

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

УДК 621.396.969

Иванец
Валерий Викторович

Алгоритм обнаружения принятых сигналов в радиолокационной системе
неразрушающего контроля

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра технических наук
по специальности 1-39 80 01 «Радиосистемы и радиотехнологии»

Научный руководитель
Гринкевич Антон Витальевич
кандидат технических наук, доцент

Минск 2024

ВВЕДЕНИЕ

В современном промышленном и научном мире радиолокационные системы играют существенную роль в различных областях, особенно в области неразрушающего контроля. Обнаружение принятых сигналов является одной из ключевых задач в радиолокационной системе неразрушающего контроля. Этот процесс позволяет выявить наличие объектов или дефектов в исследуемом материале, что важно для обеспечения его качества и безопасности.

В контексте данной диссертации особое внимание уделяется анализу алгоритмов и разработке устройств обнаружения принятых сигналов в радиолокационной системе неразрушающего контроля с целью повышения эффективности и точности этого процесса. Данное исследование имеет важное значение для промышленности, так как помогает оптимизировать процессы контроля и обеспечить высокое качество итоговых моделей.

Перед началом исследования в диссертации проводится обзор существующих методов обнаружения принятых сигналов в радиолокационных системах. Этот обзор включает в себя анализ преимуществ и недостатков различных подходов, используемых в современной науке и промышленности. Полученные данные позволяют определить актуальные проблемы, стоящие перед исследователями в данной области.

На основе проведенного обзора формулируются цели и задачи исследования. Основной целью является разработка алгоритма обнаружения принятых сигналов в радиолокационной системе неразрушающего контроля, который бы обладал улучшенной эффективностью и точностью по сравнению с существующими методами. Для достижения этой цели ставятся следующие задачи:

1. Провести анализ методов авторегрессионного спектрального оценивания;
2. Рассмотреть методы формирования одномерного радиолокационного изображения;
3. Разработать устройства получения одномерного радиолокационного изображения по рассмотренным методам;
4. Сравнить результаты работы методов и устройств по рассмотренным методам.

Полученные в ходе исследования результаты могут быть использованы для улучшения процессов неразрушающего контроля в различных отраслях промышленности, таких как авиация, судостроение, машиностроение, нефтегазовая промышленность и другие. Это позволит повысить безопасность и надежность материалов и конструкций, используемых в этих отраслях, а

также снизить риски возникновения аварийных ситуаций и простоев в производстве.

В итоге, данная магистерская диссертация является важным шагом в развитии методов и технологий неразрушающего контроля материалов с использованием радиолокационных систем. Ожидается, что результаты исследования найдут широкое применение в индустрии и научных исследованиях, способствуя улучшению качества и безопасности продукции и конструкций.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Структура магистерской диссертации определена целью, задачами и логикой исследования. Диссертация состоит из общей характеристики работы, введения, трех глав, заключения, списка использованных источников и приложений.

Тема работы относится к области радиосистем и радиотехнологий.

Основной целью является разработка алгоритма обнаружения принятых сигналов в радиолокационной системе неразрушающего контроля, который бы обладал улучшенной эффективностью и точностью по сравнению с существующими методами. Для достижения этой цели ставятся следующие задачи:

1. Провести анализ методов авторегрессионного спектрального оценивания;
2. Рассмотреть методы формирования одномерного радиолокационного изображения;
3. Разработать устройства получения одномерного радиолокационного изображения по рассмотренным методам;
4. Сравнить результаты работы методов и устройств по рассмотренным методам.

Во введении описана актуальность исследования и основные задачи магистерской диссертации.

В первом разделе проведен анализ методов авторегрессионного спектрального оценивания. Были рассмотрены следующие методы: метод максимального правдоподобия, метод Юла-Уокера, ковариационный и модифицированный ковариационный методы, гармонический алгоритм (метод Берга), а также параметрический метод *MUSIC*.

Во втором разделе были описаны методы формирования радиолокационного изображения, а именно метод оценивания весового вектора и комбинированный методы.

Третий раздел посвящен разработке устройств получения одномерного радиолокационного изображения различными методами.

В заключении излагаются основные выводы по результатам работы в соотнесении их с общей целью и поставленными задачами.

Результаты работы отображены в трех публикациях.

Общий объем магистерской диссертации составляет 78 страниц. Библиографический список включает 32 наименования.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Данная работа посвящена разработке алгоритма обнаружения принятых сигналов в радиолокационной системе неразрушающего контроля.

В первом разделе проведен анализ методов авторегрессионного спектрального оценивания. Были рассмотрены следующие методы: метод максимального правдоподобия, метод Юла-Уокера, ковариационный и модифицированный ковариационный методы, гармонический алгоритм (метод Берга), а также параметрический метод *MUSIC*. В результате обосновано, что авторегрессионные методы наиболее удобны для практической реализации среди параметрических за счет острых пиков в спектре и линейной зависимости между АКП и параметрами модели. В случае зашумленного сигнала наилучшее разрешение показывает метод *MUSIC*, основанный на анализе собственных значений.

Во втором разделе были описаны принцип и методы формирования одномерного радиолокационного изображения, а именно метод непосредственного оценивания весового вектора и комбинированный методы. Приведены алгоритмические схемы реализации данных методов.

Третий раздел посвящен разработке устройств получения одномерного радиолокационного изображения методами максимального правдоподобия, методом непосредственного оценивания весового вектора и комбинированным методами, а также приведены результаты математического моделирования получения одномерного радиолокационного изображения описанными ранее методами. Из результатов математического моделирования установлено, что комбинированный метод позволяет получить наилучшую разрешающую способность при наблюдении слабого сигнала на фоне сильного. Платой за это становится повышение энергетических потерь.

Таким образом, данная магистерская диссертация является важным шагом в развитии методов и технологий неразрушающего контроля материалов с использованием радиолокационных систем. Ожидается, что результаты исследования найдут широкое применение в промышленности и научных исследованиях, способствуя улучшению качества и безопасности продукции и конструкций.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью данной диссертации являлась разработка алгоритма обнаружения принимаемых сигналов для формирования одномерного радиолокационного изображения.

В целях исследования возможности применения адаптивных методов обработки принимаемых сигналов были рассмотрены метод максимального правдоподобия, метод непосредственного оценивания весового вектора и комбинированный методы.

В рамках работы решены следующие задачи:

– Проведен анализ существующих методов авторегрессионного спектрального оценивания, в рамках которого были рассмотрены метод максимального правдоподобия, метод Юла-Уокера, ковариационный и модифицированный ковариационный методы, метод Берга, а также параметрический метод *MUSIC*.

– Рассмотрены методы формирования одномерного радиолокационного изображения исследуемой поверхности методом оценивания весового вектора и комбинированными методами.

– Разработаны устройства получения одномерного радиолокационного изображения методом максимального правдоподобия, методом непосредственного оценивания весового вектора и комбинированными методами.

Научная новизна работы заключается в разработке устройств получения одномерного радиолокационного изображения методами максимального правдоподобия, методом непосредственного оценивания весового вектора и комбинированным методом.

Практическая ценность работы заключается в сравнительном анализе и обосновании возможности применения рассмотренных методов для формирования РГП, из результатов которого следует, что комбинированный метод обладает наилучшей разрешающей способностью, чем метод максимального правдоподобия или метод непосредственного оценивания весового вектора. Платой за это становится увеличение энергетических потерь.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1. Гринкевич, А. В. Современные подходы к созданию систем обнаружения скрытых объектов / А. В. Гринкевич, М. С. Орабей, В. В. Иванец, П. С. Томашевская // Информационные радиосистемы и радиотехнологии : материалы науч.-техн. конф. (Республика Беларусь, Минск, 29–30 ноября 2022 года) / редкол. : В. А. Богуш [и др.]. – Минск: БГУИР, 2022. – С. 21–23.

2. Гринкевич, А. В. Анализ оценки эффективности предварительного обнаружения при адаптивной и неадаптивной обработке / А. В. Гринкевич, М. С. Орабей, В. В. Иванец // Информационные радиосистемы и радиотехнологии : материалы науч.-техн. конф. (Республика Беларусь, Минск, 23–24 апреля 2024 года) / редкол. : В. А. Богуш [и др.]. – Минск: БГУИР, 2024.

3. Гринкевич, А. В. Анализ методов сверхразрешения применительно к радиолокатору подповерхностного зондирования для обнаружения скрытых объектов / А. В. Гринкевич, М. С. Орабей, В. В. Иванец, А. А. Денис // Доклады БГУИР. – 2024. – Т. 22. – №3.