

## Развитие методов комплексного анализа отчётных данных о вылове и спутниковых позиций судов для верификации информации в системе мониторинга рыболовства на основе автоматической классификации треков

В. Н. Пырков, А. Ю. Дегай, В. Н. Черных,  
М. В. Андреев, В. А. Толпин, З. С. Белоконь

*Институт космических исследований РАН, Москва, 117997, Россия  
E-mail: iki561@d902.iki.rssi.ru*

Обоснована необходимость верификации отчётной и позиционной информации в системах мониторинга подвижных объектов. Разработаны средства комплексного анализа позиционной и промысловой информации для верификации данных информационных систем на примере системы мониторинга рыболовства. Создана методика оценки достоверности спутниковой информации о местоположении рыболовных судов. В результате анализа установлено, что для автоматической классификации трека судна предпочтительно использовать информацию о позиции судна, полученную от технического средства контроля, а не значение скорости, предоставляемое провайдерами спутникового позиционирования. Проведена доработка алгоритма автоматической классификации треков и способа его использования на практических данных. Метод обнаружения подозрительных судовых суточных донесений о распределении вылова по районам промысла, основанный на определении обобщённого отношения улова к промысловому усилию, доработан для практического автоматизированного применения. В завершение проведено успешное тестирование предложенного метода комплексной верификации спутниковых позиционных данных и отчётной информации. Показано, что для системы мониторинга рыболовства обеспечение достоверности отчётов необходимо как для выявления нарушений правил промысла, так и для устранения ошибочных отчётов. Представлены ранее не публиковавшиеся материалы докладов конференции.

**Ключевые слова:** автоматизация классификации треков, трал донный, автоматическая идентификационная система (АИС), промысловая статистика, достоверность

Одобрена к печати: 14.06.2023  
DOI: 10.21046/2070-7401-2023-20-3-35-45

### Введение

Важность верификации используемых данных для информационных систем не вызывает сомнений, и ранее на ряде примеров (Андреев и др., 2020; Василец и др., 2017, 2018) продемонстрирована значимость верификации отчётной и объективной информации в отраслевой системе мониторинга рыболовства (ОСМ).

Особенно важную роль в верификации играют методы автоматической классификации треков. Широкий обзор алгоритмов обработки позиционной информации о движущихся объектах представлен в работе (Zheng, 2015). В данном обзоре рассмотрены универсальные алгоритмы, требующие значительных вычислительных ресурсов. В исследовании (Василец и др., 2017) был предложен алгоритм выделения отрезков трека судна, которые соответствуют тралению, с учётом особенностей позиционной спутниковой информации о судах и отчётной информации судов в ОСМ. Данный алгоритм менее требователен к вычислительным ресурсам. Выделение фрагментов траления в таком методе в значительной мере основывается на сопоставлении позиционных данных с ежедневной отчётной информацией, поступающей от судна. Вышеуказанный алгоритм был разработан с учётом относительно низкой частоты поступления спутниковых данных о позициях судов в ОСМ от глобальной системы спутниковой связи INMARSAT (*англ.* INternational MARitime SATellite).

В работах (Василец и др., 2017, 2018; Пырков и др., 2019), а также в докладах (Андреев и др., 2020; Белоконь и др., 2021; Дегай и др., 2019; Пырков и др., 2018) показана необходи-

мость комплексного анализа спутниковых, географических и отчётных сведений для обеспечения достоверности информации. Поскольку материалы вышеуказанных докладов отсутствуют в публичном доступе, задача настоящей работы заключается в предоставлении в консолидированном виде методов, используемых для сопоставления спутниковых позиционных данных и судовой ежесуточной отчётности.

Цель статьи состоит в представлении простого и прозрачного алгоритма выделения фрагментов трека судна, соответствующих промысловым работам, движению с крейсерской скоростью и дрейфу, а также в оценке эффективности комплексного анализа данных ОСМ на основе предложенной автоматической классификации треков. Представленный алгоритм выделения фрагментов трека, соответствующих промысловым операциям, учитывает современные возможности ОСМ в части частоты спутниковых позиционных отсчётов. В работе дано более полное обоснование предлагаемого метода классификации треков, а также устранены неточности при предварительном упоминании предлагаемого метода классификации треков в вышеуказанных докладах.

В статье показано, что для ОСМ обеспечение достоверности отчётов необходимо как для выявления нарушений правил промысла, так и для устранения ошибочных отчётов.

### Базовый метод комплексной верификации информации ОСМ

В качестве метода контроля данных из судовых суточных донесений (ССД) в работе (Василец и др., 2017) была предложена «видеофиксация» уловов (Plet-Hansen et al., 2017), но также отмечено, что реальных отечественных систем спутниковой связи для оперативного востребования данной информации в настоящее время не существует.

Таблица 1. Последовательность этапов определения обобщённого отношения вылова к промысловому усилию в зависимости от сезона, промысловой зоны и вида водного биологического ресурса

№	Описание этапа
1.	Определяются список судов <i>ves_list</i> и период анализа
2.	Определяется максимальный суточный вылов по ССД для списка судов за день из выбранного периода
3.	Определяется вылов по ССД в зависимости от судна, района и вида водных биологических ресурсов (ВБР) ( <i>catch_fish_region(ves, fish, region, date)*</i> ), список судов, список видов ВБР и список районов ( <i>ves_trawl_list, fish_list, region_list*</i> )
4.	С помощью автоматизированной классификации выделяются фрагменты треков, когда судно выполняет траление ( <i>track_n(ves, date)</i> ). Одновременно определяются списки-таблицы позиционных данных в соответствии с найденными треками траления (пример в <i>табл. 3</i> ) ( <i>latitude(ves, id_track, id_pos_id_track, date)</i> , <i>longitude(ves, id_track, id_pos_id_track, date)</i> , <i>datetime(ves, id_track, id_pos_id_track, date)</i> )
5.	Промысловый район ( <i>region(ves, id_track, date)</i> ) определяется широтой, долготой координат трека траления и полигоном промысловой зоны ( <i>region polygon</i> )
6.	Наконец, определяются обобщённые параметры вылова, промыслового времени и соотношение: $\text{Generalised\_fish\_region\_catch}(date, fish, region) = \sum_{ves, region(ves, id\_track, date)=region} catch\_fish\_region(ves, fish, region, date),$ $\text{Generalised\_region\_trawl\_time}(date, region) = \sum_{ves, region(ves, id\_track, date)} trawl\_time(ves, track, date),$ $\text{Generalised\_fish\_region\_ratio}(date, fish, region) = \text{Generalised\_fish\_region\_catch} / \text{Generalised\_fish\_region\_trawl\_time}$

\* Входят только такие данные, для которых вылов больше порогового ( $> catch\_sum \times 10^{-ncatch\_power}$ ); мы определили  $ncatch\_power = 4$  (выбор данного параметра более 3 не влияет на результаты анализа, но при значениях более 4 в анализ попадает много значений, соответствующих прилову, а не основному добываемому виду ВБР).

С другой стороны, могут быть предприняты попытки автоматизировать рассмотренный в работе (Василец и др., 2018) метод комплексного анализа позиционной и промысловой информации, включающий в себя классификацию фрагментов трека судна по величине скорости при достаточно высокой частоте позиционного опроса.

В публикации (Василец и др., 2018) была предложена принципиальная схема выявления подозрительной отчётности о вылове с автоматической классификацией треков:

- автоматическая классификация трека судна с целью выделить фрагменты, когда судно проводит операции по добыче/вылову;
- сопоставление координат определённых на предыдущем этапе фрагментов с промысловыми зонами;
- далее оценка времени промысловых усилий в каждой из отчётных промысловых зон;
- определение отношения вылова ко времени, затраченному на промысел, в каждой из анализируемых промысловых зон;
- по отклонению вышеуказанного отношения для судна от среднего для промысловой зоны и сезона добычи (вылова) делается вывод о достоверности отчётности рассматриваемого судна.

В докладе (Пырков и др., 2018) на базе данной принципиальной схемы описаны этапы реализации методики в терминах структуры таблиц ОСМ. В *табл. 1* приводим доработанное описание основных этапов предлагаемой методики верификации в терминах, приближённых к структуре таблиц ОСМ.

### Автоматическая классификация треков

Внедрение предложенной методики верификации информации основывается на развитии автоматической классификации треков судна с привязкой периодов траления к промысловым зонам.

Предлагаемый метод автоматической классификации треков основан на анализе скоростного режима судна.

Возможность автоматической классификации треков судов увеличилась благодаря достаточно высокой частоте позиционного опроса судна. Использование терминалов автоматической идентификационной системы (АИС) в составе судового технического средства контроля (ТСК) ОСМ позволило с помощью спутниковой составляющей системы мониторинга ориентировочно в 7,5 раз увеличить частоту спутникового позиционного опроса судна. Столь существенное повышение частоты поступления спутниковых позиций от судна по сравнению с традиционной для ОСМ спутниковой системой позиционирования INMARSAT стало возможным благодаря внедрению в последние годы в ОСМ системы SatAIS (*англ.* Satellite Automatic Identification System, Спутниковая автоматическая идентификационная система).

На *рис. 1* (см. с. 38) показан пример трека тестового судна с 3 по 8 февраля. Для сравнения частоты определения позиций красным цветом выделены позиции, полученные с помощью системы INMARSAT, на фоне позиций SatAIS (точки серого цвета).

В ОСМ зарегистрированы суда, выполняющие морскую добычу (вылов) и имеющие размеры не менее 25 м. Из многолетней практики анализа треков судов ОСМ известно, что характерное время манёвра таких судов составляет 20 мин. В данном цикле работ анализировалась только величина скорости судов, направление не рассматривалось.

Предлагаемый метод основывается на двух предположениях:

- позиция судна определяется чаще, чем характерное время манёвра судна;
- считается, что судно проводит промысловые работы, если его скорость более получаса находится в диапазоне, который соответствует промысловым операциям данного типа судна. Фрагменты трека, когда судно не производит промысловые операции, можно отнести в случае малой скорости к дрейфу или перегрузочным операциям, а в случае высокой скорости — к переходу или поиску.

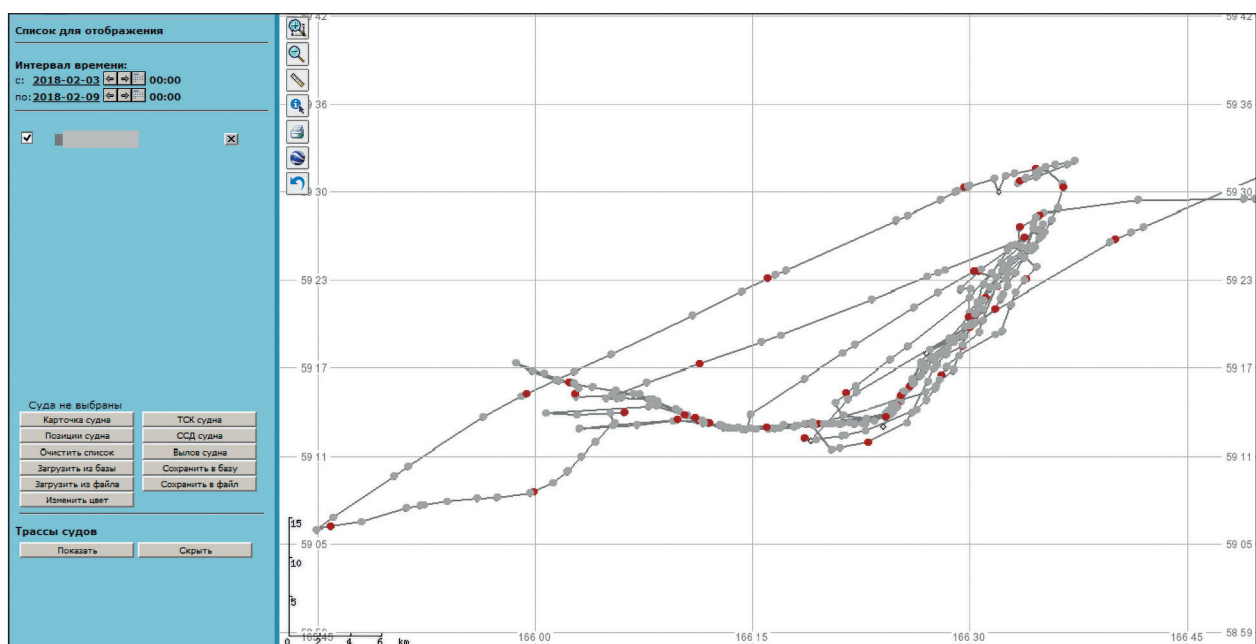


Рис. 1. Пример трека тестового судна с 3 по 8 февраля 2018 г. с выделением позиций, полученных с помощью системы INMARSAT (точки красного цвета), и позиций, полученных с помощью SatAIS (точки серого цвета), отображённый на картографическом интерфейсе ОСМ

При предварительных упоминаниях предлагаемого метода (Белоконь и др., 2021) вышеуказанные два принципиальных положения не были акцентированы и, как следствие, не был проведён соответствующий анализ интервалов позиционных отсчётов, приведённый ниже.

В рамках решения задачи классификации треков (закрывающегося в основном в выделении фрагментов выполнения промысловых операций) приведён анализ распределения скорости судов по спутниковым позиционным данным и интервалов между определением позиции от 23 больших морозильных траулеров (БМРТ) и 69 краболовов за октябрь – декабрь 2019 г.

Среднее значение интервала между позиционными опросами по 185 тыс. позиционным отсчётам БМРТ составляет 13,06 мин, среднеквадратичное — 9,4 мин. График встречаемости интервала (с шагом в 1 мин) представлен на рис. 2.

По 650 тыс. позиционных отсчётов краболовов среднее значение интервала между позиционными опросами составляет 9,48 мин, среднеквадратичное отклонение — 9,28 мин. Аналогичный график в случае промысла краба по форме практически совпадает с графиком, приведённым на рис. 2. Из вышеуказанных значений математического ожидания понятно, что он смещён влево к оси ординат по сравнению со случаем тралового промысла.

Из вышеприведённых данных можно заключить, что в основном предположение о том, что позиции судна определяются чаще, чем 1 раз в 20 мин, оправдывается.

Величина дисперсии интервала между позиционными отсчётами довольно велика, поэтому представляется целесообразным сравнить вид графиков встречаемости скорости судна для двух принципиально разных видов (ловушечного и тралового) промысла, которые приведены на рис. 3 (см. с. 39), с графиками суммарного времени интервалов, в течение которых у судна была скорость в заданном интервале (0,05 узла) (рис. 4, см. с. 39).

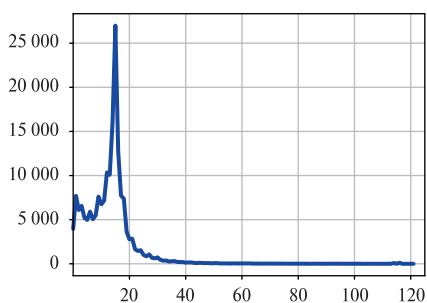


Рис. 2. Встречаемость длительности между последовательными позиционными отсчётами; по оси абсцисс — длительность временного интервала между позиционными отсчётами в минутах (с шагом в 1 мин), по оси ординат — количество отсчётов с таким же временным шагом

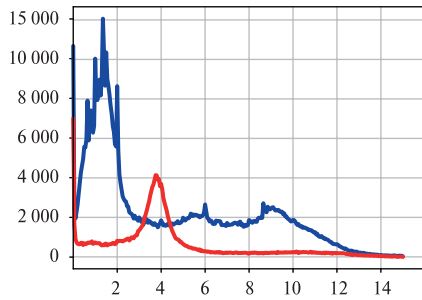


Рис. 3. Встречаемость скорости в спутниковых отчётах: синяя линия — крабовый промысел, красная линия — траление; по оси абсцисс — скорость (в узлах), по оси ординат — количество полученных отчётов на данную скорость (в интервале 0,05 узла)

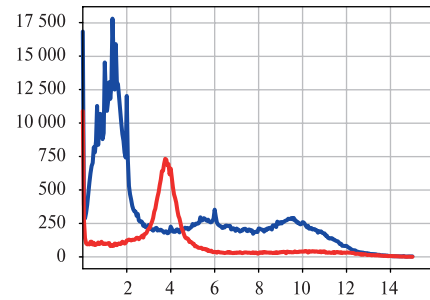


Рис. 4. Встречаемость скорости (в узлах): синяя линия — крабовый промысел, красная линия — траление; по оси абсцисс — скорость (в узлах), по оси ординат — сумма временных интервалов (ч), на которых судно двигалось с данной скоростью (в интервале 0,05 узла)

Зависимости, показанные на рис. 3, приводились в докладе (Белоконь и др., 2021).

Графики суммарного времени больше подходят для оценки скорости проведения промысловых работ. При расчёте зависимостей на рис. 4 были исключены интервалы меньше минуты и больше получаса. В результате вышеуказанного исключения количество анализируемых позиционных спутниковых данных уменьшилось менее чем на 10 %.

Вид графиков, приведённых на рис. 3 и 4, принципиально совпадает.

В случае тралового промысла наблюдается ярко выраженный контур на скорости, несколько меньшей 4 узлов, в то время как при крабовом промысле контур расположен на уровне 1,5 узлов.

В докладе (Дегай и др., 2019) отмечены проблемы при использовании значений скорости судна, которые указываются в пакете, получаемом судовым техническим средством контроля. В докладе (Андреев и др., 2020) даны примеры, демонстрирующие описанную выше проблему. На рис. 5 и в относящейся к нему табл. 2 приведён подобный пример.

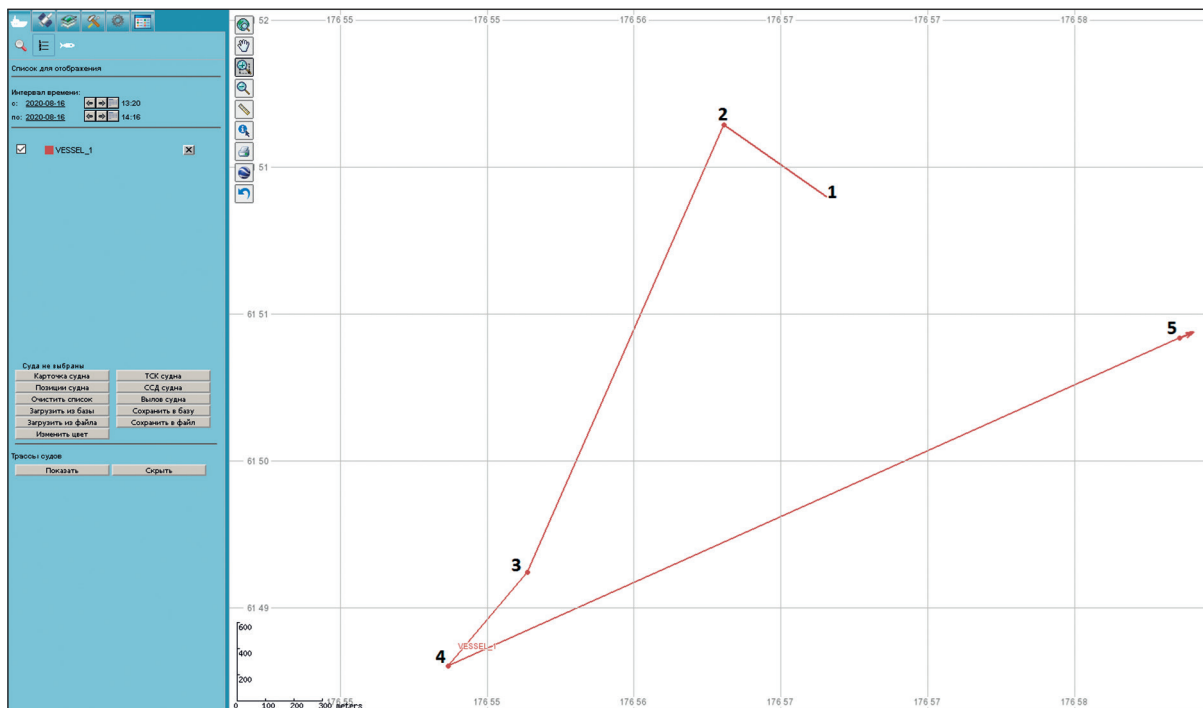


Рис. 5. Трек тестового судна с 13:28:47 по 14:14:34 от 16 августа 2020 г. для иллюстрации проблемы определения скорости судна с помощью технического средства контроля, отображённый на картографическом интерфейсе ОСМ

Таблица 2. Позиции, определённые с помощью технического средства контроля, включая скорость

Номер точки	Дата и время	Широта, °с. ш.	Долгота, °в. д.	Скорость, узлы
1	16.08.2020, 13:28:47	61,85800	176,95308	5
2	16.08.2020, 13:40:38	61,86288	176,94613	9
3	16.08.2020, 13:50:05	61,83243	176,93275	10
4	16.08.2020, 14:03:36	61,82603	176,92733	11
5	16.08.2020, 14:14:34	61,84835	176,97715	7

В таблице позиций данного судна скорости для 2-й, 3-й и 4-й позиций приблизительно равны 10 узлам. Интервал времени между каждыми последующими точками также почти одинаков и составляет 10 мин, в то время как расстояние между 2-й и 3-й точками в 4,5 раза больше расстояния между 3-й и 4-й точками, что отчётливо видно на *рис. 5*.

На основе вышеизложенного было определено, что для классификации треков целесообразно определять скорость по координатам судна и интервалу времени между ними.

По контурам графиков определяем границы скорости, необходимые для выделения фрагментов трека, на которых выполняются промысловые работы.

В случае тралового промысла повторяющиеся в течение получаса позиции со скоростью от 2,5 до 4,5 узлов нужно относить к фрагментам траления.

В случае крабового промысла переход от скорости, меньшей 2 узлов, к скорости 2,5 узла и более означает окончание операций с постановкой/подъёмом ловушек.

### Тестирование методики верификации и обсуждение возможностей

Для конкретной реализации методики верификации данных была предпринята попытка выполнить последовательность этапов определения обобщённого отношения вылова к промысловому усилию в зависимости от сезона, промысловой зоны и вида водного биологического ресурса в последовательности, указанной в *табл. 1*.

В соответствии с предложенной последовательностью действий был выбран список из семи судов одного типа — СРТМ (средний рыболовный траулер морозильный). Данные суда осуществляли добычу (вылов) главным образом трески и камбалы донным тралом в феврале тестового 2018 г. в Карагинской подзоне и Западно-Беринговоморской зоне.

Периоды траления определялись с помощью методики автоматической классификации трека, изложенной в предыдущем разделе статьи. Затем в выделенных промежутках времени проводилась выборка из базы данных ОСМ координат и времени судна. В итоге получалась таблица, в которой для тестового судна определены периоды траления и позиции судна для данного периода, её фрагмент приведён в *табл. 3*. Последние две колонки указывают начало и конец периода траления, размер таблицы для выбранной группы судов и периода наблюдения составлял 8729 записей.

Таблица 3. Фрагмент выборки из базы данных для тестового судна с определением треков траления

Код судна	Дата подачи ССД	Дата и время позиции судна	Широта позиции судна, °с. ш.	Долгота позиции судна, °в. д.	Начало периода траления	Конец периода траления
70954	02.02.2018	01.02.2018, 18:45	59,229	166,234	01.02.2018, 15:00	02.02.2018, 12:39
70954	02.02.2018	01.02.2018, 18:49	59,230	166,226	01.02.2018, 15:00	02.02.2018, 12:39
70954	02.02.2018	01.02.2018, 18:58	59,233	166,210	01.02.2018, 15:00	02.02.2018, 12:39
70954	02.02.2018	01.02.2018, 19:01	59,234	166,206	01.02.2018, 15:00	02.02.2018, 12:39

Далее по координатам, соответствующим треку, определяется, к какой промысловой зоне данный трек относится, и получается таблица, в которой треки траления тестового судна привязаны к промысловой зоне (её фрагмент приведён в *табл. 4*, размер таблицы составил 587 записей). Разница между окончанием и началом трека траления, просуммированная за сутки, даёт дневное усилие судна для промысловой зоны. Таким образом, выполнены 4-й и 5-й пункты *табл. 1*.

Таблица 4. Фрагмент выборки из базы данных для тестового судна с определением треков траления, привязанных к определённой промысловой зоне

Код судна	Дата подачи ССД	Начало периода траления	Конец периода траления	Код промысловой зоны
70954	01.02.2018	01.02.2018, 01:01:39	01.02.2018, 11:34:29	264
70954	01.02.2018	01.02.2018, 12:49:29	01.02.2018, 15:00:00	264
70954	02.02.2018	01.02.2018, 15:00:00	02.02.2018, 12:39:29	264
70954	03.02.2018	03.02.2018, 01:19:18	03.02.2018, 05:04:26	264

При попытках перейти к шестому этапу *табл. 1* были обнаружены проблемы, связанные с некорректной отчётностью. Не каждому дневному вылову в ежедневной отчётности судна находилось соответствие дневного промыслового усилия, как на примере, приведённом, в *табл. 5–6*. По отчётам судно декларирует вылов в Западно-Беринговоморской зоне, в то время как автоматическая классификация по спутниковым позиционным данным определяет работу тралом в Карагинской подзоне. Для наглядности был проведён визуальный анализ трека за 4 февраля (*рис. 6*), где судно ведёт промысел в Карагинской подзоне, что подтверждает результат автоматической классификации трека, а декларирует вылов в Западно-Беринговоморской зоне, что не соответствует позиционным спутниковым данным. В то же время не каждому дневному промысловому усилию находилось соответствие в отчётах по вылову в судовых суточных донесениях, как на примере, приведённом в *табл. 7–8*, где наблюдается отсутствие вылова в судовом суточном донесении (см. *табл. 7*), при этом автоматическая классификация определила траловые работы в данных сутках (см. *табл. 8*). Для наглядности был проведён визуальный анализ трека за 18 февраля, который представлен на *рис. 7* (см. с. 42), где показано, как судно совершает манёвры, характерные для траловых работ, что подтверждает результат автоматической классификации трека по спутниковым позиционным данным, при этом декларирует отсутствие вылова.

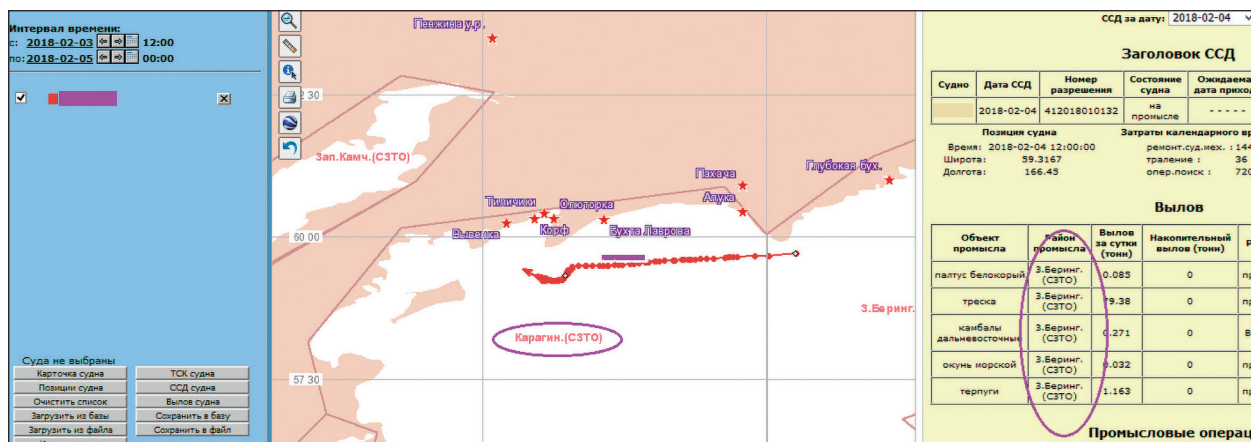


Рис. 6. Визуальный анализ трека тестового судна по указанным данным в картографическом интерфейсе OSM

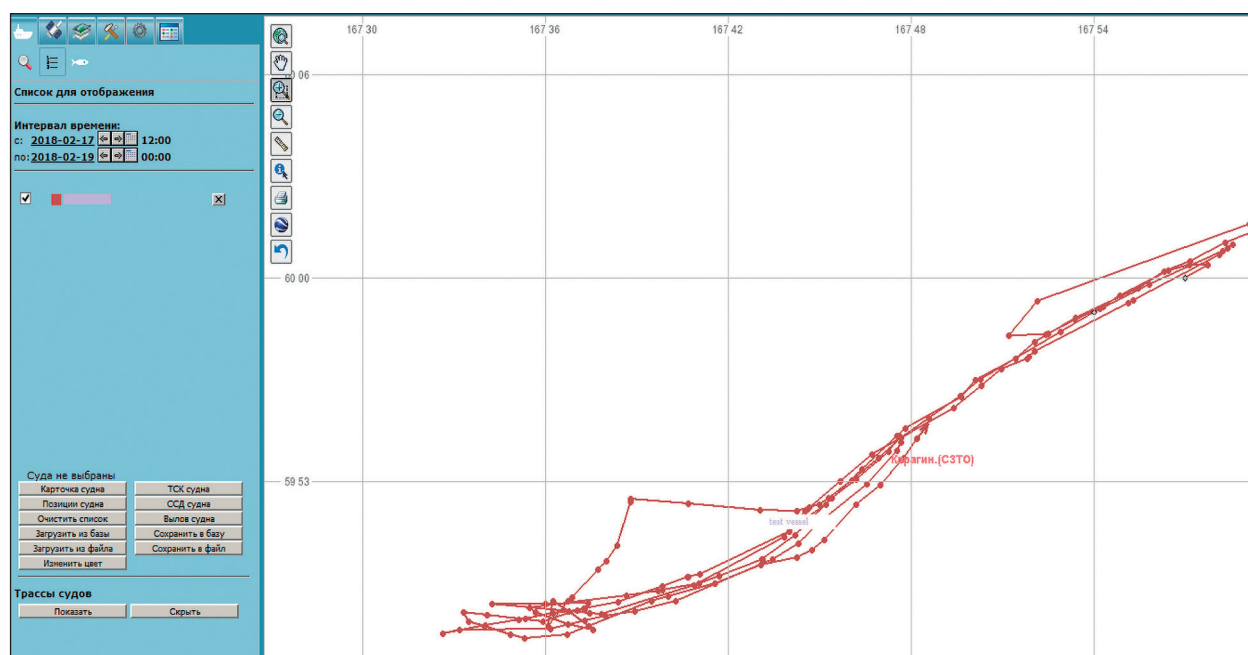


Рис. 7. Манёвры, характерные для траловых работ тестового судна на дату 18.02.2018, отображённые в картографическом интерфейсе ОСМ

Таблица 5. Местонахождения тестового судна по данным ССД в северо-западной части Тихого океана

Дата	Код региона	Наименование региона	Вылов за день по ССД, т
04.02.2018	261	Западно-Берингоморская зона	80,899
11.02.2018	264	Карагинская подзона	0,222
17.02.2018	261	Западно-Берингоморская зона	58,134

Таблица 6. Местонахождение того же тестового судна по спутниковым позиционным данным в северо-западной части Тихого океана

Дата ССД	Код региона	Наименование региона	Коэффициент работ
01.02.2018	264	Карагинская подзона	0,5301041667
02.02.2018	264	Карагинская подзона	0,9024189815
03.02.2018	261	Западно-Берингоморская зона	0,3964583333
04.02.2018	264	Карагинская подзона	0,62929398159
05.02.2018	264	Карагинская подзона	0,86665972222
06.02.2018	264	Карагинская подзона	0,4878240741

Таблица 7. Отсутствие данных о вылове в судовом суточном донесении тестового судна

Дата	Код района	Код ВБР	Вылов по ССД, т
16.02.2018	261	292	0,286
16.02.2018	261	451	50,504
16.02.2018	264	112	0,552
19.02.2018	261	112	0,563
20.02.2018	264	112	0,310
21.02.2018	264	112	0,221



Таблица 8. Для этого же судна коэффициент автоматической классификации траловых работ больше нуля

Дата ССД	Код региона	Коэффициент работ
12.02.2018	264	0,285893519
13.02.2018	264	0,0130555556
17.02.2018	264	0,761087963
18.02.2018	264	1,0

Наряду с обнаружением отчётов, вызывающих опасения по поводу нарушения правил рыболовства, автоматическая классификация позволяет выявлять незлонамеренные ошибки в ССД. Так, в докладе (Андреев и др., 2020) с помощью автоматической классификации показано, что значительная часть ССД (около десятой части) содержит в дополнительной отчётной информации указания на ситуации, когда в судовом суточном донесении отмечен период проведения траления, включающий переходы с крейсерской скоростью между фрагментами трека с реальным тралением.

### Заключение

Предложена методика верификации ССД в ОСМ на основе определения обобщённых параметров вылова для промыслового района, вида ВБР, типа судна и периода промысла с использованием автоматической классификации трека.

С помощью гистограмм величины скорости обоснован и уточнён интервал скоростей для автоматической классификации трека.

При проведении тестирования методики показано, что даже во время реализации начальных этапов методики обнаруживаются многочисленные ошибки и в отчётных данных по вылову и периоду выполнения промысловых операций, и в поставляемых ТСК данных по скорости судна. Выявлены ошибки в ССД — как связанные с попытками нарушить правила промысла, так и незлонамеренные, возникшие в результате неоднозначного толкования правил предоставляемой дополнительной отчётной информации.

Работа по анализу структуры и содержания справочной информации ОСМ, а также по её совершенствованию выполнялась в рамках темы Министерства науки и высшего образования Российской Федерации «Мониторинг» (госрегистрация № 122042500031-8). Исследования проводились с использованием возможностей Центра коллективного пользования «ИКИ-Мониторинг», включая уникальную научную установку «Вега-Science» (Лупян и др., 2019) (<http://ckp.geosmis.ru>).

### Литература

1. Андреев М. В., Пырков В. Н., Василец П. М., Солодилов А. В., Черных В. Н., Дегай А. Ю. Новые возможности верификации данных с помощью спутникового позиционирования на примере системы мониторинга рыболовства // Материалы 18-й Всерос. открытой конф. «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 16–20 нояб. 2020. С. 9. DOI: 10.21046/18DZZconf-2020a.
2. Белоконь З. С., Толпин В. А., Пыркова О. А., Андреев М. В., Василец П. М., Пырков В. Н. Рассмотрение возможности классификации треков судов на промысле краба по данным спутникового позиционирования // Материалы 17-й Международ. научно-техн. конф. «Современные методы и средства океанологических исследований (МСОИ-2021)». Москва, 18–20 мая 2021. М.: Ин-т океанологии им. П. П. Ширшова РАН, 2021. Т. 2. С. 15–18. DOI: 10.29006/978-5-6045110-2-2.
3. Василец П. М., Терентьев Д. А., Пырков В. Н. Анализ пространственного распределения вылова камбал за 2011–2016 годы в прикамчатских и смежных с ними районах по данным отраслевой системы

- мониторинга // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. 2017. Вып. 47. С. 65–76. DOI: 10.15853/2072-8212.2017.47.65-76.
4. Василец П. М., Терентьев Д. А., Коробов С. А., Пырков В. Н., Солодилов А. В., Дегай А. Ю. Возможность оценки достоверности пространственной информации по вылову донных рыб в отраслевой системе мониторинга Росрыболовства на основе комплексного анализа промысловой отчётности и данных спутникового позиционирования промысловых судов // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2018. Т. 15. № 7. С. 35–42. DOI: 10.21046/2070-7401-2018-15-7-35-42.
  5. Дегай А. Ю., Пырков В. Н., Василец П. М., Андреев М. В. Исследование возможности использования методов машинного обучения для автоматической классификации треков спутникового позиционирования на примере системы мониторинга рыболовства // Материалы 17-й Всерос. открытой конф. «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 11–15 нояб. 2019. С. 82. DOI: 10.21046/17DZZconf-2019a.
  6. Пырков В. Н., Василец П. М., Дегай А. Ю., Андреев М. В., Черных В. Н., Солодилов А. В. Новый подход к верификации отчетов о вылове на основе классификации треков спутникового позиционирования в системе мониторинга рыболовства // 16-я Всерос. открытая конф. «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса»: сб. тез. Москва, 12–16 нояб. 2018. М.: ИКИ РАН, 2018. С. 109. DOI: 10.21046/rorse2018.145.
  7. Пырков В. Н., Василец П. М., Дегай А. Ю., Андреев М. В., Черных В. Н., Солодилов А. В. Новый подход к верификации отчетов о вылове на основе классификации треков спутникового позиционирования в системе мониторинга рыболовства // Информац. технологии в дистанц. зондировании Земли — RORSE 2018: сб. ст. конф. М.: ИКИ РАН, 2019. С. 145–149. DOI: 10.21046/rorse2018.145.
  8. Plet-Hansen K. S., Eliassen S. Q., Mortensen L. O., Bergsson H., Olesen H. J., Ulrich C. Remote electronic monitoring and the landing obligation — some insights into fishers' and fishery inspectors' opinions // Marine Policy. 2017. V. 76. P. 98–106. DOI: 10.1016/j.marpol.2016.11.028.
  9. Zheng Y. Trajectory data mining: An overview // ACM Trans. Intelligent Systems and Technology. 2015. V. 6. P. 1–41. DOI: 10.1145/2743025.

## Improvement of methods for complex analysis of catch reporting data and satellite positions of vessels to verify information in the fisheries monitoring system based on automatic track classification

V. N. Pyrkov, A. Yu. Degay, V. N. Chernykh, M. V. Andreev, V. A. Tolpin, Z. S. Belokon

*Space Research Institute RAS, Moscow 117997, Russia*  
*E-mail: iki561@d902.iki.rssi.ru*

In the paper, the need for verification of reporting and positional information in mobile object monitoring systems is substantiated. Tools for complex analysis of positional and fishing information to verify data of information systems on the example of fishery monitoring system were developed. A method was developed to estimate the reliability of satellite information on fishing vessels position. For automatic classification of vessel track, it was found preferable to use information on vessel position obtained from technical controls, rather than vessel speed from satellite positioning providers. The algorithm for automatic track classification was refined and used on practical data. The method of suspicious message detection was finalized for practical automated application, now it is based on determination of the generalized ratio of catch to fishing effort. Finally, the method of complex verification of satellite vessel positioning data and vessel reporting information was successfully tested. Previously unpublished results presented in conferences are discussed.

**Keywords:** path classification automation, bottom trawl, automatic identification system (AIS), fishery statistics, reliability

Accepted: 14.06.2023

DOI: 10.21046/2070-7401-2023-20-3-35-45

## References

1. Andreev M. V., Pyrkov V. N., Vasilets P. M., Solodilov A. V., Chernykh V. N., Degai A. Yu., New possibilities of data verification using satellite positioning by the example of fishery monitoring system, *Materialy 18-i Vserossiiskoi otkrytoi konferentsii "Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa"* (Proc. 18<sup>th</sup> All-Russia Open Conf. "Current Problems in Remote Sensing of the Earth from Space"), Moscow, 16–20 Nov. 2020, p. 9 (in Russian), DOI: 10.21046/18DZZconf-2020a.
2. Belokon Z. S., Tolpin V. A., Pyrkova O. A., Andreev M. V., Vasilets P. M., Pyrkov V. N., The possibility of classifying ship tracks in the crab fishery based on satellite positioning data, *Materialy XVII Mezhdunarodnoi nauchno-tehnicheskoi konferentsii "Sovremennye metody i sredstva okeanologicheskikh issledovaniy (MSO-2021)"* (Proc. XVII Intern. Scientific and Technical Conf. "Modern methods and means of oceanological research (MSOI-2021)"), Moscow, 18–20 May 2021, Moscow: Institut okeanologii im. P. P. Shirshova RAN, 2021, Vol. II, pp. 15–18 (in Russian), DOI: 10.29006/978-5-6045110-2-2.
3. Vasilets P. M., Terent'ev D. A., Pyrkov V. N., Analysis of spatial distribution of flounder catches in the waters adjacent and off Kamchatka for 2011–2016 on the data of the fisheries sectoral monitoring system, *The researches of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean*, 2017, No. 47, pp. 65–76 (in Russian), DOI: 10.15853/2072-8212.2017.47.65-76.
4. Vasilets P. M., Terent'ev D. A., Korobov S. A., Pyrkov V. N., Solodilov A. V., Degai A. Yu., Possibility for assessing the reliability of spatial information on bottom fish catch in Fishery Monitoring System on the basis of an integrated analysis of daily fishing report and satellite positioning data of fishing vessels, *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2018, Vol. 15, No. 7, pp. 35–42 (in Russian), DOI: 10.21046/2070-7401-2018-15-7-35-42.
5. Degai A. Yu., Pyrkov V. N., Vasilets P. M., Andreev M. V., Exploring the possibility of using machine learning methods for automatic classification of satellite positioning tracks on the example of a fishery monitoring system, *Materialy 17-i Vserossiiskoi otkrytoi konferentsii "Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa"* (Proc. 17<sup>th</sup> All-Russia Open Conf. "Current Problems in Remote Sensing of the Earth from Space"), Moscow, 11–15 Nov. 2019, Moscow: IKI RAN, 2019, p. 82 (in Russian), DOI: 10.21046/17DZZconf-2019a.
6. Pyrkov V. N., Vasilets P. M., Degai A. Yu., Andreev M. V., Chernykh V. N., Solodilov A. V., A new approach to verification of catch reports based on classification of satellite positioning tracks in fishery monitoring system, *16-ya Vserossiiskaya otkrytaya konferentsiya "Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa"* (16<sup>th</sup> All-Russia Open Conf. "Current Problems in Remote Sensing of the Earth from Space"), Book of Abstr., Moscow, 12–16 Nov. 2018, Moscow: IKI RAN, 2018, p. 109 (in Russian), DOI: 10.21046/rorse2018.145
7. Pyrkov V. N., Vasilets P. M., Degai A. Yu., Andreev M. V., Chernykh V. N., Solodilov A. V., A new approach to verifying catch reports based on the classification of satellite positioning tracks in a fishery monitoring system, *Informatsionnye tekhnologii v distantsionnom zondirovanii Zemli — RORSE 2018* (Information Technologies in Remote Sensing of the Earth — RORSE 2018), Proc. Conf., Moscow: IKI RAN, 2019, pp. 145–149 (in Russian), DOI: 10.21046/rorse2018.145.
8. Plet-Hansen K. S., Eliassen S. Q., Mortensen L. O., Bergsson H., Olesen H. J., Ulrich C., Remote electronic monitoring and the landing obligation — some insights into fishers' and fishery inspectors' opinions, *Marine Policy*, 2017, Vol. 76, pp. 98–106, DOI: 10.1016/j.marpol.2016.11.028.
9. Zheng Y., Trajectory data mining: An overview, *ACM Trans. Intelligent Systems and Technology*, 2015, Vol. 6, pp. 1–41, DOI: 10.1145/2743025.