

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**
Адаптивная обработка сигналов

Код модуля
1145118(1)

Модуль
Радиоэлектронные системы и комплексы

Екатеринбург

Оценочные материалы составлены автором(ами):

№ п/п	Фамилия, имя, отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Язовский Александр Афонасьевич	кандидат технических наук, доцент	Доцент	департамент радиоэлектроники и связи

Согласовано:

Управление образовательных программ

Т.Г. Комарова

Авторы:

- Язовский Александр Афонасьевич, Доцент, департамент радиоэлектроники и связи

1. СТРУКТУРА И ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ *Адаптивная обработка сигналов*

1.	Объем дисциплины в зачетных единицах	3	
2.	Виды аудиторных занятий	Лекции Лабораторные занятия	
3.	Промежуточная аттестация	Зачет	
4.	Текущая аттестация	Контрольная работа	1
		Отчет по лабораторным работам	1

2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (ИНДИКАТОРЫ) ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ *Адаптивная обработка сигналов*

Индикатор – это признак / сигнал/ маркер, который показывает, на каком уровне обучающийся должен освоить результаты обучения и их предъявление должно подтвердить факт освоения предметного содержания данной дисциплины, указанного в табл. 1.3 РПМ-РПД.

Таблица 1

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)	Контрольно-оценочные средства для оценивания достижения результата обучения по дисциплине
1	2	3
ПК-1 -Способен осуществлять анализ состояния научно-технической проблемы, определять цели и выполнять постановку задач проектирования	З-1 - Определять стадии проектирования П-1 - Иметь практический опыт определения стадий проектирования П-2 - Иметь практический опыт разработки технического задания на проектирование У-1 - Разрабатывать техническое задание на проектирование	Зачет Контрольная работа Лекции
ПК-5 -Способен выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том	З-1 - Описывать методы и алгоритмы моделирования процессов в радиоэлектронике, радиотехнических системах и устройствах П-1 - Иметь практический опыт разработки и создания	Зачет Контрольная работа Лабораторные занятия Лекции Отчет по лабораторным работам

числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ	имитационных моделей с помощью стандартных пакетов прикладных программ У-1 - Пользоваться типовыми методиками моделирования объектов и процессов	
ПК-6 -Способен решать задачи оптимизации существующих и новых технических решений в условиях априорной неопределенности с применением пакетов прикладных программ	З-1 - Описывать методы оптимизации существующих и новых технических решений в условиях априорной неопределенности П-1 - Имеет практический опыт оптимизации проектируемых радиоэлектронных систем и комплексов У-1 - Применять современный математический аппарат для решения задачи оптимизации	Зачет Контрольная работа Лабораторные занятия Лекции Отчет по лабораторным работам
ПК-7 -Способен к реализации программ экспериментальных исследований, в том числе в режиме удаленного доступа, включая выбор технических средств, обработку результатов и оценку погрешности экспериментальных данных	З-1 - Сформулировать принципы планирования экспериментальных исследований П-1 - Иметь практический опыт проведения экспериментальных исследований У-1 - Обосновывать программу эксперимента, обрабатывать результаты эксперимента, оценивать погрешности экспериментальных данных	Зачет Лабораторные занятия Отчет по лабораторным работам

3. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ В БАЛЬНО-РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЕ (ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА БРС)

3.1. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0.5		
Текущая аттестация на лекциях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>контрольная работа</i>	9,8	50
<i>активность студента на занятии</i>	9,17	50
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.5		
Промежуточная аттестация по лекциям – зачет		

Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.5		
2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – не предусмотрено		
Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям– не предусмотрено		
Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям–нет		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям– не предусмотрено		
3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий –0.5		
Текущая аттестация на лабораторных занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>отчет по лабораторным работам</i>	9,17	100
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям -1		
Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям –нет		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям – не предусмотрено		
4. Онлайн-занятия: коэффициент значимости совокупных результатов онлайн-занятий –не предусмотрено		
Текущая аттестация на онлайн-занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по онлайн-занятиям -не предусмотрено		
Промежуточная аттестация по онлайн-занятиям –нет		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по онлайн-занятиям – не предусмотрено		

3.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы/проекта

Текущая аттестация выполнения курсовой работы/проекта	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Весовой коэффициент текущей аттестации выполнения курсовой работы/проекта– не предусмотрено		
Весовой коэффициент промежуточной аттестации выполнения курсовой работы/проекта– защиты – не предусмотрено		

4. КРИТЕРИИ И УРОВНИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ

4.1. В рамках БРС применяются утвержденные на кафедре/институте критерии (признаки) оценивания достижений студентов по дисциплине модуля (табл. 4) в рамках контрольно-оценочных мероприятий на соответствие указанным в табл.1 результатам обучения (индикаторам).

Таблица 4

Критерии оценивания учебных достижений обучающихся

Результаты обучения	Критерии оценивания учебных достижений, обучающихся на соответствие результатам обучения/индикаторам
Знания	Студент демонстрирует знания и понимание в области изучения на уровне указанных индикаторов и необходимые для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Умения	Студент может применять свои знания и понимание в контекстах, представленных в оценочных заданиях, демонстрирует освоение умений на уровне указанных индикаторов и необходимых для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Опыт /владение	Студент демонстрирует опыт в области изучения на уровне указанных индикаторов.
Другие результаты	Студент демонстрирует ответственность в освоении результатов обучения на уровне запланированных индикаторов. Студент способен выносить суждения, делать оценки и формулировать выводы в области изучения. Студент может сообщать преподавателю и коллегам своего уровня собственное понимание и умения в области изучения.

4.2 Для оценивания уровня выполнения критериев (уровня достижений обучающихся при проведении контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля) используется универсальная шкала (табл. 5).

Таблица 5

Шкала оценивания достижения результатов обучения (индикаторов) по уровням

Характеристика уровней достижения результатов обучения (индикаторов)				
№ п/п	Содержание уровня выполнения критерия оценивания результатов обучения (выполненное оценочное задание)	Шкала оценивания		
		Традиционная характеристика уровня		Качественная характеристика уровня
1.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты в полном объеме, замечаний нет	Отлично (80-100 баллов)	Зачтено	Высокий (В)
2.	Результаты обучения (индикаторы) в целом достигнуты, имеются замечания, которые не требуют обязательного устранения	Хорошо (60-79 баллов)		Средний (С)

3.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты не в полной мере, есть замечания	Удовлетворительно (40-59 баллов)		Пороговый (П)
4.	Освоение результатов обучения не соответствует индикаторам, имеются существенные ошибки и замечания, требуется доработка	Неудовлетворительно (менее 40 баллов)	Не зачтено	Недостаточный (Н)
5.	Результат обучения не достигнут, задание не выполнено	Недостаточно свидетельств для оценивания		Нет результата

5. СОДЕРЖАНИЕ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ

5.1. Описание аудиторных контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля

5.1.1. Лекции

Самостоятельное изучение теоретического материала по темам/разделам лекций в соответствии с содержанием дисциплины (п. 1.2. РПД)

5.1.2. Лабораторные занятия

Примерный перечень тем

1. Исследование метода согласованной фильтрации на фоне помех с известным спектром мощности
 2. Фильтр Колмогорова-Винера
 3. Подавление периодической помехи
 4. Скалярный фильтр Калмана
 5. Векторный фильтр Калмана
 6. Адаптивная антенная решётка. Алгоритм Фроста.
- LMS-платформа – не предусмотрена

5.2. Описание внеаудиторных контрольно-оценочных мероприятий и средств текущего контроля по дисциплине модуля

Разноуровневое (дифференцированное) обучение.

Базовый

5.2.1. Контрольная работа

Примерный перечень тем

1. Контрольная работа по дисциплине Адаптивная обработка сигналов

Примерные задания

Вопросы к контрольной работе №1
по дисциплине «Адаптивная обработка сигналов» (Вариант А)

1. Когда требуется использовать адаптивные фильтры?
2. Какие основные требования предъявляются к АФ?
3. В чем состоит различие между априорными и апостериорными ошибками моделирования требуемого сигнала АФ?
4. Какие целевые функции находятся в основе работы АФ?
5. Что такое межсимвольная интерференция?
6. Какой сигнал образуется на выходе АФ в задаче шумочистки сигналов?
7. Какой сигнал образуется на выходе АФ в задаче адаптивной фильтрации узкополосных сигналов?
8. Что такое корреляционная матрица?
9. Что такое собственные числа и собственные векторы корреляционной матрицы?
10. Что такое линейная независимость собственных векторов корреляционной матрицы?
11. Чему равно разложение корреляционной матрицы по собственным векторам и собственным числам?
12. Чему равен определитель корреляционной матрицы?
13. Как называется и чему равен вектор весовых коэффициентов линейного сумматора в точке многомерного пространства, соответствующей минимуму функции среднеквадратической ошибки?
14. Что такое принцип ортогональности сигналов в фильтре Винера?
15. Что такое система повернутых и смешанных координат?
16. От чего и как зависит форма линий уровня поверхности функции СКО?
17. Что такое обучающая кривая?
18. Чему равно предельное значение шага сходимости алгоритма Ньютона?
19. Что такое алгоритм наискорейшего спуска?
20. Как выглядит траектория движения BK алгоритма наискорейшего спуска на графике линий уровня функции поверхности среднеквадратической ошибки?
21. Что такое LMS-алгоритм?
22. Как соотносятся в среднем градиенты LMS-алгоритма и алгоритма наискорейшего спуска?
23. Чему равна постоянная времени LMS-алгоритма в терминах BK?
24. Что такое избыточная среднеквадратическая ошибка в LMS-алгоритме?
25. Чему равно уточненное с учетом избыточной СКО предельно допустимое значение шага сходимости LMS-алгоритма?
26. Как формулируется задача наименьших квадратов в теории адаптивной фильтрации?
27. Каковы предельные значения параметра экспоненциального взвешивания сигналов?
28. Что такое вектор коэффициентов Калмана?
29. Что такое относительная избыточная СКО в RLS-алгоритме?
30. Из каких характерных участков состоит обучающая кривая RLS-алгоритма и чем определяется форма этих участков?

**Вопросы к контрольной работе №1
по дисциплине «Адаптивная обработка сигналов» (Вариант В)**

1. В чем состоят два принципиальных отличия между адаптивным и неадаптивным фильтрами?
2. Какими по структуре бывают АФ?
3. Что такое адаптивный алгоритм?
4. Что такое адаптивная идентификация неизвестной системы?
5. Как решается задача адаптивного выравнивания характеристик электрических каналов связи?
6. Какой сигнал образуется на выходе сигнала ошибки в задаче шумоочистки сигналов?
7. Какой сигнал образуется на выходе сигнала ошибки в задаче адаптивной фильтрации узкополосных сигналов?
8. Что такое положительная определенность или полуопределенность корреляционной матрицы?
9. Сколько собственных чисел имеет корреляционная матрица?
10. Что означает ортогональность собственных векторов корреляционной матрицы?
11. Чему равно разложение обратной корреляционной матрицы по собственным векторам и собственным числам?
12. Через какие переменные определяется функция среднеквадратической ошибки между требуемым и выходным сигналами фильтра линейного сумматора?
13. Что такое фильтр Винера?
14. Что собой представляет поверхность функции СКО?
15. Что такое линии уровня поверхности функции СКО?
16. Что такое алгоритм Ньютона?
17. Что такое переходный процесс обучающей кривой?
18. Чему равна постоянная времени алгоритма Ньютона в терминах ВК?
19. Как выглядит траектория движения весовых коэффициентов АФ, вычисляемых с помощью алгоритма наискорейшего спуска, на графике линий уровня функции поверхности СКО?
20. Чему равна постоянная времени алгоритма наискорейшего спуска в терминах ВК?
21. В чем состоит различие между LMS-алгоритмом и алгоритмом наискорейшего спуска?
22. Как соотносятся в среднем обучающие кривые LMS-алгоритма и алгоритма наискорейшего спуска?
23. Чему равна постоянная времени LMS-алгоритма в терминах СКО?
24. Что такое относительная избыточная СКО в LMS-алгоритме?
25. Что такое NLMS-алгоритм?
26. Как формулируется рекурсивная задача наименьших квадратов в теории адаптивной фильтрации?
27. Как определяется целевая функция в рекурсивной задаче наименьших квадратов?
28. Зачем и как задается начальное значение корреляционной матрицы при рекурсивном решении задачи наименьших квадратов?
29. Как определяется относительная избыточная СКО в RLS-алгоритме?
30. Чему равна постоянная времени обучающей кривой RLS-алгоритма и на каком участке ее можно корректно определять?

**Вопросы к контрольной работе №1
по дисциплине «Адаптивная обработка сигналов» (Вариант С)**

1. Чему равна длительность итерации вычисления весовых коэффициентов в АФ?
2. Чему равен выходной сигнал АФ?
3. Что такое целевая функция АФ?
4. Каким образом формируется требуемый сигнал в задаче идентификации неизвестной системы?
5. Чем объясняется способность адаптивной антенной решетки подавлять сигналы источников внешних помех?
6. На каком свойстве основана возможность адаптивной фильтрации узкополосных сигналов?
7. Что такое линейный сумматор?
8. Что такое характеристическое уравнение?
9. Чему равны собственные числа корреляционной матрицы, возведенной в степень положительного целого числа?
10. Чему равна диагональная матрица собственных чисел корреляционной матрицы?
11. Чему равен след корреляционной матрицы?
12. Чему равен градиент функции среднеквадратической ошибки?
13. Чему равно минимальное значение функции среднеквадратической ошибки?
14. Что такое система смещенных координат?
15. Какал форма у линий уровня поверхности функции СКО?
16. Как выглядит траектория движения весовых коэффициентов АФ, вычисляемых с помощью алгоритма Ньютона, на графике линий уровня функции поверхности СКО?
17. Что такое установившееся значение обучающей кривой?
18. Чему равна постоянная времени алгоритма Ньютона в терминах СКО?
19. Чему равны предельные значения шага сходимости алгоритма наискорейшего спуска?
20. Чему равна постоянная времени алгоритма наискорейшего спуска в терминах СКО?
21. Как определяется и чему равна вычислительная сложность LMS-алгоритма?
22. Чему равно предельное значение шага сходимости LMS-алгоритма?
23. Как выглядят на одном рисунке обучающие кривые LMS-алгоритма и алгоритма наискорейшего спуска в терминах ВК?
24. Как определяется относительная избыточная СКО в LMS-алгоритме?
25. Как определяется шаг сходимости в NLMS-алгоритме?
26. Что такое параметр экспоненциального взвешивания сигналов? Зачем он используется при решении рекурсивной задачи наименьших квадратов?
27. Чему равны координаты минимума целевой функции в рекурсивной задаче наименьших квадратов?
28. Чему равна оценка вычислительной сложности RLS-алгоритма адаптивной фильтрации?
29. Существует ли различие в определении относительной избыточной СКО для АФ с действительными и комплексными весовыми коэффициентами?
30. Какие бывают разновидности RLS-алгоритмов адаптивной фильтрации?

LMS-платформа – не предусмотрена

5.2.2. Отчет по лабораторным работам

Примерный перечень тем

1. Исследование метода согласованной фильтрации на фоне помех с известным спектром мощности

2. Фильтр Колмогорова-Винера

3. Подавление периодической помехи

4. Скалярный фильтр Калмана

5. Векторный фильтр Калмана

6. Адаптивная антенная решётка. Алгоритм Фроста.

Примерные задания

Задание на лабораторную работу 6:

1. Снять зависимости показателя подавления при различных отношениях сигнал/(помеха+шум) и помеха/шум.

2. Оценить увеличение разрешающей способности по углу (ширина ДН на уровне -3 дБ) за счёт применения алгоритма Фроста, по сравнению с обычной АР.

3. Оценить влияние параметра сходимости на характер переходного процесса.

Индивидуальные задания: направление действия помехи в градусах

1) -20;

2) -15;

3) -30;

- 4) -25;
- 5) -35;
- 6) +20;
- 7) +15;
- 8) +30;
- 9) +25;
- 10) +35;
- 11) -17;
- 12) +17;
- 13) -23;
- 14) +23;
- 15) +18;
- 16) -19;
- 17) -27;
- 18) -19;
- 19) +10;
- 20) -10;
- 21) -18;

Задание на лабораторную работу 5.

Дополнить программу осмысленными комментариями.

Оценить влияние на эффективность работы () фильтра Калмана от (взять минимум 3 точки).

Оценить влияние на эффективность работы () фильтра Калмана от (взять минимум 3 точки).

Рассмотреть вариант $b=0$ (всех).

Индивидуальные задания (параметры формирующего фильтра сообщения):

- 1) $a=0.8$; $b= - 0.5$
- 2) $a=0.7$; $b= - 0.5$
- 3) $a=0.9$; $b= - 0.5$
- 4) $a=0.6$; $b= - 0.5$
- 5) $a=0.8$; $b= - 0.4$
- 6) $a=0.7$; $b= - 0.4$
- 7) $a=0.9$; $b= - 0.4$
- 8) $a=0.6$; $b= - 0.4$
- 9) $a=0.8$; $b= - 0.3$
- 10) $a=0.7$; $b= - 0.3$
- 11) $a=0.9$; $b= - 0.3$
- 12) $a=0.6$; $b= - 0.3$
- 13) $a=0.8$; $b= - 0.6$
- 14) $a=0.7$; $b= - 0.6$
- 15) $a=0.9$; $b= - 0.6$
- 16) $a=0.6$; $b= - 0.6$
- 17) $a=0.75$; $b= - 0.6$
- 18) $a=0.75$; $b= - 0.5$
- 19) $a=0.75$; $b= - 0.4$
- 20) $a=0.75$; $b= - 0.3$

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Уральский федеральный университет имени первого
Президента России Б. Н. Ельцина»
Институт радиоэлектроники и информационных технологий - РТФ

Отчет по лабораторной работе №4 на тему:
«АДАПТИВНАЯ АНТЕННАЯ РЕШЕТКА»
по дисциплине «Адаптивная обработка сигналов»

Преподаватель: Язовский А.А.
Студент: Бышев А.Д.
Группа: РИ-581221
Вариант: 4

Екатеринбург
2022

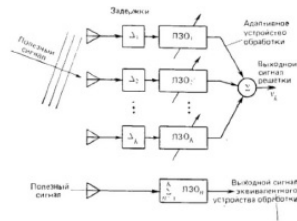
Цель работы

Исследование адаптивной антенной решетки.

Теоретические сведения

Адаптивные устройства формирования лучей, использующие как алгоритм Гриффитса, так и пилот-сигнал, накладывают некоторые ограничения на прием сигнала в заданном направлении. Слабый полезный сигнал, приходящий по направлению приема, почти не влияет на чувствительность этих устройств по отношению к нему, но при этом есть тенденция к частичной режекции мощного сигнала, даже если он приходит точно по направлению приема. Для преодоления этого ограничения О. Фрост предложил алгоритм, в котором по направлению приема чувствительность решетки остается фиксированной независимо от уровня полезного сигнала, приходящего по этому направлению.

Рассмотрим структурную схему адаптивного устройства формирования лучей, работающего по алгоритму Фроста. Здесь снова для синхронизации составляющих полезного сигнала, приходящего по направлению приема на входы линий задержек с отводами, используются задержки. Все линии задержки имеют одну и ту же длину.



Положим, что полезный сигнал приходит по направлению приема. Тогда можно считать, что составляющая этого сигнала на выходе системы получена

от некоторого «эквивалентного устройства обработки», которое представляет собой линию задержки с отводами с полезным сигналом на его входе. Выходной сигнал этого устройства соответствует составляющей полезного

Как показано на структурной схеме, каждое из значений весовых коэффициентов эквивалентного устройства обработки равно сумме значений соответствующих весовых коэффициентов адаптивного устройства обработки. Чтобы понять это более четко, можно записать прямоугольную матрицу значений весовых коэффициентов так, чтобы она совпала с геометрическим расположением устройств умножения на весовой коэффициент в адаптивном устройстве обработки. Каждый весовой коэффициент эквивалентного устройства обработки должен иметь значение, равное сумме элементов соответствующего столбца матрицы.

Параметры эквивалентного устройства обработки можно выбрать так, чтобы при прохождении через адаптивное устройство формирования лучей полезный сигнал подвергался фильтрации с заданной частотной характеристикой. Если не требуется специальная фильтрация, то все весовые коэффициенты эквивалентного устройства обработки можно положить равными нулю, за исключением одного, имеющего единичное значение. При этом в направлении приема формируется плоская частотная характеристика с единичным коэффициентом передачи, и соответственно полезный сигнал появляется на выходе системы без искажений (если не считать аддитивный шум).

После того, как для заданного отклика по направлению приема выбраны и зафиксированы параметры или весовые коэффициенты эквивалентного устройства обработки, можно изменять весовые коэффициенты адаптивного устройства обработки при ограничении относительно их суммы по столбцам.

Весовые коэффициенты адаптивного устройства могут адаптироваться с целью минимизации мощности сигнала на выходе системы. Таким способом адаптивное устройство формирования лучей по алгоритму Фроста

осуществляет фильтрацию полезного сигнала, приходящего по направлению приема, в соответствии с заданной передаточной функцией (в качестве которой можно взять просто единичный коэффициент передачи) и в то же самое время минимизирует мощность выходного сигнала. Поскольку в качестве полезного сигнала определен сигнал, приходящий по направлению приема, а любой некогерентный сигнал, приходящий по этому направлению, становится помехой, то минимизация мощности выходного сигнала приводит к тому, что сигнал на выходе системы является оценкой отфильтрованного полезного сигнала с минимальным среднеквадратическим отклонением.

Если заданная передаточная функция эквивалентного устройства обработки полезного сигнала равна единице по амплитуде и имеет линейно изменяющуюся или нулевую фазу, то составляющая полезного сигнала появляется на выходе системы неискаженной, но смешанной с аддитивной помехой. Следовательно, сигнал на выходе системы является оценкой полезного сигнала с минимальным среднеквадратическим отклонением. Если помехи и полезный сигнал являются гауссовскими случайными процессами с нулевым средним значением, то такая оценка является также наилучшей оценкой полезного сигнала по критерию максимального правдоподобия. Поэтому иногда такое устройство обработки называют также адаптивным устройством максимального правдоподобия

При отсутствии введенного выше ограничения минимизация мощности выходного сигнала приводит к обнулению всех адаптивных весовых коэффициентов и сигнала на выходе системы. Указанное ограничение необходимо для поддержания работоспособности системы и носит линейный характер, так как заключается в том, что линейные комбинации адаптивных весовых коэффициентов должны быть константами.

Если помехи не коррелированы со всеми другими составляющими сигнала или шума, то на выходе системы наблюдается увеличение мощности сигнала. Минимизация этой мощности приводит, в свою очередь, к тому, что

адаптивное устройство формирования лучей формирует провалы ДН с целью режекции этих помех.

В адаптивном устройстве формирования лучей с алгоритмом Фроста имеется ограниченное число степеней свободы, и они распределяются некоторым оптимальным образом, так что па выходе минимизируется общая мощность направленных помех, ненаправленных шумов и шума приемника. Из-за указанных выше ограничений число степеней свободы меньше общего числа адаптивных весовых коэффициентов, и эта разница равна числу весовых коэффициентов эквивалентного устройства обработки сигналов.

Пусть имеется K элементов антенны и каждый соединен с линией задержки с L отводами. Предположим, что для формирования луча по направлению приема используются задержки, поэтому принятые составляющие полезного сигнала синхронизированы в соответствующих точках линий задержки с отводами. Как описано выше, адаптивные весовые коэффициенты можно расположить в виде прямоугольной матрицы

$$\bar{\mathbf{W}}_k \triangleq \begin{bmatrix} w_{1k} & w_{2k} & \dots & w_{Lk} \\ w_{(L+1)k} & w_{(L+2)k} & \dots & w_{2Lk} \\ w_{(2L+1)k} & \vdots & \dots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ w_{(K-1)L+1k} & \dots & \dots & w_{KLk} \end{bmatrix},$$

Кроме того, в виде соответствующей прямоугольной матрицы можно записать входные сигналы устройств умножения на весовой коэффициент

$$\bar{\mathbf{X}}_k \triangleq \begin{bmatrix} x_{1k} & x_{2k} & \dots & x_{Lk} \\ x_{(L+1)k} & x_{(L+2)k} & \dots & x_{2Lk} \\ x_{(2L+1)k} & \vdots & \dots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ x_{(K-1)L+1k} & \dots & \dots & x_{KLk} \end{bmatrix},$$

Заданные весовые коэффициенты эквивалентного обработки составляют некоторый вектор.

$$\mathbf{C} \triangleq [c_1 \ c_2 \ \dots \ c_L].$$

$$[1 \ 1 \ \dots \ 1] \bar{\mathbf{W}}_k = \mathbf{C} \text{ для всех } k.$$

Алгоритм Фроста представляет собой итеративный процесс, для которого можно считать, что цикл адаптации состоит из двух шагов. На первом шаге для уменьшения мощности выходного сигнала адаптация осуществляется по алгоритму наименьших квадратов, на втором — проводится коррекция каждой суммы элементов каждого столбца так. Коррекции равномерно распределяются по этим элементам. Когда условия оказываются выполненными, текущий цикл адаптации является завершенным, и система готова для следующего цикла.

Поскольку в этом алгоритме минимизируется мощность на выходе, сигналом «ошибки» является выходной сигнал y_k . Для первого шага, на котором уменьшение мощности на выходе осуществляется по алгоритму наименьших квадратов, можно записать

$$\bar{\mathbf{W}}_{k+1/2} = \bar{\mathbf{W}}_k + 2\mu y_k \bar{\mathbf{X}}_k.$$

На первом шаге возникает ошибка относительно введенных ограничений, равная

$$\mathbf{C} - [1 \ 1 \ \dots \ 1] \bar{\mathbf{W}}_{k+1/2}.$$

На втором шаге для коррекции этой ошибки весовые коэффициенты перестраиваются следующим образом.

Вектор коррекции

$$\frac{1}{K} [\mathbf{C} - [1 \ 1 \ \dots \ 1] \bar{\mathbf{W}}_{k+1/2}] \triangleq [e_{1k+1/2} \ \dots \ e_{Lk+1/2}].$$

Далее, матрица коррекции

$$\bar{\mathbf{E}}_{k+1/2} \triangleq \begin{bmatrix} e_{1k+1/2} & \dots & e_{Lk+1/2} \\ \vdots & & \vdots \\ e_{1k+1/2} & \dots & e_{Lk+1/2} \end{bmatrix}.$$

На втором шаге осуществляется сложение с матрицей значений весовых коэффициентов, т. е.

$$\bar{\mathbf{W}}_{k+1} = \bar{\mathbf{W}}_{k+1/2} + \bar{\mathbf{E}}_{k+1/2}.$$

Алгоритм Фроста можно записать в следующем виде

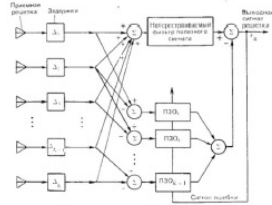
$$\bar{\mathbf{W}}_{k+1} = \bar{\mathbf{W}}_k + 2\mu y_k \bar{\mathbf{X}}_k + \bar{\mathbf{E}}_{k+1/2},$$

Отметим, что алгоритм Фроста является гибким. Хотя он может показаться сложным, линейные ограничения легко реализуются в рекурсивных процессах оценки среднеквадратических значений. Кроме того, можно предложить алгоритмы с нелинейными ограничениями, но для таких алгоритмов трудно проводить доказательства сходимости и находить ее скорость.

Когда условия ограничения выбраны так, что решетка имеет по направлению приема единичный коэффициент передачи и линейно изменяющуюся или нулевую фазу, выходной сигнал решетки равен сумме неискаженного полезного сигнала и аддитивного шума. Выходной сигнал решетки представляет собой оценку максимального правдоподобия полезного сигнала.

Ниже приведена структурная схема, реализующая этот алгоритм. Как и в предыдущей схеме, здесь для синхронизации составляющих приходящего по направлению приема полезного сигнала используются задержки. С точки зрения адаптивного подавления помех входной сигнал представляет собой

отфильтрованную реализацию суммы этих задержанных сигналов антенны. Фильтр обладает импульсной характеристикой, соответствующей вектору C . Если не нужна фильтрация полезного сигнала, то можно считать, что коэффициент передачи фильтра на всех частотах равен единице. В этом случае входной сигнал состоит из суммы полезного сигнала, приходящего по направлению приема, и помехи.



Поскольку синфазные полезные сигналы, снимаемые с отдельных ненаправленных элементов, попарно вычитаются, эталонные сигналы не имеют составляющих полезного сигнала, а содержат только помеху и подаются на ряд адаптивных фильтров (линий задержки с отводами), затем суммируются, и результат вычитается из входного сигнала. В итоге сигнал на выходе системы равен сумме полезного сигнала (или соответствующим образом отфильтрованного полезного сигнала) и помехи. При K элементах антенны число адаптивных фильтров составляет $K-1$. Поскольку значение каждого из L весовых коэффициентов каждого адаптивного фильтра не подвергается ограничениям, число степеней свободы равно $(L-1)L$, что аналогично исходному устройству обработки по алгоритму Фроста с KL весовыми коэффициентами.

Однако постоянные времени адаптации для обеих систем могут быть неодинаковыми.

Данная система является простой для понимания и применения. При ее реализации можно использовать почти любой алгоритм адаптации. На процесс адаптации не накладывается никаких ограничений, однако передаточная функция системы по направлению приема является заданной.

Исходные данные

- Длина волны $\lambda = 1$;
- Число временных отсчетов $N = 400$;
- Число пространственных отсчетов $m = 10$;
- Направление на помеху в градусах $\theta = -25$;
- Направление на сигнал в градусах $\beta s = 0$;
- Амплитуда помехи $Ax = 14$;
- Амплитуда сигнала $As = 14$;
- СКО гауссовского шума $\sigma = 0,316$.

Ход работы

Опишем условие ограничения весовых коэффициентов для обеспечения минимума СКО.

Мощность на выходе $AP = a^T \cdot R \cdot a = \min$,
 при условии (линейных ограничениях)
 $c^T \cdot a = a^T \cdot c = C$,
 где $c_k = 1$
 $a^T \cdot R \cdot a + \lambda \cdot (C - a^T \cdot c) = \text{extrem}$ (седловая точка), λ - множитель Лагранжа
 $R \cdot a = \lambda \cdot c$,
 $a = \lambda \cdot R^{-1} \cdot c$
 Решение уравнений-ограничения
 $C - a^T \cdot c = 0$ относительно λ .
 Считая R - симметрической матрицей,
 получим

$$\lambda = \frac{C}{c^T \cdot R^{-1} \cdot c}$$

Рисунок 1 – Условие ограничения весовых коэффициентов

Заддим свиг по фазе между соседними элементами AP для помехи и сигнала.

$$\varphi := 2 \cdot \pi \cdot \frac{d}{\lambda} \cdot \sin\left(\frac{\theta \cdot \pi}{180}\right) \quad \text{сдвиг по фазе между соседними элементами AP для помехи}$$

$$\psi/s := 2 \cdot \pi \cdot \frac{d}{\lambda} \cdot \sin\left(\frac{\theta/s \cdot \pi}{180}\right) \quad \text{сдвиг по фазе между соседними элементами AP для сигнала}$$

Отношение помеха/шум в дБ.

$$\alpha := \frac{Ax^2}{(2 \cdot \sigma^2)} \quad \text{Отношение помеха/шум} \quad \alpha dB := 10 \cdot \log(\alpha) \quad \alpha dB = 29.919$$

Отношение сигнал/(помеха+шум) в дБ.

$$q := \frac{As^2}{2 \cdot \left(\frac{Ax^2}{2} + \sigma^2\right)} \quad \text{Отношение сигнал/(помеха+шум)} \\ qdB := 10 \cdot \log(q) \quad qdB = -0.004$$

Сформируем счетчики для нумерации отсчетов по времени и пространственных отсчетов.

$$i = 0 \dots N - 1 \quad \text{номер отсчёта по времени}$$

$$k = 0 \dots m - 1 \quad \text{номер пространственного отсчёта}$$

С учетом фазовых сдвигов для помехи сформируем процессы на выходах приемных элементов AP, затем сформируем такой же процесс для сигнала.

$$x_{i,k} := Ax \cdot \exp(-1i \cdot \varphi \cdot k) \quad \text{синусоидальная помеха}$$

$$s_{i,k} := As \cdot \exp(-1i \cdot \psi/s \cdot k) \quad \text{сигнал}$$

Сформируем гауссовский шум, k – реализации по N отсчетов

$$\xi^{(k)} := \text{rngn}(N, 0, \sigma) + 1i \cdot \text{rngn}(N, 0, \sigma) \quad \text{гауссовский шум, k- номер элемента AP, N отсчётов}$$

Сформируем аддитивную смесь сигнала, помехи и шума.

$$z := x + s + \xi \quad \text{Аддитивная смесь сигнал+помеха+шум}$$

Для индикации сигнала и помехи введем процессы модуляции помехи и сигнала

$$dx_i := (-1)^{\lfloor \frac{i}{5} \rfloor} \quad \text{модуляция помехи (смена знака через 5 отсчётов)}$$

Смена знака при модуляции помехи будет происходить каждые 5 отсчетов.

$$ds_i := (-1)^{\lfloor \frac{i}{10} \rfloor} \quad \text{модуляция сигнала (смена знака через 10 отсчётов)}$$

Смена знака при модуляции сигнала будет происходить каждые 10 отсчетов. Частота модуляции помехи в 2 раза выше, чем у сигнала.

В результате этого сможем понять какой процесс на выходе.

$$J_{i,k} := z_{i,k} \quad \text{процессы на выходах приёмных элементов AP}$$

Вычислим матрицу взаимной корреляции процессов на выходах приёмных элементов AP.

$$R := \text{Re} \left(\frac{J^T \cdot J}{N} \right) \quad \text{вычисление матрицы взаимных корреляций процессов на выходах приёмных элементов AP}$$

Рассчитаем определитель матрицы

$$\det(R) = 5.905 \quad \text{определяет матрицу } R$$

Вычислим вектор собственных значений матрицы.

$$\mu := \text{eigenvals}(R) \quad \text{вектор собственных значений матрицы } R$$

Найдем матрицу собственных значений

$$\mu^T = [3.206 \cdot 10^3 \quad 924.602 \quad 0.23 \quad 0.212 \quad 0.209 \quad 0.206 \quad 0.184 \quad 0.183 \quad 0.17 \quad 0.167]$$

Определим среднее, максимальное и обратное максимальному собственному значению.

$\text{mean}(\mu) = 413.185$	среднее собственных значений
$\max(\mu) = 3.206 \cdot 10^3$	максимальное собственное значение
$\max(\mu)^{-1} = 3.119 \cdot 10^{-4}$	обратное максимальному собственному значению

По полученным результатам видно, что разброс собственных значений составляет 4 порядка.

Вычислим след матрицы.

$$\text{tr}(R) = 4.132 \cdot 10^3 \quad \text{след матрицы } R$$

По результатам вычисления видно, что максимальное собственное значение и след матрицы получились одинаковыми.

Вычислим обратное значение следу матрицы.

$$\text{tr}(R)^{-1} = 2.42 \cdot 10^{-4} \quad \text{обратное следу матрицы } R$$

Обратное значение следа и обратное максимальное собственному значению матрицы получились схожи.

Найдем мощность процесса на входе элемента AR*m.

$$\frac{1}{N} \cdot \sum_{k=0}^{m-1} |z^k|^2 = 4.132 \cdot 10^3 \quad \text{мощность процесса на входе элемента AR * m}$$

Как мы видим полученная мощность получилась такой же как след матрицы.

Зададим вектор ограничений для коэффициентов и константу C равную произведению вектора весовых коэффициентов на вектор ограничений:

$C := 10.0$ $c_k := 1$ вектор ограничений для коэффициентов

Количество отсчетов на переходной процесс зададим равным 120.
 Параметр сходимости зададим равным -0,0001.

Сформируем алгоритм для адаптации АР.

$u(\beta) = \left\ \begin{array}{l} \psi \leftarrow 2 \cdot \pi \cdot \frac{d}{\lambda} \cdot \sin\left(\beta, \frac{\pi}{180}\right) \\ \text{for } k \in 0..m-1 \\ \quad \left\ \begin{array}{l} a_k \leftarrow 0 \\ a_0 \leftarrow 1 \end{array} \right. \\ \text{for } i \in 0..N-1 \\ \quad \left\ \begin{array}{l} \zeta \leftarrow \text{rnorm}(m, 0, \sigma) + 1i \cdot \text{rnorm}(m, 0, \sigma) \\ \text{for } k \in 0..m-1 \\ \quad \left\ \begin{array}{l} x_{i,k} \leftarrow A x \cdot \exp(-1i \cdot \varphi \cdot k) \cdot d x_i \\ s_{i,k} \leftarrow A s \cdot \exp(-1i \cdot \psi s \cdot k) \cdot d s_i \\ z_{i,k} \leftarrow (x_{i,k} + s_{i,k}) \cdot \exp(1i \cdot \psi \cdot k) + \zeta_k \\ dd \leftarrow \frac{1}{m} \cdot \sum_{k=0}^{m-1} z_{i,k} \\ y \leftarrow \sum_{k=0}^{m-1} z_{i,k} \cdot a_k \\ \varepsilon \leftarrow y \\ \text{for } k \in 0..m-1 \\ \quad \left\ \begin{array}{l} a_k \leftarrow a_k + 2 \cdot \gamma \cdot \varepsilon \cdot z_{i,k} \\ \delta \leftarrow \frac{(C - c^T \cdot a)}{m} \\ \text{for } k \in 0..m-1 \\ \quad \left\ \begin{array}{l} a_k \leftarrow a_k + \delta \\ u_{i,0} \leftarrow y \\ u_{i,1} \leftarrow dd \\ u_{i,2} \leftarrow \varepsilon \end{array} \right. \\ u \end{array} \right. \end{array} \right. \end{array} \right. \end{array} \right.$	<p>сдвиг по фазе между соседними элементами АР для сигнала с направления β</p> <p>Задание начальных значений весовых коэффициентов ААР</p> <p>Цикл по номеру i врем. отсчёта m пространственных отсчётов шума Цикл по номеру k элемента АР</p> <p>Вычисление пространственно-временных отсчётов помехи, сигнала и смеси</p> <p>Отклик обычной АР</p> <p>Отклик адаптивной АР</p> <p>Сигнал ошибки ε Обновление весовых коэффициентов адаптивной АР</p> <p>Вычисление поправки δ к весовым коэффициентам адаптивной АР из-за ограничений</p> <p>Обновление весовых коэффициентов ААР из-за ограничений Сохранение отсчётов оценки, эталонного сигнала и ошибки</p>
--	--

В итоге в результате работы алгоритма получаем отклики оценки, эталонного сигнала и отклик адаптивной АР.

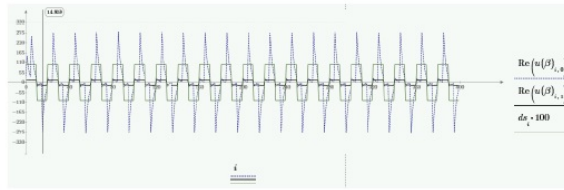
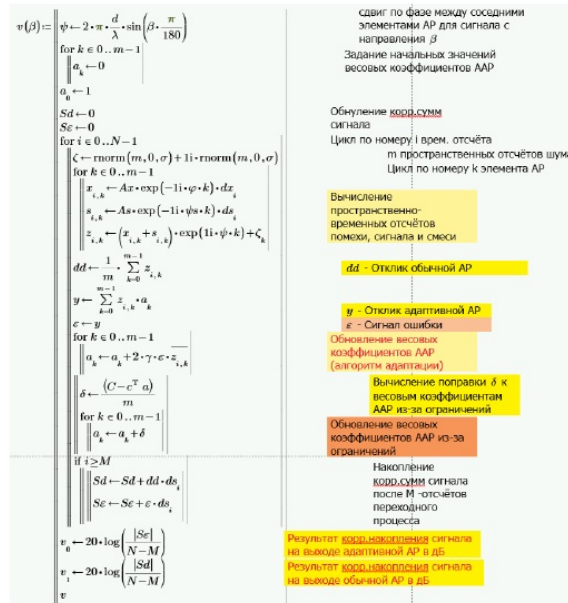


Рисунок 2 – График откликов оценки эталонного сигнала, и отклик обычной AP и ААР.

По рисунку 2 видно, что сигнал адаптивной решетки с искажениями похож на полезный сигнал с амплитудой значительно меньше, чем на выходе обычной адаптивной решетки

Наличие низкого по уровню выходного сигнала простой AP говорит о том, что степень подавления боковых лепестков не особо большая, следовательно сигнал на выходе обычной AP ослаблен.

Сформируем алгоритм для определения ДН адаптивной AP по сигналу.



Построим ДН по сигналу адаптивной АР

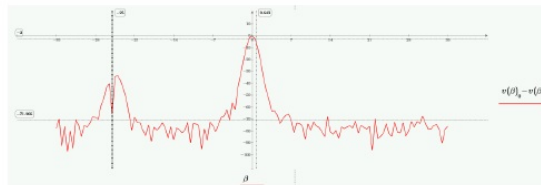


Рисунок 3 – Нормированная ДН по сигналу адаптивной АР

При направлении на помеху уровень подавления составляет -61 дБ

Определим разрешающую способность по углу на уровне -3 дБ.

$$0.445 + 0.392 = 0.837 \quad \text{разрешение по углу для ААР}$$

Ширина ДН по уровню -3 дБ составляет 0,837 градуса.

Дальше рассмотрим обычную линейную АР.

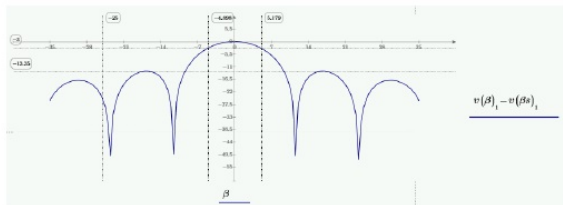


Рисунок 4 – Нормированная ДН по сигналу обычной АР

Данная ДН является классической. Уровень боковых лепестков составляет -13,35 дБ. Это говорит о том, что помеха для обычной АР тоже подавляется.

Вычислим ширину ДН по уровню -3 дБ.

$$5.179 + 4.898 = 10.077 \quad \text{разрешение по углу для обычной АР}$$

Ширина ДН линейной АР составляет 10 градусов.

Оценим выигрыш адаптивной АР

$$v(\theta)_0 - v(\beta s)_0 = -57.77$$

$$v(\theta)_1 - v(\beta s)_1 = -25.084$$

$$\rho dB := (v(\theta)_1 - v(\beta s)_1) - (v(\theta)_0 - v(\beta s)_0)$$

$$\rho dB = 49.281$$

Оценим во сколько раз разрешающая способность ААР лучше АР.

$$\frac{10.077}{1.031} = 9.774$$

Выигрыш по разрешающей способности составляет 9,774 раза.

Оценка влияния на показатель подавления при различных отношениях сигнал/(помеха+шум) и помеха/шум.

Таблица 1. Значения показателя подавления при различных отношениях сигнал/(помеха+шум) и помеха/шум.

Отношение сигнал/(помеха+шум), дБ	Отношение помеха/шум, дБ	Подавление обычной АР, дБ	Подавление ААР, дБ	Выигрыш, дБ
9.856	20.244	-24.91	-81.102	56.51
10.772	31.53	-24.945	-87.404	65.374
-0.004	39.956	-24.958	-61.266	30.784
-0.004	29.919	-25.084	-57.77	49.281
-0.004	21.427	-24.928	-55.852	26.928
-11.726	39.956	-25.081	-32.854	8.611

По таблице видно, что наибольший выигрыш ААР позволяет получить при высоком (10дБ) отношении сигнал/(шум+помеха), однако при снижении данного отношения выигрыш в использовании ААР заметно падает, однако все использование ААР все равно остается достаточно целесообразным, так как выигрыш в 8 дБ это выигрыш в 6,31 раза.

Оценка увеличения разрешающей способности по углу за счет применения алгоритма Фроста, по сравнению с обычной АР

Для Отношение помеха/шум 31,35 дБ и Отношение сигнал/(помеха+шум) 10,722 дБ:

При $m = 6$, посчитаем:

Разрешению по углу для обычной АР

$$8,57^\circ + 8,523^\circ = 17,093^\circ$$

Разрешению по углу для ААР

$$0,673^\circ + 0,63^\circ = 1,303^\circ$$

Оценим во сколько раз разрешающая способность ААР лучше АР.

$$\frac{17,093^\circ}{1,303^\circ} = 13,118 \text{ раза}$$

При $m = 16$, посчитаем:

Разрешению по углу для обычной АР

$$3,2^\circ + 3,007^\circ = 6,207^\circ$$

Разрешению по углу для ААР

$$0,164^\circ + 0,121^\circ = 0,285^\circ$$

Оценим во сколько раз разрешающая способность ААР лучше АР.

$$\frac{11,163^\circ}{0,496^\circ} = 21,779 \text{ раз}$$

Оценка влияния параметра γ сходимости на характер переходного процесса

1. При $\gamma = -0,0005$

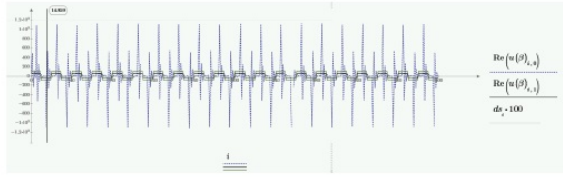


Рисунок 5 - График откликов оценки эталонного сигнала, и отклик
обычный АР и ААР.

По рисунку 5 видно, при увеличении параметра сходимости появляются колебания в процессе адаптации.

2. При $\gamma = -0,000001$

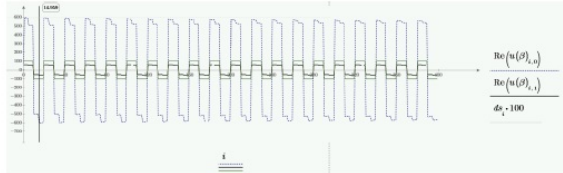


Рисунок 6 - График откликов оценки эталонного сигнала, и отклик
обычный АР и ААР.

По рисунку видно, что время сходимости увеличивается, то есть сигнал ошибки постепенно уменьшается.

Вывод

Исследование адаптивной антенной решетки по критерию адаптации – минимум мощности на выходе ААР при линейных ограничениях на весовые коэффициенты.

Сняли зависимость показателя подавления при различных отношениях сигнал/(помеха+шум) и помеха/шум. Получили следующие результаты, при увеличении отношения сигнал/(помеха+ шум) от -11 до 10 дБ и увеличения отношения помеха/шум от 20 до 40 дБ происходит изменение подавления ААР от -87,404 дБ до -32,854 дБ, а подавление обычной АР остается неизменным. Наибольший выигрыш ААР позволяет получить при высоком (10дБ) отношении сигнал/(шум+помеха), однако при снижении данного отношения выигрыш в использовании ААР заметно падает, однако все использование ААР все равно остается достаточно целесообразным, так как выигрыш в 8 дБ это выигрыш в 6,31 раза.

Использование алгоритма Фроста с ААР дает выигрыш в разрешении по углу, по сравнению с обычной не адаптивной АР.

В результате варьирования получили следующие результаты: при увеличении числа элементов решетки от 6 до 16, разрешение по углу обычной АР увеличивается от $17,093^\circ$ до $6,207^\circ$, а ААР от $1,303^\circ$ до $0,285^\circ$, также при $m = 6$ ААР лучше обычной АР в 13,118 раза, а при $m=16$ ААР лучше обычной неадаптивной АР в 21,779 раз.

Оценили влияние параметра сходимости на характер переходного процесса, по полученным результатам видно, что увеличении параметра сходимости до -0,0005 сигнал на выходе отличается от полезного сигнала и возникает происходит процесс самовозбуждения. При уменьшении параметра сходимости до -0,000001 что у сигнала на выходе время сходимости увеличивается, то есть сигнал ошибки постепенно уменьшается.

LMS-платформа – не предусмотрена

5.3. Описание контрольно-оценочных мероприятий промежуточного контроля по дисциплине модуля

5.3.1. Зачет

Список примерных вопросов

1. Общие сведения, термины, определения. Адаптивные системы.
2. Адаптивный весовой сумматор.
3. Теория адаптации для стационарных сигналов. Свойства квадратичной функции.
4. Теория адаптации для стационарных сигналов. Поиск рабочей функции.
5. Теория адаптации для стационарных сигналов. Оценка градиента и процесс адаптации.
6. Адаптивные алгоритмы и структуры.
7. Метод наименьших квадратов.
8. Применение z-преобразования в адаптивной обработке сигналов.
9. Приложения адаптивной обработки сигналов. Адаптивное моделирование и идентификация систем.
10. Приложения адаптивной обработки сигналов. Обратное адаптивное моделирование.
11. Приложения адаптивной обработки сигналов. Адаптивные системы управления.
12. Приложения адаптивной обработки сигналов. Адаптивное подавление помех.

13. Приложения адаптивной обработки сигналов. Введение в адаптивные антенные решётки и адаптивное формирование лучей.

14. Приложения адаптивной обработки сигналов. Анализ адаптивных устройств формирования лучей.

15. Фильтр Калмана.

LMS-платформа – не предусмотрена

5.4 Содержание контрольно-оценочных мероприятий по направлениям воспитательной деятельности

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения	Контрольно-оценочные мероприятия
Профессиональное воспитание	проектная деятельность учебно-исследовательская, научно-исследовательская	Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности Технология проектного образования Технология самостоятельной работы	ПК-6	У-1	Зачет Контрольная работа Лабораторные занятия Лекции