

Г. В. Шапіро¹, О. О. Аросланкін², Є. Є. Постніков³

¹ Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків, Україна

² Державний університет інфраструктури та технологій, Київ, Україна

³ Одеський національний морський університет, Одеса, Україна

ФОРМУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ НАДВОДНОЇ ОБСТАНОВКИ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ СУДНОВОДІННЯ

Анотація. В статті доведено, що одним з перспективних напрямків підвищення ефективності вирішення названих завдань є впровадження інтелектуальних інформаційних технологій в процеси інформаційного забезпечення прийняття рішень судноводієм. Основою інформаційного забезпечення – є побудова інформаційних моделей надводної обстановки, що здатні підвищити оперативність та правильність прийняття рішень судноводієм за рахунок збільшення обсягів та різномірності інформації, яка обробляється. Незважаючи на значне оснащення сучасних суден технічними засобами навігації та управління рухом, слабким місцем залишається “людський” фактор. Передача функцій судноводія штучному інтелекту у складі сучасних автоматизованих систем не доцільна, оскільки галузь штучного інтелекту тільки розвивається, а інтелект досвідченої людини здатен на сьогоднішній день вирішувати більш складні завдання. Штучний інтелект доцільно використовувати в якості систем підтримки прийняття рішення. Доцільним є формування інформаційної моделі автоматизованої системи управління судноводінням у вигляді доповненої реальності та занурювати судноводія у таку доповнену реальність. Побудова нових інформаційних моделей з елементами доповненої реальності підвищить ситуаційну обізнаність судноводія у надводній обстановці, оперативність прийняття рішення та повноту врахування факторів.

Ключові слова: безпеки плавання, інформаційні моделі, навігація, судноводіння, управління рухом.

Вступ

Безпека плавання залишається одним з пріоритетів автоматизації процесів судноводіння. Не зважаючи на значні досягнення в галузі штучного інтелекту, побудови автоматизованих систем, супутникової навігації, проблема забезпечення безпеки на морі залишається актуальною.

Ускладнення надводної обстановки, підвищення інтенсивності морських перевезень в межах глобального економічної співпраці призводить до виникнення аварійних ситуацій, яскравим прикладом якої стало сідання на міліну 24.03.2021 року судна-контейнеровоза, довжиною 400 м, яке заблокувало Суецький канал [1]. Дана ситуація вимагає необхідності вдосконалення традиційних та пошуку нових методів підвищення ефективності вирішення завдань судноводіння [2, 3]. Одним з перспективних напрямків підвищення ефективності вирішення названих завдань є впровадження інтелектуальних інформаційних технологій в процеси інформаційного забезпечення прийняття рішень судноводієм. Основою інформаційного забезпечення – є побудова інформаційних моделей надводної обстановки, що здатні підвищити оперативність та правильність прийняття рішень судноводієм за рахунок збільшення обсягів та різномірності інформації, яка обробляється.

В результаті повинні бути отримані узагальнені та систематизовані дані про надводну обстановку, представлені в зручній формі для судноводія.

Найбільш трудомісткими завданнями узагальнення та систематизації відомостей про надводну обстановку є завдання спільної обробки поточних даних, що надходять від різномірних інформаційних джерел, та знань екіпажа судна, якими вони володіють априорі. Дане завдання може бути вирішено шляхом занурення судноводія до інтерфейсу доповненої реальності з роз-

робкою відповідних інформаційних моделей. Отже, формування ефективних інформаційних моделей надводної обстановки, які здатні підвищити оперативність та правильність прийняття рішення судноводієм, є актуальним науковим завданням.

Метою статті є дослідження факторів, які впливають на формування інформаційної моделі надводної обстановки та формування інтелектуальної моделі обстановки для її подальшого застосування при автоматизації процесів судноводіння.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Звертаючись до відомих джерел за темою дослідження, необхідно їх умовно розділити на декілька взаємопов'язаних груп.

До першої групи джерел віднесемо публікації з безпеки судноводіння таких вітчизняних та закордонних фахівців як Л.Л. Вагушенко [4], А.С. Мальцева [5], В.В. Астреїна [6], які використані з метою аналізу предметної області безпеки судноводіння та місце автоматизованих систем в ній. До другої групи джерел віднесемо нормативні документи з безпеки судноводіння, які відпрацьовані міжнародними організаціями [7, 8], які використані для формування вимог щодо побудови інформаційних моделей автоматизованих систем судноводіння в частині безпеки. До третьої групи джерел віднесемо роботи з проектування інформаційного забезпечення та побудови моделей штучного інтелекту таких відомих дослідників як С. Рассел [9], В.К. Фін [10], К.С. Амелін [11], які використані для обґрунтування побудови інтелектуальних моделей інтерфейсу.

Четверта група джерел складається з публікацій вітчизняних вчених, присвячених проблемі автоматизації безпеки судноводіння [12 - 14].

Використання даних літературних джерел, їх аналіз дозволив зробити висновок, що основною

тенденцією сучасності є побудова інформаційних моделей, які орієнтуються на 3D моделюванні, виникає протиріччя протиріччя між традиційно сформованим типом взаємодії “людина”-“машина” при побудові інформаційних моделей та можливостями сучасних інформаційних технологій, що вже у 2021 році вже дозволяють перейти до взаємодії “людина”- “операційне середовище” при формуванні інформаційних моделей надводної обстановки.

Основна частина

Ергатична система судноводіння представляє собою цілеспрямовану складну систему, у складі судноводія, знаряддя діяльності, предмета діяльності та внутрішнього середовища [2, 13, 14]. На теперішній час у судноводінні застосовується концепція побудови e-navigation [15] для гармонізованого збору, інтеграції, обміну, представлення та аналізу інформації щодо надводної обстановки на борті судна й у берегових службах за допомогою електронних засобів для удосконалення процесу переходу судна від причалу до причалу та відповідних сервісів, що забезпечують безпеку, охорону судів, берегової інфраструктури і захист навколишнього середовища. E-navigation повинна сприяти інтеграції та удосконаленню судових навігаційних систем, включаючи береговий сегмент та системи зв'язку п'ятого покоління. Суднові системи, що включають сенсори, стандартний інтерфейс та систему управління охоронними зонами та оповіщення, планується об'єднується в єдиний інтегрований комплекс. Проблема “людського фактору” та забезпечення прийняття судноводієм інформації є наріжним каменем даної концепції.

Судноводій отримує інформацію про надводну обстановку через інтерфейс користувача, який представляє собою комплекс програм, який реалізують діалог користувача з інформаційною системою на всіх стадіях її функціонування. Інтерфейс користувача є ключовим компонентом у питанні забезпечення безпеки мореплавання, оскільки саме він інтегрує інформацію від різнорідних джерел та забезпечує діалог людини та машини в традиційному варіанті інтерфейсу, а новий інтерфейсом (інтерес середовища або доповненої реальності). У зв'язку з тим, що технологія доповненої реальності вважається однієї зі складових систем комп'ютерного зору, можна стверджувати, що даний формат інтерфейсу містить елементи штучного інтелекту.

Основний обсяг інформації людина отримує за допомогою зору. Завдання інформаційної моделі надводної обстановки полягає в тому, щоб забезпечити тривимірне представлення візуального середовища, що може служити відправною точкою для процесів розпізнавання й класифікації, насамперед інформації про форму об'єктів та просторовий розподіл. Це 3D представлення – об'єктна-орієнтоване, а не орієнтоване на систему відліку оператора. Інформаційний підхід у психології сприйняття розглядає судноводія як складну комп'ютероподібну систему переробки вхідної сенсорної інформації. Цей процес розглядається у вигляді послідовних або паралельних етапів, кожний з яких виконує специфічні

операції з перетворення інформації. Кінцева мета інформаційного підходу в сприйнятті – створення структурно-функціональної моделі, що складає з окремих блоків, що виконують функцію, подібну до побудови перцептивного образу психікою судноводія.

Аналіз зорових образів, які формуються зоровою системою судноводія ієрархічний. Прийємо будь-який образ, за допомогою якого здійснюється дія на зорову систему судноводія (наприклад, формуляр надводного об'єкту) у вигляді розподілу $J(x)$ у багатомірному просторі ознак $\{x\}$. Пробна дія може бути розподілена за декількома характеристиками. Елементи формуляру $J(x)$ можуть бути описані такими ознаками, як кутовий або лінійний розмір, орієнтація, віддаленість, протяжність, швидкість переміщення. в процесі сприйняття зображення $J(x)$ судноводієм сформується в зоровому центрі кори головного мозку візуальний образ $R(x)$.

Будемо вважати $R(x)$ – моделлю відображення. Спираючись на модель зорової системи людини-оператора у відповідності з парадигмою Д. Марра [16], оцінемо диференціал перетворення через частковий перетворення:

$$\begin{aligned} F\{J\{x\}, R\{x\}\} &= \sum_{i=1}^N \left(\frac{R\{x_i\}}{J\{x_i\}} \right) \left(\frac{J\{x_i\}}{x_i} \right) \Delta x_i = \\ &= \sum_{i=1}^N S_{x_i} J / \{x_i\} \Delta x_i, \end{aligned} \quad (1)$$

де $S_{x_i} = R\{x_i\} / J\{x_i\}$ та визначає диференціальну чутливість зорової системи до зміни пробної дії x_i , яку на відміну від функціоналу рефлексії можна оцінити експериментальним шляхом.

Кількість сприйнятої інформації судноводієм обмежено пропускною здатністю ока, що залежить від інформаційної ємності зображення та часу реакції людини. Інформаційна ємність зображення визначається співвідношенням кількості елементів інформаційного поля та помітною яскравістю, що має деяке число градацій.

На якість роботи системи впливають шумові властивості каналів передачі, прийому та перетворення інформації. Власні шуми системи визначають мінімальний граничний рівень вхідного сигналу, що може бути сприйнятий системою. У цьому зв'язку для забезпечення повноти опису системи $\{\phi_i\}$ до неї доцільно включати абсолютні граничні чутливості S_{a_i} , які визначаються шумовими характеристиками сенсорної системи.

Розрізняють три рівні зорового сприйняття: сенсорний; перцептивний; операторний. На сенсорному рівні сприйняття відбувається виявлення об'єкта і виділення його з навколишнього середовища. Процеси виявлення і виділення визначаються закономірностями законів сприйняття. Перцептивний рівень сприйняття характеризується законами топо-

логічної організації об'єктів, а операторний рівень містить у собі оцінку значення сприйманих об'єктів, установлення відношень між ними.

Дослідження в статті спрямоване на інформаційні моделі судноводія в середовищі, де компонента реального фізичного оточення взаємодіє з компонентами штучного оточення. При цьому судноводій отримує можливість обробляти більшу кількість навігаційних даних з мінімальною імовірністю помилки, що є винятково важливим при цифровізації та автоматизації його діяльності.

Технологія доповненої реальності (augmented reality, AR) - технологія, яка дозволяє інтегрувати інформацію з об'єктами реального світу у формі тексту, комп'ютерної графіки, аудіо та інших представлень у режимі реального часу. Інформація надається користувачу з використанням heads-up display (індикатор на лобовому склі), окулярів або шоломів доповненої реальності (HMD) (іншої форми проектування графіки для людини (наприклад, планшет)). Технологія доповненої реальності дозволяє розширити взаємодію судноводія з навколишнім середовищем.

Технологія віртуальної реальності (virtual reality, VR) - це комплексна технологія, що дозволяє занурити людину в іммерсивний віртуальний світ при використанні спеціалізованих пристроїв (шоломів віртуальної реальності). Віртуальна реальність забезпечує повне занурення в комп'ютерне середовище, що оточує користувача та реагує на його дії природним чином. Віртуальна реальність конструює новий штучний світ, переданий людині через його відчуття: зір, слух, дотик та інші.

Людина може взаємодіяти з тривимірним, комп'ютеризованим середовищем, а також маніпулювати об'єктами або виконувати конкретні задачі.

У своїй найпростішій формі віртуальна реальність включає 360-градусні зображення або відео. Досягнення ефекту повного занурення у віртуальну реальність до рівня, коли користувач не може відрізнити візуалізацію від реальної обстановки, є задачею розвитку технології. Технології віртуальної і доповненої реальності являють собою складні технологічні розробки, які складаються із субтехнологій. Реалії XXI століття змушують не тільки судноводів, але і всіх споживачів цифрових послуг перейти в нову реальність (середовище), що передбачає розширене використання цифрових технологій.

Система доповненої реальності містить у собі різні технології та сенсори, такі, як апаратні компоненти для урахування обставин реального середовища та програмні компоненти для об'єднання реальних й віртуальних даних. Результатом є новий погляд на реальне середовище, доповнений даними, отриманими технічним шляхом. Взаємодія судноводія з інформаційним середовищем повинне забезпечуватися точними вимірами положення в просторі, для того, щоб віртуальні об'єкти мали високий ступінь правдоподібності. Така можливість з'являється з розвитком систем зв'язку 5G. Для оцінки положення й орієнтації, візуалізації доступних даних і можливостей взаємодії система доповненої реальності повинна об'єднати різні технології.

На рис. 1 представлено архітектуру системи доповненої реальності для формування інформаційної моделі надводної обстановки.

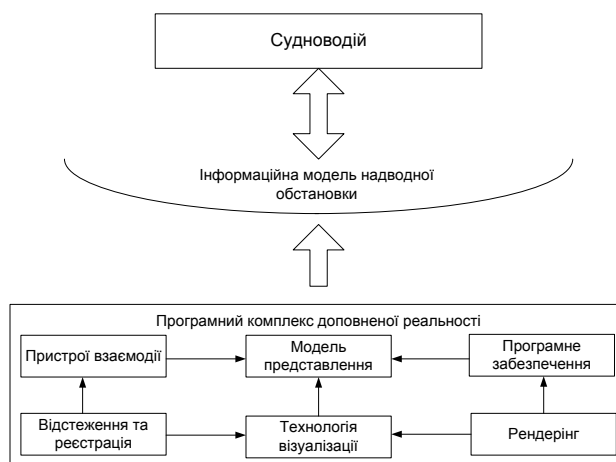


Рис. 1. Архітектура системи доповненої реальності для формування інформаційної моделі надводної обстановки

Основою ефективної системи доповненої реальності є розрахунок місця розташування спостерігача та його характеристик [9]. Багатофункціональні сенсори можуть бути об'єднані для досягнення найкращого результату в реальному масштабі. У роботах початку XXI століття, пов'язаних із проблематикою інтелектуальної складової морської ергатичної системи судноводія, питанню інтерфейсу приділяється значна увага [3, 5, 6, 12]. Проте питання залишається відкритим, оскільки технологічні рішення дотепер не знайшли практичного застосування в більшому ступені у зв'язку з відсутністю методологічних основ, що повинні ґрунтуватися на концептуальних принципах й стандартах. В основному багато авторів зосереджені на передачі визначеної кількості функцій судноводія штучному інтелекту за рахунок більшої надійності, точності і швидкості останнього.

При цьому слід зазначити той факт, що штучний інтелект ще знаходиться в стадії створення, а людський інтелект, володіючи меншими енерговитратами та великим об'ємом пам'яті й продуктивністю не задіюється повністю. Таким чином, доцільно занурити існуючий людський інтелект у доповнену реальність та розширити його можливість. У зв'язку з розвитком систем гібридного інтерфейсу (змішана реальність) та пов'язаної з ними теорії іммерсивних індукованих середовищ здобуває значення підхід кооперативної автоматизації, що реалізує ідеологію адаптивної автоматизації, яка полягає в динамічному розподілі функцій між людиною й автоматичною частиною системи. Мета даного підходу – створення гібридного середовища, у якій людина і машина працюють спільно, доповнюючи один одного. Для побудови поточних алгоритмів оперативного керування морською ергатичною системою найбільше істотним є локальний опис стану об'єкта в цілому та взаємодії його з навколишнім середовищем. Однак через нестационарність його доцільно записати рівнянням стану об'єкта та навколишнього середовища у формі загального рівняння переходу

$$X[k+1] = \Phi(X, U, F, t)X[k] + W(t)U[k] + G(t)F[k], \quad (2)$$

де $\Phi(X, U, F, t)$ – функція переходу, що враховує зміни стану; $U[k]$ – вектор управляючих дій; $F[k]$ – вектор збуджуючих дій; $W(t)U[k]$ та $G(t)F[k]$ – векторні інтегральні перетворення управляючих та збуджуючих дій.

Доцільно ввести вектор вимірних змінних стану об'єкту та середовища:

$$Y[k] = CX[k] + v[k], \quad (3)$$

де $v[k]$ – вектор похибок виміру; C – матриця зв'язку вимірних змінних зі змінними стану.

Опишемо складові інформаційної моделі надводної обстановки при застосуванні архітектури доповненої реальності (рис. 2).



Рис. 2. Зміна складових інформаційної моделі при переході до доповненої реальності

Відображення інформації. У традиційному варіанті взаємодії “людина”-“машина” інформацію, яку використовував судноводій, можна було розділити на оперативну та апіорну. Відповідно до кон-

цепції взаємодії “людина”-“середовище” пропонується ввести ще один тип інформації – інформація в режимі реального часу. По суті інформація середовища завжди була доступна оператору, але раніше вона не містила віртуальних компонентів, тому що засобом їхнього відображення була ЕОМ (дисплеї систем автоматизованої радіолокаційної прокладки, електронна картографічна навігаційна система).

Форма представлення інформації. У роботах з ергономіки проглядається ідея переходу до більш прогресивних та ємних форм. В якості такої форми пропонуються візуальні образи у форматі 3D. Основною перевагою такого представлення інформації є її інтеграція в єдиний образ, здатний швидко та цілісно сприйматися людиною-оператором (судноводієм). Форма та колір візуального образу дозволяють судноводієві стежити за змінами відповідного параметра (курс, швидкість, глибина та ін.) і легко виявляти відхилення від норми.

Значимість інформації. Значимість інформації визначається в залежності від її змістовного навантаження, відносної важливості і корисності при рішенні конкретної навігаційної задачі. Даний інформаційний спектр визначається районом плавання, особливостями власного судна, умовами видимості та ін. При цьому слід зазначити, що віртуальна інформація, у новому форматі взаємодії стає інформацією режиму реального часу. Її значимість переважає стає значимою відносно будь-якої іншої раніше. На рис. 3 представимо приклад побудови такої інформаційної моделі [17].

При розгляді ергатичних систем питання інформаційних моделей користувача виходить на перший план.

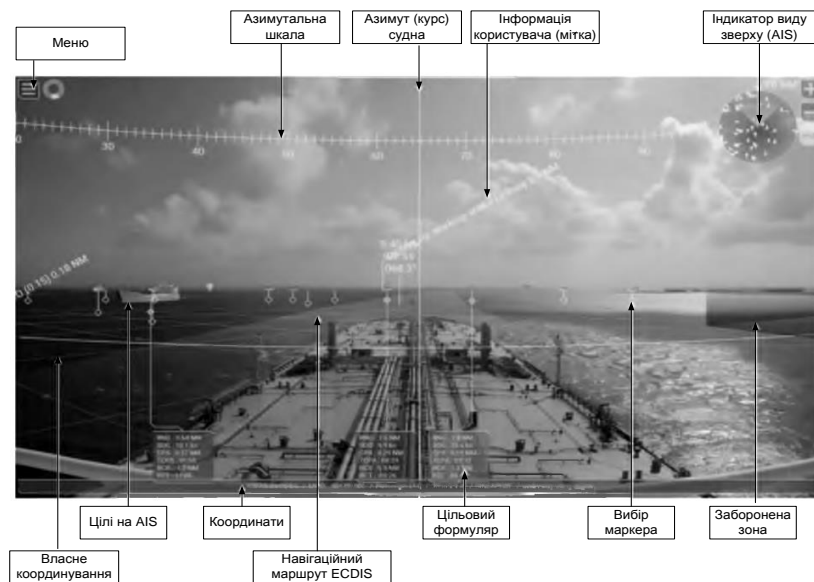


Рис. 3. Інформаційна модель надводної обстановки з елементами доповненої реальності (приклад)

Висновки

За результатами проведених досліджень з'ясовано:

- стрімкий розвиток інформаційних технологій безпосередньо впливає на удосконалення автомати-

зованих систем судноводіння, спрямованих на забезпечення безпеки плавання;

- незважаючи на значне оснащення сучасних суден технічними засобами навігації та управління рухом, слабким місцем залишається “людський” фактор;

- передача функцій судноводія штучному інтелекту у складі сучасних автоматизованих систем не доцільна, оскільки галузь штучного інтелекту тільки розвивається, а інтелект досвідченої людини здатен на сьогоднішній день вирішувати більш складні завдання. Штучний інтелект доцільно використовувати в якості систем підтримки прийняття рішення;

- доцільним є формування інформаційної моделі автоматизованої системи управління судноводінням у вигляді доповненої реальності та занурю-

вати судноводія у таку доповнену реальність;

- побудова нових інформаційних моделей з елементами доповненої реальності підвищить ситуаційну обізнаність судноводія у надводній обстановці, оперативність прийняття рішення та повноту врахування факторів.

Напрямами подальших досліджень слід вважати застосування технології нечітких нейронних мереж для розпізнавання ситуацій в надводній обстановці при автоматизації процесів судноводіння

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Контейнеровоз заблокував Суецький канал. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://www.epravda.com.ua/rus/news/2021/03/29/672385/> (Дата звернення: 31.05.21).
2. Astrein V. Determination of ships passing strategy by the use of a conflict function / V. Astrein // Eurasian Union of Scientists. – 2015. – № 12(21). – С. 1-3.
3. Шерстюк В.Г. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений по управлению судном в условиях неполной и противоречивой информации / В.Г. Шерстюк, А.П. Бень // Судовождение. – 2007. – № 14. – С. 141-144.
4. Вагущенко Л.Л. Поддержка решений по расхождению с судами / Л.Л. Вагущенко, А.Л. Вагущенко. – Одесса : Феникс, 2010. – 229 с.
5. Мальцев А.С. Интеллектуальные гибридные системы поддержки принятия решений при расхождении судов / А.С. Мальцев // Судовождение : сб. научн. трудов ОНМА. Вып. 11. – Одесса : ИздатИнформ, 2006. – С. 74-86.
6. Астреин В.В. Основы интеллектуальных систем предупреждения столкновений судов: монография / В.В. Астреин. – Saarbrücken: Lambert Academic Publishing, 2014. – 109 с.
7. Международные правила предупреждения столкновений судов в море 1972 (МППСС-72) [Электронный ресурс]. – М.: РКонсульт, 2004. – 80 с. – Режим доступу: <http://www.mppss.ru/rules/> (Дата звернення: 31.05.21).
8. SOLAS: Consolidated text of the International Convention for the Safety of Life at Sea, 1974, and its Protocol of 1988: articles, annexes and certificates: IMO: 2004 edition [Электронный ресурс]. – London.: IMO publication, 2005. – P. 565. – Режим доступу: [http://www.imo.org/en/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-for-the-Safety-of-Life-at-Sea-\(SOLAS\)-1974.aspx](http://www.imo.org/en/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-for-the-Safety-of-Life-at-Sea-(SOLAS)-1974.aspx). (Дата звернення: 31.05.21).
9. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект: современный подход. Москва : Вильямс, 2006. 1408 с.
10. Фин В.К. Об интеллектуальном анализе данных // Новости Искусственного интеллекта, 2004. - № 3 - С. 98-103.
11. Амелин К.С., Баклановский М.В., Граничин О.Н. и др. Адаптивная мультиагентная операционная система реального времени // Стохастическая оптимизация в информатике, 2013. - Т. 9. Вып. 1. - С. 3-16.
12. Дакі О.А., Дорошева А.О., Іваненко В.М., Чебан В.І. Агентоорієнтована модель реалізації системи підтримки прийняття рішення безпеки судноводіння. Системи озброєння і військова техніка. 2020. № 3(63). С. 122-30. <https://doi.org/10.30748/soivt.2020.63.18>.
13. Вильский Г. Б. Информационная безопасность судовождения : монография. – Николаїв : Видавництво ФОП Швець В.Д., 2014. – 336 с.
14. Мельник О.В., Шапран Ю.Є., Матюхов А.Т., Бойко О.А. Дослідження системи підтримки прийняття рішення безпеки судноводіння / Водний транспорт: Збірник наукових праць. Випуск 1(32). 2021.
15. Hagen J.E. Implementing e -Navigation, 2017. - 203 p.
16. Marr, D. Theory of edge detection / D. Marr, E. Hildreth // Proceedings of the royal society of London. Vol. 207, No. 1167, 1980. - P. 187 -217 .
17. Попов, А.Н., Кондратьев, А.И., Субанов, Э.Э., Субанов, Р.Э. Интеллектуализация интерфейса пользователя концепции e-Navigation в формате Head-Up // Эксплуатация морского транспорта. - 2019. - № 2 (91). - С. 50-59.

Received (Надійшла) 21.04.2021

Accepted for publication (Прийнята до друку) 18.08.2021

Formation of information model of above-water surface for automation of shipping processes

Hanna Shapiro, Oleksandr Aroslankin, Yevgen Postnikov

Annotation. The article proves that one of the promising directions for increasing the efficiency of solving the above problems is the introduction of intelligent information technologies into the information support processes for decision-making by the navigator. The basis of information support is the construction of information models of the surface situation, which can increase the efficiency and correctness of decision-making by the navigator by increasing the volume and heterogeneity of information processed. Despite the significant equipment of modern ships with technical means of navigation and traffic control, the "human" factor remains a weak point. The transfer of the navigator's functions to artificial intelligence as part of modern automated systems is impractical, since the artificial intelligence industry is just developing, and the intelligence of an experienced person is capable of solving more complex problems today. It is advisable to use artificial intelligence as decision support systems. It is expedient to form an information model of an automated navigation control system in the form of augmented reality and to immerse the navigator in such augmented reality. The construction of new information models with elements of augmented reality will increase the situational awareness of the navigator in the surface environment, the efficiency of decision-making and the completeness of factor accounting.

Keywords: navigation safety, information models, navigation, navigation, traffic control