



ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию Артюхина Игоря Владимировича «Синтез алгоритмов пространственной обработки сигналов в современных системах автомобильных ММО радаров», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4 – Радиофизика

Диссертационная работа Артюхина И.В. посвящена разработке и исследованию эффективности алгоритмов и методов пространственной обработки сигналов в современных системах автомобильных ММО (Multiple Input – Multiple Output) радаров. Данные методы должны обеспечивать эффективную работу радаров в сложных сигнально-помеховых сценариях и высокое пространственное разрешение целей, используя сеть радаров, которые объединены в единую систему для получения лучших характеристик в задачах обнаружения, позиционирования, распознавания целей по сравнению с одиночным радаром. Радары и продвинутые системы безопасности на их основе – ключевые технологии интеллектуальных транспортных систем и беспилотных автомобилей, использующиеся для снижения риска аварий на дорогах, и объединяющие адаптивный круиз-контроль, функциональность «Stop and Go», обнаружение в пределах «мертвых зон» и др. Тема диссертации является, несомненно, **актуальной**, что подтверждается большим объемом публикаций в научно-технической литературе, посвященных рассматриваемым вопросам, и активной деятельностью в области разработки и применения ММО радаров компаниями-разработчиками радиолокационного оборудования.

В диссертации разработан алгоритм подавления помех в одиночном радаре для случая, когда цель является источником помехи (имеет собственный радар), т.е. цель и помеха находятся на одном азимуте. Для этого используется комбинация двух методов: проекционный метод формирования «нулей» в диаграмме направленности антенной решетки и проекционный метод вычитания помехи в частотной области. В диссертации

также разработаны алгоритмы с малой вычислительной сложностью для оценки углов прихода сигналов в системе распределенных автомобильных MIMO радаров, учитывающие общую геометрию системы и способы объединения сигналов отдельных радаров. Особое внимание уделяется случаю короткой пространственно-временной выборки входного процесса, когда из-за нестационарности сигнальной обстановки число выборок необходимо выбирать меньшим (и даже значительно меньшим) числа элементов антенной решетки. Высокая эффективность разработанных алгоритмов подтверждается результатами математического моделирования, а также результатами обработки экспериментальных данных, полученных на прототипе распределенной системе автомобильных MIMO радаров.

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка сокращений и списка цитируемой литературы. Общий объем диссертации составляет 100 страниц. В диссертации имеется 55 рисунков, 11 таблиц и список литературы, состоящий из 87 наименований.

Во введении освещается современное состояние разрабатываемых задач, обосновывается актуальность темы диссертации, дается краткий обзор научной литературы, формулируется цель и определяется круг решаемых задач, определяется научная новизна, теоретическая и практическая значимость диссертационных исследований, приводятся защищаемые положения, а также кратко излагается содержание работы.

Первая глава посвящена проблеме подавления помех в одиночном радаре в сценариях, когда помеха и сигнал, отраженный от цели, приходят с одного азимутального направления. Предложен алгоритм подавления помех и приводятся сравнительные результаты численного моделирования, подтверждающие высокую эффективность алгоритма.

Во второй главе предложен алгоритм сверхразрешения для оценки углов прихода сигналов с малой вычислительной сложностью в системе некогерентных распределенных автомобильных радаров в случае короткой выборки входного процесса. Приводятся сравнительные результаты работы предложенного алгоритма в различных сценариях расположения целей с другими известными методами и с характеристиками одиночного радара. При анализе эффективности работы алгоритма используется как численное моделирование, так и результаты обработки экспериментальных данных.

В третьей главе разработан алгоритм с последовательной оценкой углов прихода сигналов (в азимутальной и угловой плоскостях) с малой вычислительной сложностью в системе когерентных распределенных автомобильных MIMO радаров при короткой выборке входного процесса. Приводятся результаты численного моделирования по раз-

решению двух близких целей в различных сценариях расположения целей. Представлено сравнение эффективности предложенного алгоритма с классическим двумерным методом Кейпона и с характеристиками одиночного радара.

К основным результатам работы следует отнести: алгоритм подавления помех, состоящий из комбинации двух методов - адаптивного метода формирования диаграммы направленности, учитывающей направления прихода помеховых сигналов, и дополнительного метода подавления помех в частотной области в лучах с помехами; экспериментально обоснованный вычислительно эффективный алгоритм сверхразрешения оценки углов прихода сигналов близкорасположенных целей для некогерентной распределенной системы, состоящей из двух MIMO радаров; двумерный алгоритм с последовательной оценкой углов прихода сигналов (азимут и угол места) для распределенной системы бистатических когерентных MIMO радаров; результаты численного моделирования и получение экспериментальных результатов на некогерентной распределенной системе радаров, подтверждающие высокую эффективность разработанных алгоритмов.

Таким образом, работа отличается высокой степенью **научной новизны**. Основные материалы диссертации опубликованы в 10 научных работах, включая 5 статей из перечня К1-К2 ВАК Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, и 5 работ в трудах конференций. Основные результаты работы докладывались на международных конференциях. Автореферат диссертации полностью раскрывает содержание диссертации.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, подтверждается их соответствием с известными теоретическими результатами, сравнением с результатами компьютерного моделирования и с результатами обработки экспериментальных данных. Полученные автором диссертации результаты имеют большую теоретическую и практическую значимость, и могут быть использованы при создании систем автомобильных радаров миллиметрового диапазона длин волн.

Диссертация написана четким, понятным языком и хорошо оформлена. Вместе с тем по диссертации имеются следующие замечания:

1. В главе 2 пункт 2.4 на Рис. 2.10а с геометрией реальной антенной решетки, используемой в радаре, не указано расстояние по вертикали между приемными и передающими антеннами.
2. В описании эксперимента (Глава 2, пункт 2.4) фигурируют две цели (автомобили), находящиеся в общем секторе обзора. На рис. 2.12 представлены результаты об-

работки экспериментальных данных, где помимо двух основных целей на дальности 15 – 20 метров можно выделить третью на дальности 25-30 метров, однако в тексте о ней не упоминается.

3. В главе 3 представлен метод компенсации набега фаз, связанного с ненулевым установочным углом радаров, в котором не учитывается набег фаз от ненулевого угла места цели, потенциально влияющий на «горизонтальный» набег фаз. В работе не указана область применимости такой компенсации, и нет анализа, к каким ошибкам ведет выход за её пределы.
4. Не обсуждается, с чем связан разброс оценок СКО при малых ОСШ (Глава 3, рис. 3.11b).

Отмеченные недостатки не влияют на общую, несомненно, положительную, оценку диссертации.

ВЫВОД:

1. Диссертационная работа Артюхина Игоря Владимировича является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержатся новые научные результаты и положения, а также рекомендации по их использованию на практике. По своей актуальности, достоверности и обоснованности результатов, теоретической и практической значимости диссертационная работа соответствует критериям, установленным требованиями пп. 9 – 11, 13, 14 действующего «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г. (ред. от 25.01.2024 г.), предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук.

2. В диссертационной работе содержатся решения актуальных научных задач по созданию и исследованию новых алгоритмов пространственной обработки сигналов в современных системах автомобильных ММО радаров, имеющих значение для развития систем радиолокации, радиосвязи и др.

3. Соискатель Артюхин Игорь Владимирович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по научной специальности 1.3.4 – Радиофизика

Доклад по диссертационной работе заслушан, диссертация и отзыв ведущей организации на диссертацию обсуждены и одобрены на научном семинаре Научно-исследовательского института систем прогнозирования и мониторинга чрезвычайных ситуаций (НИИ «Прогноз») СПбГЭТУ «ЛЭТИ»

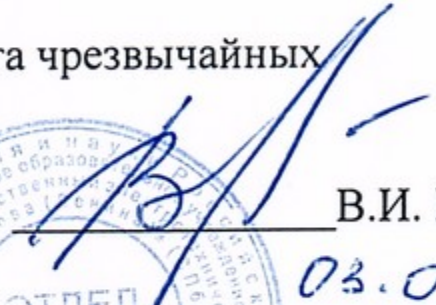
_03_февраля_.2025 г.

Отзыв составил:

Директор НИИ систем прогнозирования и мониторинга чрезвычайных ситуаций (НИИ "Прогноз") Санкт-Петербургского государственного университета «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)», кандидат технических наук по специальности 05.12.14 – Радиолокация и радионавигация, Веремьев Владимир Иванович

Директор НИИ систем прогнозирования и мониторинга чрезвычайных ситуаций (НИИ "Прогноз"),
кандидат технических наук

Подпись Веремьева В.И. удостоверяю


В.И. Веремьев
03.02.2025
ОТДЕЛ
КАДРОВ
ПОДПИСЬ
ЗАМ. НАЧ. ОК
04 02
ЗАВЕРЯЮ:
М.В. СОКОЛОВА
2025

Сведения об организации:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет им. В.И. Ульянова (Ленина)»
197022, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, дом 5, литера Ф, <https://etu.ru/>, 8 (812) 234-46-51,
info@etu.ru