

ОТЗЫВ

официального оппонента о диссертации 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».

Задача нахождения местоположения объекта (цели) по анализу отражаемых им сигналов является одной из основных в радиофизике. В последние годы в качестве таких сигналов часто используются оптические сигналы, генерируемые лазером. В качестве посылаемого (зондирующего) сигнала естественно применять последовательность из нескольких импульсов. По сравнению с одним импульсом это позволяет увеличить точность измерений. По своей природе оптический сигнал является стохастическим. Поэтому результаты измерений никогда не являются абсолютно точными. На практике желаемой точности, как правило, удается добиться путем увеличения мощности посылаемого сигнала и применением сложной процедуры обработки принимаемого сигнала, что, конечно, сопряжено с определенными затратами. Тем самым мы приходим к **актуальной задаче** разработки способов обработки принимаемых сигналов, обладающих высокой точностью и сравнительно просто реализуемых. Именно этим вопросам и посвящена обсуждаемая диссертация.

Глава 1 посвящена нахождению характеристик наилучших (совместно-эффективных) возможных оценок параметров движения в условиях параметрической априорной неопределенности и сравнение их с соответствующими характеристиками оценок максимального правдоподобия. Нахождение совместно-эффективных оценок основано на применении результатов из известной книги Хельстромма, которые, в свою очередь, основаны на неравенстве Рао-Крамера. Для нахождения оценок максимального правдоподобия используется вариант метода малого параметра, описанный в книге Куликова и Трифонова. Тем самым результаты, относящиеся к методу максимального правдоподобия, справедливы только при условии достаточно больших значений выходного отношения сигнал-шум. Это ограничение несущественно, поскольку основным выводом главы 1 является положение о том, что метод максимального правдоподобия является асимптотически эффективным, т.е. эффективным при больших значениях отношения сигнал-шум. Кроме того, в главе 1 изучается различие между двумя моделями характера параметрической неопределенности – медленными и быстрыми флуктуациями зондируемого объекта. Установлено, что в случае медленных флуктуаций больших значений отношения сигнал-шум можно добиться путем увеличения числа импульсов в последовательности, а в случае быстрых флуктуаций – только путем увеличения амплитуды отдельных импульсов.

Глава 1 заканчивается выводом о сложности приемника максимального правдоподобия и тем самым об актуальности задачи его упрощения.

Глава 2 посвящена описанию и исследованию более простого метода оценки параметров движения, в основе которого лежит квазиправдоподобный алгоритм. Квазиправдоподобный алгоритм заключается в игнорировании зависимости формы принимаемых импульсов от неинформативных параметров путем настройки приемника на некоторую ожидаемую форму принимаемых импульсов. Конечно, удачный выбор формы ожидаемых импульсов требует наличия дополнительной информации. Задача нахождения формы принимаемого сигнала в диссертации не рассматривалась. Один из очевидных способов повышения точности оценок – следить за тем, чтобы они были состоятельными. В связи с этим в диссертации получено простое условие состоятельности, состоящее в монотонности и четности рассматриваемых сигналов. Важным отличием главы 2 от главы 1 является то, что в ней рассматривается возможность появления аномальных ошибок – неточности в измерении параметров движения вызываемые внешними помехами, которые приемник интерпретирует как активный сигнал. Основное содержание главы 2 составляет расчет характеристик квазиправдоподобных оценок. С их помощью производится сравнение точности квазиправдоподобного алгоритма с алгоритмом метода максимального правдоподобия.

В главе 3 обсуждается следующий этап упрощения приемника, реализующего квазиправдоподобный алгоритм – рассматривается квазиоптимальный алгоритм, основная идея которого заключается в построении оценки параметров движения по оценкам временных положений отдельных импульсов. Расчет оценок параметров движения по оценкам временных положений импульсов относительно прост, поэтому основная сложность технической реализации квазиоптимального приемника состоит в оценке временных положений импульсов. Поскольку оценки временных положений импульсов производятся независимо друг от друга и по единому алгоритму, для их получения можно использовать общее одноканальное устройство. В диссертации произведен расчет характеристик точности оценок временного положения для предлагаемого квазиоптимального алгоритма. Показано, что при больших отношениях сигнал-шум квазиоптимальные оценки обладают той же точностью, что и квазиправдоподобные оценки. В то же время при малых отношениях сигнал-шум ввиду влияния аномальных ошибок квазиоптимальные оценки могут заметно проигрывать в точности квазиправдоподобным оценкам. Таким образом, становится очевидным, что при больших отношениях сигнал-шум квазиправдоподобный алгоритм предпочтительнее остальных, поскольку он существенно проще с точки зрения технической реализации и обеспечивает почти ту же точность, что и более сложные алгоритмы. С целью верификации полученных аналитических формул для характеристик было проведено статистическое моделирование, результаты которого приведены в конце главы 3. Результаты моделирования показали не

только правильность полученных формул, но и позволили сделать выводы о границах их применимости. Показано, что полученные формулы достаточно точно совпадают с результатами моделирования при среднем количестве фотоэлектронов на один импульс, большем 10.

Таким образом, содержание диссертационной работы соответствует теме, а сама диссертация является законченной научно-исследовательской работой.

Исследования, проведенные в диссертационной работе А.В. Курбатова, и их результаты обладают научной **новизной**, заключающейся в следующем.

1. Предложена модель искажения формы оптических сигналов, заключающаяся в априорной параметрической неопределенности.
2. Рассмотрены два варианта этой модели для случая неменяющихся и меняющихся в пределах одной последовательности импульсов.
3. Рассчитаны характеристики совместно-эффективных оценок для предложенной модели.
4. Предложен алгоритм нахождения оценок максимального правдоподобия и показана его асимптотическая эффективность в рассматриваемых условиях.
5. Предложены два алгоритма, представляющие собой упрощения метода максимального правдоподобия, и произведен расчет их характеристик.
6. На основе полученных характеристик для рассмотренных алгоритмов проведен сравнительный анализ, позволяющий оценить возможности исследованных алгоритмов на стадии проектирования в зависимости от условий технического задания.

Полученные в диссертации формулы и выводы **обоснованы** корректным применением статистической радиофизики и соответствующего математического аппарата.

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

Диссертация написана понятным и грамотным **языком**.

Автореферат правильно отражает содержание диссертации. Результаты с необходимой полнотой **опубликованы** в научной печати.

Вместе с тем диссертация А.В. Курбатова помимо незначительного числа опечаток имеет следующие недостатки.

1. Как уже отмечалось выше, задача нахождения формы принимаемого сигнала в диссертации не рассматривалась.

2. С увеличением размерности вектора неинформативных параметров, при ограниченном объеме входного сигнала, матрицы Фишера обратной матрицы не имеет вследствие коррелированности оценок. Поэтому размерности вектора должна быть ограничена или должна использоваться устойчивая процедура обращения матриц.
3. В диссертации не обсуждается, как применять квазиправдоподобный алгоритм в случае, когда ожидаемый и принимаемый сигналы отличаются существенно.
4. Не ясно, для каких конкретных задач (расстояние до облаков, самолета, автомобиля) применимы результаты диссертации.
5. Как известно, сигнальная функция последовательности импульсов имеет многопиковую форму. В диссертации многопиковость не учитывается: все формулы выводятся в предположении, что мы находимся в окрестности наибольшего максимума.
6. Во введении приводится обзор литературы. Но эта литература в дальнейшем не используется. В то же время, не вся известная литература во введении отражена.

Сделанные замечания не являются принципиальными и не снижают общего впечатления от работы. В целом диссертация Курбатова А.В. «Дистанционное определение параметров движения в условиях априорной параметрической неопределенности при зондировании последовательностью оптических импульсов» удовлетворяет требованиям, предъявляемых к кандидатским диссертациям, ее содержание соответствует специальности 01.04.03 – радиофизика, а ее автор Курбатов Александр Витальевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Официальный оппонент,
Лукин Александр Николаевич
доктор физико-математических наук, профессор
профессор кафедры физики
Воронежского института МВД России

Россия, Воронеж, 394065,
Проспект Патриотов, дом 53.
Телефон: 8 (473) 247-67-07
E-mail: mail@vimvd.ru

5 мая 2015 года

