

УТВЕРЖДАЮ

Начальник Центрального научно-исследовательского института Воздушно-космических сил Минобороны России
кандидат технических наук
полковник



Д.Дмитрович

« 11 » _____ 2021 г.

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации ЗИМИНОЙ Светланы Валерьевны на тему «Флуктуации в многоканальных адаптивных системах», представленной на соискание учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.03 – «Радиофизика»

В настоящее время развитие обстановки в околоземном космическом пространстве характеризуется стремительным наращиванием многоспутниковых орбитальных группировок. Резкое увеличение количества новых космических аппаратов (КА), в том числе относящихся к классу малых, значительно осложнило фоно-целевую обстановку для решения задач контроля космического пространства. Одновременно с этим увеличение количества радиоизлучающих объектов значительно осложнило помеховую обстановку при работе радиолокационных средств как при решении задач обнаружения и сопровождения малоразмерных КА, так и при получении некоординатной информации с целью распознавания и селекции отдельных объектов.

В складывающихся условиях дальнейшее развитие системы контроля космического пространства (СККП) связано с неизбежным повышением требований к качеству получения и обработки данных радиолокационными

станциями в части точности, помехоустойчивости и скорости обработки информации. Развитие перспективных радиолокационных средств дает возможность получения различных новых видов некоординатной информации, а также обработки больших объемов поступающей информации и работы по различным типам космических объектов в различных условиях, повышая тем самым разрешающую и пропускную способности радиолокационных средств.

Возникающее несоответствие в практике между необходимостью решения задачи распознавания типов космических аппаратов и их сопровождения в условиях сложной космической обстановки средствами СККП, с одной стороны, и ограниченными возможностями ее решения в автоматизированном режиме с требуемой оперативностью и достоверностью с другой стороны подтверждает актуальность выбранной темы исследования.

Данное несоответствие обуславливает необходимость решения в диссертационной работе актуальной научной проблемы повышения эффективности и устойчивости работы адаптивных антенных систем в условиях сложной помеховой обстановки за счёт исследования флуктуаций, шумов и случайных процессов в стохастических системах с использованием искусственных нейронных сетей.

Научная новизна полученных результатов заключается в следующем:

1. Впервые разработаны основанные на использовании теории возмущений в предположении малости коэффициента адаптации методы анализа с учётом флуктуаций весового вектора в наиболее общем случае негауссовской статистической зависимости между вектором входных сигналов и весовым вектором статистических характеристик узкополосных адаптивных антенных решёток, исключающих возможность нелинейной функциональной зависимости входного и выходного сигналов в цепи корреляционной обратной связи.

2. Впервые разработаны методы статистического анализа характеристик узкополосных адаптивных антенных решеток (ААР),

содержащих нелинейную функцию в цепи корреляционной обратной связи с учётом флуктуаций настраиваемых весовых коэффициентов в наиболее общем случае негауссовской статистической зависимости между весовым вектором и вектором входных сигналов.

3. Впервые разработаны методы анализа статистических характеристик многослойных полносвязных искусственных нейронных сетей с учётом флуктуации настраиваемых весовых коэффициентов в наиболее общем случае негауссовской статистической зависимости между весовым вектором и вектором входных сигналов.

Научная значимость полученных результатов состоит в том, что:

- использованы дискретный градиентный и быстрый рекуррентный алгоритмы для обучения искусственных нейронных сетей;

- разработаны методы анализа статистических характеристик ААР различной структуры и многослойных полносвязных искусственных нейронных сетей с учетом флуктуаций настраиваемых весовых коэффициентов;

- получены аналитические результаты, позволяющие описать работу адаптивных антенных решеток и искусственных нейронных сетей с учетом флуктуаций для дискретного градиентного и быстрого рекуррентного алгоритмов и алгоритма Хэбба.

Достоверность и обоснованность полученных научных результатов подтверждается использованием актуальных исходных данных, корректным использованием математических методов, выбором ограничений и обоснованием применяемых допущений и подтверждается результатами вычислительных экспериментов с большой выборкой исходных данных.

В работе подробно показано развитие теории анализа характеристик стохастических систем, обоснование допущений и условий применения. Представлен строгий математический аппарат для расчетов. Проведен сравнительный анализ применяемых методов с наглядным выводом результатов.

Необходимо отметить, что в диссертационной работе было проведено компьютерное имитационное моделирование. Автор создал работающие в дискретном времени модели адаптивных антенных решёток и искусственных нейронных сетей, на которые поступают входные сигналы с различных направлений. Данные входные сигналы обрабатываются заявленными алгоритмами адаптации с целью выделения полезного сигнала на фоне помех. Именно создание таких близких к реальности компьютерных моделей и потребовало проводить усреднение выборок выходных сигналов для получения его статистических характеристик, как было бы и в случае реальных ААР и ИНС. Компьютерное имитационное моделирование представляет одно из несомненных достоинств работы.

Практическая значимость исследования заключается в повышении эффективности функционирования ААР и ИНС в условиях сложной помеховой обстановки при использовании разработанных методов анализа статистических характеристик адаптивных антенных решеток и искусственных нейронных сетей за счёт повышения отношения сигнал/шум на выходе. Были определены алгоритмы настроек, обеспечивающие оптимальное управление для ААР и нейронных сетей, при котором потери за счет флуктуаций весовых коэффициентов в выходном отношении сигнал/шум принимали минимальные значения.

Рекомендации по практическому использованию результатов и выводов диссертационной работы определяются возможностью использования при формировании требований к разработке перспективных радиолокационных средств, и при разработке программно-алгоритмических методов анализа флуктуаций, шумов и случайных процессов в стохастических процессах в научных, образовательных организациях и предприятиях оборонной промышленности.

Наличие исследованных в диссертационной работе алгоритмов адаптации, различных по критериям функционирования (градиентные и не градиентные алгоритмы, с ограничениями и без них, с весовым вектором,

входящим в различных степенях в алгоритмы), делает представленные в диссертации методы очень ценным инструментом как для развития дальнейших фундаментальных исследований в этом направлении, так и для прикладного использования представленных результатов.

Полнота изложений материалов исследования в работах, опубликованных автором

Защищаемые новые научные результаты в полной мере опубликованы в 1 коллективной монографии, 30 статьях в журналах, включенных в список ведущих научных журналов и изданий, утвержденных ВАК РФ, в том числе 9 публикациях в журналах, входящих в международные реферативные базы данных и системы цитирования Scopus и Web of Science. Основные результаты диссертации докладывались на международных, всероссийских и межведомственных научно-технических конференциях, симпозиумах, выставках с 1999 по 2018 гг.

Замечания по работе:

1. В автореферате не представлено обоснование выбора алгоритма Хэбба для настройки нейронных сетей, не приведены его преимущества и недостатки по сравнению с другими.

2. В автореферате не раскрыты объемы обучающей и контрольной выборок для используемой нейронной сети.

3. Отсутствует оценка времени расчетов по разработанным методикам.

4. В материалах автореферата не представлены результаты практической реализации разработанных алгоритмов и методик.

Вышеуказанные недостатки не влияют на общую положительную оценку диссертации.

Исследование построено логично. Научные положения, выносимые на защиту, соответствуют основным полученным результатам и выводам исследования, они хорошо обоснованы и аргументированы.

Автореферат написан аккуратно и грамотно, отражает основное содержание диссертации. Автореферат соответствуют паспорту специальности 01.04.03 – «Радиофизика».

Вывод: содержание автореферата даёт основание утверждать, что диссертация ЗИМИНОЙ Светланы Валерьевны является актуальной и завершённой научно-квалификационной работой, в которой решена научная проблема повышения эффективности и устойчивости работы адаптивных антенных систем в условиях сложной помеховой обстановки за счёт анализа флуктуаций, шумов и случайных процессов в адаптивных антенных решетках и нейронных сетях, что соответствует паспорту специальности 01.04.03 – «Радиофизика», требованиям п.9 Постановления Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени доктора наук, а её автор, ЗИМИНА Светлана Валерьевна, заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук.

Главный научный сотрудник
доктор технических наук, профессор

Ю.Н. Третьяков

Старший научный сотрудник
доктор технических наук, профессор

А.В. Шевырёв

Научный сотрудник
секретарь НТС

А.Ю. Поздняков