

DANGER OF USING AUTONOMOUS SHIPS**НЕБЕЗПЕКА ВИКОРИСТАННЯ АВТОНОМНИХ СУДЕН**

**O. Volkov, PhD., associate professor, O. Petrychenko, PhD., associate professor,
Y. Vlasenko, PhD.**

О.М. Волков, к.т.н., доцент, О.О. Петриченко, к.т.н., доцент, Е.А. Власенко, к.т.н.

National University "Odessa Maritime Academy", Ukraine

Національний університет "Одеська морська академія", Україна

ABSTRACT

The increasing automation of navigation is a key trend in the modern world, but it also poses significant challenges and risks for maritime safety. However, the use of terms such as 'remote operation', 'automation', 'autonomy', 'artificial intelligence', 'unmanned ships', 'autonomous ships', 'cyber-enabled ships', and 'smart ships' has created significant terminological confusion. This article is devoted to a generalized concept of autonomous vessels and their potential risks. This may lead to misunderstandings and inconsistencies in this area, which, in turn, can create a threat to maritime safety. A necessity of being defined and gaining a detailed explanation of some conceptions related to autonomous navigation exists. Moreover, legal problems should be described. For conceptual basis not only the identification of three different automation elements of the ship are used, but also a legal aspect between an autonomous voyage under the ship's operator control to an autonomous voyage with limitations is considered. These aspects include legal, technical-technological, navigational, safety, economic, cyber-physical, and ecological-technogenic consequences.

An autonomous's volume affects the reduction of crew members onboard. Due to the permanent reduction in the number of ship's crew members the necessity of IT- technologies is being extended, because (of this reduction) tasks have to be executed remotely, or by the autonomous' level increasing. In addition, the reduction of the quantity of ship's crew members to zero people demands new requirements of intellectual ship intelligence technologies, even if a ship is intended for permanent distance control. The analysis of the autonomous ship general conception has defined some legal collisions which nowadays do not allow to assume full functioning of pilotless autonomous ships. The article argues that autonomous ships are a complex and multidimensional phenomenon that requires comprehensive and interdisciplinary research and analysis.

Keywords: autonomous ships, automation, autonomy, cyber-enabled ships, remote operation, remote operability, safe maneuvering.

Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Автономні судна - це судна, які здатні виконувати різні морські операції з мінімальною або взагалі без людської взаємодії. Ця технологія має потенціал покращити безпеку, ефективність та екологічність морського транспорту, але також створює нові виклики та ризики для морської галузі. Деякі з цих ризиків пов'язані з недостатньою регуляторною рамкою, необхідністю забезпечити надійну комунікацію та керування автономними суднами, можливими кібератаками та зловживаннями, а також впливом на людський фактор та соціально-економічну ситуацію в морському секторі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми і виділення невирішених раніше частин загальної проблеми

За оцінками Statista [1], до 2025 року планується збільшення продажів комерційних дронів до 2,7 млн од. (до 12,6 млрд дол.), а за оцінками World Economic Forum [2], середній щорічний приріст продажів комерційних БПЛА збільшуватиметься на 13,8 % (до 2025 року), при цьому за оцінками Grand View Research [3], до 2028 року обсяг ринку комерційних безпілотників збільшиться по відношенню до 2021 року на 55,2 %. Також варто зазначити, що згідно з даними Globe Newswire [4], прогнозується, що до 2027 року світовий ринок військових дронів досягне 23,78 млрд дол. Разом з ростом кількості дронів спостерігається також формування проблеми регуляції використання досліджуваних БПЛА, оскільки спостерігаються випадки злочинного використання безпілотних засобів у публічному полі, що крім вирішення шляхом запровадження відповідного законодавства також потребує розробки та впровадження засобів перехвату дронів, що використовуються зі злочинною метою [5 – 7].

Не виключенням у виявленому тренді є розвиток безпілотних технологій для морських суден різного призначення. Більш того, наразі технологія автономних суден – Autonomous Vessel, Autonomous Cargo Ships, Autonomous Container Ships, Maritime Autonomous Surface Ships (MASS) – вже має реальне впровадження:

- в Норвегії запущене перше автономне електричне судно [8]: «Нульові викиди та, незабаром, нульовий екіпаж: перше в світі повністю електричне автономне вантажне судно було представлено в Норвегії, невеликий, але багатообіцяючий крок до зменшення впливу морської галузі на клімат. Доставляючи до 120 контейнерів добрив із заводу в південно-східному містечку Порсгрунн до порту Бревік за десяток кілометрів (приблизно вісім миль) звідси, компанія Yara Birkeland, усуне потребу для приблизно 40 000 поїздок вантажівок на рік, які тепер працюють на забруднюючому дизелі»;

- «Автономне судно вантажопідйомністю 749 валових тонн успішно пройшло 40-годинну подорож без будь-якої допомоги людини. Рекламований як перше в світі автономне комерційне вантажне судно, оснащене технологією Orca AI, яка допомогла йому подорожувати через затори Токійської затоки. Цікаво, що судно змогло уникнути сотень зіткнень на своєму шляху та пройшло 99% своєї подорожі самотужки» [9];

- «Дочірня компанія Китайської державної суднобудівної корпорації (CSSC) Huangpu Wenchong Shipbuilding спустила на воду нове дослідницьке судно, яке буде оснащено автономною навігаційною системою. Судно буде експлуатуватися як автономний вантажний пристрій для безпілотних дослідницьких апаратів» [10].

Таким чином, констатуємо, що безпілотні автономні судна – це реальність сучасного морського вантажоперевезення. Проте, як у суспільстві, так і в науковій спільноті, досі точаться дискусії щодо безпечності застосування таких рішень, що зокрема зафіксовано в профільних публікаціях J. Bao [11], C. Fan [12], T. E. Kim [13] та ін. Відповідно до виявленого безпекового фактору на тлі значного розвитку безпілотних технологій зокрема для сфери морського вантажного транспорту доцільно та нагально (актуально) дослідити ризики та фактори небезпеки, пов'язані з використанням автономних суден.

Формулювання цілей статті (постановка завдання)

Ця стаття має на меті проаналізувати основні небезпеки, які можуть виникнути внаслідок використання автономних суден.

Виклад матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів

Розвиток нових технологій, спрямованих на підвищення автоматизації судноплавства, спричинив значну термінологічну плутанину. Такі терміни, як віддалене керування (remote operation), автоматизація (automation), автономність (autonomy), штучний інтелект «розумні технології» (intelligence), безпілотні судна (unmanned ships), автономні судна (autonomous ships), кібер-сумісні судна (cyber-enabled ships) та розумні судна (smart ships) широко використовуються, але рідко даються визначення.

Серед зусиль, спрямованих на забезпечення певної концептуальної узгодженості в цій сфері, робота Міжнародної морської організації (ІМО) є особливо важливою з огляду на ключову позицію організації як міжнародного регулятора судноплавства. Для цілей своєї поточної роботи в нормативному дослідженні ІМО визначила морське автономне надводне судно (Maritime Autonomous Surface Ship (MASS)) як «судно, яке в тій чи іншій мірі може працювати незалежно від взаємодії з людиною». Визначення вказує, по-перше, що інтерес становить розподіл завдань між людьми та технологіями, і, по-друге, що це являє собою гнучкість, відповідно до якого завдання можуть виконуватися технологіями «в різному ступені».

Робоча група ІМО з MASS визначила наступні чотири «ступені автономності» [14 – 20]:

1. Судно із автоматизованими процесами та підтримкою прийняття рішень: моряки знаходяться на борту, щоб управляти та контролювати системи та функції судна. Деякі операції можуть бути автоматизованими.
2. Дистанційно кероване судно з моряками на борту: судно контролюється та управляється з іншого місця, але на борту є моряки.
3. Судно з дистанційним керуванням без моряків на борту: судно контролюється та управляється з іншого місця. Моряків на борту немає.
4. Повністю автономне судно: операційна система судна здатна самостійно приймати рішення та визначати дії судна.

Однак чотири ступені автономності мають обмежену допомогу поза межами власного нормативного дослідження ІМО і тому не підходять як основа для побудови ширшої концептуальної номенклатури автономних суден. Два з чотирьох ступенів автономності пов'язані з дистанційним керуванням, яке, строго кажучи, не пов'язане з автономністю, а скоріше з місцем, з якого люди виконують свої функції. Переміщення екіпажу з судна на берег викликає зовсім інші правові проблеми, ніж ті, що виникають із заміни функцій екіпажу бортовими технологіями, тому ці два аспекти слід розділяти.

Інша проблема з включенням розташування екіпажу та автономності до чотирьох ступенів автономності полягає в тому, що такий розподіл залишає лише два параметри для кожного аспекту, що, у свою чергу, не враховує їх гнучкість на практиці. На додаток до того, що судно може бути або повністю укомплектованим, або повністю безпілотним, цілком може працювати за допомогою скороченого екіпажу і, таким чином, залишатися без екіпажу лише періодично. Подібним чином, замість того, щоб вибирати між простою «підтримкою прийняття рішень» і «повністю автономним», як визначено ІМО раніше, здається цілком правдоподібним, що ключові навігаційні функції MASS будуть лише частково виконуватися автономно, наприклад у формі, коли людське втручання доступне, але активується лише у позаштатних ситуаціях, якщо система не підтримує попередньо встановлені параметри [14 – 20].

Зважаючи на такі недоліки, існує необхідність визначити та роз'яснити більш широко певні ключові концепції, пов'язані з автономним судноплавством, і описати, як вони пов'язані з регуляторними проблемами.

Виклад матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів

1. Аналіз технологій автономних суден

Відправною точкою для концептуальної основи, яка тут використовується, є ідентифікація трьох різних елементів автоматизації судна: технічні можливості (Technical Capability), комплектування екіпажем (Manning) і автономність (Autonomy). Під технічними можливостями розуміється здатність судна отримати відповідний рівень автоматизації, тобто можливість дистанційного керування та впровадження більш інтелектуальних судових систем. Укомплектування екіпажем означає наявність компетентних осіб для керування судном на борту чи в іншому місці, тоді як автономність означає розподіл завдань і

відповідальності між людьми та автоматизованими системами. Ці три елементи порушують різні питання, тому їх слід розділяти, але водночас вони тісно взаємопов'язані та залежать один від одного.

Першим елементом автоматизації судна є «технічні можливості» (Technical Capability). Це відноситься до двох нових тенденцій, що утворились як наслідок технологічного розвитку: дистанційне керування (Remote Operability) та інтелектуальні технології (Intelligence). Рішення щодо технічних можливостей суден зазвичай приймаються під час будівництва судна, але також можливо покращити ці можливості пізніше. Дуже важливою особливістю цього елемента є те, що технічні можливості судна не визначають ні рівень укомплектованості, ні рівень автономності. Відсутність технічних можливостей, звичайно, може означати, що, наприклад, експлуатація судна без екіпажу на борту неможлива, але наявність певної технічної можливості не визначає, як вона використовується. Таким чином, судно може мати хороші технічні можливості як у віддаленому керуванні, так і в інтелектуальних технологіях, але судно все ще може мати повний екіпаж на борту, вирішуючи, як використовувати ці можливості [14 – 20].

Першою новою тенденцією в судових системах є «дистанційне керування» (Remote Operability). Термін відноситься до технічних можливостей судна, які дозволяють людині-оператору дистанційно керувати та контролювати судно з іншого судна або з берега. Обсяг дистанційного керування може відрізнятися від одного судна до іншого, починаючи від моніторингу окремої системи до повної керованості всіма ключовими системами судна.

З технічної точки зору дистанційне керування стає можливим завдяки використанню кількох типів автоматизації. Щоб дистанційно керувати судном, віддалений екіпаж повинен мати не тільки можливість керувати навігаційним обладнанням судна, але й мати доступ до даних про оточення судна (ситуаційна обізнаність / Situational Awareness). Такі дані, як правило, вимагають використання кількох типів датчиків, таких як камери, традиційні радары та LIDAR, і надсилаються віддаленій команді за допомогою супутників, VHF або 4G, залежно, зокрема, від близькості судна до берегу та комунікаційної інфраструктури. Через обмеження пропускну здатності надсилання даних без вибору та упаковки часто організація такої комунікації може бути неможливою, особливо якщо покладатися на супутникове з'єднання. Таким чином, зазвичай потрібно прийняти певний ступінь прийняття рішень щодо вибору та пріоритетності даних, які будуть передані оператору [14 – 20].

Друга актуальна тенденція в судноплавних технологіях – «інтелектуальні технології» (Intelligence). Слід визнати, що використання цього терміну можна критикувати, оскільки він використовувався в дуже різних значеннях і через це втратив точність у загальній дискусії. Крім того, визначення «інтелекту» зазвичай включає такі елементи, як «здатність до логіки, розуміння, планування, емоційних знань, самосвідомості, творчості, вирішення проблем і навчання». Очевидно, що багато з цих функцій відсутні в системах, які зараз розробляються для експлуатації судна. У той же час, однак, цей термін широко використовується, і зрозуміло, що деякі з майбутніх систем у судноплаванні повинні будуть виконувати завдання, які зараз можуть виконувати лише люди. Таким чином, термін «інтелект» використовується тут у широкому сенсі, маючи на увазі здатність системи досягати складних цілей. Це визначення охоплює всі згадані раніше елементи, які зазвичай пов'язують з «інтелектом», але не вимагає конкретної наявності жодного з них.

Відповідно до запропонованого визначення, очевидно, немає чіткої точки, коли «нерозумна» система стає «розумною». Натомість інтелект – це гнучка номенклатура, де системи можуть бути більш або менш розумними, залежно від того, наскільки складними є завдання, які вони здатні виконати. Обсяг системного інтелекту також може відрізнятися. Існуючі форми штучного інтелекту – тобто небіологічного інтелекту, демонстрованого машинами – мають тенденцію бути вузькими в тому сенсі, що вони мають здатність досягати складних цілей, але лише в межах відносно обмеженого кола завдань [14 – 20].

З технічної точки зору, здатність системи досягати складних цілей може бути отримана за допомогою багатьох різних методів. У спрощеному вигляді основні підходи можна

розділити на дві категорії. По-перше, система може слідувати правилам, які запрограмував її розробник. Кілька проектів, наприклад, прагнули створити масивні бази даних знань, які містять заздалегідь визначені правила та концепції, які алгоритми використовують для прийняття рішень. По-друге, розробник також може використовувати машинне навчання. Замість програмування явних правил ідея полягає в тому, щоб використовувати алгоритми навчання, які дозволяють системі навчатися на власному досвіді. Якщо метою є, наприклад, розпізнавання та ідентифікація об'єктів із зображень, програмування явних правил для такого завдання часто може бути надто складним, оскільки кількість змінних просто зовелика. Однак, використовуючи алгоритми навчання, розробник може навчати систему, надаючи величезну кількість прикладів, дозволяючи системі самій розробляти такі алгоритми, які можуть виконати бажане завдання. Вибір техніки залежить від завдання, яке потрібно вирішити, і часто найкращим способом розробки інтелектуальних систем є комбінування різних методик.

Машинне навчання, безсумнівно, зіграє значну роль у розробці автономних судна. Розробники технологій можуть, наприклад, використовувати алгоритми навчання для «навчання» своїх систем усвідомлення ситуації (Situational Awareness). Однак це інше питання щодо того, наскільки суднам буде дозволено вчитися на власному досвіді та розвивати свої алгоритми далі після того, як кінцевий продукт буде введено в обіг. Відповідь, ймовірно, залежить від типу навчання, про яке йдеться. Зокрема, якщо виникають проблеми з безпекою, може бути важко досягти юридичного визнання підходів, у яких немає перевірки людиною перед впровадженням нових алгоритмів.

Другим елементом суднової автоматизації є «укомплектування екіпажем» (Manning). Це стосується наявності компетентних осіб для керування судном. Ці особи можуть перебувати на борту судна, або у віддаленому робочому місці, або в комбінації з цього. Особа або група осіб, які керують судном дистанційно, тут називаються «віддаленим екіпажем» (Remote Crew). З точки зору часу, рішення щодо рівня укомплектованості судна приймаються в два етапи. На першому етапі, до початку експлуатації судна, держава власниця судна визначає безпечний рівень укомплектованості екіпажем судна шляхом видачі сертифіката безпечного укомплектування екіпажем. Цей сертифікат є лише мінімальною вимогою, яка може бути перевищена. Мінімальний склад екіпажу судна, визначений державою власницею, не часто змінюється. Другий етап є більш варіативним, оскільки він пов'язаний з окремим рейсом і підтверджується списком екіпажу. Принаймні теоретично, оператор судна вирішує для кожного окремого рейсу кількість осіб, які складатимуть екіпаж для цього конкретного рейсу.

Що стосується екіпажу на борту під час конкретного рейсу, то рівень укомплектованості екіпажем може мати три основні форми [14 – 20]:

1. Постійний екіпаж (Constantly Manned): судно має на борту постійний екіпаж.
2. Періодично без екіпажу (Periodically Unmanned): судно має на борту екіпаж, який періодично звільняється від чергування.
3. Постійно без екіпажу (Constantly Unmanned): судно не має на борту екіпажу.

Подібна диференціація може бути використана щодо дистанційної роботи. На відміну від технічної можливості судна дистанційно керувати, рівень дистанційного укомплектування екіпажем стосується того, як ці можливості фактично використовуються. Таким чином, рівень дистанційного комплектування екіпажем під час конкретного рейсу можна розділити на три основні варіації [14 – 20]:

1. Постійно без екіпажу (Constantly Unmanned): судно не має віддаленого екіпажу.
2. Періодично укомплектований (Periodically Manned): судно має віддалений екіпаж, який періодично звільняється від виконання обов'язків.
3. Постійний екіпаж (Constantly Manned): судно має віддалений екіпаж на постійному чергуванні.

Хоча є лише три основні категорії кожного типу укомплектування екіпажем виділені раніше, важливо зазначити, що вони являють собою гнучку номенклатуру. З'явиться більше варіацій, якщо ми врахуємо, що різні категорії членів екіпажу можуть займати різні позиції в цьому відношенні. Наприклад, судно може не мати екіпажу бортового двигуна, але на борту

може бути екіпаж на містку. Термін «безпілотне судно» відноситься до судна, яке взагалі не має екіпажу на борту, але він не стосується рівня дистанційного комплектування екіпажем. Таким чином, якщо судно не має на борту екіпажу на містку, воно не має екіпажу щодо своїх операцій на містку.

З юридичної точки зору, існуючі правила, які вимагають фізичної присутності людей на борту суден, створюють проблеми, якщо судновласник прагне зменшити кількість екіпажу на борту. Першим і головним прикладом є правила Конвенції STCW, які вимагають фізичної присутності членів екіпажу в певному ключовому місці на борту суден. Інші правила обмежують фізичне звільнення екіпажу з судна, але на більш пізньому етапі скорочення екіпажу. Наприклад, низка існуючих правил вимагає, щоб на борту суден були особи, які виконують різні функції, наприклад капітан або офіцер охорони судна. Ці функції принаймні теоретично можна виконати, якщо на борту судна залишиться одна людина. Ці приклади ілюструють, як правові проблеми, пов'язані зі скороченням бортового екіпажу, відрізняються від однієї вимоги до іншої.

Третій елемент судової автоматизації – «автономність» (Autonomy). Дати чітке визначення автономності важко, оскільки цей термін широко використовується, але має різні значення. Тим не менш, словникове визначення терміну ілюструє основну ідею концепції: система має автономність, якщо вона вільна від зовнішнього контролю. Отже, якщо поведінка системи повністю визначається людиною, система не має автономності. Щоб вважатися автономною, система, згідно з наведеною логікою, повинна відповідати двом умовам: по-перше, вона повинна мати технічну можливість приймати рішення самостійно, і, по-друге, вона повинна мати можливість реалізовувати ці рішення самостійно [14 – 20].

Більш конкретно, якщо капітан дає вказівку автопілоту пропливти з точки А в точку Б, визначивши конкретний маршрут, яким автопілот повинен слідувати, незалежно від обставин на шляху, така система не є автономною; вона просто діє згідно з інструкціями капітана і не змінює свій курс, навіть якщо судно знаходиться на курсі зіткнення з іншим судном. Налаштування відрізняються, якщо капітан дає вказівку автопілоту рухатися від А до В, дотримуючись певного маршруту, але також уникаючи зіткнень або близького контакту з іншими суднами. У цьому випадку капітан не обов'язково точно визначає, як система повинна уникати інших суден; він або вона просто припускає, що система здатна вибрати альтернативу, яка забезпечує безпечний прохід. Згідно із запропонованим визначенням автономності, така система має певний ступінь автономності: вона вживає дій, аналізуючи, яка альтернатива є кращою щодо її місії, тобто забезпечення безпечного проходу.

Приведене визначення автономності включає всі ті ситуації, коли система має можливість приймати рішення самостійно. Однак слід зазначити, що автономність може мати різні прояви залежно від того, наскільки система незалежна від попереднього введення, наданого людьми. Наприклад, цілком можна стверджувати, що автономна навігаційна система, яка здатна самостійно розробляти свої методи уникнення зіткнень, навчаючись на власному досвіді, має більшу автономність, ніж система, яка просто слідує методам, заздалегідь визначеним її розробником. Однак з юридичної точки зору обидва типи систем є проблематичними, оскільки існуючі морські правила іноді вимагають участі людини в процесі прийняття рішень. Наприклад, правила уникнення зіткнень у Міжнародних правилах запобігання зіткненню суден у морі (International Regulations for the Preventing of Collisions at Sea (COLREG)) передбачають присутність людини, посилаючись на «хорошу морську майстерність» осіб, відповідальних за навігацію, і вказуючи, що навігаційні рішення не повинні відхилятися від «звичайної практики моряків». Іншими словами, правові проблеми починають виникати, як тільки система приймає рішення замість людини, навіть якщо незалежність системи щодо попередніх знань, наданих людьми, досить обмежена [14 – 20].

Крім того, слід мати на увазі, що ступінь автономності системи може стосуватися різних аспектів. Тут термін «рівень автономності» (Level of Autonomy) використовується для опису того, наскільки незалежно система може виконувати певне завдання, тоді як термін «обсяг

автономності» (Scope of Autonomy) стосується діапазону завдань, у яких система може діяти автономно.

Перший аспект – рівень автономності – це гнучка номенклатура, яка представляє варіюється від повного контролю людини до відсутності ролі людини. Однак існує багато способів описати рівні між цими двома крайнощами. Наразі для розділення рівнів використовуються такі чотири рівні [14 – 20]:

1. Відсутність автономності (No Autonomy): автоматизована система може пропонувати дії (якщо вона здатна це робити), але людина вирішує, чи їх виконувати.

2. Контрольована автономність (Monitored Autonomy): автоматизована система приймає рішення та виконує їх, але людина стежить за функціонуванням системи та втручається, якщо необхідно.

3. Обмежена автономність (Constrained Autonomy): автоматизована система приймає рішення та реалізує їх без контролю людини, але людина доступна для втручання протягом визначеного періоду часу, якщо система запитує допомогу.

4. Повна автономність (Full Autonomy): автоматизована система приймає рішення та виконує їх без будь-якої готовності людини втрутитися, навіть якщо виникає проблема.

Рівні автономності, описують фактичну роботу судна. Однак з нормативної точки зору більш важливі питання зосереджені навколо правового обов'язку керувати судном певним чином. Якщо, наприклад, правила дозволяють судновласнику управляти судном у режимі контрольованої автономності, це означає, що система має право приймати оперативні рішення за умови, що людина стежить за функціонуванням системи та втручається, коли це необхідно. Незважаючи на очевидні відмінності між фактичним і необхідним (юридичним) рівнем автономності, вважається, що термінологія, запропонована раніше, може працювати для опису обох.

Для багатьох юридичних питань критичною точкою на цій шкалі є той репер, коли оператор судна має право переходити від автономності під контролем до автономності з обмеженнями. До тих пір, поки члени екіпажу залишаються за собою обов'язки контролювати та втручатися, якщо необхідно, обов'язки людей залишаються в основному незмінними. Основна відмінність полягає в тому, що замість того, щоб приймати рішення самостійно, члени екіпажу повинні стежити за рішеннями системи та скасовувати їх у разі необхідності. І навпаки, якщо обов'язок контролювати функціонування системи скасовується, налаштування принципово змінюються. Замість людини «відповідальною» стає автоматизована система, і людське втручання залежить від дій і рішень, прийнятих системою. На цьому рівні дотримання існуючих правил, які вимагають присутності людини в циклі прийняття рішень, стає проблематичним.

На відміну від двох інших елементів автоматизації судна – технічних можливостей і екіпажу – рівень автономності значно менш статичний і може змінюватися багато разів протягом одного рейсу. Вибір рівня автономності залежить від двох інших елементів, а також від більш оперативних міркувань, таких як складність завдання, яке потрібно виконати, ймовірність ризиків і тяжкість потенційних наслідків технічної несправності. Коли судно пливе посеред океану, рівень автономності може бути вищим, оскільки, ймовірно, не так багато інших суден або об'єктів, яких слід уникати; у вузькому та перевантаженому фарватері, у свою чергу, швидше за все, потрібна більш активна присутність людини. З юридичної точки зору, однак, важливо зазначити, що певні правові суперечності з існуючими правилами виникають одразу, коли, наприклад, капітанський місток залишається без нагляду. У цьому відношенні менше значення має відсоток часу, протягом якого судно працює без спостереження людини [14 – 20].

Автономність передбачає також другий аспект, тобто обсяг автономності. Це теж гнучка номенклатура, яка варіюється від автономності в жодному завданні до автономності в кожному завданні. Різний обсяг автономності ще більше ускладнює визначення автономного судна. Якщо судно, наприклад, уповноважене автономно швартуватися або обробляти свій вантаж, але не має автономності, наприклад, у навігації чи спілкуванні з іншими суднами, воно

навіть чи вважатиметься автономним – це просто судно, що матиме систему, яка може виконувати певні завдання автономно.

Найбільш очевидним визначенням автономного судна було б те, що судно виконує всі завдання під час подорожі автономно. Однак, здається, це не відповідає загальному використанню цього терміну, де зосереджено увагу на завданнях, пов'язаних із навігацією. Однак визначити термін лише на основі навігаційних завдань також важко, оскільки ці завдання включають різноманітні елементи, деякі з яких можуть бути автономними (протягом частини часу), а інші — ні. З огляду на такі міркування, термін «автономне судно» використовується тут як загальний термін, що охоплює судно, на якому принаймні ключові навігаційні завдання виконуються автономно. У деяких випадках для автономної навігації може знадобитися, щоб судно виконувало деякі інші завдання або навіть усі завдання автономно. Рівень автономності також може відрізнятися залежно від того, яке завдання – наприклад, спостереження, навігація чи зв'язок – розглядається [14 – 20].

2. Формування загальної концепції «автономне судно»

З огляду на результати аналізу, надані в п. 1.1. проточного дослідження впливає, що, незважаючи на те, що три елементи судової автоматизації відрізняються, існує значна взаємодія та взаємозалежність. Деякі змінні одного елемента (наприклад, дистанційне комплектування) навіть передбачають певний рівень розвитку інших елементів (наприклад, технічна готовність до дистанційної роботи). Навпаки, навіть якщо судно має технічну можливість дистанційного керування, це не обов'язково означає, що судовласник намагатиметься зменшити кількість екіпажу на борту. Подібним чином судно може мати на борту інтелектуальні системи, але судовласник все одно може вирішити залишити судно під контролем людини.

Три елементи діють у різних часових масштабах, оскільки вони піддаються різним темпам змін. Хоча технологічний рівень судна навряд чи змінюватиметься багато разів протягом терміну його експлуатації, рівень укомплектованості екіпажем може час від часу змінюватися, хоча зазвичай очікується, що судно матиме досить стабільний рівень укомплектованості. Навпаки, оскільки рівень автономності стосується фактичної роботи судна, а не його здатності працювати автономно, то рівень може неодноразово змінюватися протягом одного рейсу, оскільки він може залежати від району плавання, умов руху та інших параметрів.

На Рисунку 1 зроблено спробу узагальнити основний зміст трьох елементів судової автоматизації, розглянутих раніше [14 – 20].

Окрім трьох основних елементів, також існують інші взаємозв'язки, наприклад, у тому сенсі, що скорочення бортового екіпажу потребує більш розширених технічних можливостей, оскільки тоді завдання повинні виконуватися або дистанційно, або шляхом підвищення рівня автономності. Якщо рішення полягає в тому, щоб підвищити рівень автономності, очевидно, буде менше значущих завдань для виконання екіпажем, де б вони не були. Крім того, дистанційна робота сама по собі часто тягне за собою певне скорочення чисельності екіпажу. Функції огляду, наприклад, будуть замінені технологічними рішеннями на дистанційно керованому судні. Збільшення технічних можливостей судна надає більше альтернатив щодо його укомплектованості та автономності, але саме по собі не робить судно більш автономним.

Крім того, зменшення чисельності екіпажу на борту до нуля тягне за собою нові вимоги до інтелектуальних технологій судна, навіть якщо судно призначене для постійного дистанційного контролю. Судно повинен мати можливість безпечно плавати або, принаймні, вижити, якщо зв'язок із центром дистанційного керування буде втрачено. Експлуатація судна за допомогою (невеликого) бортового екіпажу, який принаймні періодично чергує, значно зменшує потребу в регулюванні проблем з підключенням і пропонує ширший спектр рішень для дотримання нормативних вимог [14 – 20].

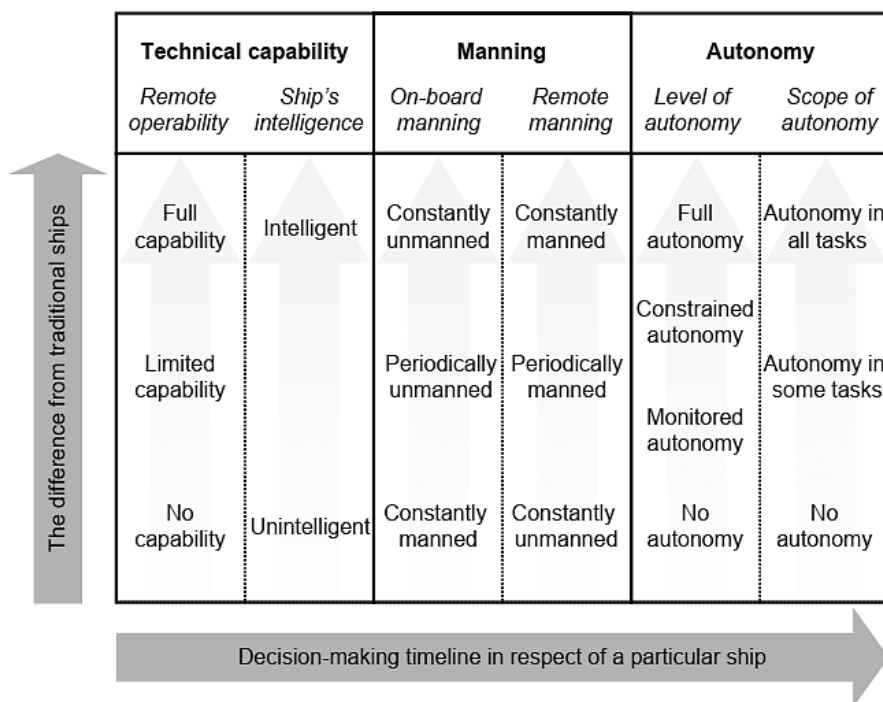


Рис. 1. Короткий опис трьох елементів суднової автоматизації

Найбільш безпосередні правові виклики, принаймні у сфері конвенцій ІМО, ймовірно, стосуватимуться, з одного боку, скорочення кількості екіпажу на борту, а з іншого боку, підвищення рівня автономності. Отже, у дещо спрощених умовах різні способи використання нових технічних можливостей – дистанційного керування та інтелектуальних технологій – можна описати за допомогою рівня бортового екіпажу та рівня автономності як ключових параметрів. На Рисунку 2 підкреслюється необхідність зберігати ці два аспекти окремо, чого не було зроблено, наприклад, у чотирьох ступенях автономності, прийнятих ІМО для цілей нормативного визначення обсягу, що обговорювалося раніше.

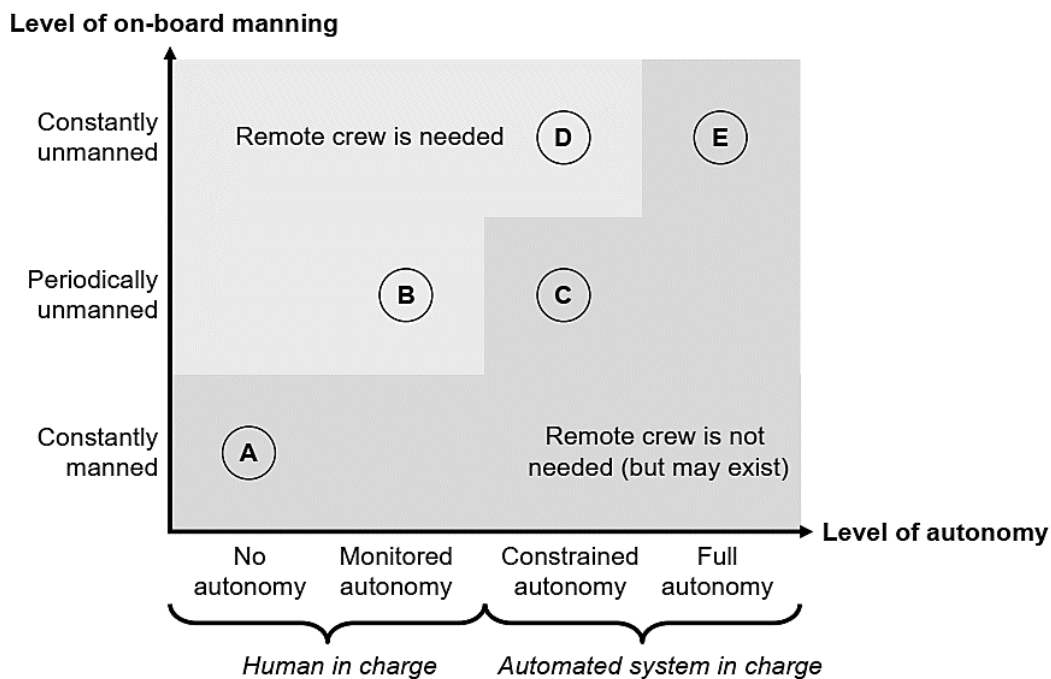


Рис. 2. Узагальнена концепція визначення автономності судна

На всіх етапах графіка віддалена бригада може чергувати, якщо це визначено. Однак деякі з альтернатив вимагають чергування віддаленої бригади. Як уже зазначалося, рівень

укомплектованості бортового екіпажу зазвичай не змінюється протягом конкретного рейсу, але рівень автономності значно менш статичний, можливо, змінюючись кілька разів протягом рейсу [14 – 20].

Щоб проілюструвати можливі комбінації між рівнем укомплектованості бортового екіпажу та рівнем автономності, на Рисунку 2 було сформовані наступні приклади, що пояснюють юридичні обов'язки керування судном певним чином [14 – 20]:

А. Постійно укомплектований і без автономності (Constantly Manned and No Autonomy). Ця комбінація стосується судна, яким повинні керувати люди на борту. Судно може мати або не мати інтелектуальні систем на борту.

В. Періодична безпілотна та контрольована автономність (Periodically Unmanned and Monitored Autonomy). Судно має мати на борту екіпаж, який несе відповідальність за моніторинг функціонування системи та втручання, якщо це необхідно. Проте протягом періоду без екіпажу система повинна контролюватися дистанційною командою.

С. Періодично непілотована та обмежена автономність (Periodically Unmanned and Constrained Autonomy). Судно має мати на борту екіпаж, який повинен бути готовий втрутитися протягом певного періоду часу, якщо судно запитує допомогу. Віддалений екіпаж не потрібен, тому що судно може запросити допомогу від екіпажу на борту.

Д. Постійно безпілотна та обмежена автономність (Constantly Unmanned and Constrained Autonomy). На борту судна немає екіпажу, але має бути віддалений екіпаж, який може втрутитися протягом певного періоду часу, якщо система запитує допомогу.

Е. Постійно безпілотний і повна автономність (Constantly Unmanned and Full Autonomy). На борту судна немає екіпажу, а віддалений екіпаж, якщо він є, не чергує. Судно повинно справлятися саме, навіть якщо виникне проблема.

Юридичні проблеми можуть виникнути на дуже ранній стадії розвитку кожного елемента. Навіть періодично безпілотне судно, а також повністю пілотоване судно, якому дозволено діяти обмежено або повністю автономно лише частину часу, потребує нової нормативної бази, оскільки вони зіткнуться з багатьма тими самими правовими проблемами, які застосовуються до постійно безпілотних та/або автономних суден.

3. Аналіз ризиків, пов'язаних з використання автономних суден

За результатами аналізу узагальненої концепції автономного судна, встановлено, що є ряд юридичних колізій, що в поточному стані, не дозволяють допустити функціонування повністю безпілотного автономного судна. Однак, явище автономності судна це багатоаспектна комплексна проблема, що потребує усестороннього вивчення та дослідження.

Засобами мультилокального літературного огляду (multilocal literature review) встановлені найбільш ревалентні аспекти ризикового поля, пов'язані з використанням автономних судна і суден, що мають відповідні юридичні, техніко-технологічні, навігаційні, безпекові, економічні, кіберфізичні, еколого-техногенні наслідки:

- юридичні ризики – UNCLOS визначає, що всі судна повинні «підпорядковуватися капітану та офіцерам, які мають відповідну кваліфікацію». SOLAS, MARPOL, STCW і Паризький меморандум про взаєморозуміння Paris MoU, а також директива EU directive 16/2009 on PSC передбачають присутність капітана на борту, що описано в публікації Н. Ringbom [15];

- техніко-технологічні ризики – загрози, пов'язані з автоматизацією певних систем функціонування судна, що можуть працювати неправильно та створювати відповідні загрози, що описано в публікації J. Bao [11];

- навігаційні ризики – загрози, пов'язані зі збоями в функціонуванні навігаційних автономних систем і засобів, що можуть призвести як до втрати контролю над судном, так і до загрозливого фізичного впливу на судно, що описано в публікаціях С. Fan [12], Т. Е. Kim [13], С. С. Chou [21];

– безпекові ризики – загрози, пов’язані з небезпечними фізичними впливами на автономне судно: терористичні атаки, мілітарні атаки, зловмисна шкода, тощо, що описано в публікації А. S. Ноем [22];

– економічні ризики – загрози, пов’язані з потенційними збоями в роботі автономних суден, що можуть призвести до відповідних економічних наслідків та втрат, що описано в публікації I. Kurt [23];

– кіберфізичні ризики – загрози, пов’язані з можливістю зловмисного перехвату керування автономним судном, що має відповідні наслідки у всьому спектрі зазначеної вище наслідковості, що описано в публікації Н. М. Tusher [24];

– еколого-техногенні ризики – загрози навколишньому середовищу, викликані збоями в роботі автономних суден, що можуть привести до надмірного забруднення або втручання в морські екосистеми, що описано в публікації I. Jovanović [25].

Таким чином, спектр ризикового поля для досліджуваної проблематики є досить значним і потребує відповідного злагодження в межах міжнародного морського права.

Висновки і перспектива подальшої роботи по даному напрямку

Поточний розділ дослідження визначає концепцію автономності для морських суден і судна, відповідно до якої встановлена широка та гнучка номенклатура опціональних якостей, що створюють проблематику в регуляторній політиці щодо даних об’єктів. Більш того, автономні судна мають ряд невирішених ризикових аспектів, що створюють значну загрозу та потребують відповідного злагодження в межах міжнародного морського права. При цьому фактичне застосування досліджуваної безпілотної технології, дозволяє констатувати, що це наступна ітерація системи морських вантажних перевезень.

ЛІТЕРАТУРА

1. “Commercial Drones are Taking Off,” *Statista*, 2022. [Online]. Available: [statista.com/chart/17201/commercial-drones-projected-growth](https://www.statista.com/chart/17201/commercial-drones-projected-growth).
2. “5 ways drones are saving lives and the planet,” *World Economic Forum*, 2022. [Online]. Available: cutt.ly/KCstzV6.
3. *Commercial Drone Market Size, Share & Trends Analysis Report By Product (Fixed-wing, Rotary Blade, Hybrid), By Application, By End-use, By Region, And Segment Forecasts, 2021 – 2028*. Grand View Research. 2022. [Online]. Available: [grandviewresearch.com/industry-analysis/global-commercial-drones-market](https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/global-commercial-drones-market).
4. *Global Military Drone Market Report 2022: Featuring Key Players Northrop Grumman, Lockheed Martin, Boeing, Raytheon & Others*. Globe Newswire. 2022. [Online]. Available: cutt.ly/TCsyScs.
5. Mohammed M. N., “Personal Criminal Responsibility For Drone Crimes,” *Polytechnic Journal of Humanities and Social Sciences*, vol. 3(1), doi: doi.org/10.25156/ptjhss.v3n1y2022, pp. 189-195, 2022.
6. Hartmann J., [et al.], “Artificial Intelligence, Autonomous Drones and Legal Uncertainties,” *European Journal of Risk Regulation*, doi: doi.org/10.1017/err.2022.15, pp. 1-18, 2022.
7. Enemark C., “Armed drones and ethical policing: risk, perception, and the tele-present officer,” *Criminal justice ethics*, vol. 40(2), doi: doi.org/10.1080/0731129X.2021.1943844, pp. 124-144, 2021.
8. Deshayes P.H., “First electric autonomous cargo ship launched in Norway,” *Science X Network*, 2021. [Online]. Available: techxplora.com/news/2021-11-electric-autonomous-cargo-ship-norway.html.

9. Vardhan, H., "Orca AI-driven Autonomous Ship Sails 800 Km In Tokyo Bay Without Human Assistance," *Republicworld.com*, 2022. [Online]. Available: cutt.ly/sVIPcE6.
10. "New Chinese large autonomous research ship hits the water," *Baird Maritime*, 2022. [Online]. Available: cutt.ly/jVIAAu0.
11. Bao, J., [et al.], "A novel approach to risk analysis of automooring operations on autonomous vessels," *Maritime Transport Research*, vol. 3, 100050, doi: doi.org/10.1016/j.martra.2022.100050, 2022.
12. Fan C., Montewka J., Zhang D., "A risk comparison framework for autonomous ships navigation," *Reliability Engineering & System Safety*, vol. 226, 108709, doi: doi.org/10.1016/j.ress.2022.108709, 2022.
13. Kim T. E., [et al.], "Safety challenges related to autonomous ships in mixed navigational environments," *WMU Journal of Maritime Affairs*, doi: doi.org/10.1007/s13437-022-00277-z, pp. 1-18, 2022.
14. Nguyen G. T. H., [et al.], "Insights on the introduction of autonomous vessels to liner shipping networks," *Journal of Shipping and Trade*, vol. 7(1), doi: doi.org/10.1186/s41072-022-00113-w, pp. 1-27, 2022.
15. Ringbom H., Røsæg E., Solvang T., *Autonomous Ships and the Law*. Routledge, 2021. [Online]. Available: cutt.ly/xVIVk8T.
16. Savić, I., "Are We Ready for Autonomous Vessels?," In *The Science and Development of Transport—ZIRP 2021*, Springer, Cham, doi: doi.org/10.1007/978-3-030-97528-9_6, pp. 75-89, 2022.
17. Hannaford E., Maes P., Van Hassel E., "Autonomous ships and the collision avoidance regulations: a licensed deck officer survey," *WMU Journal of Maritime Affairs*, doi: doi.org/10.1007/s13437-022-00269-z, pp. 1-34, 2022.
18. Li X., Yuen K. F., "Autonomous ships: A study of critical success factors," *Maritime Economics & Logistics*, doi: doi.org/10.1057/s41278-022-00212-2, pp. 1-27, 2022.
19. Karatug C., Arslanoglu Y., Soares C. G., "Maintenance strategies for machinery systems of autonomous ships," *Trends in Maritime Technology and Engineering*, vol. 1, pp. 517-523, 2022. [Online]. Available: cutt.ly/iVINbgK.
20. Munim Z. H., [et al.], "Autonomous ships for container shipping in the Arctic routes," *Journal of Marine Science and Technology*, vol. 27(1), doi: doi.org/10.1007/s00773-021-00836-8, pp. 320-334, 2022.
21. Chou C. C., Wang C. N., Hsu H. P., "A novel quantitative and qualitative model for forecasting the navigational risks of Maritime Autonomous Surface Ships," *Ocean Engineering*, vol. 248, 110852, doi: doi.org/10.1016/j.oceaneng.2022.110852, 2022.
22. Hoem Å. S., Veitch E., Vasstein K., "Human-centred risk assessment for a land-based control interface for an autonomous vessel," *WMU Journal of Maritime Affairs*, vol. 21(2), doi: doi.org/10.1007/s13437-022-00278-y, pp. 179-211, 2022.
23. Kurt I., Aymelek M., "Operational and economic advantages of autonomous ships and their perceived impacts on port operations," *Maritime Economics & Logistics*, doi: doi.org/10.1057/s41278-022-00213-1, pp. 1-25, 2022.
24. Tusher, H. M., [et al.], "Cyber security risk assessment in autonomous shipping," *Maritime Economics & Logistics*, doi: doi.org/10.1057/s41278-022-00214-0, pp. 1-20, 2022.

25. Jovanović I., [et al.], "Effect of potential autonomous short-sea shipping in the Adriatic Sea on the maritime transportation safety," *Ocean Engineering, Elsevier*, 2022. [Online]. Available: [cutt.ly/9VOFW3E](https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2022.108000).

REFERENCES

1. "Commercial Drones are Taking Off," *Statista*, 2022. [Online]. Available: [statista.com/chart/17201/commercial-drones-projected-growth](https://www.statista.com/chart/17201/commercial-drones-projected-growth).
2. "5 ways drones are saving lives and the planet," *World Economic Forum*, 2022. [Online]. Available: [cutt.ly/KCstzV6](https://www.weforum.org/articles/2022/05/ways-drones-are-saving-lives-and-the-planet/).
3. *Commercial Drone Market Size, Share & Trends Analysis Report By Product (Fixed-wing, Rotary Blade, Hybrid), By Application, By End-use, By Region, And Segment Forecasts, 2021 – 2028*. Grand View Research. 2022. [Online]. Available: [grandviewresearch.com/industry-analysis/global-commercial-drones-market](https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/global-commercial-drones-market).
4. *Global Military Drone Market Report 2022: Featuring Key Players Northrop Grumman, Lockheed Martin, Boeing, Raytheon & Others*. Globe Newswire. 2022. [Online]. Available: [cutt.ly/TCsyScs](https://www.globenewswire.com/news-release/2022/01/11/1080000/0/en/Global-Military-Drone-Market-Report-2022-Featuring-Key-Players-Northrop-Grumman-Lockheed-Martin-Boeing-Raytheon-Others.html).
5. Mohammed M. N., "Personal Criminal Responsibility For Drone Crimes," *Polytechnic Journal of Humanities and Social Sciences*, vol. 3(1), doi: doi.org/10.25156/ptjhss.v3n1y2022, pp. 189-195, 2022.
6. Hartmann J., [et al.], "Artificial Intelligence, Autonomous Drones and Legal Uncertainties," *European Journal of Risk Regulation*, doi: doi.org/10.1017/err.2022.15, pp. 1-18, 2022.
7. Enemark C., "Armed drones and ethical policing: risk, perception, and the tele-present officer," *Criminal justice ethics*, vol. 40(2), doi: doi.org/10.1080/0731129X.2021.1943844, pp. 124-144, 2021.
8. Deshayes P.H., "First electric autonomous cargo ship launched in Norway," *Science X Network*, 2021. [Online]. Available: techxplore.com/news/2021-11-electric-autonomous-cargo-ship-norway.html.
9. Vardhan, H., "Orca AI-driven Autonomous Ship Sails 800 Km In Tokyo Bay Without Human Assistance," *Republicworld.com*, 2022. [Online]. Available: [cutt.ly/sVIPcE6](https://www.republicworld.com/news/technology/ai-driven-autonomous-ship-sails-800-km-in-tokyo-bay-without-human-assistance-2022-01-11).
10. "New Chinese large autonomous research ship hits the water," *Baird Maritime*, 2022. [Online]. Available: [cutt.ly/jVIAAu0](https://www.bairdmaritime.com/news/new-chinese-large-autonomous-research-ship-hits-the-water).
11. Bao, J., [et al.], "A novel approach to risk analysis of automooring operations on autonomous vessels," *Maritime Transport Research*, vol. 3, 100050, doi: doi.org/10.1016/j.martra.2022.100050, 2022.
12. Fan C., Montewka J., Zhang D., "A risk comparison framework for autonomous ships navigation," *Reliability Engineering & System Safety*, vol. 226, 108709, doi: doi.org/10.1016/j.ress.2022.108709, 2022.
13. Kim T. E., [et al.], "Safety challenges related to autonomous ships in mixed navigational environments," *WMU Journal of Maritime Affairs*, doi: doi.org/10.1007/s13437-022-00277-z, pp. 1-18, 2022.
14. Nguyen G. T. H., [et al.], "Insights on the introduction of autonomous vessels to liner shipping networks," *Journal of Shipping and Trade*, vol. 7(1), doi: doi.org/10.1186/s41072-022-00113-w, pp. 1-27, 2022.
15. Ringbom H., Røsæg E., Solvang T., *Autonomous Ships and the Law*. Routledge, 2021. [Online]. Available: [cutt.ly/xVIVk8T](https://www.routledge.com/9781032000000).

16. Savić, I., “Are We Ready for Autonomous Vessels?,” *In The Science and Development of Transport—ZIRP 2021*, Springer, Cham, doi: doi.org/10.1007/978-3-030-97528-9_6, pp. 75-89, 2022.
17. Hannaford E., Maes P., Van Hassel E., “Autonomous ships and the collision avoidance regulations: a licensed deck officer survey,” *WMU Journal of Maritime Affairs*, doi: doi.org/10.1007/s13437-022-00269-z, pp. 1-34, 2022.
18. Li X., Yuen K. F., “Autonomous ships: A study of critical success factors,” *Maritime Economics & Logistics*, doi: doi.org/10.1057/s41278-022-00212-2, pp. 1-27, 2022.
19. Karatug C., Arslanoglu Y., Soares C. G., “Maintenance strategies for machinery systems of autonomous ships,” *Trends in Maritime Technology and Engineering*, vol. 1, pp. 517-523, 2022. [Online]. Available: cutt.ly/iVINbgK.
20. Munim Z. H., [et al.], “Autonomous ships for container shipping in the Arctic routes,” *Journal of Marine Science and Technology*, vol. 27(1), doi: doi.org/10.1007/s00773-021-00836-8, pp. 320-334, 2022.
21. Chou C. C., Wang C. N., Hsu H. P., “A novel quantitative and qualitative model for forecasting the navigational risks of Maritime Autonomous Surface Ships,” *Ocean Engineering*, vol. 248, 110852, doi: doi.org/10.1016/j.oceaneng.2022.110852, 2022.
22. Hoem Å. S., Veitch E., Vasstein K., “Human-centred risk assessment for a land-based control interface for an autonomous vessel,” *WMU Journal of Maritime Affairs*, vol. 21(2), doi: doi.org/10.1007/s13437-022-00278-y, pp. 179-211, 2022.
23. Kurt I., Aymelek M., “Operational and economic advantages of autonomous ships and their perceived impacts on port operations,” *Maritime Economics & Logistics*, doi: doi.org/10.1057/s41278-022-00213-1, pp. 1-25, 2022.
24. Tusher, H. M., [et al.], “Cyber security risk assessment in autonomous shipping,” *Maritime Economics & Logistics*, doi: doi.org/10.1057/s41278-022-00214-0, pp. 1-20, 2022.
25. Jovanović I., [et al.], “Effect of potential autonomous short-sea shipping in the Adriatic Sea on the maritime transportation safety,” *Ocean Engineering, Elsevier*, 2022. [Online]. Available: cutt.ly/9VOFW3E.