

МОРСКИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

1001101001101111001100100011000101001110100100011000110101011110100001001001010010011
01000110110000011011011000101001001110100111001101001110100110101000011101100111001010
11001011110001001100001101101110111010001001101001110010001010010101000110101110100001
010100011011101001000100111011000010110011101010011101001100010101101010010011001110
1101011000010101110100101001101101010110001011010101101001010011101010101101001101001
1001101001101111100110010001100010100111010010001100110101011110100001001001010010011
01000110110000011011011000101001001110100111001101001110100111010101000011101100111001010
11001011110001001100001101101110111010001001101001110010001010010101000110101110100001
01010001101110100100010011101100001011001110101001110100110001010101101010010011001110
1101011000010101110100101001101101010110001011010001100001010011101010001101001101001

№ 3 (33) Т. 1 2016



Труды

Морского государственного университета имени адмирала Г.И. Невельского

0100011011000001101101100010100100111010011100111001101001110100110101000011101100111001010
11001011110001001100001101101110111010001001101001110010001010010101000110101110100001
01010001101110100100010011101100001011001110101001110100110001010101101010010011001110
11010110000101011101001010011011010101100010110101011010010100111010101 101001
10011010011011111001100100011000101001110100101011000110101011110101101 1010
01000110110000011011011000101001001110100111001101001110100110101000010 011





МОРСКИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Научный журнал № 3 (33) T1 2016 www.morintex.ru, ISSN № 2073-7173, ISSN Эл № ФС72-3345

Тематика: кораблестроение, информатика, вычислительная техника и управление

Главный редактор:

Н.В. Никитин, д.т.н., профессор

Редакционный Совет

Сопредседатели

И.Г.Захаров, д.т.н., профессор, заместитель генерального директора ЦМКБ «Алмаз»

Е.М. Апполонов, д.т.н., профессор, Ректор, СПбГМТУ

Члены Совета

А.И. Гайкович, д.т.н., профессор, генеральный директор, НИЦ "МОРИНТЕХ»

Г.Н. Муру, к.т.н., генеральный директор, 51 ЦКТИ судоремонта

Огай С. А. к.т.н., доцент ректор, Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского

Одд М. Фалтинсен, профессор, Норвежский университет науки и технологии, Норвегия

Пентти Куяла, профессор, университет Аалто, Финляндия

В.Н. Половинкин, д.т.н., профессор, референт генерального директора, ФГУП «Крыловский государственный научный центр»

К.В. Рожественский, д.т.н., профессор, проректор по международному сотрудничеству, СПбГМТУ

С.П. Столяров, д.т.н., профессор, декан факультета корабельной энергетики и автоматики, СПбГМТУ

В.Н. Тряскин, д.т.н., профессор, проректор, СПбГМТУ по учебной работе

А.К. Филимонов, д.т.н., профессор, проректор СПбГМТУ по научной работе

Редакционная коллегия

Заместители главного редактора

А.И. Гайкович, д.т.н., профессор, Санкт-Петербургский государственный университет

А.И. Фрумен, к.т.н., профессор, Санкт-Петербургский государственный университет

П.А. Шауб, д.т.н., профессор, НИИ кораблестроения и вооружения ВМФ

Члены Редколлегии

А.В. Алексеев, д.т.н., профессор Санкт-Петербургский государственный университет

А.Е. Богданов к.т.н. — ОАО «Системы управления»

Р.В. Борисов д.т.н. профессор, Санкт-Петербургский государственный морской технический университет

Ю.А. Власов, к.ф.-м.н. преподаватель, Флоридский Международный Университет, Майами, США

Войлошников М.В., д.т.н., профессор, Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского

А.Н. Дядик, д.т.н., профессор, Санкт-Петербургский государственный университет

В.А. Евтеев, д.т.н., Объединенная судостроительная корпорация

Ю.И. Нечаев, д.т.н., профессор, Санкт-Петербургский государственный морской технический университет

В.В. Родионов, к.т.н, с.н.с., ЗАО «Си Проект»

В.Ю. Семенова, д.т.н., профессор, Санкт-Петербургский морской государственный университет

Д.А. Скороходов, д.т.н., профессор, Институт проблем транспорта РАН

О.В. Третьяков, д.т.н., доцент, НИИ кораблестроения и вооружения ВМФ

Н.А Тарануха, д.т.н., профессор, Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет

Периодичность издания — 4 номера в год

Журнал включен в систему Российского индекса научного цитирования (РИНЦ) <http://vak.ed.gov.ru>

Журнал включен в Перечень ВАК ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук и в международную реферативную базу данных Web of Science

Рукописи представляются в редакцию в электронном виде (на диске или по электронной почте: mit-journal@mail.ru)

Учредитель - издатель: Общество с ограниченной ответственностью «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «МОРСКИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

Свидетельства о регистрации СМИ ПИ № ФС77-32382 от 09.06.2008, Эл № ФС72-3345

Редакция в обязательном порядке осуществляет экспертную оценку всех материалов, публикуемых в журнале

190121 г. Санкт-Петербург, ул. Лоцманская д.3

Телефон/факс +7 (812) 513-04-51

e-mail: mit-journal@mail.ru

Ответственность за содержание информационных и рекламных материалов, а также за использование сведений, не подлежащих публикации в открытой печати, несут авторы и рекламодатели.

Перепечатка допускается только с разрешения редакции Мнение редакционного совета и членов редколлегии может не совпадать с точкой зрения авторов публикаций

Редакционная этика журнала «МОРСКИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

Редакционная деятельность научного журнала «МОРСКИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ» опирается, в частности, на рекомендации Комитета по этике научных публикаций, а также на ценный опыт авторитетных международных журналов и издательств.

<http://morintex.ru/ru/nauchnyj-zhurnal/redakcionnaya-etika/>

Напечатано в центре полиграфии НИЦ «МОРИНТЕХ»

Дизайн: А.В. Антонов



MARINE INTELLECTUAL TECHNOLOGIES

Scientific journal № 3 (33) V.1 2016 www.morintex.ru ISSN 2073-7173, ISSN Эл № ФС72-3345

Subject: shipbuilding, computer science, computer engineering and management

Chief Editor:

N. V. Nikitin, Doctor of Engineering, Professor

Editorial Board

Co-chairmen

I.G. Zakharov, Doctor of Engineering, Professor, Vice-CEO ZMKB "Almaz"

E.M. Appolonov, Doctor of Engineering, Professor, Rector, Saint-Petersburg State Marine Technical University

Council Members

A.I. Gajkovich, Doctor of Engineering, Professor, CEO, Research Centre "Marine Intelligent Technologies"

G.N. Muru, PhD, CEO, 51 CCIS

Ogai S.A., PhD, Associate professor, Rector, Maritime state university named Admiral Nevelskoi

Odd M. Faltinsen, Professor, Norwegian University of Science and Technology, Norway

Pentti Kujala, Professor, Aalto University, Finland

V.N. Polovinkin, Doctor of Engineering, Professor, Assistant Director General, Krylov State Research Centre

K.V. Rozhdestvenskij, Doctor of Engineering, Professor, Vice-Rector for International Science & Education, Saint-Petersburg State Marine Technical University

S.P. Stoljarov, Doctor of Engineering, Professor, Dean of the Faculty of naval power and automation, Saint-Petersburg State Marine Technical University

V.N. Trjaskin, Doctor of Engineering, Professor, Vice-Rector for Education, Saint-Petersburg State Marine Technical University

A.K. Filimonov, Doctor of Engineering, Professor, Vice-Rector for Research, Saint-Petersburg State Marine Technical University

Editorial Staff

Deputy Chief Editors

A. I. Gaykovich, Doctor of Engineering, Professor, St. Petersburg State Marine Technical University

A. I. Frumen, PhD, Professor, St. Petersburg State Marine Technical University

P. A. Shaub, Doctor of Engineering, Professor, Institute of Shipbuilding and armaments of Russian Navy

Members of Editorial Staff

A.V. Alekseev, Doctor of Engineering, Professor, St. Petersburg State Marine Technical University

A. E. Bogdanov, PhD, JSC "Control Systems"

R. V. Borisov, Doctor of Engineering, Professor St. Petersburg State Marine Technical University

Yu. A. Vlasov, PhD, Adjunct Professor, Florida International University, Miami, FL, USA

Voyloshnikov M.V., Doctor of Engineering, Professor, Maritime state university named Admiral Nevelskoi

A.N. Dyadik, Doctor of Engineering, Professor, St. Petersburg State Marine Technical University

V. A. Evteev, Doctor of Engineering, United Shipbuilding Corporation

Yu. I. Nechayev, Doctor of Engineering, Professor, St. Petersburg State Marine Technical University

V. V. Rodionov, PhD, Senior Research Scientist, CJSC "Sea Project"

V. Yu.Semenova, Doctor of Engineering, Professor, St. Petersburg State Marine Technical University

D. A. Skorokhodov, Doctor of Engineering, Professor, Institute of Transportation Problems of the Russian Academy of Science

O. V. Tretyakov, Doctor of Engineering, Associate Professor, Institute of Shipbuilding and armaments of Russian Navy

N. A. Taranukha, Doctor of Engineering, Professor, Komsomolsk-on-Amur State Technical University

Publication frequency — 4 issues per year

The journal is included into the system of Russian Science Citation Index <http://vak.ed.gov.ru>

The magazine is included into the List of Supreme Attestation Commission of leading reviewed scientific magazines and editions, in which basic scientific results of theses for application of science-degrees of Doctor and Candidate of Science shall be published and in the international abstract Web of Science database.

Manuscripts are to be submitted to the editorial office in electronic form (on CD or via E-mail: mit-journal@mail.ru)

Founder-Publisher: Research Centre "Marine Intelligent Technologies"

Registration Certificate: ПИ № ФС77-32382 of 09.06.2008, Эл № ФС72-3345

Address: Lotsmanskaya, 3, St. Petersburg 120121, Russian Federation

Phone/fax +7 (812) 513-04-51

e-mail: mit-journal@mail.ru

The journal is included into the list of periodicals recommended for publishing doctoral research results <http://vak.ed.gov.ru>

Printed in the Printing-House of Research Centre "Marine Intelligent Technologies"

Authors and advertisers are responsible for contents of information and advertisement materials as well as for use of information not liable to publication in open press. Reprinting is allowed only with permission of the editorial office.

Opinion of editorial staff and editorial board may not coincide with those of the authors of publications

Editorial ethics of the scientific journal «MARINE INTELLECTUAL TECHNOLOGIES»

EDITORIAL BOARD of the Scientific Journal «Marine Intellectual Technologies» bases its work, in particular, on the guidelines of the Committee of Publication Ethics, as well as on the practices of influential international journals and publishers.

<http://morintex.ru/en/nauchnyj-zhurnal/redakcionnaya-etika/>

Design: A.V. Antonov

Завьялов В.В., Ключева С.Ф. Математическая модель интерполяционного измерителя скорости	246
Гриняк В.М., Девятисильный А.С., Трофимов М.В. Оценка характера траектории движения судна лингвистическими переменными	252
Завьялов В.В., Ключева С.Ф. Исследование параметров кластеризации в системах навигации по глубинам морского дна	258
Дыда А.А., Дыда П.А., Осокина Е.Б., Оськин Д.А. Адаптивная идентификация параметров моделей судна на основе алгоритма скоростного градиента	263
Гриняк В.М., Девятисильный А.С., Трофимов М.В. Визуальное представление параметров траектории безопасного движения судна	269
Короченцев В.И., Малашенко А.Е., Мироненко М.В., Потапенко А.А. Анализ и синтез акустических антенн в морском клине	274
Короченцев В.И., Губко Л.В., Ким А.В. Трехмерная неоднородная модель морской среды	280
Москаленко М.А., Акмайкин Д.А. Использование методов оптимальной интерполяции гидрометеорологических данных, для повышения точности прогнозов при перевозке грузов морем	285
УПРАВЛЕНИЕ В СОЦИАЛЬНЫХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ	
Москаленко М.А., Рычкова В. Ф., Рычков Д. Ф. Состояние и перспективы обновления российского флота	290
Луговец А.А., Рычкова В.Ф., Рычков Д.Ф. Обоснование необходимости создания единой Транспортной системы на юге Приморского края	297
Кривец В.В., Войлошников М.В., Лентарев А.А. Экономическое понятие морских ресурсов и оценка их вклада в стоимость активов морского предприятия	303
Глушков С.В., Левченко Н.Г. Аспекты применения интеллектуальных информационных технологий в управлении на морском транспорте	310
Войлошников М.В., Кривец В.В., Гончарова Т.Г. Согласование значений оценки специализированного актива морского предприятия независимыми подходами на основе анализа предпочтительности подходов	318
Азовцев А.И., Маликова Т.Е., Филиппова А.И., Янченко А.А. Разработка инфологической модели базы данных предварительного информирования таможенных органов для судоходной компании	327
Луговец А.А., Затеякин С.М. Козволюция Дальневосточных морских портов России в Азиатско-Тихоокеанском регионе	333
Лентарев А.А., Левченко Н.Г. Перспективы использования интеллектуальных систем в управлении Северным морским путем	339
Луговец А.А., Фисенко А.И. Трансформация экономических интересов и перспективы развития морских портов Дальнего Востока	344
Лентарев А.А., Переверзин А.А. Обучение правилам безопасного мореплавания и охраны морской среды с учетом нормативов Полярного Кодекса	351

УДК 519.68:15:681.5

ВИЗУАЛЬНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТРАЕКТОРИИ БЕЗОПАСНОГО ДВИЖЕНИЯ СУДНА

Гриняк Виктор Михайлович

кандидат технических наук, доцент
доцент кафедры Прикладной математики, механики,
управления и программного обеспечения
Дальневосточный федеральный университет
690091, Владивосток, ул. Суханова, 8
тел. 89046234235, e-мэйл: victor.grinyak@gmail.com

Девятисильный Александр Сергеевич

доктор технических наук, профессор
главный научный сотрудник
Институт автоматизации и процессов управления
Дальневосточного отделения Российской Академии Наук
690016, Владивосток, ул. Радио, 3
тел. 89146614992, e-мэйл: devyatis@iacp.dvo.ru

Трофимов Максим Валерьевич

старший преподаватель кафедры Информационных технологий и систем
Владивостокский государственный университет экономики и сервиса
190014, Владивосток, ул. Гоголя, 41
тел. 89147976451, e-мэйл: bugzex@yandex.ru

Аннотация

Статья посвящена проблеме навигационной безопасности движения морских судов. Рассматривается модель информационной системы, оценивающей возможность опасного сближения морских судов. Система обеспечивает поддержку принятия решений по предотвращению опасного сближения путём наглядного представления на рабочем месте оператора информации о навигационной обстановке на акватории в виде диаграммы «скорость-курс». В статье предлагается новый метод формирования таких диаграмм, основанный на сочетании классических подходов к построению «области манёвра» и многоуровневой оценке риска опасного сближения судов. В основу разделения уровней опасности положены траекторные свойства движения судна-цели: вербальный уровень опасности для маневрирующего судна меньше, чем для не маневрирующего. Предлагаемая визуализация информации позволяет упорядочить принятие решений операторами СУДС и судоводителями в условиях высокой интенсивности движения, снижает эмоциональную нагрузку на персонал. Кроме того, она соответствует современной тенденции развития береговых систем управления движением судов в направлении углубления интеграции с судовыми системами (е-навигация). Работа сопровождается результатами испытаний на реальных данных о движении судов в заливе Находка.

Ключевые слова: управление движением судов, безопасность судоходства, сближение судов, опасная ситуация, уровень опасности, принятие решения

THE DATA OF THE TRAJECTORY VISUALIZATION OF SHIP COLLISION AVOIDANCE

Grinyak Victor Mikhailovich

Associate professor, Cand. Sci. Tech.
Associate professor of department of Applied
mathematics, mechanics, control and software,
Far Eastern Federal University
8, Sukhanova st., 690091, Vladivostok, Russia
tel. 89046234235, e-mail: victor.grinyak@gmail.com

Devyatisilnyi Alexander Sergeevich

Professor, Dr. Sci. Tech.
Chief research scientist

Institute of automatics and control processes
of Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences
3, Radio st., 690016, Vladivostok, Russia
tel. 89146614992, e-mail: devyatis@iacp.dvo.ru

Trofimov Maxim Valerievich

Senior lecturer of department of Information systems and technologies
Vladivostok State University of Economics and Service
41, Gogolya, Vladivostok, 690014, Russian Federation
tel. 89147976451, e-mail: bugzex@yandex.ru

Abstract

The paper is devoted to the problem of marine safety. A model of the information system that evaluates the ships collision risk assessment. The system provides decision support to collision avoidance by visualizing workplace information on navigation conditions in the waters of the operator in the form of charts, "course-speed". The paper proposes a new method for the formation of such diagrams, based on a combination of classical approaches to the construction of "room-of-maneuver" and a multi-level risk assessment dangerous proximity of vessels. The basis of the separation of danger levels laid trajectory properties of the motion-purpose vessel: the verbal level of danger for maneuvering the vessel is less than for non-maneuvering. Offered information visualization allows you to streamline decision-making and VTS operators skippers in high traffic density, reduces emotional burden on staff. In addition, it corresponds to modern trends in the development of coastal traffic management systems for ships in the direction of greater integration with the ship systems (e-navigation). The work is accompanied by the results of tests on real data about the ships traffic in the Nakhodka Bay.

Key words: vessel traffic control, marine safety, collision avoidance, dangerous situation, dangerous level, decision making, room-of-maneuver

Введение

Навигационная безопасность коллективного движения судов является актуальной проблемой эксплуатации водных транспортных путей [1]. В ограниченных водах её обеспечение возложено на особый класс технических средств – береговые системы управления движением судов (СУДС). Их задачи реализуются с использованием измерительной информации, доставляемой радарными и спутниковыми средствами траекторных измерений – транспондерами Автоматической идентификационной системы (АИС) [2, 3].

Береговые СУДС не являются системами управления судном в классическом понимании. Их задача – общая диспетчеризация движения путем выдачи оператором СУДС указаний. Другими словами, СУДС является системой поддержки принятия решений [4].

В настоящее время в организационном плане развитие береговых СУДС идёт по пути интеграции с судовыми системами и береговыми службами; концепция такой интеграции получила название «е-навигация» [5]. С точки зрения технических аспектов е-навигации, СУДС должны обеспечивать механизмы координации движения судов и работы соответствующих береговых служб, в том числе – за счет представления комплексных данных и обмена ими в форматах, которые будут наиболее удобны и понятны для операторов береговых

служб, обеспечивающих безопасность движения.

Одним из перспективных подходов к представлению навигационной информации в обсуждаемом контексте являются диаграммы типа «скорость-курс» [6, 7]. Они традиционно используются бортовыми навигационными средствами для визуализации данных об опасных и безопасных скоростях и курсах движения с точки зрения задачи «судно-судно». Классические диаграммы типа «скорость-курс» оперируют двухуровневой оценкой опасности типа «опасный/безопасный». В работах [8,9] и др. авторами исследовались модели экспертного оценивания степени опасности ситуации в задаче «судно-судно» с выделением множества уровней опасности типа «очень опасный/опасный/почти безопасный/и т.п.». Комплексирование традиционных диаграмм типа «скорость-курс» с многоуровневыми моделями оценки опасности ситуации представляет исследовательский и прикладной интерес.

Известна работа [10], в которой предлагается наиболее близкий из известных аналог такого подхода; градации уровней опасности в нём обусловлены допустимым минимальным расстоянием между судами и правилами судоходства. С учётом результатов, полученных авторами ранее, в настоящей работе предлагается альтернативный способ построения многоуровневых диаграмм типа «скорость-курс»: разделять уровни опасности на основе траекторных свойств движения судов. Это отвечает особен-

ностям внешнего наблюдения береговой СУДС и характеру задач, возложенных на неё. Рассматриваемая модель системы оценки степени опасности параметров движения судна позволяет обеспечить поддержку принятия согласованных решений операторами СУДС и судоводителями.

1. Основные модельные представления

При моделировании навигационной безопасности коллективного движения будем использовать традиционный подход - построение модели задачи «судно-судно» для каждой пары судов, что является обычной практикой [11].

Рассмотрим два судна с координатами $x^{(1)}, y^{(1)}$ и $x^{(2)}, y^{(2)}$ и скоростями $v_x^{(1)}, v_y^{(1)}$ и $v_x^{(2)}, v_y^{(2)}$.

Будем описывать их коллективное движение набором величин $s = (r_x, r_y, v_x, v_y)$ - вектором состояния коллективного движения двух судов, где $r_x = x^{(2)} - x^{(1)}, r_y = y^{(2)} - y^{(1)}$ - компоненты вектора относительного положения судов r , $v_x = v_x^{(1)} - v_x^{(2)}, v_y = v_y^{(1)} - v_y^{(2)}$ - компоненты вектора относительной скорости движения судов v (рис. 1).

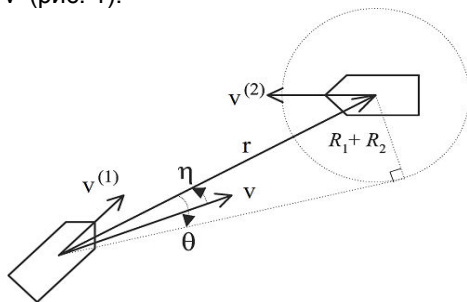


Рис. 1. Модель относительного движения пары «судно-судно»

Главным условием безопасного движения является недопущение опасного сближения судов. Это обеспечивается соблюдением некой зоны навигационной безопасности вокруг судна, называемой также «корабельным доменом» [1]. В настоящей работе рассматривается корабельный домен статического типа, жёстко привязанный к судну с номером n и интерпретируемый окружностью заданного радиуса R_n . Совокупность величин r_x, r_y, v_x, v_y свидетельствует о потенциально опасном движении двух судов в случае выполнения следующих неформальных условий [12]: направление вектора скорости относительного движения судов таково, что вектор v находится внутри сектора, определяемого размером корабельного домена и расстоянием между судами; суда движутся прямолинейно и равномерно; время, оставшееся до максимального сближения судов, ниже допустимого.

Будем считать судно 1 управляемым судном. Переходя при определении потенциально опасного движения от относительного движения судов к абсолютному, будем иметь множество значений вектора скорости первого судна $v^{(1)}$,

соответствующих «опасным» значениям вектора v . Такая визуализация помогает оператору СУДС и судоводителю не только распознать потенциально опасную ситуацию, но и оценить возможности по предотвращению опасного сближения судов.

Введем следующие величины (см. рис. 1): θ - угол, определяемый расстоянием между судами и размерами их доменов; η - угол между векторами r и v ; D - функция-детектор манёвра, причем если $D > 0$, то наблюдаемое судно маневрирует, если $D < 0$ - судно движется прямолинейно и равномерно (функция D может быть построена множеством известных способов, см., например, [8]); T - время, оставшееся до максимального сближения судов.

Потенциально опасное сближение двух судов может быть формализовано следующим образом:

$$\eta < \theta, \tag{1}$$

$$D < 0, \tag{2}$$

$$0 < T < T^*, \tag{3}$$

где T^* - пороговое значение. Условия (1) и (2) формализуют опасную ситуацию при равномерном и прямолинейном движении судов; условие (3) отбирает из общего массива лишь те суда, время до сближения которых меньше порогового. В случае маневренного движения судов (то есть при $D > 0$) примем, что маневрирование судна свидетельствует о попытке судоводителя придать движению безопасный характер и о его контроле над ситуацией [13, 14]. Поэтому при внешнем наблюдении маневрирующие объекты характеризуются невысоким вербальным уровнем опасности.

С учётом сказанного, будем иметь следующую систему правил для оценки степени опасности навигационной ситуации u в зависимости от истинности условия (1)-(3) (таблица 1).

Таблица 1

Система правил для дискретной оценки уровня опасности

№	(1)	(2)	(3)	u
1	-	-	-	0
2	-	-	+	0
3	-	+	-	0
4	-	+	+	0
5	+	-	-	0
6	+	-	+	1
7	+	+	-	0
8	+	+	+	2

Степень опасности 0 (минимальная) соответствует безопасной ситуации; степень опасности 1 (средняя) – суда могут опасно сближаться, но при этом они маневрируют, то есть судоводитель скорее всего контролирует ситуа-

цию; степень 2 (максимальная) – суда опасно сблизятся, если не начнут манёвр уклонения. При реализации рассматриваемой модели «на борту» или в береговой СУДС множества значений вектора $v^{(1)}$, соответствующие различным уровням опасности, визуализируются на соответствующей диаграмме «скорость-курс» различными способами (например, различным цветом или стилем).

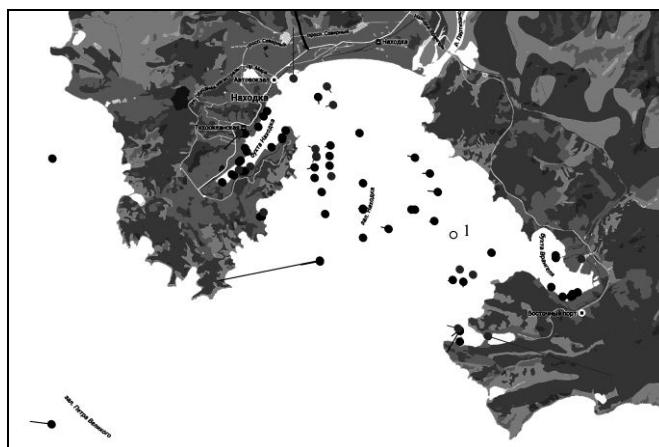


Рис. 2. Расположение судов в заливе Находка

На рис. 3 показаны результаты визуализации опасных и безопасных возможных скоростей и курсов движения моделируемого управляемого судна, соответствующие уровням опасности $u=1$ (светло-серые области) и $u=2$ (тёмные области), определённым трёхуровневой моделью таблицы 1 для порогового значения времени $T^* = 300c$. Видно, что, окружающая навигационная обстановка такова, что безопасным является лишь движение судна 1 курсом на северо-восток и юго-запад. Безопасное движение другими курсами возможно лишь с небольшой скоростью.

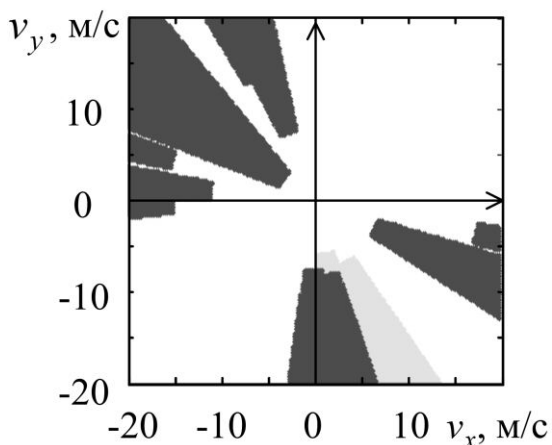


Рис. 3. Визуализация опасных и безопасных скоростей и курсов движения

В целом предлагаемая методика визуализации опасных и безопасных параметров движе-

2. Результаты натуральных испытаний

Было проведено моделирование предлагаемой методики визуализации опасных и безопасных параметров движения судна на данных о реальном движении судов [15]. На рис. 2 показано положение и скорости судов в заливе Находка. Длина стрелки соответствует скорости движения судна, направление стрелки – курсу судна. Выколотым кружком 1 показано моделируемое положение управляемого судна, для которого выполняется визуализация.

ния управляемого судна применима как в береговых системах управления движением судов, так и в бортовой системе поддержки принятия решений и позволяет решить задачу о выборе оператором СУДС и судоводителем той или иной траектории движения судна.

Заключение

В условиях высокой интенсивности трафика судоводителям и операторам СУДС требуются особые инструменты поддержки принятия решений.

В работе предложен метод визуализации информации о навигационной обстановке на акватории, сочетающий в себе классические подходы [7] и [6] и математическую модель многоуровневой оценки риска опасного сближения судов [8,9]. Он позволяет наглядно представлять информацию об опасных и безопасных параметрах движения судов на рабочем месте оператора СУДС и судоводителя.

Одновременная визуализация полученных данных «на берегу» и «на борту» даёт возможность согласовать действия оператора СУДС и судоводителя. Кроме того, разработанная модель представления информации о навигационной обстановке на акватории позволяет оценить эмоциональную нагрузку на судоводителей.

Это открывает перспективную возможность оценки степени опасности той или иной схемы движения конкретной акватории и выработки рекомендаций по изменению схемы движения в сторону менее опасных конфигураций.