

Таблица 1. Величина минимального динамического запаса под корпусом судна

Осадка судна, м	Запас под днищем, см		
	25	33	40
3,1	касание	касание	23
3,2	-	касание	9
3,25	-	12	-
3,3	касание	10	7

Движение Волго-Дона с осадкой в 3,3 и 3,25 м, возможно, как с запасом в 0,4м, так и с запасом в 0,35м. Движение с осадкой в 3,2 и 3,1м, возможно только с запасом в 0,4м, как это и предполагается правилами плавания по ЕГС [2].

Таким образом суда типа “Волго-Дон” имеют возможность проходить Чайковский шлюз с запасами глубин под корпусом суда в 35 см при осадках 3,3 и 3,25 м, при этом шлюзование должно происходить с промежуточным отстоем судна в камере шлюза, а величина динамического запаса под корпусом не снизится минимально допустимой величины, по указанию зам министра Горькова, в 20 см для Чайковского шлюза.

Экономический эффект от увеличения загрузки судов возможно рассматривать только со стороны судовладельцев. Возможная прибыль за навигацию от увеличения осадки составляет порядка 8 млн. руб. Стоит отметить что судить о дополнительной прибыли за больший срок не предоставляется возможным в связи с возможным изменением судопотока. Спрогнозировать изменение доходной ставки от перевозки грузов из-за увеличения судопотока практически невозможно ввиду действия множества факторов, присущих рыночной экономике.

Литература:

1. Патанкар С. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости / С. Патанкар С. - М.: Энергоатомиздат, 1984. - 152 с.
2. Правила плавания по внутренним водным путям Российской Федерации (утв. приказом Минтранса РФ от 14 октября 2002 г. N 129).
3. Brackbill, J.U. A continuum method for modelling surface tension / J.U. Brackbill, D.B. Kothe, C. Zemache. - Comput. Phys., 1992., 100.
4. Hirt, C.W. Volume of Fluid (VOF) method for dynamical free boundaries / C.W. Hirt, B.D. Nicholls// J. Comput. Phys., 1981. № 39.

УДК 004.02

АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ МЕТОДОВ ФИЛЬТРАЦИИ НАВИГАЦИОННЫХ ДАННЫХ В GNSS-МОНИТОРИНГЕ МОРСКОГО ТРАНСПОРТА

Игнатьев В.А., д.ф.-м.н, профессор кафедры «Информационных технологий и систем», Владивостокский государственный университет экономики и сервиса, e-mail: viktor.ignatyuk@vvsu.ru,

Сметанин С.И., аспирант, Владивостокский государственный университет экономики и сервиса, e-mail: Sardo1@mail.ru,

Евстифеев А.А., аспирант, Владивостокский государственный университет экономики и сервиса, e-mail: artem.evstifeev91@vvsu.ru

В статье рассматриваются вопросы оценки эффективности методов, уменьшающих количество исходящего трафика в системах спутникового мониторинга (GNSS-мониторинга). Приводятся алгоритмы вычисления предлагаемых оценочных параметров – коэффициента точности и коэффициента уменьшения трафика. Коэффициент точности определяет, насколько (в процентах) трек, полученный при обработке исследуемыми методами, соответствует реальной траектории движения транспортного средства. Коэффициент уменьшения трафика показывается, насколько меньше трафика, при использовании рассматриваемого метода, необходимо потратить на передачу данных до сервера системы спутникового мониторинга (по сравнению с треком, полученным без подобной обработки). В изложенном анализе существующих алгоритмов фильтрации навигационных данных GNSS-трекера делается вывод о недопустимости использования подобных методов, если существует необходимость обеспечить максимально полную безопасность движения транспортного средства. В частности, такая проблема является актуальной в судовождении, где требуется отслеживать траекторию движения транспортного средства относительно заранее проложенного маршрута в реальном времени.

Ключевые слова: GNSS мониторинг, уменьшение трафика, трекеры, навигационная информация, треки.

ALGORITHM FOR EVALUATING FILTRATION METHODS OF NAVIGATION DATA IN THE GNSS-MONITORING MARITIME TRANSPORT

Ignatyuk V.A., Dr. Sci. Sciences, professor of the Information Technologies and Systems chair, Vladivostok State University of Economics and Service, e-mail: viktor.ignatyuk@vvsu.ru

Smetanin S.I., the post-graduate student, Information Technologies and Systems chair, Vladivostok State University of Economics and Service, e-mail: Sardo1@mail.ru,

Evstifeev A.A., the post-graduate student, Information Technologies and Systems chair, Vladivostok State University of Economics and Service, e-mail: artem.evstifeev91@vvsu.ru

The article deals with the evaluation of the effectiveness of methods of reducing the amount of outgoing traffic in the satellite monitoring (GNSS-monitoring) systems. Algorithms for calculating the proposed estimation parameters - accuracy factor and the coefficient reducing traffic. Accuracy ratio determines the extent (percentage) track, obtained by processing methods studied corresponds to the actual path of the vehicle. Traffic reduction factor shows how much traffic is less, by using this method, it is necessary to spend for data transmission to the satellite monitoring system server (compared with the track obtained without such treatment). In the above analysis of the existing filtering algorithms navigation GNSS-tracker data concludes that the inadmissibility of the use of such methods, if there is a need for the greatest possible safety of the vehicle. In particular, this problem is relevant in navigation, where a real-time tracking the trajectory of the vehicle with respect to pre-paved route.

Keywords: GNSS monitoring, reduction of traffic trackers, navigation information, tracks.

Состояние проблемы

На настоящий момент, одной из главных проблем в отрасли GNSS мониторинга является отсутствие глобального покрытия приемо-передающей сети, способной обеспечить непрерывный обмен информацией между трекерами, устанавливаемыми на транспортных средствах (ТС) и серверами системы спутникового мониторинга [1]. Данная проблема является актуальной при условии использования дорогих каналов связи, характерных для мониторинга морского транспорта, а также некоторого наземного

транспорта (грузоперевозки на дальние расстояния). Обычные системы спутникового мониторинга, работающие в пределах покрытия мобильной связи, могут использовать дешёвые тарифы для организации обмена информацией между трекерами и конечным сервером приёма данных, но при мониторинге морского транспорта необходимо использовать другие каналы связи.

Одним из способов организовать подобную, непрерывную трансляцию навигационной информации, является использование спутникового интернета (системы Иридиум, Инмарсат) [2]. Тем не

менее, в связи с высокой стоимостью трафика при использовании подобных систем, необходима дополнительная фильтрация навигационных данных в реальном времени, по алгоритмам, уменьшающим результирующее количество поступающей на серверы информации о местоположении объектов мониторинга, но позволяющим как можно более точно оценить соответствие итогового трека ТС его заранее проложенному маршруту. Подобная задача является актуальной, в частности, при обеспечении безопасности судоходства. Необходимость использования спутниковых каналов связи для системы мониторинга судов демонстрируется следующим документом [3].

Существующие решения в данной области основываются на методах, обеспечивающих периодическую трансляцию навигационных данных от GNSS трекера, размещённого на транспортном средстве, до сервера системы спутникового мониторинга. При этом частота передачи данных зависит от одного из стандартных используемых методов:

1) Передача данных через фиксированный период;

2) Передача данных через фиксированное расстояние. Пример реализации: система спутникового контроля автотранспорта и учета топлива СКАУТ [4];

3) Передача данных при смене курса. Алгоритм реализован в GLONASS/GPS трекере S10 [5].

Для оценки эффективности степени фильтрации данных методов, предложено использовать сравнение исходных треков (взятых за основу), с этими же треками, но программно обработанными для того, чтобы эмулировать фильтрацию данных по какому-либо из предложенных алгоритмов. В качестве меры сравнения исходных треков с обработанными, были разработаны коэффициенты эффективности: коэффициент точности метода и коэффициент уменьшения

трафика. Коэффициент точности K_{road} оценивает количество информации, оставшейся от исходного трека после его фильтрации анализируемым методом. Коэффициент (1) определяется как отношение корректных точек обработанного трека P_{in} к общему

количеству его точек P_{count} .

$$K_{road} = \frac{P_{in}}{P_{count}} \cdot 100, \% \quad (1)$$

Корректность точки трека определяется как степень соответствия этой точки геометрической линии исходного трека (принятого за основу). Количество корректных точек вычисляется следующим образом. Существуют программные библиотеки, позволяющие определить принадлежность точки с заданными координатами какой-либо произвольной геометрической фигуре. В языке C#, который использовался при разработке необходимого для исследования программного обеспечения, за это отвечает класс GraphicsPath. С

помощью данного класса задаётся полигон P , после чего, для каждой точки P_i отфильтрованного трека, проверяется условие $P_i \in P$. При этом, P представляет собой последовательность точек исходного, необработанного трека.

Таблица 1 – расчёт коэффициентов эффективности для исходных треков

№	Название трека	P_{in}	P_{count}	P'_{count}	K_{road} (%)	M
1	10327.gpx	687	809	211	85	8,44
2	10902.gpx	144218	165285	11072	87	442,88
3	11313.gpx	20663	95789	664	22	26,56
4	20390.gpx	88808	168792	6695	53	267,8
5	21508.gpx	477	1345	254	35	10,16

Таблица 2 – расчёт коэффициентов эффективности при $T = 30$ сек.

№	Название трека	P_{in}	P_{count}	P'_{count}	K_{road} (%)	M	m
1	10327.gpx	201	568	9	35	0,36	23,4444
2	10902.gpx	13891	146109	370	10	14,8	29,9243
3	11313.gpx	9049	94989	218	10	8,72	3,0459
4	20390.gpx	7768	156303	226	5	9,04	29,6239
5	21508.gpx	82	906	13	9	0,52	19,5385

Коэффициент уменьшения трафика (2) позволяет оценить, во сколько раз меньше трафика требуется потратить на передачу навигационной информации по сравнению с затратами на трафик без проведённой фильтрации. Соответственно, M – количество

трафика, потраченного на передачу данных без фильтрации, M_i – количество трафика, потраченного при использовании анализируемого метода.

$$m_i = \frac{M}{M_i} \quad (2)$$

где m_i – коэффициент уменьшения трафика;

i – индекс рассматриваемого метода.

Результаты исследований

Вычислим коэффициенты K_{road} и m для некоторой произвольной подборки треков морского транспорта (паромов). Результаты представлены в таблице 1.

Аналогичным образом, вычислим коэффициенты при передаче данных с фиксированным периодом ($T = 30$ сек., результаты представлены в таблице 1), при периодической передаче данных через фиксированное расстояние ($D = 50$ метров, результаты представлены

в таблице 2) и при смене пеленга на определённый угол ($\alpha = 3^\circ$), результаты представлены в таблице 3). Каждый из этих методов работает схожим образом, обеспечивая передачу информации только при изменении исследуемого параметра (времени, расстояния между начальной и текущей точками трека, разницы пеленгов) на определенное значение.

K_{road}

Рассмотрим процесс изменения K_{road} при $T = 30$ секунд. По сравнению с исходными треками, разница в коэффициентах точности составляет 50% (в треке №1) и 77% (в треке №2). Таким образом, использование большого периода передачи данных обеспечивает высокое значение коэффициента уменьшения трафика, хотя сам трек сохраняет лишь малую часть исходной информации: полностью теряются навигационные данные о маневрировании судна (при его движении на низких скоростях), возникают проблемы, связанные с ошибочным отклонением траектории движения судна от его действительного курса.

Как видно из таблицы 3, передача данных через фиксированное расстояние позволяет сохранить большую часть полезной информации трека. В отдельных случаях потеря данных незначительна (трек №3, ухудшение коэффициента точности – 6). Тем не менее, данный метод не позволяет полностью сохранять полезную информацию трека во время маневрирования морского транспорта.

Как видно из таблицы 4, передача данных при смене пеленга обеспечивает, в отдельных случаях, практически полное сохранение полезной информации исходных треков (трек №1, №5 при $\alpha = 3^\circ$), но в других случаях, недостаточная разница углов между новой и старой точками приводит к неверному определению траектории судна в течение продолжительного времени. Рассмотрим в качестве примера

Таблица 3 – расчёт коэффициентов эффективности для исходных треков при $D = 50$ метров

№	Название трека	P_{in}	P_{count}	P'_{count}	K_{road} (%)	M	m
1	10327.gpx	158	558	9	28	0,36	1,1530
2	10902.gpx	63385	149960	2589	42	103,56	5,3695
3	11313.gpx	15410	95019	360	16	14,4	1,9821
4	20390.gpx	47281	159780	2062	30	82,48	1,4236
5	21508.gpx	119	907	19	13	0,76	1,2637

Таблица 4 – расчёт коэффициентов эффективности для исходных треков при $\alpha = 3^\circ$

№	Название трека	P_{in}	P_{count}	P'_{count}	K_{road} (%)	M	m
1	10327.gpx	659	781	183	84	7,32	1,1530
2	10902.gpx	31515	149436	2062	21	82,48	5,3695
3	11313.gpx	10214	95316	335	11	13,4	1,9821
4	20390.gpx	59267	165217	4703	36	188,12	1,4236
5	21508.gpx	410	1255	201	33	8,04	1,2637

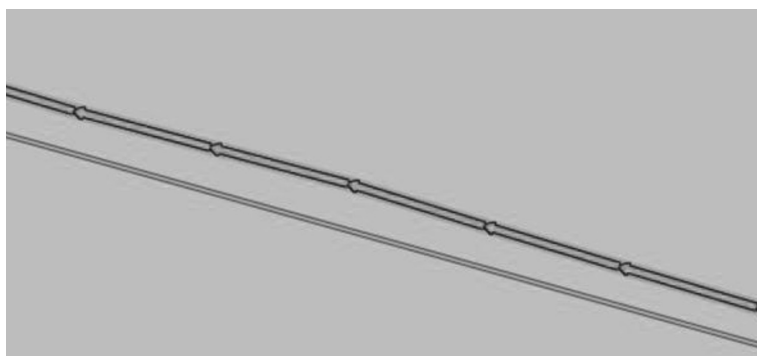


Рисунок 1 – Пример отклонения траектории транспортного средства от действительной ($\alpha = 3^\circ$)

трек №2, ухудшение коэффициента точности в котором составляет 66% (при). На рисунке 1 демонстрируется отклонение траектории обработанного трека от исходного, начавшееся в 12:58:12 и продолжавшееся до 13:05:58. Из-за недостаточной разницы углов между точками трека, траектория, соответствующая обработанному треку, долгое время была направлена практически параллельно траектории исходного трека и на некотором расстоянии от неё, что повлияло на коэффициент точности рассматриваемого метода.

Как видно из полученных результатов, недостаток методов фильтрации, рассмотренных в данной статье, заключается в способности указанных методов поддерживать высокое значение только одного из предлагаемых оценочных коэффициентов. Это не эффективно, поскольку для различных задач требуются свои, индивидуальные параметры фильтрации, а подобрать единственное значение для всех используемых параметров, универсальное для каждой возможной ситуации, не представляется возможным. Таким образом, в задачах, аналогичных обеспечению безопасности судовождения, необходимо использование сложных, динамических методов фильтрации навигационной информации.

Можно привести пример подобной методики. В работе [6] рассматривается алгоритм, смысл которого заключается в использовании плавающего периода передачи навигационной информации, зависящего от текущей скорости движения транспортного средства. Подобным образом достигается универсальность использования данного метода для различных типов транспортных средств.

Литература:

1. Антонович К.М. Мониторинг объектов с применением GPS технологий и других методов определения положения / К.М. Антонович, А.П. Карпик // Известия вузов «Геодезия и аэрофотосъемка». – 2003. – № 6 – С. 123-135.
2. Зоны покрытия систем спутниковой связи [Электронный ресурс]: <http://www.satellite-rent.ru/zone.php> (дата обращения: 19.09.2016).
3. Запрос о предоставлении ценовой информации на выполнение научно-исследовательской работы в интересах Министерства транспорта Российской Федерации в 2014 -2015 годах по теме: «Разработка требований к перспективной навигационной аппаратуре потребителей, разрабатываемой в интересах морского и речного транспорта Российской Федерации» [Электронный ресурс]: http://m.mintrans.ru/documents/detail.php?ELEMENT_ID=21895 (дата обращения: 19.09.2016).
4. Спутниковый контроль (мониторинг) автотранспорта и учет топлива СКАУТ [Электронный ресурс]: <http://www.scout-kazan.ru/> (дата обращения: 19.09.2016).
5. GLONASS/GPS трекеры S10 [Электронный ресурс]: http://www.globalsat.ru/catalog/gtr-128_glonass_battery (дата обращения: 19.09.2016).
6. Сметанин С.И. Разработка динамического алгоритма передачи данных для GNSS-мониторинга морского транспорта / С. И. Сметанин, В. А. Игнатюк, А.А. Евстифеев // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 5 (часть 2) – С. 242-246