

## **Использование методов обработки и анализа разнородных данных (data fusion) на примере треков судов рыболовного флота и ежесуточных судовых отчетов**

**В.В. Марченков, В.Н. Пырков, В.Н. Черных**

*Институт космических исследований РАН (ИКИ РАН)  
117997, Москва, Профсоюзная, 84/32  
E-mail: pyrkov@d902.iki.rssi.ru*

В статье описаны методы объединения неоднородных данных, содержащихся в базе данных отраслевой системы мониторинга Росрыболовства, обычно классифицируемые как data fusion. На основе информации о позициях судов в определенные отрезки времени выявлена возможность интерпретирования действий судов, в частности добычи морских биоресурсов, что, в свою очередь, позволяет построить карты вылова. Показана возможность реализации данного подхода при анализе ведения добычи с помощью различных способов и орудий лова.

**Ключевые слова:** мониторинг, рыболовный флот, карты вылова, data fusion, трек судна, орудия лова.

### **Введение**

С середины 70-х гг. прошлого века наблюдается устойчивый рост мировых усилий по добыче морских биоресурсов (Anticamara et al., 2011; Антонов, 2011).

На рубеже столетия для мониторинга процессов добычи морских биоресурсов были разработаны национальные системы контроля пространственного положения судов, опирающиеся на систему позиционирования GPS, в настоящее время к ней добавилась ГЛОНАСС. В России отраслевая система мониторинга (ОСМ) судов рыболовного флота была создана в 2000 г. Основные ее разработчики: ФГУП «ВНИЭРХ», ИКИ РАН, ФГУП «КЦСМ», ЗАО «Транзас», ДГУП «МРЦМ», ФГУП «Гипрорыбфлот». Пользователями ОСМ являются подразделения Росрыболовства, Пограничной службы ФСБ России, Военно-морского флота, МВД РФ, Федеральной таможенной службы и других заинтересованных федеральных органов исполнительной власти. В настоящее время система является крупнейшей в мире. Под ее контролем находятся более 3500 судов (ежедневно на промысле находятся от 900 до 1500 судов). Информация о позициях судов рыболовного флота поступает в ОСМ по каналам спутниковой связи Inmarsat и Argos.

Одной из основных функций ОСМ является накопление регулярных позиционных данных судов. Кроме того, в ОСМ поступают отчеты капитанов судов о деятельности судов за сутки или судовые суточные донесения (ССД). Судовые донесения содержат сведения о текущем улове, запасах топлива, питьевой воды, промысловых операциях за сутки. В систему также поступают отчеты о производственной деятельности судовладельческих предприятий, сведения о выделенных предприятиям квотах и разрешениях на добычу (вылов) водных биоресурсов.

Собранная системой информация поступает в более чем 40 информационных узлов и мобильных рабочих мест. Для доступа к накопленным данным разработан пользовательский веб-интерфейс, позволяющий визуально контролировать треки судов, проводить анализ содержания ССД, оперативно совмещать картографическую информацию со спутниковыми снимками поверхности Земли, полученными в различных спектральных диапазонах. Это позволяет наглядно представлять облачность, ледовую обстановку, температуру поверхности океана в районах промысла.

## Постановка задачи

Данные о позициях судов, накапливаемые в системах мониторинга рыболовного флота, обладают большим потенциалом с научной точки зрения (в науках, связанных с изучением рыбных запасов и т. д.). Обзор зарубежного опыта проведения подобных исследований можно найти в работе (Gerritsen, Lordan, 2010). Анализу данных мониторинга отечественного рыболовного флота в районе Камчатского полуострова, опирающемуся на данные ОСМ Росрыболовства, посвящен цикл статей (Василец, 2004; Василец и др., 2006; Василец, Тереньтьев, 2008, 2009; Тереньтьев и др., 2006). Основой для этих работ послужила методика, анализирующая судовые суточные донесения. В качестве привязки по координатам использовали только позицию, сообщенную в ССД. В работе (Белоконь и др., 2008) приводится описание методики анализа, учитывающей данные о скорости траления и усредненных позиционных данных. Методика использует положение, что скорость траления не может быть выше определенных пределов (в работе принято 5 узлов, что близко к значению, определенному в статье (Gerritsen, Lordan, 2010)). При усреднении все позиции со скоростью выше 5 узлов игнорировались. Отбирались позиции судна, зафиксированные в БД ОСМ в моменты времени, когда, согласно ССД, судно занималось тралением.

Как отечественные (Белоконь и др., 2008), так и зарубежные (Gerritsen, Lordan, 2010) исследователи фиксируют неточности данных, подаваемых в ССД.

Основным достоинством метода, опирающегося только на данные ССД, является возможность получения оценок для любых способов и орудий лова. Все методы, опирающиеся только на скорость лова и позиционные данные, применялись для трала, но нам неизвестны примеры применения таких подходов для других способов и орудий лова (ловушки, рыбо-насосы, сети, и т. д.).

Целью настоящей работы является развитие подхода, объединяющего разнородные данные, получаемые из ССД, неоднородные позиционные данные и различные способы и орудия лова для соотнесения промысловых действий судна и его пространственного положения (в мировой литературе это определяется термином *data fusion*). Решение этой задачи мы разбили на следующие подзадачи:

- определение по треку наличие действий, связанных с добычей биоресурсов;
- пространственная привязка добычи.

## Методика

Анализ показал, что накапливаемые в БД ОСМ данные имеют неоднородный характер. Основным источником неоднородности являются источники первичной информации. Основные источники информации о позициях судов — это системы передачи данных Inmarsat и Argos. Кроме того, позиционные данные поступают в виде ССД и телеграмм, которые могут поступать как по спутниковым каналам связи, так и по радиоканалам, факсам и т. д. Системы передачи данных используют для автоматического определения позиций судна, показания приемников GPS/ГЛОНАСС. Однако система Argos дополнительно использует фиксацию координат судна с помощью Доплеровского смещения радиосигнала. Частота поступления позиций различается в довольно широких пределах. Inmarsat поставляет данные в среднем 1 раз в 1...3 ч, а система Argos — 1 раз в 15...30 мин. Для позиций, поставляемых через Inmarsat, сообщается о скорости и курсе судна для каждой позиции, в то время как Argos таких данных не поставляет никогда. Особенностью позиций поставляемых через Argos является то, что позиции определяются с разной степенью точности.

### *Методика оценки скорости и курса судна*

В случае, когда скорость и курс присутствуют в наборе данных (Inmarsat), мы брали их из таблицы БД. В противном случае (Argos), мы проводили их оценку. Простейшая оценка состоит в вычислении курса и средней скорости перемещения между двумя соседними точками, в предположении, что судно движется прямолинейно.

В ходе предварительного визуального анализа треков судов мы пришли к выводу, что точность данных, поставленных в телеграммах и ССД низка. В своих вычислениях мы отбрасывали эти данные, а также данные, определенные с точностью хуже, чем 350...1500 м (Argos). В ряде случаев система Argos сообщает позиции с одним временным штампом, но определенные разными методами. В этом случае мы оставляли данные, полученные от наиболее точного источника.

### *Методика выявления промысловых действий по скорости*

Для интерпретации данных строились гистограммы частоты наблюдения различных значений скорости судна, накопленных в течение календарного года, и сопоставлялись с аналогичными гистограммами значений скорости, зафиксированных в моменты, когда судно занималось добычей (согласно ССД). Поскольку характер распределения скоростей зависел от типа орудия лова, то мы выбирали суда, которые не меняли орудия лова в течение года.

### *Методика оценки пространственного распределения улова*

Визуализация расчетов карт вылова проводилась следующим образом. Поверхность Земли разбивалась на ячейки  $0,05 \times 0,05^\circ$ . Если, согласно ССД, судно сообщало об улове:

- то определялись части трека, которые интерпретировались как позиции, в которых судно занималось ловом;
- улов распределялся равномерно по всем точкам трека, отобранным на предыдущем этапе;
- по ячейкам, предназначенным для отображения на карте, улов определялся как сумма долей улова приписанных точкам трека, попавших в данную ячейку.

## **Дискуссия**

Нами было выявлено три характерных типа гистограмм, соответствующих трем группам орудий лова:

- первый тип — разнообразные тралы и снюрреводы (рис. 1),
- второй тип — ярусы (рис. 2),
- третий тип — обширная группа орудий лова включающая: сети, ловушки, водолазное оборудование, рыбонасосы, драги (рис. 3).

На гистограммах, черные прямоугольники отражают частоту наблюдения скорости за год. Белые прямоугольники, наложенные на черный фон, соответствуют выбору значений скорости только во время лова по данным ССД.

На все трех типах гистограмм можно было наблюдать совпадение характера распределения скоростей для случая объявленного лова и гистограммы, построенной по данным за год на ограниченном по значению скоростей участке. Интервал скоростей, в котором наблюдалось совпадение гистограмм, интерпретировали как интервал скоростей, в котором судно занималось ловом.

Так, для лова тралом скорость, на которой ведется добыча, лежит в пределах 2,5...4 узлов, что хорошо согласуется с данными работы (Gerritsen, Lordan, 2010), в которой интервал

скоростей оценивается как 2...5 узлов. В случае добычи с помощью яруса наблюдается два пика на гистограмме, в области ведения судном добычи. Один, как и в случае с тралом, в районе 2...4 узлов, второй, поменьше, с центром в районе 6 узлов. Для третьей группы орудий лова характерно, что во время операций, связанных с добычей, судно перемещается со скоростями меньше 3...4 узлов и вообще близко к нулю.

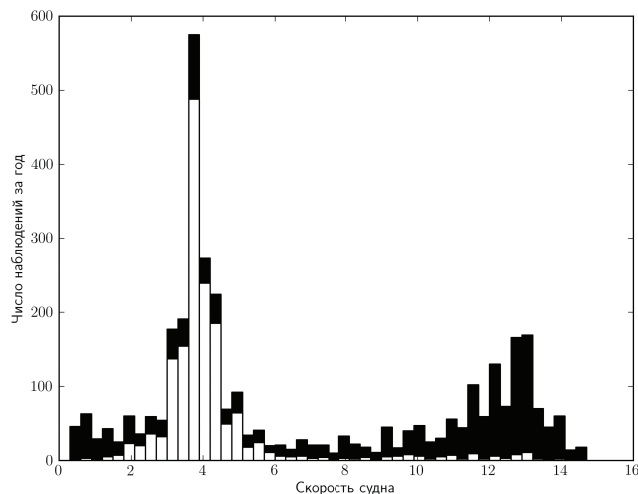


Рис. 1. Частота наблюдения различных значений скорости в течение года для судна, ведущего добычу тралом по данным ОСМ

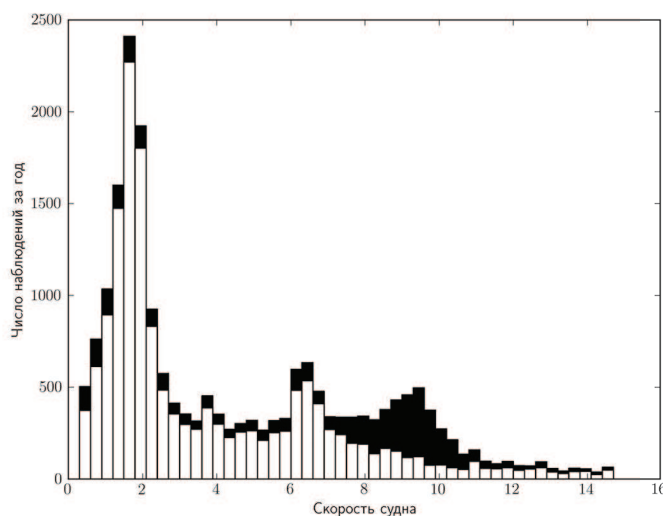


Рис. 2. Частота наблюдения различных значений скорости в течение года для судна, ведущего добычу ярусом по данным ОСМ

Таким образом, модель, согласно которой судно занимается промыслом, когда его скорость меньше 5 узлов, принятая в (Белоконь и др., 2008), оказывается довольно универсальной и ее можно применять практически для всех орудий лова. Небольшое уточнение к этой модели может потребоваться только для ловли ярусом.

Для судов, позиционирующихся через Argos, отсутствующие значения скоростей мы заменили их оценкой. Характеристики, построенных по этим оценкам гистограмм скорости, аналогичны представленным на рис. 1–3. На рис. 4 представлена гистограмма распределения рассчитанных изменений курса судна для самого «сложного» участка трека — траленья. Такие участки характеризуются частыми сменами курса, и в силу этого, трек напоминает траекторию перемещения челнока. Из рис. 4 видно, что вариации курса от точки

к точке не превышают  $10^\circ$ , т. е. реальное поведение судна хорошо приближается моделью кусочно-прямолинейного движения. Это позволяет распространить выводы, полученные путем анализа известных скоростей (Inmarsat), на случаи, когда эти параметры вычисляются (Argos).

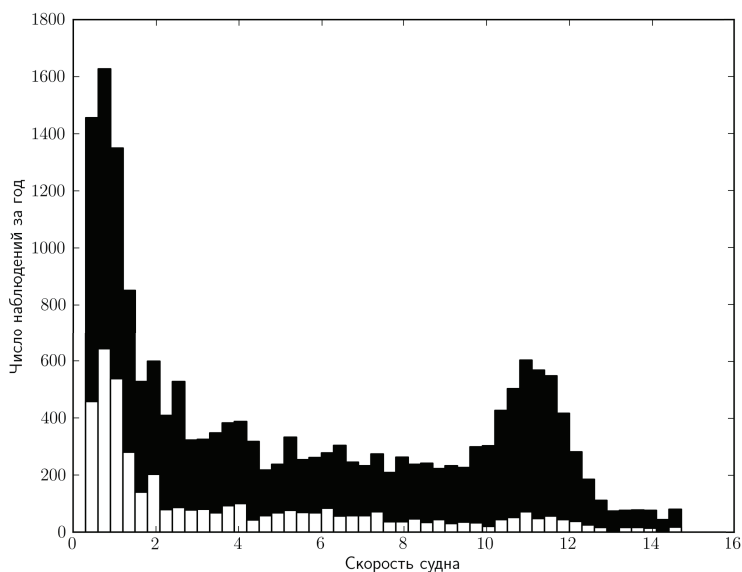


Рис. 3. Частота наблюдения различных значений скорости в течение года для судна, ведущего добычу неводом по данным ОСМ

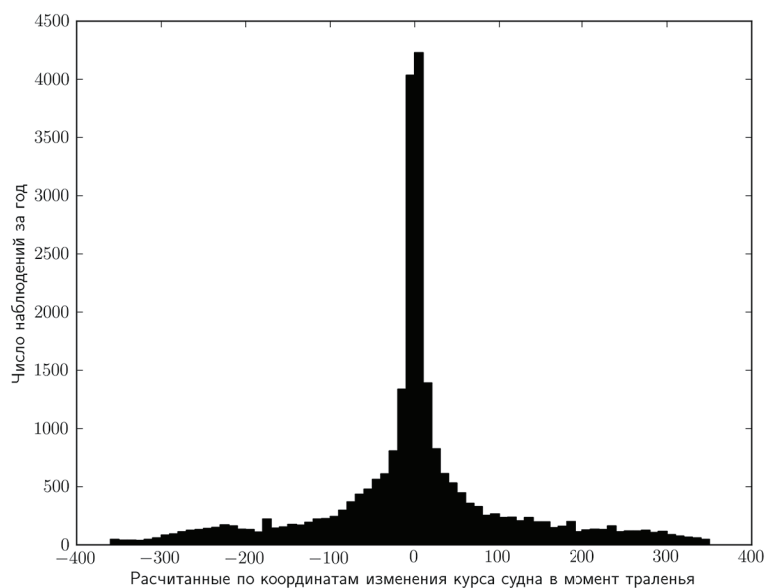


Рис. 4. Частота наблюдения различных значений изменений курса в течение года для судна, ведущего добычу тралом по данным ОСМ

В предположении, что интервал скоростей судна отражает характер его деятельности, можно построить карты вылова для всех биоресурсов, всех способов лова, всех орудий лова и всех источников информации о позициях судов, представленных в БД ОСМ.

Результаты применения этого подхода для построения карт вылова представлены на рис. 5, отражающие пространственное распределение добычи на участке Баренцева моря за 1 марта 2010 г.

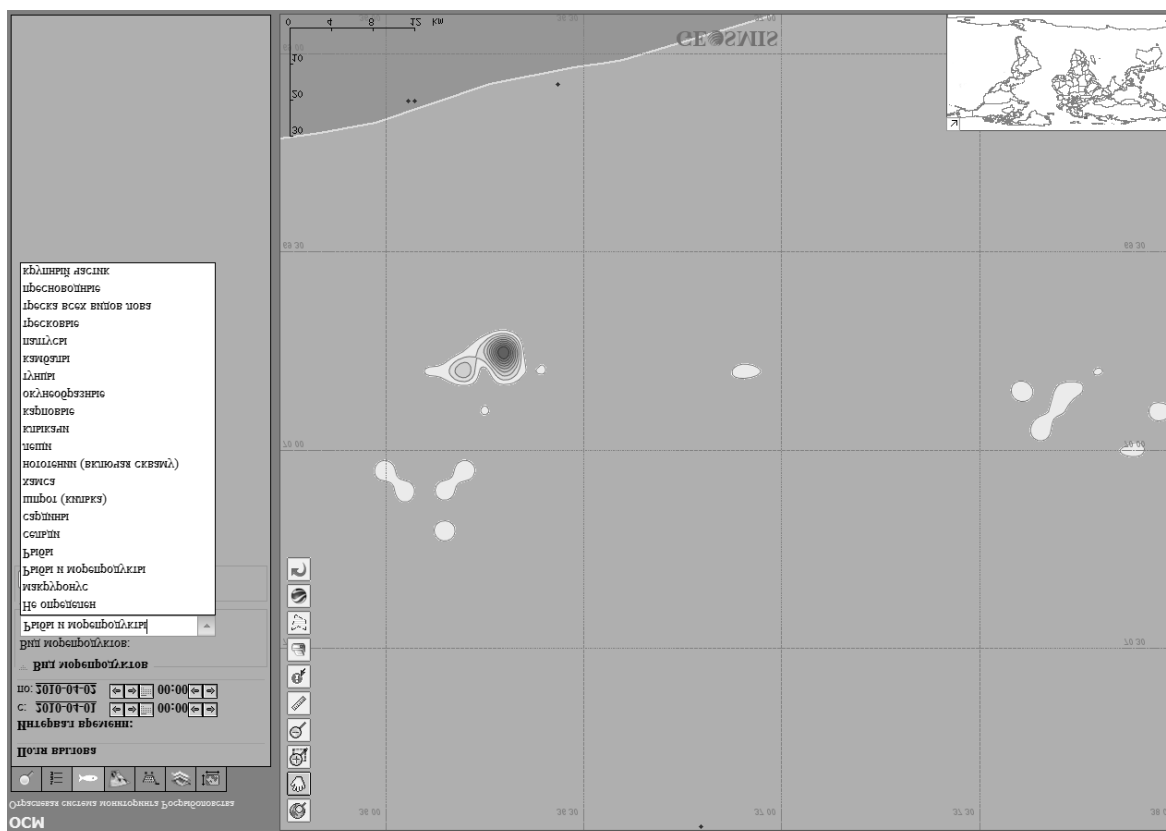


Рис. 5. Пример построение карты вылова для участка Баренцова моря

## Выводы

- Совместное рассмотрение особенностей трека судна с данными, приводимыми в ССД позволяет получать количественные характеристики скорости в интервалах времени соответствующих процессу добычи водных биоресурсов с применением различных способов и орудий лова.
- Показано, что методика пространственной привязки момента лова, основанная на отбрасывании скорости больше некоторой величины, может давать положительные результаты практически для всех способов и орудий лова.

## Литература

1. Антонов Н.П. Промысловые рыбы Камчатского края: биология, запасы, промысел. М.: Изд-во ВНИИРО, 2011. С. 244.
2. Белоконь З.С., Гордов А.А., Лаврова О.Ю., Лупян Е.А., Нестерова Е.В., Пырклов В.Н., Рузаков Б.И., Фефилов Ю.В. Построение блока сравнительного анализа пространственных данных отраслевой системы Госкомрыболовства // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2008. Вып. 5. Т. 2. С. 430–437.
3. Василец П.М. О структуре рыбного промысла (по орудиям лова) в прикамчатских водах в 2003 г. // Исследования водных биологич. ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана: Сб. науч. тр. Камчат. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. 2004. Вып. 7. С. 35–43.
4. Василец П.М., Коростелев С.Г., Терентьев Д.А. Промышленное рыболовство в северо-восточной части Охотского моря в 1997–2003 гг. // Исследования водных биологич. ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана: Сб. науч. тр. Камчат. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. 2006. Вып. 8. С. 19–37.

5. *Василец П.М., Тереньтьев Д.А.* Характеристика промысла рыбных биологических ресурсов в Петропавловско-Командорской подзоне в 2001–2006 гг. // Исследования водных биологич. ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана: Сб. науч. тр. Камчат. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. 2008. Вып. 10. С. 116–135.
6. *Василец П.М., Тереньтьев Д.А.* Характеристика промысла рыбных биологических ресурсов в Карагинской подзоне в 2001–2007 гг. // Исследования водных биологич. ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана: Сб. науч. тр. Камчат. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. 2009. Вып. 13. С. 59–73.
7. *Тереньтьев Д.А., Балыкин П.А., Василец П.М.* Сообщества морских рыб в условиях интенсивного промысла (на примере западной части Берингова моря) // Изв. Тихоокеан. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. 2006. Т. 145. С. 56–74.
8. *Anticamara J.A., Watson R., Gelchu A., Pauly D.* Global fishing effort (1950-2010): Trends, gaps, and implications // *Fisheries Research*. 2011. V. 107. P. 131–136.
9. *Gerritsen H., Lordan C.* Integrating vessel monitoring systems (VMS) data with daily catch data from logbooks to explore the spatial distribution of catch and effort at high resolution. // *ICES J. Marine Science*. 2010. V. 68. P. 245–252.

## **The use of the methods of processing and analysis of heterogeneous data (data fusion) as applied to the data on fishing fleet vessels tracks and the information contained in daily vessels report**

**V.V. Marchenkov, V.N. Pyrkov, V.N. Chernykh**

*Space Research Institute (IKI RAN)  
117997, Moscow, Profsovnaya, 84/32  
E-mail: pyrkov@d902.iki.rssi.ru*

In this paper data fusion methods are applied to integration of heterogeneous data in Rosrybolovstvo's vessel monitoring system data base. Based on the information about GPS/GLONASS positioning of vessels at certain time intervals it is found out possible to interpret vessel's activities, in particular the fishing of marine biological resources, which in turn allows plotting catch maps. The possibility of applying this approach to the analysis of harvesting production using different methods and instruments of fishing is discussed.

**Keywords:** vessel monitoring system, fishing fleet, catch map, data fusion, vessel track, fishing gear