

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Харина А. В. «Оценка числа сигналов с неизвестными параметрами», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 – «Радиофизика».

Среди различных задач статистической радиофизики: обнаружения, оценки параметров, различения задача разрешения, которой посвящена диссертация, является, по-видимому, наиболее сложной. Это связано с тем, что при традиционном использовании метода максимального правдоподобия для оценки числа сигналов, амплитуды которых неизвестны, получающийся функционал является монотонным по параметру числа сигналов. Как следствие, непосредственное использование метода максимального правдоподобия невозможно, и для решения задачи требуется некоторый эвристический компонент.

Задача оценки числа сигналов и их неизвестных параметров встречается во многих приложениях спектрального анализа, локации и связи. В частности, одной из основных проблем в современных системах телекоммуникаций является многолучевой характер распространения радиосигнала, что часто имеет место в городской и гористой местности. При этом на приемную антенну поступает сумма сигналов со случайными амплитудами, фазами и задержками, которые препятствуют качественному приему сигнала. Существуют различные методы борьбы с многолучевостью. Для ряда систем связи демодуляция сигнала осуществляется рейк-приемником, число и параметры однолучевых приемников которого определяются оценкой числа и временных задержек сигналов лучей.

Что касается характеристик оценки числа сигналов, то в известной литературе практически отсутствуют результаты аналитического анализа.

В этой связи задачи синтеза и анализа алгоритмов разрешения, рассматриваемые в диссертации, являются актуальными.

Диссертационная работа представлена введением, тремя главами и заключением.

Введение содержит подробный обзор литературы, а также общие сведения о решаемых в диссертации задачах.

В первой главе задача оценки числа сигналов решалась методом максимального правдоподобия для различных подходящих для этого

моделей: детерминированных сигналов, радиосигналов с неизвестными фазами, сигналов с неизвестными неэнергетическими параметрами. Введена и далее использовалась новая характеристика оценки числа сигналов – укороченная вероятность ошибки. В этой и последующих главах предложены методики, позволяющие получить асимптотически точные выражения для этой характеристики для различных рассмотренных моделей.

Во второй главе рассмотрены модели сигналов с неизвестной амплитудой. После максимизации по этому параметру получающийся функционал неприменим для оценки числа сигналов. Автором показано, что максимизация с ограничением на амплитуду снизу также не дает состоятельной оценки. В этой связи рассмотрены 4 модифицированных алгоритма: два – известных и два – предложенных диссертантом. Выполнен аналитический и численный анализ этих алгоритмов, позволяющий сравнить их относительную эффективность.

В третьей главе обсуждается применение метода квазиправдоподобной оценки для случая оценки числа сигналов с частично неизвестными параметрами. Рассмотрены модели сигналов с частично неизвестными частотами, частично неизвестными амплитудами и фазами и частично неизвестными амплитудами, фазами и частотами. Эффективность алгоритма была получена как аналитически, так и методом статистического моделирования. Найдены условия, при которых квазиправдоподобный алгоритм оказываются лучше алгоритма максимального правдоподобия и его модификаций.

Из новых результатов, полученных в диссертационной работе А. В. Харина, можно отметить следующие:

1. Предложена укороченная вероятность ошибки – новая характеристика для анализа алгоритмов оценки числа сигналов. Разработаны методики, основные на теории обнаружения сигналов, которые позволили получить аналитические выражения для этой характеристики для различных моделей сигналов.
2. Разработаны два новых алгоритма оценки числа сигналов для моделей сигнала с неизвестной амплитудой: алгоритм с инвариантной случайной штрафной функцией и алгоритм с обратной штрафной функцией. Данные алгоритмы представляют собой эвристические модификации метода максимального правдоподобия. По критерию минимизации укороченной вероятности ошибки выполнена оптимизация параметров модифицированных алгоритмов.

3. Выполнен анализ квазиправдоподобных алгоритмов оценки числа радиосигналов при априорной неопределенности относительно различных параметров сигналов: несущие частоты, амплитуды и фазы, амплитуды, фазы и частоты.

Полученные в диссертации формулы и выводы **обоснованы** корректным применением методов статистической радиофизики. Диссертант продемонстрировал хорошее владение современным математическим аппаратом, включая способность выполнять сложные векторно-матричные преобразования.

Значимость полученных в диссертационной работе результатов для науки и техники заключается в разработанных новых методах синтеза и анализа алгоритмов оценки числа сигналов. Разработанные методы являются ценными с точки зрения **практики**, так как позволяют создавать алгоритмы, улучшающие качество работы различных систем связи.

Достоверность подтверждается совпадением результатов диссертации с известными в некоторых частных и предельных случаях, а также хорошим согласием между результатами проведенного статистического моделирования и полученными теоретическими выводами.

Вместе с тем диссертация А. В. Харина имеет следующие недостатки.

1. В качестве характеристики оценки числа сигналов диссертант использует исключительно укороченную вероятность ошибки, по ней выполнялась оптимизация параметров модифицированных алгоритмов. Между тем близость укороченной и полной вероятности ошибки показана только для детерминированных сигналов. В наиболее интересных случаях неизвестных амплитуд и фаз сигналов эта близость не очевидна. Полная вероятность ошибки числа сигналов, могла быть рассчитана, по крайней мере, численными методами.
2. Некоторые рассмотренные модели не очень адекватны практическим условиям. Например, радиосигнал с неизвестной фазой обычно имеет и неизвестную амплитуду.
3. Недостаточно исследована зависимость характеристик оценки числа сигналов от их корреляции.
4. Учитывая большую вычислительную сложность представленных алгоритмов, недостаточно внимания уделено вопросам упрощения реализации этих алгоритмов.

5. Предлагаемая оптимизация параметров модифицированных алгоритмов оценки числа сигналов требует априорного знания корреляций сигналов, на практике такая информация часто недоступна.

Указанные выше замечания носят в большей степени рекомендательный характер, так что работа в целом оставляет благоприятное впечатление и заслуживает высокой оценки.

Диссертация изложена понятным и грамотным научным языком. Автореферат правильно отражает содержание диссертации. Результаты исследований в достаточном объеме отражены в 9 научных публикациях, среди которых 4 — в изданиях, рекомендованных ВАК.

В целом диссертация Харина А. В. «Оценка числа сигналов с неизвестными параметрами» выполнена на высоком уровне, содержит новые результаты и представляет собой законченную научно-квалификационную работу. Она удовлетворяет требованиям, предъявляемым ВАК при Минобрнауки России к кандидатским диссертациям, ее содержание соответствует специальности 01.04.03 – радиофизика, а ее автор Харин Александр Владимирович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Официальный оппонент,
Манелис Владимир Борисович
доктор технических наук,
ведущий научный сотрудник
АО «ИРКОС»
129626, Москва,
Звёздный бульвар, дом 21.
Тел.: +7(495) 615-10-26
E-mail: info@ircos.ru
«16» августа 2016 года


подпись Верна
инспектор по кадрам
16.08.2016

№ 2016
А. И. Козлова

