بسم الله الرحمن الرحیم

باسمه تعالی

دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی

مدیریت تحصیلات تکمیلی

تعهدنامه اصالت اثر

اینجانب وحید مهرداد معتهد می‌شوم که مطالب مندرج در این پایان نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب است و دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این پژوهش از آنها استفاده شده است، مطابق مقررات ارجاع و در فهرست منابع و مأخذ ذکر گردیده است. این پایان نامه قبلاً برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارایه نشده است .در صورت اثبات تخلف (در هر زمان) مدرک تحصیلی صادر شده توسط دانشگاه از اعتبار ساقط خواهد شد.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی می باشد.

نام و نام خانوادگی دانشجو:

وحید مهرداد

امضاء

دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی

دانشکدهٔ مهندسی برق و کامپیوتر

حذف اکوی صوتی توسط فیلترهای تطبیقی تصویرافاین با اصلاح جزئی ضرایب

نگارش:

وحید مهرداد

استاد راهنما: دکتر محمد شمس اسفند آبادی

استاد مشاور: دکتر رضا ابراهیم پور

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته برق - الکترونیک

آبان 88

شماره: ۱۲۴۷۳
تاریخ: ۸۸/۸/۲۰
پیوست:

بسمه تعالی

دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی

صورتجلسهٔ دفاع پایان‌نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) جلسه دفاع از پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد آقای **وحید مهرداد** رشتهٔ: **مهندسی الکترونیک** با عنوان: **حذف اکوی صوتی توسط فیلترهای تطبیقی تصویر افاین با اصلاح جزئی ضرایب**، که در تاریخ ۸۸/۸/۱۰ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی برگزار گردید و نتیجه به شرح زیر اعلام گردید.

☑ قبول (بادرجه **عالی** امتیاز ۱۹/۵) ☐ دفاع مجدد ☐ مردود.

۱ ـ عالی (۲۰ – ۱۸)

۲ ـ بسیار خوب (۱۷/۹۹ – ۱۶)

۳ ـ خوب (۱۵/۹۹ – ۱۴)

۴ ـ قابل قبول (۱۳/۹۹ – ۱۲)

اعضاء	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
استاد راهنما	دکتر محمد شمس‌اسفندآبادی	استادیار	
استاد مشاور	دکتر رضا ابراهیم‌پور	استادیار	
استاد داور داخلی	دکتر شهریار شیروانی‌مقدم	استادیار	
استاد داور خارجی	دکتر احمدرضا شرافت	استاد	
نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر علی نوراله	استادیار	

دکتر علی اکبر مطیع بیرجندی

رئیس دانشکده مهندسی برق

تهران، لویزان، کد پستی: ۱۵۸۱۱-۱۶۷۸۸
صندوق پستی: ۱۶۳-۱۶۷۸۵
تلفن: ۹-۲۲۹۷۰۰۶۰ فکس: ۲۲۹۷۰۰۳۳
Email: sru@sru.ac.ir
www.srttu.edu

تقدیم به:

بزرگواری پدر

و

فداکاری مادرم

تشکروقدردانی

باری خدای را سپاس که فرصت آن عطا فرمود تا از خرمن دانش اساتید و بزرگان علم و ادب هر یک به فراخور خود خوشه‌ای بچینیم و یادشان را در تنگنای سینه گرامی بداریم.

در اینجا بر خود لازم می‌دانم تا از زحمات تمامی عزیزانی که مرا در انجام این پایان نامه یاری نموده‌اند، خصوصاً اساتید گرانقدر جناب آقای دکتر محمد شمس اسفندآبادی و جناب آقای دکتر رضا ابراهیم پور که در طول مدت انجام پایان نامه همواره راهنما و یاریگر من بوده‌اند صمیمانه تشکر نمایم.

همچنین از مرکز تحقیقات مخابرات که در اجرای این پایان نامه ما را مورد حمایت و پشتیبانی خود قرار داده اند، صمیمانه متشکرم.

چکیده

فیلترهای تطبیقی نزدیک به چهار دهه به عنوان یک ابزار ضروری در بسیاری از کاربردهـای پـردازش سیگنال مورد استفاده قرار می‌گیرند، به طوری که هم اکنون نیز به عنوان یکـی از موضـوعات تکامـل یافته در زمینه پردازش سیگنالهای دیجیتال از نقطه نظر پایه های تئوری هستند. الگوریتم‌های فیلتـر تطبیقی متعددی در طول ۴۰ سال گذشته پیشنهاد شده‌اند که در بین آنها الگوریتم حداقل میـانگین مربعات، حـداقل میـانگین مربعـات نرمـالیزه شـده و الگـوریتم‌هـای تـصویر افـاین جـزو مهمتـرین و مشهورترین الگوریتم‌های فیلترهای تطبیقی هستند. فیلترهای تطبیقی با یک الگوریتم تکراری، سـعی در حل معادله وینر هاف دارند. هدف اصلی الگوریتم‌های تصویر افاین، افزایش سرعت همگرایـی بـرای ورودی‌های رنگی است. پیچیدگی محاسباتی بالای الگـوریتم‌هـای تـصویر افـاین از نقـاط ضـعف ایـن الگوریتم است. به منظور کاهش پیچیدگی محاسبات این الگوریتم‌ها، الگوریتم تصویر افاین بـا اصـلاح جزئی ضرایب ارائه گردید. در این الگوریتم، در هر تکرار به جای اصلاح تمامی ضرایب، تعداد محدودی از ضرایب به طور بهینه انتخاب و اصلاح می‌گردند. این کـاهش پیچیـدگی محاسـبات، در بـسیاری از کاربردها نظیر حذف اکوی صوتی و شناسایی سیستم قابل ملاحظه است. در این تحقیق، با استفاده از روش اصلاح جزئی ضرایب، خانواده‌ی الگوریتم‌های تصویر افاین با اصلاح جزئی ضرایب، ارائه می‌گردد. همچنین از دیگر الگوریتم‌های نوین برای کاهش پیچیدگی محاسبات، الگوریتم تصویر افاین با انتخاب دنباله‌ی ورودی است. با اعمال ایده‌ی انتخاب دنباله‌ی ورودی روی خانواده‌ی تصویر افـاین، خـانواده‌ی الگوریتم‌های تصویر افاین با انتخاب دنباله‌ی ورودی ارائه می‌گردند. در ادامه برای کاهش هر چه بیشتر پیچیدگی محاسبات، دو الگوریتم تصویر افاین با اصـلاح جزئـی ضـرایب و الگـوریتم تـصویر افـاین بـا انتخاب دنباله‌ی ورودی را با هم ترکیب کرده و الگوریتم نوین خانواده‌ی تصویر افاین با اصـلاح جزئـی ضرایب و انتخاب دنباله‌ی ورودی پیشنهاد می‌گردد. پیچیـدگی محاسـباتی، سـرعت همگرائـی و نیـز متوسط مربع خطای حالت ماندگار الگوریتم‌های ذکر شده نیز به طور کامل مورد بررسی قرار می‌گیرند و با یکدیگر مقایسه می‌گردند. همچنین با استفاده از اصل بقای انرژی، روابـط جـامعی بـرای منحنـی یادگیری، متوسط مربع انحراف ضرایب و خطای حالت ماندگار برای الگوریتم‌های محقـق شـده، ارائـه می‌گردد.

کلمات کلیدی

فیلتر تطبیقی، معادله وینر- هاف، متوسط مربع خطا، متوسط مربع انحراف ضرایب، خانواده‌ی تـصویر افاین، اصلاح جزئی ضرایب، انتخاب دنباله‌ی ورودی، پیچیدگی محاسباتی، سرعت همگرایی، عملکـرد حالت‌های گذرا و ماندگار، اصل بقای انرژی.

فهرست مطالب **صفحه**

فصل اول: مقدمه

۱- ۱- مفاهیم اولیه فیلترهای تطبیقی ۲
۱-۲- ویژگی یک فیلتر تطبیقی ۳
۱-۲-۱- کاربرد ۳
۱-۲-۲- ساختاریک فیلتر تطبیقی ۳
۱-۲-۳- الگوریتم ۴
۱-۳- ساختار کلی پایان نامه ۴

فصل دوم: الگوریتم های تندترین شیب والگوریتم های باشیب تصادفی

۲-۱- مقدمه ۷
۲-۲- مسأله تخمین خطی ۷
۲-۳- روش تندترین شیب ۸
۲-۳-۱- انتخاب جهت جستجو ۸
۲-۳-۲- روش نیوتن ۹
۲-۴- الگوریتم های باشیب صادفی ۱۰
۲-۴-۱- چندنمونه ازکاربردهای فیلترهای تطبیقی ۱۱
۲-۴-۱-۱- شناسایی سیستم ۱۱
۲-۴-۱-۲- تخمین کانال تطبیقی ۱۲
۲-۴-۱-۳- حذف اکوی کانل ۱۴
۲-۴-۱-۴- متعادل سازکانال تطبیقی ۱۵
۲-۴-۱-۵- متعادل ساز تصمیم- بازخورد ۱۷
۲-۴-۱-۶- پیش بینی کننده خطی ۱۹
۲-۴-۱-۷- حذف نویز ۱۹
۲-۵- جمع بندی کلی ۲۰

فصل سوم: بررسی الگوریتم های کلاسیک فیلترهای تطبیقی

۳-۱- مقدمه ۲۲
۳-۲- الگوریتم حداقل میانگین مربعات (LMS) ۲۲
۳-۳- انواع مختلف LMS ۲۳
۳-۳-۱-الگوریتم علامت خطا حداقل میانگین مربعات ۲۳
۳-۳-۲- الگوریتم علامت داده حداقل میانگین مربعات ۲۴
۳-۳-۳- الگوریتم علامت داده-علامت خطا حداقل میانگین مربعات ۲۴
۳-۳-۴- الگوریتم علامت دوگانه حداقل میانگین مربعات ۲۴
۳-۳-۵- الگوریتم توان دوم خطا حداقل میانگین مربعات ۲۵

۳-۳-۶- الگوریتم حداقل متوسط مربعات نشتی ۲۵
۳-۳-۷- الگوریتم حداقل متوسط چهارم ۲۵
۳-۳-۸- الگوریتم اندازه حداقل متوسط مخلوط ۲۶
۳-۴- الگوریتم حداقل میانگین مربعات نرمالیزه شده (NLMS) ۲۶
۳-۴-۱-تحقق الگوریتم NLMS توسط الگوریتم تندترین شیب ۲۶
۳-۴-۲-تحقق الگوریتم NLMS توسط الگوریتم نیوتن ۲۷
۳-۴-۳- الگوریتم حداقل میانگین مربعات نرمالیزه شده با نرمالیزه کردن قدرت ۲۸
۳-۵-الگوریتم تصویرافاین(APA) ۲۸
۳-۶- جمع بندی ۳۱

فصل چهارم: الگوریتم های فیلترتطبیقی با اصلاح جزئی ضرایب

۴-۱- مقدمه‌ای بر الگوریتم های فیلتر تطبیقی با اصلاح جزئی ضرایب و انتخاب دنباله‌ی ورودی ۳۳
۴-۲- الگوریتم حداقل میانگین مربعات با اصلاح جزئی (SPU – LMS) ۳۴
۴-۲-۱- الگوریتم حداقل میانگین مربعات با اصلاح جزئی ضرایب با روش متناوب ۳۴
۴-۲-۲- الگوریتم حداقل میانگین مربعات با اصلاح جزئی ضرایب با روش ترتیبی ۳۵
۴-۳- الگوریتم حداقل میانگین مربعات نرمالیزه شده با اصلاح جزئی ضرایب (SPU -NLMS) ۳۵
۴-۳-۱-الگوریتم حداقل میانگین مربعات نرمالیزه شده با اصلاح جزئی ضرایب با انتخاب یک بلوک ۳۵
۴-۳-۲-الگوریتم حداقل میانگین مربعات نرمالیزه شده با اصلاح چند بلوک ۳۷
۴-۴- خانواده‌ی الگوریتم تصویر افاین با اصلاح جزئی ضرایب (SPU-APA) ۳۸
۴-۴-۱- الگوریتم تصویر افاین با اصلاح جزئی ضرایب (SPU-APA) ۳۹
۴-۴-۲- الگوریتم استفاده مجدد از داده حداقل میانگین مربعات نرمالیزه شده با اصلاح جزئی ضرایب (SPU- BNDR-LMS) ۴۱
۴-۴-۳- الگوریتم تصویرافاین تنظیم شده با اصلاح جزئی ضرایب (SPU-R-APA) ۴۱
۴-۴-۴- الگوریتم حداقل میانگین مربعات نرمالیزه شده با ضرایب تصحیح متعامد با اصلاح جزئی ضرایب (SPU-NLMS-OCF) ۴۲
۴-۴-۵- الگوریتم رتبه جزئی با اصلاح جزئی ضرایب (SPU-PRA) ۴۲
۴-۵- خانواده‌ی الگوریتم تصویر افاین با انتخاب دنباله‌ی ورودی (SR-APA) ۴۳
۴-۵-۱- الگوریتم تصویر افاین با انتخاب دنباله‌ی ورودی (SR-APA) ۴۳
۴-۵-۲- الگوریتم استفاده مجدد از داده حداقل میانگین مربعات نرمالیزه شده با انتخاب دنباله‌ی ورودی (SR- BNDR-LMS) ۴۵
۴-۵-۳- الگوریتم تصویرافاین تنظیم شده با انتخاب دنباله‌ی ورودی (SR-R-APA) ۴۵
۴-۵-۴- الگوریتم حداقل میانگین مربعات نرمالیزه شده با ضرایب تصحیح متعامد با انتخاب دنباله‌ی ورودی (SR-NLMS-OCF) ۴۶
۴-۵-۵- الگوریتم رتبه جزئی با انتخاب دنباله‌ی ورودی (SR-PRA) ۴۶
۴-۶- خانواده‌ی الگوریتم تصویر افاین با اصلاح جزئی ضرایب و انتخاب دنباله‌ی ورودی (SPU-SR-APA) ۴۶
۴-۶-۱- الگوریتم تصویر افاین با اصلاح جزئی ضرایب و انتخاب دنباله‌ی ورودی (SPU-SR-APA) ۴۷

۴-۶-۲- الگوریتم استفاده مجدد از داده حداقل میانگین مربعات نرمالیزه شده با اصلاح جزئی ضرایب و انتخاب دنباله‌ی ورودی (SPU-SR- BNDR-LMS)..... ۴۷
۴-۶-۳- الگوریتم تصویر افاین تنظیم شده با اصلاح جزئی ضرایب و انتخاب دنباله‌ی ورودی (SPU-SR-R-APA)..... ۴۸
۴-۶-۴- الگوریتم حداقل میانگین مربعات نرمالیزه شده با ضرایب تصحیح متعامد با اصلاح جزئی ضرایب و انتخاب دنباله‌ی ورودی (SPU-SR-NLMS-OCF)..... ۴۸
۴-۶-۵- الگوریتم رتبه جزئی با اصلاح جزئی ضرایب و انتخاب دنباله‌ی ورودی (SPU-SR-PRA)..... ۴۸
۴-۷- پیچیدگی محاسبات..... ۴۹
۴-۸- جمع بندی..... ۵۱

فصل پنجم: تحلیل عملکردحالت‌گذرا، ماندگار و بررسی باند پایداری خانواده‌ی الگوریتم‌های تصویر افاین با اصلاح جزئی ضرایب و انتخاب دنباله‌ی ورودی

۵-۱- مقدمه..... ۵۳
۵-۲- بررسی عملکرد حالت گذرا و ماندگار خانواده‌ی SPU-APA، SR-APA و SPU-SR-APA ۵۵
۵-۳- باندهای پایداری الگوریتم های فیلترهای تطبیقی برپایه رابطه جامع (۵-۱) ۵۷
۵-۳-۱- همگرایی در میانگین..... ۵۷
۵-۳-۲- همگرایی در میانگین مربع..... ۵۸
۵-۴- جمع بندی..... ۵۸

فصل ششم: نتایج شبیه سازی الگوریتم‌های فیلتر تطبیقی با اصلاح جزئی ضرایب و انتخاب دنباله‌ی ورودی

۶-۱- شناسایی سیستم..... ۶۰
۶-۱-۱- نتایج شبیه سازی برای عملکرد گذرا..... ۶۱
۶-۱-۱-۱- نتایج شبیه سازی برای عملکرد گذرا در الگوریتم SPU-AP..... ۶۱
۶-۱-۱-۲- نتایج شبیه سازی برای عملکرد گذرا در الگوریتم SR-AP..... ۶۵
۶-۱-۱-۳- نتایج شبیه سازی برای عملکرد گذرا در الگوریتم SPU-SR-AP..... ۶۷
۶ -۱-۲- نتایج شبیه سازی برای عملکرد حالت ماندگار..... ۶۹
۶-۱-۲-۱- نتایج شبیه سازی برای عملکرد حالت ماندگار درالگوریتم SPU-AP..... ۶۹
۶-۱-۲-۲- نتایج شبیه سازی برای عملکرد حالت ماندگار در الگوریتم SR-AP..... ۷۰
۶ -۱-۲-۳- نتایج شبیه سازی برای عملکرد حالت ماندگار در الگوریتم SPU-SR-AP..... ۷۳
۶-۱-۳- نتایج شبیه سازی برای پایداری مربع میانگین..... ۷۴
۶-۱-۳-۱- نتایج شبیه سازی برای پایداری مربع میانگین در الگوریتم SPU-AP..... ۷۴
۶-۱-۳-۲- نتایج شبیه سازی برای پایداری مربع میانگین در الگوریتم SR-AP..... ۷۶
۶-۱-۳-۳- نتایج شبیه سازی برای پایداری مربع میانگین در الگوریتم SPU-SR-AP..... ۷۷
۶-۲- حذف اکوی صوتی..... ۷۸
۶-۲-۱- حذف اکوی صوتی توسط الگوریتم SPU-AP..... ۷۹
۶-۲-۲- حذف اکوی صوتی توسط الگوریتم SR-AP..... ۸۲

۶-۲-۳- حذف اکوی صوتی توسط الگوریتم SPU-SR-AP ۸۵
۶-۳- حذف اکوی کانال ۸۷
۶-۳-۱- حذف اکوی کانال توسط الگوریتم SPU-AP ۸۷
۶-۳-۲- حذف اکوی کانال توسط الگوریتم SR-AP ۸۹
۶-۳-۳- حذف اکوی کانال توسط الگوریتم SPU-SR-AP ۸۹
۶-۴- جمع بندی ۹۰

فصل هفتم: نتیجه گیری وپیشنهادها

۷-۱- نتیجه گیری ۹۲
۷-۲- محدودیت ها و پیشنهادها ۹۳

مراجع ۹۵

فهرست مقالات مستخرج ازپایان‌نامه ۹۸

واژه نامه ۹۹

فهرست جدول‌ها **صفحه**

جدول (۴-۱) خانواده APA ۳۹
جدول (۴-۲) خانواده APA با اصلاح جزئی ضرایب ۴۲
جدول (۴-۳) خانواده‌ی APA با انتخاب دنباله‌ی ورودی ۴۶
جدول (۴-۴) خانواده‌ی APA با اصلاح جزئی ضرایب و انتخاب دنباله‌ی ورودی ۴۹
جدول (۴-۵) تعداد ضرب ها و جمع های حقیقی در APA ۵۰
جدول (۴-۶) پیچیدگی محاسبات برای APA ، SPU-APA ، SR-APA و SPU-SR-APA ۵۰
جدول (۶-۱) باند های پایداری الگوریتم SPU-APA برای ورودی نویز گوسی رنگی ۷۵
جدول (۶-۲) باند های پایداری الگوریتم SPU-APA برای ورودی نویز یکنواخت رنگی ۷۵
جدول (۶-۳) باند های پایداری الگوریتم SR-APA برای ورودی نویز گوسی رنگی ۷۶
جدول (۶-۴) باند های پایداری الگوریتم SR-APA برای ورودی نویز یکنواخت رنگی ۷۷
جدول (۶-۵) باند های پایداری الگوریتم SPU-SR-APA برای ورودی نویزگوسی رنگی ۷۷
جدول (۶-۶) باند های پایداری الگوریتم SPU-SR-APA برای ورودی نویز یکنواخت رنگی ۷۷

فهرست شکل‌ها

صفحه

شکل (۲-۱) ساختارکلی شناسایی سیستم ۱۲
شکل (۲-۲) اندازه گیریهای نویزی یک کانال FIR با یک بردار پاسخ ضربه ناشناخته c ۱۳
شکل (۲-۳) ساختارتخمین کانال تطبیقی ۱۴
شکل (۲-۴) ساختارکلی مدل کردن معکوس ۱۴
شکل (۲-۵) متعادل سازخطی یک کانال FIR درحضور نویز جمع شونده ۱۵
شکل (۲-۶) متعادل سازخطی تطبیقی یک کانال FIR درحضور نویز جمع شونده ۱۶
شکل (۲-۷) متعادل سازخطی تطبیقی دردو مد یادگیری و تصمیم گیری ۱۷
شکل (۲-۸) متعادل سازتصمیم- بازخورد که شامل فیلتر بازخورد و پیش سو می باشد ۱۸
شکل (۲-۹) متعادل سازتصمیم متعادل سازتصمیم- بازخورد تطبیقی در دو مد یادگیری و تصمیم گیری ۱۹
شکل (۲-۱۰) ساختارکلی پیش بینی کننده خطی ۱۹
شکل (۲-۱۱) ساختارکلی حذف نویز ۲۰
شکل (۶-۱) ساختار کلی شناسایی سیستم توسط فیلتر تطبیقی ۶۰
شکل(۶-۲) منحنی یادگیری SPU-APA در دو حالت شبیه سازی و تئوری برای K=2 ، B=4 و S=1,2,4(ورودی: نویز گوسی رنگی) ۶۲
شکل (۶-۳) منحنی یادگیری SPU-APA در دو حالت شبیه سازی و تئوری برای K=3، B=4 و S=1,2,4 (ورودی: نویز گوسی رنگی) ۶۳
شکل (۶-۴) منحنی یادگیری SPU-APA در دو حالت شبیه سازی و تئوری برایK=4، B=4 ، S=3ومقادیر مختلف برای اندازه گام ها (ورودی: نویزگوسی رنگی) ۶۳
شکل (۶-۵) منحنی یادگیری الگوریتم SPU-NLMS-OCF دردوحالت شبیه سازی و تئوری برایK=2، B=4،D=2 و S=1,2,4 (ورودی: نویزگوسی رنگی) ۶۴
شکل(۶-۶)منحنی یادگیری الگوریتم SPU-NLMS-OCF دردو حالت شبیه سازی و تئوری برایK=4، B=4، D=4 و S=2,3,4 (ورودی: نویزگوسی رنگی) ۶۴
شکل (۶-۷) منحنی یادگیری SPU-APA در دو حالت شبیه سازی و تئوری برای K=2، B=4 و S=2,3,4 (ورودی: نویز یکنواخت رنگی) ۶۵
شکل (۶-۸) منحنی یادگیری SR-APA در دو حالت شبیه سازی و تئوری برای K=8، $\mu = 0.5$ و P=2,4 (ورودی: نویز گوسی رنگی) ۶۶
شکل (۶-۹) منحنی یادگیری SR-APA دردو حالت شبیه سازی و تئوری برای K=16، $\mu = 0.5$ و P=4,8 (ورودی: نویز گوسی رنگی) ۶۶
شکل(۶-۱۰)منحنی یادگیری APA، SR-APA و SPU-SR-APA دردوحالت شبیه سازی وتئوری برایK=4، B=4 ، P=2 و S=2,3 (ورودی: نویزگوسی رنگی) ۶۷
شکل (۶-۱۱) منحنی یادگیری APA، SR-APA و SPU-SR-APA در دو حالت شبیه سازی و تئوری برای K=4، B=4، P=2 و S=2,3 (ورودی: نویز یکنواخت رنگی) ۶۸
شکل(۶-۱۲) مقدار متوسط مربع خطای ماندگار به صورت تابعی از اندازه گام در الگوریتم SPU-AP برایB=4،K=2 و S=2,3 (ورودی: نویز گوسی رنگی) ۶۸
شکل (۶-۱۳)مقدار متوسط مربع خطای ماندگار به صورت تابعی از اندازه گام درالگوریتم SPU-AP برای B=4،K=4 و S=2,3 (ورودی: نویز گوسی رنگی) ۶۹
شکل (۶-۱۴) مقدار متوسط مربع خطای ماندگار به صورت تابعی از اندازه گام در الگوریتم SPU-NLMS-OCFبرای K=4، B=4، S=3 و D=2,4 (ورودی: نویز گوسی رنگی) ۷۰
شکل (۶-۱۵) مقدار متوسط مربع خطای ماندگار به صورت تابعی از اندازه‌گام درالگوریتم R-AP برای K=4 و P=1,2 (ورودی: نویزگوسی رنگی) ۷۱

شکل(۶-۱۶) مقدار متوسط مربع خطای ماندگار به صورت تابعی از اندازه‌گام درالگوریتم SR-AP برای K=8 و P=2,4 (ورودی: نویزگوسی رنگی)..... ۷۲
شکل (۶-۱۷) مقدار متوسط مربع خطای ماندگار به صورت تابعی از اندازه‌گام در الگوریتم SR-NLMS-OCF برای K=4، P=2 و D=2,4 (ورودی: نویزگوسی رنگی)..... ۷۲
شکل(۶-۱۸) مقدار متوسط مربع خطای ماندگار به صورت تابعی از اندازه‌گام در الگوریتم SPU-SR-AP برایK=4، B=4، P=2 و S=2,3 (ورودی: نویزگوسی رنگی)..... ۷۳
شکل (۶-۱۹) مقدار متوسط مربع خطای ماندگار به صورت تابعی از اندازه‌گام در الگوریتم SPU-SR-AP برای K=4، B=4، P=2 و S=2,3 (ورودی: نویز یکنواخت رنگی)..... ۷۴
شکل(۶-۲۰) مقدار متوسط مربع خطای ماندگار به صورت تابعی از اندازه‌گام در الگوریتم SPU-AP برای B=4،K=4 و S=2,3,4 (ورودی: نویزگوسی رنگی)..... ۷۵
شکل(۶-۲۱) مقدارمتوسط مربع خطای ماندگاربه صورت تابعی ازاندازه‌گام درالگوریتمSR-APبرای K=4وP=1,2,3,4 (ورودی: نویزگوسی رنگی)..... ۷۶
شکل (۶-۲۲) مقدار متوسط مربع خطای ماندگار به صورت تابعی از اندازه‌گام در الگوریتم SPU-SR-AP برای K=4، B=4، P=2,4 و S=2,3,4 (ورودی: نویزگوسی رنگی)..... ۷۸
شکل (۶-۲۳) پاسخ ضربه‌ی یک مسیر اکوی ماشین..... ۷۸
شکل (۶-۲۴) منحنی یادگیری SPU-APA شبیه‌سازی شده برای M=256، K=4، B=4 و S=2,3,4 (ورودی:نویز گوسی رنگی)..... ۸۰
شکل (۶-۲۵) منحنی یادگیری SPU-APA شبیه‌سازی شده برای M=256، K=4,8، B=4 و S=2,3,4 (ورودی:نویز گوسی رنگی)..... ۸۰
شکل (۶-۲۶) منحنی یادگیری SPU-PRA شبیه‌سازی شده برای M=256، K=4، B=4 و S=2,3,4 (ورودی: نویز گوسی رنگی)..... ۸۱
شکل (۶-۲۷) منحنی یادگیری SPU-APA و SPU-PRA شبیه‌سازی شده برایM=256، K=4، B=4 وS=2,3,4 (ورودی: نویز گوسی رنگی)..... ۸۱
شکل (۶-۲۸) منحنی یادگیری SPU-NLMS-OCF شبیه‌سازی شده برایM=256، K=4، B=4، S=3وD=2,3,4 (ورودی: نویز گوسی رنگی)..... ۸۲
شکل (۶-۲۹) منحنی یادگیری SR-APA شبیه‌سازی شده برای M=256، K=4 و P=2,3,4 (ورودی: نویز گوسی رنگی)..... ۸۳
شکل (۶-۳۰) منحنی یادگیری SR-PRA شبیه‌سازی شده برای M=256، K=4 و P=2,3,4 (ورودی: نویز گوسی رنگی)..... ۸۴
شکل (۶-۳۱) منحنی یادگیری SR-APA و SR-PRA شبیه‌سازی شده برای M=256، K=4 و P=2,3,4 (ورودی: نویز گوسی رنگی)..... ۸۴
شکل (۶-۳۲) منحنی یادگیری الگوریتم SR-NLMS-OCF شبیه‌سازی شده برای M=256، K=4، D=4 و P=1,2,3,4 (ورودی: نویز گوسی رنگی)..... ۸۵
شکل(۶-۳۳)منحنی یادگیری SPU-SR-APA شبیه‌سازی شده برای M=256، K=4، P=2,3,4 وS=2,3,4(ورودی: نویز گوسی رنگی)..... ۸۶
شکل(۶-۳۴)منحنی یادگیری SPU-SR-APA شبیه‌سازی شده برای M=256، K=4، P=2,3,4 وS=2,3,4(ورودی: نویز یکنواخت رنگی)..... ۸۶
شکل (۶-۳۵) پاسخ ضربه‌ی مسیر اکوی کانال..... ۸۷
شکل (۶-۳۶) سیگنال نقطه‌ی دور و سیگنال اکو..... ۸۸
شکل(۶-۳۷)سیگنال خطای حاصل ازالگوریتمSPU-AP در حذف اکوی کانال برای M=128، K=4، B=4وS=2,3,4 (ورودی: سیگنال صحبت..... ۸۸

شکل(۶-۳۸)سیگنال خطای حاصل ازالگوریتم R-AP در حذف اکوی کانال برای M=128، K=4و P=2,3,4(سیگنال صحبت)..... ۸۹
شکل (۶-۳۹) سیگنال خطای حاصل از الگوریتم SPU-SR-AP در حذف اکوی کانال برایM=128، K=4،P=2,3,4 و S=2,3,4 (ورودی: سیگنال صحبت)..... ۹۰

علائم اختصاری

MSE	Mean Square Error
EMSE	Excess Mean Square Error
MSD	Mean Square Deviation
LMS	Least Mean Squares
NLMS	Normalized Least Mean Squares
RLS	Recursive Least Squares
APA	Affine Projection Algorithms
SPU	Selective Partial Update
SPU-APA	Selective Partial Update Affine Projection Algorithms
SPU-LMS	Selective Partial Update Least Mean Squares
SPU-NLMS	Normalized Least Mean Squares
SPU-PRA	Selective Partial Update Partial Rank Algorithms
BNDR-LMS	Binormalized Data-Reusing Least Mean Squares
NLMS-OCF	NLMS with Orthogonal Correction Factors
SR	Selective Regressors
SR-APA	Selective Regressors Affine Projection Algorithms
SPU-SR-APA	Selective Partial Update Selective Regressors Affine Projection Algorithm
SPU-VSS-APA	Selected Partial Update Variable Step-Size Affine Projection Algorithms
VSS-APA	Variable Step-Size Affine Projection Algorithms
SR-VSS-APA	Selective Regressors Variable Step-Size Affine Projection Algorithms
LMMN	Least Mean Mixed Norm
BNDR-LMS	Binormalized Data-Reusing Least Mean Squares
SPU-AFA	Selective Partial Update Adaptive Filter Algorithm
SPU-SAF	Selective Partial Update Subband Adaptive Filter
SPU-DS-APA	Selected Partial Update Dynamic Selective Affine Projection Algorithms
NLMS-OCF	Normalized Least Mean Squares with Orthogonal Correction Factors
R-APA	Regularized Affine Projection Algorithms

عملگرهای ریاضی که در طول پایان نامه از آن‌ها استفاده شده است.

اندازه یک عدداسکالر	$\lvert . \rvert$
اندازه اقلیدسی یک بردار	$\lVert . \rVert$
مجموع عناصرروی قطراصلی یک ماتریس	$\mathrm{Tr}(.)$
ترانهاده یک بردار یا ماتریس	$(.)^{T}$
معکوس یک ماتریس یا یک عدداسکالر	$(.)^{-1}$
امیدریاضی	$E\{.\}$
ضرب کرونکر ماتریسهای A و B.	$A \otimes B$
جمع در مدول ۲	$\oplus$
ضرب داخلی دوبردار	$< .,. >$
ماتریس قطری با عناصر $\{...\}$ روی قطراصلی و صفردربقیه موقعیت‌ها	$\mathrm{diag}\{...\}$
تبدیل ماتریس T بااندازه $M \times M$ به یک بردارستونی $\mathbf{t}$ با اندازه $M^2 \times 1$، با قراردادن پشت سر هم ستونهای ماتریس T	$\mathrm{vec}(T)$
تبدیل یک بردارستونی $\mathbf{t}$ بااندازه $M^2 \times 1$ به یک ماتریس T با اندازه $M \times M$.	$\mathrm{vec}(\mathbf{t})$
بزرگترین مقدار ویژه یک ماتریس	$\lambda_{max}(.)$
مجموعه داده های مثبت	R^{+}
گرادیان	∇

فهرست علائم ونشانه ها

نمونه سیگنال ورودی	$x(n)$
بردار $M\times 1$ ازسیگنال ورودی $\mathbf{x}(n)=[x(n),x(n-1),\ldots,x(n-M+1)]^T$	$\mathbf{x}(n)$
نمونه سیگنال مطلوب	$d(n)$
بردار $K\times 1$ ازسیگنال مطلوب $\mathbf{d}(n)=[d(n),d(n-1),\ldots,d(n-K+1)]^T$	$\mathbf{d}(n)$
ماتریس $M\times K$ سیگنال ورودی $\mathbf{X}(n)=[\mathbf{x}(n),\mathbf{x}(n-1),\ldots,\mathbf{x}(n-K+1)]$	$\mathbf{X}(n)$
نمونه سیگنال نویزاندازه گیری شده	$v(n)$
بردار $K\times 1$ از سیگنال نویزاندازه گیری شده $\mathbf{v}(n)=[v(n),v(n-1),\ldots,v(n-K+1)]^T$	$\mathbf{v}(n)$
ماتریس خودبستگی سیگنال ورودی	R
بردارهمبستگی متقابل بین سیگنال ورودی و سیگنال مطلوب	r
ماتریس خودبستگی متغیرتصادفی $\mathbf{q}(n)$	Q
تخمین بردارهمبستگی متقابل	$r(n)$
بردار $M\times 1$ ضرایب فیلترتطبیقی	$\mathbf{w}(n)$
اندازه گام	μ
جواب صحیح معادله وینر- هاف	$\mathbf{w}_t$
خطای خروجی	$e(n)$
بردارخطای خروجی	$\mathbf{e}(n)$
خطای تخمین پیشین	$e_a(n)$
بردارخطای تخمین پیشین	$\mathbf{e}_a(n)$
واریانس نویزاندازه گیری شده	σ_v^2
ماتریس واحد	$\mathbf{I}$
پارامترتنظیم	ε

فصل اول

مقدمه

۱- ۱- مفاهیم اولیه فیلترهای تطبیقی

در طی ۳۰ سال گذشته تا کنون پیشرفتهای زیادی در زمینه پردازش سیگنال انجام گرفته است. یکی از هدفهای پردازش سیگنال عمل فیلترینگ است. فیلتر وسیله ای است که سیگنال ورودی را به سیگنال خروجی دیگری تبدیل می کند به‌طوری‌که، امکان استخراج سیگنال مطلوب[1] (اطلاعات مطلوب) از سیگنال ورودی فراهم می گردد. فیلتر دیجیتال فیلتری است که عمل پردازش روی سیگنال زمان گسسته را به شکل دیجیتالی انجام می‌دهد. در فیلترهای تغییر ناپذیر بازمان، پارامترهای داخلی و ساختار فیلتر ثابت است و اگر فیلتر خطی باشد، سیگنال خروجی به‌وسیله یک عملگر خطی روی سیگنال ورودی حاصل خواهد شد. طراحی فیلترهای خطی تغییر ناپذیر با زمان شامل سه مرحله است:

۱- تقریب مشخصه ها از روی تابع تبدیل
۲- انتخاب ساختار مناسب
۳- انتخاب شکل اجرای الگوریتم

هنگامیکه مشخصه های ثابت ناشناخته باشند و یا ویژگیهای مورد نظر توسط فیلترهای تغییر ناپذیر با زمان برآورده نگردند، فیلترهای تطبیقی مورداستفاده قرارمی گیرند. از آنجایی‌که مشخصه‌های فیلتر تطبیقی وابسته به سیگنال ورودی است، یک فیلتر غیرخطی است و بنابراین شرایط همگنی و جمع پذیری را برآورده نمی کند. اما اگر پارامترهای فیلتر را در یک زمان خاص تثبیت کنیم، سیگنالهای خروجی به‌وسیله یک عملگر خطی روی سیگنالهای ورودی به‌دست می آیند.

از آنجایی‌که پارامترهای فیلترهای تطبیقی به‌طور مداوم برای برآورده شدن احتیاجات تغییر می‌کنند، این نوع فیلتر، متغیر با زمان است. معمولاً تعریف معیار عملکرد احتیاج به سیگنالهای مرجع[2] دارد، که در مرحله تقریب طراحی فیلتر با مشخصه های ثابت، ناشناخته هستند. این توضیحات نشان می دهد که طراحی مناسب فیلترهای غیر تطبیقی نیاز به مشخصات کاملی از سیگنال ورودی و مرجع، برای رسیدن به عملکرد مناسب دارد. متأسفانه در عمل، دسترسی به این اطلاعات به دلیل ناشناخته بودن محیط امکان‌پذیر نیست. سیگنالها به صورت ترکیب سیگنال مرجع و ورودی و یا در بعضی از موارد هیچکدام از آنها تعریف شده نیستند. در این‌گونه مواقع بایستی ابتدا

[1] Desired signal
[2] Reference signal