دانشکده‌ی فنی و مهندسی

پایان نامه جهت دریافت درجه‌ی کارشناسی ارشد مهندسی برق- الکترونیک

خطی‌سازی تقویت کننده‌ی توان RF با روش پیش اعوجاج

حسین عبداللهی فوزی

استاد راهنما

دکتر عبدالرضا نبوی

خرداد ۸۸

بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه

آقای حسین عبداللهی فوزی پایان نامه ۹ واحدی خود را با عنوان بهینه سازی تقویت کننده های توان فرا پهن باند CMOS در تاریخ ۱۳۸۸/۳/۲۰ ارائه کردند.

اعضای هیات داوران نسخه نهایی این پایان نامه را از نظر فرم و محتوا تایید کرده و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد مهندسی برق - الکترونیک پیشنهاد می کنند.

عضو هیات داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضا
استاد راهنما	دکتر عبدالرضا نبوی لیشی	دانشیار	
استاد ناظر	دکتر احسان اله کبیر	استاد	
استاد ناظر	دکتر وحید احمدی	استاد	
استاد ناظر	دکتر محمود کمره ای	استاد	
مدیر گروه (یا نماینده گروه تخصصی)	دکتر احسان اله کبیر	استاد	

آیین نامه چاپ پایان‌نامه (رساله)های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله)های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه،دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله)ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد/ ~~رساله دکتری~~ نگارنده در رشته برق - الکترونیک است که در سال ۱۳۸۸ در دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی سرکار ~~خانم/~~جناب آقای دکتر عبدالرضا سنوی لشی ، ~~مشاوره سرکار خانم/جناب آقای دکتر~~ و ~~مشاوره سرکار خانم/جناب آقای دکتر~~ از آن دفاع شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه‌های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت‌چاپ) را به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر درمعرض فروش قرار دهد.

ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده رابه عنوان خسارت به دانشگاه تربیت‌مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواندخسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می‌دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده‌نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب حسین رعیت الهی دانشجوی رشته برق - الکترونیک مقطع کارشناسی ارشد تعهد فوق وضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی:
حسین رعیت الهی

تاریخ و امضا:
۸۸/۴/۳

دستورالعمل حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهشهای علمی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیات علمی، دانشجویان، دانش آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی که با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد ذیل را رعایت نمایند:

ماده ۱- حقوق مادی و معنوی پایان نامه‌ها / رساله‌های مصوب دانشگاه متعلق به دانشگاه است و هرگونه بهره‌برداری از آن باید با ذکر نام دانشگاه و رعایت آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های مصوب دانشگاه باشد.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و استاد راهنما مسئول مکاتبات مقاله باشد.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه/ رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

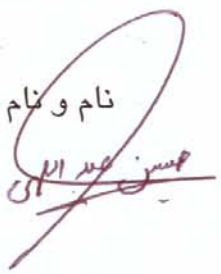
ماده ۳- انتشار کتاب حاصل از نتایج پایان نامه / رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی دانشگاه باید با مجوز کتبی صادره از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه و بر اساس آئین نامه های مصوب انجام می‌شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این دستورالعمل در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۱۳۸٤/٤/۲۵ در شورای پژوهشی دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب لازم الاجرا است و هرگونه تخلف از مفاد این دستورالعمل، از طریق مراجع قانونی قابل پیگیری می شود.

نام و نام خانوادگی

امضاء



برای پدر و مادرم ؛

خانواده ام که همیشه و در همه حال یاورم بوده اند؛

معلمانم ؛

و

مردمانی که آن ها را دوست دارم و با آن ها زندگی می کنم

قدردانی و سپاس:

سپاس و ستایش خدایی که مرا مستحق دانستن دانست. این رساله کوششی خرد با دانشی ناچیز است که به طراحی، بهینه‌سازی و خطی‌سازی تقویت کننده‌ی توان فراپهن باند می‌پردازد. پژوهش حاضر اولین کار تحقیقی در زمینه‌ی بهبود قابل توجه عملکرد و سرعت آموزش شبکه‌ی عصبی مختلط است و بدیهی است که دشواری‌های مضاعف خاص خود را دارد. اما بیش از آن که به بضاعت خویش بنگریم به امید بخشش و راهنمایی خوانندگان عزیز چشم داریم. امیدوارم که این گام اندک، راهگشای قدم‌های بعدی در این زمینه و زمینه‌های مشابه آن گردد. در این جا از راهنمایی‌ها و مشورت‌های استادان گرانقدر، معلمان علم و اخلاق؛ جناب آقای **دکتر عبدالرضا نبوی** و **دکتر ناصر معصومی** که چراغی فرا راهم بودند، قدردانی می‌کنم و از صمیم قلب سپاسی چندباره می‌گویم. از جناب آقای **مهندس رحمانیان**، آزمایشگاه میکرو الکترونیک دانشگاه مدرس، به جهت راهنمایی‌ها و همیاری‌های ارزنده در مباحث "پیش اعوجاج سیگنال" آرزوی سلامت و سربلندی دارم.

چکیده

این پایان نامه، روش خطی‌سازی جدیدی برای تقویت کننده‌ی توان با استفاده از پیش اعوجاج دهنده‌ی ANFIS، ارائه می‌دهد که با روش Levenberg-Marquardt (LM) آموزش می‌بیند. در این راستا، روش LM در حوزه‌ی اعداد مختلط ارائه شده و در شبکه‌ی عصبی مختلط با یادگیری غیر مستقیم، پیاده‌سازی می‌شود. همگرایی سریع‌تر و پیچیدگی سخت افزاری کمتر از مزایای این الگوریتم آموزش در مقایسه با روش‌های معمول، به شمار می‌آید. علاوه بر این، الگوریتم حاضر عوامل غیر خطی داخل باند تقویت کننده‌ی توان را به نحو مؤثری حذف می‌کند. برای آزمودن تأثیر این روش خطی-سازی جدید، تقویت کننده‌ی توان فراپهن باند با سلول بهره‌ی استفاده‌ی مجدد از جریان، با تکنولوژی 0.13 um CMOS طراحی می‌شود. شبیه‌سازی نشان می‌دهد که BER و EVM، به ترتیب از مقادیر 5.17E-01 و 26.16% به مقادیر 1.50E-02 و 18.46% بهبود می‌یابند.

کلمات کلیدی: تقویت کننده‌ی توان، فراپهن باند، پیش اعوجاج، ANFIS، شبکه‌ی عصبی مصنوعی، الگوریتم LM مختلط.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: پیش درآمد ۱

۱-۱. مقدمه ۲

۱-۲. رئوس مطالب پایان نامه ۴

فصل دوم: تقویت کننده‌ی توان ۷

۲-۱. مقدمه ۸

۲-۲. انواع تقویت کننده‌های متداول ۸

۲-۳. مشخصات تقویت کننده‌ی توان ۱۰

۲-۴. مدل‌های تقویت کننده‌ی توان ۱۱

۲-۴-۱. مدل‌های بهینه ۱۲

۲-۴-۲. اثرات حافظه‌ی تقویت کننده‌های توان ۱۳

۲-۴-۳. منابع حافظه در تقویت کننده‌های توان ۱۴

۲-۵. مدل‌های تقویت کننده‌ی حافظه دار ۱۵

فصل سوم: خطی‌سازی تقویت کننده‌ی توان ۱۹

۳-۱. مقدمه ۲۰

۳-۲. روشهای خطی سازی ۲۰

۳-۳. عملکرد پیش اعوجاج دهنده ۲۱

۳-۴. تابع پیش اعوجاج وفقی ۲۲

۳-۵. دسته بندی سیستم‌های پیش اعوجاج ۲۳

۳-۶. پیاده سازی تابع پیش اعوجاج ۲۴

۳-۷. پیش اعوجاج دیجیتال ۲۵
فصل چهارم: سیستم پیش اعوجاج وفقی ANFIS ۲۸
۴-۱. مقدمه ۲۹
۴-۲. سیستم استنتاج فازی مبتنی بر شبکه‌ی وفقی (ANFIS) ۲۹
۴-۲-۱. فرآیند آموزش ۳۲
۴-۲-۲. روش Levenberg-Marquardt (LM) ۳۲
۴-۲-۳. اعمال روش بهینه سازی LM در شبکه‌ی ANFIS ۳۳
۴-۳. پیش اعوجاج ANFIS با آموزش به روش LM ۳۵
۴-۴. بلوک شبیه سازی ۳۸
۴-۵. نتایج شبیه سازی ۴۰
۴-۶. یادگیری مستقیم و غیر مستقیم ۴۶
فصل پنجم: طراحی و بهینه‌سازی تقویت کننده‌ی توان فراپهن باند ۴۸
۵-۱. مقدمه ۴۹
۵-۲. طراحی و بهینه سازی یک سلول بهره ۴۹
۵-۲-۱. مقایسه‌ی سلول های مختلف بهره ۴۹
۵-۲-۲. تحلیل ولتاژ 1-dB ۵۰
۵-۲-۳. مدار تطبیق ورودی و خروجی ۵۶
۵-۲-۴. شبیه سازی و نتایج ۵۸
۵-۳. مدل استفاده شده در شبیه سازی تقویت کننده‌ی توان UWB ۶۱
۵-۳-۱. پارامترهای شبکه ۶۱
۵-۳-۲. رفتار غیر خطی ۶۱

۵-۳-۳. نویز فعال ۶۳
فصل ششم: سیستم پیش اعوجاج وفقی شبکه‌ی عصبی با یادگیری غیر مستقیم ۶۷
۶-۱. مقدمه ۶۸
۶-۲. مروری بر شبکه‌های عصبی مختلط ۶۸
۶-۳. پیاده سازی روش Levenberg-Marquardt (LM) در حوزه‌ی اعداد مختلط ۷۰
۶-۴. توسعه‌ی شبکه‌های عصبی مصنوعی مختلط ۷۳
۶-۵. الگوریتم پس انتشار LM مختلط ۷۵
۶-۶. سیستم پیش اعوجاج شبکه‌ی عصبی ۷۷
۶-۷. اعتبار سنجی عملکرد الگوریتم LM مختلط ۷۸
۶-۸. تخمین معماری بهینه برای شبکه‌ی عصبی ۸۴
فصل هفتم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها ۸۶
منابع و مآخذ: ۹۰

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۴-۱. مقایسه‌ی تاثیر روش LM بر پیچیدگی مدولاسیون‌های QAM ۴۵

جدول ۴-۲. مقایسه‌ی تاثیر روش LM بر پیچیدگی مدولاسیون‌های QAM و PSK..... ۴۵

جدول ۵-۱. مقادیر عناصر محاسبه شده در تقویت کننده‌ی فراپهن باند 6-10.6 GHz، با سلول بهره‌ی استفاده‌ی مجدد از جریان ۵۹

جدول ۵-۲. مقایسه‌ی نتایج شبیه سازی سلول بهره‌ی بهینه شده با مقالات اخیر در تکنولوژی CMOS..... ۵۹

جدول ۶-۱. مقایسه‌ی معماری‌های مختلف شبکه‌ی عصبی در پیش اعوجاج سیگنال ورودی تقویت کننده‌ی فراپهن باند ۸۵

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۲-۱. نقطه‌ی کار تقویت کننده‌های کلاس A، B، AB و C ۹

شکل ۲-۲. مدل تقویت کننده‌ی Saleh، PA1 ..... ۱۳

شکل ۲-۳. اثر حافظه بر اعوجاج یک سیگنال دو-تن ۱۴

شکل ۲-۴. مدل‌های تقویت کننده‌ی حافظه دار بر مبنای فیلترینگ ۱۷

شکل ۲-۵. بلوک دیاگرام پیاده‌سازی سخت افزاری یک چند جمله‌ای حافظه ۱۸

شکل ۳-۱. بلوک دیاگرام یک پیش اعوجاج دهنده ۲۱

شکل ۳-۲. اصول عملکرد یک پیش اعوجاج دهنده ۲۲

شکل ۳-۳. بلوک دیاگرام کلی پیش اعوجاج باند پایه‌ی دیجیتال ۲۶

شکل ۳-۴. بلوک دیاگرام کلی پیش اعوجاج فرکانس بالا با کنترل دیجیتال ۲۷

شکل ۴-۱. ساختار یک شبکه‌ی ANFIS با N نود ورودی و R قاعده ۳۱

شکل ۴-۲. اعمال بلوک پیش اعوجاج به تقویت کننده‌ی توان ۳۶

شکل ۴-۳. دو بلوک پیش اعوجاج با عملکرد مشابه که از اندازه‌ی سیگنال خروجی و ورودی تقویت کننده به عنوان ورودی و خروجی بلوک آموزش استفاده می‌کنند ۳۷

شکل ۴-۴. دو بلوک پیش اعوجاج با عملکرد مشابه که از اندازه‌ی سیگنال ورودی و خروجی تقویت کننده به عنوان ورودی و خروجی بلوک آموزش استفاده می‌کنند ۳۸

شکل ۴-۵. روش پیشنهادی اعمال شبکه‌ی ANFIS برای خطی‌سازی تقویت کننده‌ی توان بدون حافظه با آموزش به روش LM ۳۹

شکل ۴-۶. منحنی آموزش مشخصه‌ی AM-AM ۴۱
شکل ۴-۷. منحنی آموزش مشخصه‌ی AM-PM ۴۱
شکل ۴-۸. چگالی طیف توان شبیه سازی شده ۴۲
شکل ۴-۹. منحنی BER سیگنال 64-QAM ۴۳
شکل ۴-۱۰. منحنی EVM سیگنال 64-QAM ۴۳
شکل ۴-۱۱. دیاگرام فلکی سمبل‌های 64-QAM دریافتی از خروجی PA1 در گیرنده: (الف) قبل از اعمال پیش اعوجاج (ب) بعد از اعمال پیش اعوجاج ۴۴
شکل ۵-۱. ساختار سه سلول مختلف بهره ۵۰
شکل ۵-۲. دو سلول تقویت کننده (الف) سورس مشترک و (ب) استفاده‌ی مجدد از جریان، آماده برای شبیه سازی بهره ۵۱
شکل ۵-۳. شبیه سازی بهره‌ی مدارهای نشان داده شده در شکل ۲-۳ ..... ۵۱
شکل ۵-۴. تغییر نسبت عرض NMOS به PMOS با تغییر V_{GG} و ثابت بودن جریان در تکنولوژی 0.13 um، با هدف بیشینه کردن ولتاژ سوییینگ خروجی در سلول استفاده‌ی مجدد از جریان ۵۲
شکل ۵-۵. مدار معادل سیگنال کوچک سلول استفاده‌ی مجدد از جریان شکل ۲-۲-پ ۵۳
شکل ۵-۶. تغییرات بازده در سلول‌های بهره‌ی شکل ۲-۳ بر حسب ولتاژ V_{GG} ۵۵
شکل ۵-۷. تغییرات OIP3 در سلول‌های بهره‌ی شکل ۲-۳ بر حسب ولتاژ V_{GG} ۵۵
شکل ۵-۸. تغییرات توان فشردگی 1-dB و بازده‌ی طبقه‌ی استفاده‌ی مجدد از جریان بر حسب توان مصرفی (V_{GG} روی مقدار بهینه برای بیشینه شدن P_{1dB} تنظیم شده است). ۵۶
شکل ۵-۹. دو مدار فیلتر چبی شف در (الف) ورودی سلول بهره (ب) خروجی سلول بهره ۵۷

شکل ۵-۱۰. بهره‌ی تقویت کننده‌ی فراپهن باند، در (الف) باند پایین و (ب) باند بالا ۶۰
شکل ۵-۱۱. افت بازگشتی در ورودی و خروجی تقویت کننده‌ی فراپهن باند، در (الف) باند پایین و (ب) باند بالا ۶۰
شکل ۵-۱۲. رابطه‌ی بین توان خروجی و بهره با توان ورودی ۶۰
شکل ۵-۱۳. چگالی طیف توان ناشی از سیگنال MB-OFDM، خروجی تقویت کننده‌ی طراحی شده در ADS و تقویت کننده‌ی مدل شده در MATLAB® ۶۵
شکل ۵-۱۴. مقایسه‌ی پارامترهای پراکندگی تقویت کننده‌ی توان طراحی شده در ADS با تقویت کننده‌ی مدل شده در MATLAB® ۶۶
شکل ۶-۱. یک نرون ساده‌ی مختلط با عملگرهای سیناپتیک و سوماتیک ۷۵
شکل ۶-۲. طرح پیش اعوجاج شبکه‌ی عصبی با آموزش غیر مستقیم ۷۸
شکل ۶-۳. نمایش باند پایه‌ی سیگنال OFDM با پهنای باند 512 MHz ۷۹
شکل ۶-۴. منحنی آموزش ۸۰
شکل ۶-۵. مشخصه‌ی AM-AM ۸۲
شکل ۶-۶. مشخصه‌ی AM-PM ۸۲
شکل ۶-۷. دیاگرام فلکی داده‌های دریافتی پیش از اعمال پیش اعوجاج ۸۳
شکل ۶-۸. دیاگرام فلکی داده‌های دریافتی پس از اعمال پیش اعوجاج ۸۳

فصل اول

پیش درآمد

۱-۱. مقدمه

فرستنده‌ی فرکانس بالا، مهم‌ترین جزء سازنده‌ی یک سیستم مخابراتی است. وظیفه‌ی آن تبدیل سیگنال‌های باند پایه به باند فرکانس بالا است تا با عبور از یک کانال انتقال ایمن، به گیرنده برسند. معمولاً سیگنال‌های باند پایه به شکل سیگنال‌های تربیعی هستند که امکان تولید سیگنال‌های مدوله شده‌ی فاز، فرکانس و دامنه را می‌دهند. برای این‌که سیگنال‌های تربیعی ترکیب و در قالب یک سیگنال آنالوگ واحد، آماده‌ی ارسال شوند، مدولاتورهای تربیعی عمل ترکیب این سیگنال‌ها را انجام داده و سیگنال حاصل را به باند IF و یا RF انتقال می‌دهند. سپس سیگنال با تقویت کننده‌ی فرکانس بالا تقویت شده و از طریق آنتن در داخل کانال انتقال انتشار می‌یابد.

در سیستم‌های مخابرات مدرن، استفاده از روش‌های مدولاسیون متغیر با دامنه مانند M-QAM، به دلیل بازدهی طیفی بهتر در مقایسه با روش‌های مدولاسیون دامنه و فاز، رو به افزایش است. روش-های مدولاسیون متغیر با دامنه معمولاً از فاز و دامنه برای ارسال پیام استفاده می‌کنند و غالباً از سیگنال‌های تربیعی در باند پایه بهره می‌برند.

از آنجا که اطلاعات در دامنه‌ی سیگنال ذخیره می‌شود، لذا روش‌های مدولاسیون متغیر با دامنه نسبت به تداخل ایجاد شده در سیگنال، مانند تقویت غیر خطی حساسند. در واقع عوامل غیر خطی باعث می‌شود تا هم داده‌ها با خطا در گیرنده دریافت شود و هم پهن شدگی طیف سیگنال را سبب شود که برای کانال‌های مجاور مناسب نیست. از طرف دیگر، فرکانس مرکزی ایستگاه‌های ارسال داده، بسیار به هم نزدیکند.

تقویت خطی را می‌توان با طراحی مناسب تقویت کننده به‌دست آورد. اما رفتار خطی بیشتر می-تواند بازده‌ی تقویت کننده را کاهش دهد. راه حل دیگر استفاده از تقویت کننده‌ی پر بازده است، که تقویت غیر خطی، خاصیت ذاتی آن است. از طرف دیگر بازدهی توان، یک عامل بسیار مهم در سیستم‌های موبایل محسوب می‌شود که باتری با عمر محدود تنها منبع توان آن‌ها است. بنابراین بین

رفتار خطی تقویت کننده و توان مصرفی تنها یکی را باید اتخاذ کرد. راه حل سوم برای حفظ رفتار خطی و بازدهی توان، استفاده از روش‌های خطی سازی در کنار تقویت کننده‌ی پر بازده است.

متداول‌ترین روش خطی‌سازی، به دلیل سادگی مدار، پایداری و امکان پیاده‌سازی دیجیتال، روش پیش اعوجاج دیجیتال وفقی است. با وجود این، قلب سیستم پیش اعوجاج تابع پیش اعوجاج است.

به طور کلی روش‌های پیش اعوجاج در حوزه‌ی دیجیتال را به دو دسته‌ی کلی می‌توان تقسیم کرد. این تقسیم بندی بر اساس روش پیاده سازی و مدل سازی تابع معکوس تقویت کننده به عنوان تابع پیش اعوجاج صورت می‌گیرد: ۱- روش‌های سنتی مانند چند جمله‌ای [۱] یا سری ولترا [۲] (بر مبنای دانش ریاضی) و جدول جستجو (بر مبنای به روز کردن جدول حافظه و ذخیره کردن پارامتر-های آن در جدول) [۳]، ۲- روش‌های نوین مانند شبکه‌ی عصبی [۴] و شبکه‌ی عصبی- فازی [۵] که برتری نسبی خود را در مقایسه با نوع اول نشان داده‌اند.

در روش‌های چند جمله‌ای به دلیل تقابل دقت در مدل‌سازی با افزایش درجه‌ی چند جمله‌ای و یا استفاده از تبدیل فوریه‌ی سریع و نیاز به روش پس- اعوجاج (post-distortion)، با مشکلات و پیچیدگی‌هایی در پیاده سازی روبرو می‌شویم. چنین مشکلاتی نیز در سری ولترا وجود دارد. نویز کوانتیزاسیون روش جدول جستجو نیز اجتناب از الگوریتم‌های تکرار و حداقل سازی میزان خطا را در حالتی که تقویت کننده زیر بار است، غیر ممکن می‌سازد. این نقص زمانی که تقویت کننده، پاسخ غیر عادی دارد و مسئله‌ی همگرا شدن الگوریتم بحرانی است، بیشتر آشکار می‌شود. این در حالی است که غالباً از جدول جستجو برای پیاده سازی روش چند جمله ای استفاده می‌شود.

استفاده از شبکه‌های عصبی چند لایه‌ی پرسپترون به عنوان یک پیش اعوجاج دهنده، می‌تواند برخی مشکلات روش‌های سنتی را حل کند. یکی از مشکلات جدول حافظه، وجود نویز کوانتیزاسیون در مواردی است که مشتق تابع معکوس تقویت کننده زیاد باشد. علاوه بر این به یک الگوریتم نیاز است تا جدول بهره را شاخص گذاری کند. اما با استفاده از شبکه‌های عصبی، اثر کوانتیزاسیون جدول

بهره حذف می‌شود، پس نیازی به الگوریتم شاخص گذاری هم نیست. مهم تر از همه، تعداد نمونه‌های لازم برای آموزش شبکه نسبتاً کم است [۴].

اما به دلیل کاربرد رضایت بخش کنترل‌کننده‌های فازی در صنعت و تخمین مدل‌های پیچیده توسط شبکه‌های ANFIS[1] [۶] امید می‌رود که این ابزار، بتواند در شبیه‌سازی مدل معکوس تقویت کننده نسبت به دیگر تکنیک‌های مدرن رایج مانند شبکه‌های عصبی برتری یابد [۵] و به عنوان ابزاری قدرتمند در حذف عوامل غیر خطی و اعوجاج تقویت کننده‌ی توان محسوب شود [۷, ۸]. اما الگوریتم آموزش معمول در به روز رسانی پارامترهای این تابع پیش اعوجاج، هایبرید[2]، پیچیدگی بیشتری را در مقایسه با روش‌های دیگر مانند Levenberg-Marquardt (LM) دارد. پس آموزش شبکه‌ی ANFIS با روش LM، به یک شبکه‌ی ساده‌تر با عملکرد بهتر منجر خواهد شد.

از طرفی، سیستم یادگیری که در آموزش پیش اعوجاج تاکنون به کار گرفته شده است، یادگیری مستقیم نامیده می‌شود که در آن رفتار غیر خطی تقویت کننده مشخص است. اما اگر عوامل اعوجاج شناخته شده نباشد، یادگیری غیر مستقیم مطرح می‌شود. Jin و همکارانش [۹] از تابع پیش اعوجاج موجک و شبکه‌ی عصبی مختلط در خطی سازی تقویت کننده‌ی توان پهن باند، در یک طرح با یادگیری غیر مستقیم، استفاده کردند. اما آموزش به کار رفته در به روز رسانی این توابع مختلط، روش پس انتشار مختلط [۱۰] است. البته افزایش سرعت و بهبود عملکرد روش‌های آموزش در این نوع توابع مختلط می‌تواند مورد توجه قرار گیرد.

۱-۲. رئوس مطالب پایان نامه

فصل دوم مفاهیم مرتبط با تقویت کننده‌ی توان شامل کلاس‌های تقویت کنندگی و مشخصات آن‌ها را مورد بررسی قرار می‌دهد. از آن‌جا که ارزیابی روش‌های خطی ساز، با تقویت کننده‌های مدل سازی شده صورت می‌گیرد، ادامه‌ی فصل انواع مدل‌های تقویت کننده را بررسی می‌کند. در این پایان

[1] Adaptive-network-based fuzzy inference system
[2] Hybrid

نامه فرض بر این است که تقویت کننده بدون حافظه است، با وجود این، به انواع روش‌های مدل‌سازی تقویت کننده‌ی حافظه دار نیز پرداخته می‌شود.

فصل سوم روش‌های مختلف خطی سازی را در حوزه‌ی آنالوگ و دیجیتال پیش رو دارد. با توجه به گسترش روز افزون استفاده از روش‌های پیش اعوجاج برای خطی سازی تقویت کننده، عملکرد سیستم پیش اعوجاج مورد بررسی قرار می‌گیرد. قلب سیستم پیش اعوجاج را تابع پیش اعوجاج شکل می‌دهد، لذا انواع توابع پیش اعوجاج و روش‌های پیاده سازی آن‌ها مطرح خواهند شد. انواع سیستم-های پیش اعوجاج را با توجه به قرار گیری تابع پیش اعوجاج در ساختار فرستنده به سه دسته‌ی کلی پیش اعوجاج RF/IF، داده و باند پایه، تقسیم خواهیم کرد و مزایا و معایب آن‌ها را متذکر می‌شویم. در نهایت با ذکر مقدمه‌ای بر سیستم‌های پیش اعوجاج دیجیتال وفقی به استقبال فصل چهارم خواهیم رفت.

فصل چهارم سیستم پیش اعوجاج وفقی ANFIS را مورد بررسی دقیق قرار می‌دهد. عملکرد ANFIS به عنوان تابع پیش اعوجاج مرور می‌شود. از آن‌جا که آموزش این نوع مدل‌ها با داده‌های آموزش بسیار مهم است، از این جهت یک روش آموزش سریع بر مبنای روش Levenberg-Marquardt (LM)، ارائه شده تا در عین حال که سرعت آموزش افزایش می‌یابد، امکان به روز رسانی متغیرهای شبکه به صورت همزمان نیز برآورد شود. سپس عملکرد سیستم پیشنهادی را روی مدل تقویت کننده‌ی Saleh، مدل بدون حافظه، مورد بررسی قرار می‌دهیم. از سیگنال‌های M-QAM برای تغذیه‌ی سیستم پیش اعوجاج استفاده خواهد شد و عملکرد آن با سیگنال M-PSK مقایسه می‌شود. عملکرد روش LM با روش متداول آموزش شبکه‌ی ANFIS، هایبرید، نیز مقایسه می‌شود.

به دلیل اهمیت تقویت خطی سیگنال در مخابرات دیجیتال مدرن، فصل پنجم این پایان نامه به طراحی یک تقویت کننده‌ی کلاس-A اختصاص داده می‌شود. در ابتدا کلاس‌های تقویت کنندگی به اجمال بررسی می‌گردند. سپس سلول‌های مختلف بهره، مهم‌ترین جزئ تقویت کننده، مقایسه می-