

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию

Машошина Антона Олеговича

«Методы и алгоритмы валидации сообщений системы автоматического зависимого наблюдения в условиях несанкционированного вмешательства при управлении воздушным движением»,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.13 - Навигация и управление воздушным движением

Актуальность избранной темы

Технология Автоматического Зависимого Наблюдение в режиме Вещания (АЗН-В) в настоящее время широко распространена в авиации. Подавляющее число воздушных судов оборудовано транспондерами, которые являются неотъемлемой частью таких систем наблюдения.

Наряду с известными преимуществами АЗН-В, как, например, возможность обеспечения полетов с высоким уровнем безопасности в районах со слабо развитой инфраструктурой радиолокационного контроля, существуют и недостатки использования рассматриваемой технологии.

Технология АЗН-В предусматривает определение координат самолета бортовыми средствами навигации, которые затем передаются их наземным службам. Вследствие этого контур управления летательным аппаратом со стороны диспетчера практически открыт как для помех различного происхождения, так и для особенно опасных для безопасности полетов преднамеренных внешних воздействий на радиолинии обмена данными в системе УВД. Повсеместное применение глобальных сетевых вычислительных технологий для обмена информации в АЗН-В усугубляет эту проблему. Между тем, нельзя утверждать, что использование корпоративных сетей полностью решает задачи кибербезопасности.

Последние тенденции перехода к системам наблюдения, не требующих опроса воздушных судов, открыли как перспективы повышения осведомленности о воздушной обстановке при снижении себестоимости оборудования, так и обнажили новые проблемы, связанные с возможностью несанкционированного вмешательства в работу таких систем.

Поэтому, проблема обеспечения кибербезопасности в авиации в настоящее время стоит особенно остро. Проблема кибербезопасности АЗН-В поднималась

неоднократно на посвященных этому 39-й и 40-й сессиях ассамблеи ИКАО. В результате был принят документ ИКАО «Дос 9924. Руководство по авиационному наблюдению». В документе ИКАО предлагается ряд технических решений для обеспечения безопасности использования технологии АЗН-В, но:

- 1) не выработаны и не предложены критерии их применения;
- 2) не представлены подходы к валидации сообщений АЗН-В без использования традиционных первичных, вторичных или многопозиционных радиолокационных систем наблюдения (МПСН).

Согласно документу, для использования технологии АЗН-В либо требуется поддержка традиционной архитектуры наблюдения, либо внедрение дополнительных наземных станций АЗН-В, обеспечивающих многократное перекрытие воздушного пространства.

Следовательно, предложенные в решении ИКАО «Дос 9924. Руководство по авиационному наблюдению» методики ставят под вопрос целесообразность использования технологии АЗН-В.

Перечисленные проблемы свидетельствуют, что в условиях мощных помех естественного и искусственного происхождения, или возможного несанкционированного вмешательства в функционирование АЗН-В, разработка методов и алгоритмов валидации сообщений системы автоматического зависимого наблюдения актуальна и необходима.

В этой связи тема диссертации Машошина А.О. является актуальной, а решаемая в работе научная задача по разработке методов и алгоритмов валидации сообщений АЗН-В представляется важной для авиатранспортной отрасли.

Оценка содержания, оформления диссертации и автореферата

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и приложения. Полный объем диссертации составляет 171 страницу с 55 рисунками и 5 таблицами. Список литературы содержит 67 наименований.

Во введении автором дается обоснование актуальности темы диссертации, приводится обзор научной литературы по изучаемой проблеме, формулируется цель, ставятся задачи работы, формулируется научная новизна и практическая значимость представляемой работы.

В первой главе производится анализ критичных элементов инфраструктуры и алгоритма функционирования автоматизированной системы управления воздушным движением (АС УВД) с позиции безопасности полетов:

- 1) дается оценка влияния угроз несанкционированного вмешательства на отдельные компоненты АС УВД, в частности на систему АЗН-В;
- 2) определяются критические элементы АЗН-В, как компонента АС УВД;
- 3) определяются необходимые условия выбора средств противодействия несанкционированному вмешательству;
- 4) задается основное направление исследований.

Вторая глава диссертации посвящена оценке существующих методов и алгоритмов валидации сообщений системы АЗН, а также разработке новых методов, позволяющих решить задачу определения истинности сообщений в условиях несанкционированного вмешательства.

Производится оценка эффективности математических моделей метода мультилатерации, используемого для обеспечения работы МПСН.

Предлагается новый метод (монологатерация) определения истинности сообщений АЗН-В на основе алгоритмов машинного обучения. Применение метода позволяет решать, с помощью одной наземной станции, задачу противодействия несанкционированному вмешательству.

В третьей главе освещается практическое применение методов и алгоритмов валидации сообщений системы АЗН-В.

Предлагается решение задачи определения местоположения в условиях несанкционированного вмешательства с использованием комплексного подхода.

Комплексный подход основан на применении простых способов определения аномалий с последующим определением местоположения воздушного судна (ВС) одним из методов:

- гиперболического метода;
- методом монологатерации (машинного обучения), что оправдано с точки зрения использования вычислительных ресурсов.

Автором, на основе микросервисного подхода для обеспечения работы вычислительного кластера, предлагаются:

- 1) гибридный алгоритм, включающий в себя как алгоритмы мультилатерации и определения истинности, так и алгоритмы монологатерации.
- 2) архитектурная реализация «Системы анализа и фильтрации сообщений АЗН-В», которая представляет собой гибридный алгоритм применения облачной обработки данных АЗН-В.

В четвертой главе автором апробирована система анализа и фильтрации сообщений АЗН-В и реализован натурный эксперимент несанкционированного

вмешательства, направленный на оценку эффективности предложенных методов валидации.

Для моделирования ситуации несанкционированного вмешательства рассмотрены два сценария проведения атаки - с использованием реальных данных АЗН-В и при искусственной генерации сообщений АЗН-В.

Результаты проведенного эксперимента по классификации сообщений АЗН-В при несанкционированном вмешательстве позволили сравнить точность классификации различных алгоритмов машинного обучения по разным типам атак. Так, вероятность корректной классификации сообщений АЗН-В методом монолатерации, основанном на алгоритмах машинного обучения, составила от 0.9165 до 0.9994.

На основе результатов эксперимента определены наиболее эффективные алгоритмы классификации.

В **заключении** приведены основные результаты работы, сделаны выводы о решении научной задачи и перечислены научные результаты, полученные в результате исследования. Определены перспективы и направления дальнейшего развития темы.

Автореферат соответствует содержанию диссертации, отражает суть проведенного исследования, основные результаты, полученные в ходе него.

Публикации. По теме диссертации с изложением основных защищаемых положений соискателем в едином авторстве опубликовано две работы в рецензируемых научных изданиях, рекомендуемых ВАК РФ (по транспорту).

В целом, работа оформлена аккуратно, изложена последовательно и логично, текст написан научным языком.

Степень обоснованности и достоверности научных положений

Степень обоснованности и достоверности результатов проведенных исследований подтверждается:

1. Постановкой задач исследований адекватных целям работы.
2. Корректным использованием известных методов исследования, математического аппарата и теоретических положений.
3. Сравнительным анализом результатов моделирования и экспериментальными исследованиями характеристик разработанной системы анализа и фильтрации сообщений АЗН-В

Научная новизна защищаемых положений и практическая значимость полученных результатов

К наиболее важным **научным результатам**, обладающим признаками научной новизны выполненного диссертационного исследования, следует отнести разработанные:

- метод монолатерации для валидации сообщений автоматического зависимого наблюдения при различных типах несанкционированного вмешательства на управление воздушным движением;
- критерии истинности сообщений АЗН-В;
- систему анализа и фильтрации сообщений автоматического зависимого наблюдения;
- алгоритм выбора методов валидации сообщений автоматического зависимого наблюдения;

Практическая значимость работы определяется тем, что разработанные методы и алгоритмы валидации сообщений АЗН-В позволяют:

- объективно оценить достоверность сообщений АЗН-В, тем самым повысить безопасность полетов при использовании данной технологии;
- применить наиболее эффективные методы валидации сообщений системы АЗН-В в автоматическом режиме;
- решить задачу определения достоверности сообщений АЗН-В без необходимости установки дополнительного оборудования

Замечания по работе

1. Приведенные в 4 главе натурные и полунатурные эксперименты не содержат признаков научных результатов, поскольку лишь иллюстрирует проведение спуфинг-атаки. Спуфинг-атака должна быть исследована с использованием сертифицированной аппаратуры и методик измерений.

2. На странице 46 диссертации автором приведена формулировка: «фильтрация Калмана играет решающую роль в решении мультилатерационной задачи, устраняя шумные сигналы и сглаживая недостающие данные». Представляется, что эта формулировка некорректно отражает суть алгоритма фильтра Калмана.

На самом деле алгоритмы фильтра Калмана предназначены для оценки переменных состояния процесса (динамической системы) путем обработки измерений на фоне шумов.

Непонятно, что автором понимается:

- под термином «шумные сигналы»?
- под «процессом устранения шумных сигналов»?
- под процедурой «сглаживания недостающих данных»?

3. В работе при описании процесса работы алгоритма градиентного бустинга не обоснован выбор эмпирической функции потерь, минимизация которой достигается с помощью градиентного спуска.

Также следует отметить, что в методах спуска решение задачи теоретически получается за бесконечное число итераций. На практике вычисления прекращаются при выполнении некоторых критериев (условий) останова итерационного процесса, при этом в тексте диссертации не приведены условия сходимости данного алгоритма, поэтому нет никакой гарантии, что этот алгоритм обеспечивает сходимость.

4. Непонятно, почему при описании исходных данных для проведения имитационного моделирования автором принято, что ошибки в оценке положения воздушного судна порождаются ошибками оценки времени прихода сигнала, которые для каждой БС независимы и в эксперименте полагаются равномерно распределенными от 0 до 15 нс? В то же время в классической теории фильтрации показано, что ошибка оценки представляет собой белый гауссовский шум с нулевым математическим ожиданием и апостериорной дисперсией.

5. В работе недостаточно уделено внимание явлению интерференции волн при оценке истинности сообщений методом мультилатерации.

6. Следовало бы конкретизировать, с целью расширения номенклатуры, АС УВД, для которых предполагается применение разработанных методов и алгоритмов валидации сообщений.

7. В работе не прописана процедура диспетчерского сопровождения при выявлении недостоверных сообщений АЗН-В.

Заключение по диссертационной работе

Диссертационная работа Машошина Антона Олеговича на тему «Методы и алгоритмы валидации сообщений системы автоматического зависимого наблюдения в условиях несанкционированного вмешательства при управлении воздушным движением» представляет собой самостоятельно выполненную автором научно-квалификационную работу на актуальную тему, в которой, на основании

проведенных автором исследований, разработаны новые подходы к обеспечению кибербезопасности в сфере работы системы АЗН-В.

Стоит отметить не только теоретическую, но и практическую роль исследований, результаты которых были подтверждены натурным экспериментом с использованием реальных полетных данных. Прделанная автором работа и полученные результаты вносят существенный вклад в задачу повышения безопасности полетов.

На основании изложенного считаю, что диссертационная работа «Методы и алгоритмы валидации сообщений системы автоматического зависимого наблюдения в условиях несанкционированного вмешательства при управлении воздушным движением» соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, а ее автор Машошин Антон Олегович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.13 - Навигация и управление воздушным движением.

Официальный оппонент Доктор технических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации, профессор, профессор кафедры «Телекоммуникационные системы» филиала Военной академии РВСН им. Петра Великого (г. Серпухов)

Марюхненко Виктор Сергеевич

Контактная информация:

почтовый адрес: 142210, Московская область, г. Серпухов
ул. Бригадная, 17
8 (4967) 72-19-11, varvsn-serp@mail.ru

Подпись Марюхненко Виктора Сергеевича удостоверяю:
Начальник отдела кадров



И. Теплов

«М» мая 2022 г.