

«М.А.Гендельманның 110 жылдығына арналған «Сейфуллин оқулары–19» халықаралық ғылыми-практикалық конференциясының материалдары = Материалы международной научно-практической конференции «Сейфуллинские чтения – 19», посвященной 110-летию М.А. Гендельмана». - 2023.- Т. I, Ч. V.- С. 141-143.

УДК 621.396.66

АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ МЕТОДА ОБНАРУЖЕНИЯ ИСТОЧНИКА РАДИОСИГНАЛОВ НА БАЗЕ НИЗКООРБИТАЛЬНОГО СПУТНИКА С ПРИМЕНЕНИЕМ ФИЛЬТРА КАЛМАНА

Қабдуәли Т.І, магистрант 1 курса

Казахский агротехнический университет исследовательский им. С. Сейфуллина, г. Астана

В настоящее время текущий уровень развития наземных систем радиомониторинга не позволяет достаточно эффективно осуществлять функции и задачи радиомониторинга. В связи с этим задача улучшения эффективности средств и методов радиомониторинга до сих пор является актуальной. Одной из главных задач при решении проблем радиомониторинга является выделение полезного сигнала на фоне шумов и помех. Ситуацию осложняет также всё более нарастающая проблема дефицита радиочастотного спектра (РЧС). Ввиду этого возникает острая необходимость модернизации систем регулирования и управления РЧС [1-2]. На сегодняшний день радиомониторинг осуществляется в основном на базе наземных средств радиоконтроля. Одним из перспективных направлений модернизации систем радиомониторинга является исследование возможности применения низкоорбитальных малых космических аппаратов в качестве станций радиоконтроля.

В [3] рассматривается эффективность применения фильтра Калмана для спутникового радиомониторинга. Однако в указанной статье не проанализирована устойчивость выбранного метода по отношению к начальному состоянию фильтра. В настоящей работе анализируется зависимость скорости распознавания искомого сигнала от начальной фазы фильтра с помощью метода, построенного на основе фильтра Калмана. На рисунке 1 представлен график обнаружения и распознавания радиосигналов от источников радиоизлучения (для повышения качества радиомониторинга) с помощью фильтра Калмана.

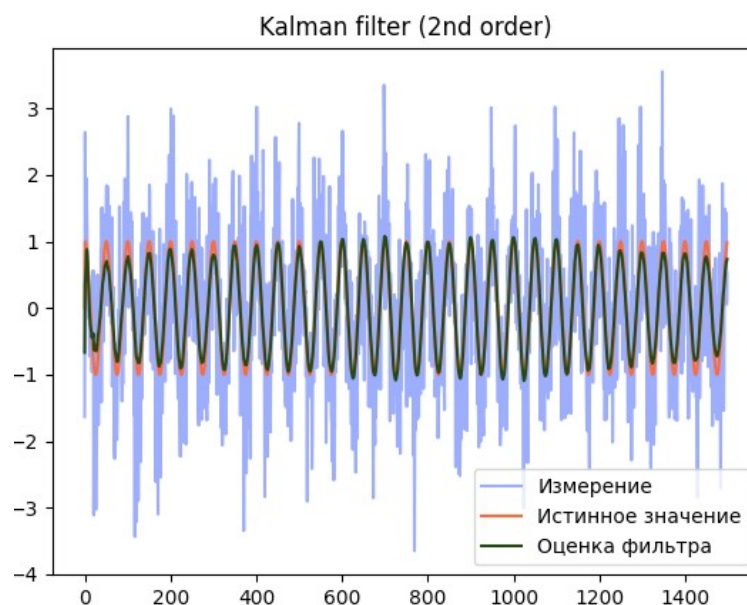


Рисунок 1. Представление сигналов во временной области по результатам выполнения фильтра Калмана

Задача состоит в том, чтобы при применении фильтра Калмана для определения полезного сигнала из зашумленных сигналов (синяя линия) установить, насколько быстро коэффициент Калмана адаптируется между x_k – реальным значением сигнала и z_k – значением измерения. Если начальное состояние фильтра влияет на скорость решения фильтра о наличии исходного сигнала, то это значит, что предложенный метод не является универсальным и напрямую зависит от заданных условий. Если же фильтр принимает решение о наличии искомого сигнала независимо от начального состояния, то данный метод будет являться универсальным и адаптирующимся к любым условиям.

Для поиска ответа на поставленный вопрос было решено проводить многократные вычисления с введением различных значений начального состояния фильтра. Интересующим нас аспектом было выявление самого раннего периода, на котором оценка фильтра совпадает с исходным сигналом. Для определения совпадения оценки фильтра с реальным сигналом мы находили стандартное отклонение разности между оценкой фильтра и реальным сигналом.

По результатам 10 вычислений были взяты номера периодов, которые мы условно принимали за полное совпадение. Для этих периодов были вычислены стандартные отклонения, и в конечном итоге было определено среднее арифметическое значение, равное 0.08. Это значение было принято за пороговое, и при дальнейших вычислениях, если для выбранного периода значение отклонения составляло 0.08 и менее, то мы называли данный период периодом полного совпадения сигналов.

На рисунке 2 показан процесс нахождения периода совпадения. В программу подставляются значения, соответствующие седьмому периоду графика. Для данного участка стандартное отклонение составляет 0.07, что

указывает на полное совпадение сигналов. Следовательно, искомый период для данного графика – 7.



Рисунок 2. Нахождение периода, в котором происходит совпадение оценки фильтра с исходным сигналом

Подобные вычисления были проведены для начальных состояний фильтра начиная от значения 0.01 до 2.00, по их итогам был составлен график зависимости периода полного совпадения сигналов от начального состояния фильтра (Рис. 3). Рисунок 3 показывает, что номер периода совпадения сигналов меняется в диапазоне от 3 до 22. Данные результаты указывают на отсутствие зависимости скорости оценки фильтра от начальной фазы сигнала.

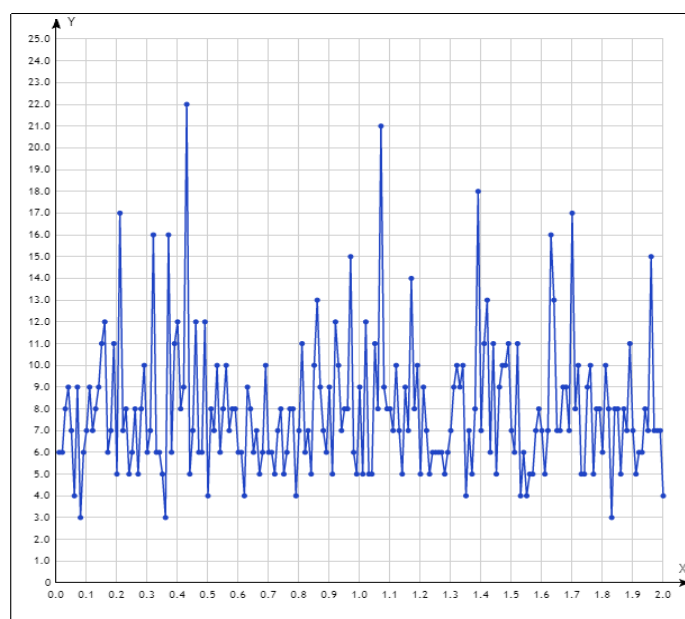


Рисунок 3. График зависимости периода полного совпадения сигналов от начального состояния фильтра

На рисунке 4 приведена статистика, демонстрирующая количество случаев, в которых при неизменных начальных условиях определенный период оказывался периодом совпадения сигнала с оценкой фильтра. Для каждого начального значения фазы сигнала (0.1, 0.5, 1.0 и 2.0) период совпадения сигналов был вычислен по 1000 раз. Почти для каждого случая наиболее частым номером периода был шестой период. По виду данные результаты похожи на нормальное распределение, которое совпадает с распределением стохастического (случайного) процесса.

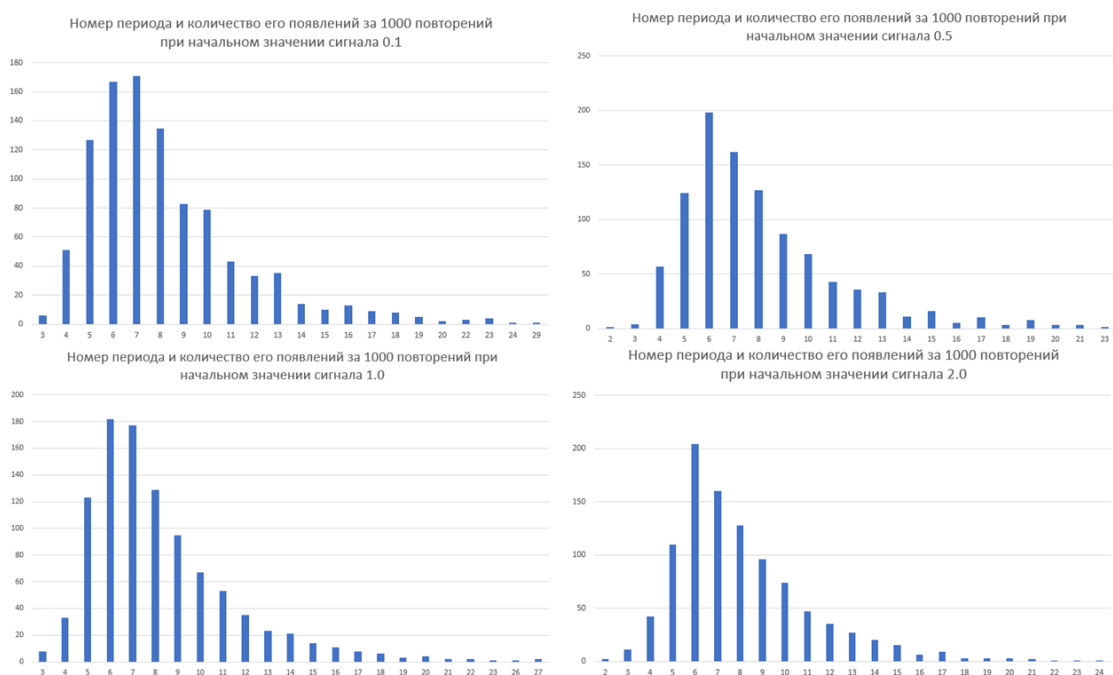


Рисунок 4. Данные по номеру периода совпадения сигналов для различных значений начальной фазы фильтра

Полученные результаты свидетельствуют о том, что между начальным состоянием фильтра и скоростью определения фильтром исходного сигнала нет определенной зависимости. Из этого можно сделать заключение, что рассматриваемый метод не зависит от начального состояния фильтра.

Список использованной литературы

1. Ramirez, D. A. A., Cardenas-Juarez, M., Pineda-Rico, U., Arce, A., & Stevens-Navarro, E. Spectrum Occupancy Measurements in the Sub-6 GHz Band for Smart Spectrum Applications [Text] In 2018 IEEE 10th Latin-American Conference on Communications (LATINCOM) IEEE. 2018. -P. 1-6.

2. Zhang J. et al. Spectrum Knowledge and Real-Time Observing Enabled Smart Spectrum Management [Text] / IEEE Access. – 2020. – T. 8. – C. 44153-44162.
3. Kulakayeva A., Aitmagambetov A., Daineko Y., Medetov B., Ongenbayeva Z. «Improvement of Signal Reception Reliability at Satellite Spectrum Monitoring System» [Text] / IEEE Access. – 2022. – Vol.10. – P. 101399 – 101407.