

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе
ФГБОУ ВО «Новосибирский
государственный технический
университет» доктор техн. наук,



С.В. Брованов
2022 г.

ведущей организации на диссертационную работу
Мовчана Андрея Кирилловича «Методы и алгоритмы прецизионного
измерения дальности в активно-импульсных телевизионных измерительных
системах», представленной на соискание ученой степени кандидата
технических наук по специальности 2.2.6. Оптические и оптико-электронные
приборы и комплексы

Актуальность темы диссертационной работы

Работа посвящена прецизионному измерению дальности до наблюдаемых объектов в активно-импульсных телевизионных измерительных системах (АИ ТИС), за счет использования предложенного многозонного метода измерения дальности (ММИД).

Системы технического зрения, позволяющие производить прецизионные измерения дальности до наблюдаемых объектов, входят в различные сферы жизнедеятельности человека. В частности, используются для дистанционного измерения дальности, при навигации беспилотного транспорта, в системах помощи водителю, в службах при ликвидации чрезвычайных ситуаций. В общем случае, вычисление дистанции до объекта для каждой точки его плоского изображения позволяет построить трехмерную картину положения, наблюдаемого объекта в пространстве.

Известные методы определения дальности имеют ограниченный диапазон измерений, а также характеризуются зависимостью точности

измерений от стабильности временных параметров и форм управляющих сигналов.

Так же стоит отметить, что АИ ТИС традиционно используются для наблюдения в сложных условиях видения (дым, туман, пыль) за счет способности подавления помехи обратного рассеяния, поэтому поиск новых методов и алгоритмов прецизионного измерения дальности в АИ ТИС является весьма актуальной задачей, что подтверждает актуальность диссертационной работы Мовчана Андрея Кирилловича.

Анализ содержания работы

Во введении определены цели и задачи, подлежащие исследованию, приведены основные научные результаты, обосновано научное и практическое значение работы, представлены положения, выносимые на защиту, показана актуальность работы и личный вклад автора.

В первой главе выполнен аналитический обзор литературы по теме диссертационного исследования, описаны особенности построения и принципы работы АИ ТИС, а также методы измерения дальности в АИ ТИС, сформулирована цель исследования и определены задачи исследования.

Во второй главе описан разработанный многозонный метод измерения дальности в АИ ТИС, а также алгоритм повышения точности измерения дальности многозонным методом.

В третьей главе дана оценка влияния формы оптического импульса и количества активных зон видения (АЗВ) на потенциальную точность многозонного метода. Приведены результаты моделирования влияния шума фотоприемника и джиттера длительности импульса подсвета пространства (ИПП) на потенциальную точность измерения дальности многозонным методом. Приведено описание разработанного программного обеспечения для компьютерного моделирования процессов формирования зон в АИ ТИС и методов измерения дальности.

В четвертой главе дано описание макета АИ ТИС и представлены результаты экспериментальных исследований измерения дальности многозонным методом. Также представлены результаты экспериментального исследования алгоритма повышения точности измерения дальности многозонного метода. Представлены результаты экспериментального исследования влияния шума фотоприемника на точность измерения дальности многозонным методом. Приведены результаты испытания макета АИ ТИС и измерения им дальности на полигоне НИИ РТС ТУСУР. Представлены изображения некоторых объектов на полигоне и полученные с помощью АИ ТИС «карты глубин» пространства. Представлено описание испытаний макета АИ ТИС в условиях пониженной прозрачности среды распространения оптического излучения, проведенных в Большой аэрозольной камере Института оптики и атмосферы имени В.Е. Зуева СО РАН.

Достоверность положений и выводов работы

Достоверность результатов, полученных в ходе выполнения диссертационных исследований, не вызывает сомнения, поскольку их основой является адекватная физическая модель АИ ТИС. Результаты моделирования согласуются с экспериментальными данными. При выполнении исследований применялось сертифицированное программное обеспечение.

Новизна полученных результатов

Автором разработан многозонный метод измерения дальности в АИ ТИС, отличающийся использованием нормированной динамической экспозиции фотоприемника по дальности, который позволяет увеличить диапазон определения расстояний до наблюдаемых объектов при заданной точности. Предложен алгоритм коррекции нелинейности измерительной

функции в многозонном методе измерения дальности, основанный на оптимальном выборе значений задержек импульсов стробирования фотоприемника для формирования его динамической экспозиции по критерию минимума среднеквадратической ошибки. Определена потенциальная точность измерения дальности многозонным методом в АИ ТИС с учетом форм импульсов подсвета пространства и стробирования фотоприёмника, нестабильностей их временных параметров, а также влияния шумов фотоприемника, что подтверждает возможность построения прецизионных «карт глубин» пространства.

Практическая ценность результатов работы

Полученные автором результаты в реализации методов и алгоритмов прецизионного измерения дальности в АИ ТИС позволяют при измерении дальностей до наблюдаемых в АИ ТИС объектов уменьшить влияние форм и стабильности временных параметров импульсов подсвета пространства и стробирования фотоприемника на точность измерения. Автором показана практическая возможность повышения точности измерения дальности многозонным методом за счет коррекции нелинейности измерительной функции. Реализована программная модель измерения дальности в АИ ТИС, учитывающая формы и нестабильность временных параметров импульсов подсвета пространства и стробирования фотоприемника.

Результаты работы использованы в ряде НИР, подтвержденных соответствующими актами использования результатов.

1. НИР «Прецизионное томографическое видение объектов телевизионными измерительными системами с активно-импульсным подсветом пространства», грант РФФИ по научному проекту № 19-37-90141.

2. НИР «Выявление новых подходов к совершенствованию обеспечения электромагнитной совместимости радиоэлектронной

аппаратуры и моделирования систем активного зрения роботов» (шифр проекта 8.9562.2017/БЧ).

3. Проведение натуральных испытаний лабораторного макета АИ ТИС с установкой на разработанный силами Альянса "Техническое зрение" в городе Томске беспилотный автомобиль, который в декабре 2019 г. принял участие в конкурсе «Зимний город» на полигоне в подмосковном городе Дмитров.

4. Проведение натуральных испытаний лабораторного макета АИ ТИС в сложных условиях видения при низкой прозрачности среды распространения оптического излучения совместно с ООО «Софт Кристалл» г. Томск.

5. Проведение комплексных испытаний активно-импульсной телевизионной измерительной системы (АИ ТИС) и системы построения ортофотопланов местности беспилотным воздушным судном (СПОМБВС) на полигоне НИИ РТС ТУСУР.

Рекомендации по использованию результатов и выводов, приведенных в диссертации

Результаты, полученные в диссертационной работе, рекомендуется использовать при создании интеллектуальных систем технического зрения для беспилотных автономных аппаратов, реализующих измерение дальности в режиме реального времени до окружающих объектов. Результаты могут быть использованы научно-исследовательскими учреждениями и организациями, решающими задачи в области навигации как беспилотного, так и пилотируемого транспорта.

Результаты и выводы, приведенные в диссертации, могут быть применены на предприятиях АО «Швабе-приборы», НПО ОАО «ГЕОФИЗИКА-НВ», ЦНПО «Комета», АО «НПО «Орион».

Апробация результатов работы и публикации

По результатам исследований, представленных в диссертационной работе, опубликовано 18 работ: 3 статьи в журналах из перечня ВАК, 1 статья в журнале, проиндексированном в Scopus, 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ, 13 докладов в трудах международных конференций, 7 из которых проиндексированы в наукометрических базах Scopus и Web of Science.

В автореферате в полном объеме отражено основное содержание диссертации.

Замечания к диссертации

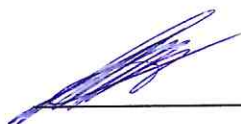
1. В работе недостаточно представлено сравнение развиваемого метода с другими методами измерения расстояний, например, основанными на радиолокации.
2. Недостаточно обоснован выбор равномерного распределения при моделировании джиттера.
3. Сформулированная задача *«Разработать прецизионный метод измерения дальности в АИ ТИС с широким диапазоном ее определения, обладающий невосприимчивостью к формам управляющих импульсов и неустойчивостям их временных параметров»* представляется решенной не в полном объеме, так как исследование проводилось лишь для двух форм импульсов.
4. Рекомендованный в диссертации режим работы измерителя, при котором длительность импульсной характеристики существенно превышает длительность импульса, расходится с принципами согласованной фильтрации сигналов.
5. Отсутствует достаточное объяснение различий потенциальной (10^{-3} м) и реальной (0,17 м) точности.

Заключение

Диссертационная работа соответствует требованиям п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 (ред. от 11.09.2021), так как является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная для области измерительного телевидения задача прецизионного измерения дальности в АИ ТИС. Учитывая вышеизложенное, считаем, что Мовчан Андрей Кириллович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.6. Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы.

Отзыв на диссертационную работу и ее автореферат обсужден и одобрен на заседании научного семинара кафедры теоретических основ радиотехники Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», состоявшегося 17 февраля 2022 года, протокол № 2.

Заведующий кафедрой
теоретических основ радиотехники
Новосибирского государственного
технического университета,
доктор технических наук, профессор
Тел.: +7 (383) 346-13-78
e-mail: spektor@corp.nstu.ru



А.А. Спектор

Доцент кафедры теоретических
основ радиотехники
Новосибирского государственного
технического университета,
кандидат технических наук, доцент
Тел.: +7 (383) 346-13-78
e-mail: yu.morozov@corp.nstu.ru



Ю.В. Морозов

Подпись заверяю
Начальник ОК НГТУ



О.К. Пустовалова

Наименование организации

Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
Новосибирский государственный
технический университет

Почтовый адрес

Россия, 630073, г. Новосибирск, пр-т
К.Маркса, 20

E-mail

rector@nstu.ru

Телефон

+7 (383) 346 50 01