



«УТВЕРЖДАЮ»

Директор Института мониторинга
климатических и экологических систем СО РАН,
д.ф.-м.н. В.А. Крутиков

3 декабря 2014 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию Завьяловой Ксении Владимировны
«ТРЕХМЕРНОЕ РАДИОВИДЕНИЕ НА ОСНОВЕ ИЗМЕРЕНИЯ АМПЛИТУДЫ
ПОЛЯ ИНТЕРФЕРЕНЦИИ», представленную на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук по специальности
01.04.03 – «радиофизика»

I. Актуальность работы

Подавляющая часть решений задачи восстановления радиоизображений основано на методах, использующих информацию об амплитуде и фазе радиоволнового поля. Синтез апертуры в задачах радиовидения требует построения весьма сложных и громоздких схем измерений и поэтому является весьма дорогостоящей. Измерение только амплитуды рассеянного волнового поля является намного более простой задачей. Однако перевод обработки сигналов от аппаратной части в цифровую ведет к существенному усложнению математической обработки, которая заключается в восстановлении фазовой информации из измеренной интенсивности поля. Отметим, что использование фазовой информации позволяет выходить на предельно высокое пространственное разрешение, а достигаемое при этом разрешение становится сравнимым с длиной волны используемого излучения. Проблеме обработки сигналов всегда уделялось повышенное внимание: оптимальная фильтрация в радиотехнике; обработка многомерных сигналов в оптической, акустической и радиолокации; обработка пассивных радио и оптических изображений. Методы и средства обработки сигналов зримо подразделяются на два класса: системы, работающие в реальном масштабе времени и все остальные. Жесткое временное требование, предъявляемые к алгоритмам обработки сигнала для первого класса систем, является главнейшим фактором, ограничивающим или делающим практически невозможным применение многих мощных математических методов обработки сигналов. Поэтому тема диссертационной работы – доказать принципиальную и техническую возможность восстановления изображений объектов без измерения фазы путем разработки

методов обработки многомерных распределений амплитуды радиоволнового поля интерференции является актуальной и своевременной.

Актуальность выбранной темы исследования также тесно связана с проблемами усиления мер безопасности в транспортных системах, других местах массового скопления людей и применения на практике систем контроля, безопасных для здоровья человека.

II. Наиболее существенные новые научные результаты, полученные в диссертации

1. Предложена и реализована, в пределах ближней зоны дифракции Френеля, методика восстановления изображения рассеивающего объекта с размерами порядка длины волны или более измерительно-вычислительной системой, созданной на основе разреженных измерений интенсивности поля интерференции опорного и предметного сигналов гексагонально расположенными приёмными антеннами при последовательном многопозиционном моностатическом сканировании на плоскости.
2. Сформулирован теоретически и апробирован экспериментально метод голографического радиовидения, основанный на измерениях интенсивности поля заполненной матрицей приёмных элементов с применением сферического источника волн. Численное моделирование и натурные исследования предлагаемой системы позволили получить плоские изображения объектов, без широкополосного сканирования, только по результатам измерения амплитуды волнового поля с разрешением, близким к дифракционному пределу.
3. Предложена методика восстановления трехмерного изображения, в которой, на базе многопозиционных измерений рассеянного объектом монохроматического излучения за дифракционной решёткой, методом согласованной фильтрации с фокусировкой вначале восстанавливается амплитудно-фазовое распределение поля в плоскости решётки, а затем, на основе обратной фокусировки полученного амплитудно-фазового распределения поля, восстанавливается изображение объекта.
4. Сформулирована, как самостоятельная научная проблема, задача диверсификации и оптимизации дифракционных экранов в амплитудной радиотомографии.

III. Обоснованность и достоверность

Используемой в работе математический аппарат и физические приближения (теория однократного рассеяния, скалярное представление электромагнитных полей, изотропность излучателей) находятся в соответствии с положениями теории

распространения радиоволн в неоднородных средах. Доказана экспериментально работоспособность всех предложенных в работе (и смоделированных численно) систем радиовидения. Поэтому сформулированные в диссертации положения и выводы являются вполне обоснованными и достоверными.

IV. Ценность работы

Научная. Заключается в следующем.

1. Доказана принципиальная возможность построения трехмерных систем радиовидения с высоким разрешением при измерениях только амплитудного распределения поля итерференции.
2. Показана возможность восстановления изображения объекта при разреженных измерениях интенсивности интерференционного поля опорного и предметного сигналов гексагонально расположенными приёмными антеннами при многопозиционном сканировании.
3. Установлено, что осуществимо восстановление плоских изображений объектов по разреженным измерениям амплитуды поля измерительной матрицей за дифракционным экраном и сформулирована задача диверсификации и оптимизации дифракционных экранов в радиотомографии по амплитудным измерениям поля итерференции.

Практическая. Заключается в том, что предложенные автором работы методы технически значительно проще и существенно экономичнее существующих аналогов, получаемое при этом разрешение изображений сопоставимо с теоретическим пределом для радиолокаторов с синтезированной апертурой, использующих информацию о фазе, а использование матриц измерений амплитуды поля совместно с разработанными алгоритмами обработки данных позволяет осуществлять измерения интенсивности в реальном масштабе времени.

В целом ценность работы заключается в том, что ее результаты представляют собой решение важной научной проблемы в области трехмерного радиовидения, основанного на измерениях амплитуды радиоволнового поля, и имеют как фундаментальное, так и прикладное значение.

V. Полнота опубликования результатов работы, ее апробация

Материалы диссертации опубликованы в 20 работах, из них 13 статей опубликовано в журналах, входящих в Перечень Высшей аттестационной комиссии при Минобрнауки РФ (в том числе 5 статей в журналах, включенных в библиографические базы Web of Science и Scopus и патент на полезную модель). Полученные в работе результаты прошли апробацию на научных конференциях и симпозиумах, часть из которых всероссийского и международного уровней.

VI. Критические замечания по работе

1. Первое защищаемое положение имеет не вполне удачную формулировку, поскольку из текста самого положения неясно, каким образом «квадратурная составляющая предметной *монохроматической волны*» может быть подвержена ... «поэлементному взвешенному суммированию на *множестве используемых СВЧ частот*».
2. В диссертационной работе отсутствует обоснование применимости метода Кирхгофа, используемого в аналитических и модельных расчетах.
3. Для обратных задач, каковыми являются задачи восстановления, весьма важны оценки качества восстановления и ошибок восстановления. В диссертационной работе эти оценки не приведены, за исключением слов: «восстановление изображений тестового объекта с точностью до разрешающей способности» и аналогичных им.
4. Решение задач восстановления объектов в рассматриваемой работе проведено в рамках скалярного подхода, хотя, как хорошо известно, электромагнитное поле является векторным полем. Обоснование правомерности скалярного подхода в работе отсутствует.
5. Имеется ряд замечаний по оформлению диссертации. В их числе:
 - представляется излишней первая глава работы, в которой приведено краткое описание таких известных в научной литературе явлений, как: Распространение радиоволн в однородной среде (п. 1.1.1); Однократное рассеяние волн (п. 1.1.2); Дифракция волн (п. 1.1.3) и т.д.;
 - в тексте работы (и автореферате) имеются досадные опечатки и ошибки. Например, 8-я стр. автореферата и 15 стр. диссертации «для ультразвуковых волн в воздухе на частоте 40 Гц», нет единого стиля оформления списка цитируемой литературы в автореферате.

В целом высказанные замечания не отражаются на общей положительной оценке работы.

VII. Заключение по работе.

Представленные в диссертационной работе теоретические и экспериментальные результаты следует квалифицировать как решение важной научной проблемы в области трехмерного радиовидения, связанной с восстановлением изображений по амплитудным измерениям. Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 01.04.03 – «радиофизика» (пункты 5, 7).

Резюме. Диссертационная работа Ксении Владимировны Завьяловой «Трехмерное радиовидение на основе измерения амплитуды поля интерференции» является

законченной научно-квалификационной работой, соответствующей требованиям, изложенным в Положении о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 – «радиофизика».

Автореферат диссертационной работы верно отражает ее содержание.

Отзыв подготовлен вед. научн. сотр. лаборатории физики климатических систем ИМКЭС СО РАН, д.ф.-м.н., проф. П.М. Нагорским и ст. научн. сотр. лаборатории геосферно-биосферных взаимодействий ИМКЭС СО РАН, к.ф.-м.н. А.П. Шелеховым. Обсужден и одобрен на семинаре отделения геофизических исследований ИМКЭС СО РАН 1 декабря 2014 г. На семинаре присутствовало 19 сотрудников, в том числе 6 докторов и 12 кандидатов наук.

Председатель семинара,
чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н., проф.

Зуев Владимир Владимирович, зам. директора,
Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН,
Академический пр. 10, Томск, Томская обл., 634055, Тел.: 8 (382) 249-22-32, e-mail: vvzuev@imces.ru

В.В. Зуев

Секретарь семинара,

к.б.н.

Веретенникова Елена Эдуардовна, научный сотрудник,
Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, e-mail: eeo@imces.ru
Академический пр. 10, Томск, Томская обл., 634055, Тел.: 8 (382) 249-15-65,

Е.Э. Веретенникова

д.ф.-м.н., проф.

Нагорский Петр Михайлович, ведущий научный сотрудник,
Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН,
Академический пр. 10, Томск, Томская обл., 634055, Тел.: 8 (382) 249-15-65, e-mail: npm_sta@mail.ru

П.М. Нагорский

к.ф.-м.н.

Шелехов Александр Петрович, старший научный сотрудник,
Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН,
Академический пр. 10, Томск, Томская обл., 634055, Тел.: 8 (382) 249-24-48, e-mail: ash@imces.ru

А.П. Шелехов