

АЛГОРИТМ ВЫЧИСЛЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ТОЧНОСТИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ НАЧАЛЬНОЙ ВЫСТАВКИ КОРАБЕЛЬНОЙ БИНС В УСЛОВИЯХ КАЧКИ

Мещеряков А.С. (ИТМО), **Исаев А.М.** (ИТМО, АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор»»),
Литвиненко Ю.А. (ИТМО, АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор»).

Введение. Одной из важных проблем при эксплуатации бесплатформенной инерциальной навигационной системы (БИНС) является задача её начальной выставки, которая заключается в определении начальных условий (начальных значений координат и ориентации) [1-4]. В работе [4] приведён анализ нескольких существующих вариантов решения этой задачи, один из которых, называемый авторами «автономной» выставкой, основан на использовании информации только от инерциальных датчиков - гироскопов и акселерометров, скорости от относительного лага и координат объекта только в начальный момент времени. Для реализации алгоритмов начальной выставки требуется решение нелинейной задачи фильтрации. В работе [4] такое решение приведено для случая, когда ориентация инерциального измерительного блока (ИИМ) БИНС определяется с использованием кватернионов. Задача решается с помощью обобщённого фильтра Калмана (ОФК) в условиях большой априорной неопределённости по углу курса, в результате чего переходный процесс его определения оказывается затянут.

Из теории оценивания хорошо известно, что проблема решения нелинейных задач фильтрации при обработке навигационной информации заключается в отсутствии единого универсального алгоритма, позволяющего получить оптимальную оценку оцениваемых параметров. Однако при решении задачи в режиме камеральной обработки, когда не предъявляются жестких требований к объёму вычислений, в большинстве случаев удаётся реализовать алгоритм, направленный на получение оптимальной в среднеквадратическом смысле оценки. Для его построения используются, например, последовательные методы Монте-Карло.

Целью предлагаемой работы является построение алгоритма, создающего предпосылки для анализа потенциальной точности решения задачи «автономной» начальной выставки БИНС, соответствующей точности оптимального оценивания.

Решение задачи автономной начальной выставки. В докладе рассматривается БИНС навигационного класса точности, инерциальный измерительный модуль которой содержит блок акселерометров и блок волоконно-оптических гироскопов (датчиков угловой скорости). На основе методов Монте-Карло разработан фильтр частиц, позволяющий создать предпосылки для оценки потенциальной точности. В среде Matlab разработана имитационная модель БИНС, при построении которой использовались алгоритмы моделирования движения инерциального измерительного модуля, приведённые в приложении П.3 [3]. Проведено решение задачи с использованием фильтра частиц и обобщённого фильтра Калмана по одной и множеству реализаций с помощью метода статистических испытаний [5], в том числе в случае отсутствия погрешностей чувствительных элементов (идеальных гироскопов и акселерометров).

Выводы. Показано, что в случае большой априорной неопределённости по углу курса алгоритм ОФК не является состоятельным (вырабатываемая в ковариационном канале фильтра расчётная характеристика точности не согласована с её действительными значениями), а время переходного процесса при определении курса, полученное по множеству реализаций, много больше приведённого в работе [4]. Фильтр частиц при решении рассматриваемой задачи хотя и является состоятельным, однако всё также демонстрирует невысокую точность оценивания кватерниона ориентации и длительный переходный процесс в части выставки по углу курса. Причины этого являются предметом дальнейших исследований.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-19-00626,
<https://rscf.ru/project/23-19-00626/>.*

Список использованных источников:

1. Анучин О.Н., Емельянцева Г.И. Интегрированные системы ориентации и навигации для морских подвижных объектов / под общей ред. акад. РАН В.Г. Пешехонова. СПб: ГНЦ РФ «ЦНИИ «Электроприбор», 2003. 389 с.
2. Матвеев В.В., Распопов В.Я. Основы построения бесплатформенных инерциальных навигационных систем / СПб.: ГНЦ РФ ОАО "Концерн "ЦНИИ Электроприбор", 2009. - 280с. ISBN 978-5-900180-73-3
3. Емельянцева Г. И., Степанов А. П. Интегрированные инерциально-спутниковые системы ориентации и навигации. / Под общей редакцией академика РАН Пешехонова В.Г. – СПб.: ГНЦ РФ АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», 2016. – 394 с.
4. Емельянцева Г. И., Степанов А. П., Блажнов Б. А. О начальной выставке корабельной БИНС в условиях качки // Гироскопия и навигация. 2020. Том 28. №3 (110). С. 3-17. DOI 10.17285/0869-7035.0043
5. О.А. Степанов, А.М. Исаев. Методика сравнительного анализа рекуррентных алгоритмов нелинейных фильтрации в задачах обработки навигационной информации на основе предсказательного моделирования. // Гироскопия и навигация. Том 31. №3 (122), 2023. С. 48-65. EDN: MVWKGC