

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ рОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

**«Дальневосточный федеральный университет»**

(ДВФУ)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **ИНСТИТУТ МАТЕМАТИКИ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ (ШКОЛА)**  **Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта**  КИСЕЛЕВ ПАВЕЛ ВАДИМОВИЧ | | |
|  | |
| РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТАРИЯ ДЛЯ ВВЕДЕНИЯ, ОБРАБОТКИ И РЕДАКТИРОВАНИЯ МЕТРИК ОЦЕНКИ ИНТЕНСИВНОСТИ ДВИЖЕНИЯ МОРСКИХ СУДОВ. |
|  |

**КУРСОВАЯ РАБОТА**

по дисциплине «Методы и технологии интеллектуализации программных систем» по образовательной программе подготовки бакалавров по направлению 09.03.04 «Программная инженерия» профиль «Программная инженерия»

|  |  |
| --- | --- |
| Регистрационный №\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  (подпись) (ФИО)  «\_\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2025г. | Студент группы\_Б9122-09.03.04  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Киселев П.В.  (подпись)  Руководитель  Ст. Преподаватель ДПИиИИ  (должность, ученое звание)    \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Иваненко Ю.С.  (подпись) (ФИО)  Защищена с оценкой\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  «\_\_\_\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2025г. |

г. Владивосток

2025

Оглавление

[Введение 3](#_Toc212314196)

[2.1. Термины и понятия предметной области 5](#_Toc212314197)

[2.2. Анализ предметной области 7](#_Toc212314198)

[2.3. Задачи предметной области 8](#_Toc212314199)

[2.4. Анализ методов решения задач 9](#_Toc212314200)

[2.5. Анализ предметной области ПОЙДЁТ В 2.6 9](#_Toc212314201)

[Список литературы 10](#_Toc212314202)

Введение

Уже несколько столетий судоходство является самым эффективным способом перевозки грузов. С появлением стандартных контейнеров в середине прошлого века их значимость только увеличилась. Однако, вместе с ростом объёма грузопотоков растёт и потенциальная угроза возникновения нештатных ситуаций. Согласно исследованиям, больше всего аварий происходит в портах и прибережьях, а также в ограниченных водах и тесных водоёмах [1]. В последние годы наблюдается постоянный рост интенсивности трафика судов в акваториях морских портов и на подходах к ним. Так, в акваториях близ крупных портов Азии может одновременно находится до 3,5 тыс. судов, движение которых имеет характер разнонаправленных интенсивных судопотоков [4].

Для обеспечения безопасности движения судов используют специализированные технические средства — системы управления движением судов (СУДС) [2], которые начиная с 2000-х гг. используют Автоматическую идентификационную систему (АИС) [1,3]. Существующие подходы зачастую оказываются ограниченными в функциональности или требуют значительных временных затрат на их настройку и использование. Эта проблема обуславливает необходимость разработки специализированного программного обеспечения, способного решить задачу управления и анализа данных о движении судов.

Актуальность данной работы обусловлена необходимостью создания программных решений, позволяющих автоматизировать процессы сбора, анализа и редактирования данных о морском трафике. Такие решения становятся основой для разработки стратегий оптимизации движения судов, предотвращения аварийных ситуаций и повышения пропускной способности портовой инфраструктуры.

Целью работы является разработка программного инструментария, обеспечивающего введение, обработку и редактирование метрик оценки интенсивности движения морских судов.

В рамках этой главы рассматриваются информационные объекты и задачи профессиональной деятельности, разрабатывается система терминов и формализуются параметры, характеризующие морской трафик и его особенности. Особое внимание уделяется ограничениям, зависимостям и правилам, необходимым для корректного анализа и моделирования реальных навигационных данных.

Задачи:

1. Выделить термины и понятия предметной области, определить задачи
2. Построить онтологическую и математичкую модель

**2.1. Термины и понятия предметной области**

**Системы управления движением судов (СУДС)** – современные автоматизированные системы, необходимые для повышения безопасности мореплавания, безопасности жизни на море и защиты окружающей среды от возможных негативных последствий судоходства, а также повышения эффективности навигации и грузоперевозок [7].

**Автоматическая идентификационная система (АИС)** – это автоматическая система идентификации и отслеживания морских судов, использующая радиосвязь (VHF) и навигационные данные на борту судов. Система передаёт сведения о судне: идентификатор, название, курс, скорость, положение и др., и позволяет другим судам и береговым станциям узнать о его нахождении и состоянии [8].

**Траектория движения судна** – математическое описание перемещения судна по координатам во времени; используется для моделирования взаимного движения и поиска точек CPA [9].

**Опасное сближение** – ситуация, при которой расстояние между судами становится меньше допустимого. Частота наступления таких ситуаций используется как метрика безопасности движения [9].

**Коллективное движение** – ситуация, при которой на акватории присутствует более двух наблюдаемых объектов.

**Интенсивность движения морских судов** **–** один из фундаментальных показателей нагрузки акватории, определяющий уровень загруженности акватории и степень навигационной нагрузки. При анализе навигационной безопасности и планировании морского движения большое внимание уделяют не только количеству судов, но и качественным характеристикам движения — скорости, величине судов, стабильности траекторий, насыщенности потока и др. При высоких значениях интенсивности требуется чёткое регулирование маршрутов, система поддержки принятия решений и меры по безопасности судоходства [3,4].

Для отражения интенсивности движения в акватории вводится ряд метрик, характеризующих с разных сторон нагрузку трафика [3]:

* «Количество судов» — число судов, прошедших через определённый участок за единицу времени.
* «Скорость судов» — учитывает вклад движения с учётом скорости: суда, движущиеся быстрее, весомее в метрике.
* «Размер судов» — сумма длин судов, которые прошли через участок, с учётом крупных судов как более существенных.

**Спутниковая система GPS** – среднеорбитальная спутниковая система второго поколения, предназначенная для глобальной оперативной навигации. Обеспечивает точность 3–5 м [1].

**Спутниковая система ГЛОНАСС** – российский аналог GPS, система глобальной навигации, использующая 24 спутника на круговых орбитах для определения координат и скорости объекта [1].

**Локальные навигационные системы** – системы точного позиционирования или микроволновые радиомаячные портовые системы, применяемые в портах [7].

**Радиолокационная станция (РЛС) –** это специальное устройство, позволяющее генерировать и принимать радиолокационный эхо-сигнал [7].

**Акватория** – участок водной поверхности [7].

**Фарватер** – участок водной поверхности, где разрешено движение наблюдаемых объектов в том или ином направлении [7].

**Судоводитель** – лицо, осуществляющее непосредственное управление судном (капитан) [7].

**Наблюдаемый объект** – это транспортное средство (судно), попавшее в зону действия СУДС [7].

**2.2. Анализ предметной области**

Предметная область: интенсивность движения морских судов, что является показателем, определяющим уровень загруженности акватории. Подразделяется на несколько метрик, характеризующих движение с разных сторон: «количество судов», «скорость судов», «размер судов». Для его расчёта используются специальные инструменты и методы, такие как АИС. Он используется для построения безопасных маршрутов [3].

Работа специалистов этой предметной области связана с обработкой ретроспективных траекторных данных о навигационной обстановке от различных сенсоров. Это позволяет контролировать и планировать движения судов, а также сообщать об опасностях. Данные представляются в табличном виде и графически в сочетании с многослойными электронными картами. Далее осуществляется цифровая запись данных всей навигационной ситуации для их последующего воспроизведения. В дальнейшем эти данные используются для формирования и оптимизации схем движения маршрутов судов [7].

Термины, которыми оперирует специалист данной предметной области, представлены в разделе 2.1.

Пакет данных представляет собой файл, в котором данные об интенсивности движения судов представлены в табличном и графическом типах.

2.3. Задачи предметной области

Предметная область имеет 4 основные задачи:

* + 1. Обработка траекторных данных – получение информации о передвижении судов из АИС, радаров, спутников или портовых систем, и дальнейшее их преобразование, удаление дубликатов, фильтрация шумов, добавление дополнительной информации о типе судна, месте отбытия и прибытия.
    2. Формирование акватории – исследуемая акватория разбивается на полигональные участки (например, квадраты) для дальнейшего подсчёта в каждом из многоугольников, чтобы выявить загруженность локально, а не усреднено по всей акватории [5].
    3. Формирование метрик безопасности движения – на основе обработанных данных оценивается безопасность движения в определённой акватории: подсчитывается число судов, оказавшихся внутри каждого из многоугольников, на которые ранее была разбита акватория. Будем рассматривать 5 метрик безопасности [5]:

Интенсивность движения – количество судов, проходящих через тот или ной участок за единицу времени.

Интенсивность плюс скорость движения – участки акватории, где скорость движения наиболее высока.

Интенсивность плюс размеры судна – участки акватории с самыми большими судами.

Стабильность параметров движения – вариативность скоростей и курсов движения на том или ином участке акватории.

Насыщенность трафика – плотность судов на акватории с точки зрения их возможности совершать манёвры.

* + 1. Построение и корректировка маршрутов судов на основе обработанных данных.

2.4. Анализ методов решения задач

В рамках задачи об обработке данных собираются данные из АИС, спутниковых систем, радаров или портовых систем. Данные представляют собой параметры передвижения судов: координаты, скорость, курс, размеры судна, время. Далее данные очищаются от ошибок и дубликатов, устаревшие данных фильтруются [3].

Исследуемая акватория разбивается на полигональные участки равной площади (например, квадраты 0,5x0,5 км). Координаты судов из географических преобразуются в местные прямоугольные, после определяется, какие суда в какие прямоугольники попали [3, 5].

**2. Разбиение акватории**

* Разделить исследуемую акваторию на равномерную сетку (ячейки).
* Привязать каждую запись AIS к соответствующей ячейке по координатам.

**3. Агрегация данных**

* Для каждой ячейки и временного интервала собрать все записи судов, попавших в неё.
* При необходимости учитывать только уникальные суда, чтобы исключить повторные точки.

**4. Расчёт метрик**

Для каждой ячейки определить:

* **Метрику количества судов** — сколько судов прошло через ячейку за заданное время.
* **Метрику скорости** — насколько интенсивно двигались суда (чем выше скорости, тем выше значение).
* **Метрику размера** — учёт вкладов судов в зависимости от их длины (чем крупнее суда, тем выше значение).

**5. Нормализация и визуализация**

* Привести показатели к единой шкале (например, на единицу площади и времени).
* Построить карту распределения метрик по акватории — зоны с высокой плотностью движения будут выделяться ярче. [3]

2.5. Анализ предметной области ПОЙДЁТ В 2.6

Данные о движении судов представляются как множество кортежей вида

{𝑆𝐼𝐷, 𝐿𝐴𝑇, 𝐿𝑂𝑁, SPEED, COURSE, 𝑇𝐼𝑀𝐸, 𝐴𝐺𝐸}, (1)

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. Кроме того, доступна дополнительная информация о каждом судне: тип, флаг, порт назначения и др. [3]

Суда представляют собой морское транспортное средство, движущееся по водной акватории. Определяющими характеристиками выступают: SID — уникальный идентификатор, координаты (LAT, LON) — широта и долгота, длина и ширина — геометрические размеры, скорость, курс и класс — сухогруз, танкер и т.д. [4, 6]

Вычисление интенсивности движения происходит на определённой локальной акватории. При этом акватория разбивается на полигональные участки (например, квадраты) и в дальнейшем вычисляется, сколько точек, соответствующих различным судам из множества кортежей (1) оказалось внутри того или иного многоугольника. Полученный результат нормируется на интервал времени, за который взяты данные [5].

Список литературы

1. В.М. Гриняк. Как управляют движением на море [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=http://vvsu.ru/files/AFAD0E32-8AB0-465D-B65B-8A3AE45DB25A&ved=2ahUKEwi58uTg0pqLAxUnPxAIHUORH-gQFnoECBQQAQ&usg=AOvVaw2VphwHZc5pDRXx4legLSUu
2. Информационная система сбора данных трафика морской акватории (https://docs.yandex.ru/docs/view?url=ya-mail%3A%2F%2F188306759419429689%2F1.3&name=3\_%D0%93%D1%80%D0%B8%D0%BD%D1%8F%D0%BA-%D0%93%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%BA%D0%BE-%D1%81%D0%B5%D1%80.2-08-2014-%D0%B2\_%D0%BD%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80.pdf&uid=1130000065038284&nosw=1)
3. Иваненко Ю.С. Метрики оценки интенсивности трафика морской акватории (<https://www.elibrary.ru/download/elibrary_44819138_5612%1652.pdf>)
4. Гриняк В. М. Поддержка принятия решений при обеспечении безопасности движения судов на основе кластеризации траекторий / В. М. Гриняк, А. С. Девятисильный, Ю. С. Иваненко // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2020. —Т. 12. — № 3. — С. 436–449. DOI: 10.21821/2309-5180-2020-12-3-436-449. (<https://www.elibrary.ru/download/elibrary_43959281_32285439.pdf>)
5. Гриняк В.М., Иваненко Ю.С., Шуленина А.В. Комплексная оценка опасности трафика морской акватории (<https://elibrary.ru/item.asp?id=42577682>)
6. Гринев В.М., Девятисильный А.С., Иваненко Ю.С. Поддержка принятия решений при обеспечении безопасности движения судов на основе кластеризации траекторий (<https://www.elibrary.ru/download/elibrary_43959281_99598672.pdf>)
7. Иваненко Ю.С. Разработка комплекса программ для анализа производительности обмена данными между процессами современных операционных систем
8. Nauticast. Automatic Identification Systems AIS (<https://www.nauticast.com/bv/cms/about_ais>)
9. Гриняк В.М., Иваненко Ю.С. Использование данных АИС для оценки опасности коллективного движения на морской акватории (https://elibrary.ru/download/elibrary\_30485254\_63444039.pdf)