

УДК 519.68:15:681.5

В.М. Гриняк¹

Владивостокский государственный университет экономики и сервиса
Владивосток. Россия

А.В. Шуленина²

Дальневосточный федеральный университет
Владивосток. Россия

Оценка загруженности трафика морской акватории мерой возможности принятия решений судоводителями

Статья посвящена проблеме обеспечения безопасности движения судов на морских акваториях. В условиях интенсивного трафика безопасность движения судов может быть обеспечена только при соблюдении ими определённой схемы движения, зависящей от географии акватории, общих и локальных правил судоходства, неформальных составляющих морской практики. В работе ставится задача оценки степени опасности актуальной схемы движения той или иной акватории. Отмечается, что наряду с техническими и природными факторами при оценке опасности схемы движения следует учитывать также характер психологической, эмоциональной нагрузки на судоводителей, что особенно важно в условиях высокой плотности движения. С целью формализации эмоционального аспекта нагрузки на судоводителей предложена метрика, основанная на известной идее «области манёвра» Дегре и Лефевра. Мерой, характеризующей эмоциональную нагрузку, являются степень и характер заполнения диаграммы «скорость-курс», соотношение опасных и безопасных значений скорости и курса судна в условиях коллективного движения. Характерные значения указанной метрики для конкретной морской акватории – важный и информативный показатель, определяющий навигационную безопасность движения. Перспективный путь к оценке метрики видится в использовании данных Автоматической идентификационной системы (АИС). В работе предложены модель данных о движении, доступных на открытых интернет-ресурсах, способ их приведения к виду, удобному для анализа. Работа сопровождается результатами

¹ Гриняк Виктор Михайлович – д-р техн. наук, профессор кафедры информационных технологий и систем, e-mail: Viktor.Grinyak@vvsu.ru

² Шуленина Алена Викторовна – аспирант кафедры прикладной математики, механики, управления и программного обеспечения, e-mail: Shuleniinaav@mail.ru

исследования движения судов в Сангарском и Токийском заливах, которые подтверждают перспективность предложенного подхода.

Ключевые слова и словосочетания: безопасность судоходства, опасное сближение, траектория движения, скорость, курс, трафик акватории, АИС.

V.M. Grinyak

Vladivostok State University of Economics and Service
Vladivostok. Russia

A.V. Shulenina

Far Eastern Federal University
Vladivostok. Russia

Marine traffic safety estimation by emotional load on a navigator metric

The paper deals with the navigational safety of marine traffic. It examines the problem of determining the degree of danger of traffic scheme employed in a certain water area. In addition to technical and natural factors, the nature of the psychological and emotional stress on navigators should also be taken into account when assessing the risk of a traffic pattern, which is especially important in high traffic density. Metric of this or that sections of the water area is suggested to be introduced as one of possible variations based the model 'room-of-maneuver' by Mitrofanov and Degre, Lefevre. The purpose of this work is to study mathematical models and traffic danger estimation techniques which are dined to be implemented in forward-looking intellectual traffic control systems. Despite the rich arsenal of mathematical techniques for solving the problem of traffic control for various types of transport (optimization techniques, genetic algorithms, game theory techniques and others), generation of a real traffic schemes for a specific water area on the basis of formal mathematical presentation of the problem is almost impossible. The cause of it is a large number of informal locations(positions/statements) used in navigational practice, which are formed due to professional experience. That is why a traffic scheme is determined as a rule based on analysis of experts. It requires development of mathematical apparatus which allows to estimate the degree of safety of existing traffic schemes and ensures support in taking decisions in the process of their planning. It seems that without such optimization of traffic schemes further growth of traffic in heavy traffic areas will finally result in increase of dangerous situations. The measure of the emotional load is the degree and nature of the filling of the 'room-of-maneuver' chart, the ratio of dangerous and safe values of the speed and course of the vessel in conditions of intensity traffic. The characteristic values of this metric for a specific marine area are an important and informative indicator that determines the navigational safety. A promising way to estimate metrics is to use data from the Automatic Identification System. The paper presents a model of traffic data available on open Internet re-sources, a way to bring them to a form suitable for analysis. The results of the pattern safety estimation for traffic in the Tsugaru Strait and the Tokyo Bay are given.

Keywords: marine safety, ship collision, trajectory, speed, course, marine traffic, AIS.

Введение. Навигационная безопасность коллективного движения судов представляет актуальную проблему эксплуатации водных транспортных путей [4, 16, 17]. В зонах интенсивного судоходства она обеспечивается широким комплексом средств и инструментов: бортовыми навигационными средствами, береговыми системами управления движением судов (СУДС), а также правилами судоходства, в основе которых лежат Международные правила предупреждения столкновений судов в море (МППСС-72) [15]. При выработке правил судоходства для конкретной акватории общие принципы дополняются локальными положениями, определяемыми её спецификой.

Результаты известных исследований [12, 13] показывают, что в условиях интенсивного трафика безопасность движения судов может быть обеспечена только при соблюдении ими определённой схемы движения, зависящей от географии акватории. Выбор конкретного варианта такой схемы из множества возможных осуществляется с учётом обеспечения максимальной безопасности движения и практическими аспектами судовождения.

Для решения задач организации движения различных видов транспорта существует множество хорошо разработанных математических моделей и методов: методы оптимизации [11, 23, 30], теории игр [1], генетические алгоритмы [10] и др. Вместе с тем судовождение включает в себя ряд неформальных положений, связанных с личным и коллективным профессиональным опытом работы в различных условиях (погода, время суток, квалификация экипажа, менталитет участников движения и т.п.) [20, 28]. Поэтому выработка схемы движения судов на основе чисто математического подхода вряд ли осуществима. Определить схему движения на конкретной акватории возможно лишь на основе экспертного анализа различной информации об акватории с учетом сложившейся судоводительской практики [14, 18, 21]. Среди факторов, определяющих навигационную безопасность движения на акватории, выделяются следующие [2, 24]:

- интенсивность движения (количество) судов и расстояние между ними (плотность) на том или ином участке;
- характерная скорость движения и размеры судов, интенсивность их маневрирования;
- гидрографические и метеоусловия на акватории (течения, мели, ветер, волнение, видимость);
- степень обеспеченности акватории навигационными средствами (наличие маяков, буёв, класс СУДС).

Наряду с техническими и природными факторами при оценке опасности схемы движения следует учитывать также характер психологической, эмоциональной нагрузки на судоводителей. Она обусловлена, в том числе, сложностью окружающей навигационной обстановки и принятия управленческих решений. Возможным подходом к формализации такой сложности является оценка множества опасных и безопасных значений скорости и курса управляемого судна в условиях коллективного движения [8, 9].

В настоящей работе рассматривается модель оценки эмоциональной нагрузки на судоводителей, основанная на классической идее «области манёвра» Дегре

и Лефевра [22, 26, 27]. Метрикой (мерой) нагрузки являются степень и характер заполнения соответствующей диаграммы «скорость-курс»; в простейшем варианте метрика представляется долей опасных значений скоростей и курсов движения судна. Определение характерных значений метрики в той или иной точке акватории даёт возможность оценить степень опасности схемы движения, открывает перспективную возможность выработки рекомендаций по её изменению в сторону менее опасных конфигураций.

Основные модельные представления. Рассмотрим модель опасной ситуации для каждой пары судов, находящихся на акватории. Пусть имеются два судна с координатами $x^{(1)}, y^{(1)}$ и $x^{(2)}, y^{(2)}$ и компонентами вектора скорости $v_x^{(1)}, v_y^{(1)}$ и $v_x^{(2)}, v_y^{(2)}$. Будем описывать их взаимное относительное движение набором величин $s = (r_x, r_y, v, \eta_v)$, где $r_x = x^{(2)} - x^{(1)}$, $r_y = y^{(2)} - y^{(1)}$ – компоненты вектора относительного положения судов r , $v = \sqrt{(v_x^{(1)} - v_x^{(2)})^2 + (v_y^{(1)} - v_y^{(2)})^2}$ – скорость относительного движения судов, η_v – направление вектора v скорости относительного движения судов (рис. 1).

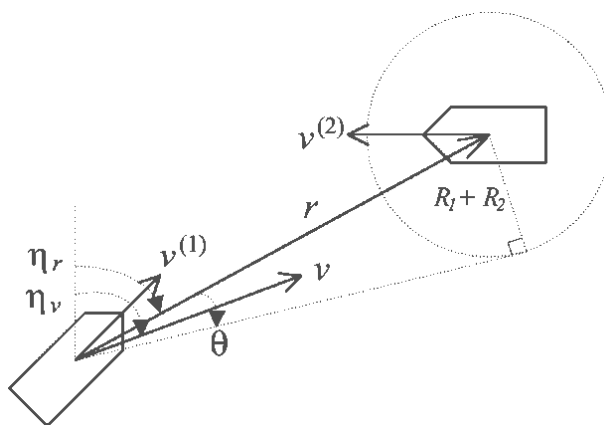


Рис. 1. Модель относительного движения пары судов

Условием безопасного коллективного движения является соблюдение зоны навигационной безопасности судна [3], называемой также «корабельным доменом». В настоящей работе рассматривается корабельный домен статического типа, жёстко привязанный к судну с номером n и интерпретируемый окружностью заданного радиуса R_n . Введем следующие величины (рис. 1): η_r – азимут вектора r , θ – угол, определяемый расстоянием между судами и размерами доменов (считается, что в безопасном состоянии корабельные домены не должны «вторгаться» друг в друга). Введём также величины T – время, оставшееся до максимального сближения судов (ТСРА), и T_* – пороговое значение для времени T .

Потенциально опасное сближение двух судов можно формализовать следующим образом:

$$|\eta_v - \eta_r| < \theta, \quad (1)$$

$$0 < T < T^* . \quad (2)$$

Условие (1) формализует опасную ситуацию при равномерном и прямолинейном движении судов, условие (2) отбирает из общего массива те суда, у которых время до сближения меньше порогового.

Будем считать, что управляемым является первое судно. Переходя от относительного движения судов к абсолютному, будем иметь множество значений вектора скорости первого судна $v^{(1)}$, соответствующих «опасным» значениям вектора v (заштрихованная область на рис. 2). Сектор, соответствующий потенциально опасным значениям скорости и курса первого судна, получается путём параллельного переноса сектора «опасных» значений вектора v на вектор $v^{(2)}$. С помощью окружности радиуса $v_{\downarrow} \max^{\uparrow}$ ((1)) показаны максимально возможные значения скорости первого судна. Представление информации об опасных и безопасных параметрах движения управляемого судна в виде диаграммы «скорость-курс» позволяет обеспечить поддержку принятия решений судоводителем. Например, в данном случае для предотвращения опасного сближения следует либо уменьшить скорость первого судна, либо изменить его курс таким образом, чтобы вектор $v^{(1)}$ вышел из заштрихованной зоны.

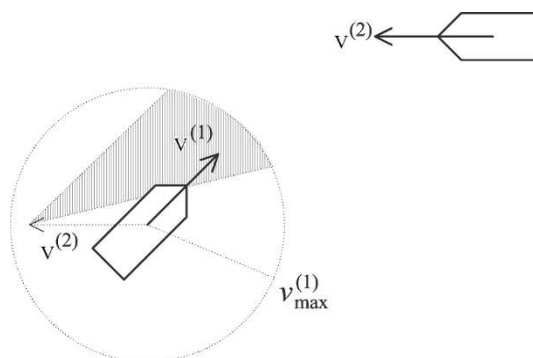


Рис. 2. Принцип построения диаграммы типа «скорость – курс»

Рассмотрим модельный пример, иллюстрирующий суть предлагаемой метрики эмоциональной нагрузки на судоводителей. На рисунке 3 показаны моделируемые положения управляемого судна (I) и двух судов-целей. Судно II находится в точке с относительными координатами (3000, 3000) м, движется с вектором скорости (-5, -5) м/с. Судно III находится в точке с относительными координатами (1000, 400) м, движется с вектором скорости (-5, 0) м/с.

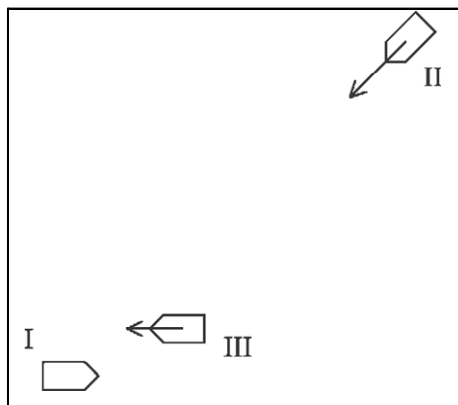


Рис. 3. Расположение и скорости судов-целей (II и III) и управляемого судна (I)

Множество опасных значений вектора скорости первого судна для навигационной ситуации рис. 3 показано на рис. 4. Здесь v_x и v_y – компоненты вектора скорости судна I. Пороговое значение времени T , принималось равным 300 с, радиусы зон навигационной безопасности R_n задавались равными 150 м. Тёмно-серым показаны опасные значения вектора скорости, определённые для пары судов I – II, светло-серым – для пары судов I – III. Видно, что опасными можно считать около 15% возможных значений скорости и курса судна I.

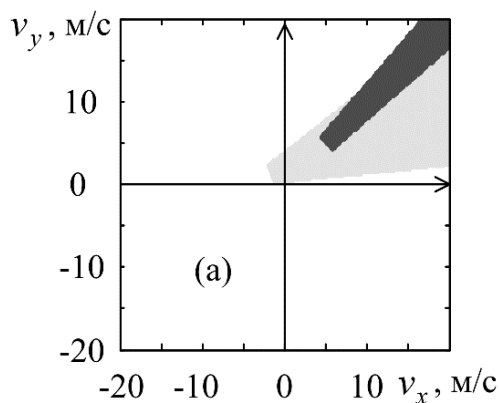


Рис. 4. Визуализация опасных и безопасных скоростей и курсов движения для навигационной ситуации рис. 3

Степень и характер заполнения диаграммы «скорость-курс» дают представление о сложности принятия решений судоводителем в складывающейся навигационной обстановке. Таким образом, метрикой эмоциональной нагрузки на судоводителей можно считать, например, долю опасных значений скоростей и курсов движения судна.

Характерные значения указанной метрики для конкретной морской акватории являются важным и информативным показателем, определяющим навигационную безопасность движения. Её высокое значение служит побудительным мотивом тщательного изучения существующей схемы движения и, возможно, синтеза новой схемы, обеспечивающей лучшие показатели безопасности. Перспективным путём к оценке метрики является использование данных Автоматической идентификационной системы (АИС) [19], доступных на открытых интернет-ресурсах типа [25].

Ретроспективные данные о движении судов, формируемые на основе информации с ресурсов типа [26], представляют собой множество записей вида:

$$\{SID, LAT, LON, SPEED, COURSE, TIME, AGE\}, \quad (3)$$

где *SID* – идентификатор судна; *LAT* – географическая широта; *LON* – географическая долгота; *SPEED* – скорость движения; *COURSE* – курс; *TIME* – время поступления данных; *AGE* – возраст данных, определяющий фактический момент времени, которому они соответствуют. Данные обновляются один раз в 60 с (дискретность параметра *TIME*), фактическое обновление данных (задаётся параметром *AGE*) происходит, как правило, реже: для интенсивно маневрирующих судов в акватории морских портов данные обновляются раз в 1 – 3 мин, для судов, движущихся прямолинейно и равномерно по морским трассам, возраст данных может достигать нескольких часов.

Если требуется осуществлять моделирование движения судна по конкретной локальной акватории, характерные размеры которых обычно не превышают сотни километров, целесообразно перейти от географических координат судна к местным прямоугольным, преобразовав их по правилу:

$$\begin{aligned} x &= R \cos (LAT) \sin (LON-LON^*), \\ y &= R \sin (LAT - LAT^*), \end{aligned}$$

где *R* – средний радиус Земли при представлении её сферой;

LAT * и *LON* * – соответственно широта и долгота точки, принимаемой за начало местной прямоугольной системы координат.

В силу локальности задачи погрешности, обусловленные представлением Земли сферой, а не эллипсоидом или геоидом, будут несущественными. Получаем следующие уравнения движения каждого судна, находящегося на акватории:

$$\begin{aligned} x(t) &= x(t_0) + SPEED \sin (COURSE) (t - t_0), \\ y(t) &= y(t_0) + SPEED \cos (COURSE) t - t_0, \end{aligned}$$

где *x(t)*, *y(t)* – координаты судна в момент времени *t*, *t*₀ – момент времени, соответствующий возрасту данных, так что *t*₀ = *TIME* – *AGE*. На практике из множества данных (3) по каждому судну следует выбирать данные с наименьшим возрастом *AGE* как наиболее достоверные.

Имея множество записей (3), можно согласно описанной методике определить долю опасных значений скоростей и курсов движения каждого судна в каждый момент времени. Разбивая акваторию на участки и вычисляя значения

указанной метрики для проходящих по ним судов, можно оценить характерные (например, средние) значения метрики для каждого участка акватории.

Результаты. Исследования проводились на основе ретроспективных данных о движении судов, полученных с ресурса [25] с помощью специально созданной программной системы [5]; была оценена опасность трафика нескольких акваторий с разной интенсивностью движения.

На рисунках 5 и 6 показаны средние значения доли опасных значений скоростей и курсов судов, движущихся в Сангарском проливе (рис. 5) и в Токийском заливе (рис. 6). В первом случае акватория разбита на квадратные участки со стороной 1000 м, во втором – 500 м. Радиус зоны навигационной безопасности R_n задавался равным длине корпуса судна.

Светло-серым отмечены участки с долей опасных скоростей и курсов от 20 до 50%, серым – от 50 до 80%, темно-серым – от 80 до 90%, черным – более 90%. Можно считать, что на светло-серых участках судоводителю легко принимать решение, на серых от него требуется повышенное внимание, темно-серые и черные участки характеризуются сложной навигационной обстановкой и высокой эмоциональной нагрузкой на судоводителей.

На рисунке 5 видно, что нагруженными являются лишь центральная часть Сангарского пролива, находящаяся в зоне пересечения судопотоков «север-юг» и «запад-восток» (серые участки), а также воды, прилегающие к порту Хакодате (темно-серые и чёрные участки). Сколько-нибудь существенное изменение схемы движения в проливе скорее всего не требуется.

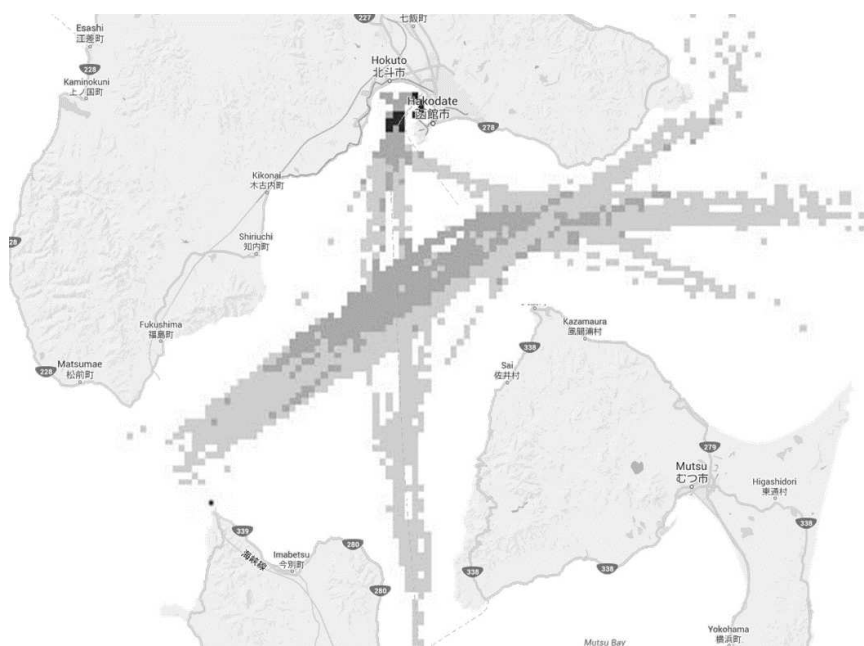


Рис. 5. Средние значения доли опасных значений скоростей и курсов судов (Сангарский пролив)

В отличие от Сангарского пролива Токийский – высоконагруженная акватория. На рис. 6 показаны средние значения доли опасных значений скоростей и курсов судов, движущихся в Токийском заливе. Видно, что, начиная от устья залива и практически на протяжении всех фарватеров и зон, прилегающих к портам Йокосуки, Иокогамы, Тибы, доля опасных скоростей и курсов превышает 80%. Для судоводителей это говорит о том, что нужно планировать работу с учётом повышенной нагрузки и быстрой усталости, например, ставить на мостик наиболее опытных членов экипажа с дублёрами, прибегать к услугам лоцмана. Для регулирующих служб это может служить сигналом о необходимости изменения правил движения, оптимизации судопотока в этой части акватории.

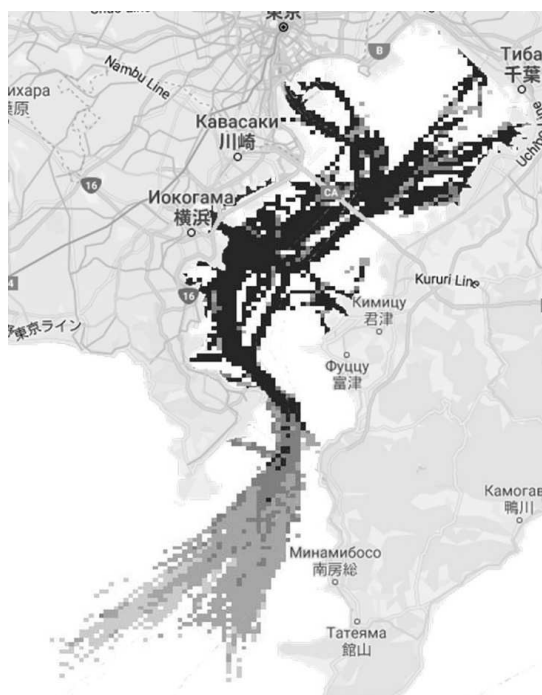


Рис. 6. Средние значения доли опасных значений скоростей и курсов судов (Токийский залив)

Оценка опасности трафика морской акватории может быть проведена с использованием различных подходов. Например, традиционно оценивается интенсивность движения – число судов, проходящих в единицу времени через тот или иной участок акватории. Такая оценка реализована, например, на ресурсе [25], в работах [24, 31]. Вместе с тем интенсивность сама по себе свидетельствует об опасности движения лишь косвенно: трафик может быть плотным, но безопасным или разреженным, но опасным.

Более информативна оценка характерной частоты наступления опасных ситуаций – апостериорная [29], или моделирующая работу системы предупрежде-

ния столкновений [6, 7]. Она позволяет выделять наиболее проблемные участки акваторий, не давая, однако, пути к снижению их загруженности.

Подход, представленный в настоящей работе, позволяет оценить сложность принятия решения судоводителями, работающими как «на борту» (капитан судна), так и «на берегу» (оператор береговой СУДС). Он выявляет потенциальную, скрытую и «нереализованную» опасность трафика, которая может выливаться в реальные опасные ситуации при неблагоприятном стечении обстоятельств (ухудшении видимости, сбоях в работе навигационного оборудования, неправильных командах диспетчера и т.п.). Предложенная метрика представляет собой попытку формализовать психологическую, эмоциональную нагрузку на участников движения. Представление навигационной ситуации в виде диаграмм «скорость-курс» и их анализ позволяют выработать рекомендации по уменьшению доли опасных значений скоростей и курсов.

Анализ данных о движении с точки зрения различных метрик интенсивности и опасности даёт возможность дать комплексную оценку трафика морской акватории. Исходные траекторные данные характеризуются большим объёмом. Например, при построении рис. 6 был обработан массив из более чем 1 млн записей вида (3). Их формирование, хранение и обработка требуют разработки специальных программных систем и алгоритмов на основе технологий суперкомпьютеров и больших данных.

Заключение

1. Оценка степени опасности морского трафика возможна на основе различных метрик. В настоящей работе предложена метрика, оценивающая сложность принятия решений и формализующая эмоциональную нагрузку на судоводителей на том или ином участке акватории.

2. При проведении исследований коллективного движения хорошо зарекомендовал себя подход, связанный с использованием данных, предоставляемых Автоматической идентификационной системой. Первичные данные АИС имеют ограниченную доступность для научных коллективов, поэтому возможно использовать информацию со специализированных интернет-ресурсов. Несмотря на невысокую частоту её обновления и сравнительно низкую точность, она вполне адекватно отражает особенности трафика морских акваторий.

3. Проведённые исследования на основе реальных данных о движении судов подтвердили перспективность применения предложенного подхода. На его основе можно построить устойчивую картину участков морских акваторий, характеризующихся высокой эмоциональной нагрузкой на судоводителей. Это представляет большую ценность для служб, реализующих мероприятия по обеспечению безопасности движения; открывает перспективу оценки степени опасности схемы движения, реализуемой на акватории, и выработки рекомендаций по её изменению в сторону менее опасных конфигураций.

1. Александров В.А., Кобрин А.И. Аппаратно-программный комплекс для моделирования задач группового управления мобильными роботами // Вестник МЭИ. 2011. № 3. С. 88–95.

2. Бродский П.Г., Румянцев Ю.В., Некрасов С.Н. К вопросу оценки влияния интенсивности судоходства на аварийность // Навигация и гидрография. 2010. №30. С. 36–42.
3. Васьков А.С., Гаращенко М.А. Способы представления зоны навигационной безопасности судна // Эксплуатация морского транспорта. 2017. № 3. С. 38–44.
4. Гагарский Э.А., Козлов С.Г., Кириченко С.А. Безопасность судоходства при проектировании морского порта // Транспорт: наука, техника, управление. 2018. № 1. С. 14–18.
5. Головченко Б.С., Гриняк В.М. Информационная система сбора данных о движении судов на морской акватории // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. 2014. № 2 (24). С. 156–162.
6. Гриняк В.М., Девятисильный А.С., Иваненко Ю.С. Оценка опасности движения на акватории по данным Автоматической идентификационной системы // Транспорт: наука, техника, управление. 2017. № 10. С. 41–46.
7. Гриняк В.М., Девятисильный А.С., Люлько В.И. Оценка опасности трафика морской акватории по данным Автоматической идентификационной системы // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. 2017. № 4. С. 681–690.
8. Гриняк В.М., Девятисильный А.С., Трофимов М.В. Визуальное представление параметров траектории безопасного движения судна // Морские интеллектуальные технологии. 2016. № 1–3. С. 269–273.
9. Гриняк В.М., Трофимов М.В., Люлько В.И. Оценка и представление параметров безопасного движения судна // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. 2016. № 4 (38). С. 51–61.
10. Каляев И.А., Гайдук А.Р., Капустян С.Г. Методы и модели коллективного управления в группах роботов. – М.: Физматлит, 2009. 280 с.
11. Кирсанов М.Н. Анализ алгоритмов выбора оптимальных маршрутов группы судов // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. 2016. № 2 (36). С. 183–190.
12. Лебедева М.П., Айзинов С.Д., Лебедев А.О. Методика оценки безопасного движения судов в стесненной акватории // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. 2017. № 1. С. 111–120.
13. Лентарёв А.А., Максимов М.О. Применение судовой навигационной аппаратуры для определения статистических характеристик судопотоков // Транспортное дело России. 2015. № 6. С. 156–158.
14. Лобанов А.А., Румянцев Ю.В., Бухов Д.М. Методические аспекты проектных работ по обеспечению навигационной безопасности плавания в современных условиях // Навигация и гидрография. 2013. № 35. С. 29–38.
15. Международные правила предупреждения столкновений судов в море 1972 (МППСС-72). М.: Консулт, 2004. 80 с.
16. Некрасов С.Н. Метод количественной оценки навигационной безопасности плавания // Навигация и гидрография. 2017. № 48. С. 7–17.
17. Ольховик Е.О., Афонин А.Б., Тезиков А.Л. Информационная модель морских транспортных потоков Северного морского пути // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова. 2018. № 1. С. 97–105.
18. Пламмер К.Дж. Маневрирование судов в узкостях. Л.: Судостроение, 1986. 80 с.
19. Ростопшин Д.Я., Антонова Д.А. О проблемах использования данных автоматической идентификационной системы в задачах управления движением судов // Мехатроника, автоматизация, управление. 2007. №9. С. 63–69.

20. Студеникин Д.Е., Григорян А.А., Маковецкая Н.А. Применение систем принятия решений для выбора параметров маневра судна // Эксплуатация морского транспорта. 2015. № 4. С. 58–62.
21. Таратынов В.В. Целесообразность разделения морских путей // Морской флот. 1969. № 9. С. 19–20.
22. Degre T., Lefevre X. A collision avoidance system // Journal of Navigation. 1981. Vol. 34, Is. 2. P. 294–302.
23. Lazarowska A. Ship's trajectory planning for collision avoidance at sea based on ant colony optimisation // Journal of Navigation. 2015. Vol. 68, Is. 2. P. 291–307.
24. Mapping global shipping density from AIS data / L. Wu, Y. Xu, Q. Wang, F. Wang, Zh. Xu // Journal of Navigation. 2016. Vol. 70, Is. 1. P. 67–81.
25. MarineTraffic. URL: <http://www.marinetraffic.com> (Дата обращения 01.06.19).
26. Mitrofanov O. An anti-collision indicator // Journal of Navigation. 1968. Vol. 21, Is. 02. P. 163–170.
27. Szlapczynski R., Szlapczynska J. A target information display for visualising collision avoidance manoeuvres in various visibility conditions // Journal of Navigation. 2015. Vol. 68, Is. 6. P. 1041–1055.
28. Tam Ch. K., Bucknall R., Greig A. Review of collision avoidance and path planning methods for ships in close range encounters // Journal of Navigation. 2009. Vol. 62, Is. 3. P. 455–476.
29. Weng J., Xue S. Ship collision frequency estimation in port fairways: a case study // Journal of Navigation. 2015. Vol. 68, Is. 3. P. 602–618.
30. Zeng Z. L. Lian, K. Sammut, F. He, Y. Tang, A. Lammas A survey on path planning for persistent autonomy of autonomous underwater vehicles // Ocean Engineering. 2015. Vol. 110, Part A. P. 303–313.
31. Zhao L., Shi G., Yang J. Ship Trajectories Pre-processing Based on AIS Data // Journal of Navigation. 2018. Vol. 71, Is. 5. P. 1210–1230.

Транслитерация

1. Aleksandrov V.A., Kobrin A. I. Apparato-programmnyj kompleks dlya modelirovaniya zadach gruppovogo upravleniya mobil'nymi robotami // Vestnik MEI. 2011. № 3. S. 88–95.
2. Brodskij P.G., Rumyanecv YU.V., Nekrasov S.N. K voprosu ocenki vliyaniya intensivnosti sudohodstva na avarijnost' // Navigaciya i gidrografiya. 2010. №30. S. 36–42.
3. Vas'kov A.S., Garashchenko M.A. Sposoby predstavleniya zony navigacionnoj bezopasnosti sudna // Ekspluataciya morskogo transporta. 2017. № 3. S. 38–44.
4. Gagarskij E.A., Kozlov S.G., Kirichenko S.A. Bezopasnost' sudohodstva pri proektirovanii morskogo porta // Transport: nauka, tekhnika, upravlenie. 2018. №1. S. 14–18.
5. Golovchenko B.S., Grinyak V.M. Informacionnaya sistema sbora dannyh o dvizhenii sudov na morskoj akvatorii // Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova. 2014. №2 (24). S. 156–162.
6. Grinyak V.M., Devyatisil'nyj A.S., Ivanenko YU.S. Ocenka opasnosti dvizheniya na akvatorii po dannym Avtomaticheskoy identifikacionnoj sistemy // Transport: nauka, tekhnika, upravlenie. 2017. №10. S. 41–46.
7. Grinyak V.M., Devyatisil'nyj A.S., Lyul'ko V.I. Ocenka opasnosti trafika morskoy akvatorii po dannym Avtomaticheskoy identifikacionnoj sistemy // Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova. 2017. № 4. S. 681–690.
8. Grinyak V.M., Devyatisil'nyj A.S., Trofimov M.V. Vizual'noe predstavlenie parametrov traektorii bezopasnogo dvizheniya sudna // Morskie intellektual'nye tekhnologii. 2016. № 1-3. S. 269–273.

9. Grinyak V.M., Trofimov M.V., Lyul'ko V.I. Ocenka i predstavlenie parametrov bezopasnogo dvizheniya sudna // Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova. 2016. № 4 (38). S. 51–61.
10. Kalyaev I.A., Gajduk A.R., Kapustyan S.G. Metody i modeli kollektivnogo upravleniya v gruppah robotov. M.: Fizmatlit, 2009. 280 s.
11. Kirsanov M.N. Analiz algoritmov vybora optimal'nyh marshrutov gruppy sudov // Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova. 2016. № 2 (36). S. 183–190.
12. Lebedeva M.P., Ajzinov S.D., Lebedev A.O. Metodika ocenki bezopasnogo dvizheniya sudov v stesЕННОj akvatorii // Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota im. admirala S.O. Makarova. 2017. № 1. S. 111–120.
13. Lentaryov A.A., Maksimov M.O. Primenenie sudovoj navigacionnoj apparatury dlya opredeleniya statisticheskikh harakteristik sudopotokov // Transportnoe delo Rossii. 2015. № 6. S. 156–158.
14. Lobanov A.A., Rumyanцев YU.V., Buhov D.M. Metodicheskie aspekty proektnyh rabot po obespecheniyu navigacionnoj bezopasnosti plavaniy v sovremennykh usloviyakh // Navigaciya i gidrografiya. 2013. № 35. S. 29–38.
15. Mezhdunarodnye pravila preduprezhdeniya stolknoveniy sudov v more 1972 (MPPSS-72). M.: RKonsul't, 2004. 80 s.
16. Nekrasov S.N. Metod kolichestvennoj ocenki navigacionnoj bezopasnosti plavaniya // Navigaciya i gidrografiya. 2017. № 48. S. 7–17.
17. Ol'hovik E.O., Afonin A.B., Tezikov A.L. Informacionnaya model' morskikh transportnykh potokov Severnogo morskogo puti // Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota im. admirala S. O. Makarova. 2018. № 1. S. 97–105.
18. Plammer K. Dzh. Manevrirovaniye sudov v uzkostyakh. L.: Sudostroeniye, 1986. 80 s.
19. Rostopshin D.YA., Antonova D.A. O problemakh ispol'zovaniya dannykh avtomaticheskoy identifikacionnoj sistemy v zadachah upravleniya dvizheniem sudov // Mekhatronika, avtomatizaciya, upravlenie. 2007. №9. S. 63–69.
20. Studenikin D.E., Grigoryan A.A., Makoveckaya N.A. Primenenie sistem prinyatiya resheniy dlya vybora parametrov manevra sudna // Ekspluatatsiya morskogo transporta. 2015. № 4. S. 58–62.
21. Taratynov V.V. Celesoobraznost' razdeleniya morskikh putej // Morskoj flot. 1969. № 9. S. 19–20.

© В.М. Гриняк, 2019

© А.В. Шуленина, 2019

Для цитирования: Гриняк В.М., Шуленина А.В. Оценка загруженности трафика морской акватории мерой возможности принятия решений судоводителями // Территория новых возможностей. Вестник Владивостокского государственного университета экономики и сервиса. 2019. Т. 11, № 3. С. 140–152.

For citation: Grinyak V.M., Shulenina A.V. Marine traffic safety estimation by emotional load on a navigator metric, *The Territory of New Opportunities. The Herald of Vladivostok State University of Economics and Service*, 2019, Vol. 11, № 3, pp. 140–152.

DOI dx.doi.org/10.24866/VVSU/2073-3984/2019-3/140-152

Дата поступления: 05.07.2019.