

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](#_Toc212468702)

[2.1. Термины и понятия предметной области 5](#_Toc212468703)

[2.2. Анализ предметной области 8](#_Toc212468704)

[2.3. Задачи предметной области 9](#_Toc212468705)

[2.4. Анализ методов решения задач 10](#_Toc212468706)

[2.5. Построение онтологической модели 12](#_Toc212468707)

[2.5.1. Математическая модель 20](#_Toc212468708)

[2.6. Заключение 23](#_Toc212468709)

[Список литературы 24](#_Toc212468710)

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 математическую 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].

**Судно** – морское транспортное средство, движущееся по водной акватории. Суда делятся на гражданские и военные (корабли). Гражданские суда подразделяются на транспортные, промысловые, технические, вспомогательные и специальные; отдельную группу составляют прогулочные и спортивные суда. К транспортным судам относятся несамоходные – [баржи](https://bigenc.ru/c/barzha-f2dc5c) и самоходные – пассажирские, грузопассажирские, [буксирные суда](https://bigenc.ru/c/buksirnoe-sudno-bb80ed), толкачи, а также грузовые – наливные ([танкеры](https://bigenc.ru/c/tanker-283c81)) и [сухогрузные](https://bigenc.ru/c/sukhogruznoe-sudno-f3d151) суда; к техническим – [землесосные](https://bigenc.ru/c/zemlesosnyi-snariad-1e8eb0) и [землечерпательные](https://bigenc.ru/c/zemlecherpatel-nyi-snariad-25b00e) снаряды, грунтоотвозные шаланды, суда, обслуживающие обстановку пути, и др. Группа вспомогательных судов включает портовые буксиры, [спасатели](https://bigenc.ru/c/spasatel-noe-sudno-83cfcd), [ледоколы](https://bigenc.ru/c/ledokol-c11ee0), [плавучие доки](https://bigenc.ru/c/dok-6e2e14), [плавучие краны](https://bigenc.ru/c/plavuchii-kran-373605), дебаркадеры и другие [10].

**Маршрут движения судна** – спланированный путь, который судно должно пройти из точки отправления в точку назначения [9].

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

**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.

**Метрики безопасности** **–** показатели нагрузки акватории, определяющие 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. В данной работе рассматриваются метрики, связанные с интенсивностью движения судов. При высоких значениях интенсивности требуется чёткое регулирование маршрутов, система поддержки принятия решений и меры по безопасности судоходства [3,4].

Для отражения безопасности с точки зрения интенсивности движения в акватории вводится ряд метрик, характеризующих с разных сторон нагрузку трафика [5]:

* «Интенсивность движения» — число судов, прошедших через определённый участок за единицу времени.
* «Интенсивность плюс скорость движения» — учитывает вклад движения с учётом скорости: суда, движущиеся быстрее, весомее в метрике.
* «Интенсивность плюс размер» — сумма длин судов, которые прошли через участок, с учётом крупных судов как более существенных.
* «Стабильность параметров движения» — характеризует вариативность скоростей и курсов движения на том или ином участке акватории.
* «Насыщенность трафика» — плотность находящихся на участке акватории судов с точки зрения их возможности совершать манёвры.

**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: идентификатор судна, широта, долгота, скорость, курс, время поступления данных, возраст данных.

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 – эта задача необходима для выделения участков акватории размером не более чем 50x50 км. ввиду увеличивающимся объёмом данных АИС-сообщений. Исследуемая акватория разбивается на полигональные участки (например, квадраты) для дальнейшего подсчёта в каждом из многоугольников, чтобы выявить загруженность локально, а не усреднёно по всей акватории [5].
    3. Формирование метрик безопасности движения – на основе обработанных данных оценивается безопасность движения в определённой акватории. 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. Визуализация обработанных данных – необходимо для демонстрации на картографических сервисах траекторных данных, выделенных участков акваторий и результатов вычисления метрик.

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].

В дальнейшем для каждого участка разбитого интервала собираются данные всех судов, попавших в него, и вычисляются метрики безопасности, представляющие собой число [5]:

* Интенсивность движения – сколько судов прошло через участок за единицу времени. Могут оцениваться как все суда, так и только суда определённых классов;
* Интенсивность плюс скорость движения – вычисляется подобно предыдущей метрике, но каждому судну придаётся «вес» в зависимости от величины его скорости. Таким образом более скоростные суда будут вносить больший вклад в метрику;
* Интенсивность плюс размеры судна – вычисляется аналогично предыдущей метрике, но только «вес» судна зависит от его длины;
* Стабильность параметров движения – высчитывает вариативность курсов и скоростей на участке акватории. Может высчитываться разными способами:

Оценка среднего квадратичного отклонения вектора скоростей. Может оцениваться как векторная величина, так и набор скалярных величин. Высокое относительное значение величины говорит о «хаотичном» характере движения судов.

Выявление кластеров – множество характерных значений скоростей и курсов судов.

Насыщенность трафика – метрика, вычисляющая возможность каждого отдельного судна совершать манёвры. Выбирается одно конкретное судно, называемое «Управляемым судном», остальные же считаются «Суднами-целями» – потенциальными опасностями. Используется уравнение движения, чтобы предсказать траектории судов в будущем, исходя из их текущих координат, скорости и курса. Для всех судов вычисляется DCPA – кратчайшее расстояние, на котором они сблизятся, если продолжат идти текущими курсами, и TCPA – время, через которое это сближение произойдёт. Сближение считается опасным, если DCPA меньше безопасной дистанции, а TCPA показывает, что суда сближаются. В дальнейшем проверяется, что будет, если «Управляемое судно» как-либо изменит курс – например, отклонится в сторону, увеличит скорость. Для каждого такого манёвра снова высчитываются значения DCPA и TCPA. После перебора тысячи таких вариантов считается «доля свободы» судна. Это же повторяется для каждого судна на участке и в итоге вычисляется средняя доля опасных манёвров.

После вычисления всех метрик, они визуализируются на карте. Чем больше загруженность участка, тем ярче он будет выделяться. Делаются выводы о наиболее загруженных участках акватории [3].

2.5. Построение онтологической модели

**Вспомогательные термины**

1. Секунда ≡ I[0, 59]

Целое положительное число от 0 до 59, соответствующее реальной одноимённой единице измерения времени.

1. Минута ≡ I[0, 59]

Целое положительное число от 0 до 59, соответствующее реальной одноимённой единице измерения времени.

1. Час ≡ I[0, 23]

Целое положительное число от 0 до 23, соответствующее реальной одноимённой единице измерения времени.

1. День ≡ I[1, 31]

Целое положительное число от 1 до 31, соответствующее реальной одноимённой единице измерения времени.

1. Месяц ≡ I[1, 12]

Целое положительное число от 1 до 12, соответствующее реальной одноимённой единице измерения времени.

1. Год ≡ I[2020, 2099]

Целое положительное число, соответствующее реальной одноимённой единице измерения времени. В целях оптимизации его значение будет ограничено от 2020 до 2099.

1. Долгота ≡ R[0, 360)

Вещественное число от 0 до 360, соответствует реальной одноимённой единице измерения. Измеряется в градусах.

1. Широта ≡ R[-90, 90)

Вещественное число от -90 до 90, соответствует реальной одноимённой единице измерения. Измеряется в градусах.

1. Географические координаты ≡ долгота x широта
2. Ширина ≡ R(0, 10 000]

Вещественное число от 0 невключительно до 10 000. Измеряется в метрах.

1. Высота ≡ R(0, 10 000]

Вещественное число от 0 невключительно до 10 000. Измеряется в метрах.

**Онтологическая модель «Время получения данных»**

1. Сорт время получения данных: год x месяц x день x час x минута x секунда

Термин «время получения данных» означают время, когда были получена данные

1. Сорт возраст данных ≡ R[0, 120]

Термин «возраст данных» означает фактический возраст данных. Измеряется в секундах.

**Онтологическая модель объекта «Судно»**

1. Сорт судно: {}N \ Ø

Термин «судно» является конечным непустым множеством судов.

1. Сорт идентификатор: судно → номер

Термин «идентификатор» обозначает функцию сопоставления каждому судну идентификатора - элемента из непустого конечного множества

Номер ≡ I[100 000 000, 999 999 999]

Вспомогательный термин «номер» означает целое натуральное число от 100 000 000 до 999 999 999. Используется чтобы уникально идентифицировать любое судно.

1. Сорт скорость судна: судно → скорость

Термин «Скорость судна» описывает функцию сопоставления судна со скоростью.

Скорость ≡ R[0, 200]

Вспомогательный термин «скорость» означает вещественное число от 0 до 200, описывающее скорость корабля. Измеряется в узлах.

1. Сорт размеры судна: судно → длина

Термин «размеры судна» описывает функцию сопоставления каждого судна с его размерами.

Длина ≡ R(0, 500]

Вспомогательный термин «длина» означает вещественное число от 0 невключительно до 500, означая длину корабля от носа до кормы. Измеряется в метрах.

1. Сорт координаты судна: судно → географические координаты

Термин «координаты судна» означает функцию сопоставления каждого судна с его координатами.

1. Сорт тип судна: судно → тип

Термин «тип судна» обозначает функцию, которая сопоставляет каждому судну тип.

тип ≡ {гражданский, военный}

Вспомогательный термин «тип» описывает к какому типу принадлежит судно.

1. Сорт специализация судна: судно → специализация

Термин «специализация судна» является функцией, сопоставляющей каждому судну его специализацию.

специализация ≡ {транспортные, промысловые, технические, вспомогательные, другие} Ø

Термин «специализация» описывает промысел корабля. Может не иметь значения (пустое множество)

1. Сорт маршрут судна: судно → маршрут

Термин «курс судна» описывает функцию, которая сопоставляет каждое судно с его маршрутом. Т.е у одного судна много маршоутов?

1. Сорт курс судна: судно → R[0, 360]

Термин «курс судна» означает функцию сопоставления каждого судна с его курсом – вещественным числом от 0 до 360, означающее направление его движения, измеряется в градусах. Значение 0 соответствует строгому направлению на север, 90 – на восток, 180 – юг, 270 – запад.

Сорт АИС-сообщение: (x судно, {} (время получения данных → (скорость судна, размеры судна, координаты судна, тип судна, специализация судна))

**Онтологическая модель «Маршрут»**

1. Сорт маршрут: {}N \ Ø

Термин «маршрут» представляет собой конечное непустое множество маршрутов.

1. Сорт начальная точка: маршрут → широта x долгота

Термин «начальная точка» описывает функцию сопоставления маршрутов с декартовым произведением широты и долготы.

1. Сорт конечная точка: маршрут → географические координаты

Термин «конечная точка» описывает функцию сопоставления маршрутов с географическими координатами.

1. Сорт траектория: маршрут → путь

Термин «траектория» описывает функцию сопоставления маршрута с его путём.

Путь ≡ seq (широта x долгота)

Вспомогательный термин «путь» представляет путь судна от начальной до конечной точки в виде полигональной фигуры.

1. Сорт время отбытия: маршрут → день x месяц x год x час x минуса x секунда

Термин «время отбытия» представляет собой описание функции, сопоставляющей маршруту время его начала.

1. Сорт время прибытия: маршрут → день x месяц x год x час x минуса x секунда

Термин «время прибытия» представляет собой описание функции, сопоставляющей маршруту время его начала.

**Онтологическая модель «Акватория»**

1. Сорт акватория: {}N \ Ø

Термин «акватория» представляет собой конечное непустое множество акваторий.

1. Сорт начало координат: акватория → широта x долгота

Термин «начало координат» описывает функцию сопоставления судна с декартовым произведением широты и долготы. Это начальная точка координат.

1. Сорт ширина акватории: акватория → ширина

Термин «ширина акватории» означает функцию сопоставления акватории с шириной, которая в качестве значения принимает вещественные числа от нуля (невключительно) до 10 000.

1. Сорт высота акватории: акватория → высота

Термин «высота акватории» означает функцию сопоставления акватории с высотой, которая в качестве значения принимает вещественные числа от нуля (невключительно) до 10 000.

**Онтологическая модель «Участок»**

1. Сорт участок: {}N \ Ø

Термин «участок» означает конечное непустое множество участков.

1. Сорт состав маршрутов: маршрут → {} участок

Термин «состав маршрутов» означает функцию сопоставления маршрута с конечным непустым множеством участков.

1. Сорт ширина участка: участок → ширина

Термин «ширина участка» означает функцию сопоставления участка с шириной.

1. Сорт высота участка: участок → высота

Термин «высота участка» означает функцию сопоставления участка с высотой.

1. Сорт данные Участка: (участок → (x судна, время получения данных))

Термин «затронутые судна» представляет собой функцию сопоставления участка с судами, оказавшиеся в нём в определённый момент времени.

**Онтологическая модель «Метрики безопасности»**

1. Сорт метрика: {}N \ Ø

Термин «метрика» означает непустое множество метрик, которые можно вычислить.

1. Метрики ≡ {интенсивность движения, интенсивность плюс скорость движения, интенсивность плюс размеры судна, стабильность параметров движения, насыщенность трафика}

Более подробное описание в главе 2.5.1.

Сорт метрика для судна в момент времени: ({(v: (x судно, {} время поступления данных, метрика, скорость судна, размеры судна, координаты судна, тип судна, специализация судна, участок) π(4, v) ∈ АИС-сообщение(π(1,v), π(2,v)) & (π(1,v), π(2, v)) ∈ данные Участка(π(5, v)) & π(2, v))} → I[0, ∞))

Метрика вычисляется отдельно для каждого судна на акватории в соответствующий момент времени. Подробнее о математической модели в главе 2.5.1.

**Ограничения**

Судно:

Судно имеет специализацию тогда и только тогда, когда его тип – гражданский

Маршрут:

Начальная точка и конечная не должны совпадать;

Время прибытия должно быть больше времени отбытия;

В путь должны входить начальные и конечные точки

Участок:

Для простоты вычислений участки будут прямоугольными;

Ширина и высота одинаковы для всех участков, соответствующих одному определённому маршруту;

2.5.1. Математическая модель

Данные о движении судов представляются как множество кортежей вида:

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

Представленные параметры соответствуют онтологической модели «Судно» кроме AGE и TIME, которые соответствуют онтологической модели «Время получения данных».

Где SID — идентификатор судна, соответствует термину «идентификатор судна»; LAT — географическая широта; LON — географическая долгота; вместе LAT и LOT соответствуют термину «координаты судна»; SPEED — скорость движения, соответствует термину «скорость судна»; COURSE — курс, соответствует термину «курс судна»; TIME — время поступления данных, соответствует термину «время получения данных»; AGE — возраст данных, определяющий фактический момент времени, которому они соответствуют. Соответствует термину «возраст данных». Кроме того, доступна дополнительная информация о каждом судне: тип, флаг, порт назначения и др. [3].

Вычисление интенсивности движения происходит на определённой локальной акватории (см. онтологическую модель «Акватория»). При этом акватория разбивается на полигональные участки (см. онтологическую модель «Участок») и в дальнейшем вычисляется, сколько точек, соответствующих различным судам из множества кортежей (1) оказалось внутри того или иного многоугольника. Чтобы вычислять движение судна на акватории, нужно перейти от глобальных к прямоугольным координатам по следующей формуле (2):

R — средний радиус земли; и — широта и долгота точки, принимаемой за начало местной прямоугольной системы координат [5].

Метрики безопасности, определённые в онтологической модели «Метрики безопасности» вычисляются следующим образом:

Метрика «интенсивность движения» вычисляется для каждого участка путём подсчёта количества судов, оказавшихся внутри него в то или иное время.

Метрика «интенсивность плюс скорость движения» вычисляется аналогично предыдущей метрике, но каждому судну приписывается «вес» (см. соответствующий термин в онтологической области), зависящий от его скорости движения (см. соответствующий термин).

Метрика «интенсивность плюс размеры судов» вычисляется аналогично, но «вес» зависит от длины судна (см. соответствующий термин).

Метрика «стабильность параметров движения» является оценкой среднеквадратичного отклонения вектора скорости всех судов внутри акватории.

Метрика «насыщенность трафика» вычисляется для двух судов, условно называемых «управляемое» и «судно-цель». Представлены следующие уравнения движения судов (3):

x1(t), y1(t), x2(t), y2(t) – координаты первого и второго судна соответственно в момент времени t; SPEED1, COURSE1, SPEED2, COURSE2 – скорости и курсы первого и второго судна соответственно; , – моменты времени.

Расстояние между судами в момент времени t будет равно (4):

Решая уравнение = 0 относительно t, получается tCPA –величина времени кратчайшего сближения судов и r(tCPA) – кратчайшее расстояние между судами. Если tCPA > и tCPA > – значит суда сближаются, а при r(tCPA), меньшим минимального допустимого расстояния между судами, движение считается опасным.

2.6. Заключение

Целью курсовой работы было построить онтологическую модель предметной области.

Цель достигнута. Для достижения поставленной цели были выполнены следующие задачи:

1. Были рассмотрена исследуемая предметная область.
2. Была построена онтологическая и математическая модель исследуемой предметной области.

Таким образом, выполненные задачи обеспечили теоретическую и практическую разработку для создания эффективной системы для планирования движения морских судов.

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>)
10. Судно, Большая Российская Энциклопедия (https://bigenc.ru/c/sudno-4cb2f1)