

«УТВЕРЖДАЮ»



Ректор ФГОБУ ВПО

Поволжского государственного университета

телекоммуникаций и информатики,

доктор технических наук, профессор,

В. А. Андреев

«31» марта 2015 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации – Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики (ПГУТИ) – на диссертацию Курбатова А.В. «Дистанционное определение параметров движения в условиях априорной параметрической неопределенности при зондировании последовательностью оптических импульсов», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 – «Радиофизика».

Системы оптической локации и навигации позволяют, подобно обычному зрению, проводить особо точные измерения, благодаря чему удается в принципе измерять не только расстояние до цели, но и ее скорость и ускорение. Лазерные импульсы способны распространяться на большие расстояния с незначительным рассеянием, что позволяет проводить измерения на огромных промежутках. Эти особенности дают возможность пользоваться оптическими методами в случаях, когда применение радиолокации ограничено. Естественное стремление к оптимизации устройств оптической локации рекомендует делать мощность источника излучения минимальной, а устройство обработки получаемой информации – возможно более простым. При этом желательно, чтобы точность измерений страдала незначительно.

Таким образом, является актуальной задача создания и сравнительного анализа алгоритмов обработки отраженных сигналов с точки зрения их точности и простоты реализации. Именно этой задаче и посвящена обсуждаемая диссертация. В ней излагаются результаты разработки и анализа близких к оптимальным алгоритмов оценки параметров движения по результатам зондирования цели последовательностью оптических импульсов. Тема диссертации соответствует специальности 01.04.03 – «Радиофизика».

Во введении приводится подробный обзор литературы, отражающий как современное состояние исследований в области оптической локации, так и связь известных результатов с постановками задач и исследованиями, которым посвящена диссертация. В тексте диссертации имеются необходимые ссылки как на известные факты и методы исследования, так и на публикации автора, в которых отражены излагаемые результаты.

Первая глава начинается с описания модели параметрической априорной неопределенности принимаемого сигнала. Предлагаемая модель является довольно общей для описания искажений сигнала в канале. Эта модель может применяться всякий раз, когда физические процессы, происходящие в канале, известны, но вызываемые ими искажения, тем не менее, носят случайный характер. Далее решается задача о нахождении в рамках этой модели характеристик совместно-эффективных оценок дальности, скорости и ускорения. С точки зрения математической статистики эти оценки являются наилучшими из всех возможных. Затем в тех же условиях обсуждается применение метода максимального правдоподобия. Рассмотрены случаи как медленных флуктуаций принимаемого сигнала, так и быстрых. Рассчитаны характеристики, т.е. дисперсии и коэффициенты корреляции оценок для метода максимального правдоподобия и показано, что асимптотически они приближаются к совместно-эффективным. Показано, что в случае медленных флуктуаций близости оценок к эффективному можно добиться путем увеличения отношения сигнал-шум для всей последовательности импульсов, а в случае быстрых флуктуаций – путем увеличения отношения сигнал-шум для каждого отдельного импульса. Произведен расчет потерь точности совместно-эффективных оценок вследствие наличия неинформативных параметров. Проведены вычисления потерь точности для случая импульсов конкретной формы, близкой к встречающейся на практике.

Вторая глава посвящена квазиправдоподобному алгоритму оценки, представляющего собой упрощение алгоритма максимального правдоподобия. Квазиправдоподобный метод оценки состоит в том, что используется схема метода максимального правдоподобия, но в качестве формы интенсивности принимаемого сигнала используется не истинная интенсивность, а некоторая близкая к ней и не содержащая неизвестных неинформативных параметров. Квазиправдоподобный метод по сути сводится к отказу от обработки неинформативных параметров. Конечно, это приводит к определенной потере точности, но позволяет существенно упростить алгоритм оценки. Рассчитываются характеристики

квазиправдоподобных оценок, которые позволяют найти потери точности при переходе от метода максимального правдоподобия к квазиправдоподобному методу. В общем случае, квазиправдоподобные оценки в общем случае не являются состоятельными. В связи с этим приводятся достаточные условия состоятельности. Также рассчитываются характеристики квазиправдоподобных оценок с учетом аномальных ошибок. На конкретном примере произведен расчет зависимости вероятности аномальной ошибки от степени неточности определения формы принимаемого сигнала.

В третьей главе проводится дальнейшее упрощение используемого алгоритма, состоящее в переходе к так называемым квазиоптимальным оценкам. Предлагается сначала находить оценки временных положений отдельных импульсов принимаемой последовательности, а затем, используя эти оценки, вычислять оценки дальности, скорости и ускорения. Вначале находятся характеристики надежных оценок временных положений. Затем вычисляются вероятности аномальных ошибок и на их основе находятся характеристики оценок временных положений с учетом аномальных ошибок. Поскольку, в общем случае, оценки в условиях аномальных ошибок могут быть смещенными, в качестве характеристик используются смещение и рассеяние. После этого выводятся формулы, позволяющие оценки временных положений пересчитывать в оценки дальности, скорости и ускорения, а на их основе получены формулы для соответствующих характеристик. Построены графики зависимости нормированных рассеяний оценок дальности и скорости от отношения сигнал-фон для трех типов оценок рассматриваемых в диссертации – получаемых на основе метода максимального правдоподобия, на основе квазиоптимального алгоритма и совместно-эффективных оценок.

Отличием третьей главы от предыдущих является наличие численного эксперимента, состоящего в статистическом моделировании процесса получения квазиоптимальных оценок с целью нахождения дисперсий оценок дальности и скорости. Результаты численного эксперимента представлены в виде графиков зависимости экспериментальных дисперсий от отношения сигнал-фон и аналогичных теоретических зависимостей. Установлено удовлетворительное совпадение. Экспериментальные данные представлены в виде точек. Каждая точка сформирована в результате проведения не менее 1000 экспериментов. Показано, что экспериментальные результаты начинают расходиться с теоретическими, когда среднее число фотоэлектронов в одном импульсе становится менее 10.

Выводы и рекомендации, приведенные в диссертационной работе, относятся к выбору алгоритма обработки принимаемой реализации при оценке радиальных параметров движения в зависимости от требований, предъявляемых к эффективности функционирования и степени простоты аппаратурной реализации.

Диссертационная работа А.В. Курбатова представляет собой **цельное** законченное научное исследование и содержит новые интересные результаты в активно развивающейся области радиофизики – статистической лазерной радиофизики. Цели, поставленные во введении, в целом достигнуты. Диссертация изложена на достаточно высоком научном уровне, написана понятным языком, хорошо оформлена.

К числу основных новых результатов работы относятся следующие положения:

1. Впервые вычислены корреляционные матрицы для совместно-эффективных оценок параметров движения (дальности, скорости и ускорения) при наличии конечного числа произвольных неинформативных параметров как в условиях медленных, так и быстрых флуктуаций цели. Впервые проведено обоснование асимптотической эффективности оценок максимального правдоподобия в условиях параметрической априорной неопределенности.
2. Впервые найдены смещения и рассеяния квазиправдоподобных оценок, полученных для предполагаемой формы интенсивности последовательности, в общем случае отличающейся от действительной формы принимаемой последовательности с учетом аномальных ошибок.
3. Предложен новый квазиоптимальный алгоритм для нахождения оценок параметров движения, основанный на оценках временных положений отдельных импульсов рассеянной последовательности. Найдены смещения и рассеяния квазиоптимальных оценок дальности, скорости и ускорения, полученных для формы интенсивности импульсов, в общем случае не совпадающей с действительной формой принимаемых импульсов с учетом аномальных ошибок. Проведено статистическое моделирование, позволившее указать границы применимости найденных формул.
4. Разработана структура приемника, производящая оценку максимального правдоподобия параметров движения в условиях параметрической априорной неопределенности.
5. Показано, что квазиправдоподобная оценка может не быть состоятельной и несмещенной, вследствие различия форм интенсивностей принимаемого и ожидаемого сигналов. Предложены

достаточные условия, обеспечивающие состоятельность квазиправдоподобной оценки.

6. Проведен сравнительный качественный анализ сложности структуры трех предложенных алгоритмов.

Анализ основных новых результатов, полученных в диссертационной работе А.В. Курбатова показывает их существенную значимость для развития такого актуального направления радиофизики, как создание новых методов анализа и статистической обработки сигналов в условиях помех.

Достоверность и обоснованность результатов диссертации подтверждается корректным применением современного математического аппарата статистической радиофизики, совпадением полученных формул с известными в некоторых частных и предельных случаях и согласованием теоретических выводов с результатами статистического эксперимента.

Следует отметить удовлетворительную апробацию основных результатов диссертационной работы и достаточный уровень публикаций. Так, по теме диссертации опубликовано 11 научных работ, из них 5 статей – в журналах, рекомендованных ВАК для публикации результатов диссертационных работ и индексируемых в Web of Science и Scopus. Автореферат правильно и достаточно полно отражает содержание диссертационной работы.

Результаты и выводы диссертационной работы могут найти применение при разработке и анализе алгоритмов функционирования устройств, производящих оптические измерения радиальных параметров движения – дальности, скорости и ускорения.

Полученные в диссертации результаты внедрены в научно-исследовательских работах и в учебном процессе в Воронежском государственном университете. Данные результаты могут быть также использованы в разработках ОАО «Концерн «Созвездие»» (г. Воронеж), ВИ МВД РФ (г. Воронеж), ВГТУ (г. Воронеж), НИРФИ (г. Нижний Новгород), ВГУ (г. Воронеж), Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета (ЛЭТИ) (г. Санкт-Петербург).

Из недостатков диссертационной работы можно выделить следующие

1. Моделирование проводилось только для квазиоптимального алгоритма и только для оценок дальности и скорости.
2. Точность рассмотренных оценок скорости не сравнивается с точностью известных методов оценки скорости по доплеровскому сдвигу.

3. Сформулированное в диссертации достаточное условие состоятельности квазиправдоподобных оценок, выглядит редко реализующимся на практике.
4. В диссертации не обсуждается явно вопрос о минимальном количестве импульсов, необходимых для оценки дальности, скорости и ускорения.
5. Объем диссертации довольно велик. В то же время некоторые из рассматриваемых в ней вопросов являются малосущественными и могли бы быть опущены. Например, совместные оценки двух параметров (с. 27-29) или медленно флуктуирующая последовательность, обрабатываемая как быстро флуктуирующая (с. 56 и далее).
6. В работе имеется умеренное количество опечаток.

Указанные недостатки не снижают значимости полученных результатов. Диссертационная работа Курбатова А.В. «Дистанционное определение параметров движения в условиях априорной параметрической неопределенности при зондировании последовательностью оптических импульсов» удовлетворяет требованиям пункта 7 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», а её автор – Курбатов Александр Витальевич – заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 – «Радиофизика».

Диссертация и отзыв рассмотрены на заседании кафедры ОКИТРТС протокол №6 от «31» марта 2015 г.

Подпись составителя отзыва



Зав. кафедрой ОКИТРТС ПГУТИ,
заслуженный работник высшей
школы РФ, д.ф.-м.н., профессор
Тел: (846)339-11-71
e-mail: neganov@psati.ru

В.А. Неганов
(В.А. Неганов)

Профессор кафедры ОКИТРТС
ПГУТИ, д.ф.-м.н.
Тел: (846)332-41-36
e-mail: antipov@psati.ru

О.И. Антипов
(О.И. Антипов)