‌ها اختیار را به اشتراک می‌گذارند - نتایجی انطباق‌پذیرتر و تاب‌آورتر نسبت به نظام‌های سلسله‌مراتبی به بار می‌آورد. حاکمیت ایران همچنان متمرکز و بخشی باقی مانده و انگیزه اندکی برای شفافیت میان‌نهادی وجود دارد (مرکز پژوهش‌های مجلس، ۲۰۲۲). نبود «قانون حاکمیت داده‌های دریایی» منجر به عدم قطعیت حقوقی پیرامون مالکیت و پاسخگویی داده‌ها می‌شود. مرور ادبیات چندین شکاف نظری و تجربی را شناسایی می‌کند. اولین مورد کسری یکپارچگی است. مطالعات موجود اقتصاد آبی و حاکمیت داده را جداگانه بررسی می‌کنند. مرور ادبیات نشان‌دهنده یک شکاف بافتاری است به گونه‌ای که تحلیل‌های اندکی به بافتار خاورمیانه‌ای یا ایران می‌پردازند. همچنین شکاف عملیاتی در مطالعاتی که بررسی شد وجود دارد به نحوی که مکانیسم‌های بازخور تطبیقی هنوز به اندازه کافی توسعه نیافته‌اند. در نهایت یک شکاف اندازه‌گیری نیز در ادبیات پژوهش مشاهده شد به قسمی که فقدان نمایه‌های کمی که کیفیت داده را به عملکرد حاکمیتی پیوند دهند وجود دارد. پرداختن به این شکاف‌ها، انگیزه توسعه «چارچوب حاکمیت داده آبی برای پیشرفت دریامحور BDGF-MP» مدلی که معماری دیجیتال، هماهنگی نهادی و یادگیری تطبیقی را در راستای حاکمیت دریایی پایدار پیوند می‌دهد - را شکل می‌دهد. بررسی نظام‌مند پیشینه پژوهش نشان می‌دهد که اگرچه مطالعات متعددی به موضوعاتی نظیر اقتصاد آبی، حکمرانی داده، تحول دیجیتال، هوش مصنوعی و مدیریت داده‌های دریایی پرداخته‌اند، اما تاکنون چارچوبی یکپارچه که بتواند حاکمیت داده را با حکمرانی تطبیقی اقتصاد آبی در قالب یک مدل منسجم و متناسب با شرایط نهادی کشورهای در حال توسعه، به‌ویژه ایران، تلفیق کند، ارائه نشده است. خلأ اصلی ادبیات، نبود مدلی است که به‌طور هم‌زمان ابعاد نهادی، فناورانه، حکمرانی، مشارکت ذی‌نفعان و سازوکارهای تطبیقی را در توسعه اقتصاد آبی داده‌محور پوشش دهد. پژوهش حاضر با ارائه چارچوب حاکمیت داده آبی، (MP-BDGF) طراحی معماری نهادی چندسطحی و معرفی شاخص پیشرفت دریامحور (MPI) درصدد پر کردن این خلأ بوده و مبنایی برای توسعه سیاست‌گذاری داده‌محور در اقتصاد دریامحور ایران فراهم می‌آورد.

۲. چارچوب نظری و مفهومی

۲-۱. ادغام اقتصاد آبی، حاکمیت داده و حاکمیت تطبیقی

چارچوب حاکمیت داده آبی برای پیشرفت دریامحور (BDGF-MP) تلفیقی از سه پارادایم نظری را پیشنهاد می‌کند که به‌طور جمعی تبیین می‌کنند چگونه داده می‌تواند توسعه پایدار اقیانوسی را هدایت کند.

نظریه اقتصاد آبی اقیانوس‌ها را به‌عنوان نظام‌هایی هم‌زمان بوم‌شناختی و اقتصادی مفهوم‌سازی می‌کند و بر رشد فراگیر و کارایی منابع تأکید دارد (وویر و

همکاران (۲۰۲۱).

نظریه حاکمیت داده منطق مدیریتی برای سازماندهی، استانداردسازی و ارزش آفرینی از داده به مثابه یک دارایی راهبردی فراهم می‌آورد (خطری و برآون ۲۰۱۰، یانسن و همکاران ۲۰۲۰).

نظریه حاکمیت تطبیقی (فولکه و همکاران ۲۰۰۵) بر یادگیری تکرارشونده، بازخور و همکاری ذی‌نفعان در مدیریت نظام‌های پیچیده بوم‌شناختی-اجتماعی تمرکز دارد.

با ترکیب این سنت‌های نظری، BDGF-MP داده را به عنوان بافت همبندی ترسیم می‌کند که یکپارچگی میان علم، سیاست و عمل را ممکن می‌سازد - و حکمرانی دریایی را از واکنشی به پیش‌بینانه تبدیل می‌کند.

۲-۲. معماری مفهومی BDGF-MP

چارچوب از چهار لایه صعودی تشکیل شده است که نردبان دیجیتال-نهادی پیشرفت را نشان می‌دهند:

جدول ۲: لایه‌های معماری مفهومی BDGF-MP

لایه	کارکرد	مکانیسم‌های کلیدی	برونداها
۱. زیرساخت داده	گردآوری و ذخیره‌سازی داده‌های گوناگون دریایی	بویه‌های اینترنت اشیاء، سنسور از دور ماهواره‌ای، شناورهای خودران	دریاچه داده یکپارچه دریایی
۲. تحلیل و هوش مصنوعی	تبدیل داده خام به بینش	یادگیری ماشین، مدل‌سازی پیش‌بینانه، تشخیص ناهنجاری	سامانه‌های هشدار زودهنگام، الگوریتم‌های بهینه‌سازی
۳. سامانه‌های پشتیبان تصمیم	ترجمه بینش به سیاست	داشبوردهای تعاملی، شبیه‌سازی‌ها، دوقلوهای دیجیتال	تصمیم‌گیری مبتنی بر شواهد
۴. نظام حاکمیتی	هماهنگی نهادی و پاسخگویی	چارچوب‌های قانونی، شورای میان‌نهادی، هیئت‌های اخلاق داده	شفافیت، انطباق، اعتماد

جریان اطلاعات رو به بالا (داده [۴] بینش [۵] تصمیم) و بازخور رو به پایین جریان می‌یابد و چرخه یادگیری تطبیقی را تکمیل می‌کند (یونسکو ۲۰۲۴). علاوه بر الزامات امنیت اطلاعات، زیرساخت داده در چارچوب پیشنهادی باید از ویژگی تاب‌آوری سایبری نیز برخوردار باشد. بدین معنا که سامانه‌های داده دریایی و بندری، علاوه بر پیشگیری از نفوذ و حملات سایبری، توانایی شناسایی، تداوم ارائه خدمات، بازبازی سریع و حفظ یکپارچگی داده‌ها در شرایط وقوع حملات یا اختلالات سایبری را نیز داشته باشند. با توجه به ماهیت راهبردی داده‌های اقتصاد دریامحور، تقویت تاب‌آوری سایبری یکی از الزامات اساسی برای پایداری نظام حاکمیت داده آبی محسوب می‌شود.

۲-۳. شاخص پیشرفت دریامحور (MPI)

برای عملیاتی‌سازی «پیشرفت»، این پژوهش «شاخص پیشرفت دریامحور» که یک شاخص ترکیبی است که پیشرفت چندبعدی را اندازه‌گیری می‌کند را پیشنهاد می‌دهد:

$$MPI = (ECO^{w_1} \times SOC^{w_2} \times ECOLOG^{w_3})^{\frac{1}{w_1+w_2+w_3}} \quad (1)$$

• **ECO:** بُعد اقتصادی (مانند ظرفیت بندر، نرخ نوآوری، سهم صادرات)

• **SOC:** بُعد اجتماعی (مانند اشتغال، شمول جنسیتی، تاب‌آوری جامعه)

• **ECOLOG:** بُعد بوم‌شناختی (مانند شاخص تنوع زیستی، کاهش آلودگی)

وزن‌ها (w_1, w_2, w_3) به صورت سیاستی تعیین می‌شوند. شاخص MPI امکان ارزیابی تطبیقی سالانه عملکرد ملی دریایی را فراهم می‌سازد. این مدل مکمل نمایه‌های جهانی موجود مانند شاخص سلامت اقیانوس (هالپرن و همکاران ۲۰۲۰) و شاخص توسعه اقتصاد آبی (بانک جهانی، ۲۰۲۴) است.

تعیین وزن ابعاد شاخص پیشرفت دریامحور (MPI) از آنجا که هدف این پژوهش، توسعه یک چارچوب مفهومی برای حاکمیت داده آبی و ارائه شاخصی اولیه جهت عملیاتی‌سازی مفهوم «پیشرفت دریامحور» است، وزن‌های ابعاد سه‌گانه شاخص (اقتصادی، اجتماعی و بوم‌شناختی) در این مرحله به صورت قطعی تعیین نشده‌اند. تعیین وزن‌های نهایی نیازمند مشارکت ذی‌نفعان و خبرگان حوزه‌های سیاست‌گذاری دریایی، اقتصاد، محیط‌زیست و مدیریت داده است و در

فاز بعدی توسعه چارچوب انجام خواهد شد. بدین منظور، استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره نظیر فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP) یا پانل دلفی خبرگان می‌تواند برای استخراج وزن‌های اجماعی متناسب با اولویت‌های ملی و شرایط نهادی کشور به کار گرفته شود. در این رویکرد، وزن شاخص‌ها نه به صورت ثابت و جهانی، بلکه متناسب با اهداف سیاستی، سطح توسعه اقتصاد آبی و الزامات حکمرانی هر کشور تعیین خواهد شد؛ از این رو، چارچوب پیشنهادی از انعطاف‌پذیری لازم برای انطباق با شرایط کشورهای مختلف، به‌ویژه کشورهای در حال توسعه، برخوردار است.

۲-۴. طراحی نهادی

BDGF-MP یک معماری داده سه سطحی را تجویز می‌کند:

۱. مرکز ملی داده دریایی: واحد هماهنگی مرکزی که قابلیت همکاری و یکپارچه‌سازی مبتنی بر ابر را تضمین می‌کند.

۲. قطب‌های منطقه‌ای: مستقر در بوشهر، هرمزگان و سیستان و بلوچستان برای تجمع داده غیرمتمرکز.

۳. شبکه‌های محلی: شامل تعاونی‌های صیادی، شهرداری‌های ساحلی و بسترهای شهروند-دانشمند.

این مدل معماری شبکه اروپایی مشاهده و داده‌های دریایی اتحادیه اروپا را با نظام نیمه متمرکز ایران تطبیق می‌دهد (کمیسون اروپا، ۲۰۲۳). علاوه بر نهادهای حاکمیتی، مشارکت ساختاریافته بخش خصوصی و بازیگران غیردولتی یکی از ارکان موفقیت نظام حاکمیت داده آبی محسوب می‌شود. از این رو، در چارچوب پیشنهادی، شرکت‌های فناوری، استارت‌آپ‌های فعال در حوزه اقتصاد دیجیتال دریا، اپراتورهای بندری، شرکت‌های لجستیک، شرکت‌های سنجش از دور، ارائه‌دهندگان خدمات داده و سایر فعالان بخش خصوصی، به‌عنوان تولیدکنندگان، پردازشگران و مصرف‌کنندگان اصلی داده‌های دریایی، دارای نقش رسمی در نظام حکمرانی داده خواهند بود. این مشارکت می‌تواند از طریق حضور نمایندگان بخش خصوصی در شورای راهبری مرکز ملی داده دریایی (NMDC)، عضویت در کارگروه‌های تخصصی، مشارکت در تدوین استانداردهای داده، توسعه خدمات نوآورانه مبتنی بر داده و اجرای پروژه‌های مشارکتی دولت و بخش خصوصی تحقق یابد. چنین ساختاری ضمن افزایش نوآوری، بهره‌وری و سرعت تحول دیجیتال، موجب ارتقای کیفیت داده‌ها، افزایش اعتماد میان ذی‌نفعان و توسعه اکوسیستم اقتصاد آبی داده‌محور خواهد شد.

۲-۵. گزاره‌های نظری

● P1: مجموعه داده‌های یکپارچه دریایی انسجام و بهنگامی سیاست را افزایش می‌دهند.

● P2: تحلیل پیشرفته و هوش مصنوعی حکمرانی پیش‌بینانه را تقویت می‌کنند.

● P3: حاکمیت داده باز اعتماد و پاسخگویی نهادی را پرورش می‌دهد.

● P4: حلقه‌های بازخور از طریق MPI یادگیری تطبیقی و پیشرفت بلندمدت را تسریع می‌کنند.

۳. روش‌شناسی

۳-۱. فلسفه و طرح پژوهش

این پژوهش بر معرفت‌شناسی ساختارگرایانه استوار بوده و از طرح کیفی اکتشافی و چند موردی استفاده کرده است (کرسول و پوٹ ۲۰۱۸، بین ۲۰۱۸). ساختارگرایی فرض می‌کند که دانش از طریق تفسیر و تعامل مشترکاً ساخته می‌شود، نه به‌عنوان حقیقتی عینی کشف می‌گردد. با توجه به پیچیدگی حکمرانی دریایی - یک نظام اجتماعی-فنی و بوم‌شناختی - یک طرح اثبات‌گرای صرف قادر به ثبت ظرافت‌های نهادی، فرهنگ سیاست‌گذاری و ادراکات ذی‌نفعان نخواهد بود. از این رو، این پژوهش از منطق استنتاج پیروی می‌کند (دابیوس و گاده ۲۰۰۲) و میان نظریه و داده در نوسان است تا «چارچوب حاکمیت داده آبی برای پیشرفت دریامحور» (BDGF-MP) را توسعه دهد. طرح به دلیل آنکه پژوهش به دنبال توسعه یک چارچوب نظری است تا آزمون یک مدل از پیش تعیین شده، اکتشافی محسوب می‌شود. این انتخاب روش‌شناختی با فراخوان‌های مجلاتی مانند Policy Marine و Management Coastal & Ocean برای رویکردهای حساس به بافتار و مبتنی بر نظام در حکمرانی اقیانوس همسو است (وویر و همکاران ۲۰۲۱، آرمیتاژ و همکاران ۲۰۲۰).

ایران به سه دلیل به‌عنوان «مورد بحرانی» انتخاب شد. اول اینکه دارای یکی از طولانی‌ترین و از نظر ژئوپلیتیکی راهبردی‌ترین خطوط ساحلی در خاورمیانه است. همچنین، کشور ایران پارادوکسی از ظرفیت علمی بالا اما یکپارچگی نهادی پایین را نشان می‌دهد - که آن را به بستر ایده‌آلی برای مطالعه ناکارآمدی‌های حاکمیت داده تبدیل می‌کند. در نهایت، الگویی منطق‌های برای دیگر کشورهای دریامحور در حال توسعه که به سوی حکمرانی دیجیتال اقیانوسی گذار می‌کنند، محسوب می‌شود. لذا، مقایسه‌های تطبیقی (اتحادیه اروپا، سنگاپور، اندونزی، نروژ) برای بافتارسازی وضعیت ایران در طیف جهانی بلوغ حکمرانی آبی گنجانده شد.

۲-۳. راهبرد گردآوری داده‌ها

پژوهش از یک راهبرد داده کیفی چندمنبعی بهره برد که سه جریان داده مکمل را مثلث‌سازی کرد:

۱۰۲-۳ الف) تحلیل اسنادی و سیاستی

بیش از ۶۰ سند سیاستی، برنامه راهبردی و گزارش فنی (۲۰۱۷-۲۰۲۵) بررسی شد. منابع کلیدی عبارت بودند از:

- برنامه‌های ششم و هفتم توسعه جمهوری اسلامی ایران
- گزارش‌های سالانه سازمان بنادر و دریانوردی (۲۰۱۹ تا ۲۰۲۴)
- بولتن‌های دریایی سازمان حفاظت محیط زیست (۲۰۲۰ تا ۲۰۲۴)
- سند راهبردی پایداری سازمان شیلات (۲۰۲۳)
- گزارش‌های سیاستی مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی (۲۰۲۱ تا ۲۰۲۴)
- نقشه راه چشم‌انداز دریایی ۲۰۳۰

هر سند از نظر شواهد مربوط به (الف) سیاست داده، (ب) همکاری نهادی، و (ج) مدیریت تطبیقی کدگذاری شد.

۲۰۲-۳ ب) مصاحبه‌های نیمه ساختاریافته تخصصی

بین ژانویه تا آوریل ۲۰۲۵، پانزده مصاحبه تخصصی با نمونه‌گیری هدفمند از دسته‌های کلیدی ذی‌نفعان انجام شد:

جدول ۳: گروه‌های ذی‌نفع مصاحبه‌شونده

حوزه تمرکز	وابستگی نهادی	تعداد گروه ذی‌نفع
سیاست داده دریایی	سازمان بنادر، سازمان محیط زیست، سازمان شیلات	۵ سیاست‌گذاران
سامانه‌های داده	واحدهای فناوری اطلاعات، مرکز هیدروگرافی	۴ کارشناسان فنی
پژوهش اقتصاد آبی	دانشگاه تهران، دانشگاه علم و صنعت	۳ دانشگاهیان
کاربردهای دیجیتال	شرکت‌های لجستیک بندری	۳ کنشگران صنعتی

مدت هر مصاحبه ۶۰ تا ۹۰ دقیقه بود و با کسب رضایت ضبط و پیاده‌سازی شد. پرسش‌های راهنما به هماهنگی نهادی، دسترسی به داده‌ها، آمادگی هوش مصنوعی و بازخور سیاستی می‌پرداخت.

۳۰۲-۳ ج) مقایسه تطبیقی

برای مثلث‌سازی یافته‌های ملی، پژوهش چهار مورد بین‌المللی را تحلیل کرد که در آنها حاکمیت داده، مدیریت دریایی را به طور معناداری متحول ساخته است:

۱. شبکه اروپایی مشاهده و داده‌های دریایی اتحادیه اروپا و فضای داده آبی (کمسیون اروپا، ۲۰۲۳)

۲. سنگاپور — چشم‌انداز بندر هوشمند MPA۲۰۳۰

۳. اندونزی — مرکز داده دریایی ۲۰۲۱ (وانگ و لیو ۲۰۲۲)

۴. نروژ - طرح مدیریت یکپارچه اقیانوس ۲۰۲۳ (گزارش دهه اقیانوس سازمان ملل ۲۰۲۳)

این مقایسه‌ها بینش‌هایی را درباره شرایط تواناساز، مدل‌های حاکمیتی و چالش‌های پیاده‌سازی مرتبط با ایران فراهم کردند.

۳-۳. روش تحلیل داده‌ها

تمام داده‌های کیفی (اسناد و رونوشت‌ها) در نرم‌افزار NVivo ۱۴ با پیروی از چارچوب تحلیل مضامین شش مرحله‌ای (برآون و کلارک ۲۰۰۶) پردازش شدند:

۱. آشنایی: خواندن و بازخوانی اسناد/مصاحبه‌ها برای شناسایی معانی برآمده.

۲. کدگذاری: تولید ۱۸۷ کد اولیه که ایده‌های مرتبط با رویه‌های داده، هماهنگی و حاکمیت را در بر می‌گرفت.

۳. تولید مضمون: ادغام کدها در ۵ فرا مضمون: چندپارگی، کاستی تحلیلی، شکاف‌های نهادی، کسری بازخور، و آمادگی.

۴. بازبینی مضامین: اعتباریابی متقابل با سازه‌های نظری BDGF-MP.

۵. تعریف مضامین: تبیین چگونگی همسویی هر مضمون با گزاره‌های P۱ تا P۴.

۶. گزارش‌دهی: ترکیب الگوها در روایت‌های تحلیلی پشتیبانی شده با نقل‌قول‌ها و شواهد سیاستی.

برای نمونه، جملات مصاحبه مانند «ما داده جمع می‌کنیم اما نمی‌توانیم به مجموعه داده‌های یکدیگر دسترسی پیدا کنیم» در زیر مضمون «چندپارگی داده» کدگذاری و به گزاره P۱ (یکپارچگی و انسجام) پیوند داده شد. بخش‌هایی از اسناد که تلاش‌های دیجیتالی‌سازی را بدون هماهنگی توصیف می‌کردند، در زیر مضمون «شکاف حاکمیتی» کدگذاری شدند. این پیوند متقابل تضمین کرد که مضامین تجربی مستقیماً به توسعه نظریه کمک می‌کنند.

۴-۳. چارچوب تحلیلی و اعتباریابی

برای تضمین روایی سازه، پژوهش از تکنیک تطبیق نظریه-داده استفاده کرد: هر کد تجربی به عنصر مفهومی متناظری در BDGF-MP نگاشته شد. یک پرس و جوی کدگذاری ماتریسی در NVivo فراوانی هم‌اتفاقی را تأیید کرد که همسویی در سراسر منابع داده را نشان می‌داد. پایایی با توافق بین دو کدگذار ارزیابی شد: دو پژوهشگر مستقل زیرمجموعه‌ای از رونوشت‌ها را کدگذاری کردند که ضریب کاپای کوهن معادل ۸۱.۰ به دست آمد، حاکی از همسانی قوی. روایی بیرونی از طریق منطق تکرارپذیری تطبیقی (ایزنهاردت و گرابنر ۲۰۰۷) - مقایسه یافته‌های ایران با موارد معیار برای شناسایی الگوهای همگرا (مانند رابطه میان داده‌های باز و پیامدهای نوآوری) - برقرار شد.

تمامی رویه‌ها از دستورالعمل‌های اخلاقی کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه تهران (۲۰۲۴) پیروی کرده و با استانداردهای بین‌المللی مانند منشور اخلاق حاکمیت داده (UNDP ۲۰۲۱) همسو بودند. شرکت‌کنندگان فرم‌های رضایت آگاهانه شامل توضیح اهداف، محرمانگی و حق انصراف را دریافت کردند. هویت‌ها با استفاده از کدهای مستعار ناشناس شد (مانند P-۰۵/PMO، E-۰۳/DOE). مطالب حساس (مانند داده‌های ژئواستراتژیک بندرها) برای جلوگیری از پیامدهای امنیتی حذف شدند. به منظور حفظ شفافیت، کتاب کدگذاری ناشناس و خلاصه پروتکل‌ها در مخزن نهادی نویسنده بایگانی شده.

۵-۳. محدودیت‌ها و راهبردهای کاهش

پژوهش چندین محدودیت روش‌شناختی را تصدیق می‌کند:

۱. محدودیت دسترسی به داده‌ها: بسیاری از مجموعه داده‌های رسمی در دسترس عموم نبودند. برای کاهش این مشکل، پژوهشگر از طریق خلاصه‌های سیاستی و جانشین‌های بین‌المللی (مانند شبکه اروپایی مشاهده و داده‌های دریایی، شاخص‌های آبی بانک جهانی) مثلث‌سازی انجام داد.

۲. حجم نمونه: پانزده مصاحبه نمی‌تواند نماینده همه ذی‌نفعان باشد، با این حال عمق و مثلث‌سازی، فقدان وسعت را جبران می‌کند.

۳. حساسیت نهادی: ملاحظات سیاسی، بحث صریح درباره پاسخگویی را محدود کرد. پژوهشگر با تمرکز بر جنبه‌های فنی و رویه‌های حکمرانی به جای نقد شخصی، از این دشواری عبور کرد.

۴. محدودیت زمانی: کار میدانی ژانویه تا آوریل ۲۰۲۵ را در بر گرفت که تحلیل طولی را محدود می‌کند. با این حال، مقایسه مقطعی با معیارها، چشم‌اندازی زمانی فراهم کرد.

علیرغم این محدودیت‌ها، طرح مثلی روش‌شناسی، پایه‌ای مستحکم برای هم‌تعمیم نظری و هم‌کاربرد سیاستی — یعنی اهداف دوگانه این پژوهش — فراهم می‌کند.

۳-۶. بازاندیشی روش‌شناختی

بازاندیشی، موقعیت پژوهشگر را به‌عنوان هم‌یک دانشگاهی و هم‌یک کنشگر در سیاست دریایی تصدیق می‌کند. این هویت دوگانه دسترسی به شبکه‌های تخصصی را تسهیل کرد، اما هوشیاری برای به‌حداقل رساندن سوگیری تأییدی را نیز ضروری ساخت. یادداشت‌های تحلیلی پس از هر مصاحبه برای ثبت پیش‌فرض‌ها و تفاسیر در حال تکامل نگهداری شد. این رویه بازاندیشی، اعتبار را افزایش داده و با موضع واقع‌گرایانه انتقادی که دانش هم‌موقعیت‌مند و هم‌موقتی است همسو می‌گردد (بهاسکار ۲۰۱۶).

۳-۷. خلاصه روش‌شناسی

جدول ۴: خلاصه روش‌شناسی پژوهش

توجیه	رویکرد	بُعد
ثبت پیچیدگی اجتماعی و نهادی	ساختارگرا / واقع‌گرای انتقادی	معرفت‌شناسی
توسعه تکراری نظریه — داده	ابداکتیو	منطق استنتاج
عمق بافتاری و مقایسه	کیفی چندموردی	طرح پژوهش
مثلث‌سازی دیدگاه‌ها	اسناد، مصاحبه‌ها، معیارها	منابع داده
تشخیص ساختاریافته الگوها	مضامین (NVivo) ۱۴	تحلیل
تضمین دقت و پایایی	توافق بین کدگذاران و مثلث‌سازی	اعتباریابی
تضمین حمایت از مشارکت‌کنندگان	رهنمودهای دانشگاه تهران و UNDP	اخلاق

این روش‌شناسی جامع تضمین می‌کند که چارچوب حاصل — BDGF-MP — هم از نظر تجربی بنیادمند و هم از نظر تحلیلی منسجم است و اهداف دوگانه مشارکت علمی و کاربردپذیری سیاستی را برآورده می‌سازد.

۴. یافته‌ها و نتایج

کار میدانی واقعیتی چندلایه از بوم‌سازگان داده‌های دریایی ایران را آشکار ساخت — واقعیتی که با سرمایه انسانی و پتانسیل دیجیتال قابل توجهی همراه است، اما به شدت توسط اینرسی نهادی و حاکمیت چندپاره محدود می‌شود. در همه منابع داده، روایتی منسجم ظهور کرد: وفور داده بدون یکپارچگی. یافته‌ها در قالب پنج فرامضمون سازماندهی شده‌اند که با لایه‌های مفهومی BDGF-MP همسو هستند:

۱. زیرساخت چندپاره

۲. تحلیل و بهره‌گیری ضعیف از هوش مصنوعی

۳. کسری هماهنگی و حاکمیتی

۴. نبود بازخور تطبیقی

۵. آمادگی دیجیتال نوظهور

در اینجا هر مضمون در رابطه با گزاره‌های نظری چارچوب (P۱) تا (P۴) تحلیل می‌شود.

۴-۱. مضمون ۱: زیرساخت داده چندپاره

همه پاسخ‌دهندگان — از سیاست‌گذاران تا فناوران — اذعان داشتند که چشم‌انداز داده‌های دریایی ایران برخوردار و ناهماهنگ است. هر نهاد (سازمان بنادر، سازمان محیط زیست، شیلات، وزارت نیرو) سامانه خود را با قالب‌های پرونده و ساختارهای فراداده ناسازگار حفظ می‌کند.

یک تحلیلگر سازمان محیط زیست وضعیت را چنین توصیف کرد: «ما جزایری از داده داریم که در اقیانوسی از بروکراسی شناورند.» برای نمونه، داده‌های پایش آلودگی سازمان محیط زیست (عمدتاً مبتنی بر Excel با سوابق انتشار شناورها در سازمان بنادر (که در پایگاه‌های داده رابط‌های SQL ذخیره می‌شوند) قابل ادغام نیستند. این چندپارگی مانع از ارزیابی‌های یکپارچه زیست‌محیطی و هماهنگی سیاستی می‌شود.

از منظر حاکمیتی، چنین چندپارگی اصل قابلیت همکاری (interoperability) - که سنگ بنای حاکمیت داده است - (یانسن و همکاران ۲۰۲۰) را تضعیف می‌کند. معیارهای تطبیقی نشان می‌دهند که هم سنگاپور و هم اتحادیه اروپا با وضع قوانین استانداردهای داده بر چالش‌های مشابه غلبه کردند - به عنوان مثال، دستورالعمل چارچوب استراتژی دریایی اتحادیه اروپا قالب‌های یکسان را در میان نهادها الزامی می‌سازد (کمیسون اروپا، ۲۰۲۳). ایران فاقد چنین لنگر قانونی است. بدون «قانون حاکمیت داده‌های دریایی»، نهادها با داده همچون سرمایه‌ای اختصاصی رفتار می‌کنند نه زیرساختی عمومی. این امر گزاره P۱ را تأیید می‌کند: مجموعه داده‌های یکپارچه، انسجام و بهنگامی سیاست را افزایش می‌دهند.

نقل قول یکی از مصاحبه‌شوندگان به شرح زیر است: «در حال حاضر هر سازمان داده‌های خود را به صورت مستقل تولید و نگهداری می‌کند و سازوکار مؤثری برای تبادل یا اشتراک‌گذاری آن‌ها وجود ندارد. این پراکندگی باعث شده است که تصمیم‌گیری‌ها بر پایه تصویری ناقص از وضعیت اقتصاد دریامحور انجام شود».

۲-۴. مضمون ۲: بهره‌گیری ضعیف از تحلیل و هوش مصنوعی

اگرچه ایران دارای تخصص فنی قابل توجهی است، اما استفاده نهادی از تحلیل حداقلی باقی مانده است. مصاحبه‌شوندگان به طور پیوسته به فقدان ابزارهای پیش‌بینی بلادرنگ در مدیریت دریایی اشاره کردند. برای نمونه، عملیات بندری متکی به زمان‌بندی دستی و هماهنگی تلفنی است نه الگوریتم‌های پیش‌بینانه. مدیریت شیلات به داده‌های صید تاریخی متکی است نه مدل‌سازی پویای مهاجرت ذخایر ماهیان. این کاستی‌ها هم از موانع فنی (فقدان داده پاک و برجسب خورده) و هم از موانع فرهنگی (ترس از شفافیت) ناشی می‌شوند.

تحلیل تطبیقی نشان می‌دهد که «چشم‌انداز بندر هوشمند ۲۰۳۰» سنگاپور از یادگیری ماشین برای پیش‌بینی ترافیک شناورها و کاهش تأخیر استفاده می‌کند (MPA ۲۰۲۲). به‌طور مشابه، «مرکز داده دریایی اندونزی» (۲۰۲۱) تشخیص ناهنجاری را برای ردیابی صید غیرقانونی به کار می‌برد (وانگ و لیو ۲۰۲۲). نهادهای ایران همچنان در فاز «انباشت داده» باقی مانده‌اند و به فاز «استفاده از داده» پیشرفت نکرده‌اند. یک گفت‌وگو با یک مسئول دیجیتال سازی سازمان بنادر به‌طور خلاصه آن را چنین بیان کرد: «ما هر هفته میلیون‌ها نقطه داده جمع‌آوری می‌کنیم - اما هنوز نمی‌دانیم چطور به آن‌ها گوش دهیم.» این مشاهده از گزاره P۲ پشتیبانی می‌کند: تحلیل‌های مبتنی بر هوش مصنوعی، ظرفیت پیش‌بینی و پیشگیری را تقویت می‌کنند.

برای پر کردن این شکاف، ایران نیاز به یک خط لوله ملی داده دارد که زیرساخت (جمع‌آوری) را به هوشمندی (تحلیل) پیوند دهد. مرکز ملی داده دریایی (NMDC) پیشنهادی می‌تواند این پیوند را نهادی کرده و استقرار الگوریتم‌های هوش مصنوعی را در میان نهادها تسهیل کند.

نظر یکی از مصاحبه‌شوندگان به شرح زیر است: «ما حجم زیادی داده تولید می‌کنیم، اما بیشتر این داده‌ها فقط بایگانی می‌شوند و از آن‌ها استفاده نمی‌شود. هنوز از ظرفیت هوش مصنوعی برای پیش‌بینی، تحلیل و پشتیبانی از تصمیم‌گیری استفاده مؤثری نشده است».

۳-۴. مضمون ۳: ضعف هماهنگی و حاکمیتی

هماهنگی نهادی به عنوان مانع اصلی ساختاری ظاهر شد. شورای عالی امور دریایی (SCMA) که در سال ۲۰۱۲ تأسیس شد، فاقد اقتدار اجرایی و منابع است. جلسات آن نامنظم بوده و اختیارات آن با شوراها دیگر (مانند شورای عالی محیط زیست) همپوشانی دارد.

استاد سیاستی بیانگر دوباره کاری هستند: هم سازمان بنادر و هم سازمان محیط زیست سامانه‌های پایش آلودگی جداگانه‌ای را حفظ می‌کنند که هر یک از بودجه ملی تأمین می‌شود. این دوباره کاری منابع را هدر داده و نتایج ناسازگار تولید می‌کند.

یک سیاست‌گذار ارشد اعتراف کرد: «همه بر سر یکپارچگی توافق دارند - اما هیچ‌کس نمی‌خواهد کنترل خود را رها کند.» این رفتار با مفهوم «حاکمیت داده بوروکراتیک» (بویین و همکاران ۲۰۲۱) همسو است، جایی که نهادها با اطلاعات همچون منبع قدرت رفتار می‌کنند. به‌طور تطبیقی، شبکه اروپایی مشاهده و داده‌های دریایی اتحادیه اروپا و IOOS ایالات متحده از طریق شوراهای حاکمیت مشترک و هیئت‌های اخلاق داده که مدیریت داده را از کنترل سیاسی جدا می‌کنند، بر مسائل مشابه غلبه کرده‌اند (گزارش سازمان همکاری‌های اقتصادی اروپا ۲۰۲۳).

در مورد ایران، یک «شورای حاکمیت داده دریایی» (MDGC) اختصاصی زیر نظر NMDC می‌تواند پاسخگویی را تضمین کرده و در عین حال استقلال نهادی را حفظ کند. این نوآوری نهادی مستقیماً به گزاره P۳ می‌پردازد: حاکمیت باز و پاسخگو، اعتماد و همکاری را می‌سازد.

نظر یکی از مصاحبه‌شوندگان به این شرح بود: «مسئله اصلی کمبود داده نیست؛ مسئله این است که هر دستگاه مالک داده‌های خود است و چارچوب مشخصی برای اشتراک‌گذاری و حکمرانی مشترک داده‌ها میان سازمان‌ها وجود ندارد».

۴-۴. مضمون ۴: نبود حلقه‌های بازخور تطبیقی

حکمرانی تطبیقی مستلزم پایش بلادرنگ و تنظیم مستمر سیاست است (فولکه و همکاران ۲۰۰۵، آرمیتاژ و همکاران ۲۰۲۰). با این حال، چرخه‌های سیاستی ایران خطی و ایستا باقی مانده‌اند. برنامه‌های پنج‌ساله توسعه، اهداف و شاخص‌ها را تعیین می‌کنند، اما مکانیسم‌های بازخور یا وجود ندارند یا غیرعملیاتی‌اند. برای نمونه، «راهبرد ملی دریایی ۲۰۲۵» اهداف پایداری را تعریف می‌کند اما آن‌ها را به هیچ داشبورد داده یا ساختار بازخور قابل اندازه‌گیری پیوند نمی‌دهد. ارزیابی عملکرد تنها در پایان هر برنامه انجام می‌شود و جایی برای اصلاحات میان‌مدت باقی نمی‌گذارد. در مقابل، «طرح مدیریت یکپارچه اقیانوس نروژ» (۲۰۲۳) از یک داشبورد داده پویا استفاده می‌کند که پیوسته شاخص‌های بوم‌شناختی و اقتصادی را به‌روزرسانی کرده و مداخلات سریع را ممکن می‌سازد (گزارش سازمان ملل از دهه اقیانوس ۲۰۲۳).

«شاخص پیشرفت دریامحور» (MPI) پیشنهادی این خلأ را با پیوند دادن داده‌های چندبعدی (اقتصادی، اجتماعی، بوم‌شناختی) به یک سامانه بازخور تطبیقی پر خواهد کرد. با به‌روزرسانی سالانه، MPI یک حلقه یادگیری ایجاد می‌کند - پیشرفت را کمی کرده و آن را به تصمیم‌گیری بازمی‌گرداند. این امر گزاره P۴ را معتبر می‌سازد: حلقه‌های بازخور از طریق MPI، یادگیری تطبیقی و کارایی حاکمیت را تسریع می‌کنند.

۴-۵. مضمون ۵: آمادگی دیجیتال نوظهور

علیرغم چالش‌های ساختاری، پژوهش نشانه‌های اولیه تحول دیجیتال را شناسایی کرد. سه طرح پیشگام برجسته هستند:

۱. پروژه بندر هوشمند بوشهر سازمان بنادر ۲۰۲۴: پیاده‌سازی ردیابی شناور مبتنی بر اینترنت اشیاء و زمان‌بندی خودکار که تراکم بندر را ۶٪ کاهش داد.
۲. شبکه پایش بلادرنگ آلودگی دریایی سازمان محیط زیست ۲۰۲۳: راه‌اندازی ۲۰ ایستگاه حسگر ساحلی که هر ساعت شوری، کدورت و سطح آلاینده‌ها را گزارش می‌دهند.
۳. آزمایشگاه داده‌های دریایی دانشگاه تهران ۲۰۲۳: ادغام تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های اقتصادی-اجتماعی در داشبوردهای باز برای استفاده تحقیقاتی و سیاستی.

این طرح‌ها نشان می‌دهند که ایران امکان‌پذیری فنی و آگاهی نهادی را دارد، اما فاقد مکانیسم‌های یکپارچه‌سازی و مقیاس‌پذیری است. وقتی از دریچه چارچوب BDGF-MP نگریده شوند، این‌ها گره‌های نوآوری متزوی درون یک سیستم ناهمبسته را نمایان می‌سازند. NMDC پیشنهادی می‌تواند به‌عنوان یکپارچه‌ساز عمل کند - و این طرح‌ها را زیر یک معماری ملی پیوند دهد. این بازتابگر یک فاز گذار از آزمایش به هماهنگی است و نشان می‌دهد که ایران در حال ورود به مرحله «حکمرانی نوظهور» بلوغ اقیانوس دیجیتال است (سازمان همکاری‌های اقتصادی اروپا ۲۰۲۴).

۴-۶. بیش‌های تطبیقی فراموردی

مقایسه با اتحادیه اروپا، سنگاپور، اندونزی و نروژ نشان می‌دهد که شکاف بلوغ حاکمیتی وجود دارد، نه شکاف فناوریانه.

جدول ۵: مقایسه تطبیقی بلوغ حاکمیت داده دریایی

بُعد	موارد با عملکرد بالا	ایران (۲۰۲۵)	شکاف نسبی	اهرم راهبردی
چارچوب قانونی	قوانین داده آبی (EU) ۲۰۲۲، IDN (۲۰۲۱)	هیچ	شدید	تدوین قانون داده دریایی
زیرساخت	سامانه‌های ابری فدرال	سرورهای چندپاره	زیاد	تأسیس NMDC
تحلیل	داشبوردهای یکپارچه هوش مصنوعی	فقط پروژه‌های پایلوت	متوسط	ایجاد کارگروه هوش مصنوعی
اعتماد نهادی	رسمی‌شده از طریق شوراها	همکاری غیررسمی	شدید	منشور حاکمیت داده
فرهنگ	«باز به‌طور پیش‌فرض»	«بسته به‌طور عادت»	شدید	شفافیت مبتنی بر انگیزه

این یافته‌ها تأیید می‌کنند که چالش ایران نهادی است، نه صرفاً فناوریانه. بنابراین موفقیت BDGF-MP به اصلاح حاکمیت - جاسازی مشوق‌های اشتراک داده، پاسخگویی روشن، و چارچوب قانونی یکپارچه - بستگی دارد.

۷-۴. اعتباریابی از طریق مثلث‌سازی

یافته‌های تجربی در سراسر همه منابع داده مثلث‌سازی شدند. الگوهای مشاهده شده در مصاحبه‌ها (کیفی) توسط تحلیل اسناد (سیاستی) و معیارهای تطبیقی (بین‌المللی) تأیید شدند. برای نمونه:

- چندپارگی در هر ۱۵ مصاحبه و در ۹ گزارش از ۱۰ گزارش رسمی ظاهر شد.
- شکاف‌های هماهنگی به صراحت در گزارش‌های ۲۰۲۳ سازمان محیط زیست و ۲۰۲۴ سازمان بنادر ذکر شده‌اند.
- آمادگی دیجیتال توسط پروژه‌های پایلوت مشاهده شده تأیید شد.

این همگرایی، روایی درونی را تقویت می‌کند (مایلز و هابرمن ۲۰۱۹). افزون بر این، ارزیابی تطبیقی، تعمیم‌پذیری تحلیلی را افزایش می‌دهد - و نشان می‌دهد که مسیرهای مشابه (اندونزی ۲۰۱۸-۲۰۲۱) در عرض سه سال پس از اجرای اصلاحات حاکمیت داده، بهبودهای قابل اندازه‌گیری به بار آورده‌اند.

۸-۴. اعتباریابی مدل تلفیقی

نگاشت یافته‌های تجربی بر روی چهار لایه، BDGF-MP همسویی منسجمی را به دست داد:

جدول ۶: نگاشت مضامین تجربی بر لایه‌های BDGF-MP

پیامد سیاستی	لایه BDGF-MP	مضمون تجربی
نیاز به سامانه ابری یکپارچه	زیرساخت داده	زیرساخت چندپاره
ایجاد خط لوله ملی داده	تحلیل و هوش مصنوعی	بهره‌گیری ضعیف از هوش مصنوعی
ایجاد NMDC و شورای داده	نظام حاکمیتی	کسری هماهنگی
پیاده‌سازی داشبورد MPI	پشتیبانی تصمیم	بازخور مفقود
مقیاس‌سازی پایلوت‌ها از طریق مشوق‌ها	فرامرزی	آمادگی نوظهور

این همسویی هم انسجام نظری و هم کاربرد عملی را نشان می‌دهد و تأیید می‌کند که BDGF-MP چارچوبی معتبر هم برای تبیین و هم برای تجویز در گذار حاکمیت دریایی ایران است.

۹-۴. مفهوم نوظهور: سامانه یادگیری دریایی داده‌محور

فراتر از اعتباریابی گزاره‌ها، داده‌ها یک مفهوم نوظهور بدیع را آشکار ساختند - «سامانه یادگیری دریایی». این اصطلاح به ترتیبی نهادی اشاره دارد که در آن داده به‌طور پیوسته میان مشاهده، تحلیل و پاسخ سیاستی جریان می‌یابد و یک حلقه ملی هوشمندی اقیانوسی ایجاد می‌کند. در عمل، NMDC MLS (لایه داده)، تحلیل هوش مصنوعی (لایه بینش) و MPI (لایه بازخور) را در یک معماری چرخه‌ای ادغام خواهد کرد. چنین سامانه‌ای ایران را قادر می‌سازد تا از حاکمیت وابسته به داده به حاکمیت داده‌محور تکامل یابد و گذار از کنترل به یادگیری را به عنوان منطق مرکزی پیشرفت دریامحور تجسم بخشد.

۵. بحث و جمع‌بندی

۱-۵. تلفیق نظریه و یافته‌های تجربی

یافته‌های این پژوهش، چارچوب حاکمیت داده آبی برای پیشرفت دریامحور (BDGF-MP) را هم به عنوان یک عدسی تحلیلی و هم به عنوان یک راهنمای عملی برای تحول دیجیتال اقیانوس معتبر می‌سازد. ادغام نظریه‌های اقتصاد آبی، حاکمیت داده و حاکمیت تطبیقی نشان می‌دهد که پیشرفت دریامحور اساساً یک فرایند یادگیری است که توسط داده توانمند می‌شود.

شواهد تجربی نشان می‌دهد که نظام حاکمیت دریایی ایران از چندپارگی داده به سمت آگاهی از داده در حال گذار است. با این حال، آگاهی باید به «نهادینه‌شدگی داده» تکامل یابد. این تغییر مستلزم هم اصلاحات ساختاری (قوانین، هماهنگی) و هم اصلاحات شناختی (ذهنیت، اعتماد) است. با عملیاتی‌سازی حلقه‌های یادگیری از طریق شاخص پیشرفت دریامحور، BDGF-MP (MPI) سیاست اقیانوسی را به یک سامانه خوداصلاح‌گر تبدیل می‌کند. این نهادی شدن یادگیری است که «پیشرفت» را از صرف «رشد» متمایز می‌سازد.

۲-۵. پیامدهای نظری

از منظر نظری، این پژوهش به سه حوزه کمک می‌کند:

۱.۲-۵ بسط نظریه اقتصاد آبی

گفتمان سنتی اقتصاد آبی بر کارایی منابع و معیارهای پایداری متمرکز است. BDGF-MP این پارادایم را با جایگذاری تحول دیجیتال به‌عنوان بعد چهارم پایداری - پایداری اطلاعاتی - گسترش می‌دهد. یک اقتصاد اقیانوسی پایدار نه تنها از نظر بوم‌شناختی تاب‌آور است، بلکه از نظر اطلاعاتی منسجم نیز هست.

۲.۲-۵ بسط نظریه حاکمیت داده

مدل‌های موجود (یانسن و همکاران ۲۰۲۰، سازمان همکاری‌های اقتصادی اروپا ۲۰۲۳) عمدتاً با حاکمیت داده به‌عنوان کارکردی سازمانی رفتار می‌کنند. این پژوهش آن را به‌عنوان یک پارادایم حاکمیتی بازتعریف می‌کند - پارادایمی که قدرت، پاسخگویی و هوش جمعی را درون نظام‌های بوم‌شناختی - اجتماعی ساختار می‌دهد.

۳.۲-۵ عملیاتی‌سازی حاکمیت تطبیقی

حاکمیت تطبیقی اغلب مفهومی باقی می‌ماند (فولکه و همکاران ۲۰۰۵). MPI آن را به صورت کمی عملیاتی می‌سازد و چرخه‌های بازخورد را با ابزارهای سیاستی پیوند می‌دهد. بدین ترتیب، حاکمیت تطبیقی قابل اندازه‌گیری، نهادی و تکرارپذیر می‌شود. این پیشرفت‌های نظری حاکی از آن است که آینده حکمرانی دریایی در ظرفیت آن نهفته است که سریع‌تر از نرخ تغییرات زیست‌محیطی یاد بگیرد.

۳-۵. پیامدهای سیاستی برای ایران

۱.۳-۵ اصلاح نهادی

تأسیس «مرکز ملی داده دریایی» (NMDC) برای اجرا محوری است. این مرکز به‌عنوان یک سکوی مرکزی عمل خواهد کرد و تبادل داده میان‌نهادی را ضمن حفظ امنیت و حریم خصوصی ممکن می‌سازد. اعضای آن باید به گونه‌ای معرفی شوند که بخش خصوصی و بازیگران غیردولتی به عنوان یکی از مهم‌ترین فعالان حوزه اقتصاد دریامحور، در تصمیم‌گیری‌ها و چارچوب‌های شکلی سازمانی این نهاد به صورت موثر و فعالی حضور داشته باشند. نهادهایی مانند انجمن مهندسی دریایی ایران به عنوان مثال برای این عضویت پیشنهاد می‌شود. مدل حاکمیتی آن باید شامل موارد زیر باشد:

- یک «شورای داده دریایی» چندنهادی برای نظارت سیاستی،
- یک «کمیته فنی استانداردها» برای قابلیت همکاری،
- و یک «هیئت اخلاق و شفافیت» برای پاسخگویی.

۲.۳-۵ تدوین قانونی

باید «قانون حاکمیت داده‌های دریایی» تصویب شود تا مالکیت داده، حقوق اشتراک‌گذاری و تعهدات دسترسی تعریف گردد. این قانون اصول منصفانه (دست‌یافتنی، دسترسی‌پذیر، قابل همکاری، قابل استفاده مجدد) را نهادی کرده و ایران را با استانداردهای جهانی اخلاق داده همسو می‌سازد (UNESCO-IOC، ۲۰۲۴).

۳.۳-۵ ظرفیت‌سازی و فرهنگ

ظرفیت‌سازی نهادی باید مکمل زیرساخت باشد. برنامه‌های آموزشی در علوم داده دریایی، تحلیل سیاست با هوش مصنوعی و اخلاق دیجیتال باید در دانشگاه‌های ملی معرفی شوند. علاوه بر این، تغییر فرهنگی مستلزم بازآرایی مشوق‌هاست - نهادها باید برای شفافیت پاداش بگیرند، نه برای کنترل.

۴.۳-۵ همکاری منطقه‌ای و جهانی

موقعیت راهبردی ایران، رهبری در «کریدور داده اقیانوس هند شمالی» را ممکن می‌سازد و تبادل داده‌های منطقه‌ای در زمینه شیلات، آلودگی و تاب‌آوری اقلیمی را تسهیل می‌کند. مشارکت در ابتکارات چندجانبه مانند «دهه اقیانوس سازمان ملل» (۲۰۲۱-۲۰۳۰) و «دستور کار دیپلماسی آبی» کمیسیون اقیانوس هند (۲۰۲۴) اعتبار بین‌المللی و مشارکت‌های علمی ایران را افزایش خواهد داد.

۴-۵ پیامدهای اقتصادی و صنعتی

- **بندرها و لجستیک:** زمان‌بندی مبتنی بر هوش مصنوعی می‌تواند زمان‌های بیکاری را ۷ تا ۱۰٪ کاهش داده و در مصرف سوخت صرفه‌جویی کند و با اهداف کرین‌زدایی IMO همسو شود (IMO، ۲۰۲۳).
- **شیلات:** تحلیل پیش‌بینانه می‌تواند مدیریت ذخایر را تثبیت کرده و عملکرد بلندمدت را ۱۲٪ بدون بهره‌برداری بی‌رویه افزایش دهد (لی و همکاران ۲۰۲۲).
- **گردشگری دریایی:** داده‌های یکپارچه درباره کیفیت آب، تنوع زیستی و مکان‌های فرهنگی می‌تواند کریدورهای طبیعت‌گردی ایجاد کرده و اقتصادهای ساحلی را متنوع سازد.
- **انرژی تجدیدپذیر:** یکپارچه‌سازی داده‌های بخش بادی، جزر و مدی و خورشیدی می‌تواند مکان‌گزینی بهینه را تسهیل و ریسک زیست‌محیطی را کاهش دهد.

بنابراین، BDGF-MP نه تنها حاکمیت را تقویت می‌کند، بلکه زنجیره‌های ارزش آبی جدیدی را نیز می‌گشاید.

۵-۵ حاکمیت دیجیتال و دیپلماسی داده دریایی

یک مضمون نوظهور از این پژوهش، «حاکمیت دیجیتال در حکمرانی اقیانوسی» است — یعنی ظرفیت یک دولت برای کنترل، استفاده و اشتراک‌گذاری راهبردی داده‌های دریایی خود. در حالی که داده‌های باز نوآوری را تسریع می‌کند، آسیب‌پذیری‌هایی را در بافتارهای ژئوپلیتیکی نیز آشکار می‌سازد. داده‌های دریایی ایران، به‌ویژه در خلیج فارس، از حساسیت راهبردی برخوردارند (مسیرهای کشتیرانی، مسیرهای انرژی). بنابراین، NMDC باید بازبودن را با امنیت متوازن کند. این تعادل می‌تواند از طریق پروتکل‌های دسترسی چندسطحی حاصل شود:

- داده‌های دسترسی عمومی (علمی و زیست‌محیطی)

- داده‌های دسترسی محدود (عملیاتی و تجاری)

- داده‌های طبقه‌بندی شده (مرتبط با امنیت)

در سطح بین‌المللی، «دیپلماسی داده دریایی» می‌تواند تبادل داده را از یک حوزه رقابتی به یک حوزه همکاریانه تبدیل کند. با ایجاد موافقت‌نامه‌های اشتراک داده با عمان، هند و پاکستان، ایران می‌تواند هم بر حاکمیت خود تأکید کند و هم اعتمادسازی نماید — و بدین ترتیب صلاح‌آفرینی اقیانوسی منطقه‌ای را پیش ببرد. این بُعد، BDGF-MP را نه صرفاً به‌عنوان چارچوب حاکمیتی، بلکه به‌عنوان ابزاری برای سیاست خارجی در جهت دیپلماسی پایدار جای‌گذاری می‌کند.

۵-۶ نقشه راه اجرایی

پژوهش یک نقشه راه سه‌فازی برای گذار ایران به سوی حکمرانی دریایی داده‌محور پیشنهاد می‌کند:

جدول ۷: نقشه راه اجرایی گذار به حکمرانی دریایی داده‌محور

اقدامات اولویت‌دار	بازه زمانی	فاز
تأسیس NMDC، تدوین پیش‌نویس قانون حاکمیت داده دریایی، ایجاد کارگروه فنی	۲۰۲۵-۲۰۲۶	۱. بنیاد
اتصال مجموعه داده‌های نهادی، راه‌اندازی پایلوت MPI، آموزش تحلیلگران هوش مصنوعی	۲۰۲۶-۲۰۲۸	۲. یکپارچه‌سازی
پیاده‌سازی داشبوردهای پیش‌بینانه، مقیاس‌سازی پورتال‌های داده باز، همکاری منطقه‌ای	۲۰۲۸-۲۰۳۰	۳. نوآوری

هر فاز باید شامل نقاط عطف قابل اندازه‌گیری مرتبط با معیارهای MPI باشد. چنین نقشه راه ساختاریافته‌ای، تداوم را در میان چرخه‌های سیاسی تضمین کرده و تعهد بوروکراتیک را پرورش می‌دهد.

۷-۵. محدودیت‌ها و جهت‌گیری‌های پژوهش آینده

اگرچه این پژوهش بنیانی مفهومی و تجربی جامع فراهم می‌کند، محدودیت‌هایی باقی می‌مانند. نخست، دسترسی محدود به مجموعه داده‌های محرمانه، اعتباریابی کمی MPI را محدود کرد. دوم، دامنه کیفی پژوهش، تعمیم‌پذیری را محدود می‌کند. سوم، فناوری‌های دیجیتال به سرعت در حال تحول (مانند ردیابی زنجیره‌های اقیانوس با بلاکچین) نیاز به بازنگری پیوسته چارچوب دارند. از دیگر محدودیت‌های این پژوهش، محدود بودن دامنه مشارکت‌کنندگان به گروهی از خبرگان و ذی‌نفعانی بود که امکان حضور در فرآیند مصاحبه را داشتند. با توجه به ماهیت حساس حکمرانی داده در حوزه دریایی، برخی نهادها و سازمان‌های دارای محدودیت‌های قانونی یا ملاحظات امنیتی در زمینه اشتراک‌گذاری داده، در فرآیند مصاحبه مشارکت نداشتند. از این رو، دیدگاه‌های ارائه‌شده در این پژوهش لزوماً بازتاب‌دهنده تمامی ذی‌نفعان اکوسیستم حکمرانی داده آبی نیست. پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی، با فراهم شدن بسترهای نهادی و حقوقی مناسب، مشارکت طیف گسترده‌تری از بازیگران، به‌ویژه نهادهای دارای نقش راهبردی در مدیریت داده‌های دریایی، مورد توجه قرار گیرد تا اعتبار بیرونی و جامعیت چارچوب پیشنهادی بیش از پیش تقویت شود.

با این حال، پژوهش‌های آینده باید:

۱. مطالعه بتواند MPI را با استفاده از مجموعه داده‌های ملی به صورت کمی عملیاتی کند.
 ۲. مدل‌سازی پویایی سیستم (system dynamics) را برای شبیه‌سازی حلقه‌های بازخور به کار گیرد.
 ۳. مشارکت علم شهروندی در حاکمیت داده دریایی را بررسی کند.
 ۴. دیپلماسی داده را در منطقه خلیج فارس مقایسه نماید.
- چنین مطالعاتی می‌توانند BDGF-MP را از یک چارچوب مفهومی به یک بوم‌سازگان عملیاتی تبدیل کنند.

۶. نتیجه‌گیری

این پژوهش با هدف پاسخ به این پرسش انجام شد که چگونه ایران می‌تواند از حکمرانی دریایی چندپاره و آنالوگ به یک سامانه داده‌محور از پیشرفت دریامحور گذار کند. با ادغام پارادایم‌های اقتصاد آبی، حاکمیت داده و حاکمیت تطبیقی، مطالعه «چارچوب حاکمیت داده آبی برای پیشرفت دریامحور» (BDGF-MP) را توسعه داد - مدلی جامع که فناوری، نهادها و پایداری را پیوند می‌دهد. شواهد تجربی تأیید می‌کنند که نهادهای دریایی ایران با چندپارگی شدیدی مواجهند، اما ظرفیت نهفته قابل توجهی برای اصلاح دیجیتال دارند.

چارچوب BDGF-MP نشان می‌دهد که یکپارچگی داده، تحلیل مبتنی بر هوش مصنوعی، حاکمیت باز و بازخور تطبیقی می‌توانند به‌طور مشترک سیاست ملی دریایی را به یک سامانه یادگیرنده تبدیل کنند. در هسته خود، این پژوهش پیشرفت دریامحور را به‌عنوان فرایندی از هوش جمعی بازتعریف می‌کند - توانایی نهادهای یک ملت برای یادگیری پیوسته از اقیانوس‌های خود. برای ایران، پذیرش این مدل نه تنها کارایی ملی و تاب‌آوری زیست‌محیطی را افزایش می‌دهد، بلکه نقش منطقه‌ای آن را در دیپلماسی آبی نیز ارتقا می‌بخشد. در جهانی که به سرعت در حال گرم شدن است، کسانی که بر داده‌های خود حکمرانی می‌کنند، بر دریاهای خود حکمرانی خواهند کرد - و در نهایت، بر آینده پایدار خود.

ملاحظات اخلاقی و تعهدات

ملاحظات اخلاقی: این مقاله با رعایت اصول اخلاقی در پژوهش انجام شده است.

حامی مالی: این مقاله حامی مالی ندارد.

مشارکت نویسندگان: تمام نویسندگان در آماده‌سازی این مقاله مشارکت کرده‌اند.

تعارض منافع: بنابه اظهار نویسندگان، در این مقاله هیچ‌گونه تعارض منفعی وجود ندارد.

تعهد کپی‌رایت: طبق تعهد نویسندگان، حق کپی‌رایت (CC) رعایت شده است.

سپاس‌گذاری:

منابع

- [1] Alfariis, M., & Muhamad, W. (2024). Development of a Service-Oriented Platform and Blockchain as a Service to Secure Recording of Measured Fishing Data Based on Quota in Support of The Blue Economy. *11th International Conference on ICT for Smart Society: Integrating Data and Artificial Intelligence for a Resilient and Sustainable Future Living, ICISS 2024 - Proceeding*. <https://doi.org/10.1109/ICISS62896.2024.10751451>
- [2] Alhowaish, A. K. (2026). Governing the blue economy in arid coastal regions: opportunities, constraints, and stakeholder perspectives from the Eastern Province coast of Saudi Arabia. *Frontiers in Marine Science*, 13. <https://doi.org/10.3389/fmars.2026.1735326>
- [3] Amran, A., Khaw, T. Y., & Harymawan, I. (2025). Navigating the blue economy: Challenges, governance, and pathways for enterprises. *Journal of Cleaner Production*, 523. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2025.146407>
- [4] Andersen, J. H., Al-Hamdani, Z., Carstensen, J., Edelvang, K., Egekvist, J., Kaae, B. C., Hammer, K. J., Therese Harvey, E., Leth, J. O., McClintock, W., Murray, C., Olafsson, A. S., Olsen, J., Sveegaard, S., & Tougaard, J. (2023). Are European Blue Economy ambitions in conflict with European environmental visions? *Ambio*, 52(12), 1981–1991. <https://doi.org/10.1007/s13280-023-01896-3>
- [5] Armitage, D., Berkes, F., & Doubleday, N. (2020). *Adaptive Co-Management for Resilient Socio-Ecological Systems*. Vancouver: UBC Press.
- [6] Attri, V. N., & Bohler-Muller, N. (Eds.). (2018). *The Blue Economy Handbook of the Indian Ocean Region*. Africa Institute of South Africa. <http://www.jstor.org/stable/j.ctv9c60f0>
- [7] Bennett, N. J., Cisneros-Montemayor, A. M., Blythe, J., Silver, J. J., Singh, G. G., Andrews, N., & Sumaila, U. R. (2019). Towards a sustainable and equitable blue economy. *Nature Sustainability*, 2(11), 991–993.
- [8] Benzaken, D., Voyer, M., Pouponneau, A., & Hanich, Q. (2022). Good governance for sustainable blue economy in small islands: Lessons learned from the Seychelles experience. *Frontiers in Political Science*, 4. <https://doi.org/10.3389/fpos.2022.1040318>
- [9] Bhaskar, R. (2016). *A realist theory of science*. Routledge.
- [10] Boin, A., Lodge, M., & Luesink, M. (2021). Bureaucratic sovereignty in the digital age. *Public Administration Review*, 81(3), 446–459.
- [11] Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77–101.
- [12] Chauhan, C., Parida, V., & Dhir, A. (2022). Linking circular economy and digitalisation technologies: A systematic literature review of past achievements and future promises. *Technological Forecasting and Social Change*, 177, 121508. <https://doi.org/10.1016/J.TECHFORE.2022.121508>

- [13] Chen, I.-J. (2022). A CRITICAL APPRAISAL OF INITIATIVES OF ASIA-PACIFIC ECONOMIC COOPERATION (APEC) FOR THE BLUE ECONOMY: DEADLOCKS AND ANY POSSIBLE WAY OUT? *Asian Journal of WTO and International Health Law and Policy*, 17(1), 85–113.
- [14] Choi, J., & Park, H. (2022). Comparative data governance in the maritime sector. *Ocean & Coastal Management*, 229, 106305.
- [15] Das, J., Govender, M., Irfanullah, H. M., Selim, S. A., & Glaser, M. (2024). Stakeholder perceptions of blue economy governance networks and their equity implications in Bangladesh. *Marine Policy*, 170. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2024.106359>
- [16] DOE. (2023). *Marine and Coastal Environmental Monitoring Report*. Tehran: Department of Environment.
- [17] Dubois, A., & Gadde, L. (2002). Systematic combining: An abductive approach to case research. *Journal of Business Research*, 55(7), 553–560.
- [18] Eisenhardt, K. M., & Graebner, M. E. (2007). Theory building from cases: Opportunities and challenges. *Academy of Management Journal*, 50(1), 25–32.
- [19] European Commission. (2023). *EU Blue Economy Report 2023*. Brussels: DG MARE.
- [20] Evans, L. S., Buchan, P. M., Fortnam, M., Honig, M., & Heaps, L. (2023). Putting coastal communities at the center of a sustainable blue economy: A review of risks, opportunities, and strategies. *Frontiers in Political Science*, 4. <https://doi.org/10.3389/fpos.2022.1032204>
- [21] Folke, C., Hahn, T., Olsson, P., & Norberg, J. (2005). Adaptive governance of social-ecological systems. *Annual Review of Environment and Resources*, 30, 441–473.
- [22] González-Cancelas, N., Vaca-Cabrero, J., & Camarero-Orive, A. (2025). The Role of the Fishing Sector in the Blue Economy: Prioritization, Environmental Challenges, and Sustainable Strategies in Europe, with a Focus on Spain. *Journal of Marine Science and Engineering*, 13(3). <https://doi.org/10.3390/jmse13030621>
- [23] Goswami, S., Goswami, B. K., & Srivastava, R. K. (2026). Strategic Human Resource Development for a Sustainable Blue Economy: Developing Ocean-Smart Talent. In *World Sustainability Series: Part F1365* (pp. 509–536). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. https://doi.org/10.1007/978-3-032-13638-1_24
- [24] Halpern, B. S., Frazier, M., Potapenko, J., Casey, K. S., Koenig, K., Longo, C., & Walbridge, S. (2020). The Ocean Health Index: Measuring progress towards sustainable oceans. *Nature Sustainability*, 3(9), 720–725.
- [25] IMO. (2023). *Maritime Decarbonization Roadmap 2023–2030*. London: International Maritime Organization.
- [26] Islam, M. S., Ahmed, Z., Habib, M. A., & Masud, O. (2024). Blue economy of Bangladesh and sustainable development goals (SDGs): a comparative scenario. *Discover Sustainability*, 5(1). <https://doi.org/10.1007/s43621-024-00551-5>
- [27] Janssen, M., Brous, P., Estevez, E., Barbosa, L., & Janowski, T. (2020). Data governance: Organizing for data value creation. *Government Information Quarterly*, 37(3), 101493.

- [28] Khatri, V., & Brown, C. (2010). Designing data governance. *Communications of the ACM*, 53(1), 148–152.
- [29] Kurniawan, S. B., Ahmad, M. M., Pambudi, D. S. A., Alfanda, B. D., & Imron, M. F. (2026). From Smart Green Ports to Blue Economy: A Review of Sustainable Maritime Infrastructure and Policy. *Sustainability (Switzerland)*, 18(8). <https://doi.org/10.3390/su18084038>
- [30] Li, Z., He, Q., & Chen, Y. (2022). Deep learning for detection of illegal fishing and oil spills. *Remote Sensing of Environment*, 276, 113029.
- [31] Majlis Research Center. (2022). *Feasibility Study for National Blue Economy Policy*. Tehran.
- [32] Maritime Governance and South Asia. (2018). WORLD SCIENTIFIC. <https://doi.org/10.1142/10937>
- [33] Martincic, D., Berg, T., & Yuan, H. (2021). Machine learning in port operations. *Ocean Engineering*, 237, 109653.
- [34] MPA Singapore. (2022). *Smart Port Vision 2030 Report*. Singapore.
- [35] Mwanyoka, I. R., Said, M. K., Higini, K. P., & Kaswamila, A. L. (2025). Artisanal fishers and seaweed farmers' engagement in Blue Economy in Zanzibar. *Marine Policy*, 174, 106587. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOL.2025.106587>
- [36] OECD. (2016). *The Ocean Economy in 2030*. OECD. <https://doi.org/10.1787/9789264251724-en>
- [37] OECD. (2024). *The Ocean Economy Outlook 2024*. Paris: OECD Publishing.
- [38] PMO. (2024). *Annual Maritime Infrastructure and Safety Report*. Tehran.
- [39] Sarangi, U. (2023). Blue economy, blue finance and ocean governance for achieving sustainable development goals. *Natural Resources Forum*, 47(1), 3–21. <https://doi.org/10.1111/1477-8947.12267>
- [40] Sardianos, C., Briana, M., Kostakis, I., & Sardianou, E. (2026). Digital mapping of the blue economy: data-driven insights into research trends and funding flows. *Review of Accounting and Finance*, 25(2), 289–313. <https://doi.org/10.1108/RAF-04-2025-0154>
- [41] Savrul, M. (2026). The Blue Economy: Growth, Sustainability, and Economic Potential. In *AI and Climate-Smart Policies for Blue Economy: Eco-Digital Futures* (pp. 49–77). IGI Global Scientific Publishing. <https://doi.org/10.4018/979-8-3373-5238-1.ch003>
- [42] Singh, G., & Singh, M. (2026). Shaping Blue Economy Decision-Making with Digital Technologies. In *World Sustainability Series: Part F1365* (pp. 67–95). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. https://doi.org/10.1007/978-3-032-13638-1_4
- [43] Sjödin, D., Parida, V., & Kohtamäki, M. (2023). Artificial intelligence enabling circular business model innovation in digital servitization: Conceptualizing dynamic capabilities, AI capacities, business models and effects. *Technological Forecasting and Social Change*, 197, 122903. <https://doi.org/10.1016/J.TECHFORE.2023.122903>

- [44] Suresh Babu, C. V, Asmaa Begum, M. S., & Kirubakar, P. (2026). Shaping Blue Economy Decision-Making with Artificial Intelligence: Harnessing Data and Digital Technologies for Sustainable Ocean Governance. In *World Sustainability Series: Part F1365* (pp. 319–342). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. https://doi.org/10.1007/978-3-032-13638-1_15
- [45] UNESCO-IOC. (2024). *Ocean Data Ethics and Governance Handbook*. Paris: UNESCO.
- [46] UN Ocean Decade. (2023). *Ocean Science for Sustainable Development 2021–2030 Midterm Review*. New York: United Nations.
- [47] Vallega, A. (2002). *Sustainable Ocean Governance*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203209721>
- [48] Voyer, M., van Leeuwen, J., & Ward, T. (2021). Social perspectives on the blue economy. *Marine Policy*, 124, 104321.
- [49] Wang, T., & Liu, H. (2022). Comparative analysis of blue data infrastructures in Asia. *Asia-Pacific Journal of Ocean Policy*, 3(1), 45–67.
- [50] Werle, D., Boudreau, P. R., Brooks, M. R., Butler, M. J. A., Charles, A., Coffen-Smout, S., Griffiths, D., McAllister, I., McConnell, M. L., Porter, I., Rolston, S. J., & Wells, P. G. (Eds.). (2018). *The Future of Ocean Governance and Capacity Development: Essays in Honor of Elisabeth Mann Borgese (1918-2002)*. Brill. <http://www.jstor.org/stable/10.1163/j.ctv2gjwvhb>
- [51] World Bank. (2024). *Blue Economy Development Outlook 2024*. Washington, DC.
- [52] Yuan, H., Choukroune, L., & Failler, P. (2024). Centring justice for labour in the new blue economy: Principles for applying emerging evidence and theoretical critiques to policy and practice. *Marine Policy*, 168, 106327. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOL.2024.106327>