١٧٠٤٥

بسم الله الرحمن الرحيم

اقرأ باسم ربك

بنام خدا

دانشگاه صنعتی اصفهان

بکارگیری نمونه برداری غیریکنواخت با نـــــرخ کم
جهت تخمین طیف به کمک شبکه عصبی

مهـــــدی فـدائی

پایان‌نامه تحصیلی برای اخذ درجه کارشناسی ارشد در رشته
مهندسی برق (مخابرات)

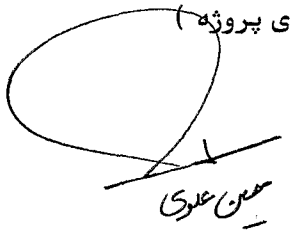
دانشکدهٔ برق و کامپیوتر
دانشگاه صنعتی اصفهان

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
تهیه مدارک

۲ /۷۱ ۱۳۷۲

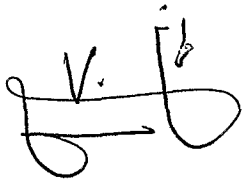
کیفیت وارزش گزارش حاضر به عنوان پایان نامه کارشناسی ارشد مورد تائید است.

دکتر حسین علوی (استاد راهنمای پروژه)



کیفیت و ارزش گزارش حاضر به عنوان پایان نامه کارشناسی ارشد مورد تائید است.

دکتر ولی ا... طحانی



من لم یشکر المخلوق لم یشکر الخالق

بر خود لازم می‌دانم از استاد عزیز و گرانقدرم آقای دکتر حسین علوی بپاس زحمات بیدریغ و راهنمائیهای بسیار ارزشمند شان در تمامی مراحل تکمیل پروژه ، تشکر کنم.

همچنین از استاد ارجمند ، آقای دکتر ولیا... طحانی که از نظرات گرانقدرشان در پیشبرد کار پروژه بهره‌ها جستم تشکر می‌کنم.

از آقای دکتر جلالی کوشکی که جهت اعلام نظر در سمینار اینجانب شرکت نمودند تشکر می‌کنم.

همچنین از آقای دکتر علیمحمد دوست حسینی ، ریاست محترم دانشکده و دیگر اساتید دانشکده که در طول تحصیل از محضر آنان کسب فیض کردم تشکر و سپاسگزاری می‌نمایم.

باشد که این تلاشها مقبول درگاه حق تعالی واقع شود .

همچنین مراتب تشکر خود را از دوست عزیزم آقای سید عنایت ا... علوی بخاطر همفکری‌هایشان در طول مدت پروژه ابراز میدارم . و از مؤسسه فنی اصفهان تکثیر که در تایپ این پایان نامه مرا یاری کردند سپاسگزاری می‌نمایم.

بنام پروردگاری که نور علم و زینت اندیشه را در وجود بشر به امانت گذاشت

حمد و سپاس او را که انسان را از ظلمت جهل بسوی بینگرانه های روشن دانش

و خرد رهنمائی گشت ، او که آموزگار نخست است و صاحب علم اوّل و آخر

و او که :

بازگشت همه کارها بسوی اوست

و بیاد آلاله های سرخ دشت ایثار و شهادت

آنانی که رفتند تا ما در سایهٔ همت و ایثارشان بمانیم و رهرو راهشان باشیم در

جبهه جهاد علیه جهالت و در سنگر علم و دانش و ایمان

و بیاد شهدا شعبانعلی صادقی و حسین سلیمی مجاوری

این هدیه ناقابل را تقدیم میکنم به

پدر و مادر عزیزم

که گنجینه های امروز من مرهون زحمات و از خودگذشتگی های همارهٔ آن بزرگواران است

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول : مقدمه و مثال	۱
۱ ـ ۰ : مقدمه	۱
۱ ـ ۱ : مشکلات بکارگیری نمونه برداری غیر یکنواخت	۲
۱ ـ ۲ : PRF غیر یکنواخت در رادار	۳
۱ ـ ۲ ـ ۱ : حذف سرعت کوربوسیله تغییرفرکانس ارسال‌پالسها	۵
۱ ـ ۲ ـ ۲ : تخمین طیف در حالت PRF ثابت	۶
۱ ـ ۲ ـ ۳ : PRF منقطع و تخمین طیف	۱۲
۱ ـ ۳ : مروری بر مطالب فصول آتی	۱۳
فصل دوم : بررسی طیف‌سیگنالهای نمونه برداری شده غیریکنواخت پریودیک	۱۵
۲ ـ ۰ : مقدمه	۱۵
۲ ـ ۱ : نمونه برداری غیر یکنواخت	۱۶
۲ ـ ۱ ـ ۱ : طیف سیگنال نمونه برداغیر یکنواخت‌ایده‌آل	۱۶
۲ ـ ۲ : طیف سیگنال نمونه برداری شده غیر یکنواخت بافرشده	۳۱
۲ ـ ۳ : تبدیل دیرشله	۳۴
۲ ـ ۴ : پردازش خطی سیگنال نمونه برداری شده‌غیر یکنواخت	۳۷
۲ ـ ۴ ـ ۱ : تابع انتقال فیلتر با تاخیرهای متفاوت	۳۷
فصل سوم : تخمین طیف سیگنال نمونه‌برداری‌شده‌غیریکنواخت	۴۳
۳ ـ ۰ : مقدمه	۴۳
۳ ـ ۱ : کلیات تئوری تخمین	۴۳
۳ ـ ۲ : مروری برروشهای کلاسیک تخمین طیف	۴۵

عنـــوان | صفحـــــــه

۳ـ۲ـ۱ : ساختار مشبک جهت تخمین طیف ۵۱

۳ـ۲ـ۲ : تخمین طیف حداقل واریانس (حداکثر امکان پذیری) ۵۲

۳ـ۲ـ۲ : مدلهای هارمونیک جهت تخمین طیف ۵۳

۳ـ۳ : نتایج شبیه سازی روش حداقل ورایانس درحالت‌نمونه‌برداری غیر یکنواخت ۵۴

۳ـ۴ : یک روش تخمین طیف براساس نمونه برداری غیر یکنواخت ۵۹

۳ـ۴ـ۱ : مدل تمام قطب سیگنال رادار ۵۹

۳ـ۴ـ۲ : اجرای بلادرنگ تخمین طیف ۶۵

فصل چهارم : تخمین فرکانس سیگنال نمونه برداری شده غیر یکنواخت توسط شبکه عصبی ۶۹

۴ـ۰ : مقدمه ۶۹

۴ـ۱ : تعریف مسئله ۷۲

۴ـ۲ : انتخاب دامنه نمونهها بعنوان ویژگی ۷۴

۴ـ۳ : انتخاب FFT نمونه‌ها بعنوان ویژگی ۷۵

۴ـ۴ : انتخاب تغییر فاز نمونه‌ها بعنوان ویژگی ۸۱

فصل پنجم : نتیجه گیری و پیشنهادات ۹۳

ضمائم : برنامه‌های کامپیوتری ۹۵

مراجع : ۱۰۳

فهرست جداول

عنوان جدول	صفحه
جدول ۳ ـ ۱ : برخی نتایج شبیه سازی الگوریتم جستجوی صحیح	۶۷
جدول ۴ ـ ۱ : نتایج آموزش شبکه‌های مختلف با ۸۰۰ زوج آموزشی	۸۴
جدول ۴ ـ ۲ : نتایج آموزش شبکه‌های مختلف با ۳۲۰۰ زوج آموزشی	۸۴
جدول ۴ ـ ۳ : درصد خطای تست شبکه با ۳۰ نرون مخفی آموزش دیده با ۸۰۰ زوج آموزشی در سه وضعیت مختلف نویز ورودی	۸۹
جدول ۴ ـ ۴ : درصد خطای تست شبکه‌های آموزش دیده با ۳۲۰۰ زوج در سه وضعیت مختلف نویز ورودی	۸۹

((فهرست اشکال))

عنوان شکل	صفحه
شکل ۱ ـ ۱ : یک نمونه‌از فیلترهای مجموعه بانک فیلتر FFT	۷
شکل ۱ ـ ۲ : طیفهای فرکانسی سیگنال سینوسی حقیقی ونمونه‌های آن	۸
شکل ۱ ـ ۳ : طیفهای فرکانسی سیگنال سینوسی مختلط ونمونه‌های آن	۹
شکل ۱ ـ ۴ : نحوه ترکیب در کانال هم فاز و متعامد	۱۰
شکل ۱ ـ ۵ : پاسخ دامنه و توان FFT بصورت بانک فیلتر	۱۱
شکل ۱ ـ ۶ : مولفه فرکانسی اختلاط بازاء دو فرکانس در سال پالس	۱۳
شکل ۲ ـ ۱ : سیگنال نمونه برداری ایده آل و طیف فرکانسی آن	۱۷
شکل ۲ ـ ۲ : سیگنال نمونه برداری SH_1 و طیف فرکانسی آن	۱۸
شکل ۲ ـ ۳ : سیگنال نمونه برداری غیریکنواخت و طیف فرکانسی آن	۲۰
شکل ۲ ـ ۴ : طیف سیگنال نمونه برداری غیریکنواخت ایده آل بهینه	۲۰
شکل ۲ ـ ۵ : مثال ۱ سیگنال نمونه بردار غیریکنواخت تا دوپریود نمونه‌برداری	۲۱
شکل ۲ ـ ۶ : مثال ۲ طیف سیگنال نمونه بردارغیریکنواخت با دوپریود نمونه‌برداری	۲۲
شکل ۲ ـ ۷ : نحوه تغییرطیف‌سیگنال‌نمونه‌بردارغیریکنواخت‌باسه پریودنمونه‌برداری دراثر تغییر پریودها	۲۳
شکل ۲ ـ ۸ : تجزیه نمونه‌های غیریکنواخت به M نمونه یکنواخت	۲۴
شکل ۲ ـ ۹ : زمانهای نمونه برداری یکنواخت و غیر یکنواخت	۲۵
شکل ۲ ـ ۱۰ : مدل نمونه بردار غیر یکنواخت ایده آل	۲۵
شکل ۲ ـ ۱۱ : طیف نوعی یک سیگنال آنالوگ و نمونه‌های یکنواخت وغیریکنواخت آن	۲۷
شکل ۲ ـ ۱۲ : طیف یک سیگنال سینوسی و نمونه‌های یکنواخت و غیریکنواخت آن	۲۹
شکل ۲ ـ ۱۳ : بافر جبران انحراف زمانهای‌نمونه برداری	۳۰

شکل ۲ ـ ۱۴ : مدل نمونه بردار غیریکنواخت بدون در نظر گرفتن غیریکنواختی زمانهای نمونه برداری ۳۱

شکل ۲ ـ ۱۵ : مقایسه طیف سیگنال در حالت نمونه برداری یکنواخت وغیریکنواخت بافر شده ۳۳

شکل ۲ ـ ۱۶ : مقایسه FFT نمونه برداری یکنواخت و غیریکنواخت ۳۵

شکل ۲ ـ ۱۷ : فیلتر عرضی با تاخیرهای نامساوی ۳۸

شکل ۲ ـ ۱۸ : خلاصه روابط طیف نمونه‌برداری غیریکنواخت ۴۲

شکل ۳ ـ ۱ : تقسیم بندی روشهای تخمین طیف ۴۶

شکل ۳ ـ ۲ : مدل تابع انتقال جهت تخمین طیف ۴۷

شکل ۳ ـ ۳ : روش پارامتریک تخمین طیف ۴۸

شکل ۳ ـ ۴ : دیاگرام روش پردازش AR ۵۰

شکل ۳ ـ ۵ : ساختار مشبک (تمام صفر) درجه P ۵۱

شکل ۳ ـ ۶ : یک نمونه فیلتر میانگذر حداقل واریانس درحالت نمونه برداری یکنواخت ۵۶

شکل ۳ ـ ۷ : یک نمونه فیلترمیانگذرحداقل واریانس در حالت نمونه برداری غیر یکنواخت ۵۸

شکل ۳ ـ ۸ : سه پالس ارسالی با پریودهای متفاوت ۶۰

شکل ۳ ـ ۹ : یک مثال از وضعیت صفرهای روابط ۳ ـ ۲۴ ۶۲

شکل ۳ ـ ۱۰ : طیف محاسبه شده از سه نمونه غیریکنواخت توسط مدل ۶۳

شکل ۳ ـ ۱۱ : " " " " " ۶۳

شکل ۳ ـ ۱۲ : " " " " " ۶۳

شکل ۳ ـ ۱۳ : طبف محاسبه شده توسط مدل AR بازاء ۵ پریود نمونه برداری ۶۴

شکل ۳ ـ ۱۴ : مقایسه طیف محاسبه شده توسط مدل AR بازاء ۷ پریودنمونه برداری ۶۴

شکل ۴ ـ ۱ : ساختار مورد نظر پاسخ فرکانسی نرونهای خروجی شبکه عصبی ۷۳

شکل ۴ـ ۲ : پاسخ فرکانسی نرون خروجی یک شبکه آموزش دیده با FFT نمونه ـ های ورودی ۷۶

شکل ۴ـ ۳ : فاصله بردارهای آموزشی (ویژگی) از یک فرکانس ثابت ۷۸

شکل ۴ـ ۴ : فاصله بردارهای ویژگی آموزش شبکه از یک فرکانس ثابت ۸۲

شکل ۴ـ ۵ : درصد خطای تست شبکه‌ها با نرونهای مخفی متفاوت ۸۵

شکل ۴ـ ۶ : درصد خطای‌تست سه شبکه آموزش دیده با ۸۰۰ زوج آموزشی در سه وضعیت توان نویز ۹۰

شکل ۴ـ ۷ : درصد خطای تست سه شبکه آموزش دیده با ۳۲۰۰ زوج آموزشی در سه وضعیت توان نویز ۹۰

شکل ۴ـ ۸ : پاسخ فرکانسی نرونهای‌خروجی‌شبکه‌آموزش دیده‌با ۳۰نرون مخفی ۹۱

((چکیـــــده))

موضوع این پایان نامه بکارگیری عمدی نمونه برداری غیریکنواخت پریود یک بانرخ متوســـــط کم جهت افزایش رنج بدون ابهام تخمین طیف سیگنالهای باند باریک است.

میدانیم‌که اگر ازیک سیگنال آنالوگ با پریود ثابت بصورت یکنواخت نمونه برداری شود، طیف نمونه‌های حاصل در میدان فرکانس با پریودی برابر با فرکانس نمونه برداری ، متناوب خواهد بـــود. بنابراین ناحیه بدون ابهام‌تخمین طیف بین صفر تا فرکانس نمونه برداری است. امابا بکارگیـــــری چند پریود نمونه برداری در آن واحد ، که به نمونه برداری غیریکنواخت منجر می‌شود، قادر خواهیـــم بود پریود تناوب طیف و درنتیجه ناحیه بدون ابهام‌تخمین طیف را به میزان قابل توجهی افزایـــش دهیم.

در این ارتباط ابتدا در فصل اول در قالب یک مثال از رادارهای پالسی روشهائی که در حالـــت نمونه برداری یکنواخت جهت افزایش رنج بدون ابهام تخمین طیف مطرحند را ملاحظه خواهیم کرد.

در فصل دوم نحوه تغییر طیف نمونه‌ها ، دراثر استفاده از چند پریود نمونه برداری را ملاحظه خواهیم کرد. در این ارتباط دو حالت را درنظر می‌گیریم ، ابتدا در حالتی که زمانهای نمونه بـــرداری معلوم هستند و درتجزیه و تحلیل طیف مورد توجه قرار می‌گیرد ، طیف نمونه‌ها را بدست می‌آوریـــم و سپس بااین فرض که نمونه‌های سیگنال که در زمانهای غیریکنواخت گرفته شده‌اند ، توسط یک بافـــر به نمونه‌هائی با فواصل زمانی یکسان تبدیل میشوند، رابطه طیف نمونه‌ها را محاسبه خواهیم کـــرد. و نشان خواهیم داد که بااستفاده ازچند پریود نمونه برداری ناحیه بدون ابهام تخمین طیف به چـــه میزان افزایش می‌یابد. نهایتا" ضعف روشهای تخمین طیفی که برفرض یکنواختی فاصله نمونه‌هـــــا استوارند را ملاحظه خواهیم کرد.

در فصل سوم ضمن مروری بر روشهای تخمین طیف ، نتایج شبیه سازی دو روش تخمین ، حداقـــل واریانس و مدل خود برگشت پذیر را در حالت‌نمونه برداری غیریکنواخت ارائه خواهیم کرد در ایـــــن ارتباط نقاط ضعف روش حداقل واریانس را ذکر می‌کنیم و الگوریتمی جهت اجرای بلادرنگ تخمیـــــن

برای مدل خود برگشت پذیر (AR) ارائه خواهیم کرد.

در فصل چهارم نیز نتایج شبیه سازی یک شبکه عصبی جهت تشخیص رنج فرکانسی سیگنالهای سینوسی نمونه برداری شده غیریکنواخت را ارائه میکنیم . در این ارتباط نحوه انتخاب بردار ویژگی جهت آموزش شبکه و همچنین اثر افزودننویز به ورودیها جهت افزایش قدرت تعمیم شبکه را خواهیم دید.

فصـــل اول

مقدمه و مثـــال

۱ ـ ۰ مقدمـــه :

در پردازش سیگنالهای دیجیتال همواره فرض می‌شود که سیگنال گسسته موجود ، از نمونه‌برداری یک سیگنال آنالوگ در فواصل مساوی و با نرخ مناسب ، بدست آمده است. لیکن در بسیاری ازموارد در سیستمهای دیجیتال با نمونه بر داری غیر یکنواخت مواجه هستیم . برخی از این موارد غیـــــر عمدی هستند . بعنوان مثال در اثر عدم دقت زمانبندی نمونه برداری نمونه‌های غیر یکنواختـــــی خواهیم داشت که حول زمانهای نمونه برداری یکنواخت پراکنده هستند. در برخی موارد نیـــــز نمونه برداری غیر یکنواخت آگاهانه و بمنظور بهبود کارائی سیستمها بکار می‌رود . بعنوان یـــــک مثال میتوان طراحی فیلترها با تاخیر زمانی غیر یکنواخت را نام برد . کاربرد دیگری که بـــــرای نمونه برداری غیر یکنواخت مطرح است، مسئله افزایش رنج بدون ابهام در تخمین طیف تـــــوان می‌باشد . در حالت نمونه برداری یکنواخت حداکثر رنج بدون ابهام‌تخمین طیف‌سیگنالهـــــای نمونه برداری شده برابر فرکانس نمونه برداری است لیکن با استفاده از نمونه برداری غیریکنواخت میتوان این رنج فرکانسی را بدون افزایش فرکانس نمونه برداری به میزان قابل توجهی افزایش داد .

همانطورکه در مرجع [۱] آمده است ، کارهای اولیه در مورد نمونه برداری غیریکنواخت به سال ۱۹۳۴ برمی‌گردد که وینر[۱] و پالی[۲] اینترپولاسیون لاگرانژ را جهت نمونه‌های غیریکنواختی که تحت شرایط خاصی بدست آمده‌اند ، مورد استفاده قرار دادند .

نتایج کارهای ین[۳] در زمینه نمونه برداری غیر یکنواخت پریودیک نیز در سال ۱۹۵۶ طی مقاله‌ای منتشر شد در بین سالهای ۱۹۶۶ تا ۱۹۷۴ ، بیوتلر[۴] و لنمن[۵] در زمینه تئوری نمونه‌برداری غیر یکنواخت تصادفی همچنین آنالیز و تخمین طیف و اینترپولاسیون کار کردند .

۱ ـ ۱ مشکلات بکارگیری نمونه برداری غیر یکنواخت :

اگر چه نمونه برداری غیر یکنواخت از برخی لحاظ میتواند موثرتر و کاراتر از نمونه برداری یکنواخت باشد لیکن استفاده وسیع از آن بصورت عمومی مرسوم نشده است چرا که تئوری نمونه‌برداری غیر یکنواخت بخوبی مدون نشده است و آنالیز زمان و فرکانس نمونه‌های غیر یکنواخت درگیر مسائل پیچیده‌ای است. از طرفی با وجودیکه از لحاظ تئوری باز سازی یک سیگنال باند محدود از نمونه‌های غیر یکنواختی که دارای نرخ متوسطی کمتر از نرخ نایکوئیست هستند ، امکان پذیر است لیکن تا کنون راه ساده و عملی برای بازسازی بدون خطای سیگنال از نمونه‌های غیر یکنواخت مطرح نشده است . این در حالیست که با استفاده از یک فیلتر پائین گذر میتوان سیگنال را از نمونه‌های یکنواخت آن بازسازی کرد .

آنچه در رساله حاضر مورد بررسی قرار می‌گیرد . بکارگیری عمدی نمونه برداری غیریکنواخت با نرخ متوسط کم ، جهت حذف ابهام در تخمین طیف فرکانسی سیگنالهای باند باریک می‌باشد. بواسطه کاربرد خاص این روش در رادارهای پالسی با فرکانس تکرار پالس متغیر[۶] در طول رساله ، این رادارها بعنوان مثال مدنظر قرار می‌گیرند . در ادامه فصل پس از بررسی چگونگی بکارگیری PRF

1- Wiener
2- Paley
3- Yen
4- Beutler
5- Leneman
6- Staggered PRF