

Сравнительный анализ двух алгоритмов нелинейного оценивания, основанных на методе Монте-Карло, в задаче навигации по геофизическим полям.

Васильев В.А.

(АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», Санкт-Петербург)

Введение. Рассматривается задача навигации по геофизическим полям, суть которой сводится к оцениванию (коррекции) ошибок навигационной системы (НС) по данным измерителя и карты поля [1-3]. Оценивание ошибок НС, описываемых в виде гауссовской марковской случайной последовательности, осуществляется с использованием разности показаний измерителя и данных, вычисляемых с помощью карты геофизического поля в точке предполагаемого местоположения. Поскольку функция, определяющая зависимость поля от координат объекта, может быть существенно нелинейной, это, в свою очередь, обуславливает нелинейный характер задачи оценивания. Алгоритмы решения таких задач нередко синтезируются в рамках баесовского подхода [2-4]. Одним из таких алгоритмов, обеспечивающих необходимую точность оценивания, является так называемый фильтр частиц (particle filter) или метод Монте-Карло, использующий существенную последовательную выборку [5-8]. Его недостаток заключается в снижении точности вычислений при увеличении числа измерений - так называемая проблема деградации весов [7-8]. Этот алгоритм можно дополнить процедурой систематической повторной перевыборки с минимальными отклонениями, которая призвана компенсировать этот недостаток.

Цель работы, применительно к задаче навигации по геофизическим полям, заключается в сопоставлении по точности и объему вычислений двух вариантов алгоритма нелинейного оценивания, основанных на методе Монте-Карло - с использованием процедуры повторной перевыборки и без нее.

Промежуточные результаты. В ходе работы получены следующие промежуточные результаты:

1. Реализованы два основанных на методе Монте-Карло варианта алгоритма коррекции НС по данным измерителя и карты геофизического поля.
2. Сопоставлена точность и вычислительная сложность алгоритмов с использованием процедуры перевыборки и без ее применения.
3. Проанализирована эффективность применения процедуры перевыборки при решении задачи коррекции НС с использованием данных о геофизическом поле с различной степенью изменчивости и различным числе измерений.

Основной результат. Показано, что применение процедуры перевыборки эффективно в случае, когда коррекция производится по сильно изменчивому геофизическому полю, и число измерений превышает 30. При малой изменчивости поля и ошибок НС более эффективным оказывается алгоритм без применения процедуры перевыборки.

Автор: Васильев В.А.

Литература:

1. Пешехонов В.Г., Степанов О.А. и др. Современные методы и средства измерения параметров гравитационного поля Земли. СПб: ГНЦ РФ ЦНИИ "Электроприбор", 2017.

2. Степанов О.А. Применение теории нелинейной фильтрации в задачах обработки навигационной информации СПб: ГНЦ РФ ЦНИИ "Электроприбор", 2003, 369 с.
3. Степанов О.А., Торопов А.Б. Методы нелинейной фильтрации в задаче навигации по геофизическим полям. Часть 1. Обзор алгоритмов //Гироскопия и навигация.- 2015. - № 3, С.102-125.
4. Bergman N. Recursive Bayesian estimation. Navigation and tracking applications. Linkoping Studies in Science and Technology. Dissertations-No. 579. Department of Electrical Engineering Linkoping University, SE-581-83 Linkoping, Sweden, 1999, 204 p.
5. Gustafsson, F. Particle filter theory and practice with positioning applications // IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine, vol. 25, no. 7 PART 2, pp. 53–81, 2010.
6. Торопов А.Б. Алгоритмы фильтрации в задачах коррекции показаний морской навигационной системы с использованием нелинейных измерений: дис. ... канд. техн. наук. Санкт-Петербург: ОАО "Концерн "ЦНИИ «Электроприбор», 2013. 147 с.
7. Торопов А.Б., Степанов О.А. Использование последовательных методов Монте-Карло в задаче корреляционно-экстремальной навигации. Изв. вузов. Приборостроение. 2010. Т. 53. № 10. С. 49–54.
8. Chen Z. Bayesian Filtering: From Kalman Filters to Particle Filters, and Beyond // Statistics: A Journal of Theoretical and Applied Statistics, vol. 182, no. 1, pp. 1–69, 2003.