

ДИГИТАЛИЗАЦИЯТА В МОРСКАТА ИНДУСТРИЯ: ВЪЗМОЖНОСТИ И ПРЕДИЗВИКАТЕЛСТВА

доц. д-р Камелия Нарлева,

гл. ас. д-р Свилен Велинов

ВВМУ „Н. Й. Вапцаров“, гр. Варна

Резюме: *Морската индустрия е ключов фактор за глобалната икономика и изисква иновативни и управленски подходи за справяне с предизвикателствата на съвременния свят, включително повишените регулаторни изисквания за устойчивост и динамичните икономически условия. Това налага широко приложение на технологии като изкуствен интелект (AI), интернет на нещата (IoT), блокчейн и автономни системи, които предизвикателства променят индустрията като цяло. Морската индустрия е и в сърцето на глобалната търговия, като отговаря за над 80% от световния товарен транспорт. В последните десетилетия тя е подложена на натиск да стане по-ефективна, устойчива и адаптивна към бързото развитие на технологиите. Дигитализацията предлага уникални възможности за справяне с тези изисквания, като интегрира авангардни технологични решения в основните морски процеси. Поради посочените по-горе съвременни тенденции на развитие, целта на тази статия е да изследва как дигитализацията трансформира различни, но и взаимосвързани аспекти на морската индустрия – оперативната ефективност, сигурността, устойчивостта и човешкия капитал. За постигане на тази цел, дигитализацията следва да обединява модерни технологии, които оптимизират процесите, намаляват разходите и увеличават конкурентоспособността. Приносите от процеса на дигитализация са свързани и с ред актуални предизвикателства, възможности и бариери, проучени задълбочено в настоящата публикация.*

Ключови думи: *морска индустрия, дигитализация, изкуствен интелект, блокчейн, автономни системи*

DIGITALIZATION IN THE MARITIME INDUSTRY: OPPORTUNITIES AND CHALLENGES

Assoc. Prof. PhD Kamelia Narleva,

Asst. Prof. PhD Svilen Velinov

Nikola Vaptsarov Naval Academy, Varna, Bulgaria

Abstract: *The maritime industry is a key contributor to the global economy and requires innovative and managerial approaches to address the challenges of the modern world, including the increased regulatory requirements for sustainability and dynamic economic conditions. This necessitates the widespread implementation of technologies such as artificial intelligence (AI), the Internet of Things (IoT), blockchain and autonomous systems, which challenges transform the industry as a whole. The maritime industry is at the heart of global trade, accountable for over 80% of the world's freight transport. In recent decades, it has come under pressure to become more efficient, sustainable and adaptable to rapid technological developments. Digitalization offers unique opportunities to address these demands by integrating cutting-edge technological solutions into core maritime processes. Due to the aforementioned contemporary development trends, the aim of this study is to explore how digitalization is transforming different yet interrelated aspects of the maritime industry - operational efficiency, security, sustainability and human capital. To achieve this goal, digitalization should combine advanced technologies that optimize processes, reduce costs, and increase competitiveness. Contributions from the digitalization process are also related to a number of current challenges, opportunities and barriers explored in depth in this study.*

Keywords: *maritime industry, digitalization, artificial intelligence, blockchain, autonomous systems*

1. Въведение:

В резултат на бурното развитие на иновации и въвеждането на дигитализацията настъпва коренна промяна във функционирането и експлоатацията на морската индустрия. Морската индустрия е в сърцето на глобалната търговия, като отговаря за над 80% от световния товарен транспорт (UNCTAD, 2021). Дигитализацията предлага уникални възможности за развитие на индустрията в бъдеще, като интегрира авангардни технологични решения в основните морски процеси. Основните направления на развитие в морския сектор в модерния свят са свързани със следните предизвикателства:

- **Искусствен интелект (AI):** AI алгоритми намират приложение при прогнозиране на трафика, оптимизация на маршрути и превантивна поддръжка на кораби (Rødseth & Burmeister, 2015).
- **Интернет на нещата (IoT):** IoT сензорите позволяват мониторинг в реално време на състоянието на кораби и товари, което увеличава ефективността и намалява риска от инциденти (Heilig, Lalla-Ruiz, & Voß, 2017).
- **Блокчейн:** Чрез осигуряване на прозрачност и проследимост, блокчейн технологията трансформира веригата на доставки, намалявайки административната тежест и измамите (Panayides & Lambertides, 2020).
- **Автономни системи:** Развитието на автономните кораби намалява разходите за екипаж и минимизира човешките грешки, увеличавайки безопасността (Rødseth & Burmeister, 2015).

С нарастващия натиск за декарбонизация и устойчивост, дигитализацията също играе важна роля в постигането на екологичните цели, установени от Международната морска организация (ИМО, 2021). Например, дигитални технологии подпомагат оптимизацията на разхода на гориво и намаляването на емисиите на въглероден диоксид. В тази връзка, основните въпроси, които публикацията разглежда, включват как дигитализацията влияе върху конкурентоспособността на морската индустрия и как дигитализацията подпомага устойчивостта на индустрията. Не на последно място са анализирани и социалните и икономическите последици от дигитализацията.

2. Изложение: възможности и заплахи пред дигитализацията на морската индустрия

Дигитализацията играе решаваща роля за трансформиране на операциите и логистиката в морската индустрия, като оптимизира процесите, подобрява прозрачността и намалява оперативните разходи. Тази трансформация се базира на интеграция на съвременни технологии като автоматизация, анализ на данни и блокчейн, които водят до по-висока ефективност и устойчивост (Koritarov, 2024). Дигитализацията подпомага интеграцията на системите за управление на веригата на доставки (Supply Chain Management, SCM) чрез автоматизация и използване на големи данни (Big Data). Автоматизираните системи позволяват на компаниите да оптимизират своята логистика, като намаляват времето за обработка и елиминират ръчните грешки.

Според Heilig, Lalla-Ruiz, и Voß (2017), използването на IoT сензори в логистиката предоставя в реално време данни за състоянието на товарите, което улеснява проследимостта и намалява загубите. Освен това, предиктивните анализи, базирани на AI алгоритми, могат да предвиждат търсенето и да оптимизират маршрутите за доставка. Това води до значителни икономии на разходи и до повишена конкурентоспособност на компаниите в морския сектор (Notteboom, Pallis, & Rodrigue, 2021). Пример за това е внедряването на дигитални платформи като TradeLens, която използва блокчейн технология за координиране и проследяване на стоки, като същевременно гарантира прозрачност и сигурност на информацията (Panayides & Lambertides, 2020).

Управлението на флота също претърпява значителна дигитална трансформация чрез внедряване на интелигентни платформи, които осигуряват мониторинг в реално време. Тези платформи използват AI и IoT за предиктивен анализ, което позволява оптимизиране на маршрутите, намаляване на разходите за гориво и предотвратяване на технически повреди (Велинова, 2020). Например, платформи като FleetOptimizer интегрират информация от множество източници, включително метеорологични данни и състоянието на оборудването, за да предложат най-ефективния маршрут за кораба (Rødseth & Burmeister, 2015). Това не само увеличава оперативната ефективност, но също така намалява въглеродния отпечатък на флота, което е особено важно в контекста на строгите регулации за емисии, наложени от ИМО (2021).

Една от ключовите технологии, която променя логистиката в морската индустрия, е блокчейн. Блокчейн технологията осигурява прозрачност и проследимост на товарите, което намалява риска от измами и грешки в документалните процеси (Koritarov, 2024). Блокчейн позволява на всички участници във веригата на доставки да имат достъп до споделена, неизменяема информация. Например, чрез платформи като Maersk's TradeLens, времето за обработка на документи се намалява значително, а грешките, свързани с неправилни данни, се елиминират (Heilig et al., 2017). Освен това, блокчейн може да бъде интегриран с интелигентни договори (smart contracts), които автоматизират плащанията и задействат предварително определени действия при изпълнение на определени условия (Panayides & Lambertides, 2020). Докато дигитализацията предлага значителни ползи, като увеличаване на ефективността, намаляване на разходите и подобряване на устойчивостта, тя също така поставя нови предизвикателства. Сред тях са:

- Необходимостта от значителни инвестиции в технологии и обучение на персонала (Schinas & Bergmann, 2020).
- Рискът от кибератаки, които изискват повишени усилия за осигуряване на киберсигурност (ИМО, 2021).

Дигитализацията в морската индустрия създава и нови възможности за повишаване на безопасността и сигурността, но също така въвежда нови рискове, свързани с киберзаплахи и сложността на интегрираните системи. Интеграцията на автономни кораби, IoT устройства и AI предоставя значителни предимства за безопасността, като минимизира човешките грешки и подобрява управлението на операциите.

Автономните технологии, комбинирани с IoT (интернет на нещата), предлагат иновативни решения за подобряване на безопасността в морската индустрия. Автономните кораби, като тези разработени в проекти като Yara Birkeland, намаляват зависимостта от човешкия фактор, който често е основна причина за морски инциденти. Според Rødseth и Burmeister (2015), автоматизацията и автономните системи предлагат повишена надеждност чрез използване на IoT сензори за мониторинг на системите в реално време.

IoT устройствата, разположени на кораби, предоставят данни за състоянието на оборудването, условията на околната среда и параметрите на товара. Тази информация позволява бърза реакция при възникване на проблеми, което значително намалява риска от инциденти. Например, IoT сензорите, интегрирани в системите за навигация, могат автоматично да коригират курса на кораба при промяна на метеорологичните условия или при идентифициране на препятствия (Heilig, Lalla-Ruiz, & Voß, 2017).

С нарастващата дигитализация, киберрисковете стават все по-значителен проблем за морската индустрия. Кибератаките могат да засегнат не само навигационните и логистичните системи, но и безопасността на екипажа и товара. Докладите на ИМО (2021) подчертават, че липсата на адекватни стратегии за киберзащита може да доведе до значителни финансови и репутационни загуби. Според Schinas и Bergmann (2020), ефективната киберсигурност изисква мултидисциплинарен подход, включващ:

- внедряване на криптографски протоколи за защита на данните;
- постоянен мониторинг на системите за откриване на аномалии;

- обучение на персонала за разпознаване и реагиране на кибератаки.

Освен това, използването на блокчейн технологията за управление на данни намалява риска от киберпрестъпления чрез осигуряване на прозрачност и неизменност на информацията (Panayides & Lambertides, 2020).

Изкуственият интелект (AI) играе централна роля в подобряването на безопасността, като подпомага мониторинга и прогнозите за критични ситуации. AI алгоритмите анализират огромни обеми от данни, предоставени от IoT устройства, за да идентифицират потенциални технически повреди и да предложат превантивни действия.

Според Acciario и Ghiara (2020), AI системите могат:

- да предвиждат необходимостта от техническа поддръжка, като предотвратяват внезапни повреди;
- да подпомагат управлението на кризисни ситуации, като анализират данни в реално време и предлагат оптимални решения;
- да подобряват навигацията чрез разпознаване на обекти и оценка на рискове, свързани с маршрута.

Пример за такова приложение е използването на AI за предотвратяване на сблъсъци чрез разпознаване на движението на други кораби в морето и автоматична корекция на курса (Rødseth & Burmeister, 2015). Докато автономните системи, IoT и AI предлагат значителни предимства за безопасността и сигурността, тяхното внедряване изисква внимателно управление на риска. Сред ключовите предизвикателства са:

- уязвимост към хакерски атаки, което изисква инвестиции в киберсигурност.
- необходимостта от глобални стандарти и регулации за автономните кораби и дигитализираните системи (ИМО, 2021).

Дигитализацията е ключов инструмент за постигане на устойчивост в морската индустрия. Чрез интеграцията на иновативни технологии, секторът подобрява енергийната ефективност, редуцира екологичния си отпечатък и стимулира прехода към кръгова икономика. Тази трансформация е в отговор на глобалните инициативи за устойчиво развитие, включително целите на ООН за устойчиво развитие (Sustainable Development Goals – SDGs).

Оптимизацията на потреблението на гориво чрез анализ на данни в реално време е една от най-значимите възможности, които дигитализацията предлага. Използването на AI и IoT позволява на операторите да следят и анализират ключови показатели за ефективност, като скорост на кораба, тегло на товара и метеорологични условия. Според Buhaug et al. (2020), подобни технологии водят до намаляване на разходите за гориво и значително по-ниски емисии на CO₂. Пример за това е внедряването на системи като Fleet Operation Center (FOC), които предоставят в реално време информация за състоянието на флотата и препоръки за оптимизиране на маршрутите (Acciario & Ghiara, 2020). Такива системи също така спомагат за адаптацията към нови екологични регулации, като Международната конвенция за предотвратяване на замърсяването от кораби (MARPOL).

Дигиталните технологии играят критична роля в проследяването на екологичните условия и предотвратяването на замърсявания в моретата и океаните (Ганчева, 2024). Дроновете, оборудвани със сензори за замърсяване, могат да идентифицират изтичания на гориво или други опасни вещества, което позволява бърза реакция и минимизиране на екологичните щети (Schøyen & Bråthen, 2015). Освен това, сензорите за мониторинг на качеството на водата, които са част от IoT мрежи, предоставят данни за ключови параметри като температура, химичен състав и наличие на замърсители. Според Neilig et al. (2017), тези технологии подпомагат компаниите да демонстрират съответствие с екологичните стандарти и да подобрят своята репутация сред обществеността и регулаторните органи.

Дигитализацията стимулира прехода към кръгова икономика, като позволява ефективно управление на ресурсите и рециклиране на материалите в морските вериги. Пример за това е използването на дигитални платформи за управление на отпадъците, които проследяват целия жизнен цикъл на материалите – от производство до рециклиране. Според Ellen MacArthur Foundation (2019), тези платформи улесняват прозрачността и сътрудничеството между различните участници във веригата за доставки, като насърчават повторната употреба на ресурси. В морската индустрия, кръговата икономика включва инициативи за рециклиране на кораби, намаляване на пластмасовите отпадъци и повторно използване на компоненти и материали (Acciario & Ghiara, 2020).

Въпреки многото ползи, представени по-горе в изложението, дигитализацията в контекста на устойчивостта не е лишена от предизвикателства. Сред основните бариери пред нейното приложение и бъдещо развитие са:

- високите начални инвестиции за внедряване на дигитални технологии;
- липсата на стандартизация за мониторинг на устойчивостта;
- недостигът на квалифициран персонал, способен да използва новите технологии.

Дигитализацията трансформира изискванията към човешкия капитал в морската индустрия и пристанищата. (Ганчева, 2023). С внедряването на нови технологии като изкуствен интелект (AI), интернет на нещата (IoT) и автономни системи, се създават както нови възможности, така и предизвикателства. Обучението и благополучието на морските кадри стават централни теми за устойчивото развитие на сектора.

С нарастващото значение на дигитализацията, компаниите в морската индустрия се изправят пред нуждата да инвестират в развитие на кадри с напреднали дигитални умения. Според Neilig et al. (2017), управлението на данни, прогнозирането чрез AI и способността за работа със сложни дигитални платформи са сред основните компетенции, които се изискват от съвременните специалисти.

Обученията често са насочени към интегрирани системи за управление, като тези, които се използват за мониторинг на маршрути и оптимизация на енергийното потребление. Освен това, уменията за работа с блокчейн технологии и киберсигурност също набират популярност като основни инструменти за прозрачност и сигурност в операциите (Acciario & Ghiara, 2020).

Морските академии и институти активно адаптират учебните си програми, за да отговорят на изискванията на дигиталната трансформация (Dimitrakieva, Milev, Atanasova, 2023). Въвеждането на специализирани курсове, фокусирани върху дигитални компетенции, устойчивост и управление на иновации, играе ключова роля за подготовката на новото поколение морски специалисти (Dimitrakiev, Stankov, Atanasova, 2023). Например, според Al Jaroodi & Mohamed (2019), симулаторите за навигация и операциите с автономни кораби са важна част от учебния процес, позволявайки на кадрите да придобият практически опит в контролиран дигитален контекст. В допълнение, хибридните форми на обучение – съчетаващи онлайн платформи и

традиционни лекции, увеличават достъпа до иновативно образование, особено в глобалната морска индустрия (Atanasova, 2023).

Дигитализацията има значителен принос за подобряване на социалните условия и благополучието на моряците. С напредъка в комуникационните технологии, екипажите на борда могат да поддържат връзка със семействата си в реално време, което редуцира усещането за изолация – традиционно един от най-сериозните проблеми в морската професия. Въпреки това, инвестициите в обучение и развитие на човешкия капитал представляват дългосрочна възможност за индустрията. Според Buhaug et al. (2020), подготвената и мотивирана работна сила не само ще допринесе за конкурентоспособността на компаниите, но и ще укрепи устойчивостта и иновационния капацитет на целия сектор. Високите първоначални разходи за инвестиции в дигитални технологии представляват основна пречка, особено за малките и средни предприятия (МСП), които формират значителна част от морската индустрия. Внедряването на IoT платформи, системи за изкуствен интелект и автономни кораби изисква значителен капитал, който често е извън възможностите на МСП (Lagouvardou et al., 2020).

Допълнително, разходите за обучение и за стажове на персонала, поддръжката на новите системи и актуализацията на остарели инфраструктури също увеличават финансовата тежест (Стефанов, 2024). Според Fan & Luo (2022), липсата на достатъчно публично финансиране и субсидии за внедряване на дигитални решения ограничава разпространението на технологиите, особено в развиващите се региони.

Липсата на унифицирани стандарти и протоколи за интеграция на различни дигитални платформи затруднява координацията и съвместимостта между участниците в морската индустрия. Според Wróbel et al. (2021), индустрията е изправена пред проблеми с интероперативността на IoT устройства, системи за управление на вериги на доставки и автономни технологии.

3. Заключение

Дигитализацията не само трансформира операциите и логистиката в морската индустрия, но и изисква нов подход към човешкия капитал. Чрез интеграция на нови технологии и адаптация на образованието, индустрията може да се справи с предизвикателствата и да използва възможностите, които дигиталната ера предоставя.

Настоящото изследване доказва, че внедряването на дигитализацията в морската индустрия среща редица предизвикателства, свързани както с финансови, така и с

технологични и предприемаческо - социални аспекти (Нарлев, 2016). Докато дигиталните технологии предлагат нови възможности за иновации и устойчивост, те също така изискват значителни усилия за преодоляване на съществуващите бариери.

Въпреки множеството ползи, които дигитализацията носи, предизвикателствата пред нейното внедряване са реални и значими. Преодоляването на високите разходи за технологии, липсата на стандарти за интероперативност и нарастващите рискове за киберсигурността изискват координирани усилия от индустрията, всички заинтересовани страни и предприемачите – иноватори.

Литература:

1. Acciaro, M., & Ghiara, H. (2020). Decarbonization in shipping: The role of digital technologies. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 82, 102–128.
2. Al Jaroodi, J., & Mohamed, N. (2019). Industrial applications of blockchain. *Advances in Computers*, 115, 1–34.
3. Atanasova, C. (2023). Transforming Maritime Education for A Digital Industry. *Strategies for Policy in Science and Education*, Volume 31, Number 6s – Special Issue. ISSN 1310-0270 (Print), ISSN 1314-8575 (Online)
4. Buhaug, Ø., et al. (2020). Energy efficiency in shipping: Technology and policy for environmental sustainability. *Maritime Policy & Management*, 47(1), 15–26.
5. Dimitrakiev, D. Stankov, V. Atanasova, C. (2023). Simulator Training - Unique Powerful Instrument for Educating, Skills Creating, Mitigating Skills and Resilience Creating. *Strategies for Policy in Science and Education*, Volume 31, Number 6s – Special Issue. ISSN 1310-0270 (Print), ISSN 1314-8575 (Online)
6. Dimitrakieva, S. Milev, D. Atanasova, C. (2023). Voyage of learning: cruise ships weather routing and maritime education. *Strategies for Policy in Science and Education*, Volume 31, Number 6s – Special Issue. ISSN 1310-0270 (Print), ISSN 1314-8575 (Online)
7. Ellen MacArthur Foundation. (2019). *Completing the picture: How the circular economy tackles climate change*. Ellen MacArthur Foundation.
8. Fan, J., et al. (2021). Cybersecurity challenges in maritime IoT: A global perspective. *Journal of Maritime Affairs*, 20(2), 225–245.
9. Fan, T., & Luo, Y. (2022). Barriers and challenges in the digitalization of maritime industries: A comprehensive review. *Maritime Business Review*, 7(3), 345–367.
10. Heilig, L., Lalla-Ruiz, E., & Voß, S. (2017). Digital transformation in maritime logistics: State of the art and research agenda. *Computers in Industry*, 83, 13–22.

11. IMO (2021). Fourth IMO Greenhouse Gas Study 2020. International Maritime Organization.
12. IMO (International Maritime Organization). (2022). The role of standards in facilitating maritime digitalization. Retrieved from www.imo.org.
13. Jensen, L. (2018). Lessons learned from the Maersk cyberattack. *Maritime Technology and Research*, 6(4), 56–64
14. Koritarov, T. (2024). Blockchain technology in maritime operational risk management: Innovative approaches and solutions. *Deutsche Internationale Zeitschrift Für Zeitgenössische Wissenschaft*, 92, 119–123. ISSN (Online) 2701-8377
15. Koritarov, T. (2024). Leveraging blockchain technology for sustainable decentralized management in maritime sector. *Maritime law and industry - Морско право и индустрия*, no. 2, pp. 300–314, ISSN: 2815-5130
16. Lagouvardou, S., Visvikis, I., & Weng, H. (2020). The financial implications of digital transformation in shipping. *Journal of Maritime Economics*, 18(1), 27–48.
17. Notteboom, T., Pallis, A. A., & Rodrigue, J. P. (2021). Challenges in digitalization for global maritime players. *Transport Policy*, 97, 173–183.
18. Panayides, P. M., & Lambertides, N. (2020). Digitalization and maritime logistics: Challenges and opportunities. *Maritime Policy & Management*, 47(8), 1023–1040.
19. Rødseth, Ø. J., & Burmeister, H.-C. (2015). Developments toward the unmanned ship. *International Journal of e-Navigation and Maritime Economy*, 3, 95–102.
20. Schinas, O., & Bergmann, M. (2020). Cybersecurity in shipping: New threats in the digital age. *WMU Journal of Maritime Affairs*, 19(1), 67–87.
21. Schøyen, H., & Bråthen, S. (2015). Green corridors in seaborne transport – The road to sustainability? *Maritime Policy & Management*, 42(5), 442–457.
22. Stopford, M. (2020). *Maritime Economics* (4th ed.). Routledge.
23. UNCTAD. (2021). *Review of Maritime Transport 2021*. United Nations Conference on Trade and Development.
24. Wróbel, K., Gil, M., & Wawrzyniak, M. (2021). Autonomous ships and interoperability: An industry perspective. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 147, 102–118.
25. Велинова, С. (2020). Ролята на дигитализацията за развитие на пристанищата. Сборник доклади "Високи технологии. Бизнес. Общество", Научно-технически съюз по Машиностроене, София, ISSN 2535-0005, Vol II, Year V, Issue 2 (8), Sofia, Bulgaria 2020, p.90-94

26. Ганчева, Я. (2024). Иновации в пристанищата в контекста на новите предизвикателства. Варна: ИК „ЛАРГО СИТИ“ ООД.
27. Ганчева, Я. (2023). Ключови аспекти на технологията „дигитален близък“ за развитие на устойчиви интелигентни пристанища. Варна: Известия на съюза на учените, Серия: „Морски науки“, 20 – 29.
28. Нарлев, Ю. (2016). Социални предприятия и социални иновации. Варна: Наука и икономика. Монографична библиотека „Проф. Цани Калянджиев“.
29. Стефанов, С. (2024). Някои различия между образованието и обучението по счетоводство. Варна: Сборник с доклади от Юбилейна международна научна конференция: „Икономическа наука, образование и реална икономика: развитие и взаимодействия в дигиталната епоха“, 405-414.