

Исследование эффективности алгоритма сопоставления судовых идентификаторов в автоматической идентификационной системе (АИС) и отраслевой системе мониторинга Росрыболовства (ОСМ) по трекам судов

А.А. Гордов ², А.Ю. Дегай ¹, В.Н. Пырков ¹, В.Н. Черных ¹

¹*Институт космических исследований РАН, Москва, 117997, Россия
E-mail: pyrkov@d902.iki.rssi.ru*

²*Полярный научно-исследовательский институт
морского рыбного хозяйства и океанографии, Мурманск, 183038, Россия
E-mail: alexg@pinro.ru*

В статье изучается возможность интеграции позиционных данных автоматической идентификационной системы (далее АИС) в отраслевую систему мониторинга рыболовства (далее ОСМ). Одной из основных функций ОСМ является дистанционный контроль позиций судов российского и иностранного рыбопромыслового флота. Позиционные данные поступают в ОСМ по каналам спутниковых систем Inmarsat и Argos. Однако эти спутниковые системы имеют ряд недостатков, многие из которых может решить интеграция с АИС, работающей в УКВ диапазоне. АИС обеспечивает устойчивую и надежную работу при высокой скорости обмена данных и минимальными затратами на трафик доставки сообщений о местоположениях судов. В данной работе будет рассмотрен способ интеграции позиционных данных путем сопоставления судовых идентификаторов в обеих системах. Предложенный алгоритм поиска соответствия судовых идентификаторов систем АИС и ОСМ по трекам судов позволит значительно сократить вычислительные затраты для подобного способа интеграции и получить высокую достоверность соответствия судовых идентификаторов обеих систем. Кроме того, показано, что поиск соответствия судовых идентификаторов АИС и ОСМ на основе анализа треков судов может дать информацию, которую принципиально невозможно получить сопоставлением символьной информации АИС и ОСМ.

Ключевые слова: АИС, код ИМО (англ. International Maritime Organization, IMO), мониторинг, рыболовный флот, позиционные данные, трек судна.

Введение

Отраслевая система мониторинга водных биологических ресурсов, наблюдения и контроля за промысловой деятельностью судов (ОСМ), созданная в 1999 г., предназначена для принятия стратегических, тактических и оперативных управленческих решений Росрыболовства, его территориальных органов и подведомственных организаций. Эффективность ОСМ была описана ранее (Солодилов и др., 2011).

Одной из основных функций ОСМ является дистанционный контроль позиций судов российского и иностранного рыбопромыслового флота. Позиционные данные судов рыбопромыслового флота поступают в ОСМ по каналам спутниковых систем Inmarsat и Argos.

Однако эти спутниковые системы имеют ряд недостатков, основными из которых можно назвать высокую бюджетную затратность на трафик передачи спутниковых данных о местоположении судов, государственную принадлежность и, относительно Inmarsat, слабую защищенность от несанкционированного вмешательства в работу судовой станции, используемой в качестве технического средства контроля (ТСК).

Существенную модернизацию ОСМ можно обеспечить интеграцией данных перспективной системы автоматической идентификации судов (АИС), работающей в УКВ

диапазоне. АИС обеспечивает устойчивую и надежную работу при высокой скорости обмена данными и минимальных затратах на трафик доставки сообщений о местоположениях судов (Марченков и др., 2012).

В настоящее время активно ведутся работы по созданию отечественного спутникового сегмента АИС, размещаемого на российских спутниках, и после их завершения будет возможно поэтапно осуществлять переход на отечественные спутниковые системы в качестве источника данных о местоположении судов, осуществляющих промышленное рыболовство.

Для интеграции позиционной информации АИС необходимо найти соответствие судовых идентификаторов в АИС и ОСМ. Ранее авторами был проведен ряд работ по сопоставлению этих идентификаторов (Марченков и др. 2012, Пырков и др., 2014). Было показано (Пырков и др., 2012), что в дополнение к результатам по сопоставлению судовых идентификаторов АИС и ОСМ на основе анализа информации о названиях судов и радиопозывных в обеих системах, необходимо исследовать возможность поиска соответствия судовых идентификаторов АИС и ОСМ на основе анализа треков судов.

Настоящая статья посвящена оптимизации алгоритма сопоставления судовых идентификаторов АИС и ОСМ на основе позиционной информации предоставляемой этими системами.

Постановка задачи

Основными проблемами при сопоставлении треков судов является большой объем позиционной информации в АИС и ОСМ и несогласованный по времени порядок поступления позиций судов.

Так, число позиций в системе ОСМ за анализируемый период (с 21 августа 2013 г. по 18 сентября 2014 г.) составляет 31 291 726, а число имеющихся для анализа позиционных данных в системе АИС, в том числе полученных через спутниковые каналы, за данный период составляет 10 692 126. Спутниковые данные АИС были получены от компании JAKOTA Cruise Systems.

Особенность потока данных в системе АИС заключается в том, что позиции судов могут поступать с большими перерывами, но в период поступления частота позиционных данных АИС обычно выше, чем частота поступления позиций в ОСМ. В то же время поток данных в ОСМ отличается большей равномерностью по времени поступления.

Главными направлениями оптимизации алгоритма были выбраны два фактора: уменьшение вычислительных затрат на поиск взаимного соответствия судовых идентификаторов в системах АИС и ОСМ и повышение достоверности получаемых результатов.

Методика

В силу очень большого объема позиционной информации, подлежащей сравнению, вначале предполагалось выполнить грубую оценку вероятности соответствия судовых

идентификаторов, а затем на основе полученных результатов оценки провести детальное сопоставление судовых треков.

Для более эффективного выполнения грубой оценки близости судовых треков использовались средства Системы управления базами данных (СУБД) Microsoft Access.

Были созданы обзорные таблицы нахождения судов в сетке географических районов с размерами по широте и долготе в одну десятую градуса в течение суток для позиций АИС и ОСМ.

В *табл. 1* представлен пример фрагмента обзорной таблицы, полученной из позиционных данных ОСМ, где **id_ves** – идентификатор судов в ОСМ, **dt** – дата, **lon1** и **lat1** – округленные долгота и широта (с шагом одна десятая градуса), **cnt** – количество позиций, попадающих в ячейку сетки географических районов.

В результате был кардинально уменьшен объем информации для проведения дальнейшего сопоставления. Число строк в обзорной таблице по данным ОСМ посуточного расположения судов после округления и группировки уменьшилось в шесть раз (с 31 291 726 до 4 788 719 записей).

Таблица 1. Фрагмент обзорной таблицы по данным ОСМ

id_ves	dt	lon1	lat1	cnt
10007	21.08.2013	143,6	51	2
10007	21.08.2013	143,6	51,1	83
10007	21.08.2013	143,7	50,7	2
10007	21.08.2013	143,7	50,9	1
10007	21.08.2013	143,7	51	1
10007	22.08.2013	143,8	50,5	1
10007	22.08.2013	143,8	50,6	1
10007	22.08.2013	143,9	50,2	27
10007	22.08.2013	143,9	50,3	5
10007	22.08.2013	143,9	50,4	1
10007	22.08.2013	144	50,2	2
10007	22.08.2013	144,1	50	1
10007	22.08.2013	144,2	49,8	1
10007	22.08.2013	144,3	49,8	1
10007	22.08.2013	144,4	49,6	2
10007	22.08.2013	144,5	49,3	1
10007	22.08.2013	144,5	49,4	1
10007	22.08.2013	144,5	49,5	1
10007	22.08.2013	144,6	49,1	1
10007	22.08.2013	144,6	49,3	3
10007	22.08.2013	144,7	47,9	1

Аналогичная обзорная таблица была создана на основе данных АИС. В *табл. 2* **mmsi** – является основным идентификатором судов в системе АИС, названия других полей такое же как в *табл. 1* (**dt** – дата, **lon1** и **lat1** – округленные долгота и широта, **cnt** – количество позиций, попадающих в ячейку сетки географических районов).

Таблица 2. Фрагмент обзорной таблицы по данным АИС

mmsi	dt	lon1	lat1	cnt
273421800	22.08.2013	158,6	53	1301
273422100	22.08.2013	140,5	49	136
273422100	22.08.2013	140,5	48,9	4
273422100	22.08.2013	140,4	49,1	99
273422100	22.08.2013	140,4	49	108
273422100	22.08.2013	140,3	49,1	128
273359270	22.08.2013	158,6	53	564
273358200	22.08.2013	140,3	49	65
273356730	22.08.2013	140,3	49	81
273358310	22.08.2013	140,3	49,1	65
273897509	22.08.2013	158,6	53	1
304010462	22.08.2013	140,3	48,6	81
273436790	22.08.2013	140,3	49,1	43
273436790	22.08.2013	140,3	50,4	1
304010462	22.08.2013	140,3	48,7	57
304010462	22.08.2013	140,3	48,8	30
304010462	22.08.2013	140,4	48,8	26
304010462	22.08.2013	140,4	48,9	6
273849210	22.08.2013	181	91	1
273849210	22.08.2013	158,6	53,1	20
304010462	22.08.2013	140,3	48,5	4
273849210	22.08.2013	158,6	53	52
273897500	22.08.2013	158,6	53	1372
273443870	22.08.2013	140,3	49,1	29
273428830	22.08.2013	140,3	49	35
273843700	22.08.2013	158,6	53	69
273842800	22.08.2013	181	91	65
273829810	22.08.2013	158,6	53,1	1286
273448340	22.08.2013	158,6	53,1	80
273445630	22.08.2013	140,3	49	29
273845700	22.08.2013	158,6	53	957

Число строк в обзорной таблице посуточного расположения судов по данным АИС после округления и группировки уменьшилось в сто шестьдесят раз (с 10 692 126 до 66519) записей.

На следующем этапе был проведен поиск возможных пар соответствия идентификаторов АИС и ОСМ, и поиск пар идентификаторов, заведомо не соответствующих друг другу.

Структура запроса для поиска возможных соответствующих пар представляется очевидной, исходя из структуры обзорных таблиц. На *рис. 1* приведена схема запроса.

С помощью вышеуказанной операции было найдено 35597 пар вероятного соответствия идентификаторов АИС и ОСМ.

Для поиска пар судовых идентификаторов АИС и ОСМ, заведомо не соответствующих друг другу, были наложены дополнительные условия на связи широты и долготы.

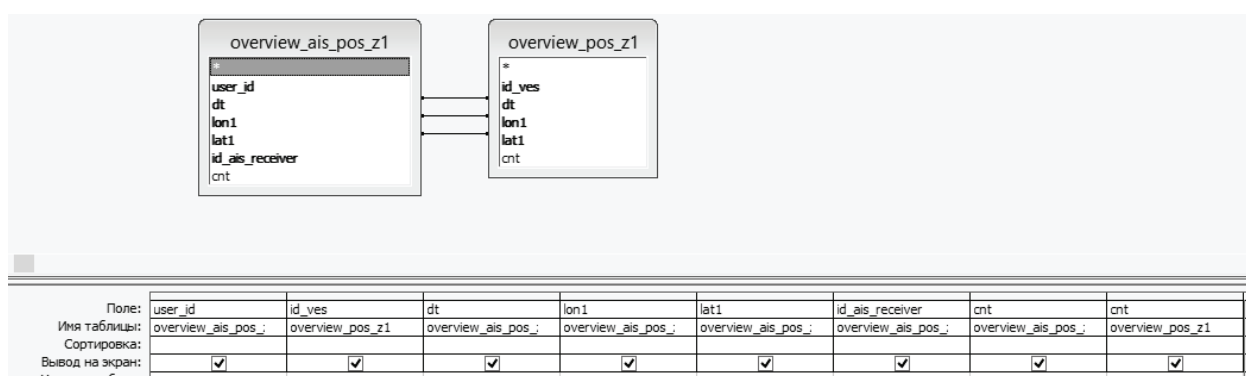


Рис. 1. Схема запроса

Позиции судов в ОСМ определяются не реже, чем раз в полтора часа, тогда как частота подачи координат АИС не столь равномерна. Поэтому, чтобы сопоставить две системы, на основе крейсерской скорости рыболовного судна равной 9 миль в час, был взят диапазон в 14 миль, что приблизительно соответствует трем десятым градуса в широтах от 40 до 60 градусов. Таким образом, если в сравниваемой паре идентификаторов позиция судна ОСМ отсутствует в радиусе трех десятых градуса от позиции судна АИС, данная пара идентификаторов считается не соответствующей друг другу.

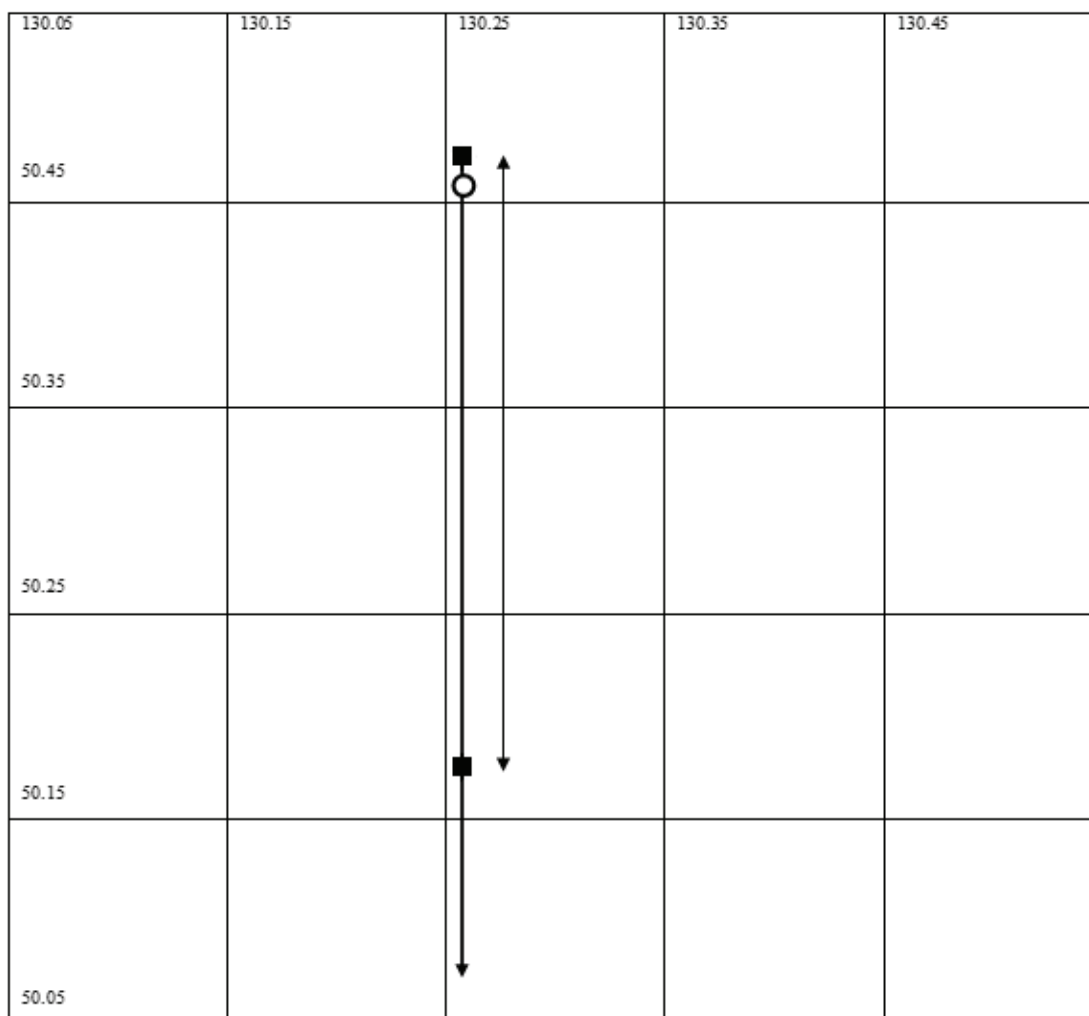
На *рис. 2* представлена ситуация наихудшего рассогласования получения позиций в системах АИС и ОСМ.

На *рис. 3* показан пример пары судов, попавших в оба списка, как в список пар вероятного соответствия, так и в список заведомо несоответствующих друг другу судов.

В АИС (зеленый трек) судно идентифицируется как «TRIM», а красный трек принадлежит судну, идентифицируемому в ОСМ как «СЕРГЕЙ НОВОСЕЛОВ».

После исключения заведомо 32644 «плохих пар» осталось 2953 пары для детального анализа треков.

Для оставшихся 2953 пар было проанализировано 9671 записей таблицы, которая содержит информацию, в какие даты имеется позиционная информация из систем АИС и



■ Позиции ОСМ (верхняя в 23:59 05 сентября 2014 года, нижняя в 01:29 06 сентября 2014 года)

○ Позиция АИС в 00:00 06 сентября 2014 года

→ Трек судна

↔ Расстояние между позициями ОСМ (приблизительно 14 миль)

Размер сетки по широте и долготе 0.1 градуса

Рис. 2. Пример ситуации наихудшего (максимального) рассогласования по времени получения позиций в системах АИС и ОСМ

ОСМ для сопоставления треков. Фрагмент таблицы для детального анализа треков представлен ниже, где **mmsi**, **id_ves** – идентификаторы судов в системах АИС и ОСМ, соответственно, а **dt** – дата получения позиций.

Для этих тестовых пар ищем максимальное расстояние, которое прошли судна за день. Для каждой позиции судна в системе АИС за дату, из *табл. 3*, рассчитывается координата судна путем линейной интерполяции позиций ОСМ за данные сутки, таким образом определяется расстояние между судами, позиционированными в разных системах – АИС и ОСМ.

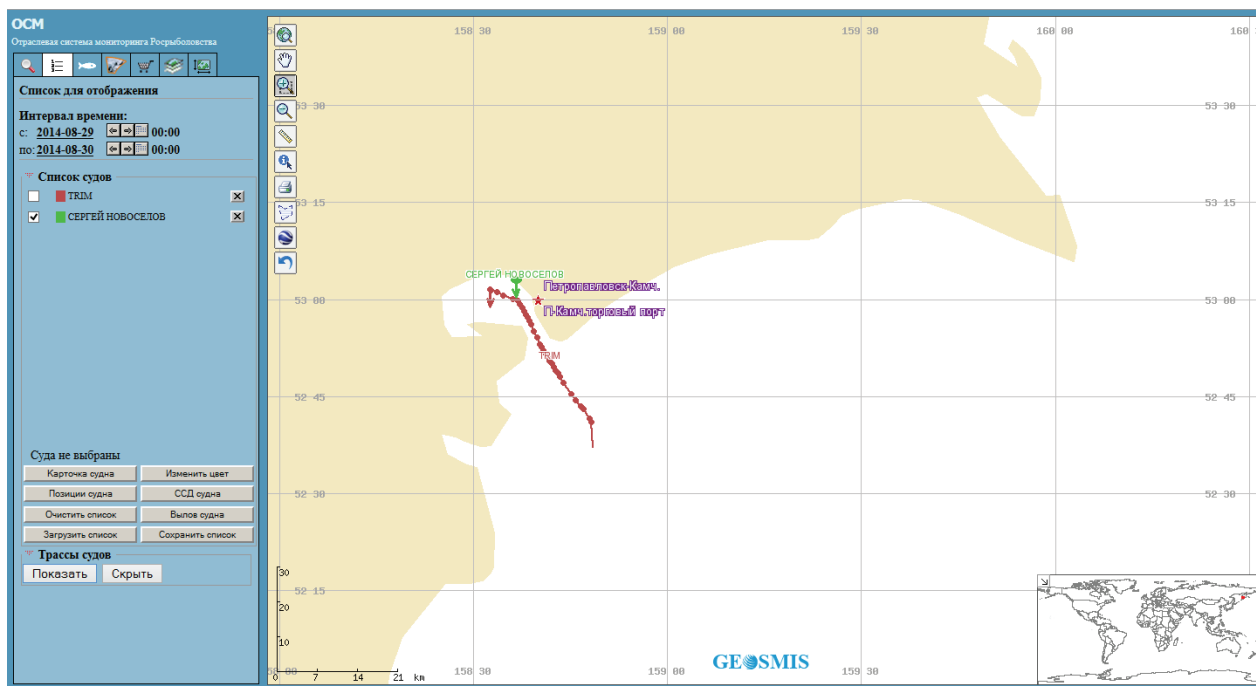


Рис. 3. Пример пары судов, которая попала и в список возможных пар соответствия, и в список заведомо не соответствующих друг другу судов

Выбираем пары, у которых пройденное за сутки судном расстояние больше шести миль, и с максимальным отклонением траекторий АИС и ОСМ меньше 0,1 мили.

Таким образом, получаем результирующую таблицу из 305 записей, где **mmsi**, **id_ves** – идентификаторы судов в системах АИС и ОСМ, соответственно, **ais_name**, **osm_name** – названия судов в системах АИС и ОСМ, соответственно (табл. 4).

Таблица 3. Фрагмент таблицы для детального анализа треков

mmsi	id_ves	dt
205253290	12009	13.02.2014
205465000	22572	14.08.2014
205465000	22572	15.08.2014
205465000	22572	16.08.2014
210097000	22572	17.09.2014
210097000	22600	17.09.2014
210097000	22606	17.09.2014
210319000	22607	19.06.2014
212208000	22728	10.08.2014
212208000	22728	11.08.2014
212208000	22728	12.08.2014
212208000	22728	13.08.2014

Из табл. 4 видно, что применение описанного алгоритма позволяет с высокой вероятностью идентифицировать суда в системах АИС и ОСМ даже в случае отсутствия символьной информацией АИС (выделено зеленым на рис. 3), а именно – отсутствия радиопозывного названия судна.

Результаты

Был предложен и, в процессе реализации, улучшен алгоритм сопоставления идентификаторов судов двух информационных систем АИС и ОСМ на основе анализа позиционных

Таблица 4. Фрагмент результирующей таблицы

mmsi	id ves	osm_name	ais_name
273243200	12296	МАЛЬЦЕВО	MALTSEVO
273253100	31508	КРОНШТАДТСКИЙ	KRONSHTADTSKIY
273257000	20915	СМОЛЬНИНСКИЙ	SMOLNINSKIY
273310280	13951	ЛИНДГОЛЬМ	LINDGOLM
273310460	13866	ЛЕБЕДЕВО	LEBEDEVO
273310630	46154	СТРИГУН	mmsi273310630
273311610	13916	ФРОСТ ОЛИМПΟΣ	FROST OLYMPOS
273311650	14042	МОРСКОЙ ВОЛК	MORSKOY VOLK
273312280	18032	КОМЕТА	KOMETA
273312950	20491	ОРИОН	ORION
273313470	18036	АНАТОЛИЙ ЛАРИН	;L47IN3Q\$!'06A. -=
273315480	13222	АТЛАС	ATLAS
273316080	13868	ОЛА	OLA
273318040	13852	ЕКАТЕРИНА	EKATERINA
273319440	10092	ГРИН ТУНДРА	GREEN TUNDRA
273319630	13855	МУРАВЬЕВ-АМУРСКИЙ	MURAVYEV-AMURSKIY
273324210	10485	АРКТИК	ARCTIC
273330280	10477	ПОЛТАВА	POLTAVA
273330630	46213	ССК-3	SSK-3AW
273331630	46207	ССК-1	SSK 1
273332290	13042	БУХТА РУССКАЯ	BUKHTA RUSSKAYA
273332330	10234	ВОСТОК-3(ПРИМ)	VOSTOK 3
273332630	46215	ЛЕДА-168	mmsi273332630
273332830	10236	КОМАНДОР	KOMANDOR

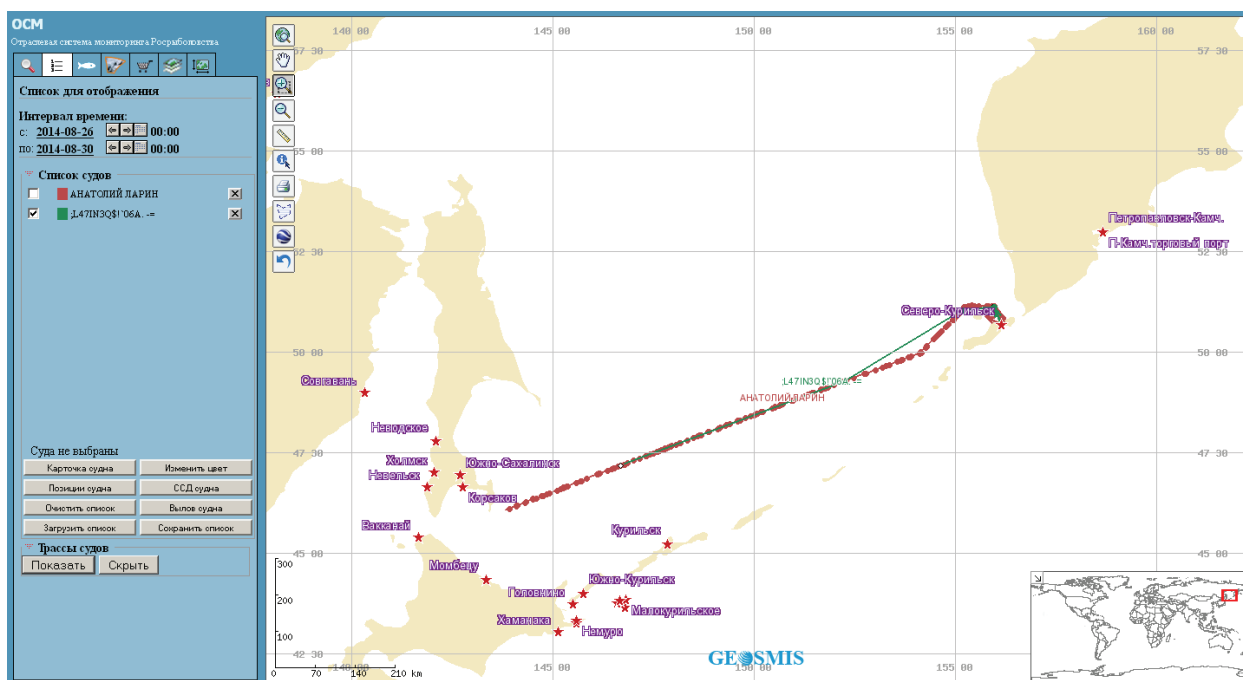


Рис. 4. Пример найденного соответствия идентификаторов судов в системах АИС и ОСМ в случае отсутствия названия и радиопозывного в системе АИС

данных. Использование технологий СУБД позволило значительно уменьшить вычислительные затраты на поиск соответствия между идентификаторами.

За анализируемый период в базе данных ОСМ представлены позиции трех тысяч судов и позиции одной тысячи судов в системе АИС. Таким образом, без предварительного выполнения грубой оценки близости судовых треков мы должны были бы анализировать три миллиона пар на соответствие.

Последовательное нахождение возможных пар соответствия между идентификаторами судов и исключение заведомо «плохих» пар на основе грубой оценки позволило уменьшить в тысячу раз число анализируемых пар (до трех тысяч).

Детальный анализ треков судов, полученных в результате грубой оценки трех тысяч пар судов, показал, что, наряду с выбором максимального расхождения позиций по данным АИС и ОСМ ниже некоторого предельного значения, следует ввести дополнительное условие для обеспечения высокой достоверности полученных соответствий между идентификаторами судов. Это условие заключается в том, чтобы суда не находились на стоянке в порту (в порту позиции совпадают сразу для очень большого количества пар судов). В настоящем алгоритме данное условие определялось требованием, чтобы длина трека судна за сутки была больше шести миль.

В результате работы описанного алгоритма было выявлено 305 пар соответствующих судовых идентификаторов. Причем для 39 найденных пар в системе АИС нет необходимой символьной информации (название и радиопозывной судна) для сопоставления с судами ОСМ. На рис. 4 приведен пример одной из таких пар.

Выводы

Предложенный алгоритм поиска соответствия судовых идентификаторов систем АИС и ОСМ по трекам судов обеспечивает значительное уменьшение вычислительных затрат и высокую достоверность соответствия судовых идентификаторов обеих систем.

Показано также, что поиск соответствия судовых идентификаторов АИС и ОСМ на основе анализа треков может дать информацию, которую принципиально невозможно получить сопоставлением символьной информации АИС и ОСМ.

Литература

1. Марченков В.В., Пырков В.Н., Черных В.Н., Солодилов А.В., Ермаков В.В. Использование метода нечеткого поиска для идентификации судов, по их атрибутам в разнородных БД // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т. 9. № 3. С. 38-42.
2. Марченков В.В., Пырков В.Н., Черных В.Н., Солодилов А.В., Ермаков В.В. Перспективы комплексного использования современных спутниковых, информационных и коммуникационных технологий для решения задач отраслевой системы мониторинга рыболовства // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т. 9. № 3. С. 299-306.
3. Пырков В.Н., Белоконь З.С., Гордов А.А., Дегай А.Ю., Солодилов А.В., В.Н.Черных Изучение возможности сопоставления идентификаторов судов Автоматической идентификационной системы (АИС) и отраслевой системы мониторинга Росрыболовства (ОСМ) на основе символьной справочной информации // III Международная научная Интернет – конференция «Современные тенденции в сельском хозяйстве», 9-10.10.2014. Материалы конференции.
4. Солодилов А.В., Пырков В.Н. Комплексный спутниковый мониторинг судов рыбопромыслового флота // Аэрокосмический курьер. 2011. № 2 (74). С. 68–70.

Prospects of a data comparison algorithm of the Automatic Identification System (AIS) and Fishery Monitoring System (FMS)

A.A. Gordov², A.Yu. Degay¹, V.N. Pyrkov¹, V.N. Chernykh¹

¹ Space Research Institute RAS, Moscow 117997, Russia

E-mail: pyrkov@d902.iki.rssi.ru

² N.M. Knipovich Polar Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography

Murmansk 183038, Russia

E-mail: alexg@pinro.ru

This article examines the possibility to assimilate vessel positional data of the Automatic Identification System (AIS) into the Fishery Monitoring System (FMS). One of the main features of FMS is remote control of Russian and foreign fishing vessels locations. Positional data enter FMS via the channels of satellite systems Inmarsat and Argos. However, these satellite systems have a number of disadvantages. Many of them can be overcome by integration with AIS operating in VHF band. AIS features stable and reliable performance at high data transfer rates and minimal traffic costs of vessel location reporting. In this article, a method of positional data integration by comparing vessel IDs in both systems is discussed. The proposed algorithm of “search for a match” for vessel IDs in AIS and FMS systems by vessel tracks provides significant reduction of computation costs for this integration method and high reliability of vessel IDs matching in both systems. Moreover, it is shown that the proposed algorithm can also provide additional information unobtainable by merely matching the AIS and IMS vessel symbolic data.

Keywords: AIS, IMO code, monitoring, fishing fleet, track of a ship

References

1. Marchenkov V.V., Pyrkov V.N., Chernykh V.N., Solodilov A.V., Ermakov V.V., Ispol'zovanie metoda nechetkogo poiska dlya identifikatsii sudov, po ikh atributam v raznorodnykh BD (Using fuzzy search method for identifying ships according to their attributes in heterogeneous databases), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2012, Vol. 9, No. 3, pp. 38-42.
2. Marchenkov V.V., Pyrkov V.N., Chernykh V.N., Solodilov A.V., Ermakov V.V., Perspektivy kompleksnogo ispol'zovaniya sovremennykh sputnikovykh, informacionnykh i kommunikacionnykh tehnologii dlya resheniya zadach otraslevoi sistemy monitoringa rybolovstva (Prospects for the integrated use of modern satellite, information and communications technology to meet the challenges of monitoring system of fishing industry) , *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2012, Vol. 9, No 3, pp. 299-306.
3. Pyrkov V.N., Belokon' Z.S., Gordov A.A., Degaj A.Yu., Solodilov A.V., Chernykh V.N., Izuchenie vozmozhnosti sopostavleniya identifikatorov sudov Avtomaticheskoi identifikacionnoi sistemy (AIS) i Otraslevoi sistemy monitoringa Rosrybolovstva (OSM) na osnove simvol'noi spravochnoi informatsii (Explore the possibility of matching identifiers of shipborne Automatic Identification system (AIS) and the Fishery Monitoring System (FMS) based on symbolic reference), *III Mezhdunarodnaya nauchnaya Internet – konferenciya "Sovremennye tendencii v sel'skom khozyaistve"* (III International Scientific Internet – Conference "Modern Trends in Agriculture") 9 – 10.10.2014, Conference materials.
4. Solodilov A.V., Pyrkov V.N., Kompleksnyi sputnikovyi monitoring sudov rybopromyslovogo flota (Complex satellite monitoring of fishing vessels), *Ajerokosmicheskii kur'er*, 2011, No 2 (74), pp. 68–70.