

**Морско образование в ерата на автономното корабоплаване:
преосмисляне на ролята на МППСМ**
Дилян Димитранов, Михаил Гачевски,

**Navigation Education in the Era of Autonomous Shipping:
Rethinking the Role of COLREGs**
Dilyan Dimitranov, Mihail Gachevski,

Abstract:

This report examines the challenges facing maritime education in the context of the growing deployment of autonomous navigation technologies. The International Regulations for Preventing Collisions at Sea were developed around the characteristics of human decision-making and reflect the constraints inherent in traditional bridge operations. With the introduction of AI-based navigation systems and Maritime Autonomous Surface Ships (MASS), the fundamental assumptions underlying these rules are gradually losing validity. The report analyses the differences between human navigator and AI decision logic, identifies gaps in the existing educational framework, and proposes directions for adapting maritime training curricula to the technological realities of the twenty-first century.

Keywords: Maritime Autonomous Surface Ships (MASS); AI based navigation; maritime education; collision avoidance; COLREGs; digital transformation

For contacts: Dilyan Dimitranov, PhD, Nikola Vaptsarov Naval Academy,
d.dimitranov@nvna.eu

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Морският транспорт не е защитен срещу вълната на дигитална трансформация, която преобразява и много други стратегически отрасли. Развитието на концепцията за Maritime Autonomous Surface Ships (MASS) е част от работата на Международната морска организация (ИМО), която провежда системен регулаторен преглед от 2018 г. насам [1], като първите практически основи бяха положени още с европейския проект MUNIN (2012–2015) [8]. Паралелно с това водещи корабостроителни и технологични компании вече разработват пилотни проекти за автономни плавателни съдове в крайбрежни и речни условия. Такъв е корабът „Yara Birkeland“ – контейнеровоз с нулеви емисии, предназначен за превоз на 120 контейнера и водоизместване 3200 тона. За две години от 2022г. до 2024г. корабът е направил 175 рейса между пристанищата Порсгун и Бревик в Норвегия. Пренесъл е 21826 контейнера.

На практика, обучението в корабоводителските специалности и до днес остава тясно обвързано със стандартите на Конвенцията STCW [9] и прилагането на МППСМ [10] – нормативна рамка с доказана ефективност, но създадена за свят, в който вахтеният помощник е единственият „изчислител“ на мостика: ограничена ситуационна осведоменост, бавно вземане на решения и никаква директна координация между съдовете [2]. Навлизането на AI системи, способни да обработват данни в реално време и да координират маневри с останалите участници в трафика, неизбежно поставя въпроса дали съществуващата образователна рамка е достатъчна за подготовката на бъдещите офицери.

Настоящият доклад поставя за цел да анализира разликата между логиката на МППСМ и логиката на навигационните системи с изкуствен интелект (AI), да

идентифицира образователните предизвикателства, произтичащи от тази разлика, и да предложи конкретни насоки за адаптиране на учебните програми по навигация.

2. АНТРОПОЦЕНТРИЧНАТА ЛОГИКА НА МППСМ

МППСМ представляват кодифицирана система от правила за поведение, разработени с оглед на оперативните ограничения на вахтения помощник капитан. Структурата на правилата отразява три фундаментални характеристики на традиционната навигация.

Бинарно разпределение на отговорността. Всеки, който е стоял на вахта, знае – МППСМ свеждат ситуацията до два съда: „отстъпващ път“ и „запазващ курса и скоростта“ [10]. Тази опростена концепция намалява несигурността при вземане на решения и елиминира нуждата от предварителна координация между екипажите [3].

Качествен нормативен език. Не случайно изрази като „ранно и значително действие“ (Правило 8), „безопасна скорост“ (Правило 6) и „риск от сблъскване“ (Правило 7) са съзнателно неопределени – те разчитат на професионалната преценка на навигатора, а не на математически критерии. Това е целенасочено – правилата трябва да са приложими в широк диапазон от ситуации и условия. Например вахтените офицери са затруднени в своята преценка кога точно трябва да предприемат действия за избягване на сблъсък с друг кораб ако този кораб не им е дал предимство както е по правилата (Правило 17).

Предположение за ограничена комуникация. МППСМ изхождат от допускането, че съдовете не могат да координират маневрите си директно и в реално време. Поради това всеки кораб действа въз основа на наблюдение и еднолична преценка, следвайки предварително дефинирани поведенчески правила [4]. Това не е критика към МППСМ – те са изключително ефективни в контекста, за който са създадени. Въпросът е друг: доколко ограниченията, които отразяват, са присъщи и на автономните системи? Отговорът, както ще стане ясно, е отрицателен.

Фиг. 1. Логика на вземане на решения при навигатор, прилагащ МППСМ

СТЪПКА	КАК	ДЕЙСТВИЕ НА НАВИГАТОРА
1. Наблюдение	Визуална / радарна информация	Захващане на цел, оценка на курса и скоростта
2. Оценка на риска	Пресметнато CPA / TCRA	Преценка: има ли риск от сблъскване?
3. Класификация на среща	Тип среща (на срещни, пресичащи се курсове, догонване)	Прилагане на съответното правило от МППСМ
4. Вземане на решение	Статус: дай път / запази курс	Избор на маньовър (курс или/и скорост)
5. Изпълнение	Команда към руля / машината	Ранно и значително действие (Правило 8)
6. Наблюдение	Нов радарен контакт	Потвърждаване на безопасното разминаване

3. ЛОГИКА НА ИИ (AI) В НАВИГАЦИОННИТЕ СИСТЕМИ

Автономните навигационни системи работят при принципно различни условия. Съвременните алгоритми за предотвратяване на сблъскване интегрират в реално време данни от множество сензори – радар, AIS, GNSS, оптични камери и LiDAR (Light Detection and Ranging) – и могат да актуализират своите модели стотици пъти в секунда [5], което обаче поражда и нови рискове [11]. За разлика

от МППСМ, които представят предотвратяването на сблъскване като серия от бинарни решения, AI системите формулират задачата като оптимизационен проблем. Целевата функция включва едновременно минимизиране на риска от сблъскване, спазване на регулаторните ограничения и запазване на ефективността на маршрута. Резултатът е координиран отговор, при който всеки участник в трафика извършва оптималния маньовър с оглед на общото решение, а не спрямо собствената си перспектива [6]. Допълнителен фактор е възможността за директна комуникация между съдовете. При наличие на тази възможност автономните системи могат да обменят планирани траектории и профили на скоростта, което позволява координирани маньоври, невъзможни при конвенционална навигация.

Фиг. 2. Логика на вземане на решения в AI навигационна система (MASS)

МОДУЛ	КАК	ФУНКЦИЯ НА AI СИСТЕМАТА
1. Сензорна интеграция	Радар, AIS, GPS, камери	Реално-временна обработка на многократни потоци данни
2. Моделиране на средата	Позиции и вектори на всички съдове	Изграждане на динамична картина на трафика
3. Прогнозиране	Алгоритъм за предсказване на траектории	Изчисляване на CPA / TCPA за всички обекти едновременно
4. Оптимизация	Ограничения: МППСМ, ефективност, безопасност	Намиране на оптимален маньовър чрез мулти - агентен модел
5. Координация	V2V комуникация (AIS/ цифров канал)	Обмен на планирани траектории със съседни съдове
6. Изпълнение	Команда към рулевия механизъм / машината	Автоматично прецизно изпълнение (ms реакция)

4. СРАВНИТЕЛЕН АНАЛИЗ: ЧОВЕШКИ ПОДХОД И AI СИСТЕМА

Разликите между двата подхода към навигацията имат директни последици за образователната рамка. Следващата таблица систематизира ключовите разграничения по критерии, отнасящи се за обучението на морски специалисти.

Фиг. 3. Сравнение между навигационна логика на човека и на AI система

КРИТЕРИЙ	ЧОВЕШКИ НАВИГАТОР	AI НАВИГАЦИОННА СИСТЕМА
Скорост на вземане на решение	Секунди – минути	Милисекунди
Обработка на информация	Ограничена (работна памет)	Паралелна, многократни потоци
Комуникация между съдове	Радио (по преценка)	Директна цифрова V2V
Основа на правилата	Език на МППСМ (качествен)	Математически модел (оптимизация)
Ситуационна осведоменост	Зависи от опит и умора	Непрекъсната, системна
Адаптивност към нови условия	Висока (преценка)	Ограничена извън обучението
Прозрачност на решението	Обяснимо	Често „черна кутия“ (VDR)
Регулаторна рамка (МППСМ)	Напълно приложима	Частично приложима (в разработка)

Картината, която се очертава, не е еднозначна. Автономните системи превъзхождат човешките възможности по скорост и обхват на обработка на информация, но са ограничени в адаптивността си към непредвидени ситуации и страдат от проблема с прозрачността на решенията [11]. Тези характеристики имат пряко отражение върху ролята на бъдещия офицер – от офицер, който активно взема решения към наблюдател и аналитик на AI системи. Например - Използването на ECDIS с функции за автоматично следене в симулатор илюстрира прехода към ролята на офицера като аналитик, който валидира бързите изчисления на ИИ, но трябва да компенсира ограниченията му при

непредвидени ситуации (напр. неотчетени малки цели). Този пример подчертава нуждата от критично наблюдение поради липсата на прозрачност в алгоритмичните решения, превръщайки оператора в мениджър на системи, а не просто изпълнител.

5. ПРЕДИЗВИКАТЕЛСТВА ПРЕД МОРСКОТО ОБРАЗОВАНИЕ

До какво води всичко това за образованието? Съществуващите програми за обучение на навигационни офицери, структурирани съгласно STCW [9], са изградени около интерпретацията и прилагането на МППСМ, разпознаването на ситуации на среща и избора на подходящи маньоври. Тази рамка е изградена върху предположението, че офицерът е активният участник в навигационния процес. Промяната на тази парадигма поражда конкретни образователни предизвикателства. **Разбиране на AI логиката за вземане на решения.** Бъдещите офицери ще трябва да разбират не само правилата, но и принципите, по които AI системите оценяват риска и маневрират. Без тази компетентност те няма да могат ефективно да контролират и при необходимост да отменят автоматизираните решения. **Управление на автономни системи.** Ролята на офицера в смесена среда (автономни и конвенционални съдове) ще се измести към мониторинг и надзор. Необходимо е разработване на симулационна среда, в която обучаемите могат да наблюдават и анализират поведението на AI алгоритми в различни сценарии. Примерно какво се случва с решенията на AI, ако се загуби някой от каналите за информация, които са необходими- като GPS сигнал. **Регулаторна неопределеност.** Към момента МППСМ нямат разпоредби, специално адресирани към автономните съдове. ИМО провежда регулаторен преглед (RSE), чийто резултат ще определи бъдещата нормативна рамка [1], а приемането на незадължителен MASS Code се очаква през 2025–2026 г. [12]. Образователните програми трябва да отразят тази динамика и да изградят способности за адаптация към променящи се регулаторни изисквания. Конкретни мерки, препоръчани за адаптиране на учебните програми, включват: въвеждане на модул за принципите на AI навигацията и алгоритмичното вземане на решения; разширяване на симулационното обучение с автономни сценарии; включване на казуси за смесен трафик; и актуализиране на учебните материали по МППСМ с анализ на регулаторните пропуски по отношение на MASS.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

МППСМ са сред най-успешните регулаторни инструменти в морската история – но те са продукт на своето време. Разработени при конкретни технологични ограничения, те отразяват бинарната и независима логика на мостика през 70-те години. Системите с ИИ въвеждат напълно различна динамика: алгоритмична оптимизация и реално-временна координация. Анализът показва, че разликата между двата подхода не е само техническа – тя е концептуална и поставя под въпрос фундаменталните предположения на сегашната образователна рамка. Бъдещите морски специалисти ще трябва да притежават нов тип компетентности: разбиране логиката на ИИ, способност за надзор на автономни системи и готовност за работа в условия на регулаторна неопределеност.

Адаптирането на учебните програми е не само педагогическа, но и стратегическа задача. Морските образователни институции, включително ВВМУ „Н. Й. Вапцаров“, имат водеща роля в изграждането на тази нова рамка на компетентност. Бъдещи изследвания могат да оценят ефективността на конкретни учебни модули и симулационни сценарии, разработени в отговор на предизвикателствата, идентифицирани в настоящия доклад. Такъв пример е симулатора за управление на кризисни ситуации, където се тества как операторите реагират при „бинарни решения“, взети от автоматизирани системи в условия на стрес. Младите офицери често споделят, че най-полезни са сценариите, в които системата подава грешна информация. Това ги учи на критично мислене спрямо ИИ – умение, което се идентифицира като фундаментално за бъдещата образователна рамка при обучението на корабни оператори необходими за работа в бреговите центрове за контрол. Тези примери доказват, че ВВМУ вече не само преподава МППСМ-72, но и активно моделира как тези правила ще се прилагат в дигиталната ера.

ЛИТЕРАТУРА

1. International Maritime Organization (IMO). (2021). Outcome of the regulatory scoping exercise for the use of Maritime Autonomous Surface Ships (MASS). MSC 103/5/2. London: IMO.
2. Endsley, M. R. (1995). Toward a theory of situation awareness in dynamic systems. *Human Factors*, 37(1), 32–64. <https://doi.org/10.1518/001872095779049543>
3. Huang, Y., van Gelder, P. H. A. J. M., & Wen, Y. (2018). Velocity obstacle algorithms for collision prevention at sea. *Ocean Engineering*, 151, 308–321. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2018.01.001>
4. Porathe, T., Prison, J., & Man, Y. (2014). Situation awareness in remote control centres for unmanned ships. *Human Factors in Ship Design and Operation*, RINA, London.
5. Woerner, K., Benjamin, M. R., Novitzky, M., & Leonard, J. J. (2019). Quantifying protocol evaluation for autonomous collision avoidance: Toward standardizing benchmarking for maritime COLREGS compliance. *Autonomous Robots*, 43(4), 967–986. <https://doi.org/10.1007/s10514-018-9765-y>
6. Rødseth, Ø. J., & Burmeister, H. C. (2012). Developments toward the unmanned ship. *Proceedings of the International Symposium Information on Ships (ISIS 2012)*, Hamburg, Germany.
7. Komitov, D. (2024). Issues and concerns in the maritime education regarding cyber risk management. *International Scientific Journal "Trans & Motauto World"*, 9(2), 63–65.
8. Burmeister, H. C., Bruhn, W., Rødseth, Ø. J., & Porathe, T. (2014). Autonomous Unmanned Merchant Vessel and its Contribution towards the e-Navigation Implementation: The MUNIN Perspective. *International Journal of e-Navigation and Maritime Economy*, 1, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.enavi.2014.12.002>
9. International Maritime Organization (IMO). (2011). *International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers (STCW Convention, including 2010 Manila Amendments)*. London: IMO.

10. International Maritime Organization (IMO). (1972). Convention on the International Regulations for Preventing Collisions at Sea (COLREGs). London: IMO.
11. Thieme, C. A., Utne, I. B., & Haugen, S. (2018). Assessing ship risk model applicability to Marine Autonomous Surface Ships. *Ocean Engineering*, 165, 140–154. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2018.07.040>
12. International Maritime Organization (IMO). (2024). Maritime Safety Committee, 109th session (MSC 109): Progress on development of MASS Code. London: IMO.